

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD
FACULTÉ DE MÉDECINE
DR. B. BEN ZERDJEB - TLEM CEN



وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد
كلية الطب
د. ب. بن زرجب - تلمسان

DÉPARTEMENT DE PHARMACIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTEUR EN PHARMACIE

THÈME :

**L'évaluation de la teneur des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées
en PET et les facteurs influençant la migration : Revue systématique**

Présenté par :

BOUDJELLABAH Soumia MEKKIOUI Merwa

Soutenu le 17-10-2021

Le Jury

Président :

Pr.HAREK Professeur en chimie Analytique faculté de médecine Tlemcen

Membres :

Dr. BENCHACHOU Maitre-assistante en hydro bromatologie faculté de médecine Tlemcen

Dr. GUENDOZ Maitre-assistante en galénique faculté de médecine Tlemcen

Encadreur :

Dr S. BENAMARA Maitre-assistant en hydro bromatologie faculté de médecine Tlemcen

Co-encadreur :

Dr A. SELKA Maitre-assistant en pharmacognosie faculté de médecine Tlemcen

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 Docteur A.Selka 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 S.GUENDOZ, maitre assistante en pharmacie galénique 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.

Dédicace

À la mémoire de mon père

Qui est partie trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, qui a su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie., J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir dans son vaste paradis.

A ma très chère maman

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 chères frères Charaf et Wail

Merci énormément pour votre soutien, merci d'être toujours à mes côtés, je vous prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement. Je prie Dieu, le tout puissant, pour qu'il vous donne bonheur et prospérité.

A mon cher mari Houcine

Je tiens à te présenter mes reconnaissances et mes remerciements, tu n'as jamais cessé de me soutenir pour que je puisse finir mes études et avoir une bonne formation et surtout être le meilleur et à qui je voudrais exprimer mes affections, mon amour et mes gratitude.

A mon petit prince Djoud

Tu es ma source d'inspiration et mon plus grand soutien, ma source de joie, que Dieu, le tout puissant te préserve,
t'accorde santé, bonheur et longue vie.

A ma chère grande mère

Merci pour vos prières vos Douaa qu'ils m'ont soutenus durant toute mes années d'étude, Que ce modeste travail,
soit l'expression de vos vœux. Je prie dieu le tout puissant pour qu'il vous préserve et pour qu'il vous procure santé
et longue vie

A mes deux familles BOUDJELLABAH et BOUCHAOUR.

A mes beaux parents

Merci pour votre soutien, vos conseils, et votre amour, que dieu vous protège et vous accorde santé, bonheur et
longue vie.

A mes beaux-frères Radia et Hamza

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

A mon binôme Marwa

Merci d'être mon amie, merci pour ta patience, ta tolérance, Pour les bons moments qu'on a partagés, aussi pour
ton soutien et ton dévouement à ce travail, Je te dédie le fruit de nos efforts et te souhaite un avenir à la hauteur de
tes ambitions.

A mes amis Meriem, Meriem et Tourkia

Je vous remercie pour les moments inoubliables que nous avons partagés ensemble et pour le plaisir dont j'ai jouis
avec vous.

Soumia

Dédicace

C'est grâce à ALLAH le tout puissant que l'on a pu achever ce travail que je dédie avec tout mon amour et respect à

A ma chère maman « Soumia » et mon cher papa « Mohammed »,

Aucun mot ne peut exprimer mes sentiments, mon amour ma gratitude pour vous et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être, je ne pourrai jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi, depuis toute petite et jusqu'à ce jour-là vous étiez toujours présent. Vous m'avais encouragé durant tout mon cursus vous m'avais poussé toujours pour être meilleur vous avez passé des nuits à mes coté pour me soutenir et m'aider.

Vous m'avais épanouies avec vos tendresses et votre amour, je ne serai jamais arrivé là sans vos prières et vos bénédictions. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos voeux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que Jamais je ne vous déçoive qu'Allah vous garde pour moi mes chers parents.

A mes chères sœurs, Fatima, Zineb, Ikram

A mon cher petit frère, Abdennour

Pour ses soutiens moraux et le partage de tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils mon chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

Je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

A ma chère grande-mère,

Que je souhaite une bonne santé et longue vie

A la mémoire de ma Grand-Mère paternelle, Mes deux Grands

Pères et Mon oncle « Djemel »,

Qu'Allah Puisse vous réserve à Sa bien large miséricorde et vous accueillir en son vaste paradis auprès des prophètes et des saints.

A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, mon fiancée « Zakaria Mahamdi »,

Pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.

A tous les membres de la famille Mekkioui et Megnounif

A mon cher binome, Soumia

Pour son entente et sa sympathie, pour tous les moments qu'on a passé ensemble, nos meilleurs souvenirs, nos aventures je veux te dire merci.

Que notre amitié se consolide jour après jour. Je te souhaite tout le bonheur du monde.

À mes très chères amies, Zanagui. K et khireddine.R

Au nom de l'amitié qui nous réunit, et au nom de nos souvenirs inoubliables, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur

A mes collègues de la promotion de pharmacie 2015

Pour toute l'aventure qu'on a vécue ensemble durant les six dernières années, je vous félicite pour votre patience, soutien et fidélité.

Merwa

Table des Matières

REMERCIEMENTS	I
DEDICACE	III
DEDICACE	V
TABLE DES MATIERES	I
LISTE DES ABREVIATIONS	IV
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX	IX
INTRODUCTION GENERALE	1
1. PROBLEMATIQUE :	2
2. OBJECTIF :.....	2
PARTIE THEORIQUE	3
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX EMBOUTEILLEES	4
1. EAU EMBOUTEILLEE	5
1.1. <i>Qu'est-ce qu'une eau embouteillée</i> :	5
1.1.1. Au niveau national :	5
1.1.2. Au niveau international :	5
1.1.3. Selon le codex alimentarius :.....	5
1.2. <i>Classification</i> :.....	5
1.3. <i>Règlementation</i>	6
1.3.1. Durée de conservation :.....	6
1.3.2. Etiquetage :	6
1.3.3. Mentions obligatoires :	7
2. EMBALLAGE ALIMENTAIRE :	8
▶ <i>Le rôle technique de l'emballage</i>	9
3. GENERALITE SUR LA MATIERE PLASTIQUE :.....	10
3.1. <i>Définition</i>	10
3.2. <i>Formation du plastique</i>	10
3.2.1. Distillation du pétrole (raffinage du pétrole) :.....	10
3.2.2. La condensation du naphta :	10
3.2.3. Le craquage :	11
3.2.4. La polymérisation :.....	11
3.2.5. La mise en forme :.....	11
3.3. <i>Les différents types des plastiques</i> :	12
3.3.1. Les thermoplastiques :.....	12
3.3.1.1. Polyéthylène téréphtalate (PET).....	12
3.3.1.2. Polyéthylène (PE)	13
Polyéthylènes à «basse densité» (LDPE) :.....	13
Polyéthylènes à «haute densité» ou «linéaires» (HDPE) :	13
3.3.1.3. Polypropylène (PP) :.....	13
3.3.1.4. Polystyrène (PS) :	14
3.3.1.5. Polychlorure de vinyle (PVC) :	14
3.3.1.6. Autres (Others) :.....	14
✓ Les polyamides (PA) :.....	14
✓ Les polyacéals ou polyoxyméthylène (POM) :	14
✓ Le polycarbonate (PC) :	15
3.3.2. Les thermodurcissables	17
3.3.3. Les élastomères :.....	17

Table des Matières

3.3.4.	Les élastomères thermoplastiques :	18
3.4.	<i>Avantages et inconvénients des emballages alimentaires en matières plastiques</i> :	18
3.4.1.	Avantages	18
3.4.2.	Inconvénients	18
3.5.	<i>Composés auxiliaires</i> :	20
3.5.1.	Les plastifiants :	21
3.5.1.1.	Plastifiants primaires :	21
✓	Les phtalates :	21
✓	Les adipates et les sébaçates :	21
✓	Les plastifiants polyesters :	21
✓	Les phosphates :	21
✓	Les glycols et leurs dérivés :	21
3.5.1.2.	Plastifiants secondaires :	22
✓	Les esters d'acides gras (stéréates, glycolates, salicylates, oléates) :	22
✓	Les dérivés organiques chlorés :	22
✓	Les dérivés de l'acide toluènesulfonique :	22
3.5.2.	Les charges :	22
3.5.3.	Les colorants et pigments :	22
3.5.4.	Les solvants :	23
3.5.5.	Les catalyseurs et les durcisseurs :	23
3.5.6.	STABILISANTS ET ANTI-OXYDANTS :	23
3.5.7.	IGNIFUGEANTS OU RETARDATEURS DE COMBUSTION :	23
3.5.8.	AUTRES ADJUVANTS :	24
a)	<i>Lubrifiants</i> :	24
b)	<i>Antistatiques</i>	24
c)	<i>Fongicides</i> :	24
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES PHTALATES		25
1.	DEFINITION :	26
➤	<i>Les phtalates de bas poids moléculaire</i> :	26
➤	<i>Les phtalates de haut poids moléculaire</i> :	26
➤	<i>Les phtalates intermédiaires</i> :	26
2.	PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES :	27
3.	SYNTHESE :	28
4.	PRODUCTION ET UTILISATION :	29
4.1.	<i>Production</i> :	29
4.2.	<i>Utilisations</i> :	29
4.2.1.	Utilisation comme plastifiant :	29
4.2.2.	Autre utilisations :	30
5.	IMPACT ENVIRONNEMENTALE :	30
6.	EXPOSITION HUMAINE AU PHTALATES :	31
6.1.	<i>La voie cutanée</i> :	31
6.2.	<i>La voie respiratoire</i> :	31
6.3.	<i>La voie digestive</i> :	31
6.4.	<i>La voie intraveineuse</i> :	32
7.	TOXICITE :	32
7.1.	<i>Toxico-cinétique</i> :	32
7.1.1.	Absorption :	33
7.1.2.	Distribution :	33
7.1.3.	Métabolisme :	33
7.1.4.	Elimination :	34
7.2.	<i>Toxico dynamique</i> :	34
7.2.1.	Toxicité aiguë	34
7.2.2.	La toxicité chronique :	35
CHAPITRE III : INTERACTIONS EXISTANT ENTRE L'EMBALLAGE ET L'ALIMENT		37

Table des Matières

1.	INTRODUCTION.....	38
2.	LES INTERACTIONS CONTENANT/CONTENU DANS L'EMBALLAGE :	39
3.	FACTEURS INFLUENÇANT LA MIGRATION :	41
3.1.	<i>Nature des aliments</i>	41
3.2.	<i>Type de contact</i>	42
3.3.	<i>Durée de contact</i>	42
3.4.	<i>Température de contact</i>	42
3.5.	<i>Nature du matériel d'emballage</i>	42
3.6.	<i>Caractéristiques des migrants</i>	42
3.7.	<i>Concentration de migrants dans les emballages</i>	43
4.	CONTROLE DE LA MIGRATION.....	43
CHAPITRE VI : REGLEMENTATION.....		44
1.	INTRODUCTION.....	45
2.	LES DENREES ALIMENTAIRES :	45
2.1.	<i>Règlementation algérienne</i> :	45
2.2.	<i>Règlementation européenne</i> :	46
3.	EAU EMBOUTEILLEE :	48
3.1.	<i>Règlementation algérienne</i> :	48
3.2.	<i>L'OMS</i> :	48
3.3.	<i>Règlementation USEPA</i> :	48
4.	LES ARTICLES DE PUERICULTURE :	48
4.1.	<i>Règlementation algérienne</i> :	48
4.2.	<i>Règlementation européenne</i> :	49
5.	AUTRES PRODUITS :	49
CHAPITRE V : DOSAGE ET EXTRACTION DES PHTALATES		50
1.	L'EXTRACTION DES PHTALATES :	51
1.1.	<i>Extraction liquide-liquide (LLE)</i>	51
1.2.	<i>Extraction en phase solide (SPE)</i>	51
1.3.	<i>Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)</i>	52
2.	METHODES INSTRUMENTALES.....	52
PARTIE PRATIQUE		54
1.	MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	55
1.1.	<i>CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ</i> :	55
1.2.	<i>SOURCES D'INFORMATION ET STRATÉGIE DE RECHERCHE</i>	55
1.3.	<i>SÉLECTION DES ÉTUDES</i> :	56
1.4.	<i>EXTRACTION DES DONNÉES</i>	56
2.	RÉSULTATS :	57
2.1.	<i>SÉLECTION DES ÉTUDES</i> :	57
2.2.	<i>CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES SÉLECTIONNÉES</i> :	59
2.3.	<i>Résultat de chaque étude</i> :	62
3.	DISCUSSION :	72
3.1.	<i>Synthèse des résultats</i> :	72
3.2.	<i>Force et limites de la revue</i> :	72
3.3.	<i>Discussion des résultats</i> :	72
4.	CONCLUSION :	78
ANNEXES		79
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		83

Liste des abréviations

ACEE : association canadienne des eaux.

AP : anhydre phtalique

BBP : butyl benzyle phtlate.

CE : commission européenne.

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer.

CPG –ECD : chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par capture d'électrons.

CPG –FID : chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par ionisation de flamme.

CPG-MS : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

DAP : phtalate de diallyle.

DBP : phtalate. De dibutyle

DEHP : di ethyl hexyl phtalate.

DEP : phtalate de diéthyle

DGCCRF : la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes.

DiBP : - phtalate de diisobutyle

DIDP : - Le phtalate de diisodécyle.

DiNP : - Diisononylphtalate.

DJT : dose journalière tolérable.

DL : dose de létalité.

DMEP : Phtalate de bis(2-méthoxyéthyle).

DMP : phtalate de diméthyle.

Liste des abréviations

DnBP : phtalate de di-n-butyle.

DnOP : di-n-octyle phtalate.

DnPP : Di-n-pentyl phthalate

EChA : Agence européenne des produits chimiques.

EDI : Apport quotidien de phtalates estimé via l'eau de boisson

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments.

ELCR : le risque de cancer à vie excessif.

EMN : eau minérale naturelle.

EPA : l'Agence américaine pour la protection de l'environnement.

ES : eau de source.

FDA : American Food and Drug Administration.

FIPAR : Fédération des Industries de la Parfumerie.

GB : Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

HDPE : Polyéthylènes à «haute densité» ou «linéaires».

HIPS : un polystyrène à haute résistance aux impacts.

IRIS : Système international d'information sur les risques.

J.-C : jésus christ.

JORADP : journal officiel de la république Algérienne démocratique.

K : coefficient de partage

LC/MS/MS : La chromatographie liquide couplée à la détection par spectrométrie de masse.

LDPE : polyéthylène à «basse densité».

Liste des abréviations

LLE : extraction liquide-liquide.

LMG : limite de migration globale.

LMS : limite de migration spécifique.

MCDA : matériaux destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

MEHP : Mono (2-éthylhexyl) phtalate.

NPA : la Nomenclature Algérienne des Produits.

OMS : organisation mondiale de santé.

PA : polyamides.

Pa : tension de vapeur.

PAE : ester d'acide phtalique.

PC : polycarbonates.

PE : polyéthylène.

PET : Polyéthylène téréphtalate.

pH : potentiel d'hydrogène.

POM : Les polyacéals ou polyoxyméthylène.

PP : Polypropylène.

PPAR : peroxysome proliferator activated receptor.

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses.

PS : Polystyrène.

PU : les polyuréthannes.

PVC : Polychlorure de vinyle.

Liste des abréviations

QR : caution de risque.

RfD : dose de référence.

RSDE : l'action de recherche et de réduction de rejets de substances dangereuses dans les eaux.

SPE : extractions en phase solide.

SPME : micro-extractions en phase.

TPA : acide téréphtalique.

U.V : ultra-violet.

UE : union européen.

USA : United states of America.

USEPA : agence de protection de l'environnement des États-Unis.

Liste des figures

Figure 1 : Modèle d'étiquette d'une bouteille d'eau de 'Saïda' en Algérie _____	7
Figure 2 : Procédé général d'obtention de la matière plastique _____	11
Figure 3 : Bouteilles de plastique en PET _____	13
Figure 4 : Une image comparative qui représente les différentes propriétés des deux polymères ____	17
Figure 5 : Une image qui montre le temps de dégradation des déchets de plastique et quelques autres déchets dans la mer _____	19
Figure 6 : structure chimique des phtalates _____	26
Figure 7 : Schéma de l'incorporation des phtalates entre les chaînes de polymère _____	29
Figure 8 : les différentes voies d'exposition au phtalates _____	32
Figure 9 : Schéma de la voie métabolique générale des phtalates _____	34
Figure 10: Transferts de matières emballage/aliment _____	40
Figure 11 : Les facteurs influant sur la migration _____	41
Figure 12 : Le principe de CPG-SM _____	53
Figure 13 : Exemple d'un appareil CPG-SM _____	53
Figure 14 : diagramme de flux des études incluent dans la revue systématique _____	58
Figure 15 : Pourcentage d'étude pour chaque facteur de migration _____	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature et champ d'application des plastiques. _____	16
Tableau 2 : Résumé les propriétés physicochimiques des phtalates (39). _____	27
Tableau 3: Les types d'aliments et leurs simulateurs pour les tests de migration (Règlement (UE) N ° 10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011). _____	43
Tableau 4 : Restrictions d'emploi des phtalates dans les matières plastiques. _____	47
Tableau 5 : Caractéristiques des études sur la présence et les facteurs de migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées _____	59
Tableau 6 : Etudes publiées sur la présence et les facteurs de migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées. _____	62
Tableau 7 : L'influence de la température et la durée de stockage sur la présence et la migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées. _____	64
Tableau 8 :L'influence de la lumière, le type d'eau, l'état de la bouteille et la surface de contact sur la présence et la migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées. _____	71

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est un élément essentiel pour les êtres humains. Il est important de disposer d'une eau de qualité et en quantité suffisante pour assurer une vie saine et sûre à long terme (1). L'accès à l'eau potable est une condition primordiale de la santé, un droit de l'homme fondamental et un élément clé des politiques efficaces de protection sanitaire (2).

De tous temps, les populations ont dépendu des ressources en eau pour leur alimentation et leur bien-être. C'est une nécessité universellement acceptée et elle est considérée comme le principal facteur limitant de la vie humaine ; l'eau représente 60% du poids corporel chez les enfants, les adolescents et les adultes, l'apport recommandé par kg ou par 24 heures est donc spécifique à chaque étape de la vie, de 150 ml/kg à l'âge d'un mois, 50 ml/kg chez l'enfant et de 2 à 2,5 L chez l'adulte(3).

La consommation d'eau continue d'augmenter également sous la pression de l'industrie, de l'agriculture et de la croissance démographique. L'accès à une boisson de bonne qualité va devenir un problème dans plusieurs régions du monde ainsi que les besoins en eau sont très importants et font que les nappes sont épuisées et que les sources sont insuffisantes et par conséquent l'homme doit alors se tourner vers les eaux de surface qui sont le plus souvent polluées(4).

Pour ces raisons, les habitudes de consommation d'eau sont en train de changer. Cette volonté de trouver une bonne eau a conduit les gens à se tourner vers l'eau en bouteille, censée être pure et bénéfique pour la santé !

L'industrie des eaux minérales naturelles a toujours travaillé pour améliorer les qualités de la bouteille. Pendant des décennies, la bouteille en verre était le seul conditionnement de l'eau. En 1960, apparaissent les premières bouteilles en plastique en PVC (polychlorure de vinyle), plus légères et moins fragiles que les bouteilles en verre. Très vite, suite aux inconvénients de ce plastique coupant et cassant, arrive en force un nouveau plastique polymère, le PET (Polyéthylène Téréphtalate). Composé de 30% de MEG (mono-éthylène glycol) et de 70% de PTA (acide téréphtalate purifié), le PET est un plastique qui possède de nombreux avantages : il est inaltérable, incassable, souple et résistant (5).

Le conditionnement de l'eau en PET s'efforce de comprendre l'émergence et le succès d'un marché de l'eau conditionnée en bouteille plastique. L'Institut français de recherche et de sécurité (INRS) rappelle que les matières plastiques sont constituées d'une résine (polymère) additionnée ou non de composants auxiliaires (6). Les additifs sont des constituants dont le rôle est soit de conférer des propriétés particulières aux produits finis, soit de permettre la transformation de la matière plastique, soit d'en diminuer le coût de revient. Ce sont des colorants, des retardateurs de flamme, des stabilisateurs, des plastifiants etc... (7).

Un plastifiant est un additif ou un oligomère, à l'état liquide ou solide, plus ou moins visqueux, introduit dans la composition de différents types de matériaux pour les rendre plus souples, plus résistants, plus résilients, plus faciles à manipuler. Parmi eux, les phtalates qui sont les plus utilisés.

Introduction générale

Les phtalates sont utilisés depuis les années 50, fabriqués pour la première fois en 1920, ils ont connu un développement significatif en 1950 avec l'apparition du PVC (8).

Une fois l'eau est mise en bouteille, ce liquide le plus ordinaire devient une boisson commercialisée, mobile et portable. Certaines personnes achètent de l'eau en bouteille parce qu'elle est pratique, d'autres préfèrent son goût à celui de l'eau provenant d'autres sources, tandis que d'autres pensent qu'elle est plus sûre que l'eau du robinet, mais rien ne vient étayer cette croyance, car d'autres voix critiques s'attaquent plus spécifiquement aux effets de son conditionnement. Parmi plusieurs problèmes reprochés, il y a ceux associés à la présence de produits chimiques qui s'échappent dans l'eau, comme les phtalates, en raison de leur faible liaison à la matrice polymère, ils ont tendance à migrer de divers articles, cette possibilité de libération a fait l'objet de plusieurs recherches pour étudier leur impact sur la santé et l'environnement.

1. Problématique :

La notion de migration des phtalates vers l'eau de boisson embouteillée suscite de nombreuses inquiétudes en raison de graves problèmes qu'elles puissent produire sur la santé publique. Mais la question qui se pose ; existe-il vraiment une migration des phtalates à partir des bouteilles en PET et qu'elles sont les véritables facteurs qui influencent cette migration ?

2. Objectif :

L'objectif de notre revue systématique est d'apporter une vision globale sur la présence et la migration des phtalates depuis le PET vers l'eau de boisson embouteillée en prenant compte les facteurs qui favorisent cette migration. Enfin notre but est d'informer le consommateur sur ce problème complètement inconnu en Algérie.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I :
Généralités Sur Les Eaux Embouteillées

1. Eau embouteillée

1.1. Qu'est-ce qu'une eau embouteillée :

1.1.1. Au niveau national :

Les eaux embouteillées ou communément appelées eaux de tables, selon la Nomenclature Algérienne des Produits (NPA), sont toutes les eaux minérales ou de sources naturelles ou non, gazeuses ou plates conditionnées à la consommation.(9)

1.1.2. Au niveau international :

Selon l'association canadienne des eaux embouteillées (ACEE) : « L'eau embouteillée est vendue ou donnée dans des contenants scellés aux consommateurs. Elle doit rencontrer toutes les règles fédérales et provinciales sur l'eau potable. L'eau embouteillée ne doit pas contenir des édulcorants ni des additifs chimiques et doit être sans calories et sans sucre. » (10)

1.1.3. Selon le codex alimentarius :

Le codex alimentarius définit les eaux embouteillées comme suite : « les eaux conditionnées autres que les eaux minérales naturelles sont des eaux destinées à la consommation humaine qui peuvent contenir des sels minéraux, présents à l'état naturel ou ajoutés intentionnellement ; elles peuvent également contenir du gaz carbonique, présent à l'état naturel ou ajouté intentionnellement ; mais elles ne doivent pas contenir des sucres, des édulcorants, des aromatisants ou autres aliments. »(11)

1.2. Classification :

En Algérie, au sens du texte réglementaire du JORADP N°45 défini le conditionnement de deux types d'eau seulement : eau minérale naturelle et l'eau de source. (12)

En France, ces eaux sont soumises à une réglementation spécifique : « articles R.1322-1 et suivants du Code de la santé publique transposant les dispositions de la directive 2009/54/CE. Complété par l'arrêté du 14 mars 2007 relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de source conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique » qui distingue, en ligne avec la réglementation européenne, trois catégories d'eau conditionnée(13):

- L'eau minérale naturelle(EMN) gazeuse ou non-gazeuse ;
- L'eau de source(ES) ;
- L'eau rendue potable par traitement.

Toute addition d'ingrédients (minéraux, arômes, additifs, etc.) conduira, en France, une modification de dénomination légale, devenant ainsi « boisson ». Elle change également de catégorie de denrée alimentaire et ne peut donc plus être règlementairement considérée comme une « eau ». (14)

✓ **Eau minérale naturelle :**

Selon la réglementation Algérienne, au sens du décret N°45 correspondant au 18 juillet 2004, EMN est défini comme suite : « Une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploitée à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles elle est conditionnée. Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans : géologique et hydrogéologique, physique, chimique et physico-chimique, microbiologique, pharmacologique.

Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine. »(12)

✓ **Eau de source :**

Selon le même article du JORADP N°45, il est entendu par ES : « Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. »(12)

✓ **L'eau rendue potable par traitement :**

La réglementation Française indique que : « ces eaux peuvent provenir des ressources souterraines ou superficielles. Elles doivent respecter les critères de qualité applicables aux eaux du robinet (eaux destinées à la consommation humaine des réseaux publics de distribution) et peuvent subir tous les traitements autorisés pour l'eau du robinet, y compris la désinfection. Elles sont peu commercialisées en France. »(13)

1.3. Règlementation

1.3.1. Durée de conservation :

En France, l'eau en bouteille peut être conservée pendant un à deux ans, en tenant compte de la date d'expiration. Elle doit être stockée à l'abri de la chaleur et de la lumière du soleil. (15)

1.3.2. Etiquetage :

L'étiquetage nutritionnel est défini selon la réglementation Algérienne dans le décret N°58 du novembre 2013 comme étant : « la description des propriétés nutritionnelles d'une denrée alimentaire visant à informer le consommateur. » sur le même article, il est entendu par étiquette : « toute fiche, marque, image ou autre matière

descriptive, écrite, imprimée, poncée, apposée, gravée ou appliquée sur l’emballage d’un produit ou jointe à celui-ci. »(16)

1.3.3. Mentions obligatoires :

Au niveau national l’étiquetage des ES et des EMN préemballées doit comporter, outre les mentions prévues par le décret exécutif n° 90-367 du 10 novembre 1990, susvisé, les mentions suivantes(17):

- La dénomination de vente ;
- Le nom de la source ;
- Le lieu d’exploitation de la source ;
- Le pays d’origine, pour les EMN importées ;
- La mention « contient des fluorures » lorsque la teneur en fluor dépasse 1 mg/L.

Au niveau international en France par exemple, la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) exige les mentions suivantes qui doivent être indiquées dans l’étiquetage d’eau embouteillées(18):

- La dénomination de vente, comme par exemple : « Eau minérale Naturelle, Eau de source ».
- Le volume net ;
- La mention « à consommer de préférence avant le : » suivie de la date limite d’utilisation optimale ou de l’indication du lieu où elle est sur l’emballage ;
- Les conditions particulières de conservation et d’utilisation ;
- Le nom et l’adresse du fabricant ou du conditionneur
- Le lot de fabrication ;
- La mention de la composition physico-chimique, précisant les constituants caractéristiques ;
- Le lieu où sont exploités la source et le nom de celle-ci ;
- L’indication des traitements éventuels.



Figure 1 : Modèle d’étiquette d’une bouteille d’eau de ‘Saïda’ en Algérie

2. Emballage alimentaire :

L'histoire de l'emballage (étymologiquement "mettre en boule") est liée aux premiers mouvements de l'homme et revient à la préhistoire où l'on utilisait des peaux d'animaux, des coquillages et des feuilles. Puis vers 6000 avant J.-C., la céramique et les paniers sont apparus. Par la suite les Égyptiens (1500 av. J.-C.) ont fabriqué les premiers récipients en verre. Plus tard, le tonneau apparaît chez les Gaulois. Ensuite en 1746, les Anglais réalisent le premier produit conditionné sous un nom de marque (poudre antipyrétique). Après des matières brutes comme le bois, le liège, le cuir, l'argile, les fibres (lin, chanvre, osier...) ou des matières transformées comme le verre, les métaux, le papier ont été utilisés jusqu'à la fin du XIXe siècle. Enfin le XXe siècle a vu l'essor d'une matière moderne et pratique, le plastique... (19)

Avant l'emballage alimentaire est traité comme un simple accessoire, mais aujourd'hui il occupe une place très importante dans la chaîne de fabrication qui relie le produit au consommateur. Outre son rôle de stockage, de protection, de transport et de conservation des aliments, il est désormais un moyen d'information et de communication, aux fonctions économiques et sociales indéniables. Associée aux développements technologiques et aux exigences environnementales, son évolution tend à répondre aux impératifs de la consommation et donc des consommateurs.(19)

Souvent un emballage est composé de divers composants de formes, de fonctions et de matériaux différents afin de répondre à des besoins complémentaires pour un produit spécifique. Notamment, les emballages alimentaires (produits sensibles et périssables) qui ne doivent pas entraîner de risque pour la santé humaine et doivent être compatibles avec la nature du produit, sa forme physique, sa conservation et sa décomposition due à diverses causes biologiques ou chimiques.(20)

Les emballages alimentaires sont classifiés comme suite :

- **L'emballage primaire** : Il est en contact direct avec le produit destiné au consommateur. Cet emballage doit être compatible avec l'article qu'il doit contenir.
- **L'emballage secondaire** : c'est un regroupement d'emballage primaire il sert à protéger l'unité et faciliter l'utilisation du produit. Il a également pour fonction de communiquer au consommateur l'information sur le produit et, par conséquent, de vendre le produit.
- **L'emballage tertiaire ou l'emballage de transport** : Il s'agit d'un emballage conçu pour faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'articles ou d'un emballage secondaire, afin d'éviter les chocs physiques liés à la manutention et au transport. La plupart du temps, il s'agit d'une palette avec une housse en plastique qui regroupe plusieurs colis.(20)

Il existe de nombreuses fonctions principales de l'emballage alimentaires, dont le rôle peut être technique ou commercial :

➤ **Le rôle technique de l’emballage :**

Le rôle de l'emballage est de contenir le produit, de le protéger de toute contamination externe qui pourrait entraîner une altération indésirable, de permettre son acheminement, sa distribution, son entreposage, son utilisation et enfin sa disposition finale.(20)

➤ **Le rôle commercial :**

Le marché de nos jours reconnaît un renouvellement à un rythme très rapide de nouveaux produits, pour cette raison l’emballage est devenu l’outil de communication le plus stratégique pour tous les produits de consommation courante. Souvent le premier et l’unique contact avec le consommateur, la création d'un emballage est plus qu'un exercice esthétique : c'est un véritable défi de communication.(20)

On distingue différents matériaux d’emballage alimentaire :

Le verre : en tant que matériau d'emballage, occupe une place prépondérante dans l'industrie alimentaire. Ce matériau très ancien bénéficie encore d'une excellente image de qualité auprès des consommateurs, surtout en raison de son innocuité, de son inertie et de son caractère réutilisable. Mais il est cher, fragile et difficile à transporter.(21)

L’aluminium : L’aluminium est extrêmement pratique comme matériau d'emballage alimentaire car il résiste à des températures extrêmes. Il est donc bien adapté aux aliments qui doivent être congelés, grillés, cuits au four ou simplement gardés au frais. Il existe des récipients qui sont assez solides et robustes pour conserver de grandes quantités d'aliments, tout en gardant le poids léger qui caractérise l'aluminium. Le plus grand inconvénient des emballages alimentaires en métal et en aluminium est leur incompatibilité avec le chauffage par micro-ondes. (20)

Le bois : il est généralement associé à la notion d’artisanat (22)

Le papier et le carton : Le papier et le carton : Cet emballage est un dérivé de l'industrie du bois. Les fibres de cellulose sont recyclables jusqu'à sept fois, ce qui fait de lui un produit intéressant du point de vue de l'environnement mais aussi du point de vue des dépenses. (20)

Mais il est menacé par le plastique car ce dernier présente des avantages en termes de praticité.(22)

Le plastique : l’emballage en plastique est utilisé dans éventail très étendu d’applications en raison de sa rigidité, sa légèreté, sa stabilité, ses propriétés de barrière et sa facilité de stérilisation.(23)

3. Généralité sur la matière plastique :

3.1. Définition

Le mot "plastique" désigne une grande variété de substances chimiques synthétiques qui peuvent être moulées ou transformées en formes utiles(24). Les plastiques sont des matières organiques au même titre que le bois, le papier ou la laine. Les matières premières utilisées pour les synthétiser sont des produits naturels tels que la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien sûr, le pétrole brut. (25)

La fabrication des plastiques commence par de petites molécules, appelées « monomères », qui sont répétées des milliers ou des millions de fois et assemblées en longs brins, appelés « polymères ». Presque tous les plastiques proviennent de combustibles fossiles, en particulier du gaz naturel(24).

Les plastiques sont devenus le matériau moderne par excellence parce qu'ils permettent d'équilibrer les besoins d'aujourd'hui et les préoccupations environnementales.(25)

3.2. Formation du plastique

Après avoir été extrait du sous-sol, le pétrole brut est envoyé dans une raffinerie. Le pétrole brut est un mélange complexe des différentes familles chimiques (aromatiques, naphthéniques, paraffinées), qu'il faut séparer pour pouvoir les exploiter. En raffinant le pétrole, on obtient :

- Du fioul pour le chauffage.
- Du gaz, du kérosène et de l'essence pour les moyens de transport.
- Du naphta, transformé dans les usines chimiques.

La fabrication du plastique se fait généralement en 5 étapes :

3.2.1. Distillation du pétrole (raffinage du pétrole) :

C'est une étape qui consiste à séparer les constituants du pétrole, grâce au procédé de distillation fractionnée, car les constituants du pétrole ont des masses différentes et donc des points d'ébullition différents. Sous l'action de la chaleur, les molécules se transforment en gaz et s'élèvent dans la tour de distillation.

3.2.2. La condensation du naphta :

Le naphta est un liquide issu du raffinage du pétrole qui se condense entre 40 et 180 °C. Il constitue la matière première des plastiques. Avant d'être utilisé par les plasturgistes, le naphta doit subir une opération de craquage.

3.2.3. Le craquage :

Sous l'effet d'un chauffage (800 °C) puis d'un refroidissement brutal (400 °C), les grosses molécules d'hydrocarbures qui constituent le naphta se voient fragmentées en molécules plus facilement exploitables.

3.2.4. La polymérisation :

Les monomères obtenus après craquage contiennent entre 2 et 7 atomes de carbone chacun. Grâce à des réactions dites d'addition (chaîne de monomères identiques) ou de condensation (chaîne de monomères différents), ils se lient entre eux pour former des polymères.

3.2.5. La mise en forme :

À la sortie de la raffinerie, les polymères se présentent sous forme de granulés, de liquides ou de poudres. Les différents matériaux plastiques que nous connaissons sont obtenus grâce à l'ajout d'adjuvants et d'additifs. Ils sont ensuite mis en forme par moulage, par extrusion, par injection ou encore par thermoformage. (26)

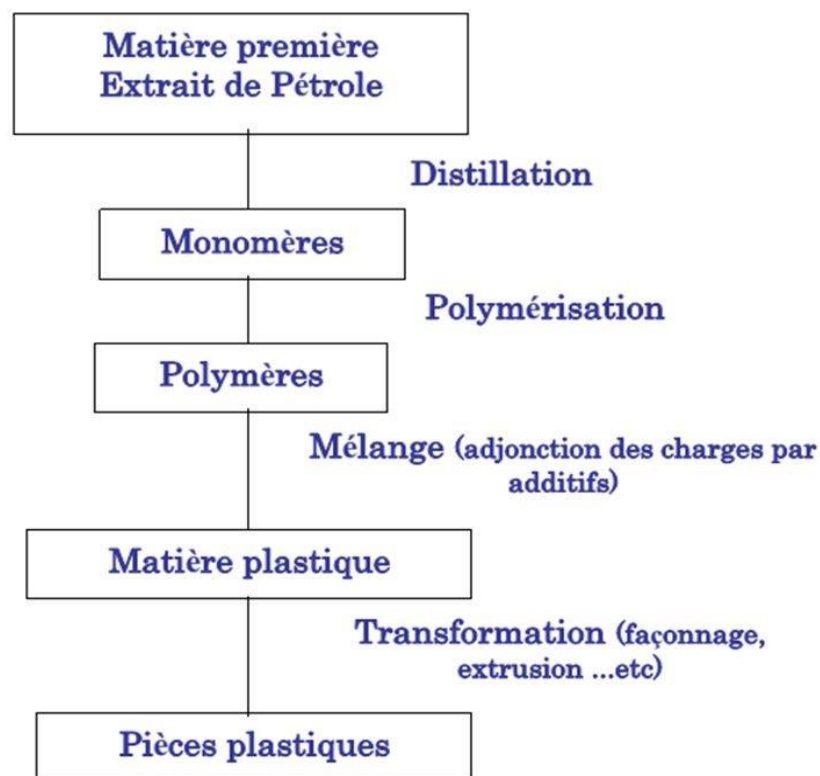


Figure 2 : Procédé général d'obtention de la matière plastique

3.3. Les différents types des plastiques :

Le développement extrêmement rapide de l'industrie des matières plastiques et la prolifération des composés macromoléculaires ne permettent pas une classification nette et précise de ces matériaux. Tout classement est incomplet et aucun n'englobe dans un ensemble de catégories définies, toute la gamme des produits connus sous le nom de matières plastiques.(6)

Les fabricants offrent une très grande diversité de produits, mais il existe quatre grandes familles de matières plastiques synthétiques (27) :

- Les thermoplastiques.
- Les thermodurcissables.
- Les élastomères.
- Les élastomères thermoplastiques.

3.3.1. Les thermoplastiques :

Les composés thermoplastiques sont un ensemble de macromolécules pouvant passer de l'état solide à l'état fondu sous l'action de la température et durcissent à nouveau quand on les refroidit. (6)

Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables(27).On distingue :

3.3.1.1. Polyéthylène téréphtalate (PET)

Le PET est également connu sous de nombreux autres noms comme Dacron (USA), Tergal (France), Terital (Italie), Térylène (GB), Lavsan (Russie), Diolen (Allemagne), Terlenka (Pays-Bas) ou encore Trevira...

C'est un polymère obtenu à partir :

- d'éthylène glycol et de diméthyltéréphtalate
- ou d'éthylène glycol et d'acide téréphtalique.

Dans les deux cas, il s'agit d'une polymérisation par polycondensation(28).Les chaînes vont s'arranger et former des fibres résistantes. C'est un matériau dur, rigide, solide, avec une bonne stabilité dimensionnelle et un faible taux d'absorption d'eau. Il présente de bonnes propriétés de protection contre les gaz et une bonne résistance chimique, sauf aux alcalis (qui l'hydrolysent).(27)(29)



Figure 3 : Bouteilles de plastique en PET

3.3.1.2. Polyéthylène (PE)

Le polyéthylène est produit par polymérisation par addition d'éthylène gazeux dans un réacteur sous pression à haute température et est structurellement le plastique le plus simple. Le PE est facilement thermo scellable et peut être transformé en films résistants, avec une bonne barrière à l'humidité et à la vapeur d'eau. Néanmoins, ils ne constituent pas une barrière particulièrement élevée aux huiles et graisses ou aux gaz, par rapport à d'autres plastiques.

En fonction de la température, de la pression et du catalyseur de polymérisation, une gamme de résines de basse, moyenne et haute densité est produite. On distingue deux familles qui sont les plus utilisées dans l'industrie alimentaire :

Polyéthylènes à «basse densité» (LDPE) :

LDPE est thermoscellable, inerte, sans odeur et rétrécit lorsqu'il est chauffé. C'est une bonne barrière contre l'humidité mais est relativement perméable à l'oxygène et est une mauvaise barrière contre les odeurs. Il est moins cher que la plupart des films et est donc largement utilisé pour les sacs, pour le revêtement de papiers ou de cartons, et comme composant dans les stratifiés. Le LDPE est également utilisé pour l'emballage sous film rétractable ou étirable.

Polyéthylènes à «haute densité» ou «linéaires» (HDPE) :

Le HDPE est plus résistant, plus épais, moins flexible et plus cassant que le LDPE et constitue une meilleure barrière contre les gaz et l'humidité. Les emballages en HDPE sont imperméables, ont une résistance élevée à la déchirure et à la perforation, ainsi qu'une bonne résistance à l'étanchéité.(30)

3.3.1.3. Polypropylène (PP) :

Le PP est un film transparent brillant avec une barrière modérée à l'humidité, aux gaz et aux odeurs, qui n'est pas affecté par les changements d'humidité. Il s'étire, bien que moins que le polyéthylène, et présente une résistance élevée et une résistance à la perforation. Il est utilisé dans des applications similaires au LDPE. Le polypropylène orienté est un film transparent brillant avec de bonnes propriétés optiques et une résistance élevée à la traction et à la perforation. Il est largement utilisé pour emballer des biscuits, des collations, et les aliments

secs. Le PP, avec sa bonne résistance aux huiles et graisses, est également le principal type de plastique utilisé pour les pots de margarine.(30)

3.3.1.4. Polystyrène (PS) :

Le polystyrène est un thermoplastique aromatique, dur, cassant et transparent. Ses propriétés électriques sont bonnes, sa résistance aux rayons gamma est excellente et il peut être stérilisé aux radiations. Cependant ses caractéristiques chimiques et sa résistance aux U.V. sont médiocres. Lorsqu'il est modifié par l'incorporation d'élastomères, il devient un polystyrène à haute résistance aux impacts (HIPS) qui est opaque. De ce fait il existe un grand nombre de qualités de polystyrène disponibles dans le commerce.(29)

3.3.1.5. Polychlorure de vinyle (PVC) :

Il est obtenu par la polymérisation des monomères de chlorure de vinyle $[\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}]$.

Ce polymère de formule $-(\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{Cl})_n -$ est issu d'une réaction chimique entre de l'éthylène et de l'acide chlorhydrique, en présence d'oxygène, Il peut être soit rigide soit souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore. Le PVC rigide qui a un aspect lisse et dur est utilisé pour les tuyaux de canalisation. Le PVC souple qui recouvre certaines pièces comme les manches de pinces a un aspect brillant. C'est après le PE, le plastique le plus utilisé au monde.(6)

3.3.1.6. Autres (Others) :

✓ Les polyamides (PA) :

C'est la première matière plastique à avoir été découverte en 1938. Selon la longueur des chaînes, on obtient différents types de PA que l'on distingue par des chiffres : par exemple le PA 6.6 est le nylon. Ce sont des polymères qui offrent un bon compromis entre des qualités mécaniques, thermiques et chimiques. L'inconvénient principal de tous les polyamides est qu'ils sont hydrophiles ce qui limite leur usage pour certaines pièces mécaniques.

✓ Les polyacéals ou polyoxyméthylène (POM) :








Les POM ont des propriétés qui les rendent irremplaçables pour des pièces à fortes exigences mécaniques comme les engrenages et les poulies. Ils sont solides, présentent les qualités de métaux tels que l'acier, l'aluminium ou le zinc. Ils résistent à la plupart des agents chimiques et ont un faible coefficient de frottement. Par contre, ils ont une densité élevée et une assez faible résistance à la température. La recherche vise à augmenter leur résistance au choc pour permettre la réalisation de plus grosses pièces.

✓ Le polycarbonate (PC) :

Le PC est un matériau qui présente d'excellentes propriétés mécaniques et une bonne résistance thermique jusqu'à 120°C. Par contre, il résiste mal aux contacts prolongés avec l'eau, aux agents chimiques et aux rayons ultraviolets. (30)

Les matières plastiques employées sont indiquées à l'aide de codes visuels (un chiffre entouré d'un triangle fléché). Selon ce chiffre, on peut savoir de quel plastique est fait l'emballage. Le tableau ci-dessous offre un bon résumé des différents plastiques et de leurs utilisations les plus fréquentes dans l'industrie alimentaire (20):

Tableau 1 : Nomenclature et champ d'application des plastiques.

	<p>Polyéthylène téréphtalate (PETE) : Souvent utilisé pour les bouteilles de boisson gazeuse, d'huile de cuisine, etc. En film, il est surtout utilisé pour ses propriétés de scellage à n'importe quel autre matériau d'emballage, et comme film moulant. C'est actuellement le plastique le plus recyclé. Pour les micro-ondes et les fours, l'industrie utilise le PET qui résiste à des températures plus élevées.</p>
	<p>Polyéthylène haute densité : Souvent utilisé pour les bouteilles de détergent, jus de fruits, contenants pour congélation, chaudières, barils et bouchons. Il représente 50 % du marché des bouteilles en plastique. En film, il est souvent utilisé pour des doublures pour baril et boîtes en industrie alimentaire. Coût bas et bonnebarrière à l'oxygène.</p>
	<p>Polychlorure de vinyle (PVC) : C'est le 2e plastique le plus utilisé dans le monde (20 % de l'ensemble des plastiques) après les polyéthylènes (32 %). Utilisé pour des bouteilles et pots de miel, confiture et mayonnaise avec une excellente transparence. En film, il est utilisé aussi pour les manchons thermorétractables et sceaux de sécurité. N. B. : Peut susciter la controverse à cause de sa teneur en chlore.</p>
	<p>Polyéthylène basse densité : Généralement utilisé pour certains sacs ou emballages plastiques (bouteilles comprimables, bouchons ou capsules). En film, il est utilisé pour stabiliser les caisses ou palettes (étirable, ou thermorétractable). Coût bas et barrière moyenne à l'oxygène.</p>
	<p>Polypropylène (PP) : Utilisé pour certaines tasses pour enfants, gourdes souples réutilisables pour sportifs, récipients alimentaires réutilisables, pots de yogourt, de lait et de margarine. Il est surtout le plus utilisé pour le remplissage à chaud et les couvercles. Coût bas et barrière à l'humidité</p>
	<p>Polystyrène (PS) : Utilisé principalement pour les gobelets et contenants thermoformés ou par injection. En alimentaire, surtout présent dans les barquettes et contenants en styromousse pour les produits frais et emballage de protection. Le PS expansé est surtout utilisé comme support pour rouleau d'étiquettes. Ne jamais chauffer les aliments dans des récipients en polystyrène (peut représenter des risques pour la santé).</p>
	<p>Autres plastiques, comme le Polycarbonate : Utilisé pour les biberons et certaines tasses pour bébé en polycarbonate translucide et rigide, tout comme les bonbonnes d'eau de 20 litres et certaines de 3,5 litres.</p>

3.3.2. Les thermodurcissables

Les thermodurcissables sont constitués d'une seule macromolécule représentée par un réseau tridimensionnel infusible dont la rigidité augmente avec la densité du réseau.(6)

Ces composés thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. Sous l'effet de la température ils se dégradent et brûlent (carbonisation) contrairement au thermoplastiques la réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés, cette catégorie garde toujours sa forme en raison de ces liaisons croisées et des pontages très résistants (liaisons covalentes) qui empêchent tout glissement entre les chaînes se renforcent quand le plastique est chauffé d'où le terme thermodurcissables). Dans cette catégorie se trouvent les polymères suivants (6)(27) :

- ✚ les phénoplastes (Bakélite®)
- ✚ les polyépoxydes (Araldite®)
- ✚ les polyuréthanes : PU
- ✚ les silicones

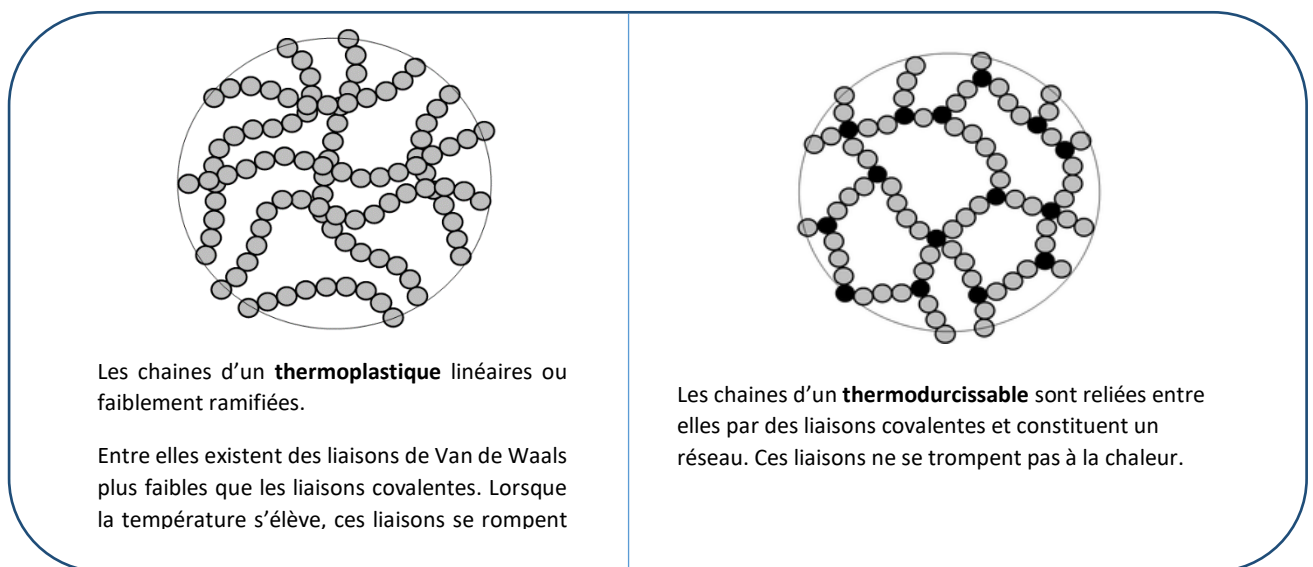


Figure 4 : Une image comparative qui représente les différentes propriétés des deux polymères

3.3.3. Les élastomères :

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer. Pour que le matériau de base présente une bonne

élasticité il subit une vulcanisation. C'est un procédé de cuisson et de durcissement qui permet de créer un réseau tridimensionnel plus ou moins rigide sans supprimer la flexibilité des chaînes moléculaires. On introduit dans l'élastomère au cours de la vulcanisation du soufre, du carbone et différents agents chimiques. Différentes formulations permettent de produire des caoutchoucs de synthèse en vue d'utilisations spécifiques(27).

3.3.4. Les élastomères thermoplastiques :

Ce sont des matériaux qui possèdent des propriétés élastomérique mais qui sont mis en œuvre comme les thermoplastiques c'est-à-dire sans opération de réticulation par le soufre ou d'autres composés. On peut les classer en quatre familles (6):

- ✚ Les élastomères à base de polystyrène
- ✚ Les élastomères de polyesters
- ✚ Les élastomères à base de polypropylène
- ✚ Les élastomères polyuréthanes.

3.4. Avantages et inconvénients des emballages alimentaires en matières plastiques :

3.4.1. Avantages

Le succès commercial des plastiques dans l'emballage est dû à la combinaison de leur polyvalence - du film aux applications rigides - à leur solidité, leur légèreté, leur stabilité, leurs propriétés de barrière et leur facilité de stérilisation. Ces caractéristiques font des plastiques des matériaux d'emballage idéaux pour toutes sortes de produits commerciaux, industriels, médicaux, etc.

Les emballages plastiques pour les produits alimentaires, par exemple, n'altèrent pas le goût ou la qualité des aliments. En fait, les propriétés de barrière des plastiques garantissent que l'aliment reste frais plus longtemps et conserve son goût naturel en le protégeant de la contamination extérieure. En outre, grâce à sa polyvalence sans égal, les plastiques constituent une solution idéale dans une multitude d'applications comme les films d'emballage des aliments pour les viandes fraîches, les bouteilles pour les boissons, les huiles alimentaires et les sauces ; les pots de yaourt et les barquettes de margarine.(25).

3.4.2. Inconvénients

Les effets potentiellement néfastes de la pollution plastique sur la santé humaine et l'environnement soulèvent de plus en plus de préoccupations à l'échelle mondiale(31). Certes, le plastique n'est pas écologique. Mais si on le réservait à quelques utilisations, il ne poserait pas tant de problèmes. Le souci c'est qu'il est

omniprésent et souvent utilisé pour des objets à usage unique, qui génèrent beaucoup de déchets encore assez mal gérés(32).

La pollution plastique est définie comme par l'élimination, le rejet ou l'abandon de matières plastiques dans l'environnement hors d'un système de gestion des déchets (comme un site d'enfouissement ou une installation de recyclage)(31). Entre 1950 et 2015, un total de 6,3 milliards de tonnes de déchets plastiques primaires et secondaires (recyclés) ont été générés, dont environ 9 % ont été recyclés et 12 % incinérés, les 79 % restants étant soit stockés dans des décharges, soit rejetés directement dans le milieu naturel.

Les produits en plastique sont généralement fabriqués avec des ingrédients chimiques synthétiques comme le polyéthylène téréphtalate (PET) que les organismes de biodégradation ne peuvent pas consommer. En tant que tels, les plastiques ne peuvent pas être facilement dégradés(33); C'est pour cette raison le plastique met très longtemps à se dégrader dans l'environnement, en particulier dans l'eau : de quelques dizaines d'années à plusieurs centaines d'années(32).

Donc des milliards de tonnes de plastiques se sont accumulés dans l'environnement, les terres, les voies navigables et les océans peuvent être pollués par les plastiques, et les organismes vivants, en particulier ceux des environnements océaniques, peuvent être endommagés, par exemple en s'empêtrant dans des matériaux plastiques provenant d'emballages ou de lignes de pêche jetées, ou ils peuvent ingérer des déchets plastiques. Ces derniers peuvent provoquer divers problèmes de santé, soit par action physique directe des objets ou particules en plastique, soit potentiellement par la libération de produits chimiques contenus dans les plastiques qui interfèrent avec les processus physiologiques : par exemple, en agissant comme des perturbateurs endocriniens, qui perturbent divers mécanismes, aussi bien chez les animaux que chez les humains(34).

D'un point de vue économique pour fabriquer du plastique, on utilise beaucoup de pétrole, une ressource non-renouvelable. Il faut 2kg de pétrole brut pour produit un kilo de PET(32).



Figure 5 : Une image qui montre le temps de dégradation des déchets de plastique et quelques autres déchets dans la mer

3.5. Composés auxiliaires :

Dans de nombreux cas et plus particulièrement en ce qui concerne les thermoplastiques, la matière brute ne pourrait être exploitée sans l'adjonction de certains constituants dont le rôle consiste soit à conférer des caractéristiques particulières aux produits finis, soit à permettre la transformation de la matière plastique, soit encore à en abaisser le prix de revient.

Parfois, pour les thermodurcissables notamment, des produits sont nécessaires pour amorcer ou catalyser les réactions de polycondensation ou pour provoquer la réticulation.

Suivant les cas, on ajoute :

- des plastifiants.
- des charges.
- des colorants et pigments.
- des solvants.
- des catalyseurs et des durcisseurs.
- des adjuvants divers : ignifugeants, stabilisants, lubrifiants, antistatiques, fongicides.

Dans ce qui suit, nous aborderons successivement les grandes familles de composants auxiliaires, pour définir leur rôle.

3.5.1. Les plastifiants :

Les plastifiants sont des substances de faible volatilité que l'on ajoute à certaines résines en vue de modifier principalement leurs propriétés plastiques et élastiques sans changer leur nature chimique. Ils peuvent entrer jusqu'à plus de 100% en poids de résine dans la composition des matières plastiques et permettent d'améliorer la souplesse du produit fini, sa tenue aux chocs et aux basses températures.

Les molécules du plastifiant agissent en affaiblissant localement les forces de cohésion intermoléculaires et rendent ainsi possible le déplacement de segments de chaînes macromoléculaires les unes par rapport aux autres, ce qui a pour effet de diminuer la rigidité de l'édifice moléculaire(6). On distingue deux familles :

3.5.1.1. Plastifiants primaires :

✓ Les phtalates :

Les utilisations industrielles des phtalates dépendent de la longueur de leurs chaînes d'esters. Les phtalates de poids moléculaire élevé sont principalement utilisés comme plastifiants, où ils sont ajoutés aux matériaux polymères pour améliorer leur souplesse, leur élasticité, leur durabilité et leur facilité de traitement(35). En effet, les phtalates sont très majoritairement utilisés en tant que plastifiants pour rendre le PVC souple et flexible ; ce sont d'ailleurs les plastifiants les plus communément utilisés dans le monde. Ils sont également utilisés pour la composition d'autres polymères tels que l'acétate de polyvinyle, l'acétate de cellulose et le polyuréthane(36).

✓ Les adipates et les sébaçates :

Ce sont des produits relativement peu nocifs, très employés pour la fabrication des résines vinyliques et cellulosiques, en particulier dans les applications nécessitant une bonne souplesse à froid.

✓ Les plastifiants polyesters :

Ces plastifiants polymères : polysuccinate, polyadipate et polysébaçate d'éthylène glycol de poids moléculaires 1000 environ présentent l'avantage d'être peu nocifs. De ne pas migrer, ni exsuder et d'être peu extrait par l'huile.

✓ Les phosphates :

Ce sont des esters de l'acide phosphorique qui, outre leur pouvoir plastifiant, offrent des propriétés appréciables d'ignifugation.

✓ Les glycols et leurs dérivés :

Ils peuvent être employés avec les cellulosiques, la caséine, les phénoplastes et les aminoplastes.

Dans certains cas, on les utilise également avec l'alcool et butyral polyvinyliques.

3.5.1.2. Plastifiants secondaires :

✓ Les esters d'acides gras (stéréates, glycolates, salicylates, oléates) :

Ils sont généralement peu nocifs. Certains d'entre eux peuvent avoir une action légèrement irritante sur la peau.

La nocivité des esters métalliques d'acides gras dépend de la nature du métal

✓ Les dérivés organiques chlorés :

On les appelle aussi extendeurs car ce sont des produits peu compatibles avec les résines, qui ne peuvent être introduits qu'en quantité limitée dans les plastifiants (vrais), de façon à en abaisser le prix, et à réduire l'inflammabilité.

L'emploi des diphényles chlorés a été abandonné, en raison de la haute toxicité de ces produits.

✓ Les dérivés de l'acide toluènesulfonique :

Ils sont surtout utilisés avec les cellulosiques mais également avec les résines phénol-formol et urée-formol. Ils exercent une action irritante sur les yeux et la peau.

3.5.2. Les charges :

Les charges sont des substances organiques ou minérales, végétales ou synthétiques qui, ajoutées aux résines, permettent d'améliorer la rigidité et l'adhésivité des matières plastiques mais agissent également sur leur résistance chimique, leur isolation électrique et thermique ou simplement d'en abaisser le prix de revient. Il en existe deux types :

- ✓ Les charges granulaires, les plus utilisées sont : la farine de bois, les poudres de carbonate de calcium, de kaolin, d'argile, de mica, d'ardoise, le talc, la silice, la farine de diatomées, les sulfates de baryum et de calcium, l'alumine et d'autres poudres d'oxydes métalliques, les noirs de carbone, le graphite colloïdal, les déchets broyés de résines synthétiques.
- ✓ Les charges fibreuses, les plus couramment employées dans les matières plastiques sont : les fibres de cellulose (chanvre, jute, ramie, coton et rayonne), certaines fibres synthétiques, les fibres d'amiante et surtout les fibres de verre.

3.5.3. Les colorants et pigments :

Les colorants et pigments permettent de donner une couleur particulière aux matières plastiques qui peuvent être classées en deux catégories :

- ✓ les colorants solubles, de nature organique, qui se dissolvent dans la résine, lui conservent sa transparence ou sa translucidité. Ce sont des mono ou des diazoïques portant des groupements – OH ou – NH₂, des amines d'antraquinone ou d'induline, etc. Ils sont essentiellement utilisés pour les matières transparentes.
- ✓ les pigments insolubles, qui colorent et opacifient la matière plastique. Ils peuvent être minéraux (oxydes de sels métalliques de titane, plomb, chrome, etc.), organiques (azoïques et diazoïques copulés et de pétrole, etc.) ou mixtes (sels colorés d'acides organiques).

3.5.4. Les solvants :

Les solvants sont principalement utilisés pour la mise en solution des polymères dans la préparation de peintures et vernis, de colles à base de résines synthétiques et dans la confection de fibres artificielles, etc. Exemples de quelques solvants : benzène, tétrachlorure de carbone, acétone, éthanol, etc.

3.5.5. Les catalyseurs et les durcisseurs :

Les catalyseurs sont des substances qui, sans subir de transformation visible, provoquent ou accélèrent les réactions. Ce sont principalement des peroxydes organiques, l'azo-bis (isobutyronitrile) et l'oxygène.

Ainsi que les durcisseurs interviennent directement comme agents de réticulation pour la transformation chimique des poudres à mouler ou des résines liquides, fusibles et solubles en une matière thermorigide.

3.5.6. STABILISANTS ET ANTI-OXYDANTS :

- a) **Les stabilisants** sont plus spécialement destinés à empêcher la dégradation thermique du polymère au cours de la mise en œuvre et à lui conserver ses propriétés physiques et mécaniques tout au long de son utilisation.
- b) **Les absorbeurs d'ultraviolets** ont pour rôle d'éviter les réactions de photo-dégradation des polymères sous l'influence de la lumière, en particulier du rayonnement ultraviolet.
- c) **Les antioxydants** sont des stabilisants qui s'opposent généralement à la rupture des liaisons dans les macromolécules sous l'action de l'oxygène et des agents polluants de l'air, au cours du vieillissement des matières plastiques.

3.5.7. IGNIFUGEANTS OU RETARDATEURS DE COMBUSTION :

Ce sont des additifs qui permettent l'amélioration du comportement des résines au feu. Ces produits rendent plus difficile l'inflammation de la matière, diminuent la vitesse de propagation de la flamme et peuvent dans les meilleurs des cas, provoquer l'arrêt spontané de la combustion.

3.5.8. AUTRES ADJUVANTS :

- a) **Lubrifiants** : L'addition de lubrifiants à usage externe a pour but d'éviter que la résine n'adhère au métal des outillages, elle facilite donc la mise en œuvre et le démoulage. Les lubrifiants à usage interne réduisent les frictions entre les grains au sein de la résine. Les principaux lubrifiants sont des stéarates métalliques, des stéaramides, des esters d'acides gras, des cires d'hydrocarbures et des acides gras.
- b) **Antistatiques** : De par leur constitution, les matières plastiques ont tendance à se charger d'électricité statique. L'addition de produits, tels que amines, sels d'ammonium quaternaire, phosphates organiques, est destinée à éviter l'accumulation des charges électriques.
- c) **Fongicides** : Leur rôle est d'empêcher le développement de micro-organismes se nourrissant de certains adjuvants des matières plastiques (plastifiants et lubrifiants) ou susceptibles de modifier les propriétés de surface de ces matériaux.

On utilise généralement des composés du cuivre ou du mercure(6).

Chapitre II :
Généralités Sur Les Phtalates

1. Définition :

Le nom « phtalate » dérive du terme « acide phtalique » qui lui-même derive du mot « naphthalène » (37). Les phtalates font partie d'une famille de substances chimiques de formule $C_6H_4(CO_2H)_2$ (38) constituées de cycle benzénique et de deux groupements carboxylates entraînant une structure de type diester. On trouve aussi la dénomination de « ester phtalique » car ils sont issus d'une réaction entre un acide phtalique et d'alcools à chaînes plus ou moins ramifiées allant du C1 à C13(37,39).

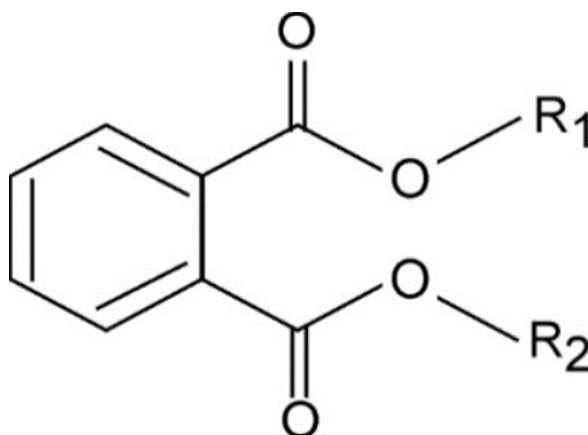


Figure 6 : structure chimique des phtalates

Les phtalates peuvent être classés en trois catégories selon leurs propriétés physico-chimiques et toxicologiques, on distingue :

- **Les phtalates de bas poids moléculaire :** dont les chaînes alkyles principales sont inférieures ou égales à C3, généralement utilisés comme SOLVANTS et aussi dans l'industrie des polymères de cellulose. Ils sont un peu plus solubles dans l'eau que les autres phtalates.
- **Les phtalates de haut poids moléculaire :** dont des chaînes alkyles principales sont cycliques ou contiennent une portion linéaire supérieure ou égale à C7 utilisés principalement comme PLASTIFIANTS pour le polychlorure de vinyle(PVC). Ils sont insolubles dans l'eau et ont une faible tension de vapeur.
- **Les phtalates intermédiaires :** dont les chaînes principales contiennent une partie linéaire allant de C4 à C6. Ils se distinguent par un potentiel plus toxique que les autres phtalates concernant les effets sur la reproduction et le développement(40).

Parmi les phtalates on s'intéresse au 6 types dont :

- DBP : di butyle phtalate
- BBP : butyl benzyle phtlate
- DnOP : di-n-octyle phtalat

- DiNP : di-isononyle phtalate
- DiDP : di iso decyle phtalate
- DEHP : di ethyl hexyle phtalate.

2. Propriétés physico-chimiques :

A température ambiante, les phtalates sont des liquides organiques visqueux et transparents. Dans les conditions usuelles ils n'émettent que très peu de vapeurs dans l'atmosphère, ils ont une affinité pour les graisses et les alcools lourds, et leur coefficient de partage octanol/eau augmente du DMP au DnOP permettant de prévoir leur affinité vis-à-vis la matière organique et les lipides, a contrario leur solubilité dans l'eau diminue avec l'augmentation des chaînes latérales allant du 1ug pour les plus lourds à quelques g/L pour les plus légers (37).

Tableau 2 : Résumé les propriétés physicochimiques des phtalates (39).

Substances	DBP	BBP	DnOP	DINP	DIDP	DEHP
aspect	Liquide incolore huileux	Liquide incolore visqueux	Liquide légèrement jaune huileux	Liquide incolore huileux, visqueux	Liquide huileux, visqueux	Liquide incolore huileux
Poids moléculaire	278,34	312,36	390,56	418,62	446,68	390,56
Point de fusion (°C)	-35	-40	-25	-48	-48	-47
Point d'ébullition (°C)	340	370	390	370	370	386
Tension de vapeur (Pa)	$3,6 \times 10^{-3}$	8×10^{-5} à 25 °C	$1,3 \times 10^{-5}$ à 25 °C	6×10^{-5} à 20 °C	$5,1 \times 10^{-5}$ à 25 °C	$1,3 \times 10^{-5}$ à 25 °C
Densité	1.04	1.12	0.98	0.97	0.97	0.99
Solubilité dans l'eau	Faible (11,2mg/l)	Faible (2,7 mg/l)	Pratiquement insoluble (0,5 ug/l)	Insoluble (<1u/l)	Insoluble (<1 ug/l)	Pratiquement insoluble (3 ug/l)
Log K octanol/eau	4.45	4.59	8.06	9 environ	10 environ	7.50

3. Synthèse :

« L'acide phtalique a été obtenu par Auguste Laurent en 1836 en oxydant le tétrachloronaphtalène. Pensant que la substance résultante était un dérivé du naphtalène, il l'appela donc acide naphtalénique. C'est le chimiste suisse Jean Charles Galissard de Marignac qui en détermina la formule correcte.

Les méthodes de fabrication au XIX^{ème} siècle ont inclus l'oxydation du tétrachloronaphtalène par l'acide nitrique, ou bien, l'oxydation du naphtalène par l'acide sulfurique au contact de mercure ou de son sulfate comme catalyseur, suivie de son hydrolyse.

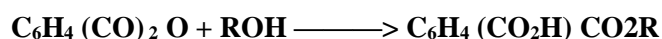
Si l'anhydride phtalique précurseur est toujours produit par l'oxydation catalytique du naphtalène au contact d'oxyde de vanadium, V₂O₅, il est de plus en plus produit directement à partir de l'o-xylène, soit en phase gazeuse au contact d'oxyde de vanadium, soit en phase liquide en présence de sels solubles de cobalt (cf. Cobalt), manganèse (cf. Manganèse) ou molybdène.

Les acides iso- et téréphtaliques sont obtenus par oxydation des xylènes correspondants par le dioxygène de l'air en utilisant l'acide acétique comme solvant et un catalyseur à base de sels de cobalt et de manganèse et un promoteur à base d'ions bromure (cf. Brome). Dans ce procédé développé par la société Amoco, le rendement est proche de 95 % avec une sélectivité en diacide supérieure à 99 %. Le produit brut est purifié par hydrogénation en solution aqueuse pour transformer les traces d'impuretés, généralement les aldéhydes intermédiaires. Le brome présent dans le milieu réactionnel est un générateur de radicaux libres qui favorisent les réactions d'oxydation des groupes méthyle par le dioxygène (cf. Dioxygène et PBDE et retardateurs de flamme) : en l'absence de brome, l'oxydation s'arrête au stade monocarboxlique.

L'application principale des acides phtaliques concerne l'obtention d'esters et d'amides et de polymères.

Les o-phtalates, communément appelés phtalates, résultent de l'alcoolyse de l'anhydride phtalique. Ils sont à la base de plastifiants employés couramment, car facilement accessibles et bon marché. Pour la petite histoire, ils sont apparus dans les années 1920 en remplacement du camphre, volatil et odorant. En 1931, la disponibilité commerciale du polychlorure de vinyle (cf. Polychlorure de vinyle, PVC) et le développement du phtalate de di-2-éthylhexyle (cf. Rhodium) comme plastifiant a lancé le PVC

La réaction débute par l'ouverture de l'anhydride phtalique par un alcool ROH, conduisant au mono-ester :



La deuxième estérification est plus difficile et exige le déplacement de la molécule d'eau :

$$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO}_2\text{H})\text{CO}_2\text{R} + \text{ROH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{CO}_2\text{R})_2 + \text{H}_2\text{O} \gg (41)$$

4. Production et utilisation :

4.1. Production :

Les phtalates sont produits depuis les années 50. Leur production mondiale a fortement augmenté entre 1975 et 2006, passant de 1,8 million de tonnes en 1975 à 4,3 millions de tonnes en 2006 (42) arrivant jusqu'à 6 millions de tonnes en 2011 (43). dominée par le di-éthylhexyl phtalate (DEHP) (37)

4.2. Utilisations :

4.2.1. Utilisation comme plastifiant :

Les phtalates forme un groupe de substances chimiques très utilisés principalement comme plastifiants pour rendre le PVC plus flexible et souple (39) en s'incorporant avant ou bien pendant la polymérisation, et ils sont distribuer de façon régulière dans la structure (43).

Quand un plastifiant est incorporé dans un polymère pour former une matière plastique, il est en fait solubilisé dans la matrice polymère, c'est-à-dire que les molécules de plastifiant sont dispersées entre les chaînes de polymère sans être liées aux chaînes polymériques (Figure 2) (43)

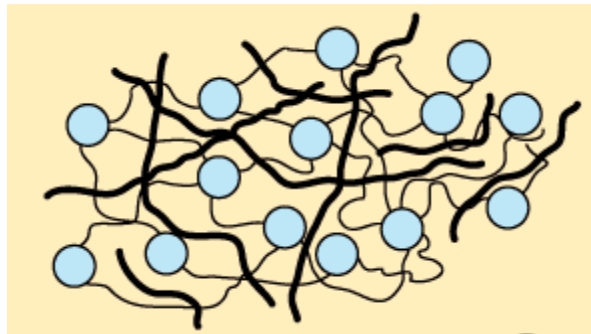


Figure 7 : Schéma de l'incorporation des phtalates entre les chaînes de polymère

On trouve les phtalates comme plastifiants dans :

- les produits rigides, semi rigides et souples à base de PVC.
- Matériel médical : DEHP pour les poches et les tubulures.
- Jouets de bain pour enfant.
- Sachets en plastique et emballage alimentaire (37)
- Dans la synthèse de PET pour la fabrication des bouteilles d'eau pour améliorer leur souplesse, douceur, durabilité leur longévité et maniabilité (44)

4.2.2. Autre utilisations :

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

- Revêtement de sol : BBP, DiNP, DEHP.
- Cable électrique.
- Garniture de voiture.
- Produits de construction.
- Papeterie.
- Et peuvent être incorporés dans les ancrés, peintures, pigments, les adhésives.
- Ils sont utilisés aussi en cosmétologie dans les parfums, les vernis à ongles, les lacs...(39)

5. Impact environnementale :

Les phtalates sont omniprésents, on peut les trouver donc dans les trois compartiments environnementaux : eau, sol et atmosphère, ils figurent d'ailleurs parmi les 10 substances souvent quantifiées dans le cadre de l'action de recherche et de réduction de rejets de substances dangereuses dans les eaux (RSDE) (37). La libération des phtalates dans ces divers médias est possible en raison du faible lien covalent de ces composés aux polymères(45).

Leur comportement sera comme suite :

- ✓ **Dans l'atmosphère** : le premier processus de dégradation est généralement l'oxydation photochimique, puis la pluie débarrasse l'air des sous-produits facilement. Le temps de demi-vie ($t_{1/2}$) des composés varient.
- ✓ **Dans le milieu aquatique** : dans les eaux de surface et en présence d'oxygène les phtalates se dégradent facilement par voie biologique, par contre dans les eaux profondes et froides la biodégradation est ralentie.
- ✓ **Dans le sol et les sédiments** : la principale voie de dégradation est la biodégradation que ce soit par aérobie ou anaérobie (37)

Suite à une modélisation réalisée dans le cadre des évaluations de risque européennes sur le DEHP et extrapolée au DIDP et DINP les $t_{1/2}$ de ces composés ont été estimés à (37) :

- 50 jours dans les eaux de surface.

- 300jours dans les sols.
- 3000jours dans les sédiments.

Et dans l'atmosphère ont été estimé respectivement à :

- 0.7 Jour pour le DINP
- 0.6 Jour pour le DIDP
- 1.5 Jour pour le BBP
- 1.8 Jour pour le DBP
- 1 jour pour le DEHP

6. Exposition humaine au phtalates :

A cause de leur caractère ubiquiste, l'Homme est constamment en contact avec les phtalates (42) ils ne sont pas liés chimiquement aux matrices polymères auxquelles ils sont ajoutés, donc ils peuvent facilement s'échapper des produits pendant leur utilisation ou bien après leur élimination et migrer dans le sol, l'air, la poussière, l'eau et les aliments (46) ce qui conduit à plusieurs voies d'exposition dont la voie cutanée, respiratoire, digestive et la voie intraveineuse.

6.1.La voie cutanée :

L'exposition par voie cutanée peut se faire directement par contact avec les phtalates contenus dans les produits cosmétiques (crème solaire, shampoing...), les vêtements, les insecticides, les détergents, les jouets pour enfants... Or, il a été démontré que le passage des phtalates au travers de la peau était généralement lent (42)

6.2.La voie respiratoire :

Suite à la très faible tension de vapeur (moins de 10^{-4} Pa) l'exposition via l'inhalation apparait négligeable et elle est principalement due à l'inhalation de poussières mais dans une proportion moindre que l'ingestion (37,39). Il peut y avoir génération d'aérosols, surtout lors de leur utilisation à chaud et sous pression. Ils ont été détectés en très faible quantité (de l'ordre de quelques nano grammes microgrammes par mètre cube) dans l'air, à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitat (39)

6.3.La voie digestive :

L'expertise collective de l'Institut Français de la santé et de la recherche médicale rapporte que l'ingestion d'aliments ayant été en contact avec des emballages contenant des phtalates est la principale source d'exposition aux phtalates pour la population générale (près de 90 % de l'exposition totale)(47), Cette voie d'exposition concernerait principalement les phtalates de masse moléculaire élevée (phtalate à chaîne longue comprenant plus de sept atomes de carbone) du fait de leur caractère lipophile (47)

Puisque les phtalates sont utilisés dans la fabrication des bouteilles d'eau en PET l'eau embouteillé est alors une source de contamination (44).

6.4. La voie intraveineuse :

L'exposition par cette voie a particulièrement été étudiée au niveau des services de néonatalogie. Les travaux de Green et al. (2005) ont mis en évidence des concentrations en MEHP, principal produit de dégradation du DEHP, à des concentrations médianes de 41 µg/l dans les urines de nouveaux nés placés dans des unités de soins intensifs. En outre, l'American Food and Drug Administration (FDA) a quantifié l'exposition au DEHP par transfusion sanguine à 8,5 mg/kg/j chez les adultes et à 22,6 mg/kg/j chez les nouveaux nés(42,45)

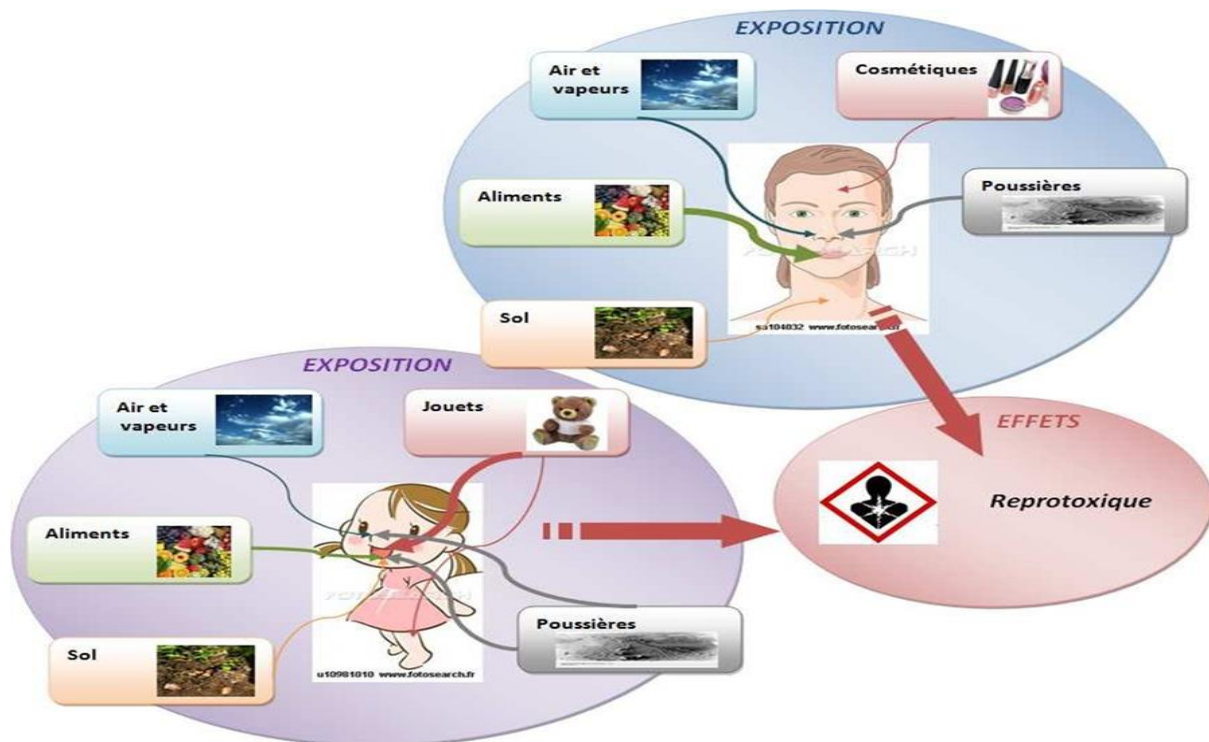


Figure 8 : les différentes voies d'exposition au phtalates

7. Toxicité :

7.1. Toxicocinétique :

Des observations toxicocinétiques ont été réalisées sur les différentes voies d'exposition pour différentes espèces. Peu de données sont disponibles pour l'homme, et parfois même les résultats obtenus à partir d'études menées sur les animaux ne sont malheureusement pas extrapolable à l'homme(37)

7.1.1. Absorption :

- Après ingestion, les phtalates sont rapidement absorbés (48) Chez l'homme, l'absorption digestive est rapide et quasiment totale, elle est de l'ordre de 75 % pour le DEHP et supérieure à 90 % pour le DnBP et le DiBP, 24 heures après l'exposition (47)
- pour l'absorption cutanée, elle concerne généralement les phtalates à faible masse moléculaire comme DEP et DnBP. Si l'absorption cutanée semble moins importante pour les phtalates à chaîne longue, notamment pour le DEHP, la peau constitue néanmoins un réservoir important de phtalates à travers leur accumulation dans les follicules pileux (47)
- pour l'absorption après exposition par inhalation, elle est peu documentée.

7.1.2. Distribution :

Les phtalates se distribuent rapidement dans l'organisme sans affinité pour un organe ou tissu particulier, malgré le caractère lipophile des phtalates de masse moléculaire élevée (47)

Il est rapporté, dans une étude récente effectuée en Italie, la présence de DEHP et de son métabolite (MEHP) dans le plasma de femmes enceintes (n=24) et le sang au cordon ombilical des nouveau-nés. Le niveau de détection pour le MEHP chez les mères et les nouveau-nés était de 75% et 72% respectivement. Ces résultats suggèrent que l'exposition du fœtus aux phtalates pendant la gestation est étroitement liée à celle de sa mère (45).

7.1.3. Métabolisme :

Le métabolisme des phtalates se déroule en deux étapes généralement : la première étape, est la phase I avec une hydrolyse (lipase ou hydrolase dans le GIT) suivie en seconde étape de la phase II par une conjugaison (UDP-glucuronosyl-transférase) qui rend la molécule plus hydrosoluble pour son élimination dans les urine(49).

Des études effectuées chez l'Homme ont montré la présence de certains métabolites de phtalates dans le liquide amniotique (les métabolites du DBP, DIBP, DBP et DEHP étant les plus abondants) (48)

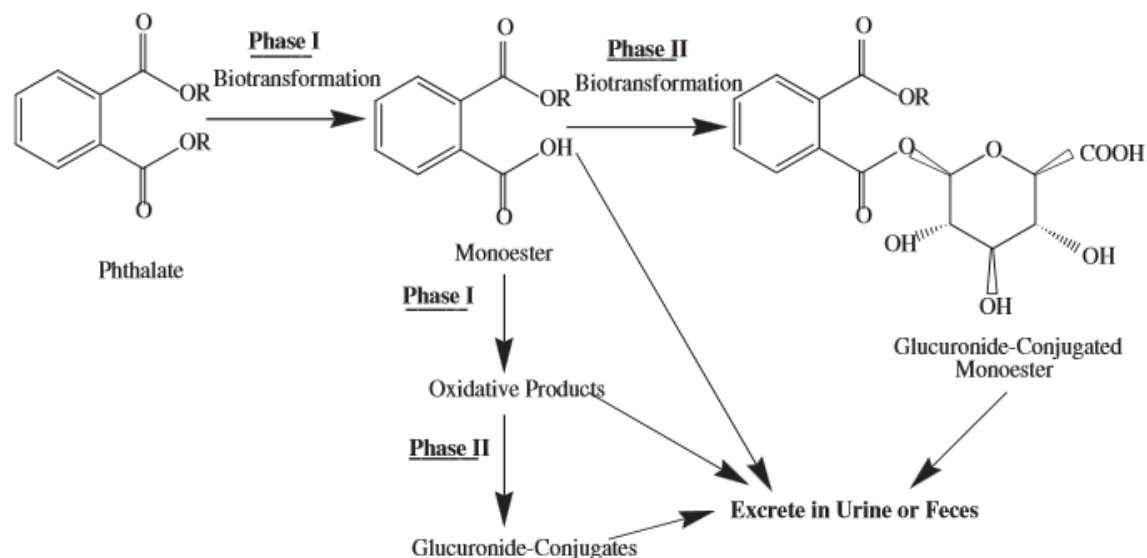


Figure 9 : Schéma de la voie métabolique générale des phtalates

7.1.4. Elimination :

Les phtalates sont rapidement éliminés et ne tendent pas à s'accumuler dans l'organisme (temps de demi-vie ($t_{1/2}$) d'élimination de 8 à 48 heures)(48)

Chez l'homme, les mono esters : que ce soient simples ou bien oxydés sont majoritairement éliminés par la voie urinaire, sous forme conjugué à l'acide glucuronique ou non.

De façon générale, l'élimination des phtalates est diphasique avec une première phase d'élimination rapide et une seconde phase plus lente après conjugaison à l'acide glucuronique(47)

Le lait maternel est une des voies d'excrétion des phtalates. Des études de biomonitoring ont confirmé en effet la présence de certains métabolites de phtalates en quantités mesurables dans le lait maternel (48).

7.2. Toxicodynamique :

Les phtalates ne sont pas irritants pour les yeux, ni pour la peau et les voies respiratoires, ni d'ailleurs allergisants (1 seul cas reporté chez l'homme)(37).

Le degré de toxicité des phtalates varie selon le type de composé. Le DEHP possède un potentiel de toxicité plus élevé que les autres phtalates incluant le DBP(45).

7.2.1. Toxicité aiguë

Les phtalates sont très peu toxiques en aigu. Chez le rat, les DL50 (dose provoquant la létalité de 50% des animaux testés) varient entre 2 et plus de 60 g/kg par voie orale. Des effets ont toutefois été observés chez

l'homme (troubles digestifs, atteinte rénale et oculaire) dans un cas d'ingestion accidentelle de 150 mg de DBP/kg(43).

7.2.2. La toxicité chronique :

Les phtalates sont connus par leur effet « perturbateur endocrinien ». Des effets aussi sur le foie, les reins et le système reproducteur ont été observés après administration chronique, ces effets varient d'un phtalates à un autre (37).

- Perturbateur endocrinien : La définition d'un perturbateur endocrinien selon l'OMS est : « Un perturbateur endocrinien potentiel est une substance ou un mélange exogène, possédant des propriétés susceptibles d'induire une perturbation endocrinienne dans un organisme intact, chez ses descendants ou au sein de (sous)- populations. Cette catégorie est divisée en deux sous- catégories : la catégorie 2a pour les perturbateurs endocriiniens suspectés et la catégorie 2b pour les perturbateurs endocriiniens pour les substances possédant des indications de propriétés de perturbation endocrinienne »(43).

En perturbant le système endocrinien, ces substances peuvent altérer différents processus notamment le système reproducteur et la fertilité :

Les phtalates peuvent provoquer une baisse de la fertilité en réduisant la qualité du sperme, et en provoquant l'apoptose des spermatozoïdes (50).

Ils peuvent conduire aussi à plusieurs malformations du système reproducteur masculin lors de l'exposition intra-utérine dont l'atrophie testiculaire, malformations de l'épididyme, de la prostate, du canal déférent, , hypospadias, cryptorchidie, démasculinisation du périnée à l'origine d'une distance anogénitale réduite (48).

Sont reconnus aussi pour leurs effets anti-androgéniques, en particulier l'altération de la production de testostérone par le testicule foetal (48) : L'équipe de Hannas et al. (2011) a montré une réduction dose-dépendante de la production testiculaire de testostérone chez le foetus après exposition de la mère entre le 14ème et le 18 jour de gestation (49).

Les données chez l'animal femelle indiquent que l'ovaire est un organe cible de l'action des phtalates (DEHP, DBP). Les études in vitro montrent clairement une diminution de la production d'œstradiol par les cellules folliculaires ovariennes suite à une exposition au DEHP et son principal métabolite le MEHP. L'aromatase (l'enzyme qui convertit la testostérone en œstradiol) pourrait être une cible directe du DEHP. D'autres organes que l'ovaire sont également des cibles potentielles comme l'hypophyse ou l'hypothalamus au niveau cérébral ou encore l'utérus et la glande mammaire comme en témoignent quelques études in vitro (49).

- **Effet sur le foie :**

Les effets sur le foie sont communs pour toutes les phtalates, chez les rongeurs ils provoquent une augmentation de l'organe et prolifération des peroxyosomes hépatiques pouvant mener jusqu'aux tumeurs hépatiques. Il a été suggéré que l'homme est moins sensible par rapport aux rongeurs vis-à-vis les mécanismes qui sont à l'origine des tumeurs hépatiques(37).

- **Effet sur le système cardiovasculaire :**

Plusieurs études ont montré le lien de causalité entre les phtalates et les facteurs de risque cardiovasculaires à savoir l'obésité, le diabète de type 2 et l'hypertension artérielle.

Concernant l'obésité, On pense que les phtalates contribuent à l'obésité en se liant et en activant le récepteur nucléaire PPAR γ (peroxysome proliferator activated receptor) récepteur qui à son tour entraîne une régulation positive de la production adipocytaire(49,51).

Pour le diabète type 2, Les phtalates sont également connus pour interférer avec la signalisation de l'insuline et augmenter le stress oxydatif. Tous ces mécanismes contribuent à l'apparition d'une résistance à l'insuline.

Les phtalates et leurs métabolites ont été incriminés aussi dans l'hypertension artérielle, une forte association entre le DEHP et la pression artérielle a été constatée dans un sous-échantillon d'enfants américains âgés de 6 à 19 ans ayant participé à la NATIONAL HEALTH AND NUTRITION EXAMINATION SURVEY entre 2003 et 2008, « pour chaque unité logarithmique d'augmentations des métabolites de DEHP une augmentation de 0.041 unité SD du z-score de la pression artérielle systolique a été identifiée. »(51).

- **Génotoxicité :**

Les phtalates ne sont pas considérés comme génotoxique pour l'homme puisque les études in vivo et in vitro sur les rongeurs sont négatives(37).

- **Cancers :**

Les études concernant la cancérogénèse des phtalates ne sont pas concluantes, par exemple le CIRC (le Centre international de recherche sur le cancer) , l'EPA (l'Agence américaine pour la protection de l'environnement) et le Système international d'information sur les risques (IRIS) ont classé le DEHP dans un groupe potentiellement cancérigène pour l'homme (B2)(52)surtout cancer du sein chez la femme et le cancer testiculaire chez l'homme . Alors que l'EChA n'a pas classé le DEHP, ni le BBP comme cancérigènes(43).

Chapitre III :
Interactions Existant Entre L'emballage Et
L'aliment

1. Introduction

Au cours des trois dernières décennies, l'eau en bouteille atteignant des ventes élevées dans le monde entier. La majeure partie de cette eau est vendue dans des bouteilles en PET.

Le PET est le matériau le plus réputé pour l'emballage des aliments et des boissons.

En 2016 quelque 485 milliards de bouteilles en PET ont été produites et l'on prévoit que 583 milliards de bouteilles seront produites en 2021. La préférence de ce polyester comme emballage pour l'eau et autres produits alimentaires est due à ses propriétés physiques car il est transparent et incassable, léger et imperméable au CO₂. (53)

En général l'objectif principal de l'emballage alimentaire est de maintenir la qualité des aliments depuis l'emballage jusqu'au consommateur. Une autre fonction importante de l'emballage est de protéger les aliments contre les risques biologiques, chimiques et physiques (oxygène, humidité, lumière, microbienne, insectes, etc.) durant le stockage. Cependant, la perméabilité à la lumière, aux gaz, aux vapeurs et aux molécules de faible poids moléculaire et la possibilité que des contaminants chimiques migrent dans les aliments sont quelques-uns des inconvénients de l'utilisation de ces matériaux notamment les emballages en plastique. (30)

De nombreux pays ont des réglementations spécifiques concernant les MCDA. En Europe, la Commission européenne (CE) indique que « Dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, Ces matériaux ne doivent pas céder aux denrées alimentaires des constituants en une quantité susceptible : (54)

- De présenter un risque pour la santé humaine ; ou
- D'entraîner un changement inacceptable de la composition des denrées ; ou
- D'entraîner une modification des caractères organoleptiques de celles-ci

Aux États-Unis, U.S Food and Drug Administration (FDA) « classifie les MCDA comme sûrs s'il y a certitude raisonnable dans l'esprit des scientifiques compétents que la substance n'est pas nocive dans les conditions d'utilisation prévues » (55)

En Algérie, au sens du texte réglementaire du JORA N°69 dans l'Art.5 sur les MCDA déclare que « Dans les conditions normales d'utilisation ou dans des conditions raisonnablement prévisibles, les objets et matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires mis sur le marché doivent être sûrs et présenter la sécurité qui en est légitimement attendue et ne pas porter atteinte à la santé, à la sécurité et aux intérêts du consommateur ». (56)

Plusieurs études ont trouvé l'existence de certaines substances dans l'eau des bouteilles en PET.

Actuellement, plusieurs débats animent la communauté scientifique sur l'origine de ces substances. Une supposition possible est qu'en raison de certaines conditions de stockage (temps, température, exposition aux UV, etc.), les composants d'emballage (monomères, catalyseurs, additifs, plastifiants...) diffusent dans l'eau embouteillée (migration des composants des bouteilles en PET vers l'eau).

Ce chapitre a pour but de présenter les notions générales sur la migration des constituants des emballages en poly (éthylène téréphtalate) (PET) et les facteurs qui influencent leur migration

2. Les interactions contenant/contenu dans l'emballage :

L'inertie de ces matériaux d'emballage est rarement totale ce qui peut conduire par exemple à une modification des propriétés organoleptiques de l'aliment ou éventuellement un problème toxicologique. Ce contact emballage/aliment peut également influencer les caractéristiques mécaniques de l'emballage.

Trois types d'interactions sont possibles entre l'emballage et l'aliment : sorption, perméation et migration. (57)

- **la sorption** qui est une adsorption des constituants de l'aliment par l'emballage. Ce qui d'une part peut conduire à la détérioration de l'emballage et qui d'autre part nuit à la qualité de l'aliment ;
 - **Les phénomènes de perméation** dont la sorption est souvent la première étape sont caractérisés par le transport des substances volatiles au travers du matériau. Il peut y avoir soit une contamination de l'aliment par les substances provenant de l'environnement (gaz, odeurs) ce qui peut avoir des conséquences négatives tant sur le plan toxicologique qu'organoleptique, soit une perte d'arôme de la part de l'aliment.

Dans cette étude bibliographique, la migration sera détaillée de façon plus importante que les autres interactions, car la migration est un phénomène susceptible de présenter un danger pour la santé humain.

- **La migration**, c'est le transfert des constituants du matériau d'emballage (additifs, monomères, composés néoformés...) vers l'aliment, et c'est pourquoi elle est considérée comme un problème de sécurité alimentaire. La figure suivante représente les phénomènes de transfert de matière au travers d'un film. (58)

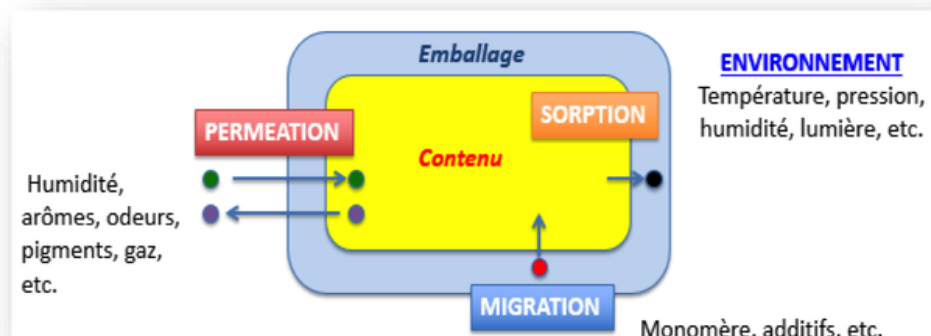


Figure 10: Transferts de matières emballage/aliment

Généralement, cette migration peut se produire pendant la production, le transport, le stockage, la cuisson ou même pendant la consommation de l'aliment. Ce transfert des additifs ou des contaminants des emballages alimentaires polymères vers les aliments peut être décrit en trois étapes étroitement liées entre elles. Ces étapes sont les suivantes : (59)

- **La diffusion** des additifs ou des contaminants est caractérisée par le transfert de la matière d'une partie du système à une autre à travers le polymère contrôlée par le coefficient de diffusion (D) qui représente la vitesse de migration d'une substance à travers chaque phase ; cette vitesse est proportionnelle au gradient de concentration.
- **La solvation** à l'interface polymère/aliment est gouvernée par le coefficient de partage (K). Si le migrant est plus soluble dans l'aliment que dans le polymère, il a une grande tendance à migrer vers l'aliment, ce qui augmente son taux de migration dans ce dernier. En outre, si le migrant se répartit mal dans l'aliment, le profil de concentration du migrant peut être interrompu dans cette région, ce qui retarde la vitesse de migration dans l'aliment.
- **La troisième étape est la dispersion** ; à ce stade, les molécules migrantes diffusent loin de l'interface et se déplacent dans l'aliment. L'agitation du produit emballé pourrait améliorer la cinétique de décrochement des composés de la surface du polymère. La solubilité des migrants et le coefficient de diffusion sont les principaux facteurs contrôlant la dispersion des migrants dans la nourriture, affectant ainsi le taux de migration dans son ensemble.

La migration dépend d'un certain nombre de paramètres dont il faut tenir compte pour prédire et évaluer la migration depuis un emballage donné.

3. Facteurs influençant la migration :

Il y a des facteurs externes et des facteurs internes qui ont un effet direct sur la migration des substances dans l'emballage.

Le contact avec la denrée alimentaire et les circonstances d'exposition ou d'utilisation du matériau sont des facteurs externes qui agissent sur la migration.

Les facteurs internes font partie des propriétés spécifiques des substances migrantes et des matériaux comme la nature chimique des substances (monomères, additifs, néoformations) contenues dans les plastiques ainsi que l'état structurel et la morphologie du polymère.(60)

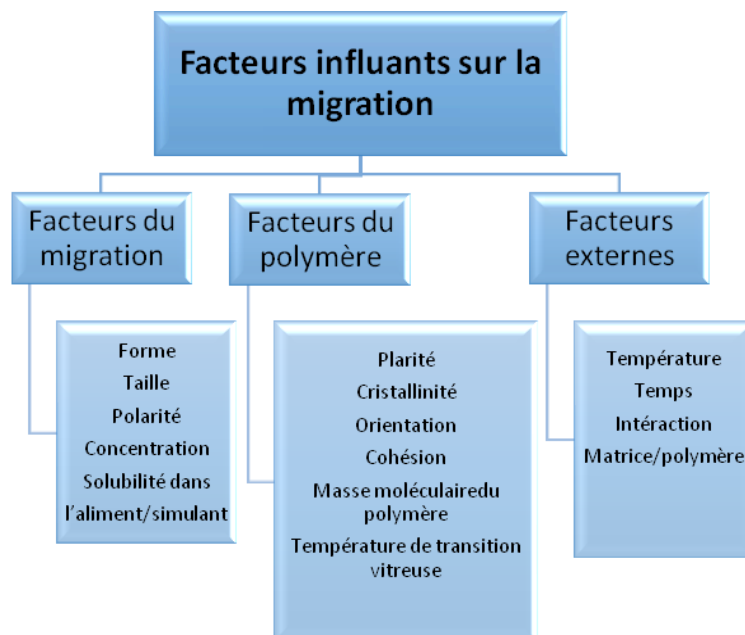


Figure 11 : Les facteurs influant sur la migration

Les principaux facteurs sont les suivants :

3.1. Nature des aliments

La nature et la composition de l'aliment sont des facteurs essentiels pour évaluer la migration. Par exemple, les aliments contenant un excès de graisse présentent des niveaux élevés de migration. Divers simulateurs d'aliments ont déjà été utilisés pour étudier les effets de la nature des aliments sur la migration. De nombreuses recherches ont été effectuées pour étudier le transfert de masse des substances entre l'emballage et l'aliment en appliquant des paramètres de solubilité qui ont permis de tester l'ampleur de la migration pendant la production alimentaire en temps réel. Le tableau 1 présente les stimulants d'aliments courants utilisés pour les tests de migration.

3.2. Type de contact

Plusieurs études ont indiqué que les niveaux de migration sont associés au type de contact (direct ou indirect) entre l'aliment et l'emballage. En particulier, le contact direct entre l'aliment et l'emballage améliore le taux de transfert de masse, tandis qu'avec le contact indirect, le milieu gazeux entre l'aliment et l'emballage conduit à une migration relativement plus lente.

3.3. Durée de contact

Le transfert de masse de certaines substances préoccupantes dépend largement du temps de contact de l'aliment avec l'emballage. Des preuves expérimentales ont montré que le transfert de masse d'une substance est proportionnel à la racine carrée du temps de contact entre l'aliment et le matériau de conditionnement. D'autres preuves expérimentales ont montré que le logarithme du temps d'équilibre d'une substance qui migre est inversement corrélé à la température.

3.4. Température de contact

Le taux et l'étendue de la migration sont directement influencés par la température des aliments au stockage. À des températures plus élevées, les taux de migration augmentent à mesure que l'équilibre s'établit rapidement entre l'espace libre de l'emballage et les aliments.

3.5. Nature du matériel d'emballage

Les matériaux d'emballage ont un impact important sur la migration d'une substance. En général, l'épaisseur et le laminage du matériau d'emballage affectent la migration d'additifs spécifiques. Un emballage plus épais ralentit la migration, tandis qu'un emballage plus fin permet une plus grande migration.

3.6. Caractéristiques des migrants

La nature de la substance qui migre a un impact important sur le taux et la vitesse de la migration. Le transfert de masse d'une substance hautement volatile se produit à un rythme plus rapide. En revanche, les substances ayant un poids moléculaire relativement élevé présentent des taux de migration plus faibles. La microstructure de la substance migrante a également un impact sur son niveau de migration. Plus précisément, la configuration des molécules migrantes (par exemple, sphériques ou ramifiées, avec ou sans chaînes latérales) affecte différemment la migration ; par exemple, les molécules ramifiées présentent des taux de migration plus faibles.

3.7. Concentration de migrants dans les emballages

De toute évidence, le transfert de masse d'une substance migratrice se produit à un taux plus élevé de l'emballage vers l'aliment en fonction de sa concentration dans le matériau d'emballage. Il est également évident qu'un plus grand nombre de migrants se retrouvent dans la matrice alimentaire après un temps de stockage donné dans les conditions expérimentales.(61)

4. Contrôle de la migration

Afin de réaliser les essais réglementaires pour évaluer la qualité d'un emballage, la législation française a prévu des contrôles avec des simulateurs d'aliments, car il est difficile en pratique d'un point de vue analytique, de réaliser des essais de migration spécifique avec des aliments réels. Le choix de ces simulateurs est en fonction du type d'aliment (aqueux, gras ou alcoolisé) avec lequel le matériau est susceptible d'être en contact.(62)

Le simulant de denrée alimentaire est défini selon le JORA N°43 du juillet 2019 comme suit : « un milieu d'essai qui imite une denrée alimentaire et qui, par son comportement, reproduit la migration à partir des objets et matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires ». (63)

Tableau 3: Les types d'aliments et leurs simulateurs pour les tests de migration (Règlement (UE) N° 10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011).

- Types d'aliment	Simulateur d'aliment	Nom du simulateur
Aliments aqueux de pH>4.5	Eau distillée ou de qualité équivalente	A
Aliments acide de pH<4.5	Acide acétique à 3% (p/v) dans l'eau	B
Aliments alcoolisés	Ethanol à 10% (v/v) ou au titre réel si supérieur à 10%	C
Aliments gras	Huile d'olive si la méthode analytique le permet. Sinon elle peut être remplacée par un mélange de triglycérides synthétiques (HB307, Myglyol) ou de l'huile de tournesol ou de maïs	D
Aliments secs	Poly(phénylène oxide)	Néant

Chapitre VI :
REGLEMENTATION

1. Introduction

Les phtalates rentrent dans la fabrication de certains produits de consommation notamment dans les produits utilisant des matières plastiques comme le PVC. Certains usages sont soumis à des réglementations sectorielles, à titre d'exemple on trouve : matériaux et objets en caoutchouc au contact des denrées alimentaires, produits et boissons alimentaires, les jouets ; les articles de puériculture ; les produits biocides et phytosanitaires, les produits cosmétiques, produits de construction et de décoration, et. Un intérêt croissant pour les phtalates à longue chaîne (supérieure à 7 atomes de carbone) peut être observé. En effet, des études récentes montrent une diminution importante de l'utilisation des phtalates à chaîne courte, pour lesquels la réglementation a conduit à des restrictions d'usage au niveau européen dans les produits au cours des dernières années. Les phtalates à chaîne longue, encore peu soumis à des restrictions, semblent ainsi constituer à ce jour une alternative aux composés à chaîne courte(64).

2. Les denrées alimentaires :

2.1. Règlementation algérienne :

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 régénérées 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 vernis sur la face en contact avec les denrées alimentaires. » (65).

La réglementation Algérienne au sens du texte réglementaire du JORA N° 69 fixe des spécifications relatives aux objets et matériaux destinés à être mis 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 (56) :

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.

2.2. Réglementation européenne :

Dans les textes réglementaires Européens [10/2011] on trouve la définition de deux limites :

- **Les limites de migration globale (LMG)** : c'est le premier critère pour l'évaluation de l'inertie de l'emballage alimentaire. Elle est définie comme étant la quantité maximale autorisée de substances non volatiles cédées par un matériau ou objet aux simulants de denrées alimentaires, appelé migrant. elle est fixée à 60 mg/kg d'aliment ou 10 mg/dm² de matériau pour des contenants de taille moyenne et elle est indépendante de la toxicité des migrants. (66)
- **les limites de migration spécifique (LMS)** : c'est la masse totale d'un constituant connu et bien identifié qui migre de l'emballage vers l'aliment, on parle donc du migrant. (66)

Seuls les phtalates figurant dans le règlement (UE) n°10/2011 sont autorisés à entrer dans la formulation des matières plastiques destinées au contact des denrées alimentaires. Il s'agit du :

- DnBP,
- DEHP,
- BBP,
- Phtalate de diallyle (DAP),
- Diesters de l'acide phtalique avec les alcools primaires, saturés, ramifiés en (C8-C10) contenant plus de 60% de C9.
- Diesters de l'acide phtalique avec les alcools primaires, saturés, ramifiés en (C9-C11) contenant plus de 90% de C10(48,67)

D'une part, il existe une limite de migration spécifique totale (LMS(T) exprimée en mg de substance par kg de denrée alimentaire) qui concerne l'ensemble des phtalates listés dans le règlement (UE) n°10/2011 : **LMS(T) Phtalates = 60 mg.kg⁻¹ d'aliment.**

PS : Ces LMS sont en général fixées en considérant qu'un adulte, pesant 60 kg consomme 1 kg d'aliments emballés par jour. (Attention, l'EFSA considère que maintenant un adulte pèse 70kg). Les limites de migration (mg/kg d'aliment ou de simulant) sont généralement calculées comme suit :

$$\text{LMS} = \text{DJT (mg/kg pc/j)} * 60(67)$$

D'autre part, chaque phtalate présente également une limite de migration spécifique (LMS). Ces LMS s'appuient sur des valeurs toxicologiques de référence figurant dans les opinions de l'EFSA 241-245 de 2005.

Tableau 4 : Restrictions d'emploi des phtalates dans les matières plastiques.

Phtalates autorisés	Limite de Migration spécifique (LMS)	Restrictions et spécifications
DnBP	0,3 mg.kg ⁻¹ d'aliments	À employer uniquement comme : <ul style="list-style-type: none"> • plastifiant dans des matériaux et des objets réutilisables en contact avec des denrées alimentaires non grasses. • auxiliaire technologique dans des polyoléfines à des concentrations pouvant aller jusqu'à 0,05 % dans le produit final.
DEHP	1,5 mg.kg ⁻¹ d'aliments	À employer uniquement comme : <ul style="list-style-type: none"> • plastifiant dans des matériaux et des objets réutilisables en contact avec des denrées alimentaires non grasses. • auxiliaire technologique à des concentrations pouvant aller jusqu'à 0,1 % dans le produit final.
BBP	30 mg.kg ⁻¹ d'aliments	À employer uniquement comme : <ul style="list-style-type: none"> • plastifiant dans des matériaux et des objets réutilisables. • plastifiant dans des matériaux et des objets à usage unique en contact avec des denrées alimentaires non grasses à l'exception des préparations pour nourrissons et préparations de suite, de préparations à base de céréales et des aliments pour enfant et bas âges au sens de la directive 2006/125/CE. • auxiliaire technologique à des concentrations pouvant aller jusqu'à 0,1 % dans le produit final
DAP (CAS n°131-17-9)	LMS = ND = 0,01 mg.kg ⁻¹ d'aliments	
DINP DIDP	Somme (DINP+DIDP) LMS(T) = 9mg.kg ⁻¹ d'aliments	À employer uniquement comme : <ul style="list-style-type: none"> • plastifiant dans des matériaux et des objets réutilisables • plastifiant dans des matériaux et des objets à usage unique en contact avec des denrées alimentaires non grasses à l'exception des préparations pour nourrissons et préparations de suite, de préparations à base de céréales et des aliments pour enfant en bas âges au sens de la directive 2006/125/CE • auxiliaire technologique à des concentrations pouvant aller jusqu'à 0,1 % dans le produit final

LMS : limite de migration spécifique **LMS(T)** : limite de migration spécifique Total(48)

3. Eau embouteillée :

3.1. Règlementation algérienne :

Selon l'article 14 du JORADP du 20 août 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 » (68)

Il n'existe aucune réglementation concernant les phtalates dans l'eau embouteillée

3.2. L'OMS :

Seul le DEHP qui est réglementé :

Pour L'OMS la norme est de l'ordre de **8ug/l**(69)

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

3.3. Règlementation USEPA :

L'agence de protection de l'environnement des États-Unis a fixé la valeur **6ug/l** comme norme pour l'DEHP.

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

4. Les articles de puériculture :

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) (70)

- 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). (70)

4.2. Règlements européens :

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 (<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l32033.htm>) à tous les jouets et articles de puériculture 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(48).

5. Autres produits :

➤ 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(43).

➤ 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(43).

Chapitre V :
Dosage Et Extraction Des Phtalates

En raison de l'ubiquité des phtalates ; leur toxicité et surtout leurs effets potentiels sur le système endocrinien il est très nécessaire de disposer des méthodes analytiques capables de les quantifier. C'est techniques doivent être très fiables et sensibles afin de les détecter malgré leur présence en trace(71).

1. L'extraction des phtalates :

Les procédures analytiques pour la détection des PAE dans des échantillons d'aliments impliquent généralement l'extraction des phtalates d'une matrice suivi de l'isolement, de la séparation et de la détection instrumentale des phtalates. Le choix des instruments et des méthodes utilisées pour de telles analyses dépend principalement du type et de la complexité des matrices alimentaires examinées. L'extraction des phtalates est une étape critique dans leur analyse et elle est conçue pour isoler et enrichir les traces de phtalates de la matrice de l'échantillon. Pour un simple échantillon de boissons, extractions liquide-liquide (LLE), extractions en phase solide (SPE) et les micro-extractions en phase solide (SPME) sont les méthodes les plus fréquemment utilisées pour extractions de phtalates.

1.1.Extraction liquide-liquide (LLE)

LLE implique le partage des analytes entre deux solvants non miscibles. Pour l'extraction des phtalates, on utilise des solvants organiques non polaires, tels que le dichlorométhane et le n-hexane. L'extraction est généralement effectuée en plusieurs étapes, suivies d'un séchage à l'aide de sulfate de sodium anhydre et une évaporation pour concentrer l'échantillon. LLE a l'avantage d'être très simple et peu coûteuse, de plus, cette méthode et de fournit reproductibilité des valeurs de récupération élevées pour les PAE les plus fréquents (72)(73). De l'autre part, la LLE prend du temps, utilise une grande quantité de solvants et comporte un risque élevé de contamination des échantillons par les solvants et les matériaux utilisés. Malgré cela, LLE est toujours considéré comme très utile et est largement utilisé dans les PAE extraction(35).

1.2.Extraction en phase solide (SPE)

La SPE est une technique d'extraction basée sur la répartition des analytes entre une phase liquide et une phase solide (sorbant) conditionnée en cartouche ou en disque. Les analytes sont retenus sur le sorbant et sont ensuite élués du sorbant à l'aide d'un solvant organique. Pour les PAE, la SPE est réalisée en utilisant différents sorbants tels que la silice-à base de C-18 et de polystyrène-divinylbenzène réticulé (PS-DVB). La SPE offre l'avantage d'utiliser moins de solvants par rapport au LLE, réduisant les risques potentiels pour la santé, et permettre l'extraction de plusieurs échantillons simultanément. Cependant, la SPE comporte toujours le risque de contamination de l'échantillon par les solvants et les cartouches utilisés. La SPE a également une reproductibilité moindre que les méthodes LLE ; de plus, les cartouches utilisées dans cette méthode sont relativement coûteuses et peuvent être sujettes à des blocages(35).

1.3. Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)

La micro-extraction en phase solide (SPME) est une technique d'échantillonnage non exhaustive qui utilise une fibre de silice fondue recouverte d'un film polymère liquide pour l'extraction. Extraction habituellement se produit lorsque l'équilibre entre le revêtement de fibre et l'échantillon est atteint. Il existe différentes techniques pour l'échantillonnage SPME, y compris échantillonnage direct qui consiste à immerger directement les fibres dans l'échantillon liquide, tandis que l'échantillonnage de par espace de tête permet d'analyser le volume gazeux au-dessus de l'échantillon. La SPME est simple, facilement automatisée et est une méthode presque sans solvant. Cependant, les fibres sont chères, de courte durée et offrent une reproductibilité inférieure par rapport aux méthodes LLE. Les techniques d'extraction des fibres peut parfois donner des résultats inexacts en raison des longues périodes nécessaires pour atteindre les équilibre entre la fibre et les produits chimiques cibles (35)

2. Méthodes instrumentales

Il existe plusieurs types de techniques instrumentales qui peuvent être utilisées pour séparer et détecter les PAES, notamment la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-MS), la chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par ionisation de flamme (CPG-FID), et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par capture d'électrons (CPG-ECD). L'ECD et le FID sont généralement moins sélectifs et moins sensibles aux phtalates que celles basées sur la détection SM, et sont donc moins fréquemment utilisés dans la détection des phtalates. La chromatographie liquide couplée à la détection par spectrométrie de masse (LC/MS/MS) peut également être utilisée pour la séparation et la détection des phtalates en particulier pour les métabolites de monoesters de phtalates(35).

La CPG-MS est la méthode instrumentale principale et la plus fréquemment utilisée pour la détermination des phtalates dans les aliments car elle est très sensible et spécifique pour les composés phtalates(72). Cette technique utilise un chromatographe en phase gazeuse pour la séparation et un spectromètre de masse pour la détection et la quantification des composés. La solution d'échantillon est injectée dans l'entrée CPG où elle est vaporisée et balayée sur une colonne du chromatographe par un gaz vecteur inerte. L'échantillon traverse la colonne et les composés sont séparés en fonction de leur volatilité et de leur interaction relative avec le revêtement de la colonne (phase stationnaire) et du gaz porteur (phase mobile). Les composés séparés sont ensuite transférés via une interface vers la source d'ionisation SM dans laquelle ils sont convertis sous vide poussé en fragments ionisés. Ces fragments sont focalisés, filtrés et détectés par le détecteur de masse. À ce moment-là, les ions sont récoltés sur un multiplicateur d'électrons. D'une part, le détecteur convertit les ions en signal électrique (plus il y a d'ions, plus le courant est important). D'autre part, le détecteur amplifie le signal obtenu ce qui permet le traitement informatique, c'est-à-dire l'obtention de spectre(35).

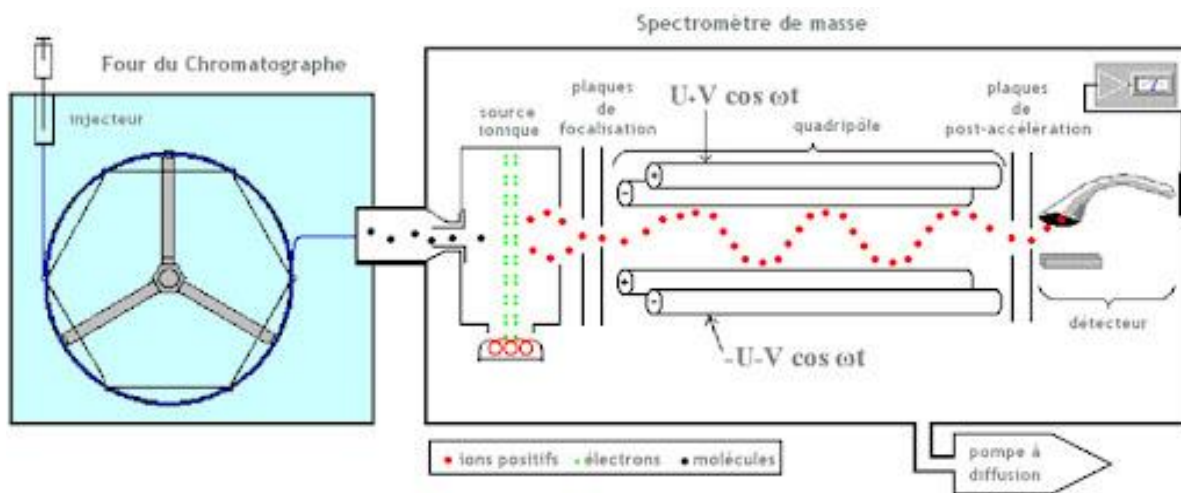


Figure 12 : Le principe de CPG-SM



Figure 13 : Exemple d'un appareil CPG-SM

Partie pratique

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature, selon les critères édités par les recommandations internationaux Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

1.1. CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ :

La présente analyse inclut une recherche documentaire concernant les articles scientifiques qui datent de 2010 jusqu'à 2021 avec la langue française et anglaise.

Les articles qui traitent l'effet de conditions de stockage sur la migration des phtalates vers l'eau embouteillée commercialisée à partir des bouteilles en PET ont été inclus.

Les études sur des bouteilles d'eau fabriquées avec une matière autre que le PET n'ont pas été prises.

Les études qui ont évalué la présence ou l'absence de phtalates qui ont pour but juste l'évaluation toxicologique préliminaire ont été exclues ainsi que les études qui ont été réalisées sur les bouteilles qui servent seulement pour l'approvisionnement d'eau.

1.2. SOURCES D'INFORMATION ET STRATÉGIE DE RECHERCHE

Une recherche structurée a été effectuée dans trois bases de données Pubmed, Science direct et Google scholar en utilisant les mots clés adaptés au sujet de la recherche. Il s'agit, entre autres, des mots clés suivants : « phthalic ester » « Phthalates » « bottled water » « PET bottles » « water consumptions » « various brands » « content migration » «migration » « Storage conditions » « Risk assessment » en utilisant les équations de recherche suivantes :

• **Sur Pubmed :**

- ✓ (phthalic ester[MeSH Terms]) AND (bottle water[MeSH Terms])

• **Sur Science direct :**

- ✓ Phthalate esters, water consumptions, PET, Storage conditions, Risk assessment, various brands
- ✓ phthalates esters, PET bottles, water consumptions, migration, bottled water
- ✓ Phthalate esters, water consumptions, Storage conditions, Risk assessment, Various brands

- **Sur Google Scholar :**

- ✓ Phthalates, PET, content migration, water consumptions, various brands, Storage conditions, Risk assessment "bottled water"

1.3.SÉLECTION DES ÉTUDES :

La sélection d'étude s'est faite en deux étapes :

- Lecture des titres et résumés et élimination de tout titre hors thème, les doublant, les livres et des thèses ainsi que tout article avec une langue autre que la langue française ou anglaise
- Lecture des textes intégrales et élimination des articles qui ne contiennent pas les critères d'inclusion.

Chaque étude incluse a été évaluée par rapport aux critères d'éligibilité par deux examinateurs séparément, lorsqu'il avait une incertitude quant à l'inclusion, un troisième examinateur a également évalué l'étude, et une décision finale a été prise.

1.4.EXTRACTION DES DONNÉES

Les articles ont été ensuite lus et analysés, à la recherche de la présence ou l'absence de corrélation entre les conditions de stockage des bouteilles d'eau et la migration des phtalates vers cet eau. Pour chaque article : les phtalates recherchés, la méthode d'extraction, la méthode de dosage, la taille des bouteilles, le type d'eau testée et facteurs de migration dont ils ont mis les bouteilles d'eau étaient relevés. De plus le risque associé à l'exposition aux phtalates détectés.

2. RÉSULTATS :

2.1.SÉLECTION DES ÉTUDES :

Un total de 430 articles a été trouvé par l'interrogation des bases de données, dont 259 articles correspondent à Google Scholar ,90 articles trouvés dans Science Directe et 81 articles appartient à Pubmed. Après élimination de 36 doublant, 72 thèses et livres et 8 articles avec des langues non incluent, 314 citations ont été maintenues. Parmi ces études 287 articles ont été exclus après avoir lu les titres et les résumés, car ils ne répondaient pas à notre thème. Ensuite après la lecture des articles complets on a pu éliminer 14 articles dont 9 études n'ont pas dosés les phtalates dans différentes conditions de stockage, une étude ont dosé les phtalates que dans la bouteille et non pas dans l'eau embouteillée, une autre étude a dosé les phtalates dans des bouteilles en PET et en PVC sans préciser le résultat de chaque type de bouteille, deux citations ont été isolé parce qu'ils ont discuté les résultats des autres chercheurs. Enfin un article était non accessible parce qu'il était payant.

La Figure 14 représente le diagramme de flux des études incluent dans la revue systématique après vérification des critères d'inclusion et d'exclusion.

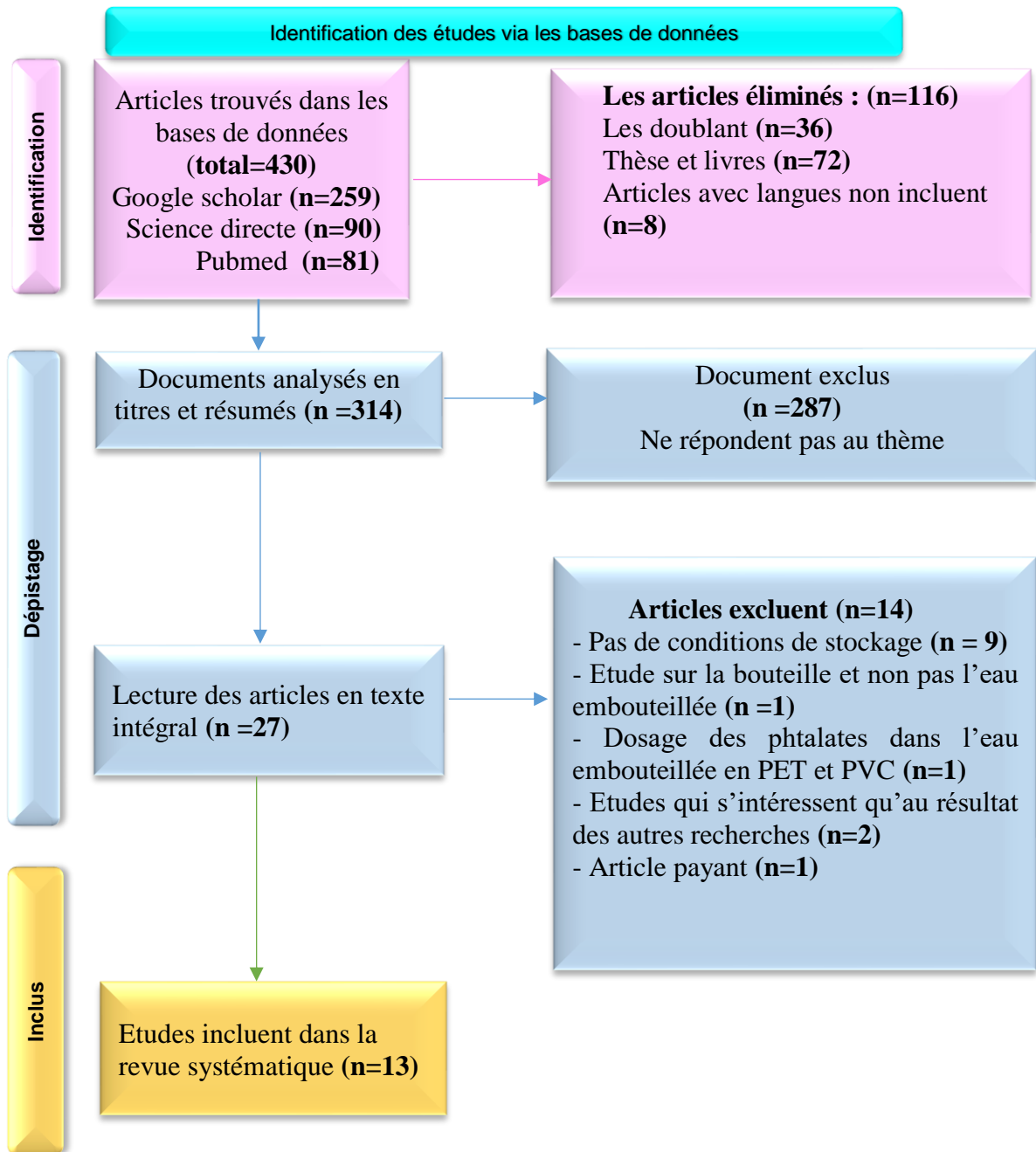


Figure 14 : diagramme de flux des études incluent dans la revue systématique

2.2.CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES SÉLECTIONNÉES :

Les caractéristiques des études incluses sont résumées au niveau du Tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques des études sur la présence et les facteurs de migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées

Partie Pratique

Etude	Année de publication	pays	Nombres d'échantillons	Taille des bouteilles	Lieu de l'achat des échantillons	Evaluation de risque	La méthode de dosage	La méthode d'extraction
Al-Saleh et al.(1)	2011	Arabie saoudite (Riyad)	150	/	Achetés dans les supermarchés (largement utilisé)	/	CG-SM DB-5MS	SPME
Amiridou et al. (2)	2011	Grèce	18	1L	Au hasard sur les marchés locaux	/	CG-SM (RTx-5MS)	LLE
Xu et al.(3)	2012	Chine (Pékin)	100	0.5L	Achetés dans les supermarchés	QR	CG-SM	SPE
Keresztes et al.(4)	2013	Hongrie (Budapest)	39	0.5L 1.5L 2L	Achetées dans les supermarchés	/	CG-SM	LLE
Guart et al.(5)	2014	Espagne (Barcelone)	224	Plusieurs tailles du 0.2jusqu'à 20L	Usine	/	CG-SM (DB-5MS)	SPE
Jeddi et al. (6)	2015	Iran (Téhéran).	144	0.5L	usine	QR ELCR	CG-SM (HP-5MS)	MSPE

Partie Pratique

Jeddi et al. (7)	2015	Iran, (Téhéran)	144	0.5L	usine	/	CG-SM (HP- 5MS)	MSPE
Jeddi et al. (8)	2016	Iran (Téhéran).	144	0.5L	Usine	QR ELCR	CG-SM (HP- 5MS)	MSPE
Ghada (9)	2018	Egypte (Caire)	108	1.5L	Achetés dans les supermarchés (largement utilisé)	/	CG-MS VF-5MS	LLE
Yousefi et al. (10)	2019	Iran (sari)	110	5L	Au hasard dans différents supermarchés	QR ELCR	CG-SM	AALLME
Pourzamani et al. (11)	2020	Iran (Ispahan)	21	/	Achetés dans les supermarchés	QR ELCR	CG-SM (phenomenex HP5)	SPE
Bhardwaj et Sharma (12)	2021	Inde	60	/	Achetés dans les supermarchés	/	CG-SM (HP- 5MS)	LLE
Wang et al. (13)	2021	Chine (Tianjin)	24	0.55L	Achetés dans les supermarchés	QR ELCR	CG-SM (DB- 5MS)	SPE

2.3.Résultat de chaque étude :

Les résultats des études sont résumés dans les **Tableau 6, 7 et 8**. Le nombre total de tous les échantillons est 1262 eaux de boisson embouteillées.

Tableau 5 : Etudes publiées sur la présence et les facteurs de migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées.

Etudes	Présence ou absence de phtalates	Phtalates recherché	Phtalates Déteçtés	Facteur de migration	Evaluation de risque
Al-Saleh et al.(1)	+	DMP DEHP DEP DBP BBP	+ + + + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • A différentes températures • A différentes périodes 	/
Amiridou et al. (2)	+	DMP DEP DBP BBP DEHP DnOP	- + + - + -	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Exposé au soleil • A différentes périodes 	/
Xu et al.(3)	+	DMP DEHP DEP DBP BBP DnOP	+ + + + + +	<ul style="list-style-type: none"> • Au laboratoire à température • A différentes périodes • ambiante • Au coffre de voiture • A température élevée 	QR<1
Keresztes et al.(4)	+	DMP DEHP DEP DBP BBP DiBP	- + - + + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • A différentes température • A différentes périodes • PET vierge et recyclé • Eau gazeuse et non gazeuse • étude de surface en contact 	/
Guart et al.(5)	+	DMP DEP DBP BBP DEHP	+ + - + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Apres stockage d'un an dans un entrepôt extérieur à l'abri de la pluie et du soleil • Eau gazeuse et non gazeuse 	/
Jeddi et al(6)	+	DEHP DBP BBP	+ + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	QR<1 ELCR<10 ⁻⁶
Jeddi et al(7)	+	DEHP	+	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	/

Partie Pratique

Jeddi et al(8)	+	DEHP DBP BBP	+ + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	QR<1 ELCR<10 ⁻⁶
Ghada et Soheib (9)	+	DMP DEHP DEP DBP BBP DnOP	+ + + + + -	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes • Eau gazeuse et non gazeuse 	/
Yousefi et al.(10)	+	DMP DEHP DEP DBP DiBP	+ + + + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes • Exposé au soleil et la lumière fluorescente 	QR<1 ELCR<10 ⁻⁶
Pourzamani et al.(11)	+	DEHP DBP Anhydre phtalique TPA	+ + + +	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	QR<1 ELCR>10 ⁻⁶
Bhardwaj et Sharma (12)	+	DEHP	+	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	/
Wang et al.(13)	+	DMP DEHP DEP DBP BBP DnOP	- + - + + -	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiatement • Différentes températures • Différentes périodes 	ELCR>10 ⁻⁶

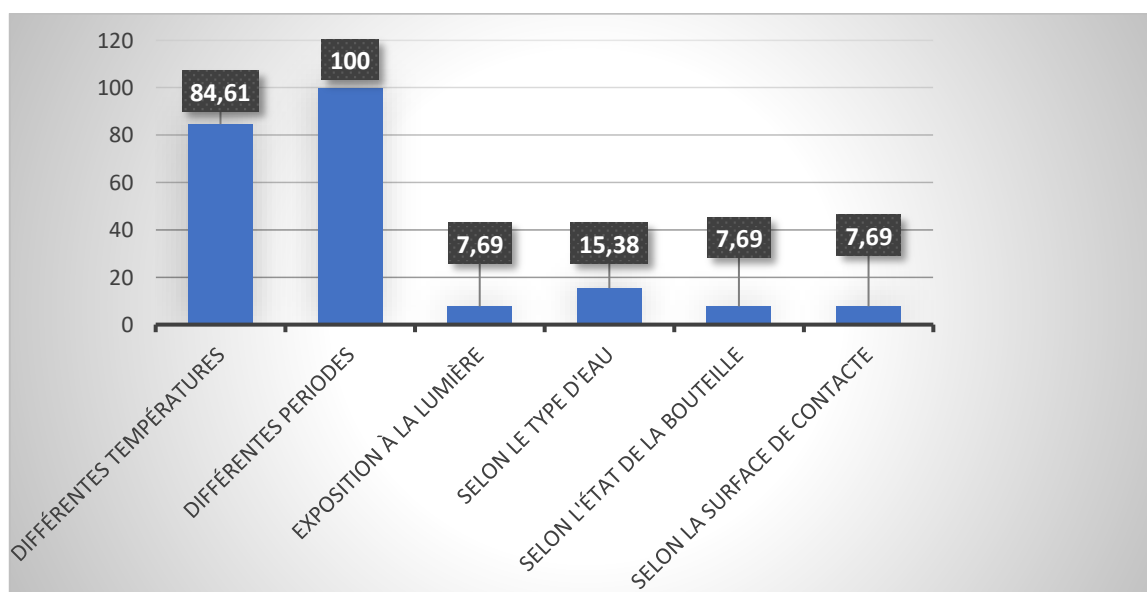


Figure 15 : Pourcentage d'étude pour chaque facteur de migration

Partie Pratique

Tableau 6 : L'influence de la température et la durée de stockage sur la présence et la migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées.

Articles	A basse température														A température ambiante										A température élevée																	
	Phtalates																																									
	Immédiat	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an					
Al-Saleh et al.(1)	DM	F	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N				
	DE	F	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			
	DE	F	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DB	F	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	BBP	F	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
			F	F	F	F	+	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Amiridou et al. (2)	DM	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DEH	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
	DEP	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	DBP	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	BBP	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Dn	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

J : jours ; s : semaine ; m : mois

+ : faible migration ; ++ : migration moyenne ; +++ : migration élevé

Partie Pratique

Articles	Phtalates	A basse température													A température ambiante													A température élevée												
		immédiatem	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an		
Keresztes et al.(4)	DMP	-	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DEHP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DEP	-	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DBP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	BBP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	DiBP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	Guart et al.(5)	DMP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
		DEHP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	++	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
		DEP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
		DBP	-	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
		BBP	+	NF	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		

Partie Pratique

Articles	A basse température													A température ambiante													A température élevée													
	Phtalates													Phtalates													Phtalates													
	DEHP	DBP	BBP	Immédiatement	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an	24h	1s	10j	2s	1m	45j	2m	75j	3m	4m	6m	1an
Jeddi et al(6)	DEHP	-	-	-	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N
	DBP	-	-	-	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N
	BBP	-	-	-	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	N
Jeddi et al(8)	DEHP	F	F	F	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	+	N	N	N	N	N	N
	DBP	F	F	F	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	+	N	N	N	N	N	N
	BBP	-	-	-	+	N	+	N	+	+	NF	N	N	N	N	N	-	N	+	N	+	+	N	N	N	N	N	+	N	+	N	+	+	+	N	N	N	N	N	N

Partie Pratique

Tableau 7 :L'influence de la lumière, le type d'eau, l'état de la bouteille et la surface de contact sur la présence et la migration des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées.

		FACTEUR DE MIGRATION								
article	Paramètre	La lumière		Type d'eau		Etat de la bouteille		Surface de contact		
		Lumière de soleil	Lumière fluorescente	Gazeuse	Non gazeuse	PET Vierge	PET Recyclé	0.5L	1.5L	2L
Keresztes et al.(4)	DMP	NF	NF	-	-	-	-	-	-	-
	DEHP	NF	NF	-	+	+	+	+++	++	++
	DEP	NF	NF	-	-	-	-	-	-	-
	DBP	NF	NF	-	+	-	+	+++	+	+
	BBP	NF	NF	-	+	-	+	+	+	+
	DIBP	NF	NF	-	+	-	+	++	+	+
Guart et al.(5)	DMP	NF	NF	-	+	NF	NF	NF	NF	NF
	DEP	NF	NF	++	+	NF	NF	NF	NF	NF
	DBP	NF	NF	-	-	NF	NF	NF	NF	NF
	BBP	NF	NF	+	+	NF	NF	NF	NF	NF
	DEHP	NF	NF	+	+	NF	NF	NF	NF	NF
Yousefi et al.(10)	DMP	+++	+++	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	DEHP	+++	+++	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	DEP	+++	+	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	DBP	+++	+++	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	DiBP	+++	++	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	DMP	+++	+++	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF

3. Discussion :

3.1.Synthèse des résultats :

Notre travail a permis de réaliser une synthèse pratique, à partir d'une revue systématique de la littérature sur l'évaluation de la teneur de phtalates dans les eaux de boissons embouteillée et leurs facteurs de migration. A partir des données extraites de 13 articles de recherche après analyse de 430 articles.

3.2.Force et limites de la revue :

Nous avons suivi le plan méthodologique de *PRISMA Statement* concernant les revues systématiques dans le but de réaliser un travail selon une démarche scientifique rigoureuse ce qui constitue une force pour cette revue. Ainsi que, le processus de réalisation de cette revue est clair et transparent.

Parmi les forces de cette revue, on note que presque 77% des articles sont issus de l'exploration de la littérature blanche (Pubmed et science directe). On rajoute que la totalité de la revue a été réalisé par trois chercheurs ce qui réduit le risque de méconnaître certaines études ou données.

Notre étude présente quelques limites. Tout d'abord, le nombre d'articles inclus qui n'était pas élevé, 13 articles, ce qui nous a empêché de récolter le maximum d'informations sur la présence et migration des phtalates. En outre, la restriction de langue dans les critères d'inclusion constitue un autre facteur limitant pour notre revue.

Une autre limite qui concerne les données fournis par les auteurs, dont le type d'eau (eau minéral naturelle, eau de source, eau potable traitée) qui n'était pas mentionner dans tous les articles d'où la difficulté d'extraire des résultats conformes.

3.3.Discussion des résultats :

Ces derniers temps une grande attention a été accordée à la libération des PAE des bouteilles en PET vers l'eau de boisson embouteillée commercialisée en raison de leurs effets potentiels sur le système endocrinien ainsi que le risque cancérigène du DEHP. A cet égard, plusieurs études ont essayé de trouver l'origine de ces phtalates.

Selon le rapport établi par l'institut Fraunhofer pour l'ingénierie des procédés et l'emballage (EFBW 2013), le PET ne contient pas de plastifiant et se caractérise par une

gamme limitée d'additifs et une faible diffusion des migrants potentiels dans la matrice polymère. D'après Jeddi et al. 2015 (7) ainsi que Guart et al. 2014 (5) la bouteille d'eau doit être rigide, il serait donc contradictoire d'ajouter des plastifiant au PET. Cependant Yousfi et al. (10) disent que les PEA sont des composés synthétiques qui sont ajoutés aux polymères PET comme lubrifiant pour la fabrication de matière plastique.

Des enquêtes ont été faites en 2013 à la Hongrie par Kerezestes et al. (4) sur des bouteilles de trois marques, le DIBP et le DBP ont été trouvés sous forme de traces dans deux marques qui utilisaient des matériaux en PET recyclés alors que dans une autre marque qui utilisait des contenants en PET vierge seulement le DEHP a été détecté. En outre, une étude récente approfondie a été réalisée sur des bouteilles en PET de 10 marques les plus populaires en Pékin (chine), cette enquête a signalé la présence de DMP, DEP et DBP dans les bouteilles Xu et al. 2019 (3).

Ces résultats prouvent que chaque industrie a ses propres protocoles de production et ces derniers vont influencer la présence ou l'absence des phtalates dans l'eau de boisson embouteillée et dans ce cas les bouteilles d'eau peuvent être une source des PEA dans l'eau.

Puisque les phtalates ne sont pas liés chimiquement à la matrice polymère ils ont tendance à migrer vers l'eau lors du remplissage ou du stockage Bhardwaj et Sharma (12). Dans ce sens, de nombreuses études visaient à examiner l'impact des conditions de stockage sur la migration des phtalates en analysant l'eau de boisson en bouteille PET à différentes conditions de stockage. Certaines études ont affirmé qu'il existe une corrélation positive entre l'augmentation de temps et de la température avec l'augmentation de concentration des phtalates dans l'eau embouteillée ; alors que d'autres études ont abjuré cette opinion en confirmant qu'il n'existe pas une relation entre l'augmentation de temps et de la température de stockage et la présence des phtalates dans les eaux embouteillées.

Jeddi et al. 2015,2016 (6–8) ont établis trois études sur des échantillons de six marques d'eaux en bouteille PET qui ont été achetés dans l'usine immédiatement après la production dont les conditions étaient les mêmes pour les trois études à savoir à basse température (-18°C, 0°C et 4°C), à température ambiante (25°C), à température élevée (40°C) et après exposition au soleil à différentes périodes. Deux recherches ont enquêté sur la survenue de trois phtalates le DEHP, DBP, DBB. Tandis que dans la 3^{ème} étude ils n'ont cherché que le DEP. L'analyse des échantillons a été effectuée immédiatement après l'achat

des bouteilles pour déterminer les niveaux initiaux des quatre PEA ; il a été déterminé que le DEHP, DEP et DBP étaient initialement présents dans tous les échantillons à des niveaux de traces tandis que le BBP n'a pas été détecté et que leurs concentrations augmentent avec le temps quelles que soient les conditions de stockage étudiées. Cela a suggéré que la migration des phtalates augmente en fonction du temps de stockage. L'étude a montré aussi que les plus hauts niveaux détectés ont été enregistrés pour un stockage à 40°C et les niveaux de migration les plus bas ont été enregistrés pour une congélation à -18°C. Le BBP n'a été détecté qu'à partir de 25°C dans l'étude qui a été réalisée en 2015 et qu'à partir de 40°C dans l'étude de 2016.

Dans une étude très récente, Wang et al. 2020 (13) ont analysé la présence de six phtalates le DMP, DEHP, DBP, DEP, BBP et DnOP immédiatement après l'achat et après une semaine à température élevée (40°C, 50°C et 60°C). Au début et immédiatement après achat, le DMP, le DEP et le DnOP n'ont pas été détectés alors que après une semaine de stockage dans les conditions susmentionnées, le DEHP, DBP et le BBP ont été détectés et leurs niveaux ont augmenté avec en fonction du temps et de la température. Il a été conclu qu'un mauvais stockage affecte la migration des phtalates. De même Bhardwaj et Sharma. 2021 (12) a effectué l'analyse de DEHP immédiatement après l'achat, et après 2 mois et 6 mois de stockage à -20°C et à +45°C pour les deux périodes. A 45°C, le DEHP a été détecté après deux mois et six mois de stockage avec des concentrations plus élevées à six mois. Le DEHP n'a été détecté qu'après 6 mois à basse température (-20°C).

En Hongrie, six types de phtalates ont été recherchés au niveau de trois échantillons d'eau en bouteille PET. Dans cette étude les auteurs ont considéré le temps et la température comme conditions de stockage. Des concentrations initiales de phtalates ont été détectées dans les échantillons non gazeux. Il a été démontré que les concentrations de phtalates augmentaient après stockage à température ambiante pendant plus de 44 jours et à une température élevée juste après 24h. L'étude a également montré que le temps et la température affectaient positivement la migration des phtalates Kerezestés et al. 2013 (4).

En revanche Xu et al 2019 (3) ont trouvé qu'il n'y a pas une différence significative entre les concentrations des PEA dans les différentes conditions de stockage à l'exception de deux marques parmi les six marques qui ont été analysées ont montré une faible augmentation des concentrations totales des PEA suite à l'augmentation de DEP. Cette enquête a montré qu'aucune relation positive n'a été trouvée entre les concentrations de phtalates et les conditions de stockage

qui implique que la température n'est pas le seul facteur influençant la migration de ces substances dans les eaux de boissons embouteillées.

Par conséquent, la majorité des articles susmentionnés ont conclu qu'en augmentant le temps et la température de stockage, la migration des esters phtalique augmente ce qui fait que la basse température fourni de meilleurs conditions pour le stockage de l'eau de boisson embouteillée.

D'un autre côté, Al Saleh et al. 2011 (1) en Arabie Saoudi dans leur expérience ont pu prouver que les concentrations les plus élevés de DMP, DEP et BBP ont été signalé à 4°C plutôt qu'aux températures élevés après un stockage de un (1) mois. De plus en Egypte Ghada et Soheib (9) en 2018 ont observé une augmentation de DEP, DEHP et DBP après quatre (4) mois de stockage dans la même température que celle d'Al Saleh et al.

Pourzamani et al. (11).en 2020 ont réalisé une enquête sur trois marques d'eau embouteillée acheté dans un marché Iranien sur la présence d'anhydride phtalique (AP) qui l'anhydride de l'acide phtalique, ainsi que DEHP, DBP, DEP et l'acide terphthalique (TPA) après un stockage de trois mois dans différentes températures (5°C, 25°C et 45°C). Ils ont analysé les échantillons dans trois périodes différentes, immédiatement, après 7 jours et après 90 jours de stockage dans les trois conditions de température. Les concentrations de DEHP, DBP et AP dans l'analyse préliminaire étaient inférieure à la limite de quantification dans tous les échantillons initiaux à l'exception de TPA qui a été détecté avec une concentration importante. Après 7 jours du stockage on signale que seulement l'AP et DBP qui ont augmenté après exposition à 45°C. Après 90 jours que le DEHP qui a été détecté dans les trois marques dont les concentrations les plus élevés étaient observés à 5°C.

Une théorie qui se pose que même la basse température favorise la migration des phtalates après une longue durée de stockage.

D'autres facteurs de migration ont été testés en plus de la durée et la température de stockage.

Kerezestes et al.(4) ont étudié l'influence de surface de bouteille sur les concentrations des phtalates dans trois tailles différentes (0.5L, 1.5L et 2L), ils ont observé que les concentrations les plus élevés ont été présentes dans les bouteilles de 0.5L où le rapport surface/volume est plus important par rapport à ceux obtenus pour les eaux de marques identiques embouteillées dans des contenants PET de 1.5L et 2L. Ce qui explique que le rapport

surface/volume c'est un facteur qui influence la migration. Ce résultat doit être pris en considération puisque les bouteilles de 0.5L sont les préférées par consommateurs.

Des études ont évalué l'influence de pH sur la lixiviation des phtalates en comparant leurs concentrations dans les eaux gazeuses et non gazeuses. Ghada et Soheib (9) n'ont pas trouvé une différence statistiquement significative. Kerezestes et al.(4) rapportent que les concentrations les plus élevées appartiennent aux échantillons non gazéifiées. Selon ces deux chercheurs le pH n'influence pas la migration. Selon Guart et al. le pH le plus bas dans l'eau gazeuse influence la présence des phtalates soit il favorise la migration ou bien leurs élimination.

De son côté, Bhardwaj et Sharma (12) ont remarqué qu'avec l'augmentation de la température le pH a diminué par conséquent la migration de phtalates a été augmenté.

Ce qu'on a pu conclure d'après ces expériences que l'influence de pH sur la migration des phtalates, n'est pas aussi claire, d'autres enquêtes doivent être envisagés.

Amiridou et voutsas 2011 (2) ainsi que Yousefi et al(10). ont examinés la migration des phtalates sous l'influence de la lumière solaire, ils ont remarqué qu'il existe une libération de phtalates à partir des bouteilles en PET vers l'eau de boisson embouteillée.

Le DEHP a présenté le potentiel de migration le plus élevé dans la plus part des articles sans dépasser les normes établies par OMS (0.8µg /L) et USPEA (0.6µg/L) ; à l'exception de Yousefi et al. (2019) (10) qui ont trouvé une valeur qui dépasse les normes mentionnées ci-dessus après avoir mis les échantillons sous divers conditions de stockage (basses températures, température ambiante et températures élevés). Le DEHP a été déjà présent à une concentration importante dans l'eau de boisson dosée immédiatement après son achat et après 15 jours de stockage à 45°C il a dépassé la limite.

Sur les 13 articles étudiés 6 entre eux ont évalué le risque cancérigène suite à l'exposition au DEHP où ils ont déterminé le risque de cancer à vie excessif (ELCR) et La caution de risque (QR) :

La caution de risque (QR) été calculé par l'équation suivante : $QR = \frac{EDI}{RfD}$

- QR= caution de risque associé à l'exposition via la voie d'exposition spécifiée (sans unité).
- EDI = Apport quotidien de phtalates estimé via l'eau de boisson (µg/kg de poids corporel/jour).

Partie Pratique

- RfD = dose de référence ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel/jour).

Si :

- ✓ $\text{QR} < 1$; le risque est négligeable
- ✓ $\text{QR} > 1$; le risque est présent

Le risque était négligeable ($\text{QR} < 1$) dans tous les articles.

Concernant l'ELCR était aussi négligeable dans la plupart des études sauf celles de Wang et al. (13) De plus pourzamani et al (11) qui ont signalé des valeurs supérieures à la norme établie par l'EPA ($\text{ELCR} < 10^{-6}$ le risque cancérigène est négligeable).

4. Conclusion :

Une contamination des eaux de boisson stockée dans des bouteilles en PET par les phtalates a été observée dans tous les articles analysés.

D'après notre revue systématique, la présence des phtalates dans l'eau de boisson embouteillée en PET peut être attribuée à plusieurs origines dont la contamination lors d'embouteillage dans les usines à partir d'utilisation des tuyaux en plastique tel que le PVC ; lessivage à partir de matériaux de bouteille de mauvaise qualité (PET recyclé) ; contamination au cours de l'analyse en raison de l'utilisation répondeuse d'outils en plastique. Par conséquent, l'eau peut être contaminée par des PAE avant la mise en bouteille, indiquant que les PAE étaient des polluants environnementaux omniprésents, et qu'ils pouvaient être trouvés dans divers environnements. Par conséquent, des mesures plus strictes devraient être prises pour éliminer le risque potentiel de composés chimiques dans l'eau potable en bouteille PET pendant tout le processus de production.

De plus, après avoir analysé les résultats des articles de notre étude on peut conclure qu'un mauvais stockage favorise la migration des phtalates dans les eaux de boissons embouteillées.

Annexes

ANNEXE 1 : PRISMA (PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES)

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	

Annexes

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	

Annexes

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Références bibliographiques

1. Partie théorique :

1. J. Rodier. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 1996.
2. OMS. 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. [Internet]. Disponible sur: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_prel_1a5.pdf?ua=1
3. Duhamel J-F, Brouard J. L'eau et l'hydratation: une nécessité pour la vie. J Pédiatrie Puériculture. 2010;23(1):9-12.
4. Etude comparative de quelques sources minérales embouteillées en Algérie. 2013.
5. Conditionnement des liquides alimentaires : Les révolutions de l'emballage de nos bouteilles d'eaux. [Internet]. Cape Decision. 2011 [cité 15 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.capedecision.com/2011%2005%2010%20revolutions%20des%20emballages%20d'eau.pdf>
6. R. Farhi, C. Morel, J. Chéron. Matières plastiques & adjuvants hygiène et sécurité. [Internet]. INRS. 2006. Disponible sur: <file:///C:/Users/hp/Downloads/ed638.pdf>
7. Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé [Internet]. Natura Sciences. 2017 [cité 17 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.natura-sciences.com/sante/plastiques-toxicite-sante787.html>
8. Sandra G. LES PHTALATES [Internet]. 2014 [cité 19 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.scc-quebec.org/wp-content/uploads/2017/08/Les-phtalates-Sandra-2014.pdf>
9. NOTE DE PRESENTATION DE LA NOMENCLATURE ALGERIENNE DES PRODUITS « NPA » [Internet]. OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES; Disponible sur: <https://www.ons.dz/IMG/file/Npa.pdf>
10. Eau embouteillée – les faits [Internet]. [cité 15 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.cbwa.ca/index.php/fr/l-eau-embouteillee-les-faits.html>
11. L'eau ; première édition. FAO/WHO. Rome, Italy; 2007. (Codex Alimentarius - Joint FAO/WHO Food Standards Programme).
12. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire.N°45. juillet 2004 ; [Internet]. 2004. Disponible sur: <file:///C:/Users/hp/Downloads/dec04-196fr.pdf>
13. Eaux conditionnées | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 18 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/eaux-conditionn%C3%A9es>

Références bibliographiques

14. Foulon V. Eaux minérales naturelles : quelles spécificités ? Eaux Minérales Nat. 1 nov 2015;50:S30-7.
15. Les eaux en bouteille [Internet]. écoconso. 2003 [cité 25 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.ecoconso.be/fr/Les-eaux-en-bouteille>
16. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire.N°58.18 novembre 2013 ;
17. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire.N°51. 20 août 2000 ;
18. Étiquetage des denrées alimentaires [Internet]. [cité 11 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Etiquetage-des-denrees-alimentaires>
19. Major S. L’emballage alimentaire : Historique, tendances et innovations [Internet]. Alternative. 2012 [cité 10 avr 2021]. Disponible sur: <https://g1alternative.com/2012/05/28/lemballage-alimentaire-historique-tendances-et-innovations/>
20. Guide_emballage_F.pdf [Internet]. [cité 10 avr 2021]. Disponible sur: https://conseiltaq.com/wp-content/uploads/2017/05/Guide_emballage_F.pdf
21. Verre d’emballage alimentaire : Dossier complet | Techniques de l’Ingénieur [Internet]. [cité 12 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/materiaux-pour-contact-alimentaire-42471210/verre-d-emballage-alimentaire-f1322/>
22. CTAC_emballage_alimentaire.pdf [Internet]. [cité 11 avr 2021]. Disponible sur: https://www.agrireseau.net/Transformation-Alimentaire/documents/CTAC_emballage_alimentaire.pdf
23. Emballage :: PlasticsEurope [Internet]. [cité 1 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.plasticseurope.org/fr/about-plastics/packaging>
24. PLASTIQUE: INVERSER LA TENDANCE : LES PRODUITS CHIMIQUES EN PLASTIQUE QUI METTENT NOTRE SANTÉ EN DANGER [Internet]. Health and Environment Alliance; 2020. Disponible sur: https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2020/09/HEAL_Plastics_report_v5_FR.pdf
25. Les plastiques, c’est quoi ? :: PlasticsEurope [Internet]. [cité 27 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.plasticseurope.org/fr/about-plastics/what-are-plastics>
26. La fabrication du plastique en 5 étapes [Internet]. [cité 7 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/chimie-fabrication-plastique-5-etapes-6227/>

Références bibliographiques

27. DIFFÉRENTS TYPES DE MATIÈRES PLASTIQUES.pdf [Internet]. CAP SCIENCES; 2006.
28. carineroberthimieparistech. Le Polytéréphtalate d'éthylène PET [Internet]. Ramène tes sciences ! 2017 [cité 7 oct 2021]. Disponible sur: <https://ramenetessciences.wordpress.com/2017/05/10/le-polyterephtalate-dethylene-pet/>
29. Polyéthylène - haute densité - catalogue en-ligne - fournisseur de matériaux en petites quantités pour la recherche - Goodfellow [Internet]. [cité 19 mai 2021]. Disponible sur: <http://www.goodfellow.com/F/Polyethylene-haute-densite-Polymere.html>
30. Cruz RMS, Rico BPM, Vieira MC. 9 - Food packaging and migration. In: Galanakis CM, éditeur. Food Quality and Shelf Life [Internet]. Academic Press; 2019 [cité 30 juin 2021]. p. 281-301. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128171905000094>
31. Canada S. Pollution plastique – fiche d'information [Internet]. 2020 [cité 7 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/pollution-plastique.html>
32. C'est quoi le problème avec le plastique ? [Internet]. écoconso. 2019 [cité 7 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.ecoconso.be/fr/content/cest-quoi-le-probleme-avec-le-plastique>
33. admin. Combien de temps faut-il au plastique pour se dégrader ? - 365 REUSABLE [Internet]. [cité 7 oct 2021]. Disponible sur: <https://365reusable.com/blogs/365reusable/combien-de-temps-faut-il-au-plastique-pour-se-degrader>
34. Rhodes CJ. Plastic Pollution and Potential Solutions. Sci Prog. 1 sept 2018;101(3):207-60.
35. Zaki GI. Determination of phthalate esters in Egyptian PET-bottled water investigated under different storage conditions [Internet]. 2015. Disponible sur: <https://fount.aucegypt.edu/etds/92/>
36. Alméras C, CANCAN Y, GEREEC V, MILLET M, publique (EHESP) E des hautes études en santé. Les phtalates. 2010. 42p.
37. Almeras C, Cancan Y, Gereec V, Millet M. Projet PERSAN- Les Phtalates- 2010. 2010;42.
38. Abtahi M, Dobaradaran S, Torabbeigi M, Jorfi S, Gholamnia R, Koolivand A, et al. Health risk of phthalates in water environment: Occurrence in water resources, bottled water, and tap water, and burden of disease from exposure through drinking water in tehran, Iran. Environ Res. juin 2019;173:469-79.
39. Saillenfait A-M, Laudet-Hesbert A. Phtalates. EMC - Toxicol-Pathol. févr 2005;2(1):1-13.

Références bibliographiques

40. Saillenfait A-M, Laudet-Hesbert A. Phtalates (II). EMC - Toxicol-Pathol. déc 2005;2(4):137-50.
41. Acides phtaliques [Internet]. Société Chimique de France. [cité 16 juin 2021]. Disponible sur: <https://new.societechimiquedefrance.fr/produits/acides-phtaliques/>
42. Deshayes S. Identification des sources de phtalates et d'alkylphénols (polluants émergents) en milieu urbain et compréhension des processus d'élimination. :253.
43. Defranceschi M, Ribera D, Doly L. Substances émergentes, polluants émergents dans les déchets. Le cas des phtalates. :138.
44. Mahesh Jayaweera¹, Hasini Perera, Nilanthi Bandara, Gimhani Danushika, Buddhika Gunawardana, Chandani Somaratne, et al. Migration of phthalates from PET water bottle in events of repeated uses and associated risk assessment. 08JUL2020. :15.
45. Saint-Laurent L, Rhainds M. Les phtalates : état des connaissances sur la toxicité et l'exposition de la population générale. :9.
46. Zaki G, Shoeib T. Concentrations of several phthalates contaminants in Egyptian bottled water: Effects of storage conditions and estimate of human exposure. Sci Total Environ. mars 2018;618:142-50.
47. Alexis Balicco, Marie-Laure Bidondo, Clémence Fillol, Jessica Gane, Amivi Oleko, Abdessattar Saoudi, et al. Santé publique France / Imprégnation de la population française par les phtalates. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. 2019.
48. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Étude de l'alimentation totale infantile, Tome 2 – Partie 3 Composés organiques [Internet]. 2015^e éd. 2016. Disponible sur: www.anses.fr
49. agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail, Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille des Phtalates (Tome 3). mars 2015. 203 p.
50. 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;229:125-31.
51. Muscogiuri G, Colao A. Phtalates: new cardiovascular health disruptors? Arch Toxicol. mars 2017;91(3):1513-7.
52. 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 terephthalate (PET) containers under different storage conditions. Environ Health Eng Manag. 1 nov 2019;6(4):247-55.

Références bibliographiques

53. Filella M. Antimony and PET bottles: Checking facts. *Chemosphere*. déc 2020;261:127732.
54. Réglementation" Matériaux au contact des denrées alimentaires"-Principe d'inertie- Articles 3 et 4- CETIM/CLEB-04/03/2019-Page 6 [Internet]. Disponible sur: https://www.contactalimentaire.fr/sites/default/files/media/file/field_media_file/Regles_generales_alimentarite_2020_03.pdf
55. Muncke Jane, Backhaus Thomas, Geueke Birgit, Maffini Maricel V., Martin Olwenn Viviane, Myers John Peterson, et al. Scientific Challenges in the Risk Assessment of Food Contact Materials. *Environ Health Perspect*. 125(9):095001.
56. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire N° 69. 6 décembre 2016 ; [Internet]. Disponible sur: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/alg166536.pdf>
57. Zaki O. Contribution à l'étude et la modélisation de l'influence des phénomènes de transferts de masse sur le comportement mécanique de flacons en polypropylène [Internet] [phdthesis]. Université Paris-Est; 2008 [cité 3 juill 2021]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00351664>
58. Severin I, Riquet A-M, Chagnon M-C. Évaluation et gestion des risques–Matériaux d'emballage à contact alimentaire. *Cah Nutr Diététique*. 1 avr 2011;46(2):59-66.
59. Lau O-W, Wong S-K. Contamination in food from packaging material. *J Chromatogr A*. 2000;882(1-2):255-70.
60. Al Rayes L. Étude des interactions PET - Eau minérale dans les eaux embouteillées au Liban et approches analytiques des risques sanitaires [Internet] [Theses]. Université Claude Bernard - Lyon I; 2013 [cité 20 juin 2021]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01170273>
61. Alamri MS, Qasem AAA, Mohamed AA, Hussain S, Ibraheem MA, Shamlan G, et al. Food packaging's materials: A food safety perspective. *Saudi J Biol Sci* [Internet]. 24 avr 2021 [cité 7 juill 2021]; Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X21003090>
62. RÈGLEMENT (UE) N° 10/2011 DE LA COMMISSION du 14 janvier 2011 ,concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires [Internet]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/10/oj/fra>
63. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire N° 43. 7 juillet 2019 ; [Internet]. Disponible sur: <https://www.joradp.dz/FTP/JO-FRANCAIS/2019/F2019043.pdf>

Références bibliographiques

64. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail): Connaissances relatives aux données de contamination et aux expositions par des composés de la famille des Phtalates (Tome 2). mars 2015 éd. 2015. 148 p.
65. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 40. 2019.
66. EUR-Lex - 32011R0010 - EN - EUR-Lex [Internet]. [cité 3 août 2021]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/10/oj/fra>
67. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Connaissances relatives à la réglementation, à l'identification, aux propriétés chimiques, à la production et aux usages des composés de la famille des Phtalates (Tome 1). mars 2015 éd. 261 p.
68. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 51. 20 août 2000.
69. 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;17(1).
70. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 68. 2016.
71. ISO 18856:2004(fr), Qualité de l'eau — Dosage de certains phtalates par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse [Internet]. [cité 29 août 2021]. Disponible sur: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18856:ed-1:v1:fr>
72. Keresztes S, Tatár E, Czégény Z, Záray G, Mihucz VG. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water. *Sci Total Environ*. 1 août 2013;458-460:451-8.
73. Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *J Hazard Mater*. 15 janv 2011;185(1):281-6.

2. Partie pratique :

1. Al-Saleh I, Shinwari N, Alsabbaheen A. Phthalates residues in plastic bottled waters. *J Toxicol Sci*. août 2011;36(4):469-78.
2. Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *J Hazard Mater*. 15 janv 2011;185(1):281-6.
3. 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;17(1):E141.
4. Keresztes S, Tatár E, Czégény Z, Záray G, Mihucz VG. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water. *Sci Total Environ*. 1 août 2013;458-460:451-8.
5. Guart A, Bono-Blay F, Borrell A, Lacorte S. Effect of bottling and storage on the migration of plastic constituents in Spanish bottled waters. *Food Chem*. 2014;156:73-80.

Références bibliographiques

6. Jeddi MZ, Rastkari N, Ahmadkhaniha R, Yunesian M. Concentrations of phthalates in bottled water under common storage conditions: Do they pose a health risk to children? *Food Res Int.* mars 2015;69:256-65.
7. 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.
8. Jeddi MZ, Rastkari N, Ahmadkhaniha R, Yunesian M. Endocrine disruptor phthalates in bottled water: daily exposure and health risk assessment in pregnant and lactating women. *Environ Monit Assess.* sept 2016;188(9):534.
9. Zaki G, Shoeib T. Concentrations of several phthalates contaminants in Egyptian bottled water: Effects of storage conditions and estimate of human exposure. *Sci Total Environ.* mars 2018;618:142-50.
10. 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 terephthalate (PET) containers under different storage conditions. *Environ Health Eng Manag J.* 2019;6(4):247-55.
11. Pourzamani H, Keshavarz M, Moazeni M, Heidari Z, Zarean M. Effect of common storage condition on the release of phthalate contaminants of bottled water in polyethylene terephthalate: A chemical analysis and human health risk assessment. *Int J Environ Health Eng.* 1 janv 2020;9(1):12.
12. Bhardwaj LK, Sharma A. Evaluation of Bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in the PET Bottled Mineral Water of Different Brands and Impact of Heat by GC-MS/MS. 2021;
13. Wang C, Huang P, Qiu C, Li J, Hu S, Sun L, et al. Occurrence, migration and health risk of phthalates in tap water, barreled water and bottled water in Tianjin, China. *J Hazard Mater.* 15 avr 2021;408:124891.

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'élaborer une revue systématique pour donner une idée qui englobe les origines de la présence des phtalates dans l'eau de boisson embouteillée ainsi que les facteurs qui influencent leur migration.

Une recherche documentaire systématique a été réalisée via Pubmed, Science direct et Google scholar. Ce travail a été conduit et rédigé conformément aux lignes directrices PRISMA.

Une contamination des eaux de boisson stockée dans des bouteilles en PET par les phtalates a été observée dans tous les articles analysés, ce qui a été supposé être attribuable à la contamination de l'eau dans l'usine d'embouteillage ; la migration des phtalates du polymère de bouteilles vers l'eau ou encore par une contamination croisée pendant les procédures d'analyse dans un laboratoire. De plus de ces origines il existe des facteurs qui favorisent la migration des phtalates tels que le mauvais stockage des eaux embouteillées comme leur exposition à des températures élevées ou bien leur conservation.

De plus, nous avons pris en considération l'évaluation des risques associés à l'exposition au phtalates par l'utilisation d'eau potable en bouteille et la majorité des résultats ont montré que quelle que soit la source des PAE dans l'eau en bouteille PET, le risque pour la santé associé aux niveaux de PAE sélectionnés était acceptable et ne pose aucun problème significatif sur la santé humaine.

A partir de notre étude on a pu conclure que l'eau de boisson embouteillée en PET contribue à la contamination par les phtalates.

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

Abstract:

The presence of phthalates in PET bottled water has become a recent concern among some researchers, especially considering the steady growth of bottled water consumption and the toxicological effects of these substances.

The objective of this study was to develop a systematic review to provide insight that encompasses the origins of phthalates in bottled drinking water as well as the factors that influence their migration.

A systematic literature search was conducted via Pubmed, Science direct and Google scholar. This work was conducted and written in accordance with PRISMA guidelines.

Phthalate contamination of drinking water stored in PET bottles was observed in all articles reviewed, which was assumed to be due to contamination of the water in the bottling plant; migration of phthalates from the bottle polymer into the water or by cross-contamination during analytical procedures in a laboratory. In addition to these origins, there are other factors that favor the migration of phthalates such as the improper storage of bottled water as well as their exposure to high temperatures or their conservation.

In addition, we considered only the risk assessment associated with exposure to DEHP through the use of bottled drinking water and the majority of the results showed that regardless of the source of EAPs in PET bottled water, the health risk associated with the selected levels of EAPs was acceptable and does not pose any significant concern to human health.

From our study it could be concluded that the adverse effects due to phthalates may be due to other sources of exposure in addition to bottled drinking water.

Key words: Phthalic ester ; Bottled water ; PET bottles ; Migration ; Storage conditions.

ملخص :

لقد أصبح وجود استرات الفثالات في المياه المعبأة في زجاجات PET مصدر قلق في الآونة الأخيرة لدى بعض الباحثين ، وخاصة بالنظر إلى النمو المطرد في استهلاك المياه المعبأة في زجاجات والتأثيرات السمية لهذه المواد التي تعطل الغدد الصماء. وكان الهدف من هذه الدراسة هو وضع استعراض منهجي لإعطاء فكرة تشمل أصول الفثالات في مياه الشرب المعبأة والعوامل التي تؤثر على هجرتها.

وقد أجري بحث منهجي عن طريق Pubmed، Science direct و Google scholar. وقد أجري هذا العمل وحُرر وفقاً للمبادئ التوجيهية PRISMA.

ولوحظ تلوث مياه الشرب المخزنة في زجاجات PET مع الفثالات في جميع الأصناف التي تم اختبارها ، والذي كان من المفترض أن يكون بسبب تلوث المياه في مصنع التعبئة ؛ ونقل الفثالات من بوليمر الزجاجات إلى الماء أو عن طريق التلوث العابر أثناء إجراءات الفحص المختبري. وبالإضافة إلى هذه المصادر ، هناك عوامل تشجع على هجرة الفثالات ، مثل سوء تخزين المياه المعبأة ، والتعرض لدرجات حرارة مرتفعة ، أو الحفظ.

وبالإضافة إلى ذلك ، نظرنا في تقييم المخاطر المرتبطة بالتعرض للفثالات الناجمة عن استخدام مياه الشرب المعبأة في زجاجات ، وأظهرت غالبية النتائج أنه بصرف النظر عن مصدر الفثالات في المياه المعبأة في زجاجات الفثالات ، فإن الخطر الصحي المرتبط بمستويات الفثالات المختارة مقبول ولا يؤثر شواغل هامة تتعلق بصحة الإنسان. وقد خلصت دراستنا إلى أن مياه الشرب المعبأة في زجاجات من مادة PET تساهم في التعرض لتلوث الفثالات.

الكلمات المفتاحية :

استرات الفثالات; المياه المعبأة; زجاجات PET; هجرة; شروط التخزين.