

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

People's Democratic Republic of Algeria

The Minister of Higher Education and Scientific Research

ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⵓⵔⵉⵜ ⵜⴰⵖⵔⴰⵎⵜ ⵜⴰⵣⴷⵓⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ

ABOU BEKR BELKAID UNIVERSITY TLEMCEM
FACULTY OF MEDICINE- Dr. B. BENZERDJEB
PHARMACY DEPARTMENT



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

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

THEME :

Évaluations de la teneur des phtalates dans le plastique utilisé dans les eaux
embouteillées commercialisées en Algérie

Présenté par :

KAID MOUAD

BENKOU MOHAMMED NADIR

Soutenu le : 15 Juillet 2025

Jury

Président :

Pr. N. Abouregal

Maître de conférences classe A en toxicologie faculté de médecine Tlemcen

Membres :

Dr. Z. Nordine

Maitre-assistant en Chimie Analytique faculté de médecine Tlemcen

Dr. A. HADJILA

Maitre-assistant en Hydrologie-bromatologie faculté de médecine Tlemcen

Encadrant :

Dr. S. BENAMARA

Maître de conférences classe B en Hydrologie-bromatologie
Faculté de médecine Tlemcen

Année universitaire : 2024-2025

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 **Docteur N. ABOUREJAL**, spécialiste en toxicologie à la Faculté de Médecine de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de juger ce travail. Nous sommes très honorées de l'avoir comme présidente du jury de notre mémoire.*

*Nous remercions **Docteur Z. Nordine**, Maître-assistant en chimie analytique, et **Docteur A. Hadjila**, Maître-assistante en hydro bromatologie, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt qu'ils portent à notre travail, ainsi que pour le temps qu'ils y ont consacré afin de l'évaluer.*

Dédicaces

À mes chers parents

Je vous dédie ce mémoire en signe de reconnaissance infinie pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et votre présence constante dans ma vie.

***Maman**, tu es mon soleil, mon étoile guide. Tes encouragements et ton amour maternel m'ont accompagné tout au long de mon chemin. Ils m'ont donné la force de me relever après chaque chute et m'ont inspiré à toujours viser plus haut. Je te suis profondément reconnaissant pour chaque sacrifice que tu as consenti, pour chaque larme versée et chaque sourire partagé.*

***Cher papa**, je ne pourrai jamais assez te remercier. Tu as toujours été ma force, celui qui m'a appris à surmonter les épreuves avec courage. Grâce à toi, j'ai compris le sens de la responsabilité, du respect et de la paix. Je veux, à travers ce travail, te rendre fier de moi. Vous avez façonné l'homme que je suis aujourd'hui, et je ne pourrai jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

Ce mémoire est le fruit de votre amour, de votre soutien et de vos encouragements.

Merci pour tout. Je vous aime.

À mon cher frère IMRANE et à ma chère sœur ZINEB

Je vous remercie pour vos encouragements à mon égard et votre présence à chaque instant de ma vie.

Vous avez partagé avec moi ma joie et ma tristesse.

***Je prie Allah** de vous accorder le succès.*

À ma chère grand-mère

Pour ton amour inconditionnel, ta tendresse infinie et tes prières constantes qui m'accompagnent chaque jour.

Tu es une source de sagesse, de douceur et de réconfort dans ma vie.

***Je prie Allah** de te guérir pleinement, de te préserver, et de t'accorder une longue vie pleine de santé, de paix et de sérénité.*

Qu'Il te récompense pour tout le bien que tu as semé autour de toi.

À toute ma famille KAID, et à la famille SENHADJI

*Pour votre affection, vos invocations, votre soutien moral et votre présence dans ma vie, de
près ou de loin.*

***Je prie Allah** de vous préserver, de vous accorder la santé, la paix et la réussite.*

***À mes chers amis et collègues : NADIR, OUSSAMA, AHMED, ANES, MOHAMMED,
NADIR, YUCEF***

Je suis très reconnaissant(e) de vous avoir dans ma vie.

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

-KAID MOUAD-

Je dédie ce modeste travail à ma famille bien-aimée, à mes chers parents, piliers de ma vie, dont l'amour, les prières et les sacrifices m'ont porté jusqu' ici. Sans leur soutien inconditionnel, moral et matériel, ce travail n'aurait jamais vu le jour.

À mes frères et sœur : Issam, Fatima et Youssef, merci pour votre présence constante, votre patience et votre soutien dans les moments les plus décisifs.

*Mes remerciements les plus sincères vont également à mon ami **Dr. Ahmed Yala** de Sétif, pour ses conseils éclairés, sa générosité intellectuelle et son encouragement tout au long de ce chemin exigeant.*

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon collègue de recherche, avec qui j'ai partagé cette aventure académique. Ensemble, nous avons su conjuguer nos efforts, nos idées et notre engagement pour donner le meilleur de nous-mêmes dans ce projet commun. Notre complémentarité a été une véritable richesse.

*Un grand merci également à mes amis de la résidence universitaire, **Bilal et Aymen**, pour les moments partagés, le soutien fraternel dans les jours de doute comme dans ceux de joie.*

Je vous offre ce travail comme un humble témoignage de votre impact dans ma vie.

Puisse ce projet être le commencement de quelque chose de plus grand, tant sur le plan académique que professionnel.

-BENKOU MOHAMMED NADIR-

Table des Matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Table des Matières	V
Liste des abréviations.....	XI
Liste des figures	XIV
Liste des tableaux	XVI
Revue Bibliographique	1
Introduction :	1
I. L'EMBALLAGE ALIMENTAIRE ET LE PLASTIQUE	3
I.1. Définition de l'emballage alimentaire :.....	3
I.2. Différents types d'emballage :.....	3
I.2.1. Emballage primaire ou emballage de vente :	3
I.2.2. Emballage de groupage ou emballage secondaire (emballage d'expédition) :	4
I.2.3. Emballage de transport ou emballage tertiaire :.....	4
I.3. Les fonctions et les rôles stratégiques de l'emballage :.....	5
I.3.1. Les fonctions fondamentales de l'emballage :	5
I.3.2. Les rôles stratégiques de l'emballage :	6
I.3.2.1. Rôle technique :.....	6
I.3.2.2. Rôle marketing :	6
I.4. Les matériaux d'emballage alimentaire :.....	7
I.5. Généralité sur la matière plastique :	8
I.5.1. Introduction :	8
I.5.2. Définition des matières plastiques :	9
I.5.3. La formation du plastique :	10
I.5.3.1. Raffinage du pétrole (Distillation fractionnée) :	10
I.5.3.2. Condensation et traitement du naphta :.....	11
I.5.3.3. Craquage thermique (La décomposition des hydrocarbures) :.....	11
I.5.3.4. Polymérisation (La synthèse des polymères) :.....	11

Table des Matières

I.5.3.5. Mise en forme : Vers des produits finis :	12
I.5.4. Les différents types des plastiques :	13
I.5.4.1. Les thermoplastiques :	13
I.5.4.2. Les thermodurcissables :	19
I.5.4.3. Les élastomères :	20
I.5.4.4. Les élastomères thermoplastiques :	21
I.5.5. Recyclage de la matière plastique :	21
I.5.6. Les avantages et les inconvénients du la matière plastique :	22
I.5.6.1. Avantages du plastique :	22
I.5.6.2. Inconvénients du plastique :	23
I.5.7. Composés auxiliaires :	24
I.5.7.1. Les plastifiants :	24
I.5.7.2. Les charges :	25
I.5.7.3. Les colorants et les pigments:	26
I.5.7.4. Les solvants :	26
I.5.7.5. Les catalyseurs et durcisseurs :	26
I.5.7.6. Stabilisants et antioxydants :	26
I.5.7.7. Ignifugeants ou Retardateurs de combustion	26
I.5.7.8. Autres adjuvants :	26
II. INTERACTIONS EXISTANT ENTRE L'EMBALLAGE ET L'ALIMENT	27
II.1. Les interactions contenant/contenu dans l'emballage :	27
II.1.1. La perméation :	27
II.1.2. La sorption :	27
II.1.3. La migration :	28
II.2. Principes de la migration entre polymère et aliment :	28
II.2.1. Diffusion du migrant à travers le polymère :	29
II.2.2. Solvatation dans l'interface polymère / aliment :	29
II.2.3. La dispersion de la molécule diffusante :	29
II.3. Facteurs influençant la migration :	29
II.3.1. La nature des constituants du polymère :	30

Table des Matières

II.3.2.	La nature et l'état du polymère :.....	32
II.3.3.	La cristallinité du polymère dans l'emballage :.....	32
II.3.4.	Le milieu au contact :.....	33
II.3.5.	Température de contact :.....	33
II.4.	Limites de migration :.....	33
II.4.1.	Migration globale :.....	34
II.4.2.	Migration spécifique :.....	34
II.4.3.	Concentration maximale dans le matériau (QM) :.....	34
II.4.4.	Concentration maximale par unité de surface (QMA) :	34
II.5.	Évaluation de la migration et cadre réglementaire :	35
II.5.1.	Tests de migration :.....	35
II.5.2.	Utilisation des milieux simulateurs :	35
II.5.3.	Les conditions de contact :.....	36
II.5.4.	Réglementation Algérienne :	37
III.	GENERALITES SUR LES PHTALATES	38
III.1.	Définition :.....	38
III.2.	Propriétés physico-chimiques :.....	40
III.3.	Synthèse générale des phtalates :.....	42
III.4.	Utilisations et Production des Phtalates :.....	42
III.5.	Occurrence et devenir des phtalates dans l'environnement :.....	44
III.6.	Voies d'exposition humaine aux phtalates :	46
III.7.	Toxicocinétique des Phtalates :.....	48
III.7.1.	Absorption :	48
III.7.2.	Distribution :.....	49
III.7.3.	Métabolisme :	49
III.7.4.	Élimination :	50
III.8.	Toxicodynamie des Phtalates :	51
III.8.1.	Toxicité Hépatique :.....	51
III.8.2.	Effets Rénaux :.....	51
III.8.3.	Effets Cancérogènes :	52

III.8.4. Toxicité Reproductive et Développementale :.....	52
III.8.5. Effets Cardiovasculaires :.....	53
III.8.6. Effets Génotoxiques :.....	53
IV. LES EAUX EMBOUTEILLES EN ALGERIE (ÉVOLUTION, PROCESSUS DE CONDITIONNEMENT ET IMPACTS DU PET).....	53
IV.1. Introduction :.....	53
IV.2. Les Normes et Régulations des Eaux Embouteillées :	54
IV.3. Classification :	55
IV.3.1. Eau minérale naturelle :	55
IV.3.2. Eau de source :.....	55
IV.3.3. L'eau rendue potable par traitement :.....	56
IV.4. Conformité en matière d'étiquetage et de conservation :	56
IV.4.1. IV.4.1. Étiquetage :.....	56
IV.4.2. Durée de conservation :	56
IV.4.3. Mentions obligatoires :	56
IV.5. Processus de fabrication des bouteilles en PET :.....	57
IV.5.1. Extrusion-plastification de la résine PET :	58
IV.5.2. Moulage par injection :.....	58
IV.5.3. Soufflage de la préforme :	59
IV.6. Principales propriétés d'une bouteille :	59
IV.7. Mécanismes et facteurs de dégradation des bouteilles en PET :	61
IV.7.1. Décomposition thermique :.....	61
IV.7.2. Décomposition par hydrolyse et par oxydation :.....	61
IV.8. Migration potentielle à partir des bouteilles en PET :	62
IV.9. Encadrement Réglementaire des Phtalates dans les Eaux Embouteillées :	63
IV.9.1. Réglementation algérienne :	63
IV.9.2. Normes établies par l'OMS et la chine :.....	63
IV.9.3. Réglementation de l'USEPA :.....	63
IV.9.4. Réglementation européenne :.....	64
V. Dosage et Extraction Des Phtalates.....	65

Table des Matières

V.1. Procédés d'Extraction des Phtalates	66
V.1.1. Extraction Liquide-Liquide (LLE).....	66
V.1.2. Extraction en Phase Solide (SPE).....	66
V.1.3. Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)	66
V.2. Méthodes Instrumentales de Détection.....	67
Partie Pratique.....	69
I. Objectifs de l'étude	70
I.1. Objectif principal	70
I.2. Objectif secondaire	70
II. But de l'étude	70
III. Matériel et méthodes :.....	70
III.1. Type, lieu et calendrier d'étude :	70
III.2. Échantillonnage :	71
III.2.1. Échantillon d'étude :.....	71
III.2.1.1. Critères d'inclusion :.....	71
III.2.1.2. Critères de non-inclusion :.....	71
III.2.1.3. Critères d'exclusion :.....	71
III.2.2. Stratégie d'échantillonnage des matériaux plastiques issus des bouteilles d'eau embouteillée en Algérie :.....	71
III.2.3. Source d'information et stratégie de recherche :	72
III.3. Partie expérimentale :	72
III.3.1. Détermination du type de plastique par spectroscopie infrarouge (IR) :.....	72
III.3.2. Mesure de l'épaisseur du plastique :.....	74
III.3.3. Dosage des phtalates :.....	75
III.3.3.1. Verreries :	75
III.3.3.2. Préparations des solutions :	77
III.3.3.3. Procédure d'extraction :.....	78
III.3.4. Instrument d'analyse :.....	79
III.4. Analyse statistique	83
III.4.1. Logiciels utilisés	83

Table des Matières

III.4.2. Analyse de la corrélation quantitative	83
III.4.3. Évaluation des différences entre deux variables.....	84
IV. Résultat.....	85
V. Discussion	99
VI. Conclusion.....	109
Références bibliographique.....	113
Annexes	124

Liste des abréviations

- % p/p : Pourcentage poids/poids
- ACCE : Approche Cadre Complet pour l'Évaluation du Risque
- AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
- AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
- ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
- ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- BA : Acide Benzoïque
- BBP : Butyl Benzyl Phtalate
- BPA : Bisphénol A
- CAS : Chemical Abstracts Service
- CPG-SM : Chromatographie en Phase Gazeuse – Spectrométrie de Masse
- DBP : Dibutyl Phtalate
- DEHA : Di(2-éthylhexyl) Adipate
- DEHP : Bis(2-éthylhexyl) Phtalate
- DIBP : Diisobutyl Phtalate
- DIDP : Diisodécyl Phtalate
- DINP : Diisononyl Phtalate
- DJT : Dose Journalière Tolérable
- DNOP : Di-n-octyl Phtalate
- DOA : Dioctyl Adipate
- DOTP : Dioctyl Téréphtalate
- E171 : Dioxyde de titane
- EFSA : European Food Safety Authority
- EPA : Environmental Protection Agency (États-Unis)
- EU : European Union
- FTIR-ATR : Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier – Réflexion Totale Atténuée

Liste des abréviations

- GC-ECD : Gas Chromatography – Electron Capture Detector
- GC-FID : Gas Chromatography – Flame Ionization Detector
- GC-MS : Chromatographie en Phase Gazeuse – Spectrométrie de Masse
- HPLC : High-Performance Liquid Chromatography
- HPLC-MS : Chromatographie Liquide Haute Performance – Spectrométrie de Masse
- LC-MS/MS : Chromatographie Liquide – Spectrométrie de Masse en Tandem
- mg/kg : Milligramme par kilogramme
- mg/L : Milligramme par litre
- NaCl : Chlorure de Sodium
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- PA : Polyamide
- PC : Polycarbonate
- PE : Perturbateur Endocrinien
- PEHD : Polyéthylène Haute Densité
- PET : Polyéthylène Téréphtalate
- POM : Polyoxyméthylène
- PP : Polypropylène
- ppm : Parties par million
- ppb : Parties par milliard
- PS : Polystyrène
- PVC : Polychlorure de Vinyle
- QMA : Quantité Maximale par Unité de Surface
- QM : Quantité Maximale
- REACH : Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals
- SVHC : Substances of Very High Concern
- THF : TétraHydroFuranne
- UE : Union Européenne
- µg/L : Microgramme par litre
- µL : Microlitre
- µm : Micromètre

Liste des abréviations

- USEPA : United States Environmental Protection Agency

Liste des figures

Figure 1: classification d'emballage alimentaire	5
Figure 2: Répartition mondiale du marché de l'emballage selon le type de matériau (données de 2009).....	7
Figure 3: les étapes de la formation du plastique.	12
Figure 4: bouteille du plastique en PET	14
Figure 5: Comparaison structurale et thermique entre polymères thermoplastiques et thermodurcissables	20
Figure 6: Transfert aliments/matières	28
Figure 7: Les facteurs influant sur la migration	30
Figure 8: structure chimique des phtalates	39
Figure 9: Structures chimiques des principaux phtalates utilisés comme plastifiants	40
Figure 10: Les différentes voies d'exposition au phtalates	48
Figure 11: Voies métaboliques du phtalate de dibutyle (DBP) chez l'humain	50
Figure 12 : Modèle d'étiquette d'une bouteille d'eau de 'Mansourah' en Algérie.....	57
Figure 13: Les phases d'extrusion-plastification et d'injection du PET	58
Figure 14: La fabrication d'une bouteille par injection soufflage.....	59
Figure 15 : Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne.	61
Figure 16: Dégradation du PET par hydrolyse.....	62
Figure 17: Le principe de CPG-SM	67
Figure 18: Exemple d'un appareil CPG-SM	68
Figure 19 : Spectre d'infrarouge d'un échantillon du PEHD (bouchon).....	73
Figure 20: spectre d'infrarouge d'un échantillon du PET	73
Figure 21: Appareil FTIR-ATR utilisé pour l'identification des matériaux plastiques	74
Figure 22 : Pied à coulisse digital	74
Figure 23: Procédure d'extraction des phtalates présents dans l'eau embouteillée	79
Figure 24: Instrument d'analyse la GC-SM	80
Figure 25 : Chromatogramme des étalons DEHP.	81
Figure 26: Spectre de masse de DEHP en mode SIM.....	82

Liste des figures

Figure 27: Intégration du pic DEHP	82
Figure 28: Courbe de réponse DEHP / EI	82
Figure 29: Courbe de réponse DBP / EI.....	82
Figure 30: Spectre de masse de Benzyl benzoate	83
Figure 31: Intégration du pic Benzyl benzoate	83
Figure 32: Répartition des marques analysées en fonction de l'origine naturelle de l'eau	85
Figure 33 : Répartition des échantillons d'eau en fonction de la couleur du plastique.....	86
Figure 34: Épaisseur des plastiques au niveau des vingt-quatre (24) marques	87
Figure 35 : Variation des scores PET (%) des bouteilles d'eau analysées.....	88
Figure 36 : Répartition des positions des scores d'intensité PET des bouteilles d'eau analysées	88
Figure 37 : Variation des scores PEHD (%) des bouchons des bouteilles d'eau analysées.....	89
Figure 38 : Répartition des positions des scores d'intensité PEHD (spectroscopie infrarouge) des bouchons des bouteilles d'eau analysées	90
Figure 39 : La teneur en DEHP dans l'emballage plastique des eaux embouteillées analysées (g%).....	91
Figure 40 : La teneur en DEHP dans les eaux embouteillées analysées (ppb)	92
Figure 41 : Répartition des teneurs en DBP détectés au niveau de chaque marque d'eau embouteillée	93
Figure 42 : Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP du matériau plastique et l'épaisseur du plastique de la bouteille.....	96
Figure 43 : Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'épaisseur du plastique de la bouteille.....	97
Figure 44 : Corrélation entre la teneur en DEHP du plastique des bouteilles et la concentration en DEHP de l'eau embouteillée	98

Liste des tableaux

Tableau I: Fonctions et rôles fondamentaux de l'emballage alimentaire.....	7
Tableau II: les avantages et les inconvénients d'emballage alimentaire.....	8
Tableau III: Nomenclature et champ d'application des plastiques.	18
Tableau IV: Catégories des migrants potentiels emballage/aliment classifiées selon leur poids moléculaire.	31
Tableau V: Types d'aliments et leurs simulateurs pour les tests des migrations.	36
Tableau VI: Durées des tests de migration en fonction des conditions d'utilisation de matériaux entrant en contact avec des denrées alimentaires (97/48/CEE).....	37
Tableau VII: Durées et températures des tests de migration en fonction des conditions d'utilisation de matériaux entrant en contact avec des denrées alimentaires (97/48/CEE)	37
Tableau VIII: les propriétés physicochimiques des phtalates	41
Tableau IX: L'utilisation de quelques phtalates	44
Tableau X: Propriétés du PET amorphe et du PET semi-cristallin.....	60
Tableau XII : L'épaisseur moyenne de l'emballage plastique des bouteilles d'eau analysées	87
Tableau XIII: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'emballage plastiqueles bouteilles d'eau analysées.....	94
Tableau XIV: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de l'origine de l'eau	94
Tableau XV: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de la couleur des bouteilles	95

Revue Bibliographique

Introduction :

L'eau embouteillée bénéficie d'une image rassurante auprès des consommateurs, souvent perçue comme une boisson naturelle issue de sources souterraines protégées de la pollution et sans traitement chimique. Cette perception renforce la confiance des utilisateurs et repose sur l'idée que l'eau en bouteille est pure, bénéfique pour la santé, répond à des normes de qualité élevées et s'inscrit dans une consommation responsable (1).

Les consommateurs d'eau en bouteille s'expliquent par divers facteurs, notamment les préférences liées au goût, la commodité d'utilisation ou encore des considérations d'ordre esthétique ou tendance. Cependant, des aspects plus fondamentaux, tels que la perception de la salubrité et les bienfaits potentiels pour la santé associés à ces eaux, occupent également une place déterminante dans leurs motivations (2).

Toutefois, bien que l'eau embouteillée soit soumise à des contrôles de qualité rigoureux, sa composition peut être altérée par la migration de substances chimiques, notamment lorsque leurs concentrations dépassent les seuils fixés par la réglementation. De tels dépassements peuvent représenter un danger pour la santé publique, en particulier lorsqu'ils concernent des composés dont la toxicité est scientifiquement établie ou faisant l'objet de suspicions fondées. Dans ce contexte, l'intérêt scientifique se porte de plus en plus sur l'influence des matériaux d'emballage sur la qualité de l'eau, notamment dans le cas des bouteilles en polymères plastiques.

Les matières plastiques utilisées dans l'industrie de l'emballage sont constituées d'une résine polymérique de base à laquelle s'ajoutent différents additifs destinés à améliorer leurs performances et à faciliter leur transformation. Ces substances auxiliaires remplissent diverses fonctions : elles permettent d'optimiser la flexibilité, la stabilité thermique, la résistance à la lumière, ou encore la durabilité du produit fini. On y retrouve notamment des colorants, des agents antioxydants, des stabilisateurs, ainsi que des plastifiants (3).

Les plastifiants, quant à eux, sont des additifs incorporés dans les polymères pour en augmenter la souplesse et la maniabilité. Ils sont fréquemment utilisés dans les matériaux plastiques en contact avec les denrées alimentaires ou les boissons. Le polyéthylène téréphtalate (PET), matériau privilégié pour le conditionnement de l'eau embouteillée, peut contenir des

traces de plastifiants, soit issus des processus de fabrication, soit introduits de manière indirecte. Ces substances peuvent, dans certaines conditions, migrer vers le contenu de l'emballage.

Parmi les plastifiants les plus surveillés figurent les phtalates, en raison de leur effet toxique. Ces composés sont classés comme perturbateurs endocriniens en mesure d'interférer avec le système hormonal, même à de faibles doses. Leur migration dans l'eau contenue dans les bouteilles en PET dépend de plusieurs paramètres, notamment la température, la durée de stockage et la qualité du matériau utilisé (4).

En Algérie, où l'eau embouteillée représente une ressource majeure pour l'approvisionnement en eau potable, la littérature scientifique reste encore limitée quant à l'évaluation de la présence des phtalates dans les bouteilles disponibles sur le marché. Cette absence de données soulève des préoccupations quant à l'exposition chronique potentielle de la population à ces substances chimiques et à leurs effets à long terme sur la santé humaine.

Problématique :

Bien que généralement perçue comme une source d'eau potable fiable, l'eau embouteillée peut être affectée par la migration de substances chimiques issues des matériaux plastiques utilisés pour son conditionnement. Parmi ces composés, les phtalates – reconnus pour leurs effets perturbateurs sur le système endocrinien – suscitent une préoccupation croissante en matière de santé publique.

Dans le contexte algérien, où les données scientifiques sur cette problématique demeurent limitées, deux interrogations majeures se posent : Les matériaux plastiques utilisés pour l'emballage des eaux embouteillées commercialisées en Algérie contiennent-ils des phtalates, et ces composés sont-ils à l'origine de leur présence dans l'eau embouteillée ?

Objectif :

Évaluer la présence et la concentration des phtalates dans les emballages plastiques en PET des eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie, évaluer la présence et la concentration des phtalates dans les des eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie, et évaluer l'impact de la teneur en phtalates dans l'emballage plastique sur la concentration de ces composés détectée dans les eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie.

I. L'EMBALLAGE ALIMENTAIRE ET LE PLASTIQUE

I.1. Définition de l'emballage alimentaire :

Le terme emballage tire son origine du préfixe « en » et du mot « balle », dérivé de l'ancien allemand balla, signifiant « serrer » ou « pelotonner ». Par extension, il désigne un assemblage de matériaux conçu pour protéger un produit durant son transport tout en garantissant sa présentation stable et définitive.(5)

Dans le domaine alimentaire, l'emballage est défini comme un matériau mono ou multicouche destiné à contenir les denrées tout en assurant leur salubrité jusqu'à leur consommation(6), Il inclut également des procédés et des matériaux utilisés pour protéger, conserver, identifier et promouvoir les produits tout au long de leur distribution et stockage.(7)

Selon la directive européenne 94/62/CE, l'emballage se définit comme tout produit, constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et protéger des marchandises. Cela inclut les matières premières et les produits finis, ainsi que les articles à usage unique utilisés aux mêmes fins. L'emballage permet aussi la manutention, l'acheminement et la présentation des produits du producteur au consommateur.(8)

I.2. Différents types d'emballage :

Il est essentiel de revoir une catégorisation des différents types d'emballages dans le secteur alimentaire afin d'établir une base lexicale de qualité technique.

I.2.1. Emballage primaire ou emballage de vente :

L'emballage primaire est destiné à servir d'objet pour l'utilisateur final ou le client, en contact direct avec le produit au moment de la vente. Cet emballage doit être adapté au produit et le protéger des impuretés pouvant altérer sa qualité. Il est fréquemment utilisé pour protéger l'unité de produit ou faciliter son utilisation. De plus, plusieurs unités d'emballage primaire peuvent être logées dans une unité d'emballage secondaire, qui correspond à l'unité de vente. Cet emballage fournit également des informations aux consommateurs et joue un rôle clé dans

la promotion du produit.

I.2.2. Emballage de groupage ou emballage secondaire (emballage d'expédition) :

L'emballage secondaire est destiné à former un groupe d'articles au point de vente, qu'il soit destiné à l'utilisateur final ou au client. Cet emballage peut être détaché des marchandises qu'il protège sans changer leurs caractéristiques. Il facilite la manutention et protège les articles pendant le transport. Exemple : pack en carton de boîtes de boisson, lot sous film plastique de deux flacons.

I.2.3. Emballage de transport ou emballage tertiaire :

L'emballage tertiaire est conçu pour faciliter la manutention et le transport de plusieurs articles ou emballages groupés, afin d'éviter leur manipulation physique et d'empêcher les dommages liés au transport. Cependant, il ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, fluvial, maritime ou aérien. Ce type d'emballage est souvent réalisé avec des palettes réutilisables en bois ou en plastique.

- **Exemple :** plateau en carton pour fruits et légumes, casier en plastique pour bouteilles, casier métallique pour produits chimiques.

L'ensemble des matériaux d'emballage d'un emballage de transport, permettant de regrouper des unités de distribution pour constituer une charge de manutention et de transport, est appelé suremballage.(9)

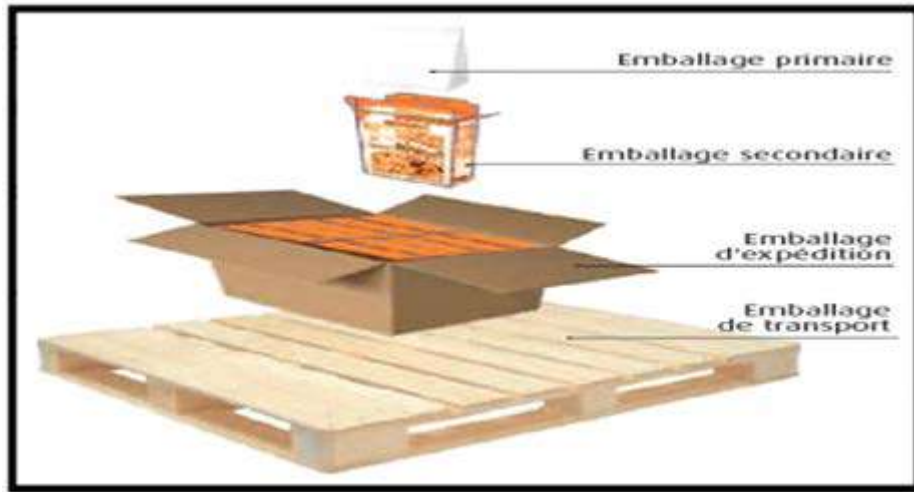


Figure 1: classification d'emballage alimentaire

I.3. Les fonctions et les rôles stratégiques de l'emballage :

I.3.1. Les fonctions fondamentales de l'emballage :

L'emballage remplit des fonctions indispensables dans la chaîne de production et de consommation, répondant à des besoins variés :

- **Fonction de contenant** : Il sert avant tout de récipient pour le produit, assurant la conformité aux exigences réglementaires comme l'indication précise de la masse ou du volume.
- **Fonction de présentation** : Par son design et son attrait visuel, l'emballage capte l'attention du consommateur et stimule l'acte d'achat, ce qui en fait un outil essentiel en marketing.
- **Fonction d'information** : Grâce à l'étiquetage, il transmet des données essentielles telles que la composition, les consignes d'utilisation, et les mentions légales.
- **Fonction de service** : L'emballage facilite l'utilisation du produit, avec des innovations comme les flacons pulvérisateurs ou les emballages autochauffants, et il peut même offrir une réutilisation créative (ex. : verre à moutarde réutilisable).
- **Fonction de sécurité alimentaire** : Il protège les denrées contre les contaminations biologiques, chimiques ou physiques, et prévient les fraudes et malveillances.
- **Fonction de protection physique** : L'emballage préserve les produits contre les chocs,

les variations de température, l'humidité, et la lumière.

- **Fonction de conservation** : En tant qu'auxiliaire technologique, il protège la qualité organoleptique et nutritionnelle des aliments tout en les mettant à l'abri des agents d'altération.

I.3.2. Les rôles stratégiques de l'emballage :

L'emballage joue également des rôles techniques et marketing stratégiques, indispensables dans un environnement compétitif.

I.3.2.1. Rôle technique :

- ✓ Contenir et protéger le produit contre les altérations et les contaminations.
- ✓ Faciliter le transport, le stockage, et la distribution.
- ✓ Contribuer à la durabilité des produits en prolongeant leur durée de vie.

I.3.2.2. Rôle marketing :

- ✓ Premier contact visuel avec le consommateur, l'emballage véhicule l'image de marque.
- ✓ Il informe sur le produit tout en attirant et fidélisant les clients.
- ✓ Grâce à son design et ses codes visuels, il permet de différencier le produit sur les linéaires.(5)

Tableau I: Fonctions et rôles fondamentaux de l’emballage alimentaire

Fonction/Rôle	Description
Contenir	Maintient le produit en sécurité.
Protéger	Préserve contre les contaminations et les chocs.
Informé	Communique des données utiles au consommateur.
Séduire	Attire visuellement et influence l’achat.
Faciliter	Simplifie l’utilisation et l’accès au produit.
Transporter	Assure la logistique sans dommage.
Promouvoir	Renforce l’image de marque et la différenciation.

I.4. Les matériaux d’emballage alimentaire :

Les matériaux d’emballage alimentaire les plus courants sont : les plastiques, le verre, le papier, le carton, le métal et le bois. Au sein du secteur de l’emballage alimentaire, les matériaux plastiques ont gagné une part de marché de plus en plus importante ces dernières années, en raison de leur coût avantageux, de leur légèreté et de leur polyvalence. Actuellement, le secteur de l’emballage représente environ 37% de l’utilisation totale des matières plastiques.

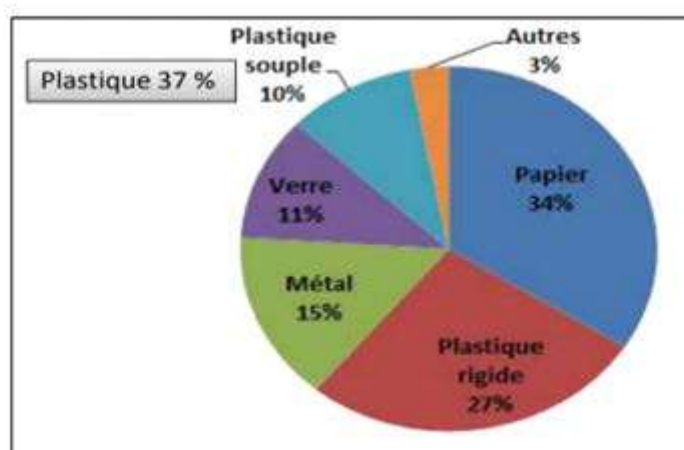


Figure 2: Répartition mondiale du marché de l’emballage selon le type de matériau (données de 2009)

Tableau II: les avantages et les inconvénients d’emballage alimentaire

Matériaux	Avantages	Inconvénients
Verre	Résistant, facile à laver et à stériliser, réutilisable, laisse passer les microondes et permet le réchauffage, chimiquement inerte, transparent, recyclable.	Fragile, faible conductibilité thermique, coûteux, et plus lourd à transporter.
Papier/Carton	Plus flexible et léger, bon marché, recyclable jusqu’à sept fois grâce à la présence de fibres de cellulose.	Sensible à l’humidité, change de propriétés physiques en fonction de l’environnement, opaque.
Métal	Très bonne résistance mécanique et à la chaleur, recyclable.	Coûteux, lourd à transporter, incompatibilité avec le réchauffage par microondes.
Bois	Matériau naturel, biodégradable, durable, esthétique, recyclable, bonne résistance mécanique.	Sensible à l’humidité et aux parasites, peut nécessiter un traitement chimique, moins flexible pour certaines formes.
Plastiques	Large gamme de formes et propriétés possibles, résistant, flexible, léger, facile à souder, imprimable, faible coût.	La plupart ne sont pas recyclables, inertie limitée : migration possible d’éléments nocifs, polluants, résistance limitée à la chaleur.

I.5. Généralité sur la matière plastique :

I.5.1. Introduction :

À l’heure actuelle, les matières plastiques occupent une place prépondérante dans notre vie quotidienne et touchent pratiquement tous les domaines d’utilisation. Avec une production mondiale atteignant 460 millions de tonnes en 2023(10), elles se substituent à divers matériaux traditionnels tels que le métal, le carton, le bois, le verre, la céramique, et bien d’autres encore. Que ce soit dans la fabrication des châssis de fenêtres pour le bâtiment, un secteur qui représente 20% de la demande plastique(11), des éléments de carrosserie et des composants variés dans les secteurs de l’automobile, de l’aéronautique et de la construction navale, ou encore dans la

production de meubles, d'appareils électroménagers, de matériel électrique, médical ou de moyens de transport, les plastiques sont omniprésents.

L'attrait pour les matériaux plastiques repose sur plusieurs avantages, Leur utilisation permet des solutions de fabrication simples et des réalisations fiables, tout en offrant des possibilités esthétiques grâce à la diversité des procédés de mise en forme tels que l'injection, l'extrusion et le thermoformage. De plus, leur coût de production compétitif leur confère un avantage certain par rapport à d'autres matériaux comme les métaux et le bois. Ces caractéristiques en font un choix privilégié dans de nombreux secteurs, y compris celui des emballages alimentaires qui absorbe à lui seul 40% de la production mondiale(10), où leur légèreté, leur praticité et leur coût abordable sont particulièrement appréciés.(12)

Toutefois, cette omniprésence soulève des défis environnementaux, puisque seulement 9% des déchets plastiques sont recyclés à l'échelle globale.(13)

I.5.2. Définition des matières plastiques :

Le mot « plastique » provient du grec ancien *plastikos*, qui désigne ce qui est malléable, modelable et susceptible de prendre une forme spécifique.(14)

La matière plastique est définie comme une substance polymère d'origine organique ou semi-organique, contenant un grand nombre d'atomes (ou groupes) de carbone, d'oxygène, d'hydrogène ou d'azote.(12)

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 et du pétrole.(15)

❖ Les monomères :

Les monomères sont des molécules organiques composées principalement de carbone et d'hydrogène, avec un faible rapport d'oxygène et d'azote. Par définition, les monomères sont des molécules très réactives, une propriété clé utilisée dans la polymérisation.

❖ **Les polymères :**

Les polymères sont des molécules constituées de monomères liés entre eux par des liaisons covalentes. Les propriétés d'un polymère dépendent principalement de la nature des monomères constitutifs. Par exemple, un même monomère peut conduire à différents polymères mécaniques tels que le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène ou encore le chlorure de polyvinyle (PVC).(16)

Les plastiques sont devenus le matériau moderne par excellence, car ils permettent de répondre aux besoins actuels tout en prenant en compte les préoccupations environnementales.(17)

I.5.3. La formation du plastique :

La formation des plastiques représente un processus technologique complexe et hautement organisé, reposant sur la transformation des hydrocarbures issus du pétrole brut. Ce dernier, mélange hétérogène de composés chimiques appartenant à différentes familles (aromatiques, naphthéniques et paraffiniques), est traité dans des raffineries afin d'en isoler les fractions exploitables. Ces fractions comprennent notamment :

- Le fioul, destiné aux usages énergétiques tels que le chauffage.
- Les carburants légers, tels que le gaz, le kérosène et l'essence, utilisés dans les transports.
- Le naphta, matière première fondamentale dans la production des plastiques et dans de nombreuses applications chimiques.
- Le processus de conversion du pétrole brut en plastique s'organise autour de cinq étapes clés, détaillées ci-après.

I.5.3.1. Raffinage du pétrole (Distillation fractionnée) :

La première étape du processus consiste en la distillation fractionnée du pétrole brut. Cette méthode exploite les différences de points d'ébullition entre les divers constituants du pétrole. Sous l'effet d'une chaleur contrôlée, les composants les plus volatils se vaporisent et montent dans une colonne de distillation, tandis que les fractions plus lourdes restent en phase

liquide à la base de la tour. Parmi ces fractions, le naphta se distingue comme une ressource essentielle pour l'industrie des plastiques.

I.5.3.2. Condensation et traitement du naphta :

Le naphta, obtenu au cours de la distillation, est un liquide condensé à des températures comprises entre 40 et 180 °C. Cette fraction constitue une matière première stratégique pour la production des polymères. Cependant, avant d'être utilisée, elle doit subir une transformation chimique majeure appelée "craquage thermique", destinée à fragmenter les longues chaînes d'hydrocarbures en unités moléculaires plus petites et réactives.

I.5.3.3. Craquage thermique (La décomposition des hydrocarbures) :

Le craquage thermique, étape centrale du processus, consiste à décomposer les molécules complexes d'hydrocarbures présentes dans le naphta en molécules plus simples, appelées monomères. Cette réaction est conduite sous des conditions extrêmes :

- Une température élevée, avoisinant 800 °C, pour favoriser la rupture des liaisons chimiques.
- Un refroidissement rapide, à environ 400 °C, pour stabiliser les produits de réaction.

Les monomères ainsi obtenus constituent les blocs fondamentaux pour la fabrication des polymères, offrant une diversité structurale et fonctionnelle adaptée à de multiples applications industrielles.

I.5.3.4. Polymérisation (La synthèse des polymères) :

Les monomères issus du craquage subissent un processus de polymérisation, qui consiste à les assembler en longues chaînes répétitives appelées polymères. Deux mécanismes principaux sont utilisés :

- La polymérisation par addition, où des monomères identiques s'associent pour former des chaînes homogènes.
- La polymérisation par condensation, où des monomères différents s'unissent, souvent avec la libération de sous-produits comme l'eau.

Ces réactions chimiques permettent de créer des polymères aux propriétés spécifiques, optimisés pour répondre aux exigences variées des secteurs industriels, qu'il s'agisse de résistance mécanique, de flexibilité ou de stabilité thermique.

I.5.3.5. Mise en forme : Vers des produits finis :

À la sortie de la chaîne de production, les polymères bruts se présentent sous forme de granulés, poudres ou liquides. Ces polymères sont ensuite enrichis par l'ajout d'adjuvants et d'additifs, permettant d'améliorer leurs propriétés fonctionnelles (durabilité, résistance aux UV, propriétés ignifuges). Une fois modifiés, ils sont transformés en produits finis grâce à des techniques variées, telles que :

- Le moulage, pour concevoir des pièces aux formes complexes.
- L'extrusion, utilisée pour produire des tubes, des films ou des fibres.
- L'injection, adaptée à la fabrication de pièces précises.
- Le thermoformage, souvent utilisé pour créer des emballages alimentaires.(18)

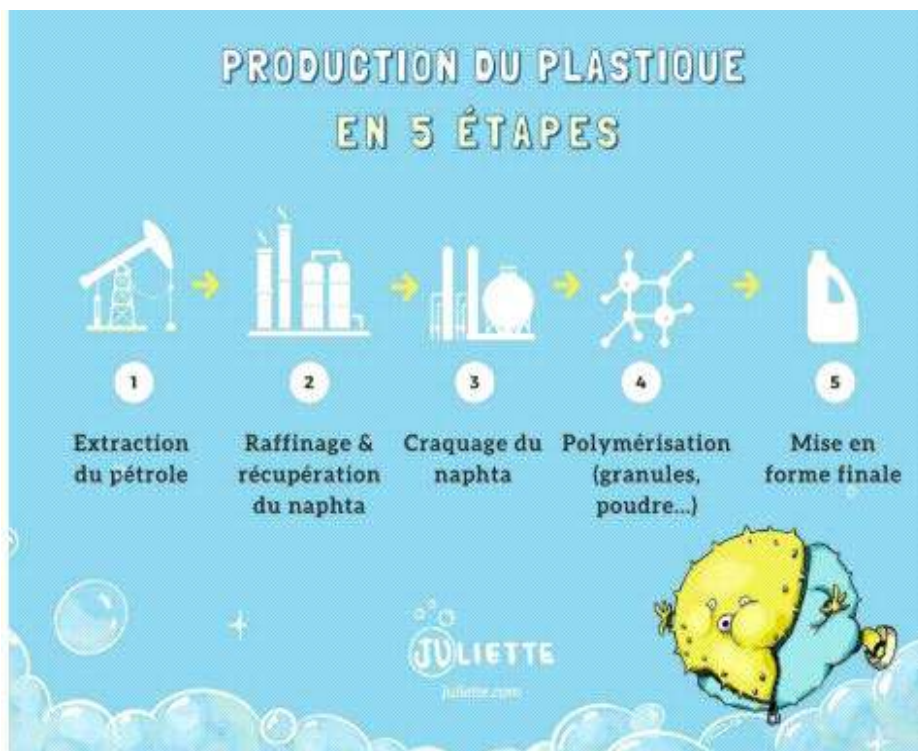


Figure 3: les étapes de la formation du plastique.

I.5.4. Les différents types des plastiques :

L'industrie des matériaux plastiques connaît une croissance rapide et une évolution continue, marquée par l'apparition de nombreux composés macromoléculaires. Cette dynamique rend difficile une classification précise et exhaustive de ces matériaux, car aucune méthode ne parvient à regrouper de manière complète et structurée l'ensemble des produits désignés comme matières plastiques.(3)

Les fabricants proposent néanmoins une vaste gamme de produits, et les matières plastiques synthétiques peuvent être classées en quatre grandes familles principales (19) :

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

I.5.4.1. Les thermoplastiques :

Les composés thermoplastiques sont un ensemble de macromolécules qui peuvent passer de l'état solide à l'état fondu sous l'effet de la chaleur, et se solidifient à nouveau lorsqu'ils refroidissent. Ce phénomène réversible leur confère une grande flexibilité, leur permettant non seulement de conserver leurs propriétés mais aussi de faciliter leur recyclage. Les chaînes polymériques qui les constituent sont linéaires et reliées par des liaisons faibles, qui se rompent sous l'action de la chaleur ou de contraintes mécaniques. Cela permet aux chaînes de se déplacer les unes par rapport aux autres, modifiant ainsi la forme du matériau. Lorsque la température diminue, les liaisons se reforment et le thermoplastique conserve la forme obtenue.(20)

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

I.5.4.1.1. Le polyéthylène téréphtalate (PET) :

Le PET, un thermoplastique largement utilisé, se distingue par sa rigidité, sa solidité et sa

grande stabilité dimensionnelle. Comme tous les thermoplastiques, il ramollit sous l'effet de la chaleur, devenant malléable, puis durcit à nouveau lors du refroidissement, conservant ainsi sa nouvelle forme. Ce processus réversible permet au PET de conserver ses propriétés et le rend facilement recyclable. Avant transformation, il se présente sous forme de granulés ou de poudres chimiquement stables, prêtes à être chauffées, moulées ou injectées sans modification chimique.

En plus de ses propriétés mécaniques, le PET possède une faible absorption d'eau, une excellente capacité à agir comme barrière aux gaz, et une bonne résistance chimique, sauf face aux alcalis, qui peuvent provoquer son hydrolyse. Sa cristallinité varie entre un état amorphe et une structure relativement élevée. Bien qu'il puisse être transparent et incolore, les parties épaisses ont souvent un aspect opaque et blanchâtre.(15)



Figure 4: bouteille du plastique en PET

I.5.4.1.2. Polyéthylène (PE) :

Le polyéthylène est obtenu par polymérisation par addition de l'éthylène gazeux dans un réacteur sous pression à haute température. Il représente le plastique structurellement le plus simple. Le PE est particulièrement adapté au thermoscellage et peut être transformé en films solides offrant une bonne barrière contre l'humidité et la vapeur d'eau. Cependant, ses performances en tant que barrière contre les huiles, les graisses et les gaz restent inférieures par rapport à d'autres types de plastiques.

Selon les conditions de polymérisation, notamment la température, la pression et le catalyseur utilisé, on peut produire diverses résines de différentes densités : basse, moyenne et

haute. Dans le secteur de l'industrie alimentaire, deux catégories principales de polyéthylène sont particulièrement employées :

➤ **Polyéthylène basse densité (LDPE) :**

Le LDPE se distingue par sa capacité à être thermoscellé, son inertie chimique et son absence d'odeur. Il se contracte sous l'effet de la chaleur. Bien qu'il constitue une barrière efficace à l'humidité, il présente une perméabilité relative à l'oxygène et offre une faible résistance aux odeurs. Grâce à son coût réduit, il est largement utilisé pour la fabrication de sacs, le revêtement de papiers ou cartons, ainsi que comme composant dans des stratifiés. De plus, il est souvent employé dans les emballages rétractables ou étirables.

➤ **Polyéthylène haute densité (HDPE) :**

Le HDPE est caractérisé par une plus grande rigidité, une épaisseur supérieure et une flexibilité réduite par rapport au LDPE. Il offre une meilleure barrière aux gaz et à l'humidité. Les emballages en HDPE sont imperméables, résistants à la déchirure et à la perforation, et présentent une excellente étanchéité. Ces caractéristiques en font un matériau de choix pour divers types d'emballages.(21)

I.5.4.1.3. Polypropylène (PP) :

Le polypropylène (PP) est un polymère plastique couramment employé, apprécié pour ses films transparents et brillants. Il constitue une barrière efficace contre l'humidité, les gaz et les odeurs, tout en conservant ses propriétés malgré les fluctuations d'humidité ambiante. Bien qu'il soit moins extensible que le polyéthylène, le PP se distingue par une excellente solidité et une résistance remarquable à la perforation, le rendant adapté à des usages similaires à ceux du polyéthylène basse densité (LDPE).

Le polypropylène orienté (OPP) se singularise par ses performances optiques supérieures, combinées à une résistance accrue à la traction et à la perforation. Ces propriétés en font un matériau privilégié pour l'emballage d'aliments tels que les biscuits, les collations et les produits secs. Par ailleurs, grâce à sa robustesse face aux huiles et aux graisses, il est souvent utilisé dans

la fabrication de contenants alimentaires, notamment les pots de margarine.

I.5.4.1.4. Polystyrène (PS) :

Le polystyrène est un thermoplastique rigide, fragile et transparent. Il est largement utilisé dans de nombreux secteurs industriels grâce à sa polyvalence. Parmi ses propriétés, on note une bonne isolation électrique et une excellente résistance aux rayons gamma, ce qui le rend compatible avec les processus de stérilisation par radiations. Cependant, sa faible résistance chimique et aux UV limite son usage dans certains environnements.

On distingue plusieurs types de polystyrène selon leur composition et leurs applications :

- **Polystyrène cristal** : Bien qu'il ne présente pas de structure cristalline, ce matériau tire son nom de son apparence transparente. Obtenu par polymérisation à haute température en présence d'adjuvants plastifiants, il est rigide et cassant. Il est couramment utilisé pour des articles tels que des boîtes et des boîtiers de CD.
- **Polystyrène choc (HIPS)** : Ce copolymère, associant styrène et polybutadiène, est conçu pour être plus résistant aux impacts que le polystyrène classique. Sa robustesse et sa capacité à supporter des chocs importants en font un matériau idéal pour la fabrication de produits rigides, légers et moulés, comme les bacs à douche.
- **Polystyrène expansé (PSE)** : Sous forme de mousse compacte, le PSE est connu pour ses excellentes propriétés isolantes. Il est obtenu par expansion et moulage des perles de polystyrène pré-expansées à l'aide de vapeur. Ce matériau est largement utilisé pour l'emballage de produits sensibles aux chocs ainsi que pour l'isolation thermique des bâtiments.

I.5.4.1.5. Polychlorure de vinyle (PVC) :

Le polychlorure de vinyle (PVC) est synthétisé par la polymérisation du chlorure de vinyle ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$), un monomère dérivé d'une réaction chimique entre l'éthylène et l'acide chlorhydrique, en présence d'oxygène. La formule chimique du PVC est $-(\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{Cl})_n-$. En fonction des additifs intégrés au polymère, ce dernier peut se présenter sous forme rigide ou souple. Le PVC rigide, avec une texture lisse et une grande dureté, est couramment utilisé

pour la fabrication de tuyaux de canalisation, tandis que le PVC souple, souvent utilisé pour recouvrir des composants tels que les manches d'outils, présente un aspect brillant. Après le polyéthylène (PE), il constitue l'un des plastiques les plus utilisés au niveau mondial, avec une large application dans les secteurs de l'ameublement, de la construction et du génie civil.(20)

I.5.4.1.6. Autres plastiques :

➤ Les Polyamides (PA) :

Découverts en 1938, les polyamides ont été les premiers polymères synthétiques mis au point. Selon la longueur de leurs chaînes moléculaires, ils se déclinent en plusieurs types, identifiés par des numéros, comme le PA 6.6 (nylon 6.6), également connu sous le nom de nylon. Ces matériaux sont prisés pour leur équilibre entre propriétés mécaniques, thermiques et chimiques. Cependant, leur principal inconvénient réside dans leur caractère hydrophile, ce qui limite leur utilisation dans certaines applications mécaniques.

➤ Les Polyacétals ou Polyoxyméthylène (POM) :

Les POM se distinguent par leurs caractéristiques qui les rendent incontournables pour des pièces mécaniques soumises à de fortes contraintes, comme les engrenages ou les poulies. Leur solidité et leur faible coefficient de frottement les rapprochent de métaux tels que l'acier ou l'aluminium. Bien qu'ils soient résistants à la plupart des agents chimiques, ils présentent une densité relativement élevée et une faible tolérance aux températures élevées. Des recherches sont en cours pour améliorer leur résistance aux chocs et permettre ainsi la fabrication de pièces de plus grande taille.






➤ Le Polycarbonate (PC) :

Le polycarbonate est reconnu pour ses excellentes performances mécaniques et sa capacité à résister à des températures allant jusqu'à 120 °C. Toutefois, il montre une faible résistance aux expositions prolongées à l'eau, aux agents chimiques et aux rayons UV. Ces limitations restreignent son usage dans certaines conditions environnementales.(19)

Les matériaux plastiques utilisés dans les emballages sont identifiables grâce à des codes

spécifiques, représentés par un chiffre inscrit dans un triangle formé de flèches. Ce système de numérotation permet d'identifier le type de plastique employé dans la fabrication de l'emballage. Le tableau ci-après présente les principales catégories de plastiques ainsi que leurs applications courantes dans le secteur de l'industrie alimentaire :

Tableau III: 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.</p> <p>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.</p> <p>En film, il est souvent utilisé pour des doublures pour baril et boîtes en industrie alimentaire. Coût bas et bonne barrière 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 %).</p> <p>Utilisé pour des bouteilles et pots de miel, confiture et mayonnaise avec une excellente transparence. En film, il est utilisé aussi pour les manchons thermo rétractables et sceaux de sécurité.</p> <p>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).</p> <p>En film, il est utilisé pour stabiliser les caisses ou palettes (étirable, ou thermo rétractable). 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>



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).



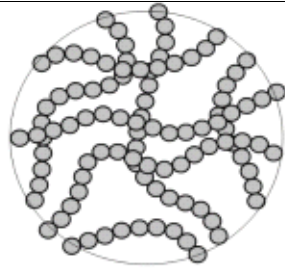
Autres plastiques, comme le Polycarbonate : Utilisé pour les biberons Et certaines tasses pour bébé en polycarbonate translucide et rigide, tout comme les bonbonnes d'eau de 20 litres et certaines de 3,5 litres

I.5.4.2. Les thermodurcissables :

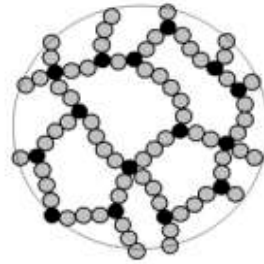
Les matières plastiques thermodurcissables, également appelées duroplastique, tirent leur nom du mot grec « thermos », signifiant chaleur. Ces polymères, une fois façonnés sous l'effet de la chaleur, deviennent rigides et conservent définitivement leur forme après refroidissement. Contrairement aux thermoplastiques, ils ne peuvent pas être remodelés, car leurs liaisons covalentes croisées et leur réseau tridimensionnel résistent au glissement des chaînes moléculaires. Ce durcissement, irréversible, s'intensifie avec l'augmentation de la température, jusqu'à ce que le matériau se dégrade en cas de surchauffe.

Parmi les exemples notables de cette catégorie, on trouve les phénoplastes (Bakélite®), les polyépoxydes (Araldite®), les polyuréthanes (PU) et les silicones.

Ces matériaux sont souvent utilisés dans des applications exigeant une haute résistance chimique et mécanique, notamment sous forme de conduites renforcées par des fibres de verre, adaptées aux environnements sous haute pression.(14, 19)



Thermoplastique



Thermodurcissable

<p>Les chaînes d'un thermoplastique sont linéaires ou faiblement ramifiées. Entre elles existent des liaisons de Van der Waals plus faibles que les liaisons covalentes. Lorsque la température s'élève, ces liaisons se rompent.</p>	<p>Les chaînes d'un thermodurcissable sont reliées entre elles par des liaisons covalentes et constituent un réseau. Ces liaisons ne se rompent pas à la chaleur.</p>
--	--

Figure 5: Comparaison structurale et thermique entre polymères thermoplastiques et thermodurcissables

I.5.4.3. Les élastomères :

Les élastomères possèdent des propriétés élastiques similaires à celles du caoutchouc, À l'état initial, ces polymères sont constitués de longues chaînes moléculaires enroulées sur elles-mêmes. Lorsqu'une contrainte est appliquée, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres et se déformer. Afin d'optimiser leur élasticité, ces matériaux subissent un processus de vulcanisation, Ce procédé consiste en une cuisson et un durcissement qui permet de former un réseau tridimensionnel, plus ou moins rigide, tout en préservant la souplesse des chaînes moléculaires.

Pendant la vulcanisation, on ajoute du soufre, du carbone et divers agents chimiques à l'élastomère, Selon les besoins, différentes formulations sont utilisées pour créer des caoutchoucs de synthèse destinés à des applications spécifiques.

Les élastomères trouvent des applications dans la fabrication de coussins, d'isolants, de semelles de chaussures et de pneus.(20)

I.5.4.4. Les élastomères thermoplastiques :

Il s'agit de matériaux présentant des propriétés élastiques similaires à celles des élastomères traditionnels, mais qui peuvent être traités comme des thermoplastiques. Contrairement aux élastomères classiques, ces matériaux ne subissent pas de réticulation (comme la vulcanisation) à base de soufre ou d'autres agents. Ainsi, ils peuvent être fondus et remodelés à des températures élevées. Les élastomères thermoplastiques sont généralement classés en plusieurs catégories, parmi lesquelles on retrouve :

- Les élastomères à base de polystyrène
- Les élastomères de polyesters
- Les élastomères à base de polypropylène
- Les élastomères polyuréthanes.(19)

I.5.5. Recyclage de la matière plastique :

Bien que de nombreux types de plastiques puissent être recyclés, seule une faible proportion entre réellement dans les processus industriels de recyclage à l'échelle mondiale.

Le plastique le plus couramment recyclé est le polyéthylène téréphtalate (PET), principalement utilisé pour les bouteilles d'eau et de boissons gazeuses. Chaque année, entre 15 % et 27 % des bouteilles en PET produites dans le monde sont recyclées.

Un autre plastique souvent recyclé est le polyéthylène haute densité (PEHD), utilisé pour fabriquer des contenants tels que les bouteilles de shampoing, les pichets de lait et d'autres emballages rigides. Cependant, le taux de recyclage mondial de ce matériau reste limité à environ 10 % par an, Ces chiffres mettent en évidence que, dans le contexte global, la majorité des plastiques produits ne sont pas recyclés, ce qui constitue un problème environnemental majeur en raison de la production incessante de ces matériaux.(22)

Le recyclage des matières premières englobe diverses techniques de récupération utilisées pour produire des plastiques. Ces techniques permettent de décomposer les polymères en monomères de base, qui peuvent ensuite être réemployés dans les raffineries ou intégrés à la

fabrication de produits chimiques et pétrochimiques.

Actuellement, plusieurs technologies de recyclage des matières premières sont en cours de développement. Parmi celles-ci, on trouve des procédés tels que la pyrolyse, l'hydrogénation, la gazéification et le thermo-craquage. Comparé au recyclage mécanique, le recyclage des matières premières offre une plus grande flexibilité quant à la composition des plastiques et tolère mieux les impuretés. Toutefois, il exige des volumes importants de plastique usagé pour être économiquement viable.(23)

I.5.6. Les avantages et les inconvénients du la matière plastique :

I.5.6.1. Avantages du plastique :

Le plastique présente plusieurs avantages qui ont contribué à sa généralisation :

- **Polyvalence et large éventail d'applications** : Le plastique est un matériau très polyvalent qui peut être moulé dans différentes formes. Il trouve des applications dans des secteurs tels que l'emballage, la construction, l'automobile, l'électronique et les soins de santé, entre autres.
- **Durabilité** : Les produits en plastique sont souvent durables et peuvent résister à l'usure, ce qui leur confère une grande longévité. Cette qualité est particulièrement précieuse dans les applications où la durabilité est cruciale, comme dans les matériaux de construction et les biens de consommation.
- **Légèreté** : Le plastique est nettement plus léger que de nombreux autres matériaux, ce qui en fait un choix privilégié dans les secteurs qui exigent une réduction du poids, tels que l'aérospatiale et les transports. Sa légèreté contribue également à la conservation de l'énergie pendant le transport.
- **Rentabilité** : La production de plastique est relativement peu coûteuse par rapport à d'autres matériaux. Le faible coût de production a fait du plastique une option rentable pour de nombreuses industries, ce qui a conduit à son adoption généralisée.
- **Résistance à l'eau** : De nombreux types de plastique sont naturellement résistants à l'eau, ce qui les rend adaptés à diverses applications, notamment les matériaux d'emballage, les bouteilles d'eau et les accessoires de plomberie.

- **Santé et sécurité** : Certaines matières plastiques, comme PET et PVC sont utilisées dans la production de dispositifs médicaux, garantissant la sécurité des patients pendant les procédures médicales. En outre, les différents types d'emballages plastiques permettent de préserver la fraîcheur et l'hygiène des produits alimentaires.

I.5.6.2. Inconvénients du plastique :

Si le plastique offre de nombreux avantages, il présente également plusieurs inconvénients importants :

- **Impact sur l'environnement** : L'un des principaux inconvénients du plastique est son impact sur l'environnement. Les déchets plastiques contribuent largement à la pollution, en particulier dans les océans et les décharges.

Les plastiques peuvent mettre des centaines d'années à se décomposer, persister dans l'environnement et nuire à la faune et aux écosystèmes.

- **Non renouvelable et dépendant des combustibles fossiles** : La plupart des plastiques sont dérivés de combustibles fossiles non renouvelables, tels que le pétrole et le gaz naturel. L'extraction et la production de ces ressources contribuent aux émissions de gaz à effet de serre et à l'épuisement des ressources limitées.
- **Difficulté de recyclage** : Bien qu'il existe des méthodes de recyclage du plastique, certains types de plastique sont difficiles à recycler efficacement. Les plastiques thermodurcissables, par exemple, ne peuvent pas être remodelés après la prise, ce qui limite leur potentiel de recyclage et entraîne une accumulation de déchets non recyclables.
- **Microplastiques et problèmes de santé** : Avec le temps, les produits en plastique peuvent se décomposer en minuscules particules appelées microplastiques. Ces particules ont été trouvées dans divers environnements, y compris l'océan, le sol et même le corps humain. Les effets à long terme de l'ingestion de microplastiques sur la santé humaine sont encore à l'étude, mais des inquiétudes ont été exprimées quant à leur impact potentiel.
- **Les défis de l'élimination** : L'élimination inadéquate des déchets plastiques, y compris

les plastiques à usage unique et les articles jetables, peut entraîner la formation de détritits et contribuer à la pollution de l'environnement. Les déchets plastiques qui finissent dans les décharges peuvent libérer des produits chimiques toxiques dans le sol et les eaux souterraines, ce qui présente des risques pour la santé humaine et l'environnement.(23, 24)

I.5.7. Composés auxiliaires :

Pour de nombreuses applications, notamment dans le domaine des thermoplastiques, la matière première seule ne suffit pas pour répondre aux exigences de transformation ou pour conférer aux produits finis des propriétés spécifiques. Ainsi, l'ajout de certains composés devient indispensable, que ce soit pour améliorer les caractéristiques des matériaux, faciliter leur transformation, ou encore réduire les coûts de production.

Dans le cas des thermodurcissables, l'intégration de certains produits s'avère nécessaire pour déclencher ou accélérer les réactions de polymérisation ou pour induire la formation de réseaux tridimensionnels.

En fonction des besoins, plusieurs types de substances peuvent être intégrés :

I.5.7.1. Les plastifiants :

Les plastifiants sont utilisés pour rendre les matériaux polymères plus souples et élastiques, sans altérer leur structure chimique. Selon leur type, ils peuvent représenter jusqu'à 100 % du poids de la résine, permettant ainsi d'améliorer la flexibilité, la résistance aux chocs et la stabilité à basse température. Leur action repose sur la diminution des forces de cohésion entre les chaînes polymériques, ce qui réduit la rigidité du matériau. On distingue deux grandes catégories :

I.5.7.1.1. Plastifiants primaires :

- **Les phtalates :** Les phtalates, très répandus, sont utilisés comme plastifiants pour conférer au PVC et à d'autres polymères (polyuréthane, acétates de cellulose et de polyvinyle) une grande souplesse et une meilleure maniabilité. Leur efficacité dépend

de la longueur de leurs chaînes d'esters.

- **Les adipates et les sébaçates** : Ces composés sont privilégiés pour des applications nécessitant une bonne résistance au froid, en particulier avec des résines vinyliques cellulosiques.
- **Les plastifiants polyesters** : Ces polymères, tels que le polysuccinate ou le polyadipate, sont appréciés pour leur faible toxicité et leur résistance à la migration.
- **Les phosphates** : En plus de leur rôle de plastifiants, les phosphates apportent des propriétés ignifugeantes intéressantes.
- **Les glycols et leurs dérivés** : Utilisés dans divers polymères, notamment les résines cellulosiques, ils peuvent aussi être associés à des composés spécifiques comme les polyvinyliques.

I.5.7.1.2. Plastifiants secondaires :

- **Esters d'acides gras** : Ils sont peu toxiques, bien que certains présentent un risque d'irritation cutanée.
- **Dérivés organiques chlorés** : Utilisés en quantités limitées comme extendeurs pour réduire le coût des plastifiants. Les diphényles chlorés ont toutefois été abandonnés en raison de leur toxicité élevée.
- **Dérivés de l'acide toluènesulfonique** : Ces composés sont majoritairement employés avec des résines spécifiques, bien qu'ils soient irritants pour la peau et les yeux.

I.5.7.2. Les charges :

Les charges sont ajoutées pour améliorer les propriétés mécaniques, chimiques, électriques et thermiques des plastiques, tout en réduisant leur coût.

- ❖ **Charges granulaires** : Parmi les plus courantes figurent le carbonate de calcium, la silice, le talc, et les oxydes métalliques.
- ❖ **Charges fibreuses** : Les fibres de verre, d'amiante et de cellulose (coton, jute) sont largement utilisées pour renforcer les matériaux plastiques.

I.5.7.3. Les colorants et les pigments :

Ces additifs permettent de colorer les plastiques :

- ❖ **Colorants solubles** : Ils se dissolvent dans les résines, préservant leur transparence.
- ❖ **Pigments insolubles** : Ils colorent et opacifient les matériaux grâce à des composés organiques ou minéraux.

I.5.7.4. Les solvants :

Les solvants facilitent la mise en solution des polymères pour des applications comme les peintures, colles et fibres artificielles. Exemples : acétone, éthanol, benzène.

I.5.7.5. Les catalyseurs et durcisseurs :

Ces agents déclenchent ou accélèrent les réactions chimiques, notamment dans les procédés de réticulation. Les peroxydes organiques et certains oxydes en sont de bons exemples.

I.5.7.6. Stabilisants et antioxydants :

- ❖ **Stabilisants** : Ils protègent les polymères des effets de la chaleur et de la lumière ultraviolette.
- ❖ **Antioxydants** : Ils empêchent la dégradation des chaînes polymériques sous l'effet de l'oxygène ou des polluants.

I.5.7.7. Ignifugeants ou Retardateurs de combustion

Ces substances réduisent l'inflammabilité des résines et limitent la propagation des flammes, offrant une meilleure sécurité contre les risques d'incendie.

I.5.7.8. Autres adjuvants :

- ❖ **Lubrifiants** : Ils facilitent le démoulage et réduisent les frottements entre les grains de résine.
- ❖ **Antistatiques** : Ces produits évitent l'accumulation de charges électriques dans les plastiques.

❖ **Fongicides** : Ils protègent les matériaux contre les attaques de micro-organismes.(3,14)

II. INTERACTIONS EXISTANT ENTRE L'EMBALLAGE ET L'ALIMENT

II.1. Les interactions contenant/contenu dans l'emballage :

Les matériaux utilisés pour les emballages alimentaires ne sont pas totalement inertes. Des échanges de substances peuvent se produire entre l'emballage et l'aliment qu'il contient. Ces transferts peuvent avoir un impact sur la qualité du produit alimentaire, modifier les caractéristiques mécaniques de l'emballage et potentiellement entraîner des risques toxicologiques.(25)

II.1.1. La perméation :

La perméation désigne le passage de gaz à travers les matériaux d'emballage, impliquant notamment l'entrée d'oxygène dans l'aliment, la diffusion du dioxyde de carbone vers l'extérieur et l'infiltration de composés volatils provenant de l'environnement. Ce phénomène doit être limité afin de prévenir la croissance bactérienne dans les aliments, la diminution de la carbonatation dans les boissons gazeuses, ainsi que la perte d'arômes et de saveurs dans le produit final. Les caractéristiques organoleptiques des aliments dépendent d'un équilibre entre la migration des composés volatils vers l'extérieur, entraînant une altération des arômes, et l'absorption de substances extérieures pouvant contaminer le produit.(25-28)

II.1.2. La sorption :

La sorption correspond à l'absorption des composants alimentaires par la paroi de l'emballage plastique, suivie de leur diffusion à l'intérieur du polymère. Ce phénomène peut entraîner une diminution des arômes du produit et provoquer des altérations structurelles du matériau(26). En effet, des modifications chimiques au sein des chaînes macromoléculaires peuvent contribuer au vieillissement irréversible du polymère, affectant ainsi son état physique(27, 29). La sorption se manifeste plus fréquemment avec des substances lipophiles en

raison de leur forte affinité pour les polymères faiblement ou non polaires, tels que le PE, le PET, le PS et le PP(28). Par ailleurs, lorsqu'un matériau plastique est recyclé ou réutilisé pour l'emballage des denrées alimentaires, les substances étrangères préalablement absorbées peuvent potentiellement migrer vers l'aliment.(30)

II.1.3. La migration :

La migration correspond au passage de certains composants du matériau d'emballage, tels que les additifs, les monomères ou les composés néoformés, vers le produit alimentaire. Ce phénomène constitue une préoccupation majeure en matière de sécurité alimentaire. La figure suivante illustre les différents mécanismes impliqués dans le transfert de matière à travers un film. Ce transfert de substances, incluant les monomères résiduels, les additifs ou encore les composés néoformés, peut avoir des implications notables sur la qualité du produit conditionné. Cette étude se focalise spécifiquement sur ce phénomène dans le cas des bouteilles en PET utilisées pour le conditionnement de l'eau. La section suivante abordera en détail les principes fondamentaux de la migration entre le polymère et l'aliment, avant d'en examiner l'application spécifique aux emballages en PET.(26)

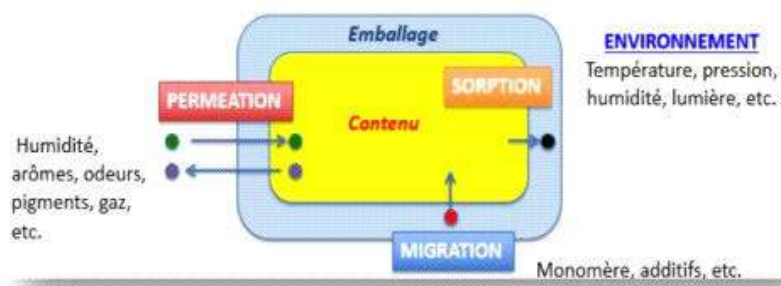


Figure 6: Transfert aliments/matières

II.2. Principes de la migration entre polymère et aliment :

Le transfert de substances depuis un matériau d'emballage vers un aliment est un phénomène complexe qui peut se produire à différentes étapes, notamment lors de la fabrication, du transport, du stockage, de la cuisson ou encore au moment de la consommation(31). Dans le cas des polymères utilisés pour l'emballage alimentaire, ce processus repose sur trois étapes

interdépendantes(32):

II.2.1. Diffusion du migrant à travers le polymère :

La diffusion des additifs ou contaminants correspond au déplacement des substances à travers la matrice polymérique. Ce phénomène est régulé par le coefficient de diffusion (D), qui détermine la vitesse de migration d'un composé à travers chaque phase du système. Ce transfert est directement proportionnel au gradient de concentration, influençant ainsi la dynamique de migration de la substance.

II.2.2. Solvatation dans l'interface polymère / aliment :

La solvatation à l'interface entre le polymère et l'aliment est principalement contrôlée par le coefficient de partage (K). Lorsque le migrant présente une solubilité plus élevée dans l'aliment que dans le polymère, il a tendance à migrer vers l'aliment, ce qui entraîne une augmentation de son taux de transfert. En revanche, si la répartition du migrant dans l'aliment est limitée, cela peut provoquer une discontinuité dans son profil de concentration, ralentissant ainsi sa vitesse de migration.(33)

II.2.3. La dispersion de la molécule diffusante :

La dispersion constitue la dernière phase du processus de migration. Une fois le passage à travers l'interface polymère-aliment accompli, les molécules migrantes se répartissent progressivement dans le produit. Ce phénomène est principalement influencé par la solubilité du composé dans l'aliment et son coefficient de diffusion. De plus, certains facteurs externes, comme l'agitation ou le brassage du produit, peuvent favoriser le transfert des substances depuis la surface de l'emballage vers la masse alimentaire.(32)

II.3. Facteurs influençant la migration :

La migration des substances depuis les matériaux d'emballage vers les denrées alimentaires est influencée par divers facteurs, que l'on peut regrouper en deux catégories : les facteurs internes et les facteurs externes.

Les facteurs internes sont liés aux caractéristiques intrinsèques des substances migrantes ainsi qu'à la nature des matériaux d'emballage. Ils englobent notamment la composition chimique des éléments présents dans les polymères, tels que les monomères, les additifs et les composés néoformés. De plus, la structure et la morphologie du polymère jouent un rôle déterminant dans le phénomène de migration.

Les facteurs externes, quant à eux, concernent les interactions entre l'emballage et son contenu, notamment la composition et les propriétés physico-chimiques des aliments. Les conditions d'utilisation du matériau, telles que la température, l'humidité et la durée d'exposition, influencent également la migration des substances vers le produit emballé.(34)

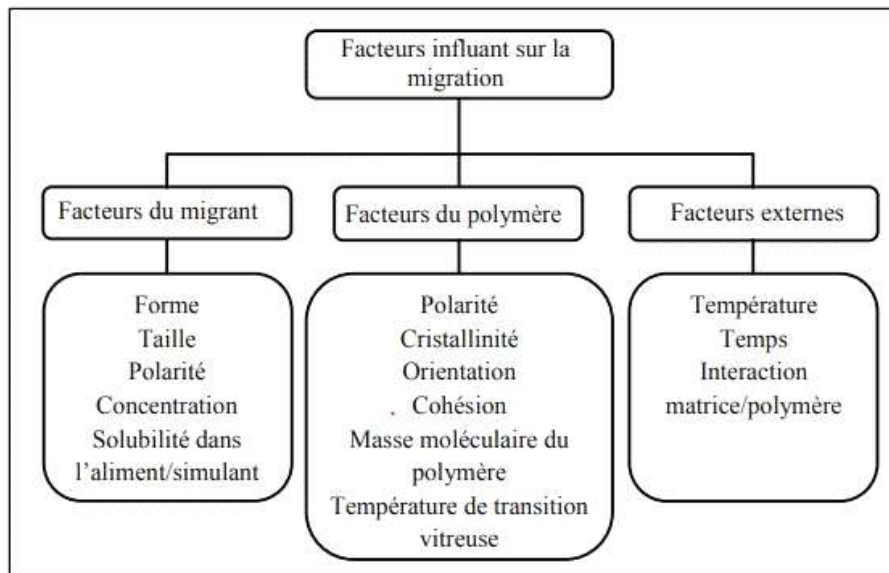


Figure 7: Les facteurs influant sur la migration

II.3.1. La nature des constituants du polymère :

Les substances présentes dans les plastiques, telles que les monomères, les catalyseurs et les additifs, ont le potentiel de migrer. Les additifs, comme les stabilisants et les adjuvants technologiques, étant faiblement liés à la chaîne polymérique, présentent un risque plus élevé de migration. De plus, des substances involontairement introduites, telles que des impuretés des monomères ou des produits de dégradation des additifs, peuvent également migrer et demeurent souvent difficiles à identifier.(35, 36)

La nature des migrants potentiels est un facteur essentiel pour anticiper la diffusion de ces molécules. Le poids moléculaire et la structure chimique des migrants jouent un rôle clé dans l'influence du coefficient de diffusion. En général, une augmentation de la masse moléculaire entraîne une diminution du coefficient de diffusion.(28)

Un tableau récapitulatif présentant trois catégories de migrants, classées en fonction de leur poids moléculaire, a été présenté dans l'étude.

Tableau IV: Catégories des migrants potentiels emballage/aliment classifiées selon leur poids moléculaire.

Poids moléculaire (PM) du migrant (g/mole)	Type de migrant	Caractéristiques
PM < 250 – 300	Monomères les plus communs. Quelques additifs (p.ex. BHT).	Migration spontanée due à la volatilité des composés.
200 < PM < 1200	Peu de monomères. Additifs communs. Produit de dégradation.	Migration dépendante du type d'aliment conditionné (aqueux/gras).
PM > 1200	Autres additifs. Oligomères. Produits de dégradation des additifs de grande masse.	Migration très basse.

D'un point de vue toxicologique, les molécules dont le poids moléculaire dépasse 1000 g/mol ne sont pas absorbées par le tractus gastro-intestinal et, par conséquent, ne présentent pas de risque pour la santé humaine.(35)

Concernant la structure des molécules diffusantes, il a été observé que les molécules linéaires se diffusent environ 1000 fois plus rapidement que les molécules sphériques de même masse moléculaire(37), L'ajout de groupes tert-butylés dans les antioxydants phénoliques réduit leur vitesse de diffusion.(38)

II.3.2. La nature et l'état du polymère :

Le coefficient de diffusion est étroitement lié à la nature et à l'état physique des polymères. En effet, dans les polymères à l'état caoutchouteux, tels que les polyoléfines et le PVC plastifié, la diffusion des molécules est généralement plus rapide comparée aux polymères à l'état vitreux ou semi-cristallin, comme le PET, le PVC et le PA. À l'inverse, dans les polymères vitreux, le coefficient de diffusion est moins influencé par la structure chimique des molécules diffusantes.(37, 39)

II.3.3. La cristallinité du polymère dans l'emballage :

Les polymères semi-cristallins sont caractérisés par une structure qui comprend deux phases distinctes : une phase amorphe et une phase cristalline. La phase cristalline se compose de chaînes polymériques organisées de manière régulière et reliées entre elles, tandis que la phase amorphe se distingue par un agencement plus désordonné des chaînes, qui servent de liaison entre les cristallites constituant la phase cristalline.

Les mécanismes de diffusion dans ces matériaux ont été modélisés selon deux approches principales : le modèle de volume libre et le modèle moléculaire. Dans ces deux modèles, la diffusion repose sur l'existence d'un processus de reptation des chaînes polymériques à travers les microcavités ou les vides présents dans la phase amorphe des polymères semi-cristallins, entraînant ainsi le déplacement des molécules confinées dans ces espaces. La présence de cristallinité joue un rôle crucial dans la réduction de la mobilité des chaînes polymériques en réduisant la distance séparant les chaînes amorphes des cristallites. En effet, cette cristallinité limite l'accès aux zones amorphes, augmentant ainsi la longueur du trajet de diffusion, ce qui rend la phase cristalline un obstacle à la diffusion des molécules.(40-42)

Par ailleurs, l'introduction de ramifications dans les chaînes polymériques engendre davantage de défauts au sein des cristallites, ce qui conduit à une cristallinité plus faible et, par conséquent, à une augmentation de la diffusivité.(37)

II.3.4. Le milieu au contact :

L'interaction entre les matériaux polymères et la solubilité des substances migrantes dans les aliments a été étudiée. La nature hydrophile ou lipophile du composé migrant influence directement son aptitude à se diffuser dans l'aliment concerné. Généralement, les monomères, stabilisants et adjuvants technologiques possèdent une affinité pour les milieux lipophiles, ce qui favorise leur migration vers les aliments gras. Toutefois, une diffusion, bien que plus limitée, peut également se produire dans les milieux aqueux.(28)

Le transfert de molécules ne se limite pas uniquement à la migration du polymère vers l'aliment, mais peut aussi s'opérer en sens inverse. L'affinité entre le matériau d'emballage et le milieu de contact conditionne la pénétration de certaines substances alimentaires dans la structure polymérique. Par exemple, les matières grasses interagissent avec les polyoléfines, tandis que l'eau est absorbée par le PET.(39)

L'absorption de molécules par le polymère entraîne une diminution de sa température de transition vitreuse (T_g), ce qui accélère la diffusion des substances(27), Le gonflement du polymère constitue une autre conséquence de l'absorption de solvants. Cette altération de la structure interne favorise la sorption d'autres composants de l'aliment.(25)

II.3.5. Température de contact :

L'élévation de la température accentue le phénomène de migration des substances chimiques depuis l'emballage vers son contenu. Ce processus s'intensifie en raison d'un équilibre plus rapide entre l'espace libre de l'emballage et le produit contenu, entraînant une augmentation du transfert des composés.(43)

II.4. Limites de migration :

Les réglementations européennes définissent quatre types de limites de migration pour les matériaux en contact avec les aliments. Ces limites ont pour objectif de protéger la santé publique en limitant la quantité de substances migrantes susceptibles de passer du matériau d'emballage vers l'aliment.

II.4.1. Migration globale :

La migration globale mesure la quantité totale de constituants migrants d'un matériau vers l'aliment, et est exprimée en termes de migration totale (migrat). Actuellement, la limite réglementaire est de 60 mg/kg ou 10 mg/dm², selon les normes en vigueur(44, 45). Cette limite permet d'assurer que la quantité totale de substances migrantes ne dépasse pas les seuils fixés pour protéger la sécurité des consommateurs.

II.4.2. Migration spécifique :

La migration spécifique fait référence aux migrants individuels, évalués en fonction de critères toxicologiques précis. Elle est calculée à partir de la Dose Journalière Tolérable (DJT), exprimée en mg/kg de masse corporelle. Pour un individu de 60 kg, consommant 1 kg d'aliment emballé en contact avec un matériau de 6 dm² de surface, la limite est définie en fonction de cette DJT(27), Ces valeurs visent à minimiser le risque d'absorption quotidienne excessive de substances migrantes potentiellement dangereuses.

II.4.3. Concentration maximale dans le matériau (QM) :

Cette limite est fixée à partir du seuil de non-préoccupation, qui correspond à la concentration à partir de laquelle la migration d'une substance dans l'aliment n'entraîne aucun risque significatif. Pour des substances inconnues, ce seuil est estimé à environ 1 ppb. En revanche, pour les substances identifiées, la limite est calculée à partir de leur limite de migration spécifique (LMS). Les propriétés de diffusion et les rapports de volume matériau/aliment sont utilisés pour déterminer cette concentration maximale admissible dans le matériau(45).

II.4.4. Concentration maximale par unité de surface (QMA) :

La concentration maximale par unité de surface est appliquée aux substances dont la migration est faible (< 50 ppb dans l'aliment), ou lorsque la migration est inférieure au seuil de toxicité. Cette limite est exprimée en milligrammes pour une surface de 6 dm² de matériau(45). Elle permet de garantir que même dans le cas de migrations très faibles, les concentrations

restent dans des valeurs sûres pour la consommation humaine.

II.5. Évaluation de la migration et cadre réglementaire :

II.5.1. Tests de migration :

La réglementation européenne encadre strictement l'évaluation de la migration des substances issues des matériaux en contact avec les denrées alimentaires. La directive 82/711/CEE, amendée par les directives 93/8/CEE et 97/48/CEE, établit les protocoles à suivre pour la réalisation des tests de migration. Ces directives définissent les conditions expérimentales, notamment le choix des simulateurs alimentaires, ainsi que les paramètres tels que le temps de contact et la température d'exposition, afin de reproduire les interactions réelles entre l'emballage et l'aliment.(46)

II.5.2. Utilisation des milieux simulateurs :

L'évaluation de la migration ne peut pas toujours être réalisée directement sur les aliments eux-mêmes, en raison de contraintes analytiques ou expérimentales. Pour pallier cette difficulté, des milieux simulateurs sont utilisés. Ces substances, dont la composition chimique permet d'imiter le comportement des différentes catégories d'aliments, sont regroupées dans le tableau et servent de référence pour les essais de migration conformément aux exigences réglementaires.(46)

Tableau V: Types d'aliments et leurs simulateurs pour les tests des migrations.

Type d'aliment	Classification conventionnel	Simulateur d'aliment	Abréviation
Aliments aqueux (pH > 4,5)	Denrées alimentaires pour lesquelles l'essai avec simulateur A est seulement prescrit la directive 85/572/CEE du conseil modifie par la directive 2007/19/CE	Eau distillés ou eau de Qualité équivalente	Simulation A
Aliments acides (PH<4.5)	Denrées alimentaires pour lesquelles l'essai avec le simulateur B est seulement prescrit par la directive 85/752/CEE modifie par la directive 2007/19/CE	Acide acétique à 3M% (Masse/volume)	Simulateur B
Aliments alcoolisés	Denrées alimentaires pour lesquelles l'essai avec le Simulateur B est seulement prescrit par la directive 2007/19/par la directive 85/572/CEE modifie CE	Éthanol à 10% cette Concentration doit être Adaptée au titre Alcoométrique réel de L'aliment s'il dépasse 10%	Simulateur C
Aliments gras	Denrées alimentaires pour lesquelles l'essai avec le simulateur D est seulement prescrit par la directive 2007/19/par la directive 85/572/CEE modifie CE	Huile d'olive raffinée ou autre d'aliments gras simulateur	Simulateur D
Aliments secs	/	Néant	Néant

II.5.3. Les conditions de contact :

Les tests de migration sont réalisés selon des conditions spécifiques, déterminées en fonction du temps et de la température de contact entre l'aliment et l'emballage. Les durées d'exposition sont standardisées, comme l'illustre le Tableau (45):

Tableau VI: Durées des tests de migration en fonction des conditions d'utilisation de matériaux entrant en contact avec des denrées alimentaires (97/48/CEE)

Temps de contact réel	Durée de l'essai
$T \leq 0,5 \text{ h}$	0.5 h
$0,5 \text{ h} < T \leq 1 \text{ h}$	1 h
$1 < T \leq 2 \text{ h}$	2 h
$2 \text{ h} < T \leq 24 \text{ h}$	24 h
$T > 24 \text{ h}$	10 j

Tableau VII: Durées et températures des tests de migration en fonction des conditions d'utilisation de matériaux entrant en contact avec des denrées alimentaires (97/48/CEE)

Température réelle de contact	Température du test
$T \leq 5^{\circ}\text{C}$	5 °C
$5^{\circ}\text{C} < T \leq 20^{\circ}\text{C}$	20 °C
$20^{\circ}\text{C} < T \leq 40^{\circ}\text{C}$	40 °C
$40^{\circ}\text{C} < T \leq 70^{\circ}\text{C}$	70 °C
$70^{\circ}\text{C} < T \leq 100^{\circ}\text{C}$	100 °C
$100^{\circ}\text{C} < T \leq 121^{\circ}\text{C}$	121 °C
$121^{\circ}\text{C} < T \leq 130^{\circ}\text{C}$	130 °C
$130^{\circ}\text{C} < T \leq 150^{\circ}\text{C}$	150 °C
$T > 150^{\circ}\text{C}$	175 °C

Les conditions les plus fréquemment appliquées correspondent aux emballages destinés à la conservation à température ambiante sur une longue durée (jours, semaines ou mois). Par exemple, dans le cas d'une boisson gazeuse stockée à température ambiante, l'évaluation de la migration des substances est réalisée à 40°C pendant une durée de 10 jours en utilisant l'acide acétique comme simulant.(47)

II.5.4. Réglementation Algérienne :

La législation algérienne encadrant les matériaux en contact avec les denrées alimentaires repose sur le Décret exécutif n° 16-299 du 23 novembre 2016. Ce texte fixe les exigences de sécurité que doivent respecter ces matériaux avant leur mise sur le marché. Il stipule que, dans

des conditions normales ou raisonnablement prévisibles d'utilisation, les objets destinés à entrer en contact avec des aliments ne doivent présenter aucun danger pour la santé du consommateur, ni altérer la qualité ou les caractéristiques des denrées (article 5). De plus, la fabrication de ces objets doit suivre des bonnes pratiques afin d'éviter toute migration de substances indésirables susceptibles de nuire à la sécurité alimentaire, d'altérer la composition des denrées ou d'en modifier les propriétés organoleptiques (article 7). Afin d'assurer la conformité réglementaire, le décret impose également que les fabricants et importateurs obtiennent un certificat de conformité délivré par un organisme accrédité (article 12).

Enfin, seuls peuvent être commercialisés les matériaux portant la mention obligatoire « pour contact alimentaire » sur l'étiquetage, les factures et les documents d'accompagnement, tel que précisé à l'article 13 (47).

III. GENERALITES SUR LES PHTALATES

III.1. Définition :

Les phtalates, dérivés de l'acide phtalique (qui provient du naphthalène ou, plus couramment, des composés dérivés du xylène ou du toluène), appartiennent à une classe de composés chimiques caractérisés par un noyau benzénique auquel sont attachés deux groupes carboxylates, formant ainsi une structure de type diester. Leur formule chimique est $C_6H_4(COOR)_2$, où "R" représente un groupe alkyle, c'est-à-dire une chaîne carbonée de longueur variable. Ces composés, également appelés esters phtaliques, sont produits par estérification entre l'acide phtalique et des alcools dont la structure carbonée varie généralement de C1 à C13, bien que des alcools plus longs puissent également être utilisés.(48)

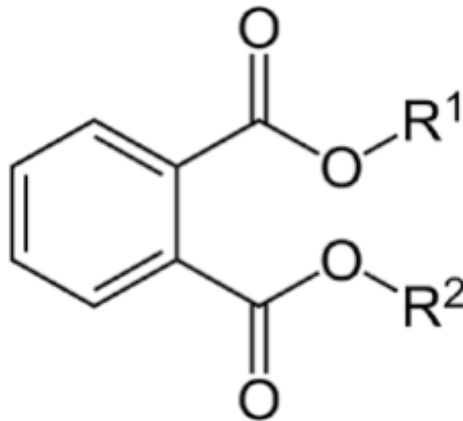


Figure 8: structure chimique des phtalates

D'un point de vue physique, les phtalates se présentent sous forme de liquides huileux, incolores ou légèrement colorés, peu volatils et présentant une faible solubilité dans l'eau. Leur principale application industrielle repose sur leurs propriétés plastifiantes, qui confèrent aux matériaux une flexibilité accrue, une meilleure résistance mécanique et une durabilité prolongée.

Bien qu'ils aient été produits pour la première fois dans les années 1920, l'utilisation des phtalates a considérablement augmenté à partir des années 1950, notamment avec l'apparition du polychlorure de vinyle (PVC). Aujourd'hui, ils demeurent les plastifiants les plus couramment utilisés à l'échelle mondiale, se retrouvant dans des polymères tels que l'acétate de polyvinyle, l'acétate de cellulose et le polyuréthane.(48, 49)

Les phtalates se divisent en trois catégories principales selon leurs propriétés physico-chimiques et toxicologiques :

- ✓ **Phtalates de faible poids moléculaire ($\leq C3$)** : Utilisés principalement comme solvants ou dans la fabrication de polymères de cellulose. Leur solubilité dans l'eau est relativement plus élevée que celle des autres phtalates.
- ✓ **Phtalates de poids moléculaire intermédiaire (C4 à C6)** : Ces composés possèdent des chaînes alkyles linéaires et présentent un potentiel toxique plus élevé, en particulier en ce qui concerne leurs effets sur la reproduction et le développement.
- ✓ **Phtalates de haut poids moléculaire ($\geq C7$)** : Composés de chaînes alkyles longues, linéaires ou ramifiées, ces phtalates sont utilisés principalement comme plastifiants pour le PVC. Leur insolubilité dans l'eau et leur faible pression de vapeur limitent leur

volatilité et leur dispersion dans l'environnement.(50)

Certains phtalates sont particulièrement surveillés en raison de leur large utilisation industrielle et de leurs effets potentiellement nuisibles pour la santé et l'environnement(51) :

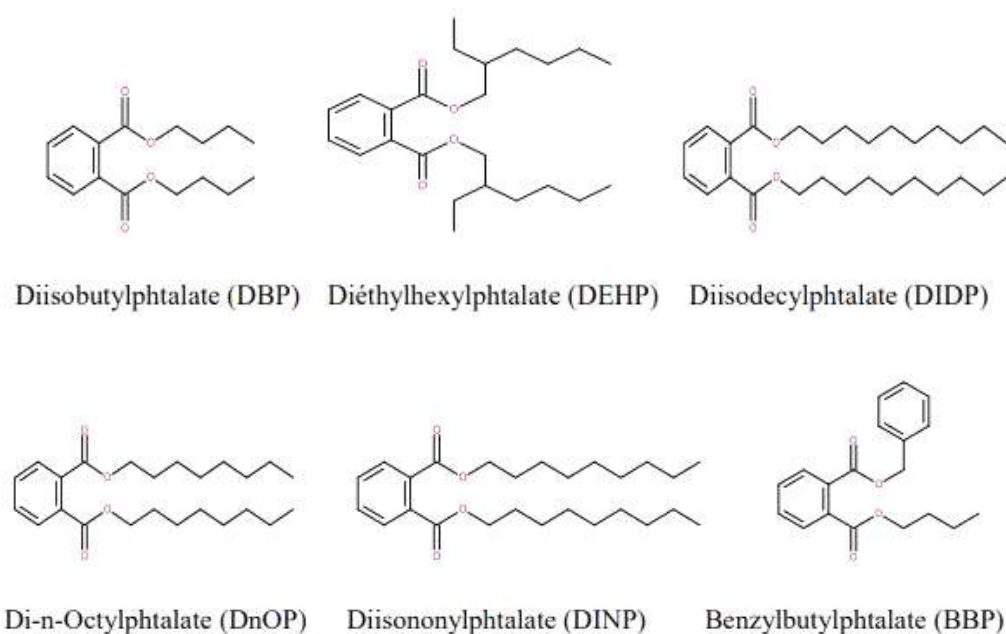


Figure 9: Structures chimiques des principaux phtalates utilisés comme plastifiants

III.2. Propriétés physico-chimiques :

À température ambiante, les phtalates se présentent sous forme de liquides organiques transparents et visqueux. Dans des conditions normales, leur émission de vapeurs dans l'atmosphère reste très limitée. Ils possèdent une forte affinité pour les substances lipophiles, notamment les alcools lourds (éther, chloroforme, acétone, benzène, esters) ainsi que les huiles végétales. Leur coefficient de partage octanol/eau, qui augmente du DMP au DnOP, reflète leur affinité croissante pour la matière organique et les lipides. En revanche, leur solubilité dans l'eau est très faible, variant de l'ordre du microgramme par litre ($\mu\text{g/L}$) pour les plus lourds à quelques grammes par litre (g/L) pour les plus légers.

Dans des conditions usuelles, les phtalates sont classés parmi les composés semi-volatils, au même titre que les PCB (polychlorobiphényles) et les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), caractérisés par des pressions de vapeur saturante du même ordre de grandeur.

Cette volatilité, influencée par la pression de vapeur, demeure faible et diminue d'un facteur 10^4 à mesure que le nombre d'atomes de carbone augmente au sein de la famille des phtalates. Ainsi, les dérivés comportant des chaînes courtes (moins de six carbones) se retrouvent majoritairement en phase gazeuse, tandis que ceux possédant des chaînes plus longues ont tendance à s'adsorber sur les surfaces environnantes. Leur masse moléculaire varie de 194 g/mol pour le DMP à 390 g/mol pour le DnOP et le DEHP.

Les principales caractéristiques physico-chimiques des phtalates sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau VIII: les propriétés physicochimiques des phtalates

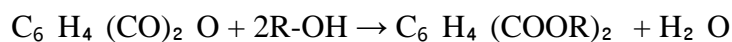
Substances	DBP	BBP	DnOP	DINP	DIDP	DEHP
Aspect	Liquide Incolore Huileux	Liquide Incolore Visqueux	Liquide Légèrement Jaune huileux	Liquide Incolore Huileux, Visqueux	Liquide Huileux, Visqueux	Liquide Incolore Huileux
Poids moléculaire	278,34	312,36	390,56	418,62	446,68	390,56
Point de fusion (°C)	-35	-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 octanol/eau	K 4,45	4,59	8,06	9 environ	10 environ	7,50

III.3. Synthèse générale des phtalates :

La production industrielle des phtalates repose sur une réaction d'estérification entre l'anhydride phtalique et des alcools de différentes longueurs de chaîne carbonée, choisies en fonction des propriétés recherchées pour le produit final. Ce processus a lieu dans un environnement contrôlé et se compose de plusieurs étapes successives.

Lors de la réaction, l'anhydride phtalique réagit avec un alcool par alcoolise, ce qui aboutit à la formation de monoesters. Cette réaction est rapide, irréversible et dépend largement de la nature de l'alcool et des conditions opératoires appliquées. Pour obtenir des diester, la conversion des monoesters se fait sous l'effet d'un catalyseur acide, à des températures variantes entre 140 et 165 °C. Lorsque des catalyseurs atmosphériques sont utilisés, des températures plus élevées, allant de 200 à 250 °C, sont nécessaires pour faciliter la réaction. L'utilisation d'un excès d'alcool permet d'améliorer le rendement de la réaction. Cet excédent est ensuite récupéré et recyclé pour limiter les pertes matérielles et optimiser l'efficacité du processus.

La réaction chimique globale s'exprime par l'équation suivante :



Une fois le phtalate synthétisé, il subit une purification afin d'éliminer les impuretés résiduelles. Plusieurs techniques sont utilisées, telles que la distillation sous vide, qui permet de séparer les fractions volatiles, ainsi que le traitement au charbon actif, qui aide à adsorber les contaminants organiques -et à améliorer la pureté du produit final.(52)

III.4. Utilisations et Production des Phtalates :

Les phtalates sont principalement utilisés comme plastifiants dans l'industrie des polymères, en particulier pour assouplir le polychlorure de vinyle (PVC). Dans l'Union Européenne, ils représentent plus de 90 % de la production annuelle, soit près d'un million de tonnes, Leur rôle est d'améliorer la flexibilité, la résilience et la malléabilité des matériaux

plastiques, ce qui explique leur présence dans une multitude d'objets du quotidien. Les articles en PVC rigide, semi-rigide et souple peuvent contenir des proportions de phtalates atteignant jusqu'à 50 % en poids, Parmi les produits les plus concernés figurent les emballages alimentaires, les jouets, les dispositifs médicaux et les contenants pour le stockage sanguin.

D'autres objets en contiennent en quantités plus faibles, tels que les cadres de fenêtres, les rideaux de douche, les câbles électriques, les ballons et les revêtements de sol.

En plus de leur rôle de plastifiants, les phtalates sont également utilisés dans divers secteurs industriels et produits de consommation courante. On les retrouve dans les adhésifs, les peintures, les vernis, les encres, les solvants, les lubrifiants et les détergents.

Dans le domaine cosmétique, ils sont présents dans les parfums, déodorants, lotions après-rasage, shampooings, aérosols capillaires et vernis à ongles, où ils servent d'agents fixateurs ou d'adouçissants, Ils sont aussi utilisés comme agents antimoussants dans l'industrie papetière et comme additifs dans le caoutchouc et les condensateurs électriques.

La production mondiale de phtalates a connu une croissance significative depuis leur introduction dans les années 1960, passant de 1,8 million de tonnes en 1975 à 4,3 millions de tonnes en 2006. Parmi eux, le DEHP reste le plus utilisé, bien que sa part de marché ait considérablement diminué : il représentait 80 % des plastifiants dans les années 1960, mais seulement 30 % en 2002, Malgré cette baisse, les phtalates demeurent omniprésents dans les matériaux plastiques, avec des concentrations pouvant dépasser 50 % en masse dans certains produits en PVC.(48, 53)

Le tableau ci-dessous résume les principales applications industrielles des phtalates :

Tableau IX: L'utilisation de quelques phtalates

DIDP	DINP	DBP	BBP	DEHP	DnOP
Produits d'hygiène, Cosmétiques, Composants automobiles, Emballages alimentaires	Outils, Adhésifs, Emballages plastiques	Revêtements de surfaces intérieures, Mousses PVC, Adhésifs et colles, Composants automobiles	Mousses PVC, Adhésifs et colles, Composants automobiles, Cosmétiques	Revêtements de surfaces intérieures, Condensateurs, Matériel médical, Textiles habillage, Produits flexibles en PVC	Revêtements de surfaces intérieures, Textiles et habillement, Composants automobiles, Cosmétiques

III.5. Occurrence et devenir des phtalates dans l'environnement :

Les phtalates, en raison de leur utilisation étendue dans les polymères plastiques, sont des contaminants ubiquistes présents dans les différents compartiments environnementaux : l'atmosphère, l'eau et les sols, Leur relargage dans l'environnement est facilité par leur liaison non covalente aux matériaux polymériques, favorisant ainsi leur migration et leur bioaccessibilité. Cette omniprésence a conduit à leur classification parmi les substances prioritaires dans le cadre des programmes de surveillance environnementale et des stratégies de réduction des rejets de polluants organiques.

Le comportement des phtalates dans l'environnement est régi par divers processus physico-chimiques et biologiques influencés par les conditions spécifiques de chaque compartiment. Dans l'atmosphère, leur principal mode d'élimination repose sur l'oxydation photochimique, suivie d'un dépôt par les précipitations, La volatilité des phtalates de faible poids moléculaire favorise leur présence en phase gazeuse, tandis que ceux de poids moléculaire plus élevé se fixent aux particules en suspension. Leur temps de résidence dans l'air est relativement court, avec des demi-vies estimées entre 0,6 et 1,8 jour, selon le type de composé.

Dans le milieu aquatique, la biodégradation constitue le principal processus d'élimination en conditions toxiques, notamment dans les eaux de surface où la présence d'oxygène favorise l'action microbienne. Toutefois, en milieu anoxique, notamment dans les eaux profondes et froides, la dégradation est considérablement ralentie, augmentant ainsi la persistance des phtalates et leur potentiel d'accumulation. Une modélisation réalisée dans le cadre des évaluations de risque européennes a estimé une demi-vie moyenne de 50 jours pour le DEHP dans les eaux de surface, soulignant la nécessité d'un suivi rigoureux de ces contaminants dans les écosystèmes aquatiques.

Dans les sols et les sédiments, les phtalates présentent une affinité élevée pour la matière organique particulaire, ce qui favorise leur adsorption et leur accumulation à long terme. Leur principal mécanisme d'élimination repose sur la biodégradation, qui peut se produire en conditions aérobies ou anaérobies, avec des cinétiques variables selon les propriétés physico-chimiques du sol et la nature du microbiote impliqué. Les estimations issues des modèles de dégradation indiquent des demi-vies atteignant 300 jours dans les sols et jusqu'à 3000 jours dans les sédiments, ce qui traduit une forte rémanence et un potentiel de contamination durable dans ces milieux.

L'ensemble de ces processus souligne la nécessité d'une surveillance continue des phtalates dans les différents compartiments environnementaux, en particulier dans les zones fortement urbanisées et industrialisées. En Algérie, bien que les études spécifiques sur leur occurrence demeurent limitées, il est probable que la contamination soit influencée par les activités anthropiques, notamment les rejets industriels, les effluents domestiques et les pratiques agricoles impliquant l'usage de films plastiques et d'engrais chimiques. Une meilleure caractérisation des sources et des voies de dispersion des phtalates apparaît donc essentielle pour évaluer leur impact environnemental et orienter les stratégies de gestion des risques liés à ces contaminants persistants.(48, 54)

III.6. Voies d'exposition humaine aux phtalates :

Les phtalates, en raison de leur faible rétention dans la matrice polymère, sont susceptibles de migrer dans l'environnement par divers mécanismes, notamment l'exsudation et la volatilisation, cette dernière étant inversement proportionnelle à leur masse molaire.

En toxicologie, plusieurs voies d'exposition humaine ont été identifiées, parmi lesquelles l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané. Toutefois, des recherches menées en 2015 ont démontré que chez l'enfant, l'absorption cutanée des phtalates volatils pouvait être aussi significative, voire supérieure, à l'inhalation, et ce, même en l'absence de contact direct avec les objets émettant ces substances.(55)

Bien que l'inhalation des phtalates soit généralement considérée comme une voie d'exposition secondaire en raison de leur faible volatilité, il est essentiel de prendre en compte l'exposition aux aérosols présents dans certains produits cosmétiques, tels que les parfums et les déodorants, qui peuvent représenter une source non négligeable de contamination, notamment chez les jeunes enfants.(56)

L'ingestion constitue néanmoins la principale voie d'exposition aux phtalates, en particulier dans les pays où ces composés sont largement utilisés dans les emballages alimentaires. Leur présence est particulièrement préoccupante dans les aliments riches en matières grasses, tels que les fromages, les viandes et certaines sauces, en raison de leur forte affinité avec ces milieux lipidiques.(57)

La concentration moyenne de ces substances dans les denrées alimentaires a été estimée à environ 0,25 mg/kg. Malgré cela, des analyses menées par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ont révélé que seulement 12 % des individus dépassaient la dose tolérable de DEHP établie par la Commission européenne, soit 0,037 mg/kg de poids corporel/jour.(57) Cependant, cette exposition est jugée préoccupante chez les jeunes enfants qui portent fréquemment des objets en plastique à la bouche, favorisant ainsi la migration des phtalates par voie salivaire et cutanée. (58)

L'exposition parentérale, bien que moins fréquente, demeure un enjeu de santé publique, notamment dans les contextes médicaux où l'utilisation de dispositifs en PVC, tels que les poches de perfusion et les tubulures, peut entraîner une libération directe de phtalates dans la circulation sanguine. Une exposition prolongée dans ces conditions peut accroître les risques sanitaires, bien que la quantité absorbée demeure généralement inférieure aux seuils toxiques.(59)

Un autre aspect préoccupant concerne la transmission materno-fœtale des phtalates. En raison de leur caractère lipophile et persistant, ces substances peuvent traverser la barrière placentaire et être détectées dans le lait maternel, posant ainsi un risque potentiel pour le développement du nourrisson.(60)

Par ailleurs, les phtalates ont été identifiés comme des contaminants bioaccumulables dans la chaîne alimentaire. En raison de leur forte affinité avec les matières grasses, ils peuvent s'accumuler dans les tissus des organismes exposés et être transférés aux niveaux trophiques supérieurs, Ce phénomène de bioamplification alimentaire est particulièrement préoccupant, car il peut entraîner des concentrations plus élevées de phtalates chez les prédateurs situés en haut de la chaîne alimentaire, y compris les humains. Cette accumulation progressive pourrait amplifier les effets toxiques de ces substances sur la santé, notamment en ce qui concerne les perturbations endocriniennes et les atteintes au système reproducteur.

Lorsqu'on considère l'ensemble de ces voies d'exposition, il apparaît que bien que les concentrations individuelles de phtalates dans l'environnement soient généralement faibles, leur effet cumulatif pourrait entraîner des risques à long terme pour la santé humaine. Une attention particulière doit être accordée aux groupes les plus vulnérables, notamment les nourrissons et les femmes enceintes, afin de limiter leur exposition à ces perturbateurs endocriniens.

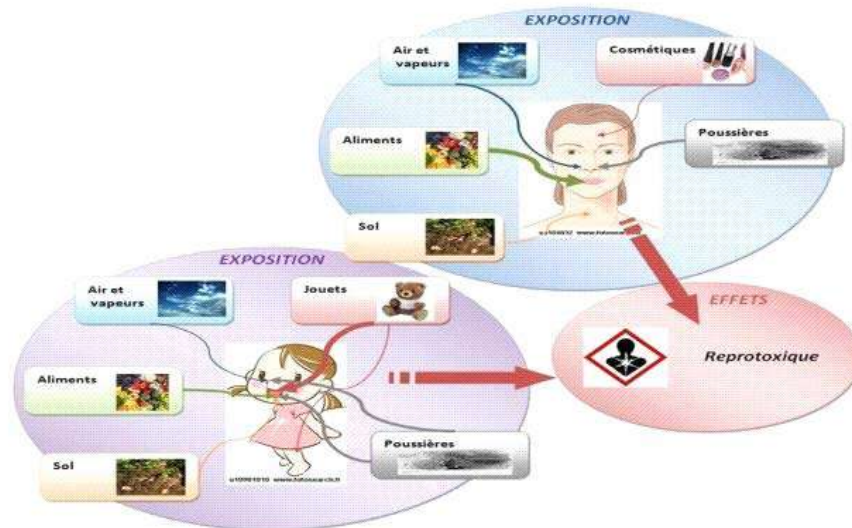


Figure 10: Les différentes voies d'exposition au phtalates

III.7. Toxicocinétique des Phtalates :

III.7.1. Absorption :

L'absorption des phtalates varie selon la voie d'exposition, la dose et la masse moléculaire du composé concerné.(61)

- **Voie orale :** Absorption rapide et quasi totale. Chez l'homme, elle est estimée à environ 75 % pour le di(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP) et supérieure à 90 % pour le di-n-butylphtalate (DnBP) et le di-isobutylphtalate (DiBP), 24 heures après l'exposition(62).
- **Voie cutanée :** Concerne principalement les phtalates de faible masse moléculaire, tels que le diéthylphtalate (DEP) et le DnBP(63). Bien que l'absorption transdermique des phtalates de haut poids moléculaire, notamment le DEHP, soit relativement limitée, la peau constitue un réservoir important via leur accumulation dans les follicules pileux. Cette accumulation pourrait contribuer à une exposition secondaire par ingestion des phtalates présents à la surface cutanée.(64, 65)
- **Voie respiratoire :** Peu de données sont disponibles sur l'absorption pulmonaire des phtalates. Chez le rat, une absorption faible a été estimée à 1,5 % six heures après l'exposition aux phtalates sous forme d'aérosols.(61)

III.7.2. Distribution :

Après absorption, les phtalates se répartissent rapidement dans l'organisme sans affinité privilégiée pour un organe donné. Toutefois, leur caractère lipophile peut favoriser une accumulation temporaire dans le tissu adipeux, notamment pour les phtalates de haut poids moléculaire(65). Une étude récente effectuée en Italie a mis en évidence la présence de DEHP et de son métabolite, le mono-éthylhexyl phtalate (MEHP), dans le plasma de femmes enceintes et le sang du cordon ombilical des nouveau-nés. Le niveau de détection pour le MEHP était de 75 % chez les mères et de 72 % chez les nouveau-nés, suggérant une exposition fœtale in utero.(66)

Les phtalates sont principalement distribués via la circulation sanguine et atteignent divers tissus(61, 62):

- **Tissu adipeux** : Accumulation temporaire des phtalates lipophiles, sans rétention prolongée.
- **Peau et follicules pileux** : Accumulation transitoire contribuant à une exposition secondaire.
- **Foie et reins** : Principaux sites de métabolisation et d'excrétion.
- **Liquides biologiques** : Les métabolites des phtalates sont retrouvés dans le plasma, l'urine, la salive et le liquide amniotique, confirmant une exposition transplacentaire et fœtale.
- **Système nerveux central** : La barrière hémato-encéphalique limite significativement leur pénétration, bien que les données restent limitées.(67)

III.7.3. Métabolisme :

Les phtalates subissent une biotransformation en deux phases, facilitant leur élimination :

- **Phase I** : Hydrolyse enzymatique par des lipases et hydrolases intestinales et hépatiques, convertissant les phtalates en monoesters, leur forme biologiquement active.(68)
- **Phase II**: Conjugaison des monoesters par l'UDP-glucuronosyl-transférase, augmentant leur solubilité pour une excrétion urinaire rapide.(67)

Les métabolites des phtalates sont détectés dans divers fluides biologiques, notamment le liquide amniotique, confirmant une exposition fœtale in utero(67), La rapidité du métabolisme dépend de la structure du phtalate et de facteurs individuels, tels que l'âge et l'état enzymatique.

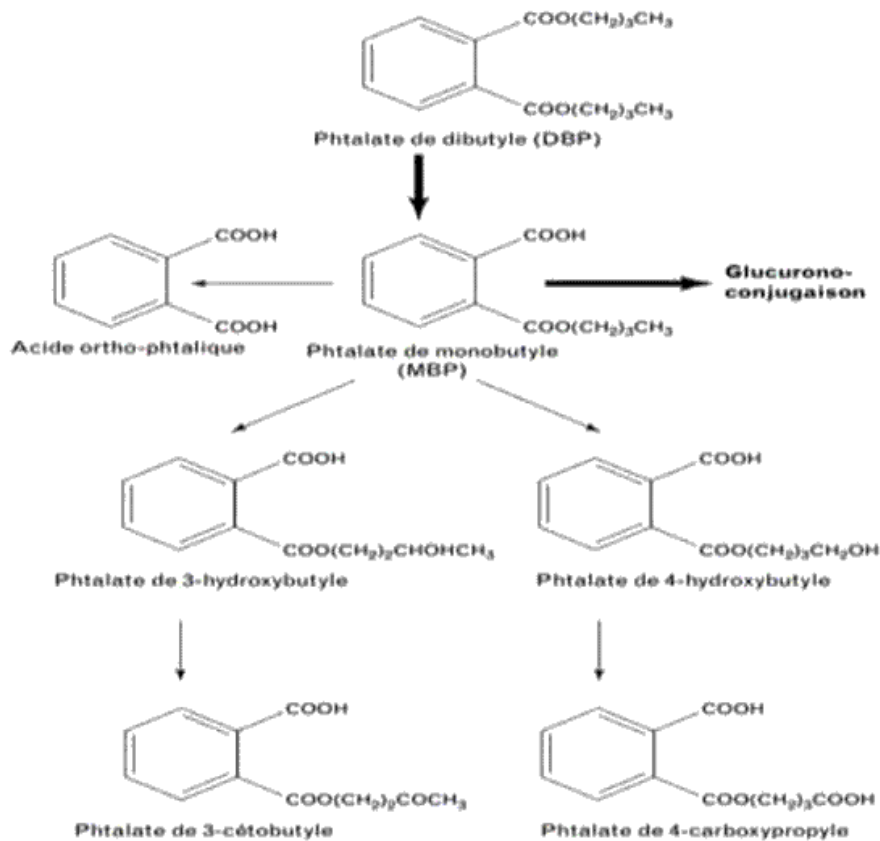


Figure 11: Voies métaboliques du phtalate de dibutyle (DBP) chez l'humain

III.7.4.Élimination :

Les phtalates sont rapidement éliminés de l'organisme avec une demi-vie de 8 à 48 heures.(65)

- **Voie urinaire :** Majeure pour l'excrétion des monoesters et des formes oxydées. Par exemple, le mono(2-éthylhexyl) phtalate (MEHP), premier métabolite du DEHP, ne constitue que 10 % du DEHP excrété dans les urines, tandis que ses formes oxydées (MEOHP et MEHHP) sont retrouvées à des concentrations trois fois supérieures.(69, 70)

- **Profil biphasique d'élimination** : Une phase rapide suivie d'une phase plus lente après conjugaison à l'acide glucuronique(71).
- **Voie lactée** : Le lait maternel constitue une voie d'excrétion. Des études de biomonitoring ont confirmé la présence de métabolites de phtalates en quantités mesurables dans le lait maternel(72).

III.8. Toxicodynamie des Phtalates :

Les phtalates, bien qu'ils ne présentent pas de potentiel irritant pour la peau, les yeux ou les voies respiratoires, sont classés comme des perturbateurs endocriniens(48). Ils peuvent interférer avec le système hormonal et induire des effets toxiques sur plusieurs organes cibles. Les effets observés sont généralement liés à leur capacité à modifier les fonctions hormonales, ce qui peut avoir des conséquences délétères sur la santé à long terme.(73)

III.8.1. Toxicité Hépatique :

Les phtalates, notamment les plus étudiés comme le DEHP, présentent des effets hépatiques significatifs. Lorsqu'ils sont administrés à des rongeurs, ils induisent une prolifération des peroxysomes, un phénomène qui, s'il est prolongé, peut conduire à des tumeurs hépatiques(48). Ce mécanisme est médié par les récepteurs nucléaires PPAR (Peroxisome Proliferator-Activated Receptors), une voie hormonale modulée par les perturbateurs endocriniens. Cependant, des études menées sur des primates et des cultures d'hépatocytes humains n'ont pas montré de tels effets, suggérant que l'homme pourrait être moins sensible à cette réponse pathologique(48). L'impact des phtalates sur le foie chez l'humain reste donc limité, mais il mérite d'être surveillé dans le cadre d'une exposition chronique.

III.8.2. Effets Rénaux :

Certains phtalates, tels que le DINP et le DBP, ont été associés à une augmentation de la masse rénale chez le rat, avec l'apparition de néphropathies chroniques à faible dose, bien que cette observation ne soit pas nécessairement transposable à l'humain(48). À des doses plus

élevées, des modifications histologiques ont été notées, particulièrement chez les femelles. Ces effets pourraient découler de l'altération hormonale provoquée par l'exposition aux perturbateurs endocriniens, mais des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer leur pertinence chez l'homme.(74)

III.8.3.Effets Cancérogènes :

Le potentiel cancérogène des phtalates a été principalement étudié chez les rongeurs, où des tumeurs hépatiques et rénales ont été observées suite à une prolifération des peroxyosomes.(48) Toutefois, ces mécanismes semblent peu pertinents pour l'homme, dont l'expression des récepteurs PPAR est beaucoup plus faible (48). Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), l'Environmental Protection Agency (EPA) et l'Integrated Risk Information System (IRIS) ont classé le DEHP dans le groupe des cancérogènes possibles (B2) pour l'homme.(75)

III.8.4.Toxicité Reproductive et Développementale :

Les phtalates tels que le DEHP, le BBP et le DBP ont démontré un impact significatif sur la fertilité et le développement embryonnaire des rongeurs(48). Ces substances induisent des effets tels que la diminution de la fertilité, des atrophies testiculaires, des malformations fœtales et une mortalité embryonnaire accrue(76). En tant que perturbateurs endocriniens, ils affectent le développement sexuel, notamment chez les jeunes rats mâles exposés in utero(76). Une étude menée par Hannas et al. (2011) a révélé une diminution de la production de testostérone chez les fœtus exposés aux phtalates, en particulier entre les jours 14 et 18 de la grossesse, avec une relation dose-dépendante(76). De plus, des recherches sur des animaux femelles ont montré que les ovaires sont affectés par ces substances, notamment le DEHP et le DBP. Des études in vitro ont confirmé que le DEHP et son principal métabolite, le MEHP, réduisent la production d'estradiol par les cellules folliculaires ovariennes, suggérant que l'aromatase pourrait être une cible directe.(77)

III.8.5. Effets Cardiovasculaires :

Plusieurs études ont montré un lien de causalité entre les esters de phtalate et les facteurs de risque cardiovasculaire, à savoir l'obésité, le diabète de type 2 et l'hypertension(77). Concernant l'obésité, il est suggéré que les esters de phtalate contribuent à ce phénomène en se liant au récepteur nucléaire PPAR γ (Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma) et en régulant activement la production d'adipocytes(77). Pour le diabète de type 2, les phtalates inhibent la signalisation de l'insuline et augmentent le stress oxydatif, contribuant ainsi au développement de la résistance à l'insuline(77). De plus, une forte corrélation a été observée entre l'exposition aux métabolites du DEHP et une augmentation de la pression artérielle systolique chez les enfants âgés de 6 à 19 ans, selon l'Enquête nationale sur la santé et la nutrition réalisée entre 2003 et 2008.(78)

III.8.6. Effets Génotoxiques :

Les phtalates ne semblent pas posséder de potentiel génotoxique, selon les études in vitro et in vivo réalisées sur les rongeurs(48). Les tests de mutagénicité, d'aberrations chromosomiques et de formation de micronoyaux ont donné des résultats négatifs pour les phtalates étudiés(48). De même, chez les travailleurs exposés au DEHP, aucune augmentation significative des anomalies chromosomiques n'a été observée(48). Ces résultats suggèrent que, bien que les phtalates soient des perturbateurs endocriniens, leur capacité à induire des mutations génétiques chez l'homme semble limitée.

IV. LES EAUX EMBOUTEILLES EN ALGERIE (ÉVOLUTION, PROCESSUS DE CONDITIONNEMENT ET IMPACTS DU PET)

IV.1. Introduction :

Le marché des eaux embouteillées a connu une croissance remarquable au cours des dernières décennies. En Algérie, cette évolution résulte d'un intérêt ancien pour les eaux minérales, remontant à l'époque coloniale. Dès le XIX^e siècle, des études scientifiques ont mis en lumière les vertus des eaux thermo-minérales algériennes, ouvrant ainsi la voie à une

exploitation industrielle progressive.

Après l'indépendance, le secteur des eaux embouteillées s'est structuré en plusieurs phases. Initialement contrôlée par l'État, la production s'est industrialisée pour répondre aux besoins croissants des consommateurs. Par la suite, des réformes ont permis une restructuration du secteur, avant d'aboutir à une libéralisation économique facilitant l'émergence de nouveaux acteurs privés.

Aujourd'hui, les eaux embouteillées se distinguent par leur diversité, incluant des eaux minérales naturelles, des eaux de source et des eaux traitées. Leur succès reflète à la fois les préoccupations des consommateurs face à la qualité de l'eau courante et l'évolution des habitudes de consommation dans un contexte marqué par des défis environnementaux et sanitaires.(79)

IV.2. Les Normes et Régulations des Eaux Embouteillées :

L'eau embouteillée, également appelée eau en bouteille, désigne une eau conditionnée dans des contenants destinés à la consommation humaine.

En Algérie, les eaux embouteillées, couramment appelées "eaux de table", sont définies par la Nomenclature Algérienne des Produits (NPA) comme des eaux minérales ou de source, naturelles ou non, gazeuses ou plates, destinées à la consommation humaine et conditionnées pour garantir leur sécurité et leur qualité.(80)

Selon l'article 14 du JORADP du 20 août 2000, les eaux destinées à la consommation humaine doivent être conditionnées dans des récipients en verre, en polychlorure de vinyle (PVC) ou en polyéthylène téréphtalate (PET). Ces emballages doivent être hermétiquement scellés afin de prévenir toute forme de contamination.(81)

À l'échelle internationale, l'Association canadienne des eaux embouteillées (ACEE) les décrit comme des eaux vendues ou distribuées dans des contenants scellés, conformes aux normes de qualité relatives à l'eau potable, sans additifs chimiques, ni édulcorants, ni calories, ni sucres(82), Bien que cette définition soit globale, elle reflète des exigences similaires aux

réglementations algériennes visant à protéger la santé des consommateurs.

De plus, selon le Codex Alimentarius, les eaux conditionnées, à l'exception des eaux minérales naturelles, peuvent contenir des sels minéraux ou du gaz carbonique, qu'ils soient présents naturellement ou ajoutés intentionnellement, mais ne doivent pas inclure de sucres, édulcorants, aromatisants ou autres additifs alimentaires(83). Ces standards internationaux influencent indirectement les pratiques algériennes tout en laissant place à des adaptations spécifiques pour répondre aux particularités locales.

IV.3. Classification :

L'eau embouteillée est de l'eau conditionnée dans des récipients scellés, destinée à la consommation humaine. Elle se divise principalement en trois grandes catégories, selon sa composition et ses effets potentiels sur la santé : l'eau minérale naturelle, l'eau de source et l'eau rendue potable par traitement.

IV.3.1. Eau minérale naturelle :

Selon la réglementation algérienne, définie par le décret N°45 du 18 juillet 2004, l'Eau Minérale Naturelle (EMN) est décrite comme étant : "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 pureté et sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants. Ces caractéristiques sont appréciées selon des critères géologiques, hydrogéologiques, physiques, chimiques, physico-chimiques, microbiologiques et pharmacologiques. Certaines de ces eaux peuvent également posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine." (85)

IV.3.2. Eau de source :

Le même décret (JORADP N°45) précise que l'Eau de Source (ES) est : "Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution." (85)

IV.3.3. L'eau rendue potable par traitement :

L'eau rendue potable par traitement est définie comme étant "une eau provenant soit de ressources souterraines, soit de ressources superficielles, ayant subi des traitements pour satisfaire aux critères de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Ces traitements peuvent inclure la désinfection, afin de garantir que l'eau soit propre à la consommation." (86)

IV.4. Conformité en matière d'étiquetage et de conservation :

IV.4.1. IV.4.1. Étiquetage :

L'étiquetage désigne l'ensemble des informations, marques, logos, images ou symboles associés à un produit alimentaire et apposés sur son emballage, tout document, pancarte, étiquette, bague ou collerette qui accompagne ou fait référence à ce produit alimentaire.(87)

Chaque eau minérale naturelle possède une composition minérale qui reste généralement stable, cependant, la concentration des minéraux varie d'une marque à l'autre, selon la source de l'eau et la composition géologique du sous-sol d'où elle provient.

Les étiquettes des bouteilles d'eau minérale naturelle peuvent également comporter des messages qui encouragent les consommateurs à opter pour des eaux contenant des niveaux spécifiques de minéraux.(88)

IV.4.2. Durée de conservation :

L'eau embouteillée se conserve d'un à deux ans en tenant compte de la date de péremption, elle doit être maintenue à l'abri de la chaleur et de la lumière du soleil.(87)

IV.4.3. Mentions obligatoires :

Dans le cadre national, l'étiquetage des eaux de source (ES) et des eaux minérales naturelles (EMN) préemballées doit respecter les prescriptions définies par le décret exécutif n° 90-367 du 10 novembre 1990. En plus des informations stipulées par ce décret, l'étiquetage doit obligatoirement mentionner les éléments suivants :

- La dénomination de vente de l'eau.
- Le nom de la source d'approvisionnement.
- L'emplacement exact de la source.
- Le pays d'origine pour les eaux minérales naturelles importées.
- La mention "contient des fluorures", lorsque la concentration en fluor dépasse 1 mg/L.

Au niveau international, des réglementations similaires imposent que certains renseignements soient indiqués sur les emballages d'eau embouteillée. Ces informations incluent :

- La dénomination de vente, par exemple : "Eau minérale naturelle", "Eau de source".
- Le volume net de l'eau.
- La mention "à consommer de préférence avant le : ", suivie de la date limite d'utilisation optimale, ou l'indication du lieu où elle est mentionnée sur l'emballage.
- Les conditions particulières de conservation et d'utilisation de l'eau.
- Le nom et l'adresse du fabricant ou du conditionneur.
- Le numéro de lot de fabrication.
- La composition physico-chimique de l'eau, précisant les éléments minéraux et autres constituants caractéristiques.
- L'emplacement et le nom de la source d'approvisionnement.
- L'indication des traitements éventuels appliqués à l'eau.(19)



Figure 12 : Modèle d'étiquette d'une bouteille d'eau de 'Mansourah' en Algérie

IV.5. Processus de fabrication des bouteilles en PET :

La production des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET) est un procédé technique précis visant à garantir la qualité et la durabilité du produit final. Ce processus se déroule en

trois étapes principales(89, 90):

- ❖ Extrusion-plastification de la résine PET
- ❖ Moulage par injection
- ❖ Soufflage de la préforme

IV.5.1. Extrusion-plastification de la résine PET :

La première étape consiste à chauffer la résine de PET à une température supérieure à 280°C, la transformant ainsi en une matière fondue homogène. Un contrôle précis de la température est essentiel pour éviter toute dégradation du polymère. La matière fondue est ensuite extrudée à travers une filière pour former une paraison.(91)

IV.5.2. Moulage par injection :

La paraison est ensuite injectée dans un moule refroidi pour former une préforme, qui possède déjà le col et le filetage définitifs de la future bouteille. Cette préforme est généralement amorphe, facilitant les étapes ultérieures de soufflage. Le processus d'injection nécessite une machine de moulage par injection adaptée, capable de gérer des moules multi-cavités pour une production efficace.(91)

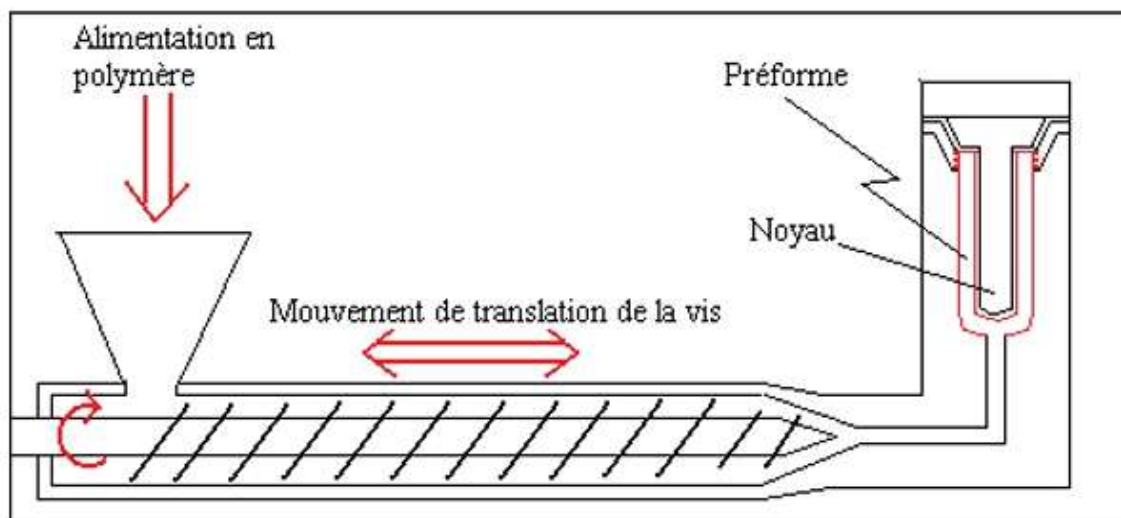


Figure 13: Les phases d'extrusion-plastification et d'injection du PET

IV.5.3. Soufflage de la préforme :

La préforme est réchauffée à une température comprise entre 95 et 110 °C, puis placée dans un moule de soufflage. Sous une pression d'air comprimé comprise entre 30 et 40 bars, la préforme est simultanément étirée et gonflée jusqu'à adopter la forme du moule. Cette étape permet d'obtenir la bouteille finale, dont la stabilité dimensionnelle et la résistance mécanique sont assurées par un refroidissement rapide.

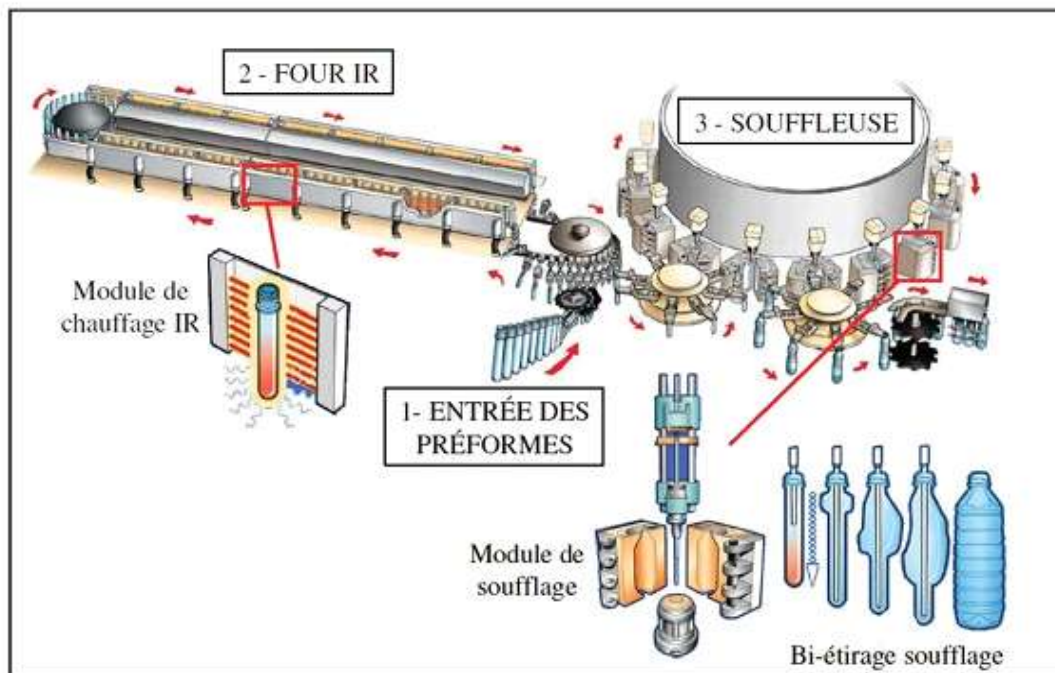


Figure 14: La fabrication d'une bouteille par injection soufflage

IV.6. Principales propriétés d'une bouteille :

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un polymère thermoplastique largement utilisé dans la fabrication des bouteilles en plastique en raison de ses propriétés physico-chimiques avantageuses. Il se présente sous deux formes principales : amorphe et semi-cristalline. Ces variations influencent ses performances mécaniques, thermiques et optiques.

D'un point de vue structurel, le PET semi-cristallin offre une meilleure résistance mécanique et une rigidité accrue par rapport au PET amorphe. En revanche, ce dernier est

privilegié pour sa transparence, un critère essentiel dans l’emballage des boissons.(92)

Les principales caractéristiques du PET en fonction de sa structure sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau X: Propriétés du PET amorphe et du PET semi-cristallin.

Propriétés	PET amorphe		PET semi – cristallin		
PHYSIQUES	1,30	–	1,34	1,	47
Masse volumique (g.cm-3)	0,16			0,1	
Absorption d’eau (24H, en %)					
MÉCANIQUES	56			75	
Contrainte seuil (MPa)	5			2,5	
Allongement au seuil (%)	2000	–	2200	2600	– 2800
Module d’Young (MPa)	200 – 300			70 – 10	
Allongement à la rupture (%)					
THERMIQUES	-			255	
Température de fusion (C°)	67			81	
Transition vitreuse (C°)					

Les propriétés majeures utilisées pour mesurer la qualité d’une bouteille sont les suivantes :

- **Résistance mécanique** : essentielle pour supporter les contraintes physiques telles que la pression interne des boissons gazeuses, les chocs et les déformations lors du transport et de la manipulation.
- **Transparence et propriétés optiques** : un facteur clé pour l’attrait visuel des produits, permettant aux consommateurs d’évaluer le contenu avant l’achat.
- **Propriétés barrières** : notamment la perméabilité aux gaz, un paramètre crucial pour préserver la carbonatation des boissons et limiter l’oxydation des liquides sensibles à l’oxygène.

IV.7. Mécanismes et facteurs de dégradation des bouteilles en PET :

IV.7.1. Décomposition thermique :

La dégradation thermique du polyéthylène téréphtalate (PET) implique la formation de chaînes vinyliques terminales qui peuvent réagir avec des groupes hydroxyles pour générer des composés tels que l'acétaldéhyde. Ce processus s'accompagne également de la formation de groupes carboxyliques en raison de la rupture des liaisons ester du polymère. Ces modifications structurales influencent la stabilité du matériau et peuvent affecter la migration de certains composés dans les produits conditionnés.(93)

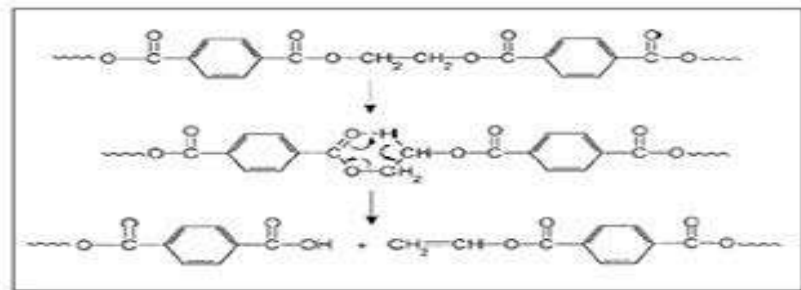


Figure 15 : Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne.

IV.7.2. Décomposition par hydrolyse et par oxydation :

La dégradation oxydative du PET débute généralement par la formation d'hydroperoxydes au niveau des groupements méthylènes. Après une scission homolytique, ces derniers génèrent des radicaux libres, favorisant ainsi l'apparition de chaînes terminées par des fonctions ester-vinyliques et carboxyliques. Ces groupes, particulièrement réactifs, accélèrent l'hydrolyse du polymère en présence d'eau, entraînant la rupture des liaisons ester et la formation de fragments de plus faible masse molaire.(37, 94)

Cette évolution chimique du PET sous l'effet de l'eau et de l'oxygène peut avoir des implications notables sur la libération de composés indésirables tels que les phtalates dans l'eau embouteillée. En effet, la dégradation structurale favorise la migration de ces plastifiants, dont certains présentent des risques pour la santé humaine et l'environnement.(94)

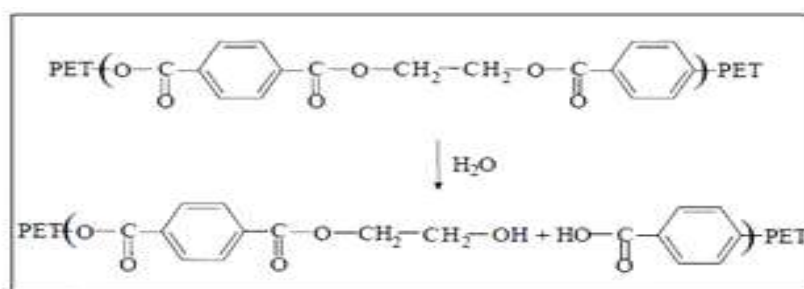


Figure 16: Dégradation du PET par hydrolyse.

IV.8. Migration potentielle à partir des bouteilles en PET :

Les bouteilles en polyéthylène téréphthalate (PET) peuvent contenir divers composés organiques et inorganiques introduits à différentes étapes de leur production et de leur traitement. Certains de ces composés présentent un potentiel de migration vers les denrées alimentaires qu'elles contiennent. Parmi ces substances, on retrouve principalement (26) :

- ❖ **Des monomères et Co-monomères** : il s'agit des réactifs principaux impliqués dans la polymérisation du PET. Bien que la majorité de ces composants réagissent pour former la structure polymère, des résidus non polymérisés peuvent subsister dans la matrice du matériau.
- ❖ **Des catalyseurs métalliques** : l'antimoine (Sb), couramment utilisé comme catalyseur dans la synthèse du PET, peut être présent sous forme de traces résiduelles dans le polymère final.
- ❖ **Des sous-produits de fabrication** : certaines réactions secondaires générées lors de la mise en forme du PET peuvent conduire à la formation de composés annexes pouvant migrer vers le contenu de la bouteille.
- ❖ **Des additifs incorporés au polymère** : ces substances sont ajoutées afin d'améliorer certaines propriétés du PET (résistance thermique, transparence, flexibilité, etc.). N'étant pas chimiquement liés à la chaîne polymérique, ces additifs peuvent être libérés sous certaines conditions, augmentant ainsi le risque de migration.
- ❖ **Des produits de dégradation** : la dégradation du PET peut survenir sous l'effet de facteurs environnementaux tels que l'exposition prolongée aux rayonnements UV, des variations thermiques importantes ou encore des conditions de stockage prolongées. Cette altération peut générer des composés potentiellement indésirables.

- ❖ **Des impuretés résiduelles** : elles peuvent provenir des matières premières, des additifs ou encore du processus de fabrication (par exemple, des résidus d'étiquettes, de bouchons ou de colles).
- ❖ **Des contaminants extérieurs** : lors du processus de fabrication et de conditionnement des bouteilles, une exposition involontaire à divers agents externes (particules de poussière, résidus de solvants, traces de pesticides ou de détergents, etc.) peut entraîner une contamination du matériau.

IV.9. Encadrement Réglementaire des Phtalates dans les Eaux Embouteillées :

IV.9.1. Réglementation algérienne :

À ce jour, la législation algérienne ne prévoit aucune norme spécifique encadrant la présence ou la migration des phtalates dans les matériaux plastiques utilisés pour le conditionnement des eaux embouteillées commercialisées.

IV.9.2. Normes établies par l'OMS et la chine :

Au niveau international, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande une limite maximale de 8 µg/L pour le di(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP) dans l'eau destinée à la consommation humaine (95). Cette valeur est également reprise par la réglementation chinoise pour l'eau embouteillée.(98)

IV.9.3. Réglementation de l'USEPA :

L'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA) a fixé une concentration maximale de 6 µg/L de DEHP dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Remarque : À ce jour, aucune législation spécifique ne réglemente la présence d'autres types de phtalates dans l'eau embouteillée.

IV.9.4. Réglementation européenne :

Dans l'Union européenne, l'utilisation des phtalates dans les matériaux plastiques en contact avec les aliments est soumise à des restrictions strictes afin de limiter leur migration vers les denrées alimentaires et de réduire les risques pour la santé humaine. Ces substances, employées principalement comme plastifiants, sont réglementées selon des seuils précis de limite de migration spécifique (LMS), définissant les quantités maximales pouvant être transférées aux aliments. Dans certains cas, une limite de migration spécifique totale (LMS-T) est appliquée, prenant en compte la somme de plusieurs phtalates aux propriétés similaires.

Différents phtalates font ainsi l'objet de restrictions spécifiques :

- ❖ **Le Di-n-butyl phtalate (DnBP)** ne peut être utilisé que comme plastifiant dans des matériaux réutilisables destinés aux aliments non gras. Son emploi est également autorisé en tant qu'auxiliaire technologique dans les polyoléfinés, à condition que sa concentration ne dépasse pas 0,05 % dans le produit final. La migration spécifique de ce composé est limitée à 0,3 mg/kg d'aliments.
- ❖ **Le Di(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP)** est réservé aux matériaux réutilisables en contact avec des denrées alimentaires non grasses. Il peut également être utilisé comme auxiliaire technologique, mais avec une concentration maximale de 0,1 % dans le produit final. Sa migration spécifique ne doit pas excéder 1,5 mg/kg d'aliments.
- ❖ **Le Benzyl butyl phtalate (BBP)** est autorisé comme plastifiant dans les matériaux réutilisables et les objets à usage unique en contact avec des aliments non gras. Toutefois, il est interdit pour les préparations destinées aux nourrissons, les préparations de suite, les préparations à base de céréales et les aliments pour jeunes enfants, conformément à la directive 2006/125/CE du Parlement européen et du Conseil. Il peut également être employé comme auxiliaire technologique dans une limite de 0,1 % du produit final. La réglementation européenne fixe une migration spécifique de 30 mg/kg d'aliments pour ce phtalate.
- ❖ **Le Di-allyl phtalate (DAP, CAS : 131-17-9)** fait l'objet d'une restriction stricte avec une limite de migration spécifique fixée à 0,01 mg/kg d'aliments, correspondant à un seuil de détection non dépassable.

- ❖ **Le Diisononyl phtalate (DINP) et le Diisodécyl phtalate (DIDP)** sont soumis à une limite de migration spécifique totale (LMS-T) de 9 mg/kg d'aliments, correspondant à la somme des deux substances. Leur utilisation est autorisée dans les matériaux réutilisables et les objets à usage unique destinés aux denrées alimentaires non grasses, à l'exception des préparations infantiles et des aliments pour jeunes enfants. En tant qu'auxiliaires technologiques, leur concentration ne doit pas dépasser 0,1 % dans le produit final.(76)

Le règlement REACH (*Registration, Évaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), soit en français enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques, est un cadre juridique européen instauré par le règlement (CE) n°1907/2006. Il a pour objectif principal d'assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine et de l'environnement face aux substances chimiques présentes dans les produits manufacturés.

Parmi les substances visées par REACH (Registration, Évaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) figurent plusieurs phtalates largement utilisés dans les matériaux plastiques, notamment le (DEHP), le (DBP), le benzylbutyl phtalate et le (DIBP). Ces composés sont classés comme substances extrêmement préoccupantes (*Substances of Very High Concern – SVHC*) en raison de leurs propriétés reprotoxiques et perturbatrices endocriniennes.

Le règlement REACH (Registration, Évaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) impose une obligation de déclaration et d'information lorsque l'un de ces phtalates est présent dans un article à une concentration supérieure à 0,1 % en poids, ce qui équivaut à 1000 ppm. Cette exigence s'applique à tous les articles plastiques, y compris les emballages alimentaires tels que les bouteilles d'eau en polyéthylène téréphtalate (PET). (99)

V. Dosage et Extraction Des Phtalates

La présence généralisée des phtalates dans l'environnement, leur toxicité avérée, et surtout leurs effets perturbateurs endocriniens potentiels exigent la mise en œuvre de méthodes analytiques fiables, sensibles et spécifiques pour leur identification et leur quantification, même

à l'état de traces.

V.1. Procédés d'Extraction des Phtalates

L'analyse des phtalates dans les matrices alimentaires et les matériaux en contact avec les aliments, tels que les polymères, commence généralement par une étape cruciale : l'extraction. Celle-ci a pour objectif de séparer les phtalates de la matrice solide ou liquide, afin d'enrichir l'échantillon et d'améliorer la détection instrumentale. Le choix de la méthode d'extraction dépend de la nature de la matrice, de la concentration des composés cibles, ainsi que des ressources disponibles.

V.1.1. Extraction Liquide-Liquide (LLE)

La technique LLE repose sur le transfert des analytes entre deux phases liquides non miscibles, souvent une phase aqueuse et une phase organique. Dans le cas des phtalates, des solvants organiques non polaires comme le dichlorométhane ou le n-hexane sont fréquemment utilisés. Après plusieurs cycles d'extraction, la phase organique est séchée (généralement avec du sulfate de sodium anhydre) puis concentrée par évaporation. La LLE présente l'avantage d'être simple, économique, et de permettre une récupération élevée des PAE (96, 97). Toutefois, elle est consommatrice en solvants et sujette à un risque accru de contamination.

V.1.2. Extraction en Phase Solide (SPE)

La SPE consiste à adsorber les analytes sur un support solide conditionné, puis à les désorber à l'aide d'un solvant. Les supports les plus courants sont à base de silice C18 ou de polymères comme le polystyrène-divinylbenzène (PS-DVB). Cette méthode présente l'avantage d'une consommation réduite de solvants, d'un meilleur rendement pour des échantillons multiples, mais elle peut souffrir d'un manque de reproductibilité et d'un coût plus élevé des cartouches. (52)

V.1.3. Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)

La SPME est une technique innovante basée sur l'adsorption directe des composés

volatils ou semi-volatils sur une fibre recouverte d'un polymère. Cette fibre peut être plongée directement dans l'échantillon (extraction directe) ou exposée à l'espace de tête (headspace) pour capter les composés volatils. La méthode est simple, presque sans solvant et facilement automatisable. Toutefois, le coût élevé des fibres, leur durée de vie limitée et une reproductibilité parfois faible limitent son usage généralisé. (52)

V.2. Méthodes Instrumentales de Détection

Une fois les phtalates extraits, diverses techniques chromatographiques permettent leur séparation et leur quantification.

- **Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (GC-MS)** : Méthode de référence pour l'analyse des phtalates, la GC-MS combine la puissance séparative de la chromatographie en phase gazeuse avec la sensibilité et la sélectivité de la spectrométrie de masse (96). Les composés volatilés sont séparés selon leur affinité pour la phase stationnaire de la colonne, puis fragmentés dans la source d'ionisation du spectromètre. Les fragments ionisés sont ensuite détectés, amplifiés et interprétés pour l'identification et la quantification des analytes(52).

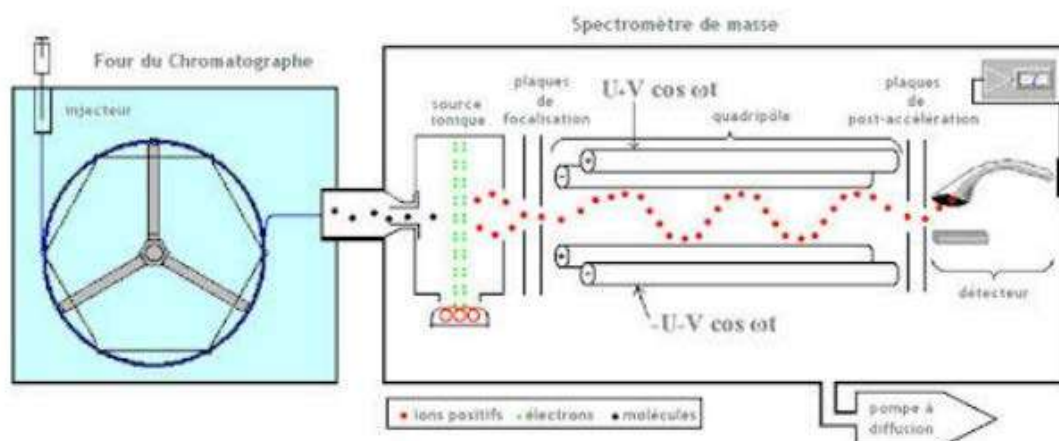


Figure 17: Le principe de CPG-SM



Figure 18: Exemple d'un appareil CPG-SM

- **Autres techniques** : Bien que des méthodes comme la GC-FID (détection par ionisation de flamme) ou la GC-ECD (détection par capture d'électrons) soient utilisées, elles offrent généralement une sensibilité moindre. Pour l'analyse des métabolites hydrophiles des phtalates, la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS) est également recommandée. (52)

Partie Pratique

I. Objectifs de l'étude

I.1. Objectif principal

- Évaluer la présence et la concentration des phtalates dans les emballages plastiques en PET des eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie.

I.2. Objectif secondaire

- Évaluer la présence et la concentration des phtalates dans les des eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie.
- Évaluer l'impact de la teneur en phtalates dans l'emballage plastique sur la concentration de ces composés détectée dans les eaux de boisson embouteillées commercialisées en Algérie.

II. But de l'étude

- Évaluer les risques sanitaires potentiels associés à l'utilisation du plastique PET dans l'emballage des eaux de boisson embouteillées en Algérie

III. Matériel et méthodes :

III.1. Type, lieu et calendrier d'étude :

C'est une **étude expérimentale** menée au niveau du laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie du département de pharmacie de la Faculté de Médecine de Tlemcen, durant la période allant d'octobre 2024 à juillet 2025.

III.2. Échantillonnage :

III.2.1.Échantillon d'étude :

- Emballages en PET des eaux embouteillées commercialisées en Algérie

III.2.1.1. Critères d'inclusion :

- Bouteilles d'eau en PET de format standard (1,5 L), commercialisées en Algérie.
- Bouteilles d'eau intactes, sans altérations visibles.
- Bouteilles présentant un étiquetage conforme, lisible et comportant les informations essentielles.

III.2.1.2. Critères de non-inclusion :

- Bouteilles d'eau gazeuse.
- Bouteilles d'eau en PET non fabriquées en Algérie.

III.2.1.3. Critères d'exclusion :

- Bouteilles d'eau en PET de format (0.33 L, 0.5 L, 6 L).

III.2.2.Stratégie d'échantillonnage des matériaux plastiques issus des bouteilles d'eau embouteillée en Algérie :

Dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage des bouteilles d'eau en PET a été structuré de manière à couvrir l'ensemble du territoire algérien, en tenant compte des principales régions géographiques : nord, sud, est et ouest. Les échantillons ont été collectés auprès de grossistes répartis dans ces différentes zones, afin d'assurer une représentativité adéquate des marques les plus commercialisées au niveau national. Cette approche a permis de cibler les bouteilles distribuées à grande échelle sur le marché algérien. Seuls les matériaux polymériques constituant les bouteilles, indépendamment de leur contenu en eau, ont été retenus pour les analyses en laboratoire.

Aucun conflit d'intérêt n'existe entre les marques échantillonnées et les auteurs de cette

étude.

III.2.3. Source d'information et stratégie de recherche :

Une recherche documentaire structurée a été réalisée dans trois bases de données scientifiques : PubMed, ScienceDirect et Google Scholar, à l'aide de mots-clés pertinents en lien avec le thème de l'étude. Parmi ceux-ci figurent : Phtalates, DEHP, DBP, Eau embouteillée, Emballages plastiques, Migration chimique, Polyéthylène téréphtalate (PET), Sécurité sanitaire, Analyse GC-MS et Algérie.

III.3. Partie expérimentale :

III.3.1. Détermination du type de plastique par spectroscopie infrarouge (IR) :

L'identification des polymères constituant les bouteilles d'eau et leurs bouchons a été réalisée par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en mode réflexion totale atténuée (ATR-FTIR). Cette méthode repose sur l'absorption sélective du rayonnement infrarouge par les liaisons chimiques présentes dans la structure moléculaire des matériaux polymériques. Chaque type de liaison vibre à une fréquence spécifique, générant des bandes d'absorption caractéristiques qui permettent d'identifier qualitativement les polymères.

L'analyse a été effectuée à l'aide d'un spectromètre *Shimadzu IRSpirit-QATR-S*, configuré pour enregistrer les spectres dans une plage de longueurs d'onde comprise entre 4000 cm^{-1} et 400 cm^{-1} . Le recours à la technologie ATR permet une acquisition directe des spectres sans préparation préalable des échantillons, tout en assurant une résolution optimale adaptée à l'analyse des matériaux solides.

L'interprétation des spectres a été menée en comparant les résultats obtenus aux spectres de référence contenus dans la base de données intégrée au logiciel *LabSolutions IR*. L'identification des polymères s'est fondée sur l'observation de bandes d'absorption associées à des groupes fonctionnels spécifiques. À ce titre :

- Le **polyéthylène (PE)** présente des bandes caractéristiques situées autour de 2915 cm^{-1} et 2849 cm^{-1} , correspondant aux vibrations d'élongation des liaisons C-H.

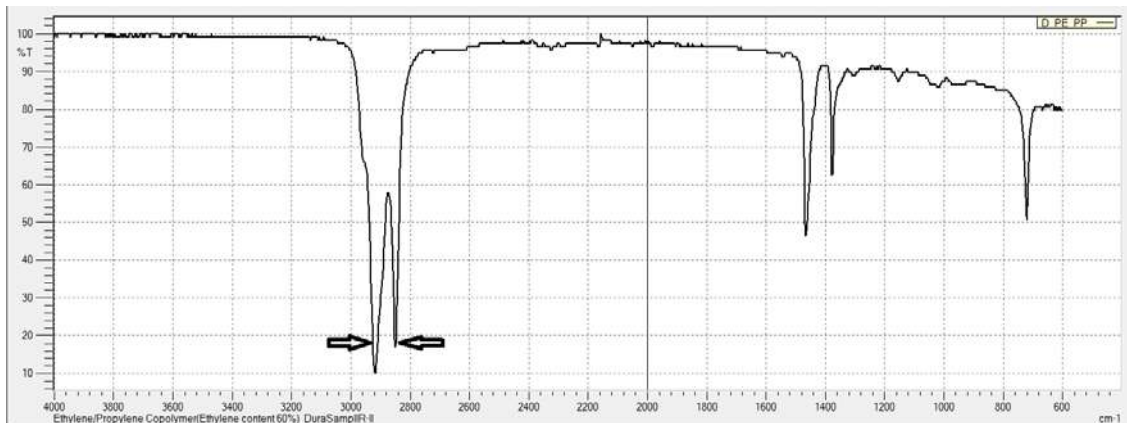


Figure 19 : Spectre d'infrarouge d'un échantillon du PEHD (bouchon)

- Le **polypropylène (PP)** se distingue par des bandes vers 2950 cm^{-1} , 1455 cm^{-1} et 1375 cm^{-1} , attribuées aux vibrations des groupes méthyle (CH_3) et méthylène (CH_2).
- Le **polychlorure de vinyle (PVC)** est reconnu par des bandes localisées aux environs de 1427 cm^{-1} , 1250 cm^{-1} et 690 cm^{-1} , liées aux vibrations des liaisons C-Cl.
- Le **polyéthylène téréphtalate (PET)** est identifiable par une bande intense aux alentours de 1715 cm^{-1} , associée au groupement carbonyle ($\text{C}=\text{O}$) des fonctions esters, ainsi que par des bandes secondaires observées à 1240 cm^{-1} et 1090 cm^{-1} , correspondant aux vibrations des liaisons C-O.

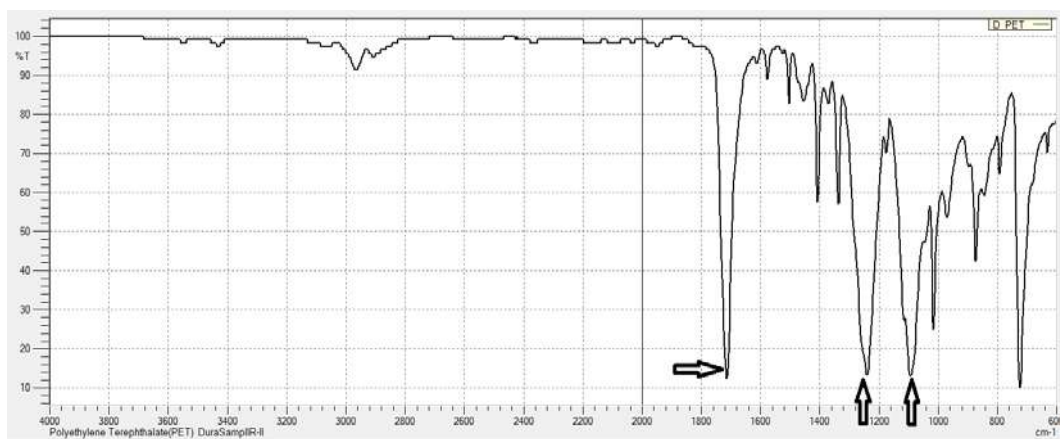


Figure 20: spectre d'infrarouge d'un échantillon du PET

La préparation des échantillons a été réalisée selon un protocole strict, des fragments ont été prélevés exclusivement à partir des parois des bouteilles, tandis que les bouchons ont été

analysés dans leur intégralité, sans découpe, afin de préserver leur intégrité structurelle.

Tous les éléments ont été soigneusement nettoyés afin d'éliminer toute trace de contamination ou de résidus pouvant interférer avec l'analyse spectroscopique.

Chaque échantillon a ensuite été placé sur le cristal ATR, avec application d'une pression contrôlée pour assurer un contact optimal entre la surface du matériau et le détecteur infrarouge.

Les spectres obtenus ont été comparés aux profils de référence de la base de données, permettant une identification fiable, reproductible et conforme aux exigences analytiques en vigueur pour la caractérisation des matériaux polymériques.



Figure 21: Appareil FTIR-ATR utilisé pour l'identification des matériaux plastiques

III.3.2. Mesure de l'épaisseur du plastique :

L'épaisseur du plastique constituant les bouteilles d'eau a été mesurée pour chaque échantillon à l'aide d'un pied à coulisse numérique, préalablement calibré. Plusieurs points ont été mesurés sur chaque bouteille afin d'obtenir une valeur représentative.

Pour chaque marque, une moyenne a été calculée et exprimée en millimètres.



Figure 22 : Pied à coulisse digital

III.3.3. Dosage des phtalates :

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation s'est concentrée sur deux phtalates spécifiques fréquemment utilisés comme plastifiants dans les matériaux d'emballage, en particulier les bouteilles d'eau en plastique. Il s'agit de :

- **Le dibutyl phtalate (DBP)**
- **Le bis(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP)**

Ces composés ont été sélectionnés en raison de leur forte prévalence dans les polymères tels que le polyéthylène téréphtalate (PET) et le polyéthylène haute densité (PEHD), ainsi que de leur toxicité documentée, notamment en tant que perturbateurs endocriniens.

L'analyse a été réalisée sur des échantillons de bouteilles en plastique et les bouchons provenant de différentes marques d'eau embouteillée commercialisées en Algérie. Après une étape d'extraction appropriée, chaque échantillon a été soumis à une quantification instrumentale par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), méthode reconnue pour sa sensibilité et sa sélectivité dans l'identification des composés organiques à l'état de traces.

III.3.3.1. Verreries :

Afin de garantir que les phtalates détectés au cours de l'analyse proviennent exclusivement des matériaux plastiques étudiés, toutes les manipulations ont été réalisées en évitant l'utilisation de tout équipement en plastique susceptible d'introduire des contaminants externes.

La verrerie employée a été soumise à un protocole de nettoyage rigoureux avant chaque utilisation. Chaque élément a été rincé successivement trois fois avec du méthanol, trois fois avec de l'acétone, puis trois fois avec du dichlorométhane.

Ce processus a pour objectif d'éliminer toute trace résiduelle pouvant interférer avec les étapes d'extraction et de dosage des phtalates contenus dans les échantillons plastiques analysés.

a. Matériels :

- Agitateur vortex : DAIHAN Scientific VM-10.
- Seringues d'injection manuelle de HAMILTON 100 μ l.
- filtres à membrane en nylon, de porosité 0,45 μ m, adaptés aux seringues.
- Seringues jetables stériles de 10 ml, sans aiguilles.
- Balance OHAUS.
- Bécher gradué en verre borosilicaté de 50 ml (Labbox® LBG 3.3).
- Pipette graduée en verre de 10 ml – J. P. Selecta®.
- Micropipette réglable 100–1000 μ L – SCILOGEX®.
- Bain à ultrasons Fisherbrand Select.
- Lame de bistouri.
- Para film
- Vial jaugée en verre ambré de 2 ml pour GC-MS
- Agitateur magnétique chauffant (VELP Scientifica, modèle ARE)
- Erlenmeyer 100 ml
- Éprouvette graduée 50 ml
- Éprouvette graduée 500 ml
- Ampoule à décanter 1 L
- Bécher graduée 100 ml
- Spatule
- Fiole jaugée en verre 10 ml
- Seringues d'injection manuelle VWR® 10 μ l
- Seringues d'injection manuelle HAMILTON 25 μ l
- Thermomètre
- Porteur
- Support en cuivre
- Générateur d'azote ALLIANCE®

b. Produits chimiques et réactifs :

- Tétrahydrofurane grade HPLC Fisher Scientific®.

- Acétone grade HPLC VWR®.
- Méthanol HPLC VWR®.
- Dichlorométhane grade HPLC VWR®.
- Hexane grade HPLC sigma®.
- Benzoate de benzyle sigma® (> 98%)
- Solution étalon de DBP Dibutyl phtalate sigma® (> 98%) CAS : 84-74-2
- Solution étalon de DEHP Bis(2-ethylhexyl) phtalate sigma® (> 98%) CAS : 117-81-7
- Acétonitrile grade HPLC Sigma®
- Eau ultra pure VWR®
- NaCl (TMMEDIA) – CAS : 7647-14-5
- Sulfate de sodium Honeywell® ($\geq 99.0\%$)

III.3.3.2. Préparations des solutions :

- La solution mère de phtalates :

Une solution mère contenant 10 mg/L de DEHP et de DBP a été préparée dans l'acétonitrile à partir de solutions étalons individuelles, chacune ayant une concentration de 1000 mg/L. Cette solution a servi à la préparation des solutions de travail et des solutions d'étalonnage.

- La solution de travail des phtalates :

La solution de travail a été obtenue par une dilution au 1/10^e de la solution mère, donnant une concentration finale de 1 mg/L (1 ppm) pour chacun des deux phtalates (DEHP et DBP).

- La solution d'étalon interne :

Le benzylbenzoate a été utilisé comme étalon interne. Une solution mère, préparée dans l'acétonitrile à une concentration de 1000 mg/L, a ensuite été diluée afin d'obtenir une solution de travail à 10 mg/L. Cette solution a été ajoutée aux échantillons et aux solutions d'étalonnage, de sorte à atteindre, après dilution, une concentration finale de 1 µg/ml (1 ppm) dans le mélange destiné à l'analyse.

III.3.3.3. Procédure d'extraction :

a. Procédure d'extraction des phtalates à partir du plastique de la bouteille d'eau :

L'extraction des phtalates DEHP et DBP à partir du plastique des bouteilles d'eau a été réalisée par une méthode d'extraction solide-liquide.

Pour chaque marque de bouteilles d'eau analysée, une masse précise de $0,200 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$ de plastique finement découpé a été introduite dans un tube en verre scellable. À cet échantillon, 10 ml de tétrahydrofurane (THF) ont été ajoutés. Le tube a ensuite été placé sur un agitateur magnétique chauffant et maintenu sous agitation constante à une température avoisinant les 25°C pendant 48 heures, afin de garantir la dissolution complète du polymère et de favoriser la libération éventuelle des phtalates contenus dans la matrice plastique.

À l'issue de cette période d'agitation, 10 ml d'hexane ont été ajoutés au mélange, suivis d'une agitation au vortex destinée à induire la précipitation du polymère dissous. Le mélange a ensuite été filtré à travers une membrane en polytétrafluoroéthylène (PTFE) d'une porosité de $0,45 \mu\text{m}$. Le filtrat, limpide et débarrassé des résidus solides, a été recueilli dans un tube en verre propre, sec et exempt de tout contaminant.

Pour l'analyse chromatographique, un volume précis de $900 \mu\text{L}$ du filtrat a été prélevé, puis complété par l'ajout de $100 \mu\text{L}$ d'une solution d'étalon interne, composée de benzybenzoate à une concentration de $10 \mu\text{g/ml}$.

b. Procédure d'extraction des phtalates présents dans l'eau embouteillée :

- L'extraction liquide-liquide était faite selon la méthode de Amiridou. (100)
- Dans une ampoule à décanter de 1L on a introduit 500ml d'eau à analyser, ensuite on a ajouté une cuillère de NaCl dans le but d'améliorer la séparation et $25 \mu\text{l}$ d'étalon interne de 10 ppm.
- Pour chaque 500ml d'eau 50 ml de dichlorométhane a été utilisé.
- On agite vigoureusement pendant 5 min au minium puis on récupère la phase organique sous le sulfate de sodium

- L'opération a été répétée trois fois.

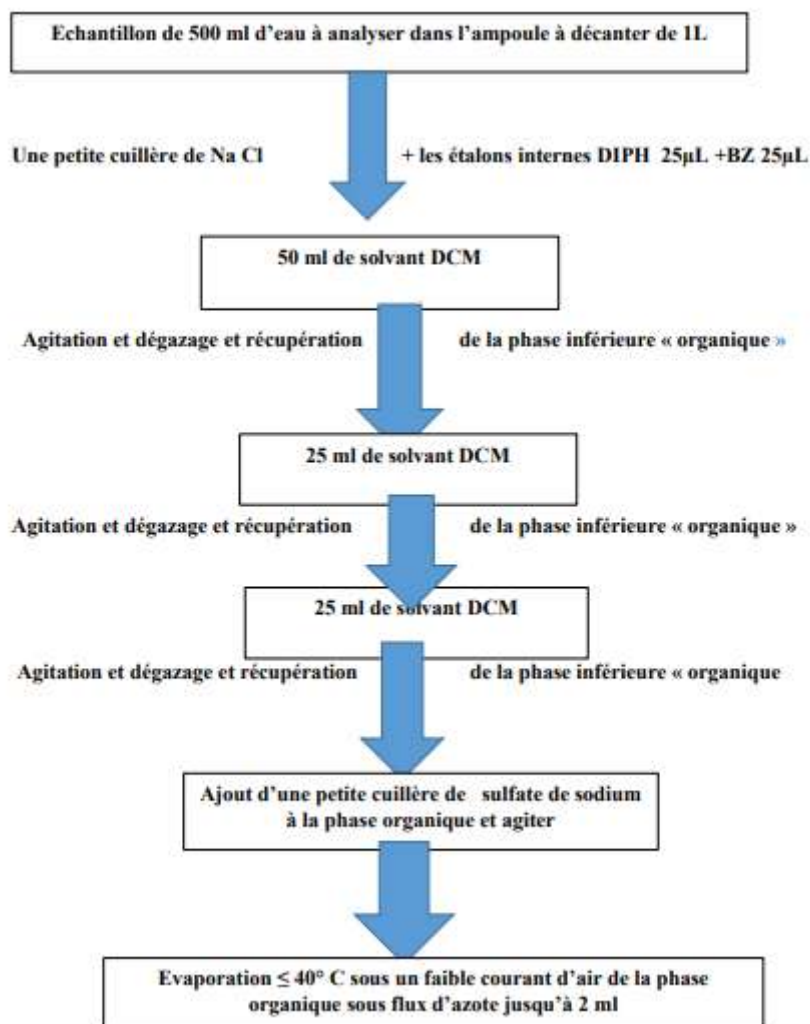


Figure 23: Procédure d'extraction des phtalates présents dans l'eau embouteillée

III.3.4. Instrument d'analyse :

L'échantillon obtenu a été analysé à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS), en utilisant le modèle Nexis GC-2030 de la marque Shimadzu.



Figure 24: Instrument d'analyse la GC-SM

➤ **Conditions analytiques de la GC :**

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

➤ **Programme de four :**

Palier ($^{\circ}$ C /min)	Température ($^{\circ}$ C)	Temps de maintien (min)
Initial	50	1
30	280	0
15	310	10

➤ **Condition de spectrométrie de masse :**

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

➤ **Mode d'acquisition :**

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

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

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

➤ **Paramètres de la méthode SIM :**

	Tr estimée (minute)	Ions correspondants (m/z)
BB (EI)	8,42	91, 105, 194, 212
DEHP	11,27	149, 167, 279
DBP	12,26	149, 205, 223

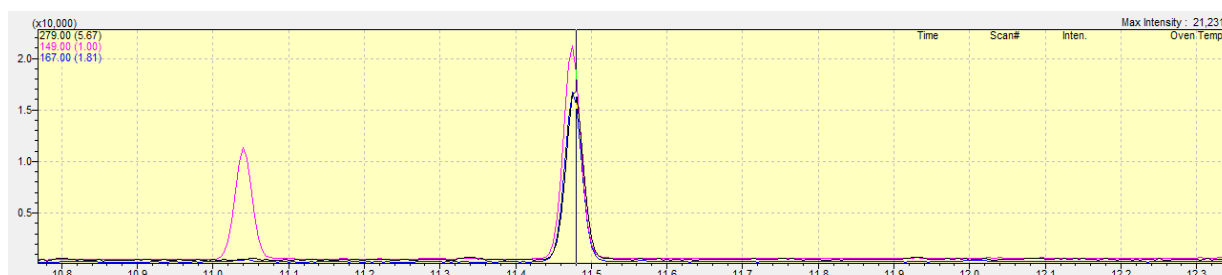


Figure 25 : Chromatogramme des étalons DEHP.

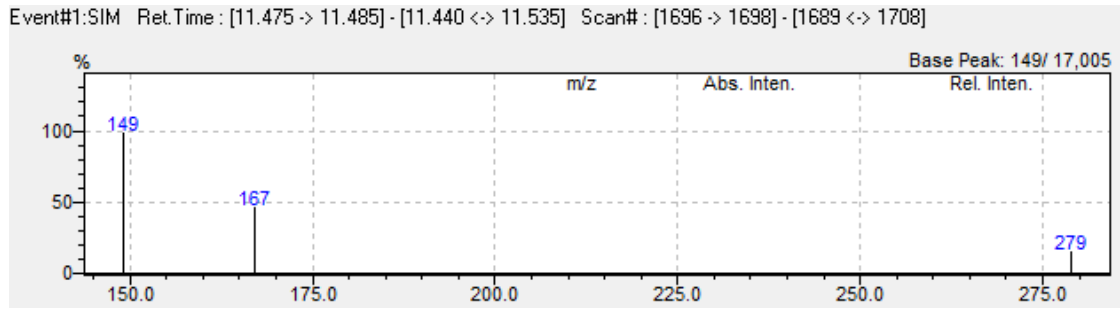


Figure 26: Spectre de masse de DEHP en mode SIM.

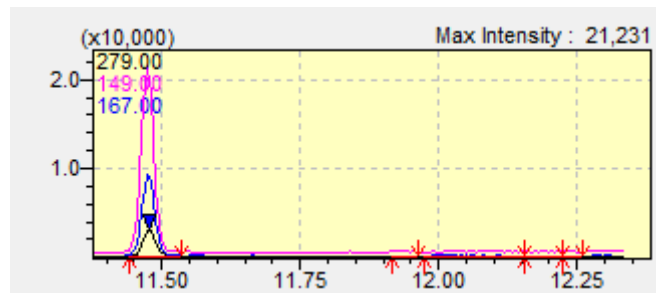


Figure 27: Intégration du pic DEHP

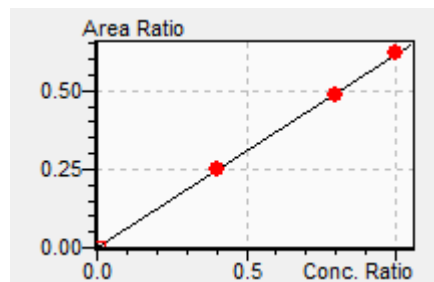


Figure 28: Courbe de réponse DEHP / EI

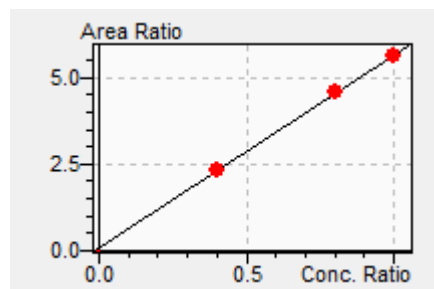


Figure 29: Courbe de réponse DBP / EI

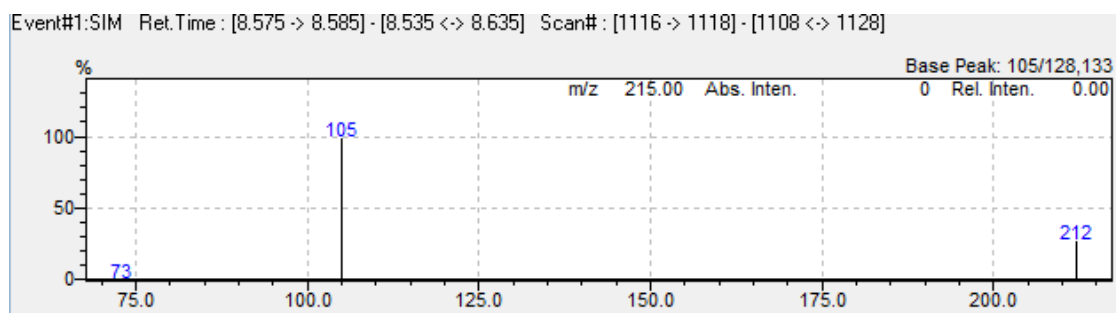


Figure 30: Spectre de masse de Benzyl benzoate .

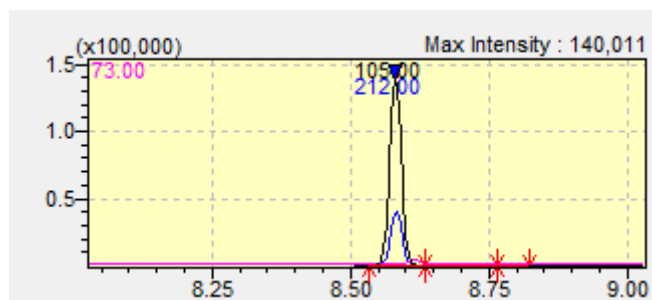


Figure 31: Intégration du pic Benzyl benzoate

III.4. Analyse statistique

III.4.1. Logiciels utilisés

La saisie, la vérification et l'analyse des données ont été effectuées à l'aide des logiciels SPSS (version 21) et Microsoft Excel 2010.

III.4.2. Analyse de la corrélation quantitative

L'étude des relations entre les variables quantitatives a été réalisée à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman (ρ), utilisé pour mesurer la force et le sens de l'association entre deux variables quantitatives non paramétriques.

Les niveaux de signification statistique ont été interprétés comme suit :

- $\rho < 0,01$: corrélation très significative
- $\rho < 0,05$: corrélation significative

III.4.3.Évaluation des différences entre deux variables

Le test de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les concentrations mesurées entre deux groupes, dans le but d'évaluer s'il existe un changement statistiquement significatif entre eux.

IV. Résultat

IV.1. Caractéristiques descriptives :

IV.1.1. Origine naturelle de l'eau embouteillée analysée :

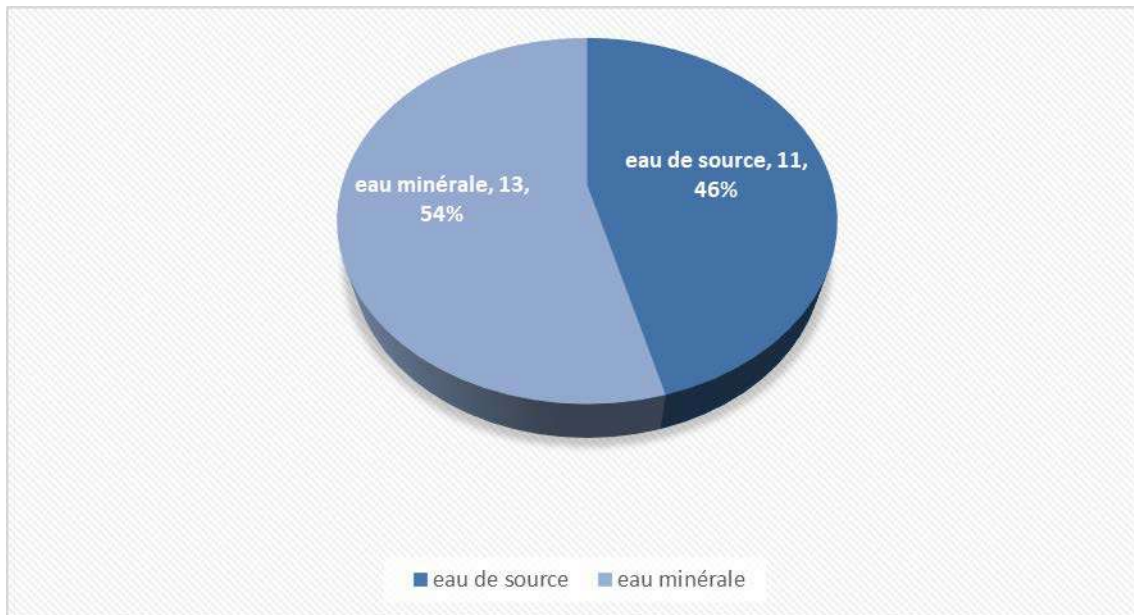


Figure 32: Répartition des marques analysées en fonction de l'origine naturelle de l'eau

- Parmi les vingt-quatre (24) marques analysées, treize (13) correspondent à l'eau minérale, ce qui représente 54 % de l'ensemble, tandis que onze (11) sont des eaux de source, soit 46 %. Cette répartition met en évidence une légère prédominance des eaux minérales dans l'échantillon étudié

IV.1.2. Distribution des échantillons selon la couleur des plastiques issus de bouteilles d'eau :

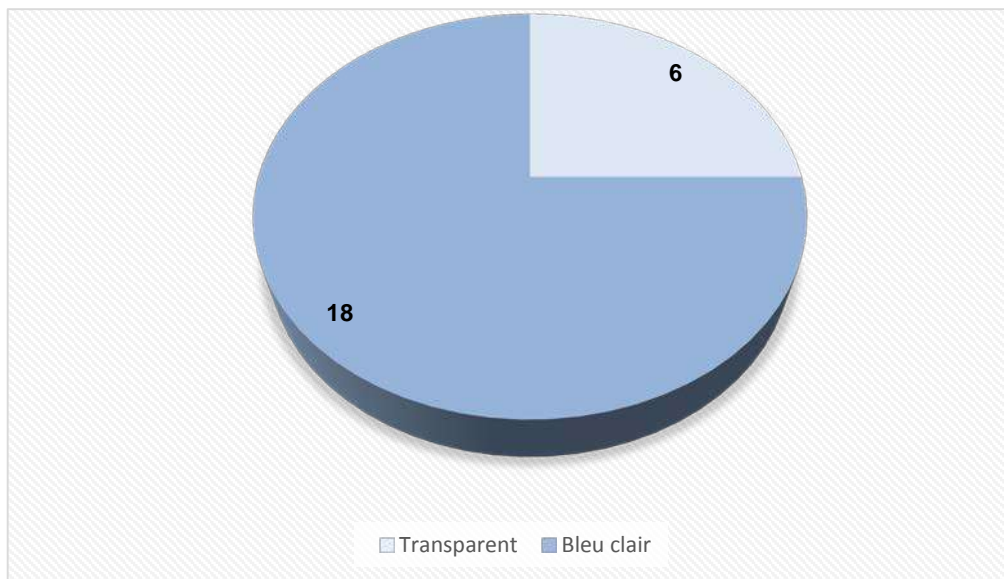


Figure 33 : Répartition des échantillons d'eau en fonction de la couleur du plastique

Les vingt-quatre (24) marques analysées, dix-huit (18) marques (soit 75 %) utilisent un plastique bleu, tandis que six (6) marques (25 %) sont conditionnées dans un plastique transparent. Cette répartition indique une prédominance marquée du plastique coloré dans l'échantillon étudié.

IV.1.3. Évaluation de l'épaisseur de l'emballage plastiques des bouteilles d'eau analysées :

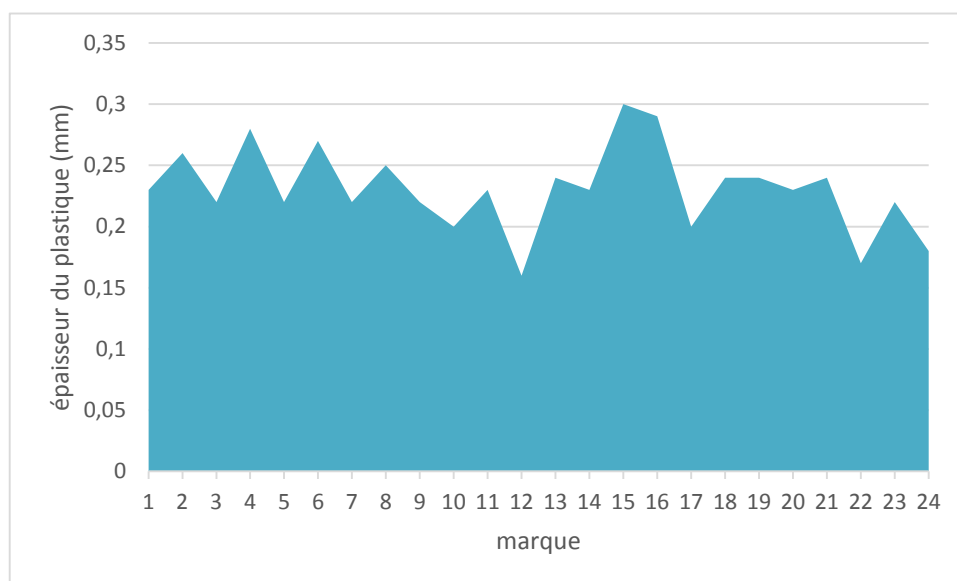


Figure 34: Épaisseur des plastiques au niveau des vingt-quatre (24) marques

Tableau XI : L'épaisseur moyenne de l'emballage plastique des bouteilles d'eau analysées

	N	Minimum	Maximum	Moyenne ± Écart type
Épaisseur (mm)	24	0,16	0,30	0,2308± 0,03463

Une variation d'épaisseur est observée entre l'emballage plastique des vingt-quatre (24) marques des bouteilles d'eau analysées. Les valeurs enregistrées se situent entre environ 0,16 mm et 0,30 mm.

IV.1.4. Score PET % du l’emballage plastique des eaux embouteilles analysées :

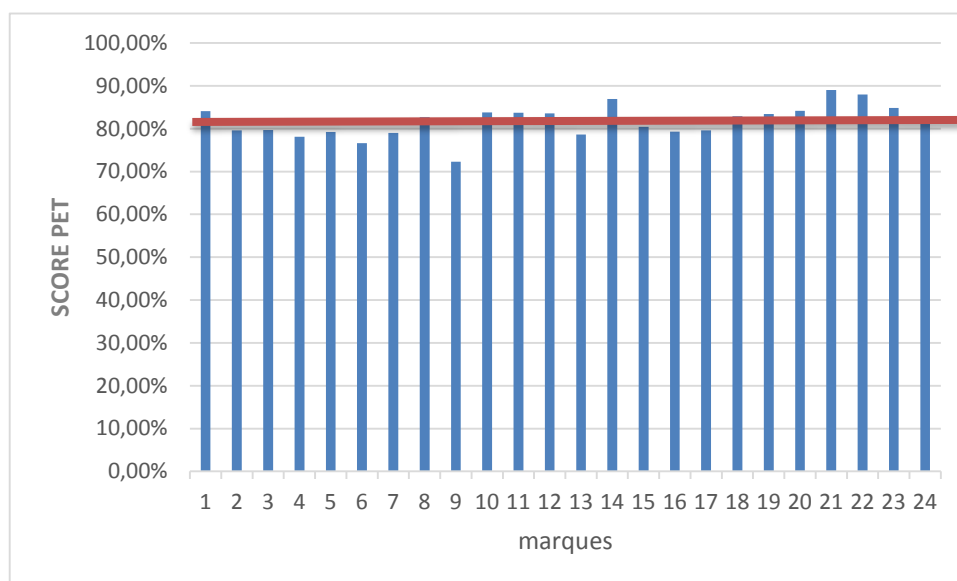


Figure 35 : Variation des scores PET (%) des bouteilles d’eau analysées

- La majorité des marques présentent un score de similitude PET supérieur ou proche de 80 % lors de l’identification par spectroscopie infrarouge.

IV.1.5. Répartition des positions d’indentification de l’emballage plastique comme PET :

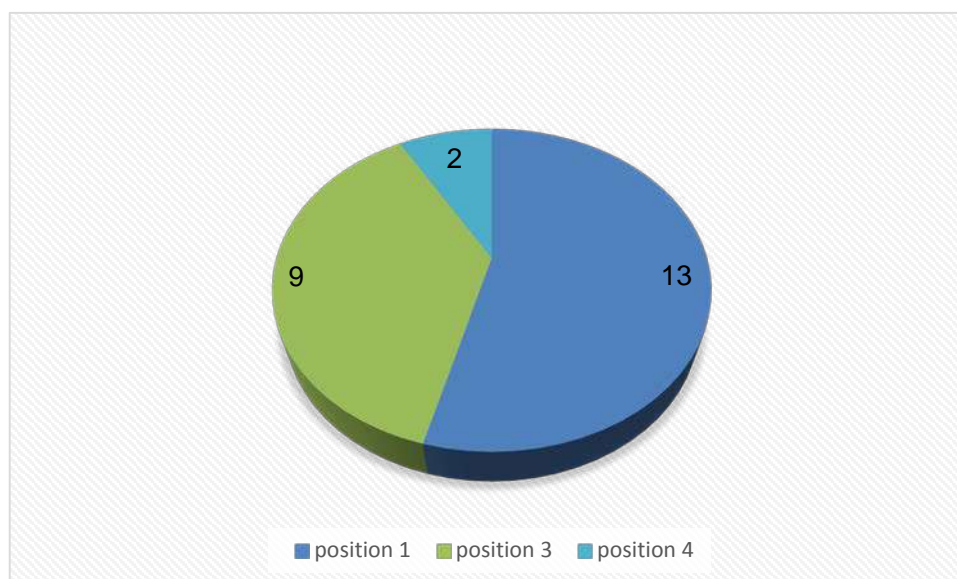


Figure 36 : Répartition des positions des scores d'intensité PET des bouteilles d’eau analysées

Sur les vingt-quatre (24) marques analysées, treize (13) emballages plastiques ont été identifié comme PET en première position, neuf (09) emballages en position 3, et deux (2) en position

4.

IV.1.6. Score PEHD % du bouchon des eaux embouteilles analysées :

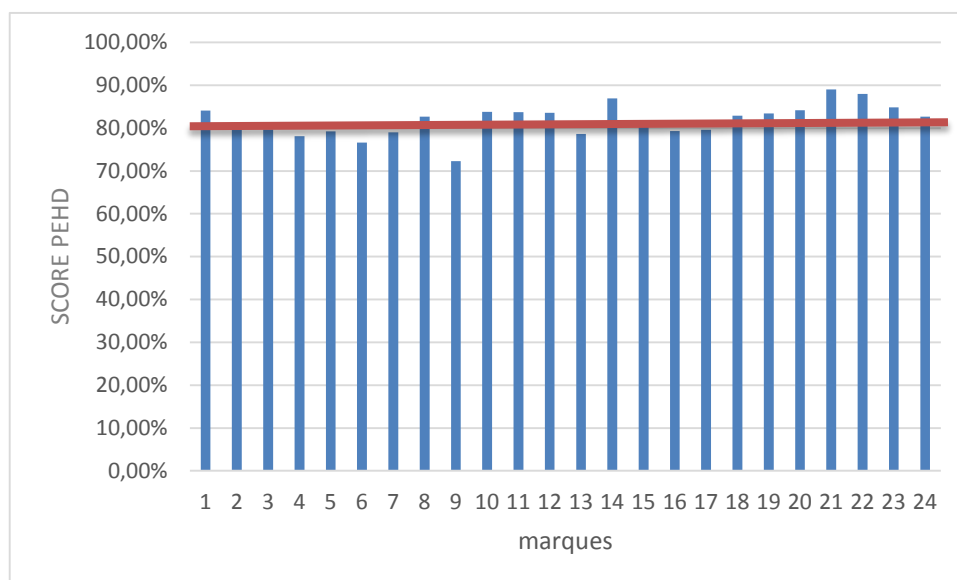


Figure 37 : Variation des scores PEHD (%) des bouchons des bouteilles d'eau analysées

La majorité des marques présentent un score PEHD proche de 80 %, traduisant une forte teneur en polyéthylène haute densité dans les bouchons. Bien que quelques variations soient observées entre les marques, les valeurs restent globalement élevées et relativement homogènes.

IV.1.7. Répartition des positions d'indentification de bouchon des eaux embouteilles comme PEHD :

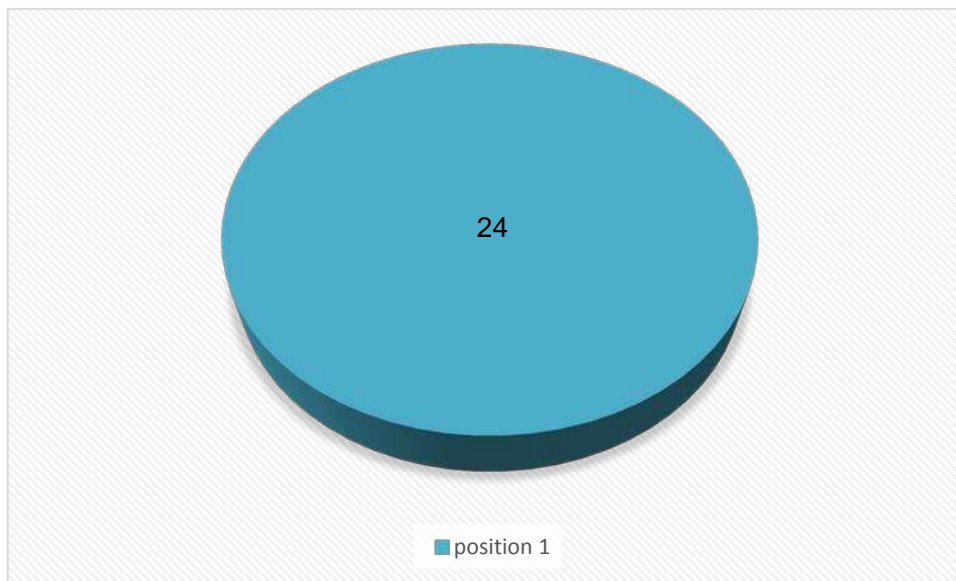


Figure 38 : Répartition des positions des scores d'intensité PEHD (spectroscopie infrarouge) des bouchons des bouteilles d'eau analysées

L'ensemble des vingt-quatre (24) marques analysées présentent un score d'intensité PEHD correspondant à la position un (1). Cette répartition uniforme indique une forte concordance spectrale des bouchons avec le matériau de référence en polyéthylène haute densité, suggérant une composition homogène entre les marques.

IV.2. Résultats de dosage des phtalates

IV.2.1. Teneur moyenne en DEHP dans l'emballage plastique des eaux embouteillées analysées (g%) :

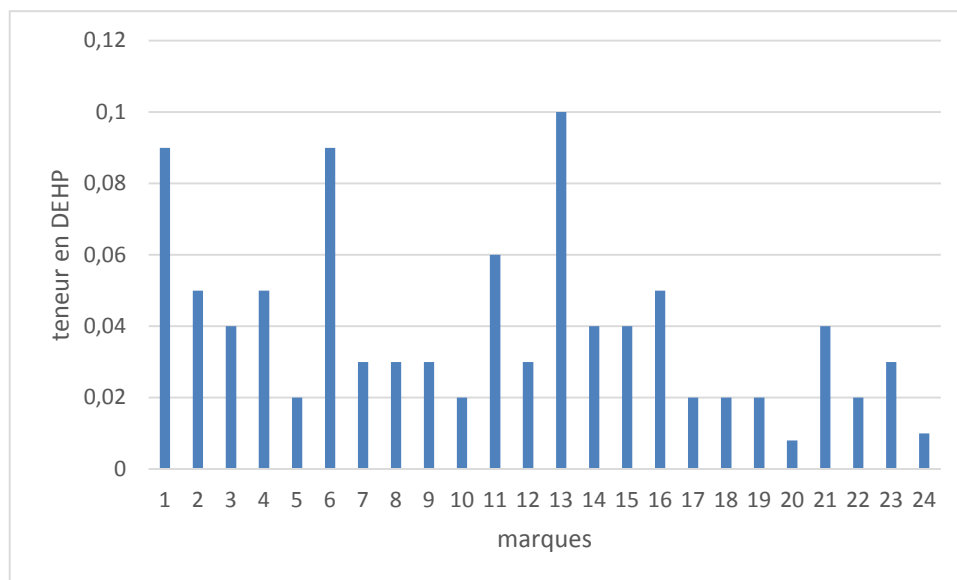


Figure 39 : La teneur en DEHP dans l'emballage plastique des eaux embouteillées analysées (g%)

Pour les vingt-quatre (24) marques analysées, on observe que la teneur en DEHP dans l'emballage plastique varie entre environ 0,005 % de la marque vingt (20) et 0,10 % de la marque treize (13).

IV.2.2. Teneur moyenne en DEHP détecté dans l'eau au niveau de chaque marque analysée :

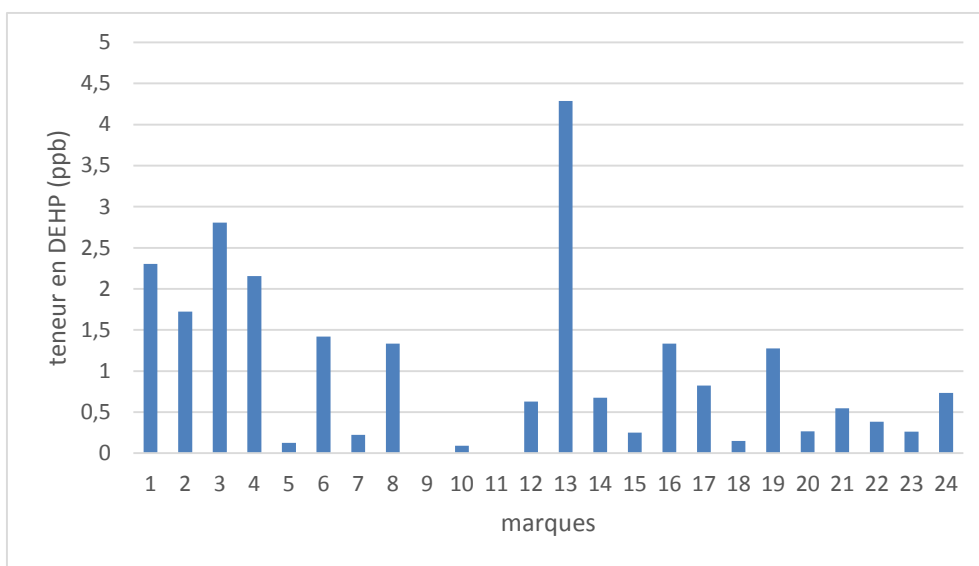


Figure 40 : La teneur en DEHP dans les eaux embouteillées analysées (ppb)

Pour les vingt-quatre (24) marques analysées, on observe que la teneur en DEHP dans l'eau analysée varie entre environ 0ppb pour deux marques neuf (9) et onze (11), et 4.289ppb de la marque treize (13).

IV.2.3. Teneur moyenne en DBP détecté dans l'eau au niveau de chaque marque analysée :

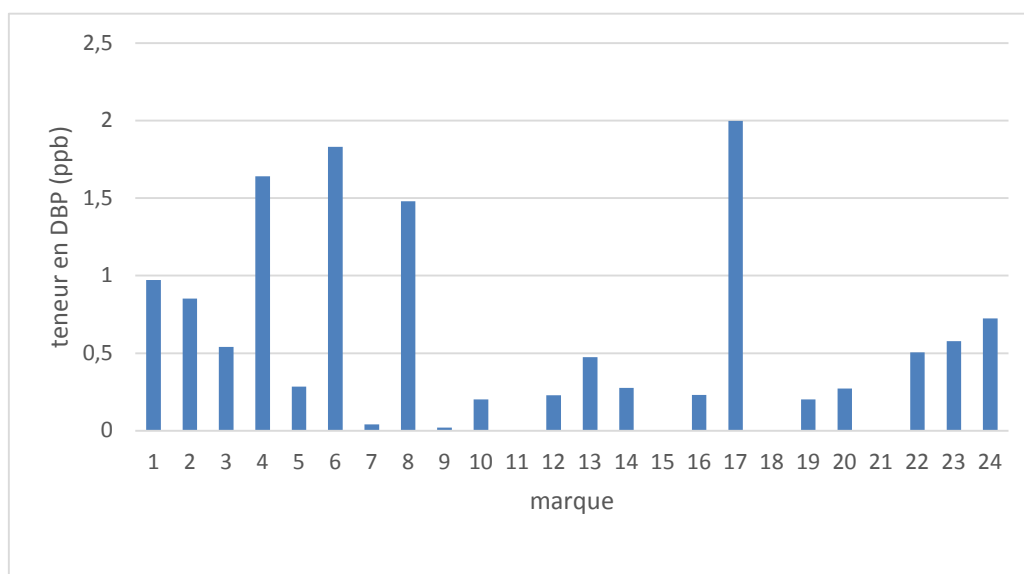


Figure 41 : Répartition des teneurs en DBP détectés au niveau de chaque marque d'eau embouteillée

Pour les vingt-quatre (24) marques analysées, on observe que la teneur en DBP dans l'eau analysée varie entre environ 0ppb pour les marques 11,15,18 et 21, et 2ppb de la marque dix-sept (17).

IV.2.4. Teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'emballage plastique des bouteilles d'eau analysées :

Tableau XII: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'emballage plastique des bouteilles d'eau analysées

	N	Minimum	Maximum	Moyenne ± Ecart type
DEHP plastique (g%)	24	0,01	0,10	0,0391 ± 0,02476
DEHP eau (ppb)	24	0,05	4,32	0,9496 ± 1,1035

La teneur en DEHP dans les plastiques s'étend de 0,01 à 0,10 g %, avec une moyenne de 0,0391 g % ($\pm 0,02476$). Dans l'eau, les concentrations mesurées varient de 0,05 à 4,32 ppb, avec une moyenne de 0,9496 ppb ($\pm 1,1035$).

IV.2.5. Teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de l'origine de l'eau :

Tableau XIII: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de l'origine de l'eau

Origine		DEHP p (g%)	DEHP eau (ppb)	Epaisseur (mm)
Minérale	Moyenne ± Ecart type	0,0406 ± 0,02918	1,3452 ± 1,26398	0,2346 ± 0,02876
	N = 13			
Source	Moyenne ± Ecart type	0,0400 ± 0,02049	0,4821 ± 0,66314	0,2264 ± 0,04154
	N = 11			
Total	Moyenne ± Ecart type	0,0403 ± 0,02504	0,9496 ± 1,10350	0,2308 ± 0,03463
	N = 24			
		<i>P = 0,517</i>	<i>P = 0,046</i>	

Les teneurs moyennes en DEHP dans les plastiques sont très proches entre les deux catégories, avec une moyenne de 0,0406 g % pour les bouteilles d'eau minérale et 0,0400 g % pour celles d'eau de source. En revanche, une différence plus marquée est observée dans l'eau elle-même,

les eaux minérales présentent une concentration moyenne plus élevée (1,3452 ppb) par rapport aux eaux de source (0,4821 ppb). L'épaisseur des plastiques suit une tendance similaire, avec une moyenne légèrement supérieure pour les bouteilles d'eau minérale (0,2346 mm) par rapport à celles d'eau de source (0,2264 mm).

IV.2.6. Teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de la couleur des bouteilles :

Tableau XIV: La teneur moyenne en DEHP dans l'eau et le plastique des bouteilles d'eau analysées en fonction de la couleur des bouteilles

Couleur		DEHP p (g%)	DEHP eau (ppb)	Épaisseur (mm)
Bleu	Moyenne ± Ecart type	0,0400 ± 0,02657	0,9813 ± 1,18566	0,2256 ± 0,03417
Transparent	Moyenne ± Ecart type	0,0363 ± 0,02022	0,8090 ± 0,78317	0,2467 ± 0,03386
Total	Moyenne ± Ecart type	0,0391 ± 0,02476	0,9382 ± 1,08545	0,2308 ± 0,03463
		<i>P = 0,919</i>	<i>P = 0,790</i>	

Les teneurs moyennes en DEHP dans le plastique sont proches pour les deux types de bouteilles, avec 0,0400 g % pour les modèles bleus et 0,0363 g % pour les transparents. De même, les concentrations dans l'eau restent relativement similaires, atteignant 0,9813 ppb pour les bouteilles bleues contre 0,8090 ppb pour les transparentes. En revanche, une différence d'épaisseur est notée : les bouteilles transparentes présentent une valeur moyenne plus élevée (0,2467 mm) que celles de couleur bleue (0,2256 mm).

IV.2.7. Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP de l’emballage plastique et l’épaisseur de la bouteille :

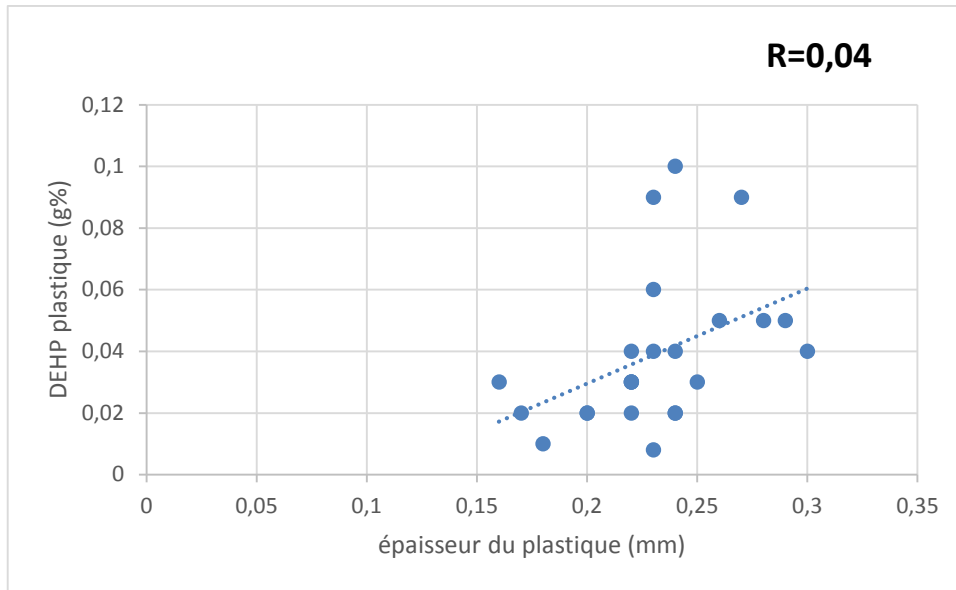


Figure 42 : Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP du matériau plastique et l’épaisseur du plastique de la bouteille

Une corrélation positive significative est observée entre la teneur moyenne en DEHP du l’emballage plastique et l’épaisseur du plastique de la bouteille ($R < 0,05$).

IV.2.8. Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'épaisseur du plastique de la bouteille :

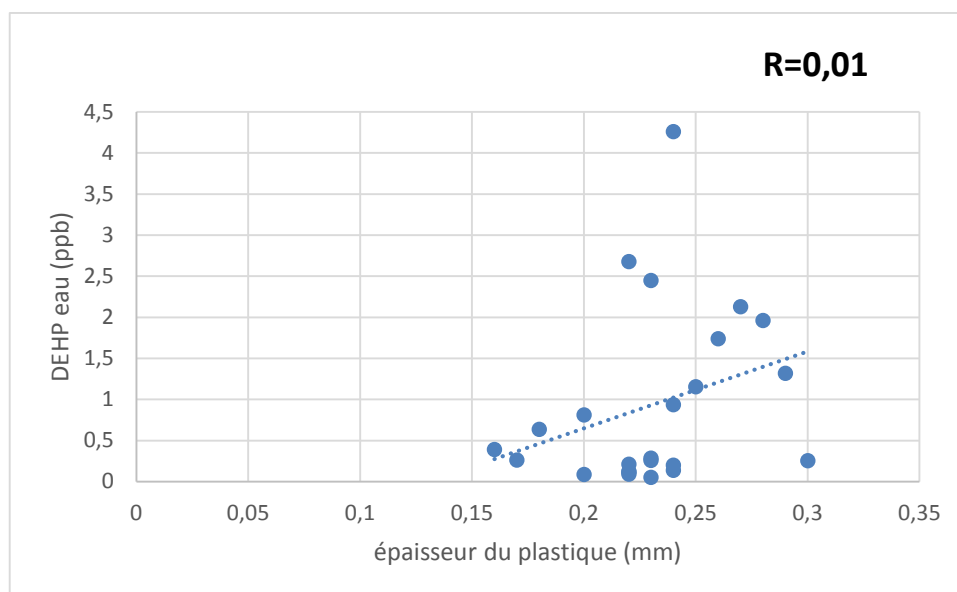


Figure 43 : Corrélation entre la teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'épaisseur du plastique de la bouteille

Une corrélation positive très significative est observée entre la teneur moyenne en DEHP dans l'eau et l'épaisseur du plastique de la bouteille ($R < 0,05$).

IV.2.9. Corrélation entre la teneur en DEHP du plastique des bouteilles et la concentration en DEHP de l'eau embouteillée :

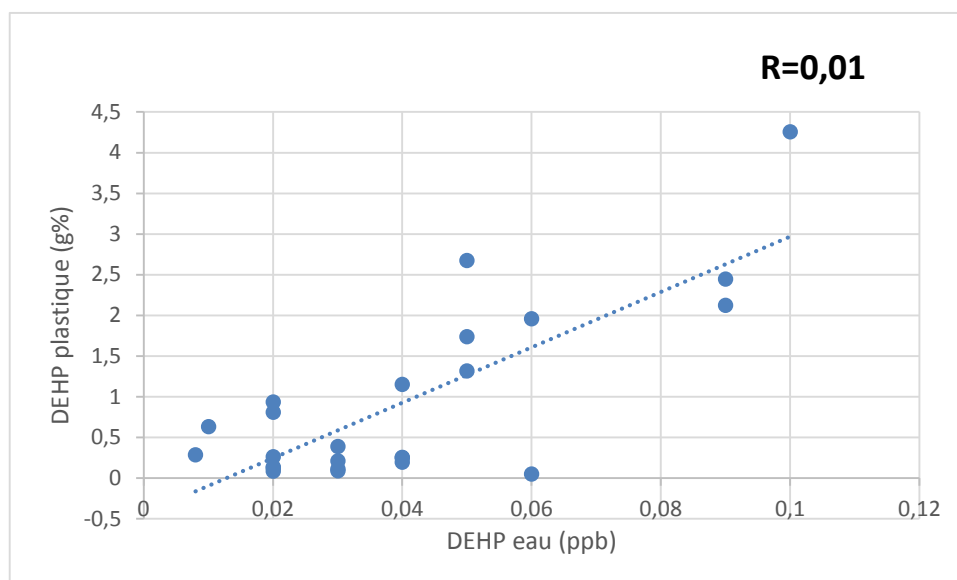


Figure 44 : Corrélation entre la teneur en DEHP du plastique des bouteilles et la concentration en DEHP de l'eau embouteillée

Une corrélation positive très significative est observée entre la teneur en DEHP du plastique des bouteilles et la concentration en DEHP de l'eau embouteillée ($R < 0,05$).

V. Discussion

Cette étude vise à évaluer les risques sanitaires potentiels associés à l'utilisation du plastique PET dans l'emballage des eaux de boisson embouteillées en Algérie.

L'emballage plastique constituant les bouteilles représente la source principale de contamination par les phtalates. En effet, les polymères utilisés dans l'emballage alimentaire, ainsi que les additifs qu'ils contiennent, peuvent migrer vers le contenu liquide sous certaines conditions, notamment une élévation de la température ou une contrainte mécanique, cette migration est susceptible d'altérer les caractéristiques organoleptiques de l'eau, mais surtout de représenter un risque pour la santé humaine si les concentrations dépassent les limites réglementaires ou toxicologiques. Les esters de l'acide phtalique ainsi que les adipates figurent parmi les composés les plus préoccupants à cet égard. Ces molécules sont identifiées actuellement comme des perturbateurs endocriniens (PE), pouvant interférer avec le système hormonal, affecter la reproduction ou même induire des effets cancérigènes. (101)

Un échantillonnage aléatoire a été effectué auprès de divers grossistes en eaux embouteillées (format 1,5 L), répartis sur l'ensemble du territoire national. Les prélèvements ont été réalisés de manière à garantir une représentativité nationale des marques d'eaux disponibles sur le marché algérien. Les échantillons ont été choisis de façon aléatoire parmi les produits disponibles au moment de l'achat chez les distributeurs, afin de refléter fidèlement la diversité des marques commercialisées.

Au total, vingt-quatre (24) marques d'eau embouteillée, codées de 1 à 24, ont été récoltées dans le cadre de cette étude. Leur classification selon l'origine naturelle de l'eau a permis de distinguer deux grandes catégories : les eaux minérales et les eaux de source. La répartition obtenue indique que treize (13) marques, soit 54 %, correspondent à des eaux minérales, tandis que onze (11) marques, soit 46 %, sont des eaux de source.

Cette légère prédominance des eaux minérales dans l'échantillon analysé reflète probablement une tendance observée sur le marché national algérien, où ce type d'eau est souvent plus valorisé par les consommateurs pour sa richesse en minéraux et sa stabilité

physico-chimique. Elle peut également être liée aux préférences des distributeurs ou à la disponibilité plus importante de ces produits dans les circuits de commercialisation retenus pour l'échantillonnage.

En Arabie saoudite, AL-Saleh et al. (2011) ont sélectionné 10 marques parmi les eaux embouteillées les plus consommées pour un échantillon total de 150 bouteilles. Elles ont été achetées auprès des supermarchés. Le même mode d'échantillonnage a été adopté par Ghad.(2018) et al et Xiangqin et al. (2019) respectivement en Egypte et en Chine. Ils ont tous prélevé un seul format de bouteille. Au niveau de l'étude réalisée par Guart et al. (2014) en Espagne, l'échantillonnage était plus exhaustif avec un total de 224 bouteilles de différentes marques et de différents formats. Seule Jeddi et al. (2015) en Iran a procédé à un échantillonnage au niveau des unités de productions d'eau ce qui a permis de contrôler l'eau embouteillée à la sortie de l'usine, chose qui n'était pas possible pour nous à cause du refus de plusieurs producteurs à adhérer à notre étude. (103, 106, 108, 109)

Les bouteilles collectées ont ensuite été transportées au laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie du département de pharmacie de la Faculté de Médecine de l'Université de Tlemcen, où elles ont été utilisées pour l'analyse de deux phtalates ciblés : le di(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP) et le dibutylphtalate (DBP). Le choix de ces composés repose à la fois sur leur usage fréquent dans les emballages plastiques et sur leur implication toxicologique reconnue.

Le DEHP est réglementé dans plusieurs juridictions : l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la République populaire de Chine fixent une limite maximale dans l'eau potable à 8 µg/L, tandis que l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA) établit une valeur de 6 µg/L. Le DBP, quant à lui, est réglementé par l'USEPA avec une limite de 6 µg/L dans l'eau potable, bien qu'il ne soit pas pris en compte dans les recommandations actuelles de l'OMS.

Par ailleurs, les phtalates DEHP, DBP et BBzP sont classés parmi les Substances extrêmement préoccupantes (SVHC) dans le cadre du règlement européen *REACH* (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), en raison de leur toxicité pour la reproduction et de leur potentiel effet perturbateur endocrinien. Leur

concentration dans les matériaux plastiques destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires ne doit pas dépasser 0,1 % en poids, soit l'équivalent de 1 000 ppm. Au-delà de ce seuil, leur usage est restreint et soumis à autorisation dans l'Union européenne.

Il convient de noter toutes les bouteilles analysées étaient fabriquées en polyéthylène téréphtalate (PET) mentionné par le fabricant sur la face extérieur des fonds des bouteilles par le triangle de Möbius ou par l'abréviation PET sur l'étiquette ou une des faces de la bouteille, conformément aux normes en vigueur en Algérie. Cette exigence est décrite dans le **Décret exécutif n° 90-367 du 10 novembre 1990**, relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires. Ce cadre réglementaire vise à garantir que les matériaux utilisés pour l'emballage ne présentent aucun risque pour la santé humaine et assurent la compatibilité des emballages plastiques avec un usage alimentaire conforme aux exigences sanitaires nationales.

La confirmation du type de plastique constituant les bouteilles d'eau analysées a été réalisée par spectroscopie infrarouge, une technique analytique performante reposant sur l'absorption des vibrations moléculaires caractéristiques des liaisons chimiques présentes dans les polymères. Cette méthode s'intègre aisément dans l'analyse des emballages plastiques en raison de ses nombreux avantages : elle est rapide, non destructive, et permet une confirmation fiable grâce à une base de données spectrale intégrée à l'équipement utilisé. (102)

La majorité des échantillons analysés présentent un score de similarité PET supérieur ou proche de 80 %. Toutefois, chaque marque affiche une intensité de similarité variable, et le PET n'apparaît pas systématiquement en première position. En effet, treize (13) emballages plastiques ont été identifiés comme PET en première position, neuf (9) en troisième position, et deux (2) en quatrième position.

Cette répartition révèle une diversité dans la composition du PET, ce qui laisse supposer des différences entre les unités de production des emballages plastiques d'eau embouteillée. Elle suggère également que les procédés de fabrication, ou encore l'origine des matières premières utilisées, ne sont pas uniformes d'une marque à l'autre.

La majorité des marques présentent un score PEHD proche de 80 %, traduisant une forte teneur en polyéthylène haute densité dans les bouchons. Bien que de légères variations soient observées entre les marques, les valeurs restent globalement élevées et relativement homogènes. L'ensemble des 24 marques analysées présentent un score d'intensité PEHD correspondant à la position 1 dans le classement des polymères identifiés. Cette répartition uniforme indique une forte concordance spectrale avec le matériau de référence, suggérant une composition homogène des bouchons entre les différentes marques.

L'épaisseur du matériau plastique constituant les bouteilles analysées a été mesurée en millimètres à l'aide d'un pied à coulisse numérique et préalablement calibré, instrument de précision couramment utilisé pour les mesures de faible dimension. Pour chaque marque, plusieurs mesures ont été effectuées à différents points de la paroi, puis la moyenne a été calculée afin d'obtenir une valeur représentative. Les résultats montrent une variation d'épaisseur allant de 0,16 mm à 0,30 mm, reflétant des différences d'ordre technique ou industriel selon les fabricants.

Une étude comparable réalisée en Chine par l'équipe de Xiangqin Xu et ses collaborateurs ont également mis en évidence une hétérogénéité dans l'épaisseur des bouteilles en PET, avec des valeurs comprises entre 0,12 mm et 0,35 mm, ce qui indique que cette variabilité est fréquemment observée à l'échelle internationale. (103)

Au niveau de notre étude, la couleur des bouteilles a également été prise en compte comme critère de caractérisation. L'enregistrement de cette caractéristique a permis de répartir les échantillons en deux catégories : 6 marques utilisaient des bouteilles en plastique transparent, contre 18 en plastique bleu clair. À titre de comparaison, l'échantillon étudié par Xu et ses collaborateurs comprenait 6 bouteilles transparentes et 4 bouteilles bleues, indiquant une répartition plus équilibrée. (103)

Le recours fréquent au plastique bleu semble refléter une tendance adoptée par les fabricants locaux, dans le but de s'aligner sur les codes visuels couramment utilisés dans le secteur de l'eau embouteillée. La couleur bleue est en effet largement perçue comme un symbole de fraîcheur et de pureté, ce qui en fait un choix stratégique pour le conditionnement,

bien que cette caractéristique ne soit pas directement liée à des critères de sécurité ou de qualité du matériau d'emballage.

Par la suite, une analyse des phtalates a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) au sein du laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie du département de pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen. La GC-MS constitue une méthode de référence pour l'identification et la quantification des composés organiques volatils et semi-volatils, en particulier les phtalates. Cette technique est largement reconnue dans la littérature scientifique comme l'une des plus fiables et les plus sensibles pour ce type d'analyse, aux côtés de la chromatographie en phase liquide à haute performance couplée à la spectrométrie de masse (HPLC-MS). (104)

La chromatographie en phase gazeuse (GC) permet de séparer les différents composés présents dans un échantillon en fonction de leur volatilité et de leur interaction avec la phase stationnaire de la colonne chromatographique. Une fois séparés, les composés sont introduits dans le spectromètre de masse (MS), qui les ionise et les fragmente, permettant leur identification précise selon leur rapport masse/charge (m/z). L'association de ces deux techniques assure une grande spécificité, une sensibilité élevée et une excellente reproductibilité, rendant la GC-MS particulièrement adaptée à l'analyse des phtalates dans les matrices environnementales et alimentaires.

Concernant la procédure d'extraction des phtalates à partir des matériaux plastiques des bouteilles, une extraction solide-liquide a été mise en œuvre. Le solvant utilisé est le tétrahydrofurane (THF), un solvant organique polaire couramment utilisé pour dissoudre les polymères plastiques. Les morceaux de plastique découpés ont été mis en contact avec le THF afin d'extraire les phtalates incorporés dans la matrice plastique. Cette méthode permet d'obtenir un extrait liquide contenant les composés cibles, prêt à être injecté en GC-MS après une éventuelle filtration.

Pour l'extraction des phtalates présents dans l'eau embouteillée, une extraction liquide-liquide a été réalisée en utilisant le dichlorométhane (DCM) comme solvant extracteur. Ce solvant, de densité supérieure à l'eau et à forte affinité pour les composés organiques apolaires

comme les phtalates, permet une séparation efficace de ces derniers à partir de la phase aqueuse. Après agitation et séparation des phases, l'extrait organique est récupéré et concentré, puis analysé par GC-MS. Cette méthode est simple, efficace, et largement utilisée dans les protocoles d'analyse des contaminants organiques dans l'eau. (105)

Les teneurs en DEHP dans les plastiques, exprimées en g %, varient de 0,01 g % à 0,10 g %, avec une moyenne de $0,0391 \pm 0,02476$ g % sur l'ensemble des 24 marques analysées. Ces résultats traduisent une présence généralisée mais hétérogène du DEHP dans les matériaux d'emballage des eaux embouteillées.

Certaines marques, telles que les marques 1, 6 et 13, présentent des concentrations élevées, atteignant des niveaux proches de 0,10 g %, valeur correspondant au seuil réglementaire établi par le règlement européen REACH (Registration, Évaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Ce règlement encadre strictement l'usage des substances chimiques à risque dans l'Union européenne, y compris les phtalates classés comme substances extrêmement préoccupantes. À l'inverse, d'autres marques comme les marques 20 et 24 affichent des teneurs beaucoup plus faibles, proches de 0,01 g %.

Cette variabilité entre les marques suggère l'existence de différences dans les formulations des polymères utilisés ou dans les pratiques industrielles liées à la fabrication des emballages plastiques, pouvant impliquer des fournisseurs ou des normes de production distincts.

La présence de DEHP dans certains échantillons à des concentrations avoisinant les limites fixées appelle à la vigilance, puisque le DEHP est un phtalate reconnu comme perturbateur endocrinien. Même à faible concentration, sa migration potentielle vers le contenu (l'eau) constitue un sujet de préoccupation, en particulier en cas de stockage prolongé ou d'exposition à des températures élevées.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité de renforcer les contrôles réglementaires sur les matériaux plastiques utilisés pour l'embouteillage, ainsi que d'envisager le recours à des alternatives sans phtalates, dans le but de mieux protéger la santé des consommateurs.

L'évaluation de la teneur en DEHP dans les eaux embouteillées retenues dans notre étude a révélé que ce composé était présent dans l'ensemble des échantillons, avec des concentrations allant de 0,05 à 4,32 ppb, et une moyenne de $0,9496 \pm 1,1035$ ppb. Cette amplitude traduit une hétérogénéité notable entre les marques analysées, suggérant une contamination résiduelle probablement liée aux étapes de fabrication, de conditionnement ou de stockage.

Certaines marques, en particulier la marque 13, présentent des concentrations nettement supérieures à la moyenne, avec une teneur en DEHP atteignant 4,289 ppb. Toutefois, cette concentration reste inférieure aux limites réglementaires fixées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la norme chinoise (8 ppb), ainsi que par l'Environmental Protection Agency (US.EPA) des États-Unis (6 ppb). À l'inverse, plusieurs échantillons affichent des teneurs plus faibles, notamment les marques 11 et 12, dont les concentrations en DEHP figurent parmi les plus basses de l'ensemble analysé. Cette situation pourrait s'expliquer par un choix de matériaux moins favorables à la migration, un meilleur contrôle des procédés industriels, ou des conditions de stockage plus optimales.

Cette variabilité intermarques met en évidence des différences potentielles dans la qualité des matériaux utilisés, dans les conditions de stockage ou encore dans le contrôle des procédés industriels tout au long de la chaîne de production.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude révèlent la présence de DEHP dans les matériaux plastiques et dans l'eau embouteillée, ainsi que la détection du DBP dans l'eau analysée. En revanche, le DBP n'a pas été retrouvé dans les plastiques testés. Cette absence dans les emballages peut suggérer une limitation de son usage lors des étapes de fabrication, tandis que sa présence dans l'eau pourrait résulter d'une contamination secondaire ou d'une migration provenant d'autres sources en contact avec l'eau au cours de la chaîne de production ou de distribution.

À l'inverse, les travaux de Xiangqin Xu et ses collaborateurs (2019) menés en Chine ont mis en évidence une situation différente : le DBP a été détecté dans tous les matériaux plastiques analysés, avec des concentrations allant de 62,90 à 511,52 $\mu\text{g}/\text{kg}$, faisant de ce composé le principal phtalate identifié dans les emballages. Le DEHP, quant à lui, n'a pas été détecté dans

les plastiques, mais a été retrouvé à faible concentration dans certaines eaux embouteillées, avec un maximum de 0,09 µg/L. Cette valeur reste toutefois largement inférieure aux limites réglementaires fixées pour l'eau potable, à savoir 8 µg/L selon l'OMS et la Chine, et 6 µg/L selon l'USEPA. De même, la concentration maximale de DBP dans l'eau observée dans cette étude chinoise (jusqu'à 0,98 µg/L) demeure également en deçà de la norme américaine, fixée à 6 µg/L. (103)

Cette comparaison met en évidence des profils de contamination distincts entre les deux pays. Alors que le DEHP prédomine dans les produits analysés en Algérie, c'est le DBP qui est majoritairement présent dans les échantillons chinois. Ces divergences peuvent s'expliquer par des différences dans les pratiques industrielles, la nature des polymères utilisés, ou encore les cadres réglementaires en vigueur. Elles soulignent également l'importance d'un suivi ciblé et rigoureux de ces substances à l'échelle internationale, en particulier du DEHP et du DBP, en raison de leur toxicité reconnue et de leur classement parmi les perturbateurs endocriniens.

L'étude faite par Jeddi et al (2015) a indiqué 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. Dans l'étude réalisée par Wang et al. 2020, le DEHP, DBP et le BBP ont été détectés au niveau de tous les échnatillons.(106, 107)

Dans l'enquête faite en 2013 en Hongrie par Kerezestes et al. 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. (96)

L'évaluation des teneurs moyennes en DEHP dans les matériaux plastiques des bouteilles d'eau analysées, en fonction de leur origine naturelle (eau minérale ou eau de source), n'a pas montré de différence significative ($p > 0,05$). Les bouteilles d'eau minérale présentent une moyenne de $0,0406 \pm 0,02918$ g %, contre $0,0400 \pm 0,02049$ g % pour celles d'eau de source, ce qui suggère que la nature du plastique utilisé pour l'emballage ne varie pas selon l'origine de l'eau.

En revanche, une différence significative ($p < 0,05$) est observée pour la teneur en DEHP dans l'eau elle-même. Les eaux minérales affichent une concentration moyenne plus élevée ($1,3452 \pm 1,26398$ ppb) comparée à celle des eaux de source ($0,4821 \pm 0,66314$ ppb), indiquant que la composition de l'eau influe de manière significative sur la quantité de DEHP migrée vers le liquide.

L'épaisseur moyenne des emballages suit une tendance similaire, avec une valeur légèrement plus élevée pour les bouteilles d'eau minérale ($0,2346 \pm 0,02876$ mm) par rapport à celles d'eau de source ($0,2264 \pm 0,04154$ mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$), ce qui ne permet pas de conclure à une influence directe de l'épaisseur sur la migration du DEHP dans ce contexte.

Les teneurs moyennes en DEHP dans les matériaux plastiques ne varient pas de manière significative en fonction de la couleur de l'emballage. Les bouteilles bleues présentent une teneur moyenne de $0,0400 \pm 0,02657$ g %, tandis que les bouteilles transparentes affichent une moyenne de $0,0363 \pm 0,02022$ g %. Cette différence est statistiquement non significative ($p > 0,05$), indiquant que la coloration du plastique n'affecte pas sa teneur en DEHP.

Concernant le DEHP migré dans l'eau, la concentration moyenne est de $0,9813 \pm 1,18566$ ppb pour les bouteilles bleues, contre $0,8090 \pm 0,78317$ ppb pour les transparentes. Là encore, aucune différence significative n'a été observée ($p > 0,05$), ce qui suggère que la couleur de l'emballage n'influence pas la migration du DEHP vers l'eau.

En ce qui concerne l'épaisseur, les bouteilles transparentes présentent une valeur légèrement plus élevée ($0,2467 \pm 0,03386$ mm) par rapport aux bouteilles bleues ($0,2256 \pm 0,03417$ mm).

Cependant, cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$) et ne permet pas de conclure à un lien entre la couleur du plastique et ses propriétés physiques ou migratoires (épaisseur)

Une corrélation positive significative a été observée entre la teneur moyenne en DEHP dans le matériau plastique des bouteilles et l'épaisseur du plastique utilisé pour leur fabrication ($R < 0,05$). Ce résultat indique que les bouteilles ayant une paroi plus épaisse tendent à contenir

des niveaux plus élevés de DEHP. Cette relation peut s'expliquer par le fait que les plastiques plus épais nécessitent une quantité plus importante de matière première, incluant potentiellement une charge supérieure en plastifiants tels que le DEHP. Bien que la force de la corrélation reste modérée ($R=0.04$), sa signification statistique confirme l'existence d'un lien entre les caractéristiques structurelles des bouteilles et leur composition chimique, ce qui peut avoir des implications directes sur la qualité de l'emballage et le potentiel de migration.

Une corrélation positive très significative a été mise en évidence entre la concentration moyenne en DEHP retrouvée dans l'eau embouteillée et l'épaisseur du plastique des bouteilles ($R = 0,01$). Cette observation souligne que les bouteilles plus épaisses sont associées à une migration plus importante de DEHP vers l'eau. Ce phénomène pourrait être attribué à une plus grande concentration initiale de plastifiants dans les plastiques plus denses, ou encore à des propriétés physiques favorisant la diffusion des composés chimiques. Bien que l'épaisseur soit souvent perçue comme une barrière protectrice, ces résultats montrent qu'elle peut également représenter un facteur aggravant si elle est associée à une formulation plus chargée en substances à risque.

Une corrélation positive très significative a été établie entre la teneur en DEHP du matériau plastique et la concentration mesurée dans l'eau embouteillée ($R=0.01$). Ce lien direct renforce l'hypothèse selon laquelle le DEHP migre effectivement depuis l'emballage vers le contenu. Plus le plastique contient du DEHP, plus la probabilité de le retrouver dans l'eau augmente. Ce phénomène de migration est bien documenté dans la littérature scientifique et dépend de plusieurs facteurs, notamment la température, la durée de stockage, le pH de l'eau, ainsi que la qualité du polymère utilisé. Le fait que cette corrélation soit statistiquement très significative confirme la nécessité de surveiller non seulement la présence de phtalates dans l'eau, mais aussi leur concentration dans les emballages plastiques eux-mêmes. (96)

VI. Conclusion

Cette étude, première du genre menée au sein du département de Pharmacie de la Faculté de Médecine de Tlemcen, s'est initialement intéressée à l'évaluation de la teneur en phtalates dans les matériaux plastiques utilisés pour l'emballage des eaux embouteillées commercialisées en Algérie. Elle s'inscrit dans un contexte de préoccupations croissantes relatives à la sécurité des matériaux en contact avec les denrées alimentaires, et plus particulièrement à l'exposition aux perturbateurs endocriniens.

Dans un premier temps, ce travail visait à déterminer la présence potentielle de ces composés dans le polyéthylène téréphtalate (PET), matériau largement utilisé pour l'emballage des eaux embouteillées. Dans un second temps, l'analyse des échantillons d'eau provenant de ces mêmes bouteilles a permis de confirmer la migration effective des phtalates depuis le matériau d'emballage vers l'eau, démontrant ainsi le transfert réel de substances chimiques vers le contenu consommé par les usagers.

L'étude, conduite sur 24 marques représentatives du marché national, a permis de quantifier avec précision la concentration des phtalates tant dans l'eau que dans le plastique d'emballage. Les résultats obtenus mettent clairement en évidence un phénomène de transfert dont les implications toxicologiques sont particulièrement préoccupantes, notamment en raison du potentiel perturbateur endocrinien de ces substances, même à des concentrations très faibles. Ce constat soulève des interrogations importantes sur les effets à long terme d'une exposition chronique chez les consommateurs, en particulier les groupes vulnérables tels que les nourrissons, les enfants ou les femmes enceintes.

Dans un contexte algérien marqué par une carence notable de données scientifiques sur cette problématique, ce travail apporte une contribution significative en comblant un vide majeur dans la littérature nationale. Il constitue désormais une base de référence locale utile pour les chercheurs, les autorités sanitaires et les acteurs industriels. Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus avec ceux rapportés dans des études antérieures, notamment en Chine, met en lumière la nécessité urgente de renforcer le cadre réglementaire en Algérie. Cette démarche devrait inclure l'instauration de normes analytiques et sanitaires adaptées au contexte local, une vigilance accrue de la part des autorités sanitaires, ainsi qu'un engagement des opérateurs

économiques à garantir la sécurité des matériaux d'emballage destinés à contenir des produits de consommation courante tels que l'eau potable.

Recommandations

Recommandations

- ✓ **Adapter la réglementation algérienne** en encadrant la présence et la migration des phtalates dans les emballages plastiques selon les normes internationales.
- ✓ **Mettre en place une surveillance régulière** des eaux embouteillées et des matériaux d'emballage afin de détecter et limiter l'exposition aux phtalates.
- ✓ **Promouvoir l'usage de matériaux alternatifs** sans substances toxiques, en sensibilisant les industriels et en soutenant l'innovation responsable.

Références bibliographique

Références bibliographiques

1. Brahimi N. Étude des contaminants chimiques dans les eaux embouteillées disponibles sur le marché algérien : Focus sur les phtalates. Mémoire de Master, Université des Sciences et Technologies de Houari Boumediene, Alger, Algérie; 2020.
2. BENGUESMIA, Zergua, Fatima Zohra Khelif, and Aouali Bourouina. Consommation des eaux embouteillées et leur influence sur la santé publique. Diss. Université Ibn Khaldoun-Tiaret, 2019.
3. R. Farhi, C. Morel, J. Chéron. Matières plastiques & adjuvants : hygiène et sécurité. [Internet]. INRS, 2006. Disponible sur : [file:///C:/Users/hp/Downloads/ed638.pdf].
4. Reconnaître les plastiques pour protéger sa santé. Natura Sciences. 2017 [cité le 17 janvier 2021]. Disponible sur : <https://www.natura-sciences.com/sante/plastiques-toxicite-sante787.html>.
5. Benslimane N. Contribution à l'élaboration d'un Plan de Contrôle des emballages plastiques en contact avec les denrées alimentaires. [Mémoire de Master]. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaïd, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers; 2014.
6. Mebarki Soumia, Mergueg Feyza. Étude d'un migrant d'emballage alimentaire. 2016.
7. Djellil, Faiza, Mahdjouba Safi, and Fatima Senouci. Influence de l'emballage et les conditions de stockage sur les paramètres physicochimiques de l'eau minérale commerciale. Diss. Université Ibn Khaldoun-Tiaret, 2020.
8. Debeaufort, Frédéric, et al. Matériaux et procédés d'emballage pour les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. ISTE Group, 2022.
9. Ghennaiet, Abir, and Amel Hannachi. Détermination de la structure microscopique des biofilms protéiques préparés à partir des pattes de volailles. Diss. Université Larbi Tébessi-Tébessa, 2022.
10. Plastics Europe. Plastics - the Facts 2023 [Internet]. Brussels: Plastics Europe; 2023 [cited 2024 Jan 15]. Available from: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2023/>
11. OECD. Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060 [Internet]. Paris: OECD Publishing; 2022. DOI: 10.1787/de747aef-en
12. Derbel TE, Soltana A. Récupération des emballages des produits chimiques et leur

Références bibliographiques

- exploitation agricole et domestique (bénéfices et risques). Mémoire de Master Académique en Sciences Biologiques, spécialité Toxicologie fondamentale et appliquée. Université d'El Oued; 2019.
13. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv.* 2022;8(12):eabi7840. DOI: 10.1126/sciadv.abi7840
 14. Bedrani K. Les phtalates dans les produits alimentaires : enquête préliminaire. Rapport de stage, Médecine. Tlemcen : Université de Tlemcen; 2014. Disponible sur : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/8766>.
 15. 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.envhealth.org/wp-content/uploads/2020/09/HEAL_Plastics_report_v5_FR.pdf.
 16. Duval C., 2009. Matière plastique, environnement, recyclage, valorisation, biodégradabilité, écoconception. 2e Éd. Dunod, Paris.
 17. Les plastiques, c'est quoi ?. PlasticsEurope [Internet]. [cité le 27 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.plasticseurope.org/fr/about-plastics/what-are-plastics>.
 18. La fabrication du plastique en 5 étapes. [Internet]. [cité le 7 octobre 2021]. Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/chimie-fabrication-plastique-5-etapes-6227/>.
 19. BOUDJELLABAH, Soumia et MEKKIOUI, Merwa. L'évaluation de la teneur des phtalates dans les eaux de boisson embouteillées en PET et les facteurs influençant la migration : Revue systématique. Mémoire de fin d'études, Diplôme de Docteur en Pharmacie, Université Abou Bekr Belkaïd, Faculté de Médecine, Département de Pharmacie, soutenu le 17 octobre 2021.
 20. Dossier Enseignant. Voyage en industrie. CAP Sciences; 2006.
 21. Cruz RMS, Rico BPM, Vieira MC. Food packaging and migration. In: Galanakis CM, éditeur. Food Quality and Shelf Life [Internet]. Academic Press; 2019 [cité le 30 juin 2021]. p. 281-301. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128171905000094>.
 22. Zoubir H, Benchiekh N. Optimisation de la production du bioplastique par la

Références bibliographiques

- méthodologie de la surface de réponse. Mémoire de Master Académique, Université Kasdi Merbah Ouargla; 2020.
23. Naili A. Effet du traitement des granulats plastiques et le type de sable sur les caractéristiques du mortier. [Mémoire de Master]. Biskra (Algérie) : Université Mohamed Khider Biskra ; 2020.
 24. Barraza C. 11 avantages et inconvénients du plastique. [Internet]. Carlos Barraza | Entrepreneurship & Digital Marketing Blog; 2023 juin 7 [cité le 6 janvier 2025]. Disponible sur : <https://barrazacarlos.com/fr/avantages-et-inconvenients-du-plastique>.
 25. Konkol L. Contaminants levels in recycled PET plastic. Victoria (Australia): Swinburne University of Technology; 2004.
 26. Severin I, Riquet AM, Chagnon MC. Évaluation et gestion des risques - Matériaux d'emballage à contact alimentaire. *Cah Nutr Diét.* 2011;46(2):59-66.
 27. Zaki O. Contribution à l'étude et à la modélisation de l'influence des phénomènes de transfert de masse sur le comportement mécanique de flocons en polypropylène [thèse]. Paris (France): Université de Paris-Est; 2008.
 28. Feigenbaum A, Riquet AM, Ducruet V, Scholler D. Safety and quality of foodstuffs in contact with plastic materials: A structural approach. *J Chem Educ.* 1993;70(11):883.
 29. Verdu J. *Traité des matières plastiques: Vieillesse chimique.* Tech Ing. 1990;A3150.
 30. Sax L. Polyethylene terephthalate may yield endocrine disruptors. *Environ Health Perspect.* 2010;118(4):445-448.
 31. Simoneau C. Chapter 21 Food Contact Materials. In: [Nom du livre ou éditeur si disponible]. 2008. p. 733-773.
 32. Lau OW, Wong SK. Contamination in food from packaging material. *J Chromatogr A.* 2000;882:255-270.
 33. Tehrany EA, Desobry S. Partition coefficients in food/packaging systems: a review. *Food Addit Contam.* 2004;21(12):1186-1202.
 34. Al Rayes L. Étude des interactions PET - Eau minérale dans les eaux embouteillées au Liban et approches analytiques des risques sanitaires [thèse de doctorat sur Internet]. Lyon, France: Université Claude Bernard - Lyon I; 2013 [cité le date de consultation]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-01170273v1>.

Références bibliographiques

35. Skjevraak I, Brede C, Steffensen IL, Mikalsen A, Alexander J, Fjeldal P, et al. Non-targeted multi-component analytical surveillance of plastic food contact materials: Identification of substances not included in EU positive lists and their risk assessment. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2005;22(10):1012-22.
36. Grob K, Biedermann M, Scherbaum G, Roth M, Rieger K. Food contamination with organic materials in perspective: Packaging materials as the largest and least controlled source? A view focusing on the European situation. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2006;46(7):529-36.
37. Pennarun PY. Migration from recycled PET bottles. Elaboration and validation of a model usable for functional barriers [thèse]. Reims (France): University of Reims Champagne-Ardenne; 2001.
38. Scott G. Migration and loss of antioxidants from polyethylene. *Food Addit Contam.* 1988;5(Suppl. 1):421-32.
39. Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA). Évaluation sanitaire des matériaux en poly(éthylène téréphtalate) recyclés utilisés en tant que matériaux au contact des denrées alimentaires et de l'eau de boisson [Internet]. 2006 [cité 2011 juillet 15]. Disponible sur :
http://www.contactalimentaire.com/fileadmin/ImageFichier_Archive/contact_alimentaire/Fichiers_Documents/Avis_AFSSA-CSHPF/avis_du_27-11-2006rap.pdf.
40. Hedenqvist M, Gedde UW. Diffusion of small-molecule penetrants in semicrystalline polymers. *Prog Polym Sci.* 1996;21:299-333.
41. Limm W, Hollifield HC. Modelling of additive diffusion in polyolefins. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 1996;13(8):949-67.
42. Sammon C, Everall N, Yarwood J. The diffusion of water into PET followed in situ using FT-IR ATR. *Macromol Symp.* 1997;119(1):189-96.
43. Nguyen P-M, Kermorvant J, Vitrac O. L'économie circulaire et la sécurité sanitaire des emballages alimentaires: pourquoi elles s'opposent, pourquoi elles doivent aller de concert. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* 2024.
44. TAFoughalt N. Détermination du taux de migration globale : cas d'emballages destinés

Références bibliographiques

- au conditionnement d'huile produite par CEVITAL [mémoire de master]. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira ; 2017. 63 p.
45. Payet J. Migration et transferts par la bouteille en PET recyclé : Études et validation des tests d'aptitude au contact alimentaire [thèse de doctorat]. Toulouse : Université de Toulouse ; 2008.
 46. Abbou K, Benguerfi Hayem Chams El Houda. Étude de l'impact de l'emballage plastique en PET sur la qualité de l'huile de soja [mémoire de master]. Béjaïa : Université Abderrahmane Mira de Béjaïa; 2019.
 47. Déclaration de la réunion du 30 novembre 2016 faisant état des modalités d'utilisation des plastiques alimentaires et leurs conséquences. J Off Union Eur. 2016.
 48. Almeras C, Cancan Y, Gereec V, Millet M. Projet PERSAN- Les Phtalates- 2010. 2010;42.
 49. Saillenfait A-M, Laudet-Hesbert A. Phtalates. EMC - Toxicol-Pathol. févr 2005;2(1):1-13.
 50. Saillenfait A-M, Laudet-Hesbert A. Phtalates (II). EMC - Toxicol-Pathol. déc 2005;2(4):137-50.
 51. Songue Same O. Dynamique des usages des récipients plastiques et étude du transfert des bisphénols et phtalates vers les matrices alimentaires [thèse de doctorat]. Université de Lille; Université de Ngaoundéré (Cameroun); 2023. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-04576823v1>
 52. Zaki GI. Determination of phthalate esters in Egyptian PET-bottled water investigated under different storage conditions [Master's thesis]. Cairo: American University in Cairo; 2015. Available from: <https://fount.aucegypt.edu/etds/92>
 53. Deshayes S. Identification des sources de phtalates et d'alkylphénols (polluants émergents) en milieu urbain et compréhension des processus d'élimination [thèse de doctorat]. Université Paris-Est; 2015. Disponible sur : <https://pastel.hal.science/tel-01300742v1>
 54. RECORD. Substances émergentes, polluants émergents dans les déchets : Le cas des phtalates. RECORD 13-0151/1A. Mars 2015.
 55. Weschler C., Bekö G., Koch H.M., Salthammer T., Schripp T., Toftum J., Clausen G.

Références bibliographiques

- Transdermal uptake of diethyl phthalate and di (n-butyl) phthalate directly from air: experimental verification. *Environmental Health Perspectives*, 2015.
56. Blount B.C., Manori J.S., Caudill S.P., Needham L.L., Pirkle J.L., Sampson E.J., et al. Levels of seven urinary phthalate metabolites in a human reference population. *Environmental Health Perspectives*, 2000; 108(10): 979-82.
 57. Koch H.M., Drexler H., Angerer J. An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2003; 206: 77-83.
 58. Lee-Ann J., Pouliot M.E., Philipon L. Le PVC : un danger pour les générations futures. Université du Québec à Montréal.
 59. Fischer Fumeaux J., Graz M.B., Muehlethaler V., Palmero D., Diaw C.S., Farhat M' madi, Tolsa J.F. Exposition aux phtalates dans les services de néonatalogie Céline. 2014; 25(1).
 60. Kim S., Lee J., Park J., Kim H.J., Cho G., Kim G.H., Choi K. Concentrations of phthalate metabolites in breast milk in Korea: estimating exposure to phthalates and potential risks among breast-fed infants. *Science of the Total Environment*, 2015; 508: 13-9.
 61. Institut national de la santé et de la recherche médicale. Reproduction et environnement. Paris: Inserm; 2011. 84 p.
 62. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) for use in food contact materials. *EFSA J.* 2005;243:20.
 63. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Diisononylphthalate (DINP) for use in food contact materials. *EFSA J.* 2005;244:18
 64. Hu M, Zhang Y, Zhan M, He G, Qu W, Zhou Y. Physiologically-based toxicokinetic modeling of human dermal exposure to diethyl phthalate: Application to health risk assessment. ***Chemosphere.*** 2022;307:135931.
 65. Domínguez-Romero E, Scheringer M. A review of phthalate pharmacokinetics in human and rat: what factors drive phthalate distribution and partitioning? ***Drug metabolism reviews.*** 2019;51(3):314-29.

Références bibliographiques

66. Cantonwine DE, Cordero JF, Rivera-González LO, Del Toro LVA, Ferguson KK, Mukherjee B, et al. Urinary phthalate metabolite concentrations among pregnant women in Northern Puerto Rico: distribution, temporal variability, and predictors. *Environment International*. 2014;62:1-11.
67. Mínguez-Alarcón L, Messerlian C, Bellavia A, Gaskins AJ, Chiu Y-H, Ford JB, et al. Urinary concentrations of bisphenol A, parabens and phthalate metabolite mixtures in relation to reproductive success among women undergoing in vitro fertilization. **Environment International**.2019;126:355-6.
68. Wang W, Kannan K. Leaching of phthalates from medical supplies and their implications for exposure. *Environmental Science & Technology*. 2023;57(20):7675-83.
69. Rudel RA, Engel CL, Rawsthorne TW, Dodson RE, et al. Urinary concentrations of phthalate metabolites and dietary exposure in the U.S. population. *Environ Health Perspect*. 2011;119:1051-8.
70. Fourth Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Updated Tables. March 2018. Disponible à : <https://www.canada.ca/en/health-canada>.
71. Zhang Y-J, Guo J-L, Xue J-C, Bai C-L, Guo Y. Phthalate metabolites: Characterization, toxicities, global distribution, and exposure assessment. **Environmental Pollution**. 2021;291:118106.
72. Hung S-C, Liu T-J, Suen J-L, Liu H-K, Wu P-L, Wu C-Y, et al. Phthalate exposure pattern in breast milk within a six-month postpartum time in southern Taiwan. **International journal of environmental research and public health**. 2023; 263:109498.
73. Rhainds M, St-Laurent L. *Institut national de santé publique du Québec*. [Cité le 16 déc. 2023]. *État des connaissances sur la toxicité et l'exposition humaine aux phtalates / INSPQ*. Disponible sur : <https://www.inspq.qc.ca/bise/etat-des-connaissances-sur-la-toxicite-et-l-exposition-humaine-aux-phtalates>.
74. Defranceiski M, Riben D, Doby L. *Substances détergentes, polluants détergents dans les déchets. Le cas des phtalates*. Mars 2015.
75. Yousefi Z, Aila A, Babanezhad E, Ali Mohammadpour R. *Evaluation of exposure to phthalate esters through the use of various brands of drinking water bottled in polyethylene*.

Références bibliographiques

76. 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
77. *Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille des Phthalates* (Tome 3). Mars 2015.
78. Muscogiuri G, Colao A. *Phthalates: new cardiovascular health disruptors?* Arch Toxicol. Mars 2017.
79. Taleb, S. (2014). Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives 1. de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
80. Office National des Statistiques. Note de présentation de la nomenclature algérienne des produits « NPA » [Internet]. Disponible sur : <https://www.ons.dz/IMG/file/Npa.pdf>
81. JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE N° 51. 20 août 2000.
82. CBWA. Eau embouteillée – les faits [Internet]. [cité 2021 janv 15]. Disponible sur : <https://www.cbwa.ca/index.php/fr/1-eau-embouteillee-les-faits.html>
83. FAO/WHO. L'eau ; première édition. Rome (IT) : Codex Alimentarius - Joint FAO/WHO Food Standards Programme; 2007.
84. "Chakour N, Hadda A. Contribution à l'étude du management du risque au niveau des industries des eaux embouteillées : cas « Unité LALLA KHEDIDJA ». [Mémoire de Master]. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques ; 2016."
85. journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. N°45. juillet 2004 ; [Internet]. 2004. Disponible sur: <file:///C:/Users/hp/Downloads/dec04-196fr.pdf>
86. 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>
87. Farch S. Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabes, Faculté des sciences exactes Sidi Bel Abbes; 2017.
88. Hazzab A. Les eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Géosciences.

Références bibliographiques

- 2011;343:20-31.
89. Denis G. Extrusion-soufflage et injection-soufflage avec ou sans bi-étirage. *Techniques de l'ingénieur*. 1996;A3700:1-26.
90. Plantamura B. Soufflage de corps creux bi-orientés. *Techniques de l'ingénieur*. 2012;AM3700:1-24.
91. Melouet A-G. Feuille, normalisation des plastiques. *Techniques de l'ingénieur*. 2004;AM3505:2-12.
92. DUVAL C. Polypropylène (PP). *Techniques de l'ingénieur*. 2004; AM3320:1-1.
93. DZIECIOL M, TRZESZCZYNSKI J. Studies of temperature influence on volatile thermal degradation products of poly(ethylene terephthalate). *J Appl Polym Sci*. 1998;69(12):377-381.
94. CAMPANELLI JR, KAMAL MR, COOPER DG. Kinetic study of the hydrolytic degradation of poly(ethylene terephthalate) at high temperatures. *J Appl Polym Sci*. 1993;48(3):443-451.
95. 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).
96. 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.
97. Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *J Hazard Mater*. 15 janv 2011;185(1):281-6
98. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. *National food safety standard – Packaged drinking water (GB 19298-2014)*. Beijing: Standards Press of China; 2014.
99. European Chemicals Agency. REACH: Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals [Internet]. 2006 [cited 2025 Jul 10]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1907>

Références bibliographiques

100. Amiridou D, Voutsas D. Alkylphenols and phthalates in bottled waters. *J Hazard Mater.* 2011 Jan 15;185(1):281–6.
101. Fasano E, Bono-Blay F, Cirillo T, Montuori P, Lacorte S. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di (2-ethylhexyl) adipate from food packaging. *Food control.* 2012;27(1):132-8.
102. Bach C, Dauchy X, David L, Etienne S. Étude physico-chimique des bouteilles d'eau conditionnées en poly (éthylène téréphtalate). *Matériaux & Techniques.* 2011;99(4):391-408.
103. Xu X, Lin A, Quan C, Zhang T, He C, Zhang Z, Li X, Liu J. Migration of Phthalates from Plastic Containers to Drinking Water and Health Risk Assessment: A Case Study in China. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jan 2;17(1):141. doi:10.3390/ijerph17010141.
104. Koo HJ, Lee BM. Estimated exposure to phthalates in cosmetics and risk assessment. *J Toxicol Environ Health A.* 2004;67(23–24):1901–14.
105. Yamoun A. Évaluation de l'exposition des enfants de moins de 36 mois aux phtalates (di-2-ethylhexyl phthalate [DEHP] et di-iso-nonyl phthalate [DINP]) via les jouets en plastique type polychlorure de vinyle souple (PVC) commercialisés dans la région du Nord Algérien [thèse de doctorat]. Sétif (Algérie) : Université Ferhat Abbas Sétif 1, Faculté de médecine, Département de pharmacie ; 2024.
106. 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 research international.* 2015;69:256-65.
107. 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. *Journal of hazardous materials.* 2021;408:124891.
108. Al-Saleh I, Shinwari N, Alsabbaheen A. Phthalates residues in plastic bottled waters. *The Journal of toxicological sciences.* 2011;36(4):469-78.
109. Guart A, Bono-Blay F, Borrell A, Lacorte S. Migration of plasticizersphthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic containers and evaluation of risk. *Food additives and contaminants.* 2011;28(5):676-85.

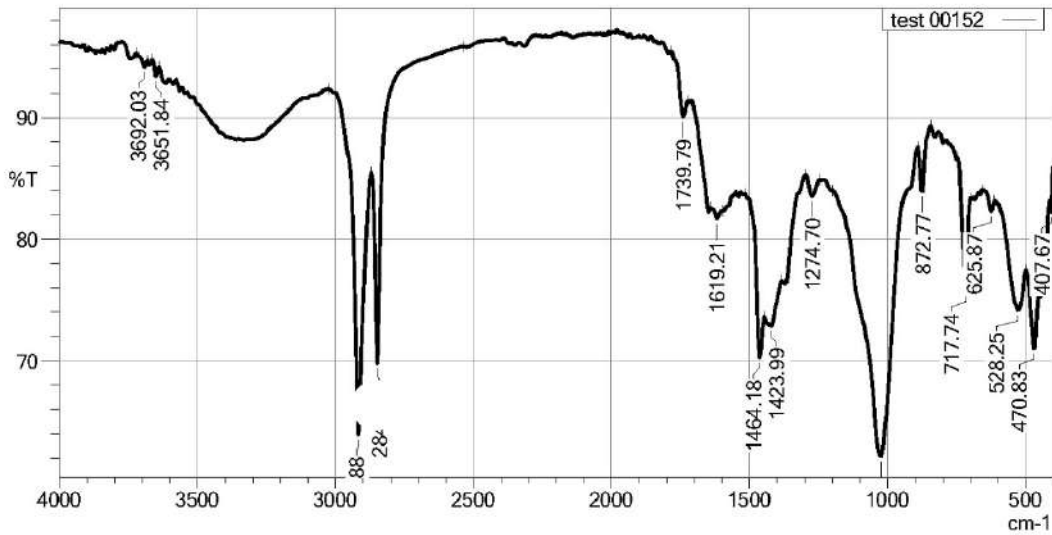
Annexes

ANNEXES 01 : Analyse des spectres FTIR

2/19/2025 10:56:26 AM

Marque 1 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:00:08 AM
Filename	D:\Test\test 00152.ispd
Spectrum name	test 00152
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



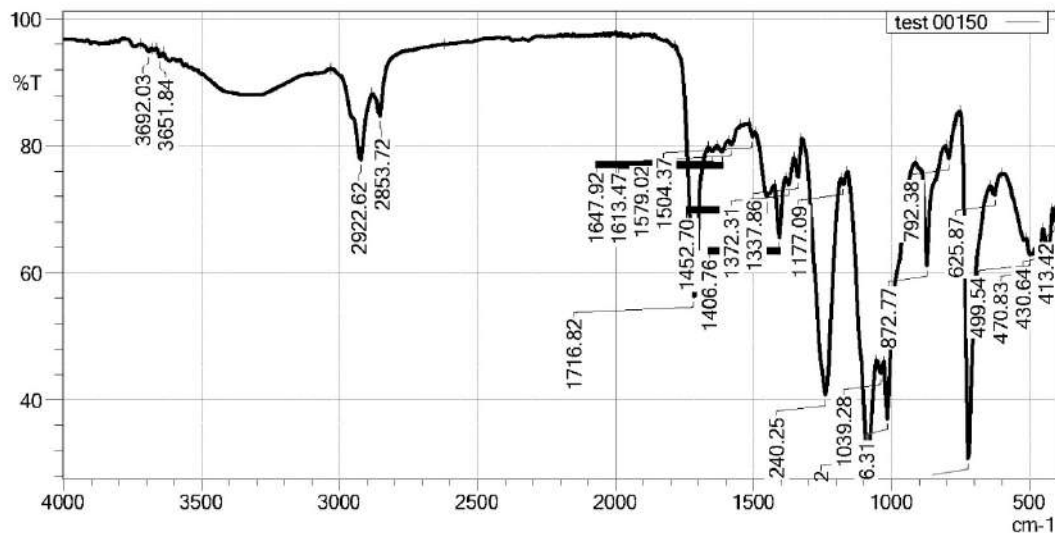
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	407.67	82.21	2.39	413.42	401.93	190.619	13.706	
2	470.83	70.99	5.26	499.54	453.61	1192.622	113.371	
3	528.25	74.14	4.76	614.38	499.54	2480.527	220.587	
4	625.87	82.27	1.14	654.57	614.38	674.482	15.461	
5	717.74	75.71	8.92	746.44	700.51	862.735	176.062	
6	872.77	83.95	4.28	889.99	844.06	602.711	72.482	
7	1022.06	62.13	23.93	1200.05	889.99	7355.465	2951.160	
8	1274.70	83.52	1.59	1297.67	1245.99	810.745	40.078	
9	1423.99	72.88	1.83	1446.95	1383.79	1636.100	63.877	
10	1464.18	70.25	5.91	1515.86	1446.95	1518.778	50.313	
11	1619.21	81.65	0.81	1642.18	1596.24	818.482	13.006	
12	1739.79	90.05	2.44	1785.73	1722.57	459.094	42.772	
13	2847.97	69.79	16.43	2870.94	2537.91	2505.294	-602.044	
14	2916.88	63.93	23.60	3025.97	2870.94	2554.526	838.433	
15	3651.84	93.37	1.10	3663.32	3640.35	139.046	12.065	
16	3692.03	94.11	0.76	3720.74	3680.55	212.640	11.443	

Annexes

2/19/2025 10:59:46 AM

Marque 1 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:58:24 AM
Filename	D:\Test\test13 fni face01.ispd
Spectrum name	test 00150
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



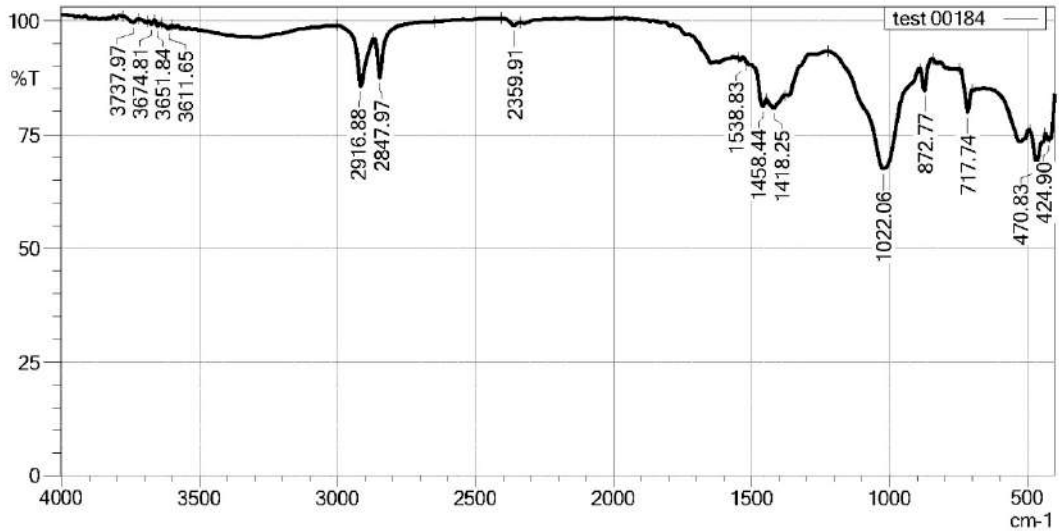
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	413.42	68.21	2.04	419.16	401.93	524.864	14.124	
2	430.64	64.31	2.28	436.38	419.16	587.573	26.949	
3	470.83	61.99	3.02	482.32	453.61	1046.471	51.182	
4	499.54	62.89	1.85	511.03	482.32	1050.612	33.731	
5	625.87	72.32	2.25	643.09	602.90	1050.146	33.887	
6	723.48	30.80	51.58	752.19	643.09	4216.250	1990.125	
7	792.38	77.97	3.28	803.86	752.19	934.298	43.269	
8	872.77	61.13	17.23	912.96	803.86	2826.691	504.355	
9	1016.31	37.04	12.11	1027.80	912.96	4409.764	11.333	
10	1039.28	44.15	1.94	1056.51	1027.80	1569.563	22.547	
11	1085.22	32.20	22.27	1159.86	1056.51	5154.580	1132.257	
12	1177.09	74.03	1.10	1182.83	1159.86	581.095	16.115	
13	1240.25	40.77	36.59	1326.38	1182.83	5561.111	2402.102	
14	1337.86	75.01	4.91	1355.08	1326.38	653.140	67.923	
15	1372.31	73.91	2.34	1383.79	1355.08	709.797	36.680	
16	1406.76	65.62	8.68	1423.99	1383.79	1180.964	151.532	
17	1452.70	72.01	5.25	1492.89	1423.99	1693.743	175.175	
18	1504.37	81.41	1.45	1515.86	1492.89	408.718	15.014	
19	1579.02	80.14	1.41	1590.50	1550.31	740.389	20.310	
20	1613.47	79.06	1.29	1630.70	1590.50	808.400	20.931	
21	1647.92	79.15	0.78	1665.15	1630.70	703.964	12.424	
22	1716.82	56.33	30.35	1785.73	1665.15	2675.621	1206.653	
23	2853.72	84.68	4.39	2882.43	2618.30	1672.616	-409.037	
24	2922.62	77.80	11.48	3031.72	2882.43	2011.659	547.947	
25	3651.84	94.04	1.00	3663.32	3640.35	125.281	11.175	
26	3692.03	94.81	0.76	3720.74	3680.55	183.610	11.901	

Annexes

1/28/2025 11:01:34 AM

Marque 2 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:58:49 AM
Filename	D:\Test\test_00184.lspd
Spectrum name	test 00184
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



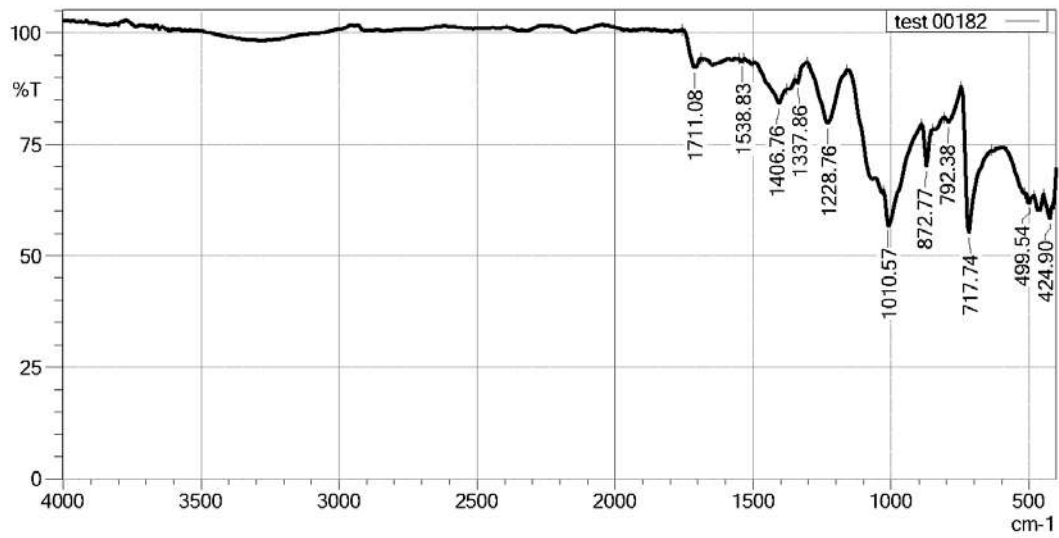
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	73.75	0.83	436.38	419.16	442.412	7.191	
2	470.83	68.92	6.79	493.80	436.38	1587.214	187.706	
3	717.74	79.84	6.72	746.44	700.51	713.822	123.426	
4	872.77	84.55	5.76	889.99	844.06	525.734	92.550	
5	1022.06	67.50	23.53	1223.02	889.99	5945.653	3088.018	
6	1418.25	80.79	2.31	1446.95	1378.05	1235.607	76.395	
7	1458.44	81.17	3.27	1498.63	1446.95	752.871	58.407	
8	1538.83	91.31	0.66	1550.31	1533.08	146.479	7.207	
9	2359.91	98.93	0.96	2405.85	2336.95	21.817	24.593	
10	2847.97	87.49	8.94	2870.94	2647.01	495.593	27.008	
11	2916.88	85.53	11.51	3003.01	2870.94	724.058	391.654	
12	3611.65	98.23	0.85	3640.35	3600.16	49.709	16.416	
13	3651.84	98.86	0.90	3663.32	3640.35	15.127	9.675	
14	3674.81	99.13	0.92	3686.29	3663.32	8.002	9.211	
15	3737.97	99.56	1.02	3778.16	3720.74	-12.510	28.276	

Annexes

1/28/2025 10:54:58 AM

Marque 2 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:52:53 AM
Filename	D:\Test\test_00182.ispd
Spectrum name	test 00182
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 (cm-1)
Apodization	Happ-Genzel

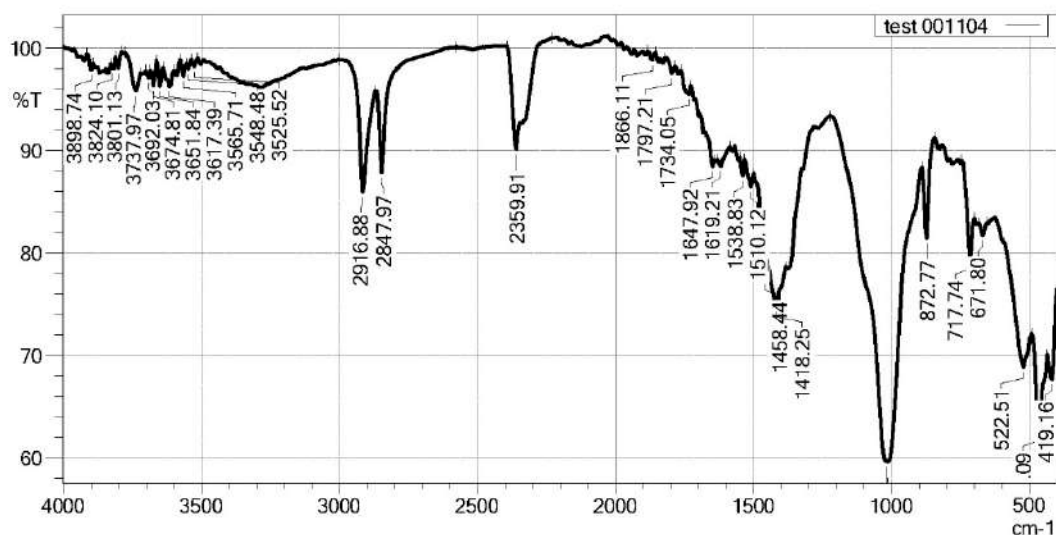


No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	58.33	3.18	447.87	419.16	1133.597	53.291	
2	499.54	61.85	1.90	516.77	482.32	1276.100	27.221	
3	717.74	55.27	28.91	746.44	637.35	3379.702	1286.958	
4	792.38	80.01	2.86	809.61	746.44	1102.453	120.568	
5	872.77	70.16	8.88	889.99	849.80	985.727	139.737	
6	1010.57	56.74	9.68	1027.80	889.99	4366.516	515.200	
7	1228.76	79.84	12.67	1303.41	1159.86	1928.691	857.596	
8	1337.86	88.73	1.77	1349.34	1303.41	397.479	4.798	
9	1406.76	84.28	4.53	1498.63	1378.05	1391.118	232.932	
10	1538.83	93.68	0.55	1550.31	1533.08	105.728	6.105	
11	1711.08	92.22	4.19	1757.02	1688.11	301.350	127.181	

1/28/2025 1:44:42 PM

Marque 3 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:43:40 PM
Filename	D:\Test\test_001104.ispd
Spectrum name	test 001104
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



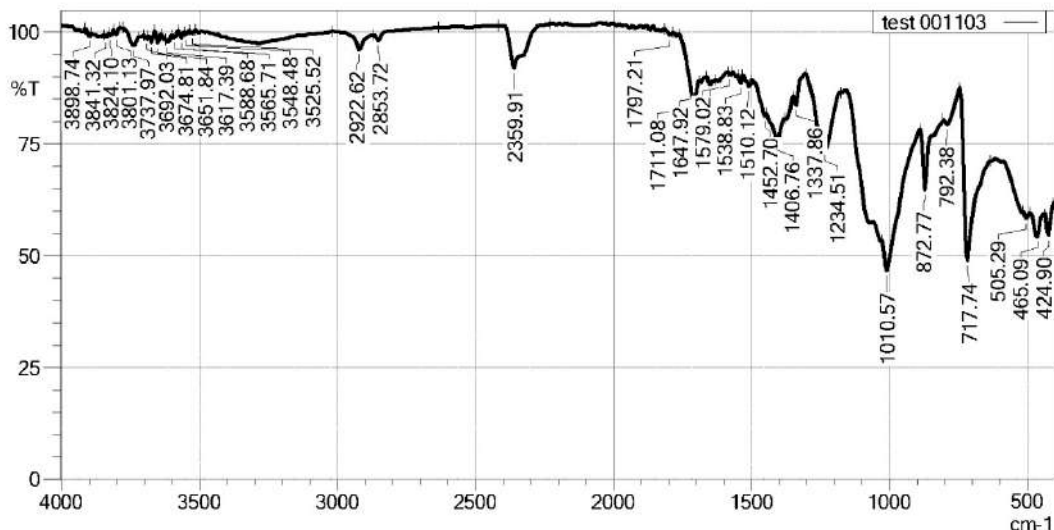
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	67.67	5.65	436.38	401.93	1023.379	104.204	
2	465.09	62.72	8.37	493.80	436.38	1885.961	226.032	
3	522.51	68.83	5.92	591.41	493.80	2577.923	292.892	
4	671.80	81.70	1.20	683.28	654.57	507.464	16.739	
5	717.74	79.48	6.01	746.44	700.51	736.194	102.205	
6	872.77	81.43	8.01	889.99	844.06	600.481	132.063	
7	1016.31	59.61	30.64	1223.02	889.99	7168.159	4122.197	
8	1418.25	74.81	3.92	1446.95	1383.79	1470.809	126.414	
9	1458.44	77.44	3.37	1498.63	1446.95	918.533	55.501	
10	1510.12	86.44	1.79	1533.08	1498.63	427.676	29.942	
11	1538.83	87.52	1.67	1550.31	1533.08	203.185	17.593	
12	1619.21	88.43	0.98	1630.70	1584.76	488.148	16.336	
13	1647.92	88.41	1.10	1676.63	1642.18	337.377	7.667	
14	1734.05	95.47	1.09	1762.76	1728.31	129.867	29.059	
15	1797.21	97.51	0.98	1820.18	1785.73	58.801	11.473	
16	1866.11	98.80	0.85	1883.34	1854.63	20.449	10.776	
17	2359.91	90.10	10.26	2394.37	2227.85	515.041	612.633	
18	2847.97	87.83	8.34	2870.94	2578.11	572.105	-24.963	
19	2916.88	85.93	10.96	3003.01	2870.94	680.923	332.155	
20	3525.52	98.17	0.78	3537.00	3514.03	32.824	8.627	
21	3548.48	97.92	0.69	3554.23	3537.00	28.556	5.842	
22	3565.71	97.19	1.47	3577.19	3554.23	46.114	15.385	
23	3617.39	96.26	1.67	3640.35	3600.16	117.668	35.132	
24	3651.84	96.26	2.17	3663.32	3640.35	59.303	23.189	
25	3674.81	96.31	2.00	3686.29	3663.32	60.017	21.170	
26	3692.03	97.08	0.74	3703.52	3686.29	44.449	6.827	
27	3737.97	95.82	2.34	3778.16	3720.74	143.684	60.863	
28	3801.13	98.01	1.38	3812.61	3789.64	27.593	13.511	
29	3824.10	97.97	0.73	3829.84	3812.61	30.083	9.576	
30	3898.74	97.89	0.85	3915.97	3893.00	34.456	10.756	

Annexes

1/28/2025 1:42:28 PM

Marque 3 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:41:00 PM
Filename	D:\test\test_001103.ispd
Spectrum name	test 001103
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



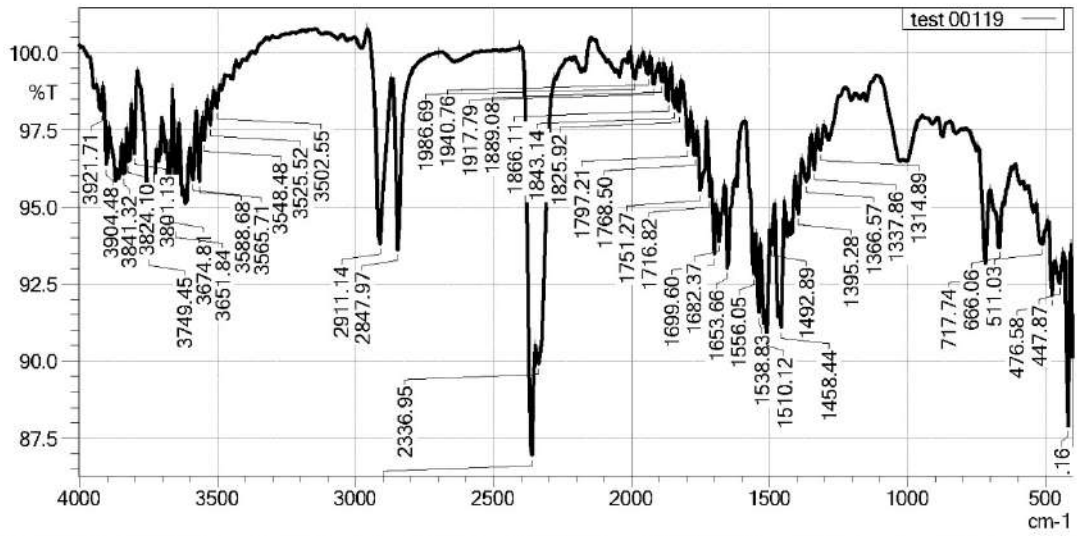
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	54.55	5.79	436.38	407.67	1213.242	81.716	
2	465.09	54.29	5.21	493.80	436.38	2440.952	115.378	
3	505.29	58.30	1.52	516.77	493.80	937.948	15.072	
4	717.74	48.96	34.32	746.44	637.35	3808.652	1560.285	
5	792.38	79.33	3.13	809.61	746.44	1129.029	122.690	
6	872.77	64.83	13.92	889.99	809.61	1978.037	322.147	
7	1010.57	46.70	9.77	1027.80	889.99	5102.803	391.619	
8	1234.51	73.66	14.76	1303.41	1177.09	2358.099	919.841	
9	1337.86	83.65	3.29	1349.34	1303.41	560.846	19.386	
10	1406.76	76.00	5.17	1446.95	1378.05	1455.761	165.118	
11	1452.70	81.33	1.34	1498.63	1446.95	750.674	4.848	
12	1510.12	87.89	1.77	1533.08	1498.63	379.216	29.254	
13	1538.83	88.70	1.68	1550.31	1533.08	183.172	17.608	
14	1579.02	90.42	0.69	1584.76	1567.53	161.040	8.016	
15	1647.92	88.20	1.47	1665.15	1630.70	378.539	22.388	
16	1711.08	85.36	6.96	1762.76	1688.11	651.436	228.739	
17	1797.21	99.30	0.97	1814.44	1785.73	3.858	13.836	
18	2359.91	91.97	9.59	2417.33	2227.85	260.744	572.739	
19	2853.72	98.13	1.30	2870.94	2635.52	-82.159	-40.811	
20	2922.62	96.16	3.45	3020.23	2870.94	148.627	112.010	
21	3525.52	99.65	0.80	3537.00	3514.03	-1.279	8.939	
22	3548.48	99.44	0.74	3554.23	3537.00	2.178	6.226	
23	3565.71	98.67	1.57	3577.19	3554.23	10.904	16.413	
24	3588.68	98.79	1.07	3600.16	3577.19	15.447	12.454	
25	3617.39	97.74	0.84	3623.13	3600.16	37.465	10.534	
26	3651.84	97.58	2.36	3663.32	3640.35	26.659	25.295	
27	3674.81	97.67	2.06	3686.29	3663.32	27.940	21.771	
28	3692.03	98.48	0.74	3703.52	3686.29	19.462	6.349	
29	3737.97	97.02	2.53	3778.16	3720.74	72.722	70.150	
30	3801.13	99.36	1.47	3812.61	3789.64	-4.735	14.336	
31	3824.10	99.34	0.76	3829.84	3812.61	6.270	10.054	
32	3841.32	98.91	0.65	3847.06	3829.84	14.471	8.247	
33	3898.74	99.15	0.89	3915.97	3893.00	4.768	11.348	

Annexes

2/19/2025 9:53:32 AM

Marque 4 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:23:34 AM
Filename	D:\test\test_00119.ispd
Spectrum name	test_00119
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	87.91	5.76	436.38	407.67	240.980	58.692	
2	447.87	92.53	0.88	465.09	436.38	203.644	13.540	
3	476.58	92.16	1.61	493.80	465.09	192.203	16.967	
4	511.03	93.81	0.98	534.00	493.80	233.771	26.091	
5	666.06	93.70	1.57	700.51	654.57	245.152	32.234	
6	717.74	93.07	3.02	746.44	700.51	227.081	55.447	
7	1314.89	96.86	0.73	1326.38	1303.41	64.826	9.426	
8	1337.86	96.24	1.19	1349.34	1326.38	72.024	13.026	
9	1366.57	95.83	1.12	1383.79	1349.34	127.380	22.213	
10	1395.28	94.78	1.50	1406.76	1383.79	103.936	18.442	
11	1458.44	91.09	1.80	1464.18	1446.95	129.005	16.360	
12	1492.89	93.76	0.77	1498.63	1481.41	97.556	5.741	
13	1510.12	90.86	1.58	1515.86	1498.63	136.672	14.273	
14	1538.83	91.59	2.33	1550.31	1533.08	127.834	23.991	
15	1556.05	92.82	1.82	1590.50	1550.31	187.040	24.393	
16	1653.66	93.03	2.73	1665.15	1624.95	209.711	41.030	
17	1682.37	93.91	1.43	1693.86	1665.15	150.936	18.767	
18	1699.60	93.48	1.87	1711.08	1693.86	92.876	15.243	
19	1716.82	95.35	1.19	1728.31	1711.08	61.923	7.564	
20	1751.27	95.56	2.01	1762.76	1728.31	124.187	42.308	
21	1768.50	96.70	0.92	1785.73	1762.76	64.056	12.937	
22	1797.21	97.00	1.43	1820.18	1785.73	66.899	18.591	

Annexes

2/19/2025 9:53:32 AM

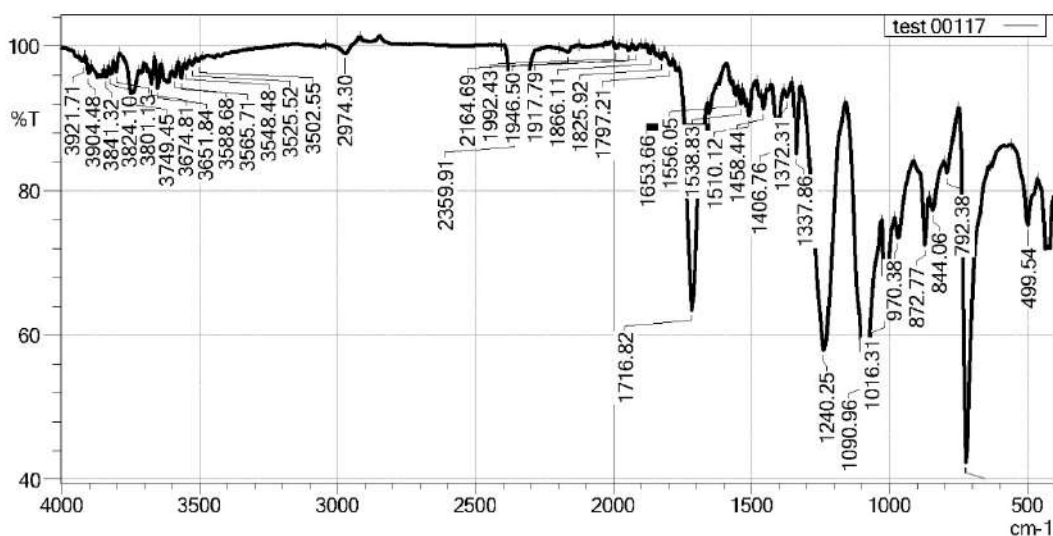
23	1825.92	98.09	0.93	1837.40	1820.18	27.486	9.796	
24	1843.14	98.23	0.85	1854.63	1837.40	24.018	10.065	
25	1866.11	98.46	1.14	1883.34	1854.63	26.109	14.850	
26	1889.08	99.07	0.60	1900.56	1883.34	11.598	5.966	
27	1917.79	99.00	0.79	1935.02	1900.56	20.261	12.770	
28	1940.76	99.31	0.62	1957.98	1935.02	9.193	8.108	
29	1986.69	99.16	0.71	2003.92	1975.21	15.147	12.506	
30	2336.95	89.92	2.03	2348.43	2279.53	407.966	51.864	
31	2359.91	86.96	5.49	2405.85	2348.43	353.977	88.003	
32	2847.97	93.62	5.66	2870.94	2698.69	197.912	127.559	
33	2911.14	93.82	6.10	2957.07	2870.94	220.133	217.623	
34	3502.55	98.21	0.65	3514.03	3491.07	33.302	7.286	
35	3525.52	97.66	0.96	3537.00	3514.03	42.755	11.079	
36	3548.48	97.17	0.94	3554.23	3537.00	39.201	8.152	
37	3565.71	95.83	2.17	3577.19	3554.23	69.108	23.320	
38	3588.68	95.90	1.60	3600.16	3577.19	75.765	18.293	
39	3651.84	94.35	3.91	3663.32	3640.35	82.035	42.242	
40	3674.81	94.86	3.13	3686.29	3663.32	80.694	34.456	
41	3749.45	93.46	4.47	3789.64	3720.74	259.383	131.080	
42	3801.13	96.74	2.13	3812.61	3789.64	47.259	21.350	
43	3824.10	96.47	1.34	3829.84	3812.61	52.019	16.565	
44	3841.32	96.08	1.13	3847.06	3829.84	60.264	13.696	
45	3904.48	96.38	1.87	3915.97	3893.00	59.572	19.368	
46	3921.71	98.12	0.80	3938.93	3915.97	34.228	10.025	

Annexes

2/19/2025 9:47:52 AM

Marque 4 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:20:51 AM
Filename	D:\test\test_00117.ispd
Spectrum name	test_00117
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	499.54	75.24	8.08	562.70	465.09	1808.460	248.448	
2	723.48	42.42	47.00	752.19	637.35	3271.797	1826.336	
3	792.38	82.43	3.29	803.86	752.19	717.554	85.279	
4	844.06	77.26	2.99	855.54	803.86	1004.303	54.539	
5	872.77	72.46	8.19	912.96	855.54	1167.460	113.415	
6	970.38	73.45	4.14	981.86	912.96	1451.739	88.016	
7	1016.31	62.53	13.47	1027.80	981.86	1359.775	261.671	
8	1090.96	54.12	29.59	1159.86	1027.80	3990.090	1885.722	
9	1240.25	57.92	35.38	1320.63	1159.86	3681.144	2604.401	
10	1337.86	85.16	9.54	1355.08	1320.63	315.038	132.637	
11	1372.31	92.92	1.51	1383.79	1355.08	179.846	22.723	
12	1406.76	86.96	7.39	1429.73	1383.79	407.629	148.363	
13	1458.44	91.30	2.23	1464.18	1446.95	132.675	23.343	
14	1510.12	90.33	2.23	1515.86	1481.41	238.619	18.567	
15	1538.83	92.01	2.21	1550.31	1533.08	120.246	21.760	
16	1556.05	93.16	1.52	1567.53	1550.31	106.184	16.399	
17	1653.66	90.69	1.90	1659.40	1624.95	247.185	22.204	
18	1716.82	63.49	31.38	1762.76	1659.40	1885.332	1326.459	
19	1797.21	97.35	1.26	1814.44	1785.73	56.837	19.464	
20	1825.92	98.24	0.85	1837.40	1814.44	29.809	8.776	
21	1866.11	98.97	1.09	1883.34	1860.37	8.589	11.503	
22	1917.79	99.56	0.69	1935.02	1900.56	2.257	10.940	

Annexes

2/19/2025 9:47:52 AM

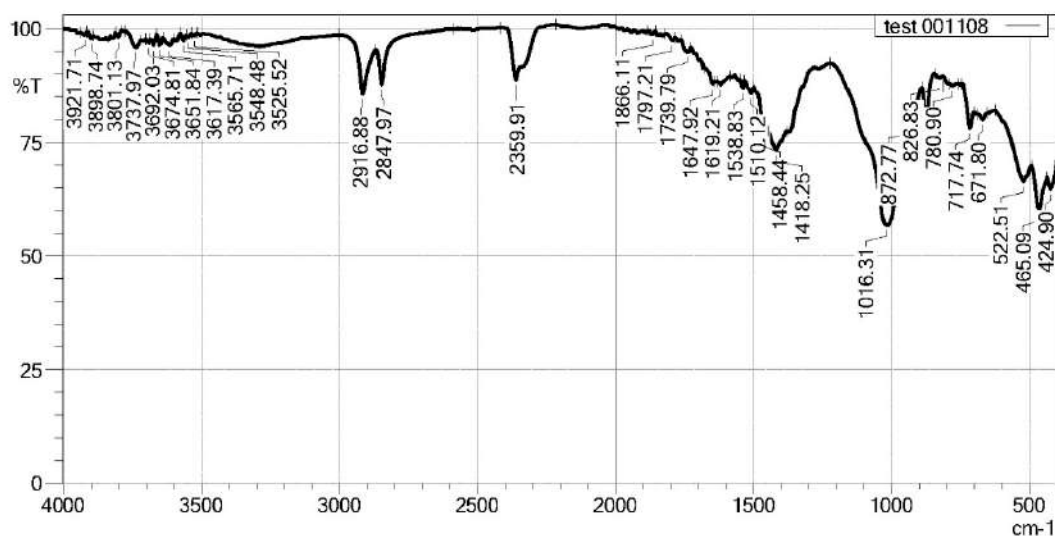
23	1946.50	99.44	0.68	1952.24	1935.02	4.892	7.544	
24	1992.43	99.71	0.71	2003.92	1980.95	-1.657	8.028	
25	2164.69	99.18	0.77	2199.14	2124.50	23.375	20.752	
26	2359.91	87.51	5.32	2405.85	2348.43	334.182	80.502	
27	2974.30	99.00	1.78	3043.20	2916.88	3.543	95.857	
28	3502.55	97.84	0.63	3514.03	3491.07	41.887	6.780	
29	3525.52	97.36	0.86	3537.00	3514.03	50.862	9.930	
30	3548.48	96.88	0.90	3554.23	3537.00	44.913	7.921	
31	3565.71	95.53	2.18	3577.19	3554.23	75.765	23.329	
32	3588.68	95.75	1.46	3600.16	3577.19	80.919	16.749	
33	3651.84	94.23	3.73	3663.32	3640.35	87.209	40.377	
34	3674.81	94.72	2.92	3686.29	3663.32	86.418	32.269	
35	3749.45	93.45	4.16	3789.64	3720.74	270.556	119.671	
36	3801.13	96.42	2.07	3812.61	3789.64	55.530	20.867	
37	3824.10	96.20	1.27	3829.84	3812.61	57.384	15.911	
38	3841.32	95.77	1.14	3847.06	3829.84	65.631	13.716	
39	3904.48	96.23	1.73	3915.97	3893.00	64.513	17.752	
40	3921.71	97.83	0.78	3938.93	3915.97	41.078	9.259	

Annexes

1/28/2025 1:53:39 PM

Marque 5 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:52:38 PM
Filename	D:\Test\test_001108.ispd
Spectrum name	test_001108
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	64.67	3.87	436.38	401.93	1149.647	87.132	
2	465.09	60.13	8.47	493.80	436.38	2039.942	237.032	
3	522.51	66.33	6.23	625.87	493.80	3456.611	286.488	
4	671.80	79.93	1.40	689.03	654.57	663.695	20.409	
5	717.74	78.04	6.00	746.44	700.51	800.068	102.735	
6	780.90	87.38	0.51	792.38	757.93	423.681	6.476	
7	826.83	89.04	0.76	844.06	815.35	302.844	11.820	
8	872.77	79.50	8.71	889.99	844.06	666.837	143.534	
9	1016.31	56.77	32.30	1223.02	889.99	7778.979	4353.550	
10	1418.25	73.20	4.23	1446.95	1378.05	1694.746	138.324	
11	1458.44	76.32	3.31	1498.63	1446.95	966.035	51.114	
12	1510.12	85.84	1.74	1533.08	1498.63	448.251	28.418	
13	1538.83	86.96	1.67	1550.31	1533.08	212.394	17.335	
14	1619.21	87.66	0.99	1630.70	1584.76	525.954	18.653	
15	1647.92	87.76	1.12	1676.63	1642.18	357.172	7.907	
16	1739.79	94.90	1.53	1762.76	1728.31	147.988	34.779	
17	1797.21	97.38	0.96	1820.18	1785.73	63.807	11.125	
18	1866.11	98.65	0.83	1883.34	1854.63	24.912	10.277	
19	2359.91	88.59	11.78	2417.33	2216.37	598.515	704.007	
20	2847.97	87.65	8.07	2870.94	2589.59	629.298	-35.828	
21	2916.88	85.65	10.84	3003.01	2870.94	733.611	336.258	
22	3525.52	98.32	0.70	3537.00	3514.03	30.288	7.688	

Annexes

1/28/2025 1:53:39 PM

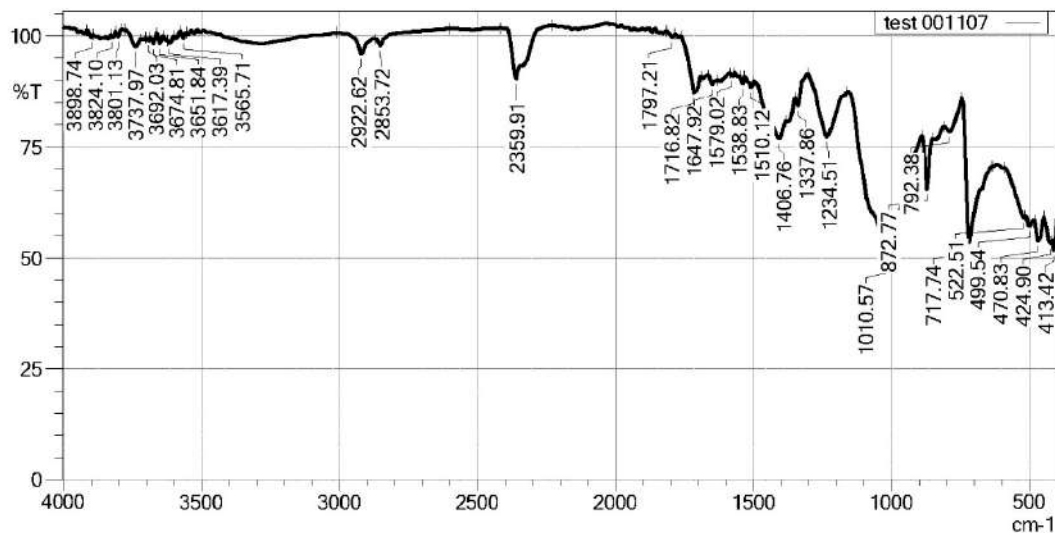
23	3548.48	98.07	0.65	3554.23	3537.00	26.696	5.687	
24	3565.71	97.32	1.46	3577.19	3554.23	43.315	15.275	
25	3617.39	96.28	1.61	3640.35	3600.16	118.323	34.311	
26	3651.84	96.31	2.07	3663.32	3640.35	59.275	22.198	
27	3674.81	96.29	1.94	3686.29	3663.32	61.034	20.354	
28	3692.03	96.87	0.81	3703.52	3686.29	47.365	7.316	
29	3737.97	95.84	2.24	3778.16	3720.74	146.151	59.061	
30	3801.13	98.04	1.30	3812.61	3789.64	27.853	12.650	
31	3898.74	97.81	0.85	3915.97	3893.00	35.882	10.340	
32	3921.71	98.66	0.64	3938.93	3915.97	25.109	8.015	

Annexes

1/28/2025 1:51:25 PM

Marque 5 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:50:34 PM
Filename	D:\test\test_001107.jspd
Spectrum name	test_001107
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



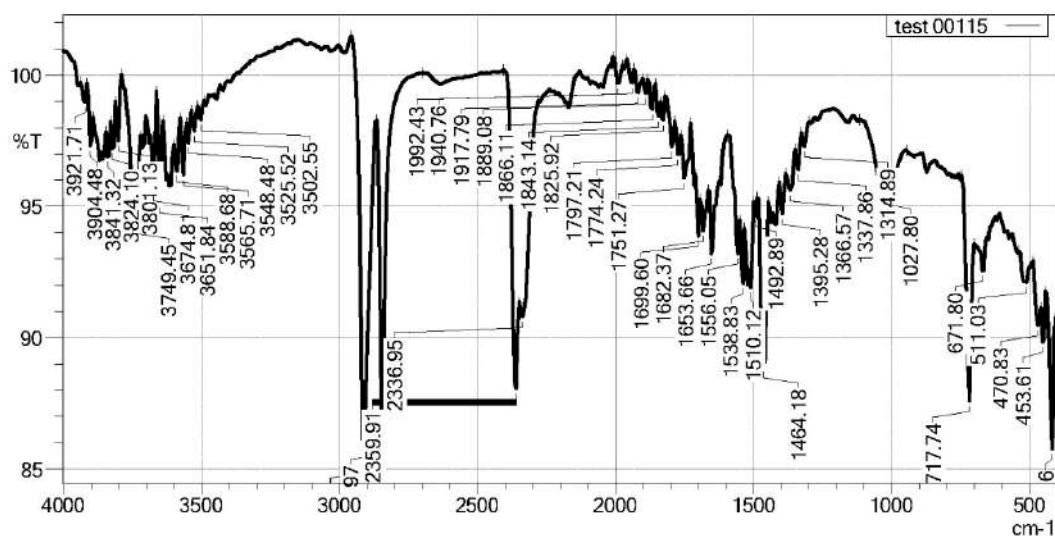
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	413.42	51.67	3.82	419.16	401.93	791.934	39.262	
2	424.90	53.21	1.72	447.87	419.16	1282.361	35.132	
3	470.83	53.83	4.91	482.32	447.87	1518.241	101.395	
4	499.54	57.07	1.91	516.77	482.32	1441.716	28.770	
5	522.51	58.98	1.34	591.41	516.77	2634.900	14.022	
6	717.74	53.44	28.50	746.44	637.35	3706.797	1338.277	
7	792.38	78.36	2.98	809.61	746.44	1218.122	131.293	
8	872.77	65.39	11.82	889.99	849.80	1104.816	186.775	
9	1010.57	49.12	8.42	1027.80	889.99	5055.116	381.457	
10	1234.51	77.29	12.23	1303.41	1159.86	2332.768	817.222	
11	1337.86	84.22	3.20	1349.34	1303.41	539.493	23.957	
12	1406.76	76.82	4.42	1446.95	1383.79	1326.355	151.673	
13	1510.12	88.37	1.75	1533.08	1498.63	362.611	28.476	
14	1538.83	89.19	1.69	1550.31	1533.08	174.552	17.647	
15	1579.02	90.96	0.68	1584.76	1567.53	151.343	7.790	
16	1647.92	89.05	1.50	1665.15	1630.70	348.377	22.852	
17	1716.82	87.18	7.13	1762.76	1688.11	567.008	221.189	
18	1797.21	99.66	0.99	1814.44	1785.73	-6.606	13.808	
19	2359.91	90.23	11.70	2417.33	2227.85	307.365	697.231	
20	2853.72	97.83	1.62	2870.94	2601.07	-184.340	-60.618	
21	2922.62	95.93	3.90	3008.75	2870.94	115.329	115.161	
22	3565.71	99.42	1.52	3577.19	3554.23	-5.507	15.880	
23	3617.39	98.32	0.83	3623.13	3600.16	23.972	10.104	
24	3651.84	98.20	2.15	3663.32	3640.35	14.981	23.048	
25	3674.81	98.14	2.00	3686.29	3663.32	17.888	21.205	
26	3692.03	98.84	0.75	3703.52	3686.29	13.891	6.827	
27	3737.97	97.55	2.36	3778.16	3720.74	44.290	63.660	
28	3801.13	99.75	1.45	3812.61	3789.64	-13.327	14.224	
29	3824.10	99.73	0.76	3829.84	3812.61	-0.437	9.964	
30	3898.74	99.67	0.84	3915.97	3893.00	-6.839	10.349	

Annexes

2/19/2025 9:45:08 AM

Marque 6 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:18:18 AM
Filename	D:\test\test_00115.ispd
Spectrum name	test_00115
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	85.77	5.31	442.13	407.67	369.230	67.968	
2	453.61	89.84	1.50	459.35	442.13	165.297	18.014	
3	470.83	90.47	1.38	488.06	459.35	252.271	23.422	
4	511.03	92.12	0.97	539.74	488.06	382.783	26.764	
5	671.80	92.55	1.18	700.51	654.57	309.933	20.551	
6	717.74	87.59	6.95	746.44	700.51	372.188	136.543	
7	1027.80	95.53	2.19	1113.93	947.41	546.845	169.096	
8	1314.89	97.29	0.68	1326.38	1297.67	65.739	8.675	
9	1337.86	96.41	1.08	1349.34	1326.38	69.729	11.935	
10	1366.57	95.62	1.09	1383.79	1349.34	134.670	21.353	
11	1395.28	94.72	1.37	1406.76	1383.79	106.441	16.675	
12	1464.18	88.89	6.35	1487.15	1446.95	334.865	143.892	
13	1492.89	94.64	0.61	1498.63	1487.15	57.975	3.527	
14	1510.12	91.92	1.44	1515.86	1498.63	119.214	12.761	
15	1538.83	92.09	2.18	1550.31	1533.08	120.013	22.086	
16	1556.05	93.21	1.67	1596.24	1550.31	194.232	14.471	
17	1653.66	93.21	2.51	1665.15	1624.95	208.006	38.773	
18	1682.37	94.08	1.34	1693.86	1665.15	148.268	17.711	
19	1699.60	93.88	1.72	1711.08	1693.86	87.087	13.946	
20	1751.27	96.09	1.77	1762.76	1728.31	106.964	35.826	
21	1774.24	96.98	1.00	1785.73	1762.76	58.564	12.039	
22	1797.21	97.27	1.30	1820.18	1785.73	61.033	17.099	

Annexes

2/19/2025 9:45:08 AM

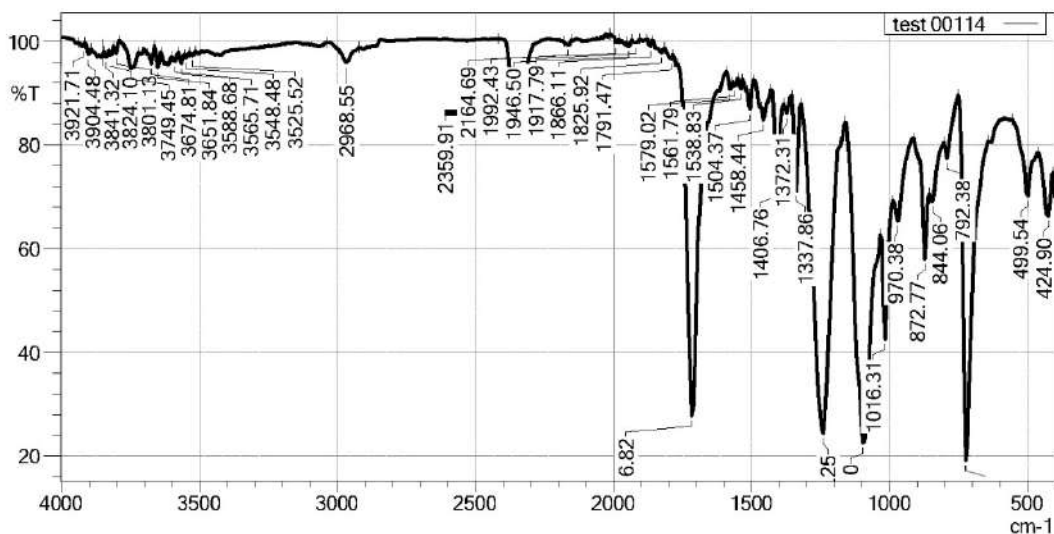
23	1825.92	98.29	0.64	1837.40	1820.18	24.584	8.842	
24	1843.14	98.42	0.78	1854.63	1837.40	20.973	9.266	
25	1866.11	98.71	1.04	1883.34	1854.63	20.207	13.402	
26	1889.08	99.31	0.55	1900.56	1883.34	7.875	5.511	
27	1917.79	99.34	0.71	1935.02	1900.56	9.439	11.178	
28	1940.76	99.70	0.62	1957.98	1935.02	-1.479	8.169	
29	1992.43	99.68	0.86	2009.66	1975.21	-4.104	14.540	
30	2336.95	90.79	1.85	2348.43	2279.53	377.831	46.700	
31	2359.91	88.06	5.07	2405.85	2348.43	324.462	82.296	
32	2847.97	85.97	12.50	2865.20	2698.69	374.225	238.565	
33	2911.14	85.27	14.62	2957.07	2865.20	519.359	508.972	
34	3502.55	98.30	0.63	3514.03	3491.07	31.676	7.007	
35	3525.52	97.87	0.88	3537.00	3514.03	38.850	10.040	
36	3548.48	97.43	0.90	3554.23	3537.00	35.198	7.882	
37	3565.71	96.20	2.07	3577.19	3554.23	61.946	22.196	
38	3588.68	96.35	1.51	3600.16	3577.19	66.390	17.156	
39	3651.84	95.17	3.65	3663.32	3640.35	66.460	39.231	
40	3674.81	95.62	2.93	3686.29	3663.32	65.541	32.237	
41	3749.45	94.40	4.27	3789.64	3720.74	205.167	126.530	
42	3801.13	97.51	2.00	3812.61	3789.64	31.114	19.988	
43	3824.10	97.22	1.27	3829.84	3812.61	39.589	15.701	
44	3841.32	96.90	1.06	3847.06	3829.84	46.753	12.804	
45	3904.48	97.31	1.72	3915.97	3893.00	40.101	17.889	
46	3921.71	98.99	0.70	3938.93	3915.97	15.982	9.061	

Annexes

2/19/2025 9:43:11 AM

Marque 6 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:17:09 AM
Filename	D:\test\test_00114.ispd
Spectrum name	test 00114
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	66.34	9.50	465.09	407.67	1580.613	236.912	
2	499.54	70.24	10.66	556.96	465.09	2013.617	331.838	
3	723.48	19.27	68.04	752.19	643.09	4278.212	2665.010	
4	792.38	77.46	5.07	803.86	752.19	875.555	103.775	
5	844.06	69.15	3.64	855.54	803.86	1301.202	37.098	
6	872.77	58.00	15.79	912.96	855.54	1626.140	243.978	
7	970.38	65.33	6.73	987.60	912.96	1964.163	119.142	
8	1016.31	42.62	22.57	1033.54	987.60	1939.025	377.639	
9	1096.70	22.58	50.99	1159.86	1033.54	6414.511	3076.724	
10	1240.25	24.44	59.13	1320.63	1182.83	6182.034	4004.246	
11	1337.86	71.21	17.52	1355.08	1320.63	647.660	259.640	
12	1372.31	86.12	2.46	1383.79	1355.08	354.227	30.504	
13	1406.76	72.06	17.26	1429.73	1383.79	799.721	309.099	
14	1458.44	84.85	2.98	1464.18	1429.73	430.826	50.888	
15	1504.37	86.90	4.71	1515.86	1492.89	246.660	53.774	
16	1538.83	90.87	1.88	1550.31	1533.08	142.727	18.330	
17	1561.79	91.43	0.96	1567.53	1550.31	140.760	11.497	
18	1579.02	90.81	2.37	1590.50	1567.53	184.497	27.831	
19	1716.82	27.82	67.38	1768.50	1590.50	4439.137	3532.921	
20	1791.47	96.58	1.10	1814.44	1785.73	75.836	20.001	
21	1825.92	97.84	1.20	1860.37	1814.44	58.563	31.989	
22	1866.11	99.07	1.19	1877.60	1860.37	6.739	11.847	

Annexes

2/19/2025 9:43:11 AM

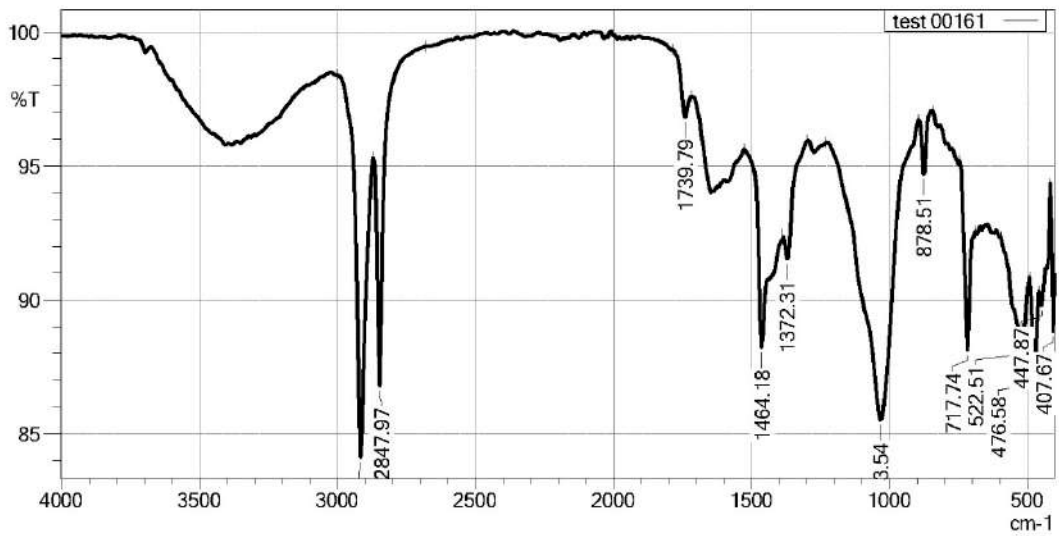
23	1917.79	99.70	0.70	1935.02	1906.31	2.341	13.087	
24	1946.50	99.07	0.88	1952.24	1935.02	8.843	9.422	
25	1992.43	99.73	0.98	2015.40	1980.95	-20.726	10.016	
26	2164.69	99.39	0.77	2181.92	2153.21	12.139	16.128	
27	2359.91	88.81	4.66	2417.33	2348.43	292.474	34.760	
28	2968.55	95.92	3.28	3037.46	2922.62	222.585	141.052	
29	3525.52	97.24	0.75	3537.00	3514.03	55.047	8.691	
30	3548.48	96.78	0.86	3554.23	3537.00	46.974	7.487	
31	3565.71	95.70	1.99	3577.19	3554.23	74.400	21.330	
32	3588.68	96.12	1.31	3600.16	3577.19	73.925	14.922	
33	3651.84	94.96	3.52	3663.32	3640.35	73.126	38.174	
34	3674.81	95.67	2.70	3686.29	3663.32	66.851	29.467	
35	3749.45	94.72	4.09	3789.64	3720.74	187.824	118.694	
36	3801.13	97.69	1.89	3812.61	3789.64	28.716	19.136	
37	3824.10	97.35	1.24	3829.84	3812.61	37.310	14.914	
38	3841.32	96.98	1.13	3847.06	3829.84	44.725	13.246	
39	3904.48	97.46	1.69	3915.97	3893.00	37.022	17.411	
40	3921.71	99.06	0.88	3938.93	3915.97	14.705	8.690	

Annexes

2/19/2025 11:12:12 AM

Marque 7 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:12:37 AM
Filename	D:\test\test_00161.ispd
Spectrum name	test_00161
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



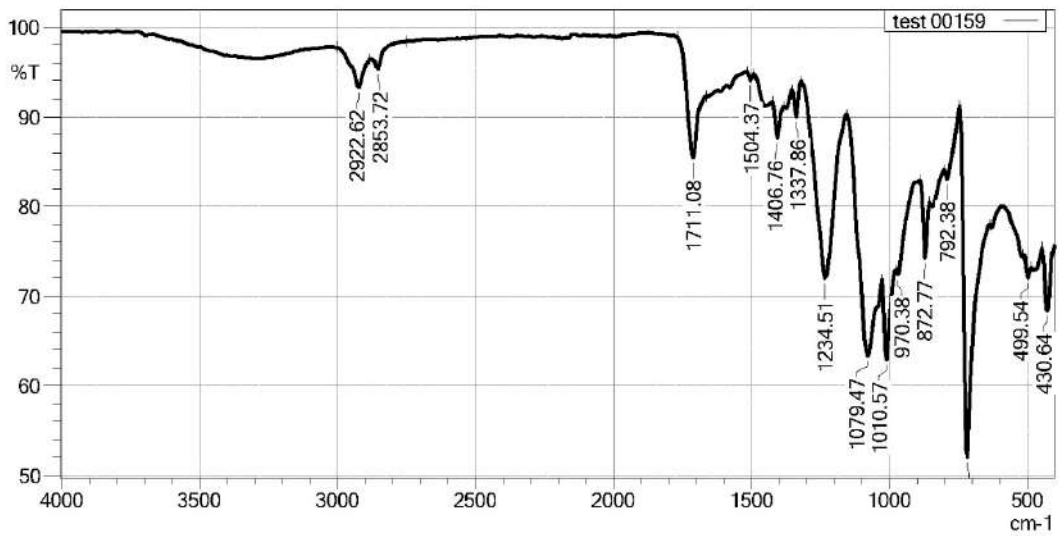
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	407.67	88.83	3.27	419.16	401.93	148.421	21.886	
2	447.87	89.79	1.68	459.35	419.16	365.393	57.089	
3	476.58	87.23	3.35	493.80	459.35	384.697	60.043	
4	522.51	88.37	2.88	597.16	493.80	1022.796	153.595	
5	717.74	88.13	5.74	746.44	689.03	477.924	126.259	
6	878.51	94.69	2.14	895.73	844.06	196.856	36.147	
7	1033.54	85.52	10.85	1228.76	895.73	2657.067	1423.567	
8	1372.31	91.55	1.56	1389.54	1297.67	547.737	14.893	
9	1464.18	88.23	5.93	1527.34	1389.54	1060.648	238.074	
10	1739.79	96.83	1.36	1785.73	1716.82	134.217	29.167	
11	2847.97	86.80	9.02	2870.94	2681.46	532.990	38.557	
12	2916.88	84.14	12.25	3003.01	2870.94	838.534	424.171	

Annexes

2/19/2025 11:08:53 AM

Marque 7 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:10:50 AM
Filename	D:\test\test_00159.ispd
Spectrum name	test_00159
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



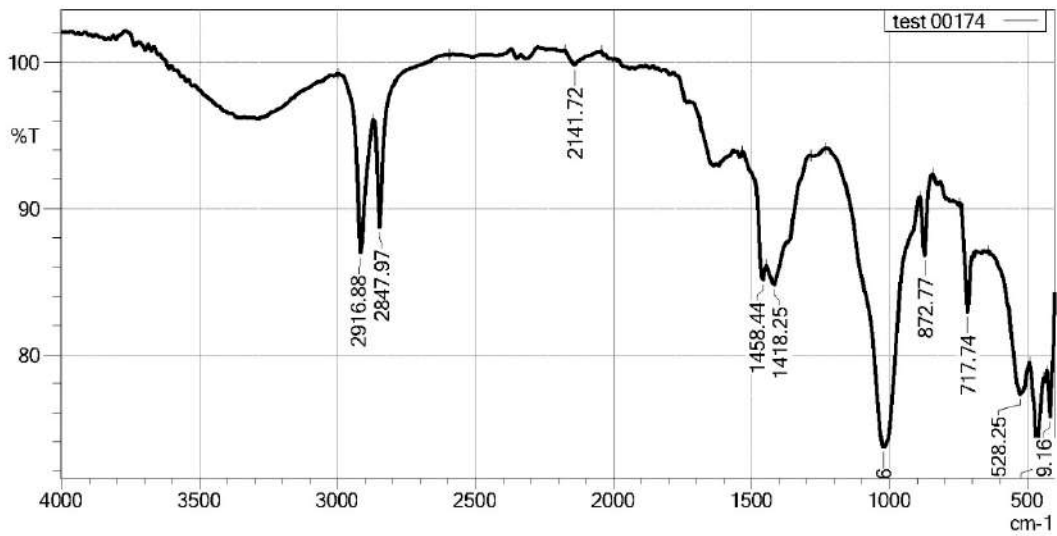
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	68.34	6.75	447.87	413.42	986.240	128.318	
2	499.54	72.04	1.73	516.77	488.06	767.635	18.539	
3	717.74	52.08	35.63	746.44	637.35	3219.363	1535.673	
4	792.38	83.05	2.46	803.86	746.44	795.676	86.250	
5	872.77	74.26	7.42	889.99	855.54	740.548	109.417	
6	970.38	72.40	1.17	976.12	889.99	1819.773	-83.310	
7	1010.57	62.91	9.27	1027.80	976.12	1633.138	204.794	
8	1079.47	63.35	15.99	1154.12	1027.80	3405.385	1006.754	
9	1234.51	72.00	20.02	1320.63	1154.12	2767.090	1448.641	
10	1337.86	90.00	3.45	1356.08	1320.63	273.784	48.267	
11	1406.76	87.65	3.77	1423.99	1383.79	412.115	65.758	
12	1504.37	94.08	0.81	1515.86	1492.89	126.440	9.103	
13	1711.08	85.44	9.79	1768.50	1665.15	851.314	396.443	
14	2853.72	95.32	1.53	2882.43	2750.36	338.621	-3.771	
15	2922.62	93.24	3.62	3003.01	2882.43	507.501	154.824	

Annexes

1/28/2025 10:43:10 AM

Marque 8 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:42:17 AM
Filename	D:\test\test_00174.ispd
Spectrum name	test_00174
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



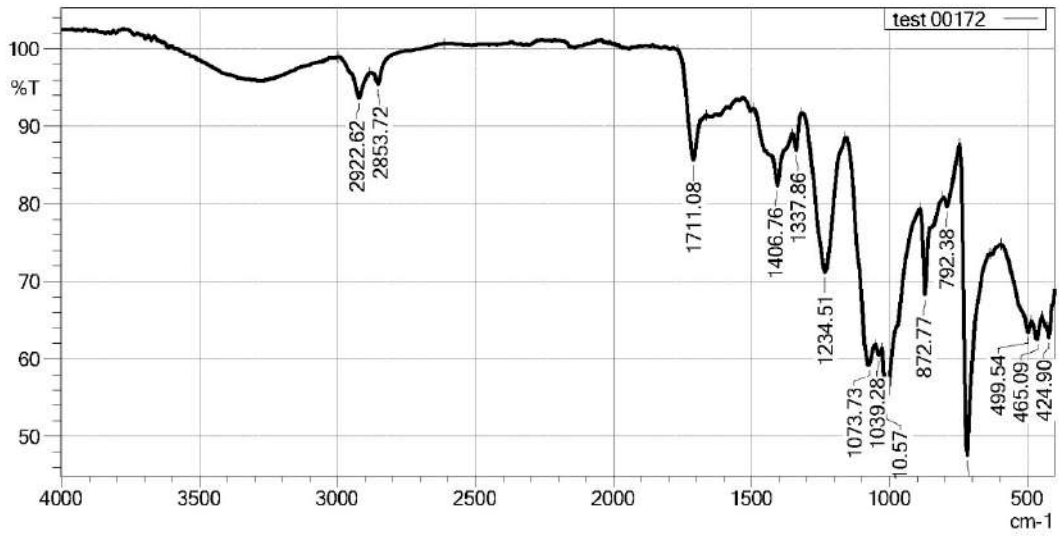
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	75.76	5.26	430.64	401.93	613.010	83.357	
2	465.09	72.99	5.88	493.80	442.13	1219.903	130.882	
3	528.25	77.27	3.96	643.09	493.80	2634.033	138.588	
4	717.74	82.88	5.22	746.44	700.51	621.709	95.707	
5	872.77	86.79	4.61	889.99	844.06	462.284	76.119	
6	1022.06	73.68	18.43	1228.76	889.99	4914.095	2362.206	
7	1418.25	84.79	2.68	1446.95	1286.18	1813.695	186.976	
8	1458.44	85.13	2.03	1533.08	1446.95	830.981	-28.787	
9	2141.72	99.83	1.00	2176.17	2044.11	-49.812	57.888	
10	2847.97	88.72	7.74	2870.94	2595.33	407.838	-57.471	
11	2916.88	86.97	10.26	2997.26	2870.94	646.915	351.015	

Annexes

1/28/2025 10:40:42 AM

Marque 8 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:39:48 AM
Filename	D:\test\test_00172.ispd
Spectrum name	test_00172
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



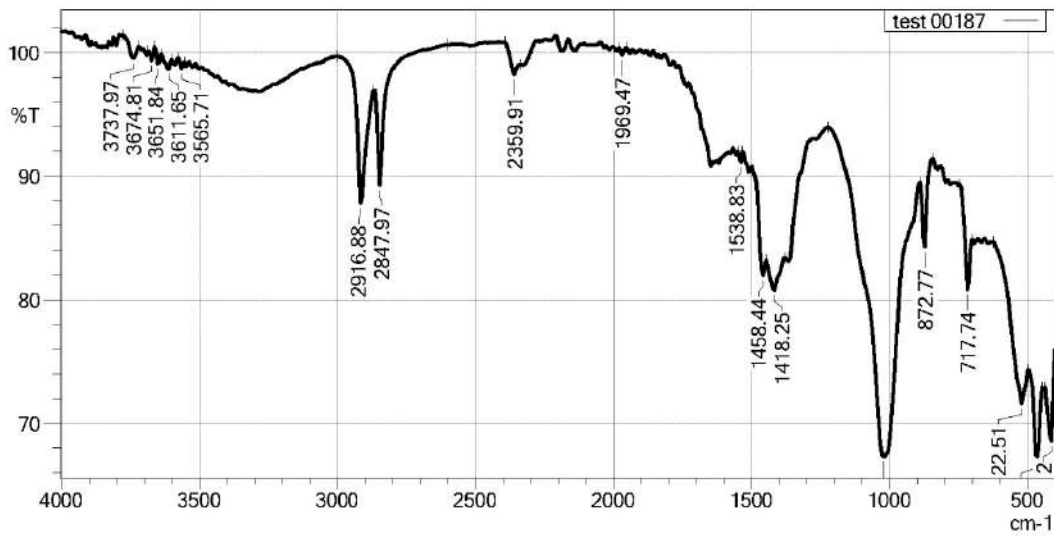
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	62.74	2.32	430.64	413.42	619.409	25.546	
2	465.09	62.51	2.74	488.06	447.87	1449.001	50.506	
3	499.54	63.44	2.51	597.16	488.06	3386.160	96.613	
4	717.74	47.63	36.36	746.44	637.35	3678.133	1565.376	
5	792.38	79.65	3.17	809.61	746.44	1095.432	106.388	
6	872.77	68.30	11.44	889.99	809.61	1884.789	292.859	
7	1010.57	53.57	10.05	1027.80	889.99	4426.730	346.615	
8	1039.28	60.47	1.13	1050.76	1027.80	895.663	13.665	
9	1073.73	59.22	8.24	1159.86	1050.76	3116.312	411.709	
10	1234.51	71.18	18.85	1320.63	1159.86	2894.825	1309.883	
11	1337.86	86.97	3.38	1355.08	1320.63	378.398	45.925	
12	1406.76	82.39	7.87	1492.89	1355.08	1776.082	490.965	
13	1711.08	85.66	9.57	1768.50	1665.15	818.786	375.519	
14	2853.72	95.41	1.91	2882.43	2612.56	202.560	-119.559	
15	2922.62	93.67	3.96	2997.26	2882.43	394.320	157.709	

Annexes

1/28/2025 11:11:19 AM

Marque 9 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 11:10:09 AM
Filename	D:\test\test_00187.ispd
Spectrum name	test_00187
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



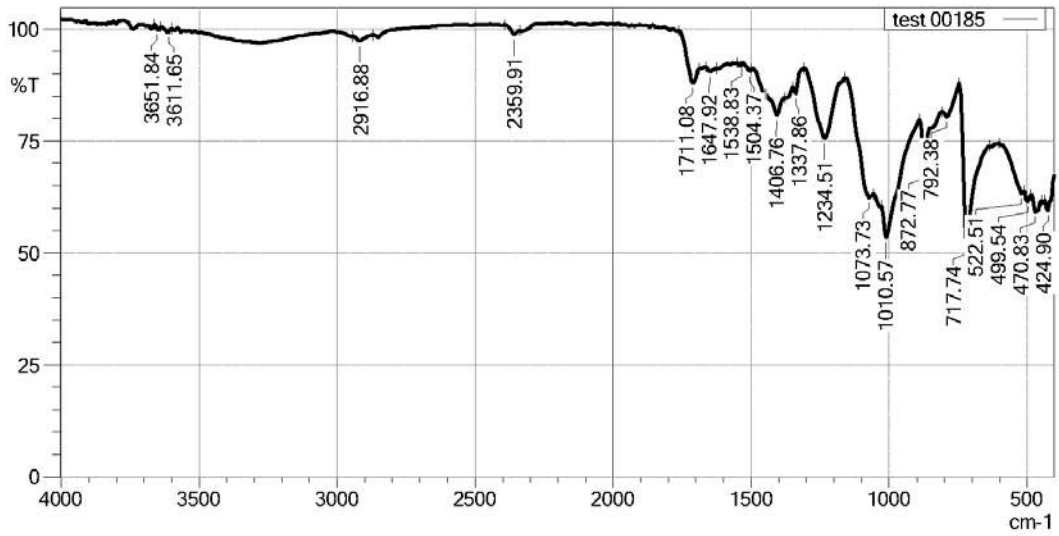
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	413.42	68.57	6.43	436.38	401.93	995.432	115.794	
2	465.09	67.29	6.09	499.54	447.87	1499.900	136.567	
3	522.51	71.57	4.65	625.87	499.54	2750.170	162.887	
4	717.74	80.81	5.76	746.44	700.51	692.374	100.595	
5	872.77	84.29	5.95	889.99	844.06	534.160	97.089	
6	1022.06	67.31	23.97	1223.02	889.99	5851.142	3100.359	
7	1418.25	80.76	2.52	1446.95	1378.05	1233.869	83.013	
8	1458.44	81.96	2.94	1498.63	1446.95	721.323	49.809	
9	1538.83	91.13	0.87	1550.31	1533.08	146.434	8.664	
10	1969.47	99.80	0.60	1980.95	1952.24	-4.714	6.832	
11	2359.91	98.22	1.54	2394.37	2336.95	40.484	37.443	
12	2847.97	89.27	7.99	2870.94	2601.07	322.323	-0.961	
13	2916.88	87.83	10.08	3003.01	2870.94	536.041	315.324	
14	3565.71	98.69	0.72	3577.19	3554.23	20.818	7.278	
15	3611.65	98.69	0.86	3640.35	3600.16	32.778	18.364	
16	3651.84	99.11	1.06	3663.32	3640.35	7.524	11.588	
17	3674.81	99.35	0.97	3686.29	3663.32	2.984	10.159	
18	3737.97	99.55	1.22	3778.16	3720.74	-21.951	33.441	

Annexes

1/28/2025 11:07:23 AM

Marque 9 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 11:06:08 AM
Filename	D:\Test\test_00185.ispd
Spectrum name	test 00185
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 (cm-1)
Apodization	Happ-Genzel



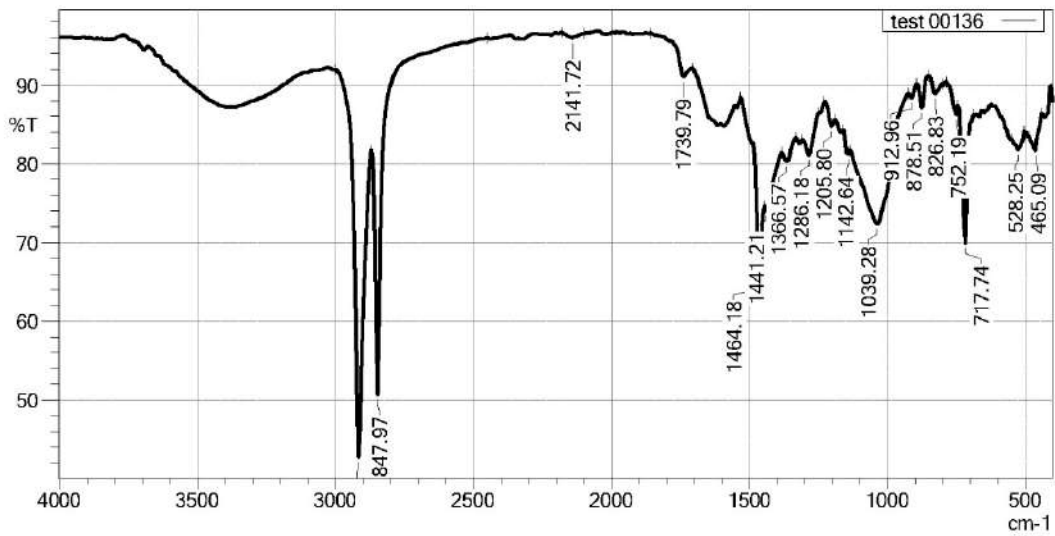
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	59.46	4.16	436.38	401.93	1304.264	84.249	
2	470.83	59.09	3.30	488.06	447.87	1578.689	63.203	
3	499.54	61.41	1.97	511.03	488.06	866.775	25.596	
4	522.51	63.25	1.89	602.90	511.03	2823.710	-11.728	
5	717.74	52.19	32.00	746.44	637.35	3496.642	1411.136	
6	792.38	80.38	2.86	809.61	746.44	1077.487	110.194	
7	872.77	68.93	11.22	889.99	809.61	1832.849	277.521	
8	1010.57	53.46	9.41	1027.80	889.99	4525.873	408.009	
9	1073.73	62.28	5.18	1159.86	1056.51	2684.636	217.339	
10	1234.51	75.59	14.61	1309.15	1159.86	2448.886	984.986	
11	1337.86	85.65	2.60	1349.34	1309.15	455.759	19.829	
12	1406.76	80.78	4.19	1446.95	1378.05	1148.170	116.603	
13	1504.37	90.59	0.79	1533.08	1498.63	292.294	11.163	
14	1538.83	91.74	0.76	1550.31	1533.08	136.657	7.364	
15	1647.92	90.41	0.92	1665.15	1624.95	364.140	15.168	
16	1711.08	87.92	5.85	1762.76	1688.11	532.523	189.788	
17	2359.91	98.76	1.38	2394.37	2336.95	12.877	28.716	
18	2916.88	97.28	1.17	2945.59	2870.94	146.405	33.120	
19	3611.65	99.31	0.85	3640.35	3600.16	5.828	16.170	
20	3651.84	99.86	0.88	3663.32	3640.35	-7.513	9.580	

Annexes

2/19/2025 10:32:11 AM

Marque 10 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:44:44 AM
Filename	D:\Test\test_00136.ispd
Spectrum name	test_00136
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



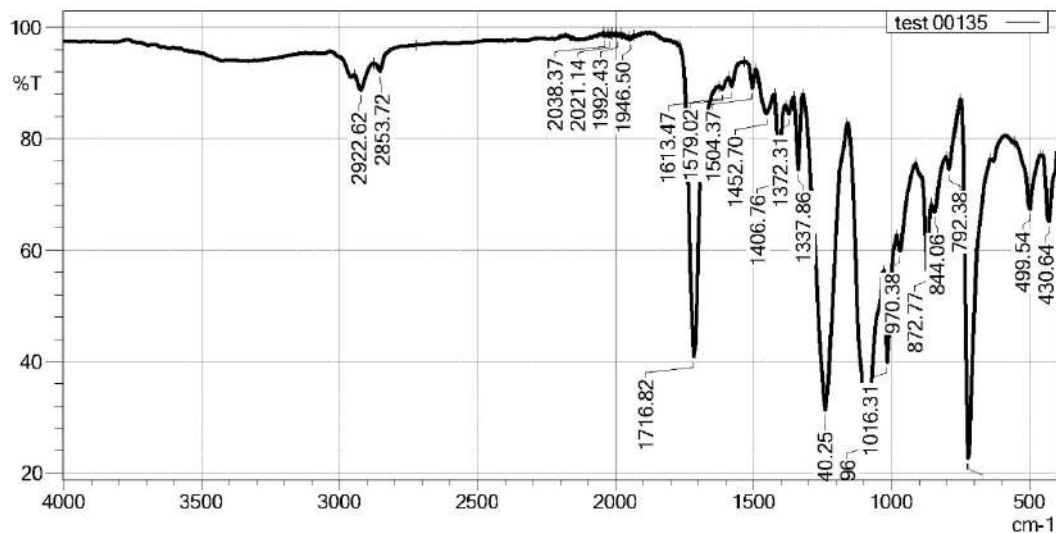
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	465.09	81.66	3.27	488.06	442.13	766.624	74.430	
2	528.25	81.76	1.87	551.22	505.29	801.615	49.753	
3	717.74	69.96	16.88	746.44	689.03	1117.411	361.403	
4	752.19	86.21	1.63	786.64	746.44	466.450	20.375	
5	826.83	88.91	1.76	849.80	803.86	469.627	41.214	
6	878.51	87.12	3.42	895.73	849.80	486.350	57.601	
7	912.96	88.36	1.06	924.44	895.73	316.327	16.040	
8	1039.28	72.37	12.68	1136.89	924.44	4419.350	1305.244	
9	1142.64	81.24	1.14	1159.86	1136.89	410.039	19.722	
10	1205.80	84.77	1.83	1228.76	1188.57	560.145	28.137	
11	1286.18	81.09	3.31	1309.15	1251.73	970.322	94.192	
12	1366.57	80.29	1.78	1383.79	1332.12	955.388	45.139	
13	1441.21	74.08	1.14	1446.95	1383.79	1413.248	24.320	
14	1464.18	65.39	11.97	1533.08	1446.95	1778.838	186.710	
15	1739.79	91.06	2.09	1860.37	1705.34	848.727	-22.414	
16	2141.72	96.00	0.63	2181.92	2101.53	296.996	26.729	
17	2847.97	50.73	31.80	2870.94	2451.78	3632.403	-1037.268	
18	2916.88	42.78	42.54	3003.01	2870.94	3166.154	1431.806	

Annexes

2/19/2025 10:30:19 AM

Marque 10 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:43:...
Filename	D:\test\test_00135.ispd
Spectrum name	test_00135
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



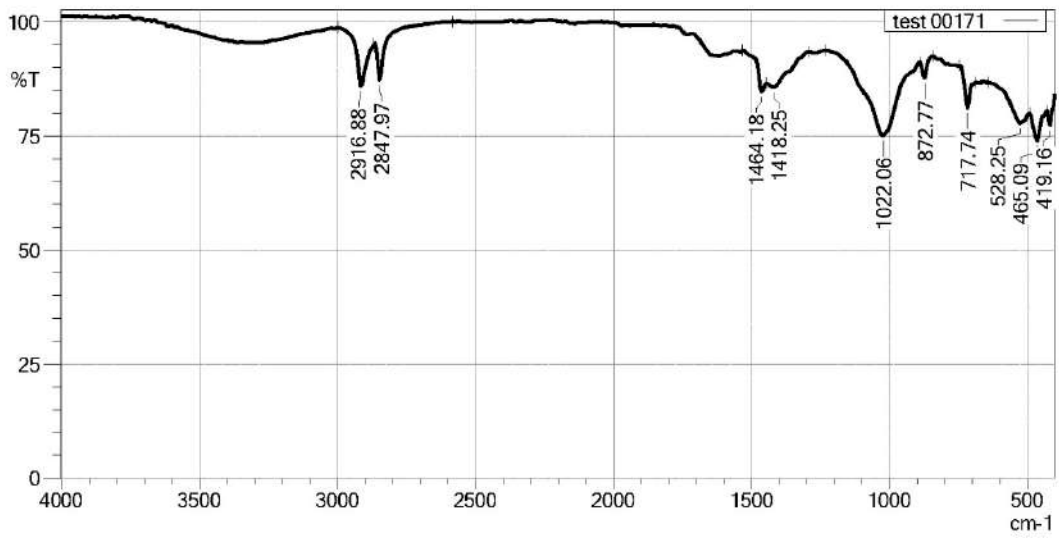
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	65.14	12.19	453.61	401.93	1471.940	302.062	
2	499.54	67.31	10.57	556.96	465.09	2342.836	339.938	
3	723.48	22.60	61.61	752.19	643.09	4463.848	2462.524	
4	792.38	74.44	4.62	803.86	752.19	1045.053	110.207	
5	844.06	66.78	3.37	855.54	803.86	1469.224	48.971	
6	872.77	56.38	14.06	912.96	855.54	1818.598	205.025	
7	970.38	59.80	5.00	981.86	912.96	2210.575	80.980	
8	1016.31	39.86	17.97	1027.80	981.86	2175.041	311.871	
9	1090.96	26.37	42.55	1159.86	1027.80	6758.158	2730.227	
10	1240.25	31.32	54.08	1320.63	1159.86	6268.541	3921.165	
11	1337.86	74.45	13.31	1355.08	1320.63	615.990	194.382	
12	1372.31	84.45	2.12	1383.79	1355.08	410.408	29.213	
13	1406.76	73.86	13.27	1423.99	1383.79	750.018	226.944	
14	1452.70	84.49	5.36	1492.89	1423.99	874.306	200.406	
15	1504.37	89.02	3.80	1533.08	1492.89	319.592	43.573	
16	1579.02	89.31	2.26	1590.50	1533.08	450.859	16.103	
17	1613.47	88.81	1.11	1624.95	1590.50	352.279	14.444	
18	1716.82	40.86	53.29	1768.50	1624.95	3405.858	2416.870	
19	1946.50	97.83	0.58	1952.24	1935.02	32.163	5.434	
20	1992.43	98.35	0.60	1998.18	1980.95	24.077	5.669	
21	2021.14	98.28	0.64	2026.89	2015.40	16.026	3.701	
22	2038.37	98.43	0.60	2044.11	2026.89	22.196	5.006	
23	2853.72	92.10	1.91	2876.68	2721.65	690.626	-59.179	
24	2922.62	88.72	3.45	2945.59	2876.68	610.754	94.740	

Annexes

1/28/2025 10:39:12 AM

Marque 11 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:38:07 AM
Filename	D:\Test\test_00171.ispd
Spectrum name	test 00171
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



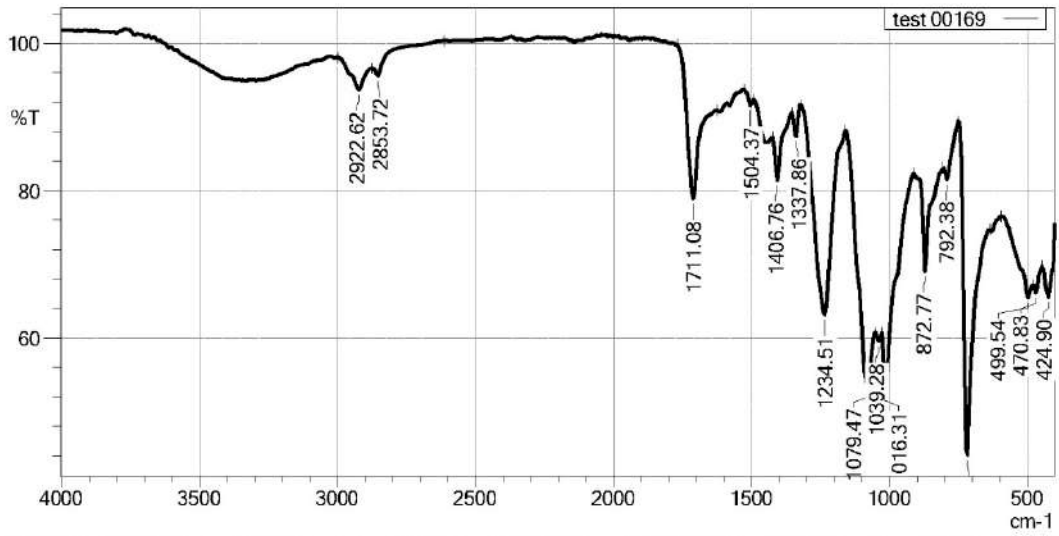
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	77.31	4.65	430.64	401.93	577.663	69.978	
2	465.09	73.91	6.34	493.80	430.64	1420.625	175.334	
3	528.25	77.75	3.82	643.09	493.80	2620.053	142.082	
4	717.74	81.06	7.54	746.44	689.03	811.145	156.892	
5	872.77	87.64	3.99	889.99	844.06	443.434	66.846	
6	1022.06	75.14	17.00	1228.76	889.99	4758.747	2197.310	
7	1418.25	85.63	2.24	1446.95	1291.92	1675.722	129.683	
8	1464.18	84.61	3.42	1533.08	1446.95	835.860	-10.435	
9	2847.97	87.24	8.46	2870.94	2583.85	590.953	-70.079	
10	2916.88	85.93	10.64	2997.26	2870.94	734.114	358.774	

Annexes

1/28/2025 10:36:17 AM

Marque 11 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:35:23 AM
Filename	D:\Test\test_00169.ispd
Spectrum name	test_00169
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



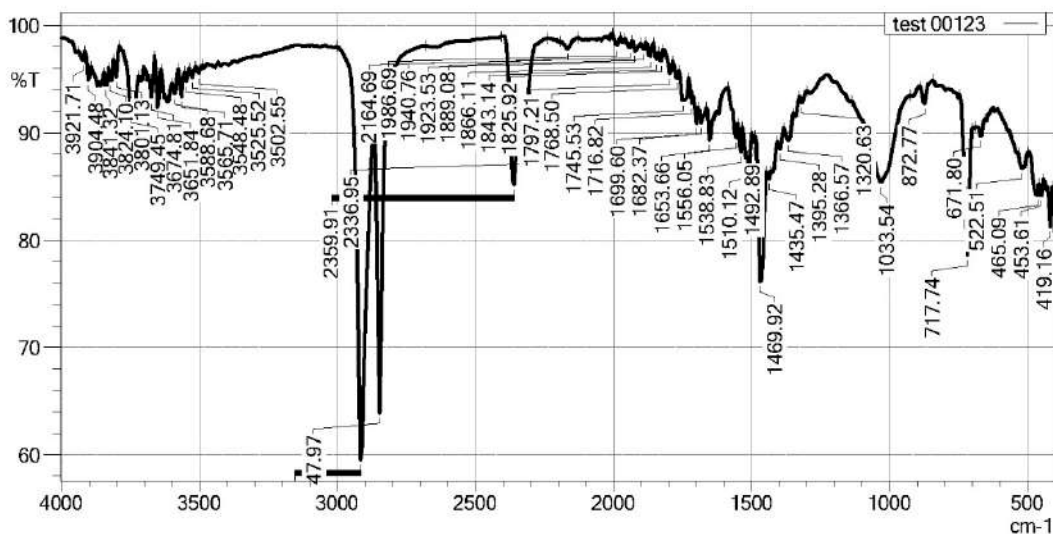
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	65.50	7.15	447.87	401.93	1455.990	199.776	
2	470.83	66.10	1.95	482.32	447.87	1114.089	28.068	
3	499.54	65.50	3.10	597.16	482.32	3305.965	73.902	
4	717.74	44.10	40.95	752.19	637.35	3774.140	1718.592	
5	792.38	81.48	3.56	809.61	752.19	876.878	90.405	
6	872.77	69.02	13.63	912.96	809.61	2180.360	396.536	
7	1016.31	52.88	9.97	1027.80	912.96	3527.930	257.006	
8	1039.28	59.54	1.18	1050.76	1027.80	916.078	13.741	
9	1079.47	53.41	14.54	1159.86	1050.76	3538.277	749.122	
10	1234.51	63.18	26.59	1320.63	1159.86	3501.615	1876.628	
11	1337.86	87.39	3.71	1355.08	1320.63	360.493	53.842	
12	1406.76	81.39	6.66	1423.99	1355.08	919.331	153.138	
13	1504.37	91.56	1.29	1527.34	1492.89	254.791	16.082	
14	1711.08	78.90	17.33	1768.50	1624.95	1537.364	869.158	
15	2853.72	95.55	1.38	2876.68	2612.56	231.999	-167.691	
16	2922.62	93.67	3.51	2997.26	2876.68	495.601	176.678	

Annexes

2/19/2025 9:59:09 AM

Marque 12 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:28:13 AM
Filename	D:\Test\test 00123.ispd
Spectrum name	test 00123
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	81.27	3.70	430.64	407.67	372.298	27.064	
2	453.61	84.16	1.23	459.35	442.13	265.112	14.709	
3	465.09	84.23	1.44	499.54	459.35	564.200	30.601	
4	522.51	86.71	1.44	534.00	489.54	440.014	32.254	
5	671.80	89.72	1.20	689.03	654.57	330.439	17.552	
6	717.74	78.61	12.97	746.44	700.51	620.043	251.320	
7	872.77	92.71	1.85	889.99	844.06	276.590	29.856	
8	1033.54	85.39	7.83	1136.89	924.44	2176.002	736.612	
9	1320.63	92.82	0.68	1326.38	1297.67	191.925	9.397	
10	1366.57	89.29	1.85	1383.79	1349.34	342.132	37.003	
11	1395.28	88.48	1.35	1406.76	1383.79	249.674	16.190	
12	1435.47	85.70	0.71	1446.95	1429.73	240.005	5.777	
13	1469.92	76.16	12.10	1487.15	1446.95	727.476	246.238	
14	1492.89	89.12	0.70	1498.63	1487.15	120.864	4.046	
15	1510.12	86.88	1.62	1515.86	1498.63	206.253	14.499	
16	1538.83	88.23	2.41	1550.31	1533.08	185.155	24.845	
17	1556.05	89.57	1.86	1584.76	1550.31	288.847	32.275	
18	1653.66	89.32	2.44	1665.15	1642.18	214.057	24.875	
19	1682.37	90.92	1.44	1693.86	1665.15	238.331	18.869	
20	1699.60	90.88	1.83	1711.08	1693.86	137.313	14.675	
21	1716.82	92.75	1.20	1728.31	1711.08	106.796	7.624	
22	1745.53	93.04	2.42	1762.76	1728.31	212.447	55.813	

Annexes

2/19/2025 9:59:09 AM

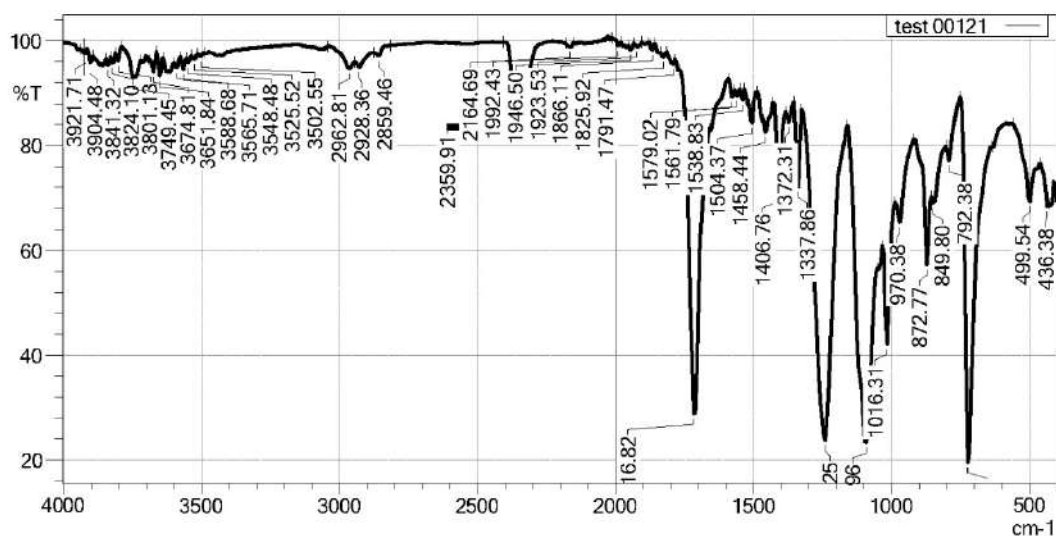
23	1768.50	95.10	0.92	1785.73	1762.76	99.068	12.604	
24	1797.21	95.52	1.52	1820.18	1785.73	115.438	19.635	
25	1825.92	96.70	0.97	1837.40	1820.18	50.923	10.231	
26	1843.14	96.86	0.93	1854.63	1837.40	46.614	11.096	
27	1866.11	97.10	1.29	1883.34	1854.63	62.625	16.580	
28	1889.08	97.78	0.62	1900.56	1883.34	34.150	6.197	
29	1923.53	97.62	0.86	1935.02	1900.56	66.417	12.781	
30	1940.76	97.94	0.67	1957.98	1935.02	39.543	8.781	
31	1986.69	98.14	0.91	2003.92	1975.21	41.457	15.142	
32	2164.69	97.84	0.85	2193.40	2130.24	105.043	23.490	
33	2336.95	88.06	1.71	2348.43	2239.33	567.534	-112.452	
34	2359.91	85.16	5.61	2405.85	2348.43	437.270	84.145	
35	2847.97	63.90	27.00	2870.94	2681.46	1379.669	243.813	
36	2916.88	59.55	33.18	3003.01	2870.94	1892.472	1096.596	
37	3502.55	95.54	0.70	3514.03	3491.07	94.070	7.605	
38	3525.52	95.14	0.98	3537.00	3514.03	100.411	11.309	
39	3548.48	94.78	1.02	3554.23	3537.00	80.334	9.155	
40	3565.71	93.38	2.42	3577.19	3554.23	122.376	25.926	
41	3588.68	93.63	1.65	3600.16	3577.19	127.162	18.732	
42	3651.84	92.38	4.14	3663.32	3640.35	124.674	44.737	
43	3674.81	93.13	3.11	3686.29	3663.32	120.567	34.097	
44	3749.45	91.97	4.49	3789.64	3720.74	355.381	127.868	
45	3801.13	95.21	2.26	3812.61	3789.64	81.105	22.845	
46	3824.10	94.88	1.43	3829.84	3812.61	79.111	17.694	
47	3841.32	94.44	1.29	3847.06	3829.84	87.705	15.443	
48	3904.48	94.94	1.96	3915.97	3893.00	91.500	20.245	
49	3921.71	96.76	0.84	3938.93	3915.97	65.154	10.003	

Annexes

2/19/2025 9:56:20 AM

Marque 12 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:26:32 AM
Filename	D:\test\test_00121.ispd
Spectrum name	test_00121
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	436.38	68.35	1.83	465.09	430.64	926.891	-12.179	
2	499.54	69.31	9.95	562.70	465.09	2237.350	321.772	
3	723.48	19.65	67.24	752.19	637.35	4460.202	2681.856	
4	792.38	77.10	4.90	803.86	752.19	884.413	88.616	
5	849.80	69.03	2.30	855.54	803.86	1310.130	22.919	
6	872.77	57.27	15.97	918.70	855.54	1765.226	232.176	
7	970.38	65.33	6.85	987.60	918.70	1828.820	118.782	
8	1016.31	42.12	21.83	1033.54	987.60	1976.127	368.279	
9	1090.96	23.38	43.25	1159.86	1050.76	5765.446	2515.494	
10	1240.25	23.83	58.61	1326.38	1182.83	6427.968	4014.427	
11	1337.86	72.15	15.33	1355.08	1326.38	581.194	225.445	
12	1372.31	84.43	2.79	1383.79	1355.08	400.466	38.703	
13	1406.76	71.18	16.12	1429.73	1383.79	877.126	294.150	
14	1458.44	82.54	2.95	1464.18	1429.73	522.847	58.939	
15	1504.37	84.32	4.47	1515.86	1487.15	363.609	48.794	
16	1538.83	88.65	2.14	1550.31	1533.08	179.938	21.579	
17	1561.79	89.47	1.18	1567.53	1550.31	174.076	13.829	
18	1579.02	89.26	2.39	1590.50	1567.53	219.549	27.715	
19	1716.82	28.85	60.30	1768.50	1659.40	3790.189	2575.301	
20	1791.47	95.47	1.27	1814.44	1785.73	105.278	23.289	
21	1825.92	96.87	0.92	1837.40	1814.44	60.892	10.064	
22	1866.11	98.16	1.33	1877.60	1860.37	21.565	13.560	

Annexes

2/19/2025 9:56:20 AM

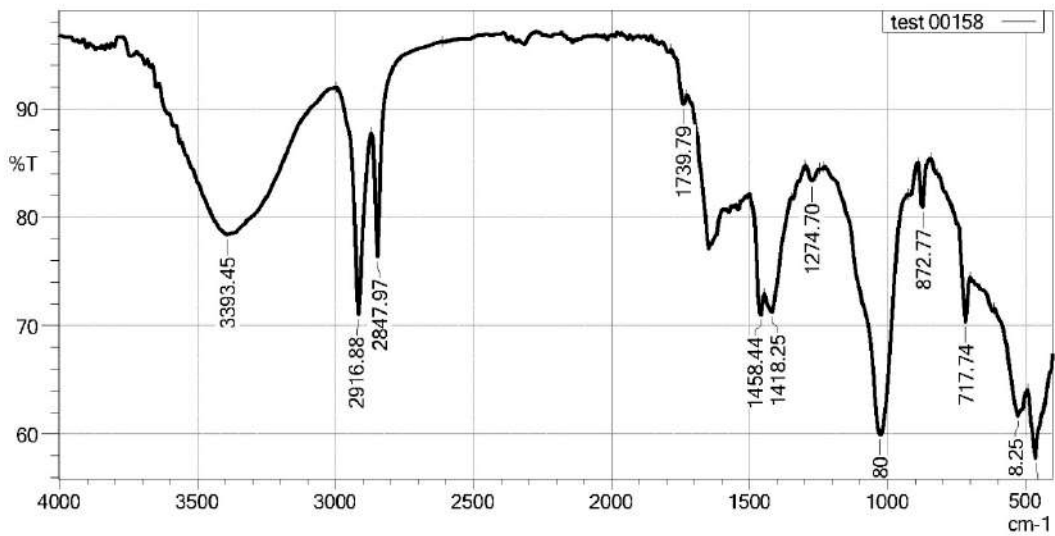
23	1923.53	98.86	0.72	1935.02	1906.31	25.004	13.479	
24	1946.50	98.27	0.92	1952.24	1935.02	22.571	9.910	
25	1992.43	99.02	0.96	2015.40	1980.95	5.308	9.489	
26	2164.69	98.80	0.81	2181.92	2153.21	27.139	15.686	
27	2359.91	86.11	5.66	2405.85	2348.43	389.482	87.468	
28	2859.46	97.08	1.00	2876.68	2813.52	109.262	7.398	
29	2928.36	94.97	1.43	2945.59	2876.68	245.084	27.152	
30	2962.81	94.72	1.75	3043.20	2945.59	289.478	38.530	
31	3502.55	96.97	0.64	3514.03	3491.07	61.712	6.718	
32	3525.52	96.45	0.88	3537.00	3514.03	71.543	10.261	
33	3548.48	95.77	1.06	3554.23	3537.00	62.482	9.380	
34	3565.71	94.48	2.33	3577.19	3554.23	97.898	24.749	
35	3588.68	94.86	1.50	3600.16	3577.19	100.859	17.130	
36	3651.84	93.23	4.07	3663.32	3640.35	106.054	44.190	
37	3674.81	94.03	3.07	3686.29	3663.32	100.142	33.469	
38	3749.45	92.87	4.47	3789.64	3720.74	296.290	128.438	
39	3801.13	96.08	2.20	3812.61	3789.64	61.930	22.369	
40	3824.10	95.75	1.40	3829.84	3812.61	63.852	17.045	
41	3841.32	95.32	1.30	3847.06	3829.84	72.281	15.260	
42	3904.48	95.80	1.96	3915.97	3893.00	71.664	20.184	
43	3921.71	97.61	0.83	3938.93	3915.97	46.323	10.250	

Annexes

2/19/2025 11:07:18 AM

Marque13 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:06:55 AM
Filename	D:\Test\test 00158.ispd
Spectrum name	test 00158
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



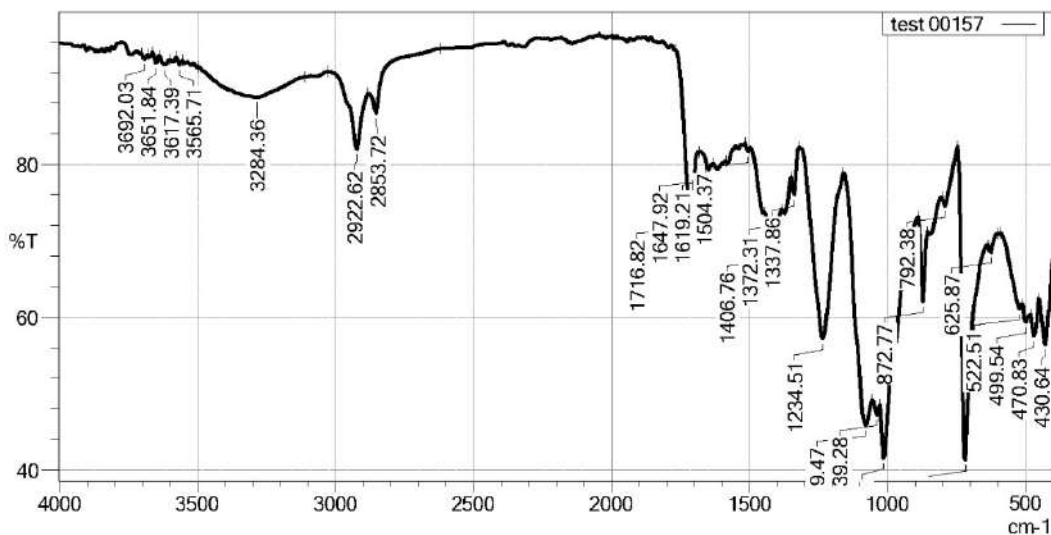
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	465.09	57.84	7.32	493.80	401.93	3469.564	324.831	
2	528.25	61.68	4.58	614.38	493.80	4080.573	205.532	
3	717.74	70.39	5.43	821.09	700.51	2534.592	32.417	
4	872.77	80.97	4.22	889.99	844.06	749.673	71.659	
5	1027.80	59.96	23.02	1228.76	924.44	7673.782	2620.300	
6	1274.70	83.36	1.27	1297.67	1245.99	827.163	32.150	
7	1418.25	71.31	4.25	1446.95	1349.34	2392.932	184.799	
8	1458.44	71.03	3.97	1498.63	1446.95	1244.461	84.472	
9	1739.79	90.46	1.61	1785.73	1728.31	398.991	16.791	
10	2847.97	76.41	12.12	2870.94	2612.56	1811.452	-258.366	
11	2916.88	71.08	18.23	2997.26	2870.94	1973.370	695.300	
12	3393.45	78.41	10.02	3559.97	2997.26	8900.142	2968.808	

Annexes

2/19/2025 11:06:07 AM

Marque 13 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/20
Filename	D:\Test\test_00157.ispd
Spectrum name	test 00157
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



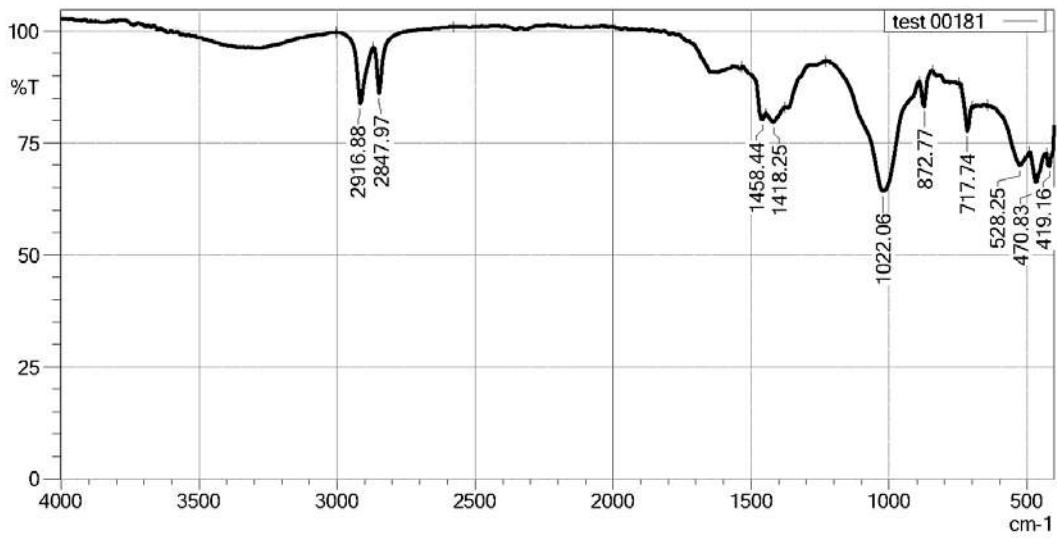
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	56.43	8.34	453.61	401.93	2028.114	222.322	
2	470.83	57.56	3.63	482.32	453.61	1176.413	68.336	
3	499.54	59.38	1.78	511.03	482.32	1145.831	26.897	
4	522.51	61.08	1.96	591.41	511.03	2753.379	49.885	
5	625.87	68.53	1.42	637.35	602.90	1044.618	17.737	
6	717.74	41.35	37.65	746.44	637.35	4228.413	1601.757	
7	792.38	74.51	2.55	803.86	746.44	1278.392	76.067	
8	872.77	62.06	10.09	889.99	855.54	1109.175	149.688	
9	1016.31	41.57	9.03	1027.80	889.99	5554.869	160.129	
10	1039.28	47.26	1.55	1056.51	1027.80	1485.707	18.221	
11	1079.47	45.88	9.93	1159.86	1056.51	4248.380	532.035	
12	1234.51	57.16	23.28	1320.63	1159.86	4795.711	1670.849	
13	1337.86	76.00	3.89	1349.34	1320.63	609.153	43.227	
14	1372.31	73.58	1.94	1383.79	1349.34	857.340	38.164	
15	1406.76	68.81	5.18	1446.95	1383.79	1772.715	126.916	
16	1504.37	81.64	0.76	1515.86	1498.63	309.260	7.627	
17	1619.21	79.39	0.77	1630.70	1584.76	921.703	14.530	
18	1647.92	79.26	1.35	1682.37	1630.70	1008.172	19.417	
19	1716.82	73.04	13.93	1768.50	1682.37	1483.072	475.210	
20	2853.72	86.68	3.22	2882.43	2618.30	1816.683	-244.694	
21	2922.62	81.97	8.10	3025.97	2882.43	1674.774	340.372	
22	3284.36	88.74	3.25	3496.81	3112.10	3803.126	746.937	
23	3565.71	93.00	0.79	3577.19	3554.23	150.715	8.112	
24	3617.39	93.03	0.88	3640.35	3600.16	264.034	20.671	
25	3651.84	93.19	1.23	3663.32	3640.35	141.735	13.697	
26	3692.03	93.72	0.69	3703.52	3680.55	135.823	7.229	

Annexes

1/28/2025 10:52:19 AM

Marque 14 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:51:28 AM
Filename	D:\Test\test_00181.ispd
Spectrum name	test 00181
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 (cm-1)
Apodization	Happ-Genzel



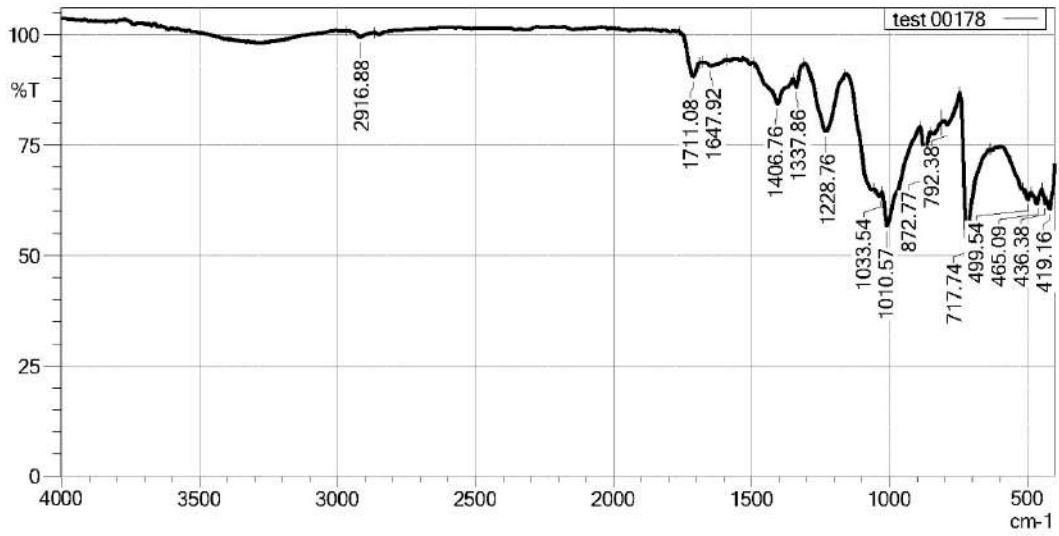
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	69.79	5.31	430.64	401.93	803.537	107.207	
2	470.83	66.18	6.59	493.80	430.64	1899.751	176.834	
3	528.25	69.98	5.33	643.09	493.80	3436.766	175.625	
4	717.74	77.65	7.43	746.44	700.51	784.452	129.900	
5	872.77	83.12	6.51	889.99	844.06	568.360	106.101	
6	1022.06	64.22	26.27	1228.76	889.99	6500.858	3448.274	
7	1418.25	79.63	2.57	1446.95	1378.05	1308.788	89.770	
8	1458.44	80.25	2.81	1533.08	1446.95	1093.679	-37.934	
9	2847.97	86.15	10.54	2870.94	2578.11	343.722	-52.009	
10	2916.88	83.79	13.72	3003.01	2870.94	703.377	443.191	

Annexes

1/28/2025 10:48:45 AM

Marque 13 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:47:48 AM
Filename	D:\test\test_00178.ispd
Spectrum name	test_00178
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



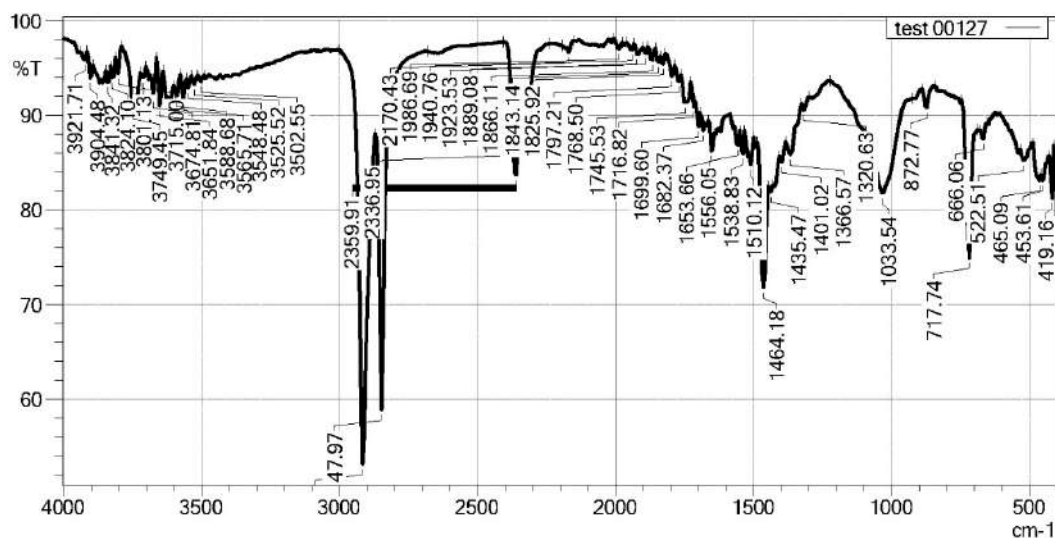
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	60.54	5.19	430.64	401.93	1054.844	94.592	
2	436.38	61.75	1.56	447.87	430.64	637.280	13.132	
3	465.09	61.71	3.08	488.06	447.87	1476.028	58.199	
4	499.54	62.56	2.06	516.77	488.06	1036.061	22.779	
5	717.74	53.24	30.26	746.44	637.35	3453.165	1321.735	
6	792.38	79.59	2.22	803.86	746.44	1035.987	100.700	
7	872.77	69.59	9.02	889.99	849.80	1001.552	137.871	
8	1010.57	56.69	9.53	1027.80	889.99	4413.050	523.701	
9	1033.54	63.40	1.11	1056.51	1027.80	1030.041	17.695	
10	1228.76	78.08	14.09	1309.15	1159.86	2134.169	979.679	
11	1337.86	88.06	2.95	1349.34	1309.15	365.795	34.177	
12	1406.76	84.25	7.22	1492.89	1349.34	1654.628	482.503	
13	1647.92	92.89	1.05	1676.63	1590.50	559.045	44.616	
14	1711.08	90.44	5.42	1762.76	1688.11	367.748	162.036	
15	2916.88	99.38	1.27	2968.55	2865.20	-23.362	43.564	

Annexes

2/19/2025 10:18:35 AM

Marque 15 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:32:09 AM
Filename	D:\Test\test_00127.ispd
Spectrum name	test 00127
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	81.28	5.16	430.64	413.42	279.752	43.207	
2	453.61	83.12	1.00	459.35	430.64	452.352	13.978	
3	465.09	83.10	1.28	488.06	459.35	457.267	37.534	
4	522.51	85.24	1.30	534.00	488.06	641.498	31.168	
5	666.06	87.54	1.25	677.54	654.57	270.236	12.843	
6	717.74	74.95	15.08	746.44	689.03	894.013	321.698	
7	872.77	90.82	2.07	889.99	844.06	359.398	34.938	
8	1033.54	81.78	10.67	1223.02	924.44	3389.199	1210.381	
9	1320.63	90.57	0.77	1326.38	1297.67	253.240	11.314	
10	1366.57	85.85	2.54	1383.79	1326.38	691.098	70.597	
11	1401.02	85.08	0.96	1406.76	1383.79	326.705	14.914	
12	1435.47	81.92	0.64	1446.95	1429.73	305.835	5.365	
13	1464.18	71.80	12.67	1487.15	1446.95	871.760	260.861	
14	1510.12	84.80	1.58	1515.86	1498.63	242.920	13.862	
15	1538.83	85.93	2.43	1550.31	1533.08	226.178	25.706	
16	1556.05	86.86	1.64	1567.53	1550.31	215.640	18.906	
17	1653.66	86.24	2.52	1665.15	1642.18	284.007	25.688	
18	1682.37	88.40	1.00	1693.86	1676.63	185.479	6.682	
19	1699.60	88.82	1.85	1711.08	1693.86	172.254	14.826	
20	1716.82	90.92	1.21	1728.31	1711.08	137.068	7.562	
21	1745.53	91.36	2.53	1762.76	1728.31	268.744	58.416	
22	1768.50	93.58	0.94	1785.73	1762.76	133.256	13.313	

Annexes

2/19/2025 10:18:35 AM

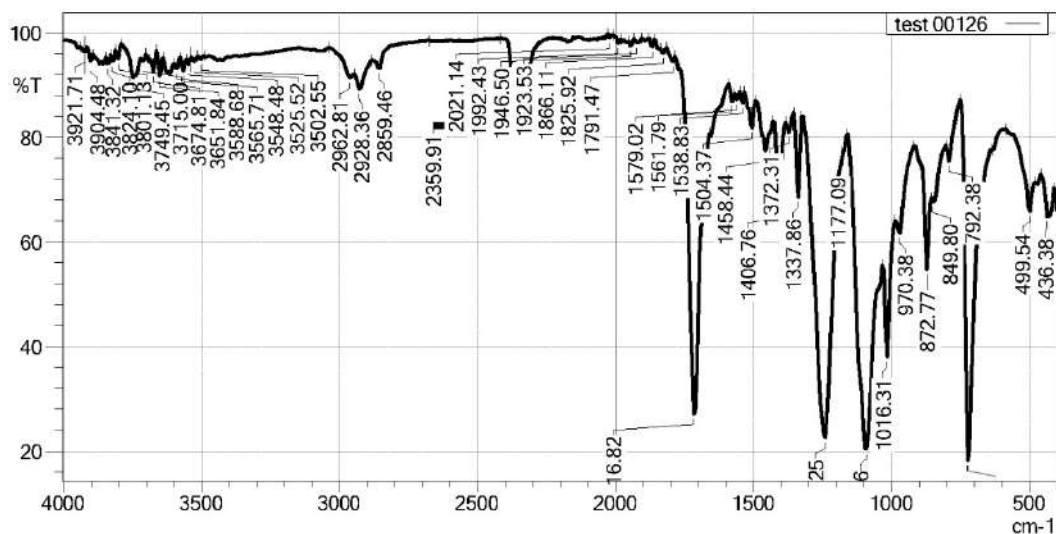
23	1797.21	94.11	1.59	1820.18	1785.73	161.856	20.611	
24	1825.92	95.44	0.99	1837.40	1820.18	72.815	10.596	
25	1843.14	95.61	0.92	1854.63	1837.40	68.615	11.215	
26	1866.11	95.81	1.32	1883.34	1854.63	98.984	16.907	
27	1889.08	96.56	0.62	1900.56	1883.34	55.007	6.359	
28	1923.53	96.47	0.95	1935.02	1900.56	106.587	15.099	
29	1940.76	96.90	0.67	1957.98	1935.02	63.806	8.813	
30	1986.69	97.02	0.81	2009.66	1975.21	85.563	13.054	
31	2170.43	96.67	1.00	2193.40	2153.21	113.096	18.081	
32	2336.95	86.91	1.59	2348.43	2239.33	710.635	-106.199	
33	2359.91	83.70	5.80	2405.85	2348.43	519.136	94.448	
34	2847.97	58.87	30.23	2870.94	2681.46	1734.514	296.237	
35	2916.88	53.17	37.97	3003.01	2870.94	2210.172	1219.030	
36	3502.55	93.54	0.69	3514.03	3491.07	139.927	7.545	
37	3525.52	93.25	0.97	3537.00	3514.03	144.088	11.152	
38	3548.48	92.91	1.08	3554.23	3537.00	112.189	9.581	
39	3565.71	91.68	2.42	3577.19	3554.23	161.381	25.899	
40	3588.68	92.08	1.64	3600.16	3577.19	162.777	18.632	
41	3651.84	91.03	4.36	3663.32	3640.35	153.076	47.059	
42	3674.81	91.93	3.23	3686.29	3663.32	146.383	35.142	
43	3715.00	93.99	0.73	3720.74	3703.52	98.288	9.300	
44	3749.45	90.75	4.93	3789.64	3720.74	425.711	143.867	
45	3801.13	94.43	2.28	3812.61	3789.64	98.609	23.003	
46	3824.10	93.96	1.52	3829.84	3812.61	93.501	18.391	
47	3841.32	93.47	1.36	3847.06	3829.84	103.582	16.084	
48	3904.48	93.94	2.08	3915.97	3893.00	112.881	21.383	
49	3921.71	95.85	0.89	3938.93	3915.97	86.247	11.215	

Annexes

2/19/2025 10:17:12 AM

Marque 15 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:30:55 AM
Filename	D:\test\test_00126.ispd
Spectrum name	test_00126
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	436.38	64.85	6.76	459.35	413.42	1465.683	161.667	
2	499.54	65.91	7.16	585.67	482.32	2542.712	110.775	
3	723.48	18.32	66.54	752.19	637.35	4676.178	2662.884	
4	792.38	75.46	5.00	803.86	752.19	983.634	99.138	
5	849.80	67.67	1.92	855.54	803.86	1394.274	24.600	
6	872.77	54.78	16.40	918.70	855.54	1909.446	231.261	
7	970.38	61.77	5.89	987.60	918.70	2073.877	92.196	
8	1016.31	38.06	20.68	1033.54	987.60	2196.399	350.198	
9	1090.96	20.44	46.46	1159.86	1033.54	6913.286	2875.854	
10	1177.09	76.65	1.43	1182.83	1159.86	499.575	15.135	
11	1240.25	22.65	57.30	1326.38	1182.83	6621.916	3839.536	
12	1337.86	68.68	15.58	1355.08	1326.38	675.018	225.266	
13	1372.31	80.95	2.71	1383.79	1355.08	501.434	37.237	
14	1406.76	66.72	16.30	1429.73	1383.79	1075.961	296.142	
15	1458.44	77.37	7.49	1492.89	1429.73	1159.651	214.966	
16	1504.37	81.83	5.67	1533.08	1492.89	594.146	106.511	
17	1538.83	86.62	2.16	1550.31	1533.08	214.602	21.730	
18	1561.79	87.30	1.21	1567.53	1550.31	210.379	14.019	
19	1579.02	86.94	2.31	1590.50	1567.53	273.529	26.599	
20	1716.82	27.12	60.18	1768.50	1659.40	4018.299	2597.196	
21	1791.47	94.51	1.33	1814.44	1785.73	129.944	24.253	
22	1825.92	96.13	0.94	1837.40	1814.44	77.665	10.388	

Annexes

2/19/2025 10:17:12 AM

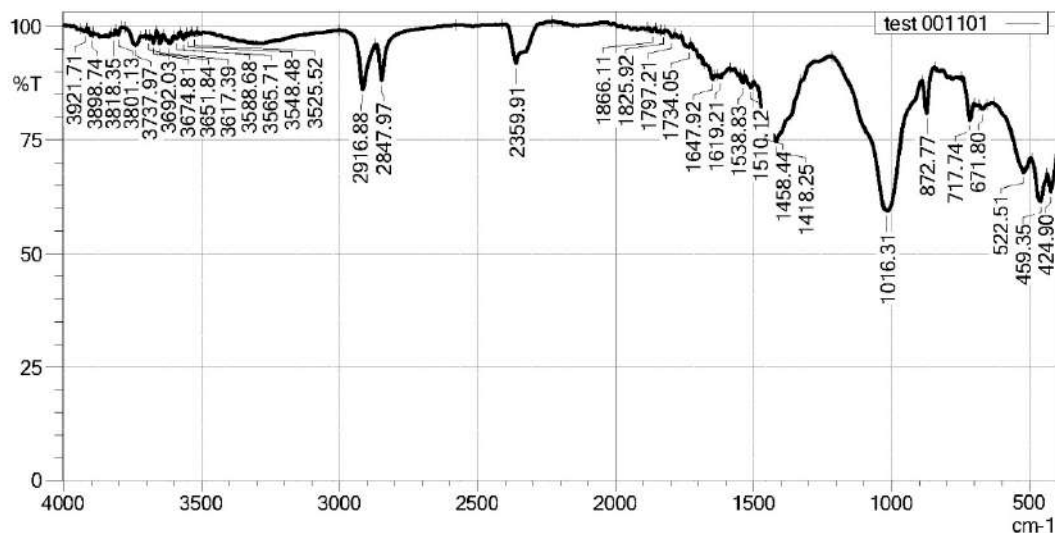
23	1866.11	97.37	1.41	1877.60	1860.37	34.664	14.236	
24	1923.53	98.11	0.81	1935.02	1906.31	45.812	15.085	
25	1946.50	97.55	1.00	1952.24	1935.02	34.225	10.782	
26	1992.43	98.04	1.05	2009.66	1980.95	35.606	11.887	
27	2021.14	99.04	0.70	2026.89	2009.66	9.724	4.546	
28	2359.91	84.80	5.60	2417.33	2348.43	465.979	40.191	
29	2859.46	93.30	1.86	2882.43	2675.72	570.435	-127.014	
30	2928.36	89.35	3.47	2945.59	2882.43	504.036	88.371	
31	2962.81	91.40	1.65	3037.46	2945.59	508.071	14.132	
32	3502.55	94.88	0.71	3514.03	3491.07	108.760	7.582	
33	3525.52	94.51	0.95	3537.00	3514.03	115.236	11.144	
34	3548.48	93.99	1.08	3554.23	3537.00	93.015	9.432	
35	3565.71	92.70	2.43	3577.19	3554.23	137.752	25.850	
36	3588.68	93.18	1.54	3600.16	3577.19	138.768	17.636	
37	3651.84	91.69	4.26	3663.32	3640.35	139.227	46.208	
38	3674.81	92.53	3.26	3686.29	3663.32	132.173	35.439	
39	3715.00	94.63	0.79	3720.74	3703.52	86.513	9.936	
40	3749.45	91.44	4.87	3789.64	3720.74	380.494	141.451	
41	3801.13	95.03	2.27	3812.61	3789.64	85.087	22.947	
42	3824.10	94.62	1.50	3829.84	3812.61	82.382	18.008	
43	3841.32	94.15	1.34	3847.06	3829.84	91.886	15.605	
44	3904.48	94.58	2.02	3915.97	3893.00	98.800	20.761	
45	3921.71	96.43	0.87	3938.93	3915.97	72.746	10.803	

Annexes

1/28/2025 1:33:00 PM

Marque 16 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:33:00 PM
Filename	D:\Test\test_001101.jspd
Spectrum name	test 001101
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



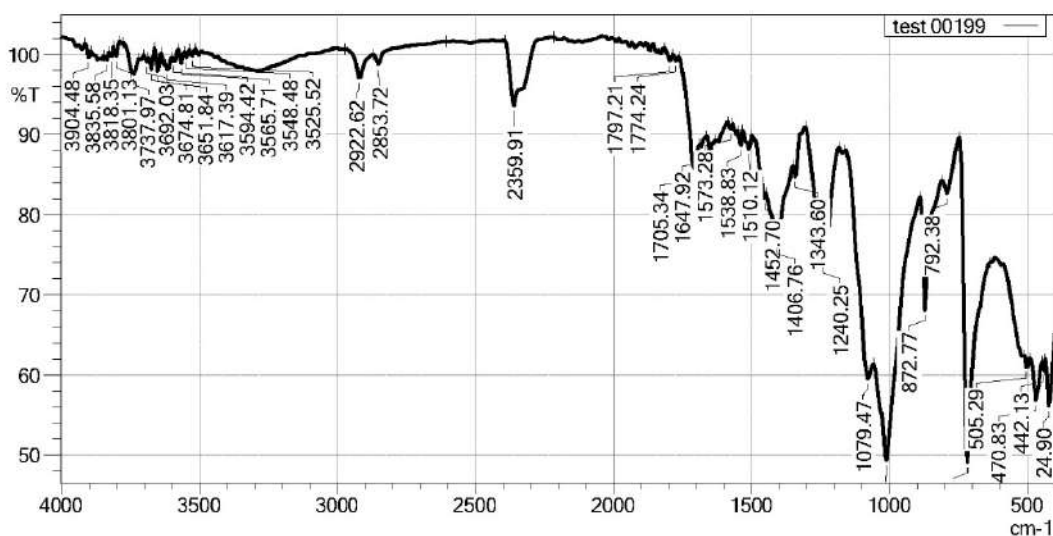
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	63.57	5.40	436.38	401.93	1148.865	104.173	
2	459.35	61.42	7.51	493.80	436.38	1992.047	228.136	
3	522.51	67.87	5.69	631.61	493.80	3378.052	223.982	
4	671.80	81.72	1.02	683.28	654.57	509.381	14.096	
5	717.74	79.32	5.92	746.44	700.51	744.830	99.909	
6	872.77	80.96	8.30	889.99	844.06	612.931	136.176	
7	1016.31	59.47	30.72	1217.28	889.99	7142.677	4131.122	
8	1418.25	74.70	6.50	1446.95	1326.38	2452.099	478.581	
9	1458.44	77.62	3.37	1498.63	1446.95	907.551	54.071	
10	1510.12	86.52	1.88	1533.08	1498.63	424.768	32.407	
11	1538.83	87.57	1.77	1550.31	1533.08	201.360	18.314	
12	1619.21	88.70	0.99	1630.70	1584.76	470.949	15.212	
13	1647.92	88.46	1.20	1676.63	1642.18	333.749	8.022	
14	1734.05	95.43	1.19	1762.76	1728.31	129.582	31.422	
15	1797.21	97.58	1.05	1820.18	1785.73	54.693	12.464	
16	1825.92	98.62	0.54	1837.40	1820.18	20.258	5.641	
17	1866.11	98.87	0.89	1883.34	1854.63	17.976	11.024	
18	2359.91	91.93	8.75	2411.59	2227.85	381.684	533.033	
19	2847.97	88.13	8.26	2870.94	2578.11	486.239	-37.298	
20	2916.88	86.09	11.06	3003.01	2870.94	649.633	337.501	
21	3525.52	98.16	0.78	3537.00	3514.03	33.049	8.604	
22	3548.48	97.89	0.75	3554.23	3537.00	28.636	6.404	
23	3565.71	97.13	1.56	3577.19	3554.23	46.339	16.255	
24	3588.68	97.34	1.03	3600.16	3577.19	49.431	12.015	
25	3617.39	96.31	1.71	3640.35	3600.16	114.839	36.575	
26	3651.84	96.29	2.36	3663.32	3640.35	56.196	25.282	
27	3674.81	96.33	2.20	3686.29	3663.32	57.182	23.495	
28	3692.03	97.30	0.75	3703.52	3686.29	39.722	6.430	
29	3737.97	95.88	2.56	3778.16	3720.74	138.561	72.045	
30	3801.13	98.10	1.53	3812.61	3789.64	23.336	14.889	
31	3818.35	98.05	1.04	3829.84	3812.61	28.042	10.370	
32	3898.74	98.00	0.92	3915.97	3893.00	30.164	11.064	
33	3921.71	98.96	0.66	3938.93	3915.97	18.155	8.608	

Annexes

1/28/2025 1:30:26 PM

Marque 16 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:29:11 PM
Filename	D:\test\test_00199.ispd
Spectrum name	test_00199
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	56.11	6.92	436.38	401.93	1384.448	129.120	
2	442.13	60.55	1.26	447.87	436.38	445.799	7.220	
3	470.83	56.86	5.01	493.80	447.87	1849.662	98.161	
4	505.29	61.00	1.31	511.03	493.80	664.280	13.963	
5	717.74	49.16	36.38	746.44	637.35	3586.122	1604.987	
6	792.38	82.69	3.05	809.61	746.44	910.889	87.419	
7	872.77	68.10	14.58	889.99	809.61	1689.988	344.617	
8	1010.57	49.37	17.78	1056.51	889.99	5728.738	1037.178	
9	1079.47	59.55	7.76	1159.86	1056.51	2932.273	318.264	
10	1240.25	74.07	15.53	1303.41	1182.83	2201.431	954.947	
11	1343.60	84.76	1.96	1349.34	1303.41	529.426	2.251	
12	1406.76	76.48	7.59	1446.95	1349.34	1856.307	331.661	
13	1452.70	82.10	1.36	1498.63	1446.95	713.461	4.741	
14	1510.12	88.19	1.92	1533.08	1498.63	371.448	33.880	
15	1538.83	88.68	1.79	1550.31	1533.08	182.617	18.480	
16	1573.28	90.69	0.71	1584.76	1567.53	155.364	7.862	
17	1647.92	88.06	1.50	1665.15	1630.70	381.928	22.450	
18	1705.34	85.69	5.60	1762.76	1688.11	616.395	186.831	
19	1774.24	99.15	0.72	1785.73	1762.76	10.614	7.611	
20	1797.21	99.21	1.11	1814.44	1785.73	4.778	15.967	
21	2359.91	93.60	8.24	2394.37	2216.37	155.664	505.585	
22	2853.72	98.74	1.36	2870.94	2606.82	-235.648	-22.141	

Annexes

1/28/2025 1:30:26 PM

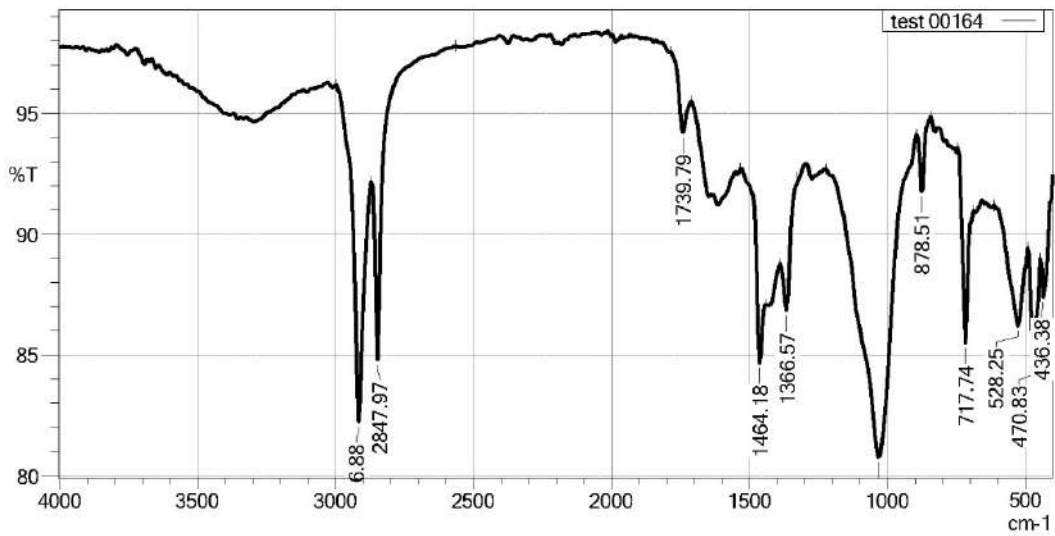
23	2922.62	97.08	3.26	2974.30	2870.94	64.696	100.649	
24	3525.52	99.79	0.88	3537.00	3514.03	-5.480	9.849	
25	3548.48	99.63	0.79	3554.23	3537.00	-1.446	6.674	
26	3565.71	98.85	1.65	3577.19	3554.23	5.772	17.247	
27	3594.42	99.13	0.78	3600.16	3577.19	8.157	12.072	
28	3617.39	98.16	0.81	3623.13	3600.16	28.633	10.229	
29	3651.84	97.93	2.58	3663.32	3640.35	16.093	27.744	
30	3674.81	98.13	2.10	3686.29	3663.32	16.786	21.989	
31	3692.03	99.05	0.67	3703.52	3686.29	9.068	5.223	
32	3737.97	97.58	2.46	3778.16	3720.74	43.947	69.548	
33	3801.13	99.74	1.57	3812.61	3789.64	-14.875	15.153	
34	3818.35	99.74	1.03	3829.84	3812.61	-1.133	10.166	
35	3835.58	99.33	0.82	3847.06	3829.84	7.035	8.288	
36	3904.48	99.64	1.24	3915.97	3893.00	-7.245	12.971	

Annexes

2/19/2025 11:16:11 AM

Marque 17 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:15:45 AM
Filename	D:\test\test_00164.ispd
Spectrum name	test_00164
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



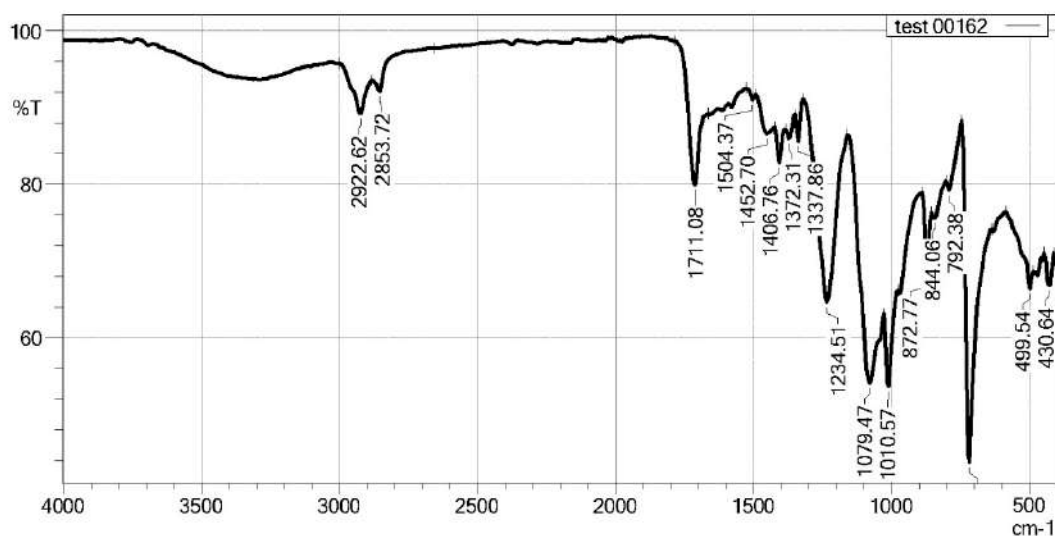
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	436.38	87.42	2.45	447.87	401.93	485.250	59.769	
2	470.83	84.64	4.58	493.80	447.87	601.149	106.152	
3	528.25	86.20	3.75	614.38	493.80	1360.277	193.536	
4	717.74	85.51	6.77	746.44	689.03	592.050	148.899	
5	878.51	91.79	2.58	895.73	844.06	331.325	46.528	
6	1033.54	80.79	12.74	1223.02	895.73	3850.414	1693.877	
7	1366.57	86.85	3.23	1389.54	1326.38	667.854	72.717	
8	1464.18	84.68	3.82	1533.08	1441.21	940.857	13.786	
9	1739.79	94.22	2.08	1785.73	1711.08	313.530	55.037	
10	2847.97	84.82	7.78	2870.94	2566.62	1255.615	-268.194	
11	2916.88	82.26	11.37	2997.26	2870.94	1170.449	434.430	

Annexes

2/19/2025 11:13:44 AM

Marque 17 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:13:35 AM
Filename	D:\test\test_00162.ispd
Spectrum name	test_00162
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



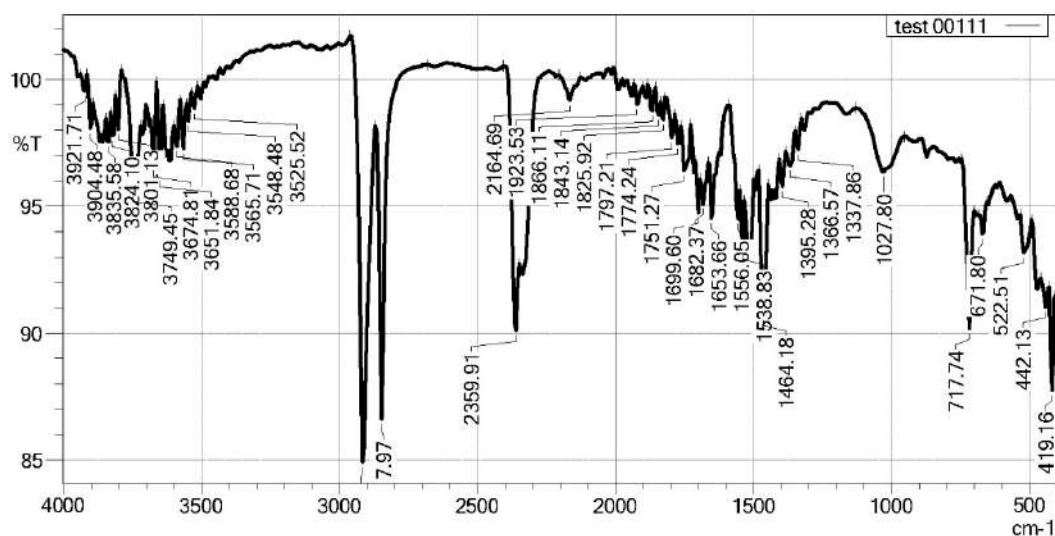
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	66.89	4.18	447.87	413.42	1078.774	82.128	
2	499.54	66.41	3.22	585.67	488.06	2741.182	63.624	
3	717.74	43.84	40.75	746.44	637.35	3794.449	1747.278	
4	792.38	79.24	2.79	803.86	746.44	989.088	92.590	
5	844.06	75.62	1.63	855.54	803.86	1148.493	31.844	
6	872.77	68.10	9.51	889.99	855.54	911.396	140.299	
7	1010.57	53.68	10.50	1027.80	976.12	2057.747	232.831	
8	1079.47	54.09	18.17	1159.86	1027.80	4486.236	1157.682	
9	1234.51	64.64	23.98	1320.63	1159.86	3534.404	1731.458	
10	1337.86	85.63	4.27	1349.34	1320.63	337.046	53.139	
11	1372.31	85.94	1.89	1383.79	1349.34	441.647	33.144	
12	1406.76	82.82	4.52	1423.99	1383.79	583.824	74.499	
13	1452.70	86.59	2.65	1492.89	1423.99	811.020	94.746	
14	1504.37	91.02	1.00	1527.34	1492.89	281.600	11.011	
15	1711.08	79.91	12.92	1785.73	1665.15	1229.943	501.958	
16	2853.72	92.12	1.98	2882.43	2658.49	804.990	-169.295	
17	2922.62	89.23	5.05	3003.01	2882.43	884.921	239.675	

Annexes

2/19/2025 9:39:08 AM

Marque 18 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:13:51 AM
Filename	D:\test\test_00111.ispd
Spectrum name	test 00111
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	87.76	3.89	430.64	407.67	230.289	38.581	
2	442.13	91.03	0.92	459.35	430.64	241.396	11.361	
3	522.51	93.18	1.44	534.00	493.80	254.322	36.637	
4	671.80	93.93	0.93	683.28	654.57	157.893	12.002	
5	717.74	90.19	5.40	746.44	700.51	295.772	104.857	
6	1027.80	96.36	1.86	1131.15	963.15	441.500	141.963	
7	1337.86	97.24	0.98	1349.34	1326.38	51.776	10.885	
8	1366.57	96.59	0.98	1383.79	1349.34	102.842	19.098	
9	1395.28	95.80	1.21	1406.76	1383.79	83.399	14.759	
10	1464.18	90.73	5.41	1481.41	1446.95	253.738	120.824	
11	1538.83	93.33	2.03	1550.31	1533.08	99.345	20.489	
12	1556.05	94.53	1.58	1590.50	1550.31	128.457	20.445	
13	1653.66	94.53	2.31	1665.15	1624.95	159.388	35.564	
14	1682.37	95.11	1.24	1693.86	1665.15	119.572	16.385	
15	1699.60	94.76	1.56	1711.08	1693.86	74.134	12.703	
16	1751.27	96.40	1.77	1762.76	1728.31	100.309	37.942	
17	1774.24	97.47	0.91	1785.73	1762.76	48.035	10.973	
18	1797.21	97.69	1.16	1820.18	1785.73	51.051	15.211	
19	1825.92	98.42	0.82	1837.40	1820.18	22.255	8.511	
20	1843.14	98.59	0.70	1854.63	1837.40	18.790	8.400	
21	1866.11	98.76	0.98	1883.34	1854.63	19.991	12.679	
22	1923.53	99.03	0.76	1935.02	1900.56	19.050	11.345	

Annexes

2/19/2025 9:39:08 AM

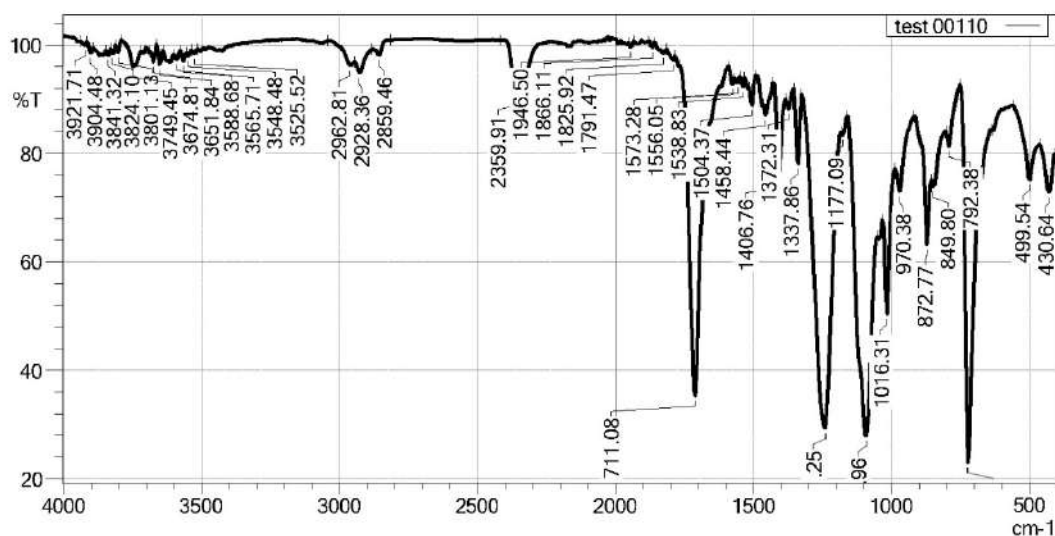
23	2164.69	99.17	0.95	2204.88	2130.24	21.765	31.226	
24	2359.91	90.11	4.18	2405.85	2348.43	256.622	62.272	
25	2847.97	86.63	11.84	2870.94	2681.46	276.088	158.676	
26	2916.88	84.93	15.01	2962.81	2870.94	507.540	502.686	
27	3525.52	98.85	0.75	3537.00	3514.03	17.677	8.667	
28	3548.48	98.38	0.82	3554.23	3537.00	19.620	7.052	
29	3565.71	97.27	1.84	3577.19	3554.23	40.086	19.683	
30	3588.68	97.37	1.31	3600.16	3577.19	45.163	14.955	
31	3651.84	96.18	3.25	3663.32	3640.35	47.999	34.961	
32	3674.81	96.59	2.57	3686.29	3663.32	47.481	28.267	
33	3749.45	95.61	3.48	3789.64	3720.74	148.723	98.933	
34	3801.13	98.04	1.84	3812.61	3789.64	21.348	18.488	
35	3824.10	97.78	1.15	3829.84	3812.61	30.721	14.170	
36	3835.58	97.55	1.07	3847.06	3829.84	36.246	11.767	
37	3904.48	98.07	1.56	3915.97	3893.00	24.723	16.202	
38	3921.71	99.56	0.65	3938.93	3915.97	3.780	8.588	

Annexes

2/19/2025 9:37:30 AM

Marque 18 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:12:02 AM
Filename	D:\test\test_00110.ispd
Spectrum name	test_00110
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	72.91	7.70	465.09	407.67	1303.886	201.222	
2	499.54	75.16	9.07	562.70	465.09	1730.642	293.688	
3	723.48	23.13	67.49	752.19	637.35	3924.488	2608.585	
4	792.38	81.32	4.70	803.86	752.19	677.608	78.346	
5	849.80	73.91	2.23	855.54	803.86	1061.095	8.182	
6	872.77	63.23	15.10	918.70	855.54	1420.129	220.122	
7	970.38	73.02	6.57	987.60	918.70	1352.183	113.053	
8	1016.31	50.39	20.89	1033.54	987.60	1598.525	333.587	
9	1090.96	28.01	44.81	1159.86	1050.76	5238.555	2591.661	
10	1177.09	83.36	1.33	1182.83	1159.86	349.156	14.077	
11	1240.25	29.36	57.39	1326.38	1182.83	5763.610	3960.261	
12	1337.86	78.13	13.20	1355.08	1326.38	447.410	201.476	
13	1372.31	88.21	2.62	1383.79	1355.08	292.942	35.062	
14	1406.76	75.66	15.85	1429.73	1383.79	674.431	284.319	
15	1458.44	87.08	2.57	1464.18	1429.73	362.253	51.310	
16	1504.37	88.90	4.34	1515.86	1492.89	204.910	49.614	
17	1538.83	92.32	1.74	1550.31	1533.08	118.139	16.443	
18	1556.05	93.05	1.03	1567.53	1550.31	113.898	11.043	
19	1573.28	92.84	1.56	1590.50	1567.53	140.665	24.676	
20	1711.08	35.38	60.84	1768.50	1590.50	4006.717	3325.325	
21	1791.47	97.23	1.01	1814.44	1785.73	58.349	17.634	
22	1825.92	98.43	1.06	1860.37	1814.44	35.325	27.185	

Annexes

2/19/2025 9:37:30 AM

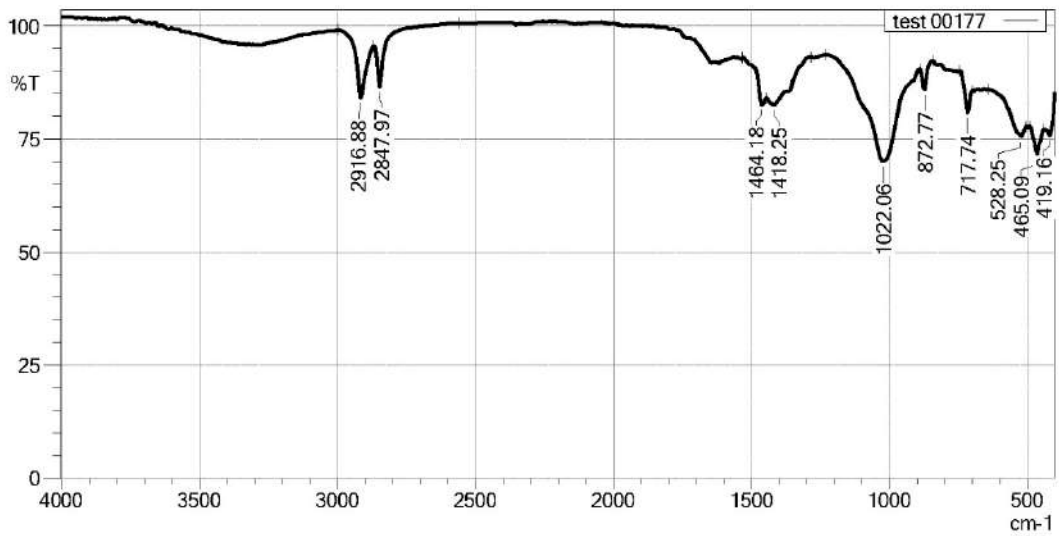
23	1866.11	99.53	1.03	1877.60	1860.37	0.055	10.264	
24	1946.50	99.67	0.83	1952.24	1935.02	-0.803	8.747	
25	2359.91	90.95	4.01	2417.33	2348.43	214.999	31.449	
26	2859.46	98.21	1.59	2882.43	2813.52	17.961	24.122	
27	2928.36	94.91	2.63	2945.59	2852.43	182.448	60.424	
28	2962.81	96.25	1.33	3043.20	2945.59	111.282	-0.910	
29	3525.52	98.42	0.71	3537.00	3514.03	28.346	8.222	
30	3548.48	97.96	0.78	3554.23	3537.00	27.190	6.729	
31	3565.71	96.96	1.83	3577.19	3554.23	47.430	19.544	
32	3588.68	97.34	1.27	3600.16	3577.19	46.656	14.531	
33	3651.84	96.40	3.10	3663.32	3640.35	44.972	33.472	
34	3674.81	96.89	2.52	3686.29	3663.32	41.473	27.936	
35	3749.45	96.04	3.63	3789.64	3720.74	117.838	106.708	
36	3801.13	98.64	1.77	3812.61	3789.64	8.437	17.791	
37	3824.10	98.44	1.07	3829.84	3812.61	19.858	13.400	
38	3841.32	98.17	0.92	3847.06	3829.84	25.929	11.135	
39	3904.48	98.56	1.48	3915.97	3893.00	14.304	15.273	
40	3921.71	99.95	0.64	3938.93	3915.97	-5.842	8.108	

Annexes

1/28/2025 10:47:21 AM

Marque 19 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:46:24 AM
Filename	D:\test\test_00177.ispd
Spectrum name	test 00177
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



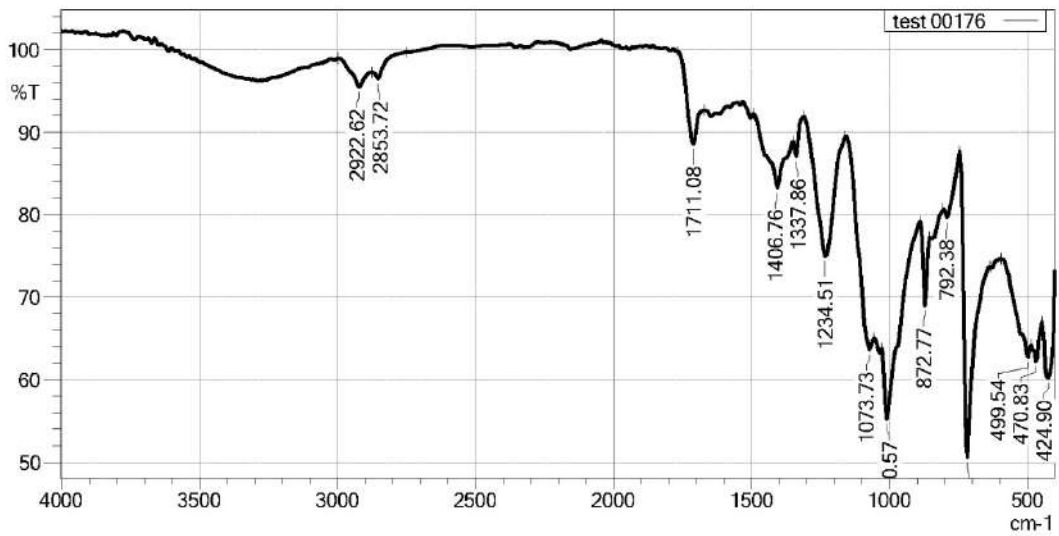
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	75.84	6.07	442.13	401.93	894.500	143.606	
2	465.09	71.71	5.80	493.80	442.13	1299.807	139.300	
3	528.25	75.35	3.77	643.09	505.29	2581.740	83.291	
4	717.74	80.79	6.52	746.44	700.51	676.948	119.446	
5	872.77	85.91	5.25	889.99	844.06	481.932	86.564	
6	1022.06	70.11	21.62	1228.76	889.99	5511.167	2825.026	
7	1418.25	82.48	3.18	1446.95	1286.18	2070.794	234.873	
8	1464.18	82.60	3.24	1533.08	1446.95	964.687	-22.438	
9	2847.97	86.53	9.45	2870.94	2560.88	440.041	-148.172	
10	2916.88	84.13	12.76	2997.26	2870.94	772.151	439.658	

Annexes

1/28/2025 10:45:58 AM

Marque 19 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:45:11 AM
Filename	D:\test\test_00176.ispd
Spectrum name	test_00176
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



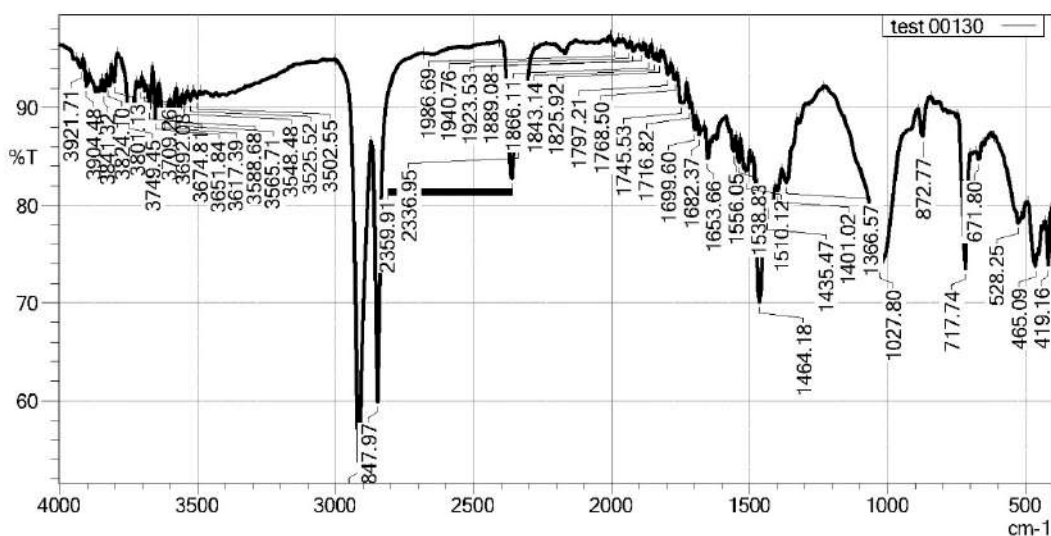
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	60.19	9.96	447.87	401.93	1693.981	322.747	
2	470.83	62.19	3.20	488.06	447.87	1446.034	62.778	
3	499.54	62.69	2.61	597.16	488.06	3422.264	86.150	
4	717.74	50.62	33.36	746.44	637.35	3550.606	1443.129	
5	792.38	79.64	2.98	809.61	746.44	1109.524	111.258	
6	872.77	68.96	9.24	889.99	855.54	888.749	137.629	
7	1010.57	55.22	10.44	1027.80	889.99	4436.390	501.647	
8	1073.73	63.66	5.45	1159.86	1056.51	2580.033	229.738	
9	1234.51	74.97	15.70	1309.15	1159.86	2476.928	1083.968	
10	1337.86	87.07	2.64	1349.34	1309.15	411.308	23.627	
11	1406.76	83.26	8.94	1492.89	1349.34	1822.094	463.630	
12	1711.08	88.54	7.05	1768.50	1670.89	639.368	270.650	
13	2853.72	96.45	1.24	2876.68	2750.36	185.610	-7.688	
14	2922.62	95.49	2.39	2997.26	2876.68	340.671	109.449	

Annexes

2/19/2025 10:22:42 AM

Marque 20 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:35:16 AM
Filename	D:\test\test_00130.ispd
Spectrum name	test_00130
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	73.91	5.16	430.64	407.67	523.438	42.637	
2	465.09	73.77	2.18	493.80	459.35	810.956	43.674	
3	528.25	78.19	1.60	614.38	516.77	1677.618	14.320	
4	671.80	84.74	0.98	677.54	654.57	333.684	11.003	
5	717.74	73.51	13.31	746.44	700.51	854.093	271.722	
6	872.77	87.07	3.29	889.99	844.06	489.099	53.344	
7	1027.80	73.65	17.16	1228.76	889.99	5273.045	2231.272	
8	1366.57	82.33	2.94	1383.79	1326.38	871.142	84.660	
9	1401.02	81.47	0.97	1406.76	1383.79	408.605	15.056	
10	1435.47	78.64	0.65	1446.95	1429.73	360.846	5.137	
11	1464.18	70.11	11.72	1487.15	1446.95	960.452	245.406	
12	1510.12	82.79	1.62	1515.86	1498.63	277.853	14.433	
13	1538.83	84.43	2.46	1550.31	1533.08	250.753	25.568	
14	1556.05	85.56	1.72	1567.53	1550.31	236.671	19.444	
15	1653.66	84.83	2.55	1665.15	1642.18	316.056	26.082	
16	1682.37	87.23	1.02	1693.86	1676.63	204.968	6.677	
17	1699.60	87.78	1.88	1711.08	1693.86	188.990	14.760	
18	1716.82	89.99	1.24	1728.31	1711.08	152.928	7.651	
19	1745.53	90.53	2.55	1762.76	1728.31	297.122	58.739	
20	1768.50	92.88	0.97	1785.73	1762.76	148.950	13.297	
21	1797.21	93.37	1.65	1820.18	1785.73	185.529	21.331	
22	1825.92	94.74	1.05	1837.40	1820.18	84.344	11.083	

Annexes

2/19/2025 10:22:42 AM

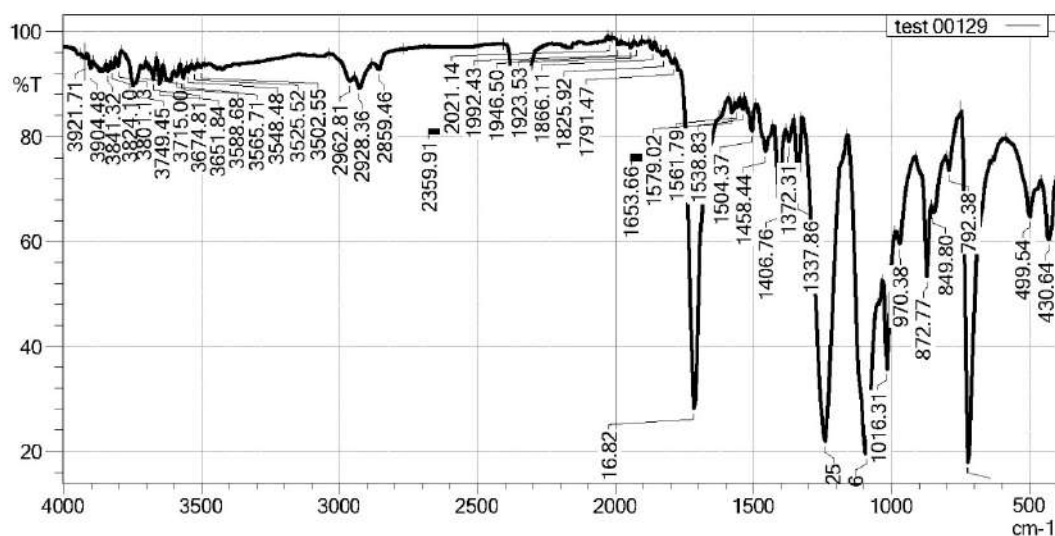
23	1843.14	94.95	0.96	1854.63	1837.40	79.426	11.567	
24	1866.11	95.16	1.39	1883.34	1854.63	116.216	17.479	
25	1889.08	95.92	0.66	1900.56	1883.34	65.896	6.660	
26	1923.53	95.81	0.88	1935.02	1900.56	128.559	12.976	
27	1940.76	96.13	0.72	1957.98	1935.02	79.324	8.669	
28	1986.69	96.36	0.84	2003.92	1975.21	93.500	13.812	
29	2336.95	85.94	2.12	2348.43	2279.53	663.335	62.299	
30	2359.91	82.75	5.78	2405.85	2348.43	570.915	90.657	
31	2847.97	59.90	27.72	2870.94	2681.46	1927.963	235.239	
32	2916.88	53.73	35.72	3003.01	2870.94	2397.645	1173.520	
33	3502.55	91.00	0.73	3514.03	3491.07	198.111	8.041	
34	3525.52	90.73	1.01	3537.00	3514.03	201.304	11.567	
35	3548.48	90.42	1.10	3554.23	3537.00	154.852	9.830	
36	3565.71	89.22	2.51	3577.19	3554.23	216.831	26.820	
37	3588.68	89.72	1.71	3600.16	3577.19	216.098	19.289	
38	3617.39	89.03	2.50	3640.35	3600.16	399.147	63.666	
39	3651.84	88.91	4.38	3663.32	3640.35	201.539	47.458	
40	3674.81	89.95	3.23	3686.29	3663.32	191.652	35.116	
41	3692.03	91.71	0.86	3703.52	3686.29	131.034	5.901	
42	3709.26	92.15	0.90	3720.74	3703.52	130.571	9.320	
43	3749.45	89.01	4.91	3789.64	3720.74	543.321	140.905	
44	3801.13	92.63	2.36	3812.61	3789.64	138.767	23.737	
45	3824.10	92.26	1.50	3829.84	3812.61	123.382	18.539	
46	3841.32	91.71	1.38	3847.06	3829.84	134.006	16.496	
47	3904.48	92.21	2.08	3915.97	3893.00	152.615	21.509	
48	3921.71	94.15	0.90	3938.93	3915.97	124.870	11.316	

Annexes

2/19/2025 10:21:27 AM

Marque 20 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:34:09 AM
Filename	D:\test\test_00129.ispd
Spectrum name	test 00129
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	60.39	11.22	459.35	407.67	1764.001	297.593	
2	499.54	64.74	9.54	585.67	459.35	3411.699	345.003	
3	723.48	17.99	65.25	752.19	637.35	4871.374	2651.511	
4	792.38	73.55	4.87	803.86	752.19	1077.222	98.617	
5	849.80	65.59	2.37	855.54	803.86	1503.268	36.240	
6	872.77	53.29	16.41	912.96	855.54	1882.475	249.703	
7	970.38	59.54	5.68	987.60	912.96	2365.575	56.365	
8	1016.31	35.62	20.51	1033.54	987.60	2317.920	355.634	
9	1090.96	19.55	40.42	1159.86	1050.76	6234.481	2328.545	
10	1240.25	21.88	57.02	1326.38	1182.83	6750.348	3836.914	
11	1337.86	68.12	15.41	1355.08	1326.38	692.462	218.620	
12	1372.31	79.06	3.12	1383.79	1355.08	553.958	47.804	
13	1406.76	66.62	15.17	1429.73	1383.79	1112.661	276.298	
14	1458.44	77.15	6.83	1492.89	1429.73	1193.342	193.287	
15	1504.37	81.03	4.36	1515.86	1492.89	385.250	49.843	
16	1538.83	85.21	2.27	1550.31	1533.08	238.971	22.939	
17	1561.79	85.55	1.23	1567.53	1550.31	239.357	14.309	
18	1579.02	84.57	2.39	1590.50	1567.53	327.321	27.707	
19	1653.66	78.61	1.49	1659.40	1624.95	638.767	6.354	
20	1716.82	28.15	58.25	1768.50	1659.40	3980.947	2458.595	
21	1791.47	93.89	1.36	1814.44	1785.73	148.278	24.826	
22	1825.92	95.43	0.98	1837.40	1814.44	93.366	10.746	

Annexes

2/19/2025 10:21:27 AM

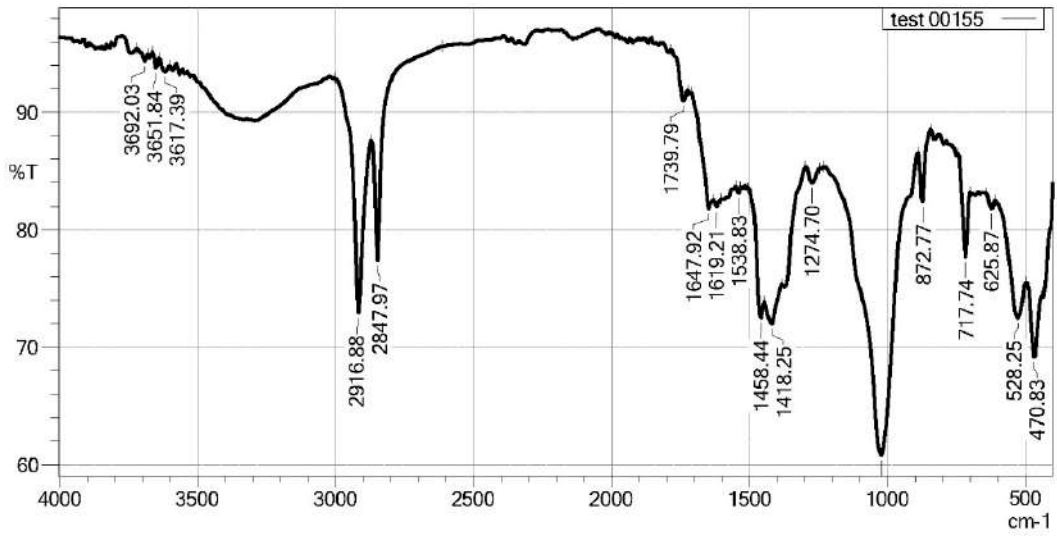
23	1866.11	96.67	1.43	1877.60	1860.37	46.430	14.463	
24	1923.53	97.47	0.84	1935.02	1906.31	63.689	15.436	
25	1946.50	96.99	0.98	1952.24	1935.02	44.347	10.673	
26	1992.43	97.50	1.00	2015.40	1980.95	58.117	10.224	
27	2021.14	98.42	0.65	2026.89	2015.40	14.411	3.744	
28	2359.91	83.51	5.97	2405.85	2348.43	524.487	96.119	
29	2859.46	92.84	1.66	2882.43	2767.59	524.113	-10.656	
30	2928.36	89.22	2.88	2945.59	2882.43	533.589	71.068	
31	2962.81	90.56	1.69	3037.46	2945.59	604.090	19.044	
32	3502.55	93.20	0.76	3514.03	3491.07	146.977	8.046	
33	3525.52	92.86	0.99	3537.00	3514.03	152.726	11.440	
34	3548.48	92.36	1.11	3554.23	3537.00	120.943	9.837	
35	3565.71	91.03	2.56	3577.19	3554.23	174.544	27.210	
36	3588.68	91.52	1.67	3600.16	3577.19	175.420	19.037	
37	3651.84	89.99	4.40	3663.32	3640.35	176.741	47.729	
38	3674.81	90.92	3.25	3686.29	3663.32	169.279	35.352	
39	3715.00	93.07	0.75	3720.74	3703.52	114.002	9.759	
40	3749.45	89.78	4.99	3789.64	3720.74	488.082	143.823	
41	3801.13	93.47	2.34	3812.61	3789.64	119.861	23.704	
42	3824.10	93.08	1.51	3829.84	3812.61	108.928	18.458	
43	3841.32	92.54	1.41	3847.06	3829.84	119.339	16.694	
44	3904.48	93.02	2.09	3915.97	3893.00	133.579	21.424	
45	3921.71	94.94	0.92	3938.93	3915.97	106.598	11.317	

Annexes

2/19/2025 11:02:44 AM

Marque 21 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:03:49 AM
Filename	D:\test\test_00155.ispd
Spectrum name	test 00155
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



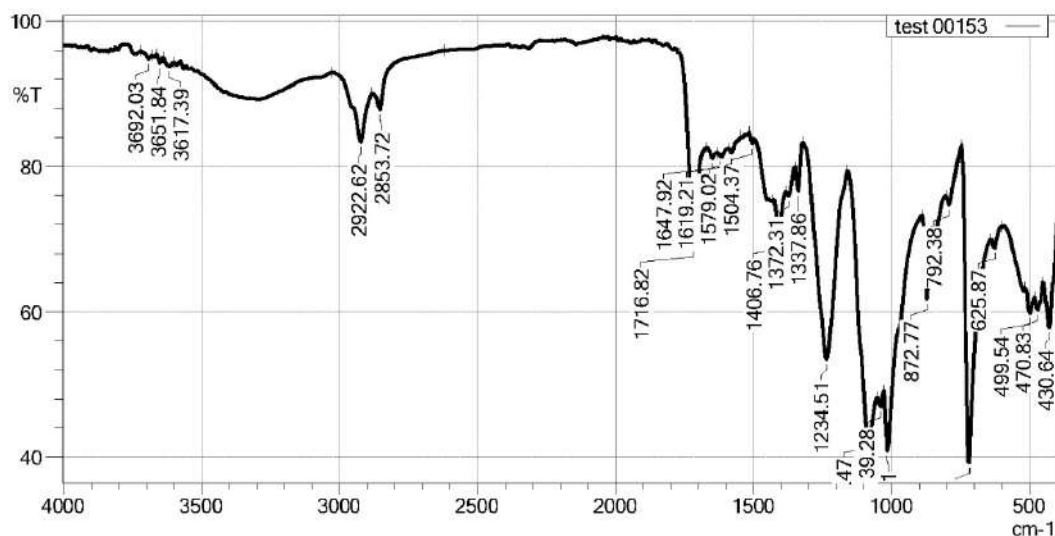
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	470.83	69.18	5.75	499.54	442.13	1582.593	143.116	
2	528.25	72.47	4.88	608.64	499.54	2503.659	213.279	
3	625.87	81.79	1.03	643.09	608.64	609.192	17.459	
4	717.74	77.67	6.77	746.44	700.51	827.058	131.524	
5	872.77	82.40	4.93	889.99	844.06	654.965	83.989	
6	1022.06	60.83	25.28	1228.76	889.99	7937.957	3188.188	
7	1274.70	83.97	1.32	1297.67	1245.99	793.346	32.993	
8	1418.25	71.98	2.59	1446.95	1383.79	1683.019	80.892	
9	1458.44	72.50	3.32	1504.37	1446.95	1270.282	47.840	
10	1538.83	83.12	0.52	1550.31	1533.08	287.154	5.512	
11	1619.21	81.96	0.61	1630.70	1601.99	507.236	7.204	
12	1647.92	81.79	2.70	1711.08	1630.70	1099.452	61.545	
13	1739.79	90.98	1.82	1785.73	1722.57	433.355	28.834	
14	2847.97	77.41	10.91	2870.94	2612.56	1950.821	-215.166	
15	2916.88	72.92	16.53	3003.01	2870.94	1901.782	615.410	
16	3617.39	93.44	0.80	3640.35	3600.16	247.876	18.220	
17	3651.84	93.74	1.14	3663.32	3640.35	130.194	12.439	
18	3692.03	94.35	0.75	3720.74	3680.55	204.479	11.749	

Annexes

2/19/2025 10:58:26 AM

Marque 21 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:01:18 AM
Filename	D:\Test\test 00153.ispd
Spectrum name	test 00153
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



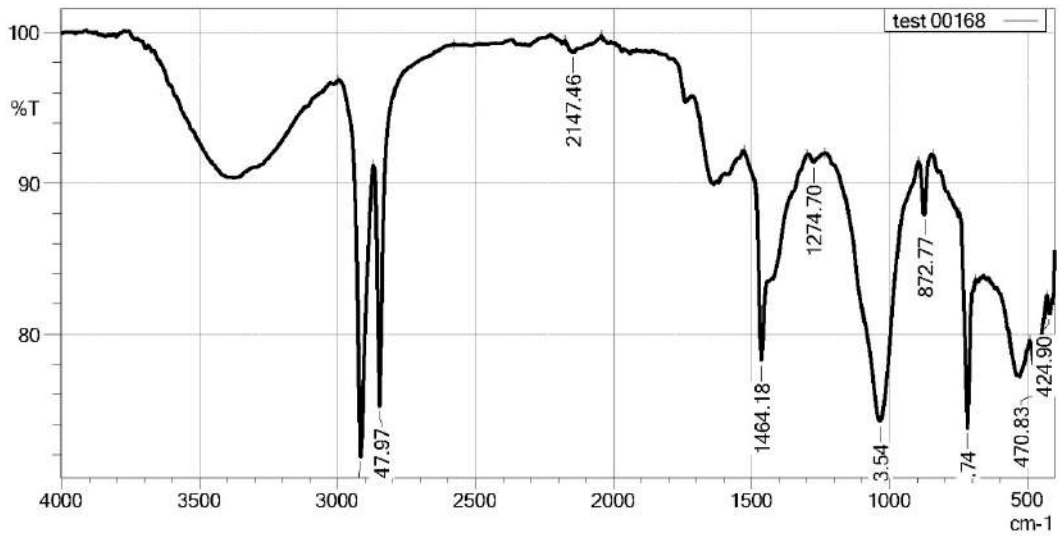
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	57.82	9.87	453.61	401.93	1917.409	271.635	
2	470.83	60.31	2.52	482.32	453.61	1111.083	49.770	
3	499.54	59.79	2.86	516.77	482.32	1331.880	45.059	
4	625.87	68.83	1.89	643.09	602.90	1199.282	27.499	
5	717.74	39.27	40.07	746.44	643.09	4105.566	1672.439	
6	792.38	74.69	2.73	803.86	746.44	1246.936	69.668	
7	872.77	61.74	10.48	889.99	855.54	1113.978	156.763	
8	1016.31	40.89	10.25	1027.80	889.99	5447.732	104.814	
9	1039.28	46.94	1.73	1050.76	1027.80	1198.226	19.089	
10	1079.47	42.86	13.54	1159.86	1050.76	4724.951	774.454	
11	1234.51	53.50	27.74	1320.63	1159.86	5015.154	2020.818	
12	1337.86	76.64	4.69	1349.34	1320.63	580.078	53.758	
13	1372.31	75.93	1.77	1383.79	1349.34	776.546	27.911	
14	1406.76	70.26	5.74	1429.73	1383.79	1208.730	106.107	
15	1504.37	83.16	0.93	1515.86	1498.63	280.095	8.833	
16	1579.02	81.90	1.09	1590.50	1550.31	684.882	16.339	
17	1619.21	81.36	0.68	1630.70	1590.50	728.011	11.308	
18	1647.92	81.16	1.01	1670.89	1630.70	730.137	15.428	
19	1716.82	69.06	19.68	1768.50	1670.89	1795.944	734.009	
20	2853.72	87.81	2.90	2882.43	2618.30	1576.463	-262.007	
21	2922.62	83.39	7.48	3025.97	2882.43	1557.650	339.607	
22	3617.39	93.77	0.82	3640.35	3600.16	233.998	18.768	
23	3651.84	94.19	1.05	3663.32	3640.35	121.118	11.688	
24	3692.03	94.78	0.71	3720.74	3680.55	186.451	9.924	

Annexes

1/28/2025 10:34:48 AM

Marque 22 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:33:28 AM
Filename	D:\test\test_00168.ispd
Spectrum name	test 00168
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



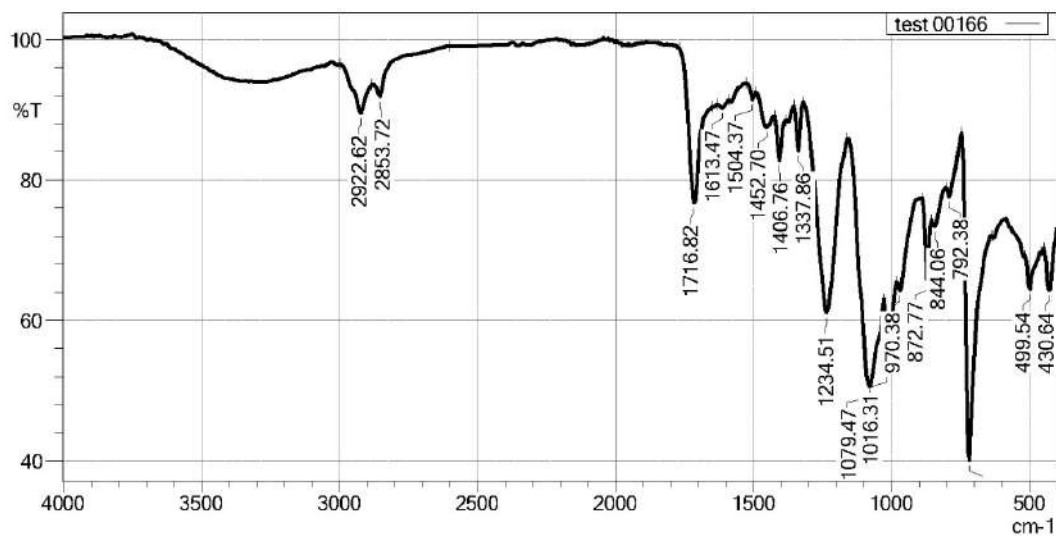
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	424.90	81.36	1.12	430.64	413.42	314.671	12.103	
2	470.83	76.68	3.98	493.80	430.64	1313.376	117.244	
3	717.74	73.77	12.07	746.44	689.03	1074.243	261.092	
4	872.77	87.92	3.71	895.73	844.06	495.994	65.079	
5	1033.54	74.23	17.41	1234.51	895.73	5143.449	2331.621	
6	1274.70	91.41	0.55	1297.67	1234.51	521.747	14.212	
7	1464.18	78.26	13.85	1527.34	1297.67	2875.969	1050.870	
8	2147.46	98.70	0.84	2176.17	2044.11	113.520	63.833	
9	2847.97	75.23	16.61	2870.94	2578.11	1233.169	-167.793	
10	2916.88	71.88	21.38	2997.26	2870.94	1479.550	725.385	

Annexes

1/28/2025 10:30:11 AM

Marque 22 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 10:27:44 AM
Filename	D:\test\test_00166.ispd
Spectrum name	test_00166
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



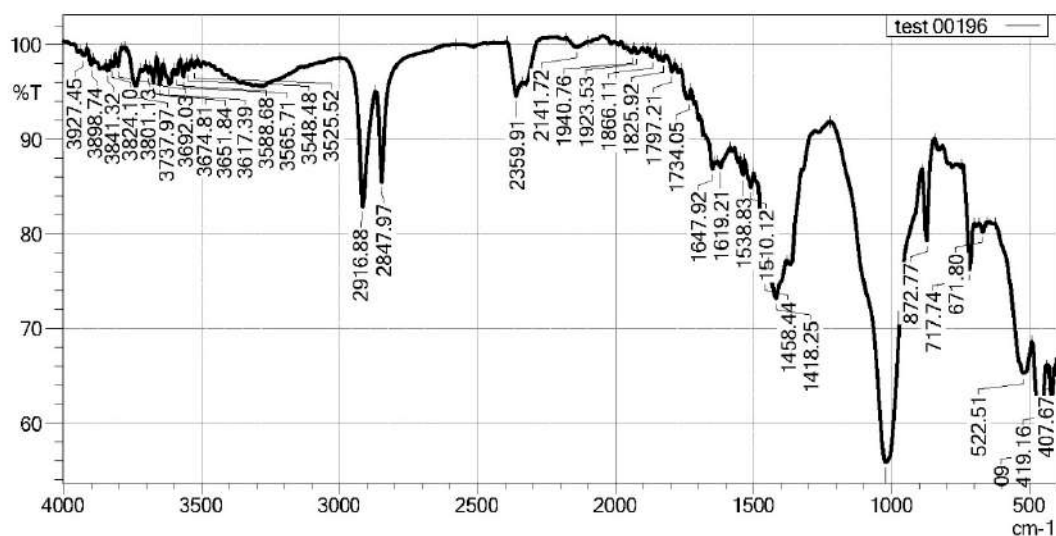
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	430.64	64.34	7.04	447.87	401.93	1468.628	170.861	
2	499.54	64.45	4.96	516.77	459.35	1865.570	115.247	
3	717.74	40.16	42.67	746.44	637.35	4080.708	1830.507	
4	792.38	77.64	2.85	803.86	746.44	1081.271	93.977	
5	844.06	73.40	1.96	855.54	803.86	1246.242	38.882	
6	872.77	65.84	10.03	889.99	855.54	978.155	146.870	
7	970.38	64.28	2.66	981.86	889.99	2574.895	-50.017	
8	1016.31	52.78	10.82	1027.80	981.86	1885.451	241.600	
9	1079.47	50.58	21.37	1159.86	1027.80	4782.874	1407.181	
10	1234.51	61.11	27.21	1320.63	1159.86	3854.077	2005.734	
11	1337.86	84.19	6.64	1355.08	1320.63	414.029	98.077	
12	1406.76	82.80	6.04	1423.99	1383.79	553.096	102.688	
13	1452.70	87.51	3.02	1492.89	1423.99	740.004	106.656	
14	1504.37	91.43	1.49	1527.34	1492.89	252.642	16.033	
15	1613.47	90.23	0.79	1630.70	1590.50	373.987	14.624	
16	1716.82	76.72	18.50	1768.50	1647.92	1472.481	824.557	
17	2853.72	91.87	2.26	2882.43	2601.07	809.577	-229.911	
18	2922.62	89.52	5.07	2997.26	2882.43	810.881	238.603	

Annexes

1/28/2025 1:17:48 PM

Marque 23 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:16:43 PM
Filename	D:\test\test_00196.ispd
Spectrum name	test_00196
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	407.67	65.15	1.13	413.42	401.93	393.676	6.509	
2	419.16	62.01	3.83	436.38	413.42	819.819	37.532	
3	465.09	57.90	9.48	493.80	436.38	2122.495	249.673	
4	522.51	65.27	6.08	625.87	493.80	3654.228	336.102	
5	671.80	80.26	0.91	683.28	654.57	552.434	12.153	
6	717.74	76.25	7.20	746.44	700.51	843.158	118.881	
7	872.77	79.27	8.82	889.99	844.06	675.228	146.755	
8	1022.06	55.89	32.97	1223.02	889.99	8016.695	4478.836	
9	1418.25	73.13	3.90	1446.95	1378.05	1711.099	129.481	
10	1458.44	75.19	3.87	1498.63	1446.95	1004.549	58.665	
11	1510.12	84.89	2.03	1533.08	1498.63	478.550	36.182	
12	1538.83	86.23	1.70	1550.31	1533.08	225.369	17.954	
13	1619.21	87.02	1.05	1630.70	1584.76	549.518	18.309	
14	1647.92	86.82	1.28	1676.63	1642.18	386.187	9.123	
15	1734.05	94.28	1.40	1762.76	1728.31	163.081	38.592	
16	1797.21	97.18	1.11	1820.18	1785.73	67.179	13.503	
17	1825.92	98.26	0.60	1837.40	1820.18	26.276	6.422	
18	1866.11	98.70	0.93	1883.34	1854.63	21.854	11.369	
19	1923.53	99.07	0.62	1935.02	1900.56	20.094	9.510	
20	1940.76	99.16	0.54	1957.98	1935.02	12.704	5.962	
21	2141.72	99.74	0.81	2181.92	2101.53	-10.290	34.171	
22	2359.91	94.55	3.21	2394.37	2336.95	185.372	81.186	

Annexes

1/28/2025 1:17:48 PM

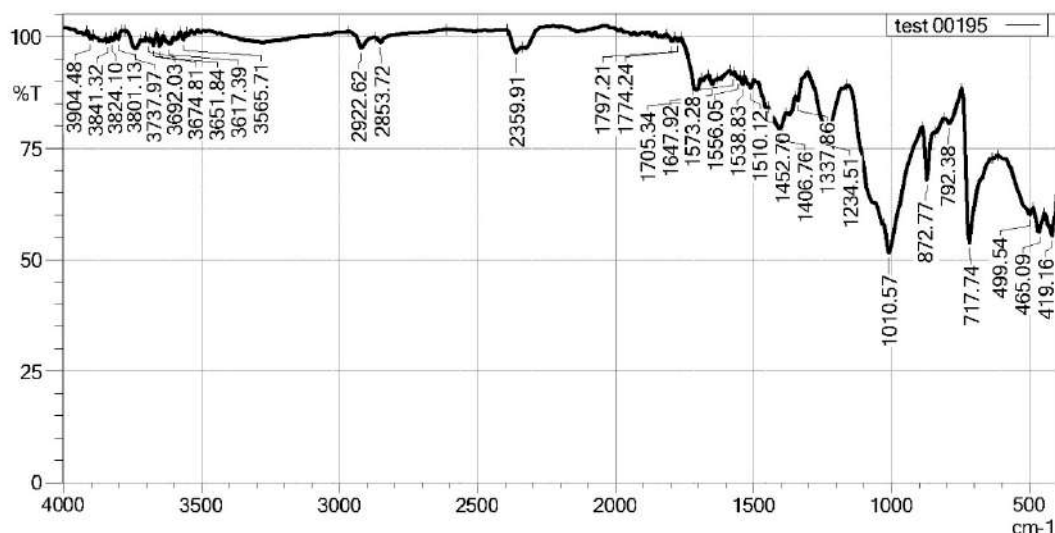
23	2847.97	85.47	10.02	2870.94	2578.11	647.690	-60.924	
24	2916.88	82.85	13.54	2997.26	2870.94	831.459	435.921	
25	3525.52	97.60	0.81	3537.00	3514.03	45.776	9.119	
26	3548.48	97.31	0.83	3554.23	3537.00	37.812	7.018	
27	3565.71	96.60	1.62	3577.19	3554.23	57.939	16.979	
28	3588.68	96.84	1.11	3600.16	3577.19	59.886	12.792	
29	3617.39	95.85	1.83	3640.35	3600.16	130.664	38.759	
30	3651.84	95.79	2.58	3663.32	3640.35	65.012	27.535	
31	3674.81	95.98	2.25	3686.29	3663.32	64.668	24.065	
32	3692.03	97.02	0.73	3703.52	3686.29	44.929	6.480	
33	3737.97	95.54	2.59	3778.16	3720.74	147.038	66.077	
34	3801.13	97.74	1.66	3812.61	3789.64	30.635	16.717	
35	3824.10	97.71	0.89	3829.84	3812.61	33.281	11.212	
36	3841.32	97.27	0.79	3847.06	3829.84	41.645	9.623	
37	3898.74	97.89	0.93	3915.97	3893.00	32.992	11.945	
38	3927.45	98.84	0.70	3938.93	3915.97	19.798	9.356	

Annexes

1/28/2025 1:15:43 PM

Marque 23 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 1:14:13 PM
Filename	D:\Test\test_00195.ispd
Spectrum name	test 00195
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



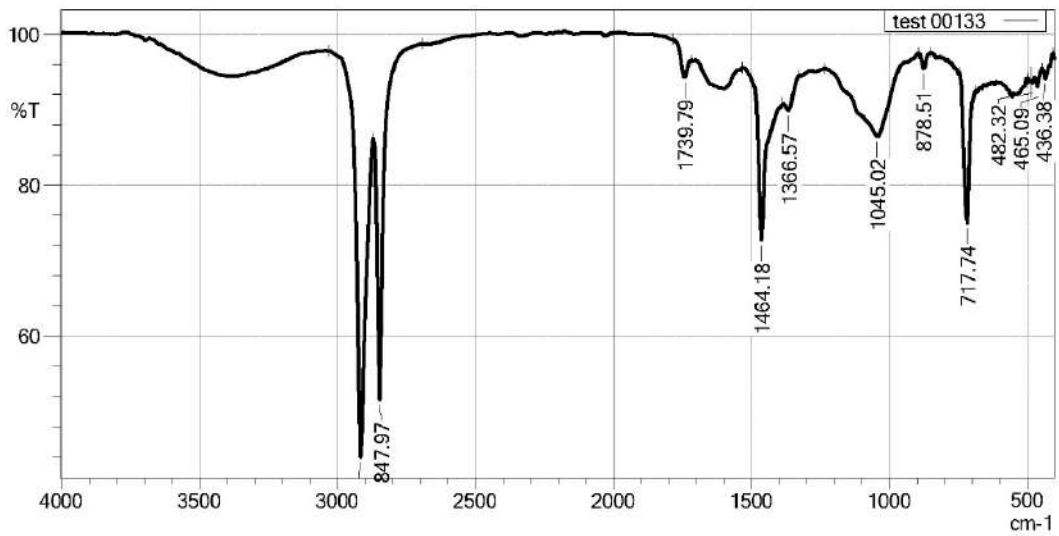
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	419.16	55.33	7.75	447.87	401.93	1903.916	183.308	
2	465.09	56.20	4.74	488.06	447.87	1666.753	102.276	
3	499.54	60.06	2.64	614.38	488.06	4165.928	64.206	
4	717.74	53.77	30.47	746.44	637.35	3501.353	1378.459	
5	792.38	80.54	3.01	809.61	746.44	1064.411	120.267	
6	872.77	67.90	11.45	889.99	844.06	1147.202	191.345	
7	1010.57	51.47	9.24	1027.80	889.99	4715.399	428.331	
8	1234.51	78.12	12.56	1303.41	1159.86	2157.657	810.791	
9	1337.86	85.73	2.27	1349.34	1303.41	495.547	7.243	
10	1406.76	79.28	4.10	1446.95	1383.79	1182.535	144.032	
11	1452.70	83.58	1.32	1498.63	1446.95	657.774	1.820	
12	1510.12	88.44	2.16	1533.08	1498.63	359.144	39.142	
13	1538.83	89.37	1.68	1550.31	1533.08	171.753	17.844	
14	1556.05	90.60	0.81	1567.53	1550.31	153.625	8.349	
15	1573.28	91.49	0.65	1584.76	1567.53	141.563	7.182	
16	1647.92	89.33	1.68	1665.15	1630.70	335.605	25.904	
17	1705.34	88.02	4.66	1762.76	1688.11	528.515	166.979	
18	1774.24	99.03	0.78	1785.73	1762.76	12.837	8.564	
19	1797.21	98.98	1.14	1814.44	1785.73	10.942	16.133	
20	2359.91	96.41	2.85	2394.37	2336.95	98.981	78.408	
21	2853.72	98.69	1.29	2870.94	2612.56	-175.975	15.706	
22	2922.62	97.53	3.06	2968.55	2870.94	43.096	96.260	
23	3565.71	99.31	1.70	3577.19	3554.23	-5.199	17.861	
24	3617.39	98.35	1.69	3640.35	3600.16	35.733	38.407	
25	3651.84	97.82	2.69	3663.32	3640.35	17.125	28.860	
26	3674.81	97.99	2.18	3686.29	3663.32	19.255	23.249	
27	3692.03	98.99	0.65	3703.52	3686.29	10.287	4.997	
28	3737.97	97.36	2.54	3778.16	3720.74	51.490	70.773	
29	3801.13	99.41	1.65	3812.61	3789.64	-7.445	16.808	
30	3824.10	99.25	0.97	3829.84	3812.61	5.886	11.793	
31	3841.32	98.82	0.90	3847.06	3829.84	14.247	10.623	
32	3904.48	99.49	1.26	3915.97	3893.00	-4.275	12.813	

Annexes

2/19/2025 10:27:06 AM

Marque 24 bouchon

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:41:26 AM
Filename	D:\test\test_00133.ispd
Spectrum name	test 00133
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



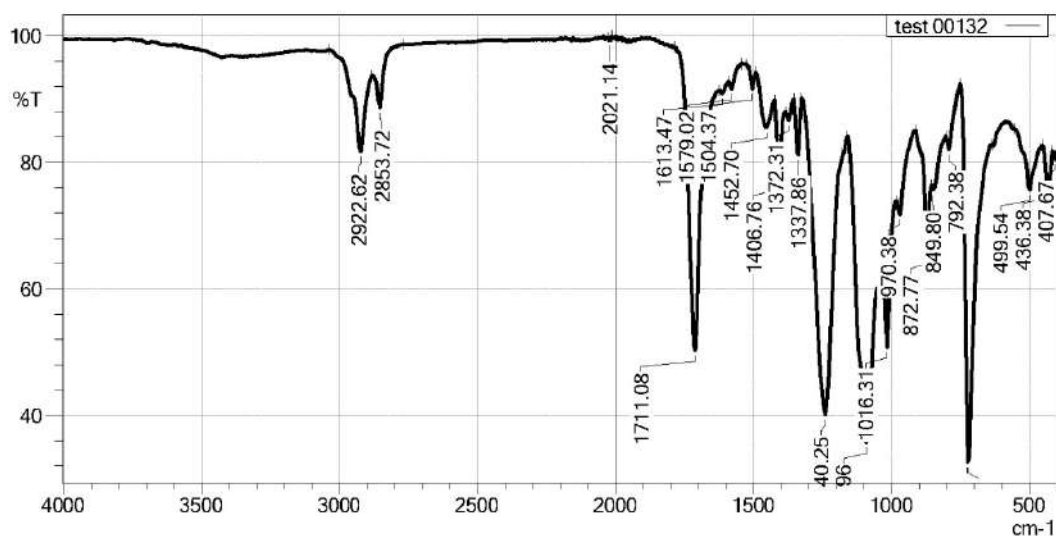
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	436.38	94.06	2.02	447.87	407.67	176.407	36.425	
2	465.09	93.05	1.72	476.58	447.87	165.809	19.162	
3	482.32	93.59	0.67	499.54	476.58	142.729	10.011	
4	717.74	75.00	18.72	746.44	689.03	800.974	439.951	
5	878.51	95.45	2.09	895.73	849.80	150.080	37.700	
6	1045.02	86.47	10.10	1234.51	895.73	2629.631	1427.219	
7	1366.57	89.87	2.36	1389.54	1326.38	522.610	63.532	
8	1464.18	72.69	20.66	1533.08	1389.54	1654.640	685.626	
9	1739.79	94.33	3.16	1785.73	1716.82	215.445	74.132	
10	2847.97	51.56	36.24	2870.94	2692.94	1664.548	322.778	
11	2916.88	43.97	45.53	3031.72	2870.94	2724.970	1436.727	

Annexes

2/19/2025 10:25:51 AM

Marque 24 face

Item	Value
Acquired Date&Time	1/28/2025 9:40:09 AM
Filename	D:\test\test_00132.ispd
Spectrum name	test 00132
Sample name	
Sample ID	
No. of Scans	20
Resolution	16 [cm-1]
Apodization	Happ-Genzel



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	407.67	80.48	1.35	419.16	401.93	323.473	10.358	
2	436.38	76.07	6.19	453.61	419.16	725.409	113.959	
3	499.54	75.63	7.75	556.96	465.09	1760.234	268.386	
4	723.48	32.65	57.33	752.19	637.35	3715.294	2288.336	
5	792.38	82.00	3.96	803.86	752.19	681.782	74.921	
6	849.80	75.67	1.60	855.54	803.86	1034.190	14.641	
7	872.77	65.69	13.31	912.96	855.54	1319.106	211.715	
8	970.38	71.77	3.94	981.86	912.96	1434.317	17.052	
9	1016.31	50.80	16.17	1033.54	981.86	1865.148	247.177	
10	1090.96	35.70	33.27	1159.86	1050.76	4897.788	1855.880	
11	1240.25	40.11	44.82	1326.38	1182.83	5072.295	3034.818	
12	1337.86	81.16	8.94	1355.08	1326.38	421.284	136.500	
13	1372.31	86.61	2.17	1383.79	1355.08	346.330	29.823	
14	1406.76	77.33	11.66	1423.99	1383.79	645.371	197.609	
15	1452.70	85.51	6.10	1492.89	1423.99	779.731	227.782	
16	1504.37	91.56	3.09	1527.34	1492.89	213.499	36.461	
17	1579.02	91.56	1.89	1590.50	1544.57	291.734	23.084	
18	1613.47	90.82	0.98	1624.95	1590.50	286.924	12.524	
19	1711.08	50.23	44.79	1785.73	1624.95	3051.399	2210.392	
20	2021.14	99.25	0.59	2026.89	2015.40	5.183	3.404	
21	2853.72	88.62	6.33	2882.43	2767.59	496.845	57.504	
22	2922.62	81.68	13.11	3037.46	2882.43	1230.909	573.699	

Annexes

Annexe 02 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux embouteillées analysées

Marque	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	pH	Résidus
											secs (mg/L)
1	48	20	48	8	76	104	96	19,97	≤0,01	7,32	407
2	25	5	27	4	10	125	21	11,4	≤0,01	7,95	199
3	24	7	28	4,6	20	—	36	2,4	Trace	7,4	180
4	93	31	68	4	84	326	153	8,9	0,02	7,1	725
5	80	14	30	1	50	214	75	5,1	0	6,92	360
6	86	13	10	0,7	15	226	72	11	≤0,01	7,18	368
7	94,4	32,07	96,3	1,5	197,9	202,11	163,1	6,17	0	7,25	750
8	4,6	3,75	29	1	30	—	10	9	0,06	6,87	140
9	120	23	56	1	100	256	104	46,5	≤0,01	7,33	450
10	42,08	25,51	7	1	12,76	262,3	20	9,61	≤0,01	7,4	160
11	106	25	60	2	48,59	261	177	18,3	≤0,01	7,42	724
12	65,6	6,8	28,5	1,9	37	234,24	75	2,7	0,01	7,7	276
13	82	47	98	1,1	128	—	220	20,41	0,01	7,57	734
14	134,3	6,69	29,21	2,45	50	—	139	21,8	0	7,39	610
15	68,8	10,69	32	2,4	17,04	283,04	62,5	3,22	≤0,01	7,48	300
16	54,16	2,64	5	2	10	164,7	4	9	≤0,01	7,29	206
17	68	50	58	2	81	376	65	15	0	7,5	478
18	99	29	33	2,1	88	265	68	15	<0,02	7,2	550
19	49	5	3,1	0,4	7	168	3	5,94	0,03	7,42	178
20	85	37	30	1	48	362	53	12	0	7	660
21	90	37	36	3	59	247	162	9,6	<0,01	7,32	636
22	55	17	>12	0,5	>15	210	33	4,6	0	7,8	372
23	90	37	36	3	59	247	162	9,6	<0,01	7,32	636
24	49	34,5	69,27	11,5	104,6	341,6	10	1,5	0	7,6	400

Résumé :

En Algérie, l'eau embouteillée est largement consommée et perçue comme sûre, bien que son contact prolongé avec les emballages plastiques puisse entraîner une migration de substances chimiques. Parmi celles-ci, les phtalates, utilisés comme plastifiants, suscitent des inquiétudes en raison de leurs effets potentiels sur le système endocrinien. Cette étude vise à explorer leur présence dans les bouteilles en PET et leur éventuelle migration vers l'eau. L'objectif de cette étude est d'évaluer la présence et la concentration des phtalates dans les emballages plastiques en PET ainsi que dans les eaux embouteillées commercialisées en Algérie, et déterminer leur conformité par rapport aux seuils réglementaires. La quantification des phtalates a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). L'étude s'est déroulée au laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie du département de pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen, entre octobre 2024 et juillet 2025. Les analyses ont révélé la présence du DEHP dans les emballages plastiques avec des teneurs inférieures ou égale aux limites fixées par la réglementation. Le DBP n'a été détecté dans aucun échantillon. Dans l'eau embouteillée, le DEHP a été détecté à des niveaux systématiquement inférieurs aux seuils réglementaires ainsi que le DBP avec une concentration moyenne de [value missing in original]. La présence du DEHP dans les échantillons analysés et la migration partielle du DEHP depuis les emballages plastiques vers l'eau embouteillée souligne un risque potentiel d'exposition chronique. Ces résultats appellent à un contrôle renforcé des matériaux d'emballage et à une vigilance accrue quant à l'utilisation du PET pour le conditionnement des eaux embouteillées.

Mot clés : Phtalates ; DEHP ; DBP ; Eau embouteillée ; Emballages plastiques ; Polyéthylène téréphtalate (PET); GC-MS

Abstract:

In Algeria, bottled water is widely consumed and perceived as safe, although prolonged contact with plastic packaging may lead to the migration of chemical substances. Among these, phthalates—used as plasticizers—raise concerns due to their potential effects on the endocrine system. This study aims to explore their presence in PET bottles and their possible migration into the water. The objective is to assess the presence and concentration of phthalates in PET plastic packaging as well as in bottled water sold in Algeria, and to determine their compliance with regulatory thresholds. Phthalate quantification was carried out using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). The study was conducted at the Hydrology-Bromatology Laboratory of the Department of Pharmacy, Faculty of Medicine of Tlemcen, between October 2024 and July 2025. The analyses revealed the presence of DEHP in plastic packaging at levels below or equal to the limits set by regulations. DBP was not detected in any sample. In bottled water, DEHP was consistently detected at levels below regulatory thresholds, and DBP was also found at a mean concentration of [value missing in original]. The presence of DEHP in the analyzed samples and its partial migration from plastic packaging into bottled water highlights a potential risk of chronic exposure. These findings call for stricter control of packaging materials and increased vigilance regarding the use of PET for bottling water.

Keywords: Phthalates; DEHP; DBP; Bottled water; Plastic packaging; Polyethylene terephthalate (PET); GC-MS