



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Matière

MÉMOIRE DE MASTER

Département des Sciences de la Matière
Filière de Physique
Spécialité Physique des Matériaux

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Benazouz Sana et Mansouri Assala

Le : 27-9-2020

Elaboration et Caractérisation d'échantillons
de composites à Base de Polyester
(cas noix et feuilles d'olive)

Jury :

Meghezzi Ahmed	Pr.	Université Med Khider – Biskra	Président
Lakhdar Youcef	M.C.B	Université Med Khider – Biskra	Rapporteur
Slimani Mohamed	M.A.A	Université Med Khider – Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Table des matières

Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviation	
Introduction générale	
Synthèse bibliographique Généralité sur les polymères	
I.1) Introduction.....	1
I.2) Historique.....	1
I.3) Définition des polymères	2
I.4) Classification des polymères	3
I.4.1) Selon leur origine.....	3
I.4.1.1) Polymères naturels.....	3
I.4.1.2) Polymères synthétiques	3
I.4.1.3) Polymères artificiels	3
I.4.2) Selon leur structure des chaînes (dimensionnalité)	3
I.4.2.1) Polymères linéaires (monodimensionnel)	3
I.4.2.2) Polymères bidimensionnels	4
I.4.2.3) Polymères tridimensionnels	4
I.4.3) Selon le comportement thermique	5
I.4.3.1) Les thermoplastiques	5
I.4.3.2) Les thermodurcissables	5
I.4.3.4) Les élastomère.....	6
I.4.4) Selon leur nature chimique	6
I.4.4.1) Polymères organiques.....	6
I.4.4.2) Polymères minéraux	6
I.4.4.3) Polymères mixtes.....	6
I.4.5) Selon leur domaine application	6
I.4.5.1) Polymères de commodités	6
I.4.5.2) Polymères techniques.....	6
I.4.5.3) Polymères présentant les niveaux de performances.....	7
I.5) Propriétés des polymères.....	7
I.5.1) Propriétés mécaniques.....	7
I.5.2) Propriétés physiques	7
I.5.3) Propriétés thermiques	7
I.5.4) Autre propriétés	8
I.6) Techniques de polymérisations	8
I.6.1) Polymérisation en masse	8
I.6.2) Polymérisation en solution	8
I.6.3) Polymérisation en dispersion	9
I.6.4) Polymérisation en suspension	9
I.6.5) Polymérisation en émulsion	9
I.7) Utilités des polymères	9
Matériaux composites	
II.1) Introduction.....	11
II.2) Matériaux composites	11
II.3) Les composants des matériaux composites	12
II.3.1) La matrice	12
II.3.1.1) Les classes des matrices	13
a) Composites à matrice polymère ou organique	13

a.1) Matrices à polymères thermoplastiques	13
a.2) Matrices à polymères thermodurcissables	14
b) Composite à matrice minérale	14
b.1) Composites à matrice Céramique (CMC).....	14
b.2) Composites à matrice métallique (CMM)	15
II.3.2) Les renforts	15
II.3.2.1) les fibres naturelles	16
a) Les fibres végétales	16
b) Les fibres minérales	17
II.3.2.2) Les fibres synthétiques.....	17
II.3.2.3) les avantages des fibres végétales	17
II.3.2.4) L'influence de l'humidité sur les fibres végétales	17
II.3.3) Les additifs	18
II.3.3.1) Les plastifiants	18
II.3.3.2) Les catalyseurs et durcisseurs	18
II.3.3.3) Les stabilisants	18
II.3.3.4) Les lubrifiants	19
II.4) Les applications des matériaux composites	19
II.4.1) Dans le domaine aérospatial	19
II.4.2) Dans le domaine militaire	19
II.4.3) Dans le domaine de construction	19
II.4.4) Dans domaine les sports et les loisirs	19
II.5) Intérêt des matériaux composites	20
II.6) Les résines polymères les plus utilisés dans les matériaux composites	20
II.6.1) Polystyrène	20
II.6.1.1) Les classes de polystyrène	21
1) Polystyrène standard	21
2) Polystyrène choc	21
3) Polystyrène expansé (P.S.E.)	22
II.6.1.2) Les Propriétés du Polystyrène	22
II.6.1.3) Applications	22
II.6.2) Polyester	23
II.6.2.1) définition de polyester	23
II.6.2.2) les avantages et les inconvénients des résines polyesters.....	24
II.6.2.3) Propriétés de polyester	24
a)Propriétés électriques et thermiques	24
c) Mise en œuvre	24
d) Propriétés chimiques	24
II.6.2.4) Application de polystyrène insaturé.....	25
II.6.3) Résine époxy	25
II.6.3.1) définition de résine époxy	25
II.6.3.2) Les propriétés des résines époxy	27
II.6.3.3) Les applications des résines époxydes	27
Partie expérimentale	
Matériels et méthodes d'analyse des polymères	
III.1) Préparation des fibres (feuilles d'olives et noix d'olives).....	28
1) Feuilles d'olives.....	28
2) Noix d'olive.....	28
III.2) Calcule les masses du constituants de mélange.....	29
III.3) Préparation la plaque de polyester et les mélanges.....	30
• La plaque de polyester.....	30
• Les mélanges.....	31

III.4) Les techniques d'analyses	31
III.4.1) Technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	31
III.4.1.1) Principe	31
III.4.2) Technique de l'absorption d'eau	33
RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	
IV. 1. L'analyse spectroscopique infrarouge FTIR.....	37
IV. 1.1.L'analyse spectroscopique infrarouge pour noix d'olive.....	37
IV. 1.2. L'analyse spectroscopique infrarouge pour feuilles d'olive.....	38
IV. 1.3.L'analyse spectroscopique infrarouge pour le mélange UP-feuille d'olive.....	39
IV. 2. L'absorption d'eau distillée.....	40
IV. 2.1. Influence du taux de fibre sur l'absorption.....	40
IV. 2.1.1 Noix d'olive	40
IV. 2.1.2.Feuilles d'olive.....	40
IV. 2.2. Influence de la nature de l'additif.....	41
CONCLUSION GÉNÉRALE	

Liste des figures

Fig.I.1	Schéma de polymérisation	2
Fig.I.2	Représentation de la chaîne d'un polymère linéaire	4
Fig.I.3	Représentation schématique d'un polymère bidimensionnel (carbone, graphite)	4
Fig.I.4	Représentation schématique d'un polymère tridimensionnel	5
Fig.II.1	Type des matrices	13
Fig.II.3	Type de renfort	15
Fig.II.4	Fibre de lin	16
Fig.II.5	Fibre d'abaca	16
Fig.II.6	Polymérisation du styrène	21
Fig.II.7	Polymérisation du monester	23
Fig.II.8	Structure chimique du diglycidyléther de bisphenol A (DGEBA)	26
Fig.II.9	Synthèse des prépolymères diépoxy DGEBA	26
Fig.III.1	Les étapes de préparation fibre de feuille d'olive	28
Fig.III.2	Les étapes de préparation fibre noix d'olive	29
Fig.III.3	Les étapes de préparation d'une plaque polyester	31
Fig.III.4	Les étapes de préparation des mélanges	32
Fig.III.5	Les étapes de l'IR	34
Fig. IV.1	Spectre infrarouge des noix d'olive	37
FigIV.2	Spectre infrarouge des feuilles d'olive	38
FigIV.3	Spectre infrarouge d'absorption du composite Polyester- poudre de feuilles d'olive	39
FigIV.4	Courbes d'absorption d'eau pour les composites avec la poudre de noix d'olive	40
FigIV.5	Courbes d'absorption d'eau de composites renfermant la poudre de noix et la poudre de feuille d'olive.	41
FigIV.6	Courbes d'absorption d'eau du composite Polyester-noix d'olive- feuille d'olive	42

Liste des tableaux

Tab. I.1	quelques types des polymères et ses applications	10
Tab.II.1	Caractéristiques des résines thermoplastiques	14
Tab.II.2	Caractéristiques des résines thermodurcissables	14
Tab.II.3	Avantages et inconvénients des fibres végétales comme renforts de matériaux composites	17
Tab.II.4	Avantages et inconvénients des polyesters	24
Tab.III.1	Tableau présente les plaques de mélanges préparés	33
Tab IV.1	Fréquences d'absorption des noix d'olive	37
Tab IV.2	Fréquences d'absorption des feuilles d'olive	38
TabIV.3	Fréquences d'absorption du Polyester	38
TabIV.4	Fréquences d'absorption du composite Polyester-poudre de feuilles d'olive	39

Liste d'abréviation

°C	degrés Celsius
Tg	température de transition
Tf	température de fusion
ρ	masse volumique
E	module de Young
CMC	composite à matrice céramique
CMM	composite à matrice métallique
PSE	polyester expansé
UP	polystyrène insaturé
Pa	pascal
PVC	polychlorure de vinyle
DGEBA	diglycidyléther de bisphénol A
DTA	diéthylène triamine
HPLC	chromatographie liquide à haute performance
FO	feuille d'olive
NO	noix d'olive
FTIR	technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier
IR	infrarouge
W 0	masse sèche
Wt	masse humide

Remerciement

Mes sincères louanges au tout puissant Dieu, source de ma foi et de ma volonté.

Toute ma gratitude à ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier :

*Mr **LAKHDAR Youcef**, maître de conférences à l'université Ahmed Khieder à Biskra, pour avoir accepté de nous encadrer.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance au Mr **MEGHEZZI Ahmed**, responsable de laboratoire de chimie appliqué (LCA), et professeur à l'université Mohamed Kheider de Biskra, avoir accepté de nous suivre, conseiller et diriger au cours de ce travail, Je leur suis très reconnaissante pour la qualité des nombreux conseils, leur attention, et bien évidemment pour les connaissances et leur expérience de la recherche qu'ils ont su me transmettre, et qui j'en suis sûre me seront bénéfiques dans les années futures.*

*Mr **SLIMANI Mohamed**, maitre de conférence à l'université Ahmed Khieder à Biskra, qui nous occupons à ce travail, nous l'exprimons un grand merci.*

Un grand merci aux responsables du laboratoire pédagogique de chimie, pour avoir faire la technique de Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier IRTF.

Enfin, je souhaiterais remercier tous ce qui contribue à ce travail de près et de loin

Synthèse

Bibliographique

Généralité
Sur
les Polymères

Introduction générale

Les polymères sont des molécules géantes contenant plusieurs milliers, voire plusieurs dizaines ou centaines de milliers d'atomes, jusque dans les années cinquante, l'analyse chimique s'intéressait surtout aux molécules contenant au maximum quelques centaines d'atomes, les propriétés particulières de ces macromolécules sont une conséquence de leur gigantisme qui permet notamment des interactions intra ou intermoléculaires beaucoup plus importantes que dans le cas des molécules plus petites (interactions de Van der Waals...), il existe une grande variété de macromolécules naturelles (exemple : ADN, soie,cellulose....),et d'autre variété est synthétiques(exemple : polystyrène, polyéthylène...)

On trouve en effet des fibres végétales de toutes sortes dans diverses parties de la planète, et le fait que certaines d'entre elles font déjà l'objet d'une agriculture commerciale est en soi un atout majeur pour ces matériaux.

L'utilisation de matériaux à base de fibres naturelles n'est pas récente et date de plusieurs civilisations, à l'heure actuelle, les différentes utilisations de ces matériaux composites à renforts naturels sont souvent limitées à des applications où les contraintes mécaniques et thermiques ne sont pas importantes.

Depuis les années 90, de nouveaux composites ont émergés dans le paysage industriel, les matériaux composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, d'un côté soit les moins coûteux possible soit les plus performances, ou bien les deux à la fois et de l'autre côté, ils doivent satisfaire les nouvelles exigences notamment celles relatives au respect de l'environnement.

Les composites renforcés de fibres naturelles ont donc attiré une attention de plus en plus grande en raison de leur faible coût, leur densité peu élevée, leur biodégradabilité et leur disponibilité leur facilité de mise en œuvre, leur haut module spécifique, et leur capacité à être recyclé, etc. Ces avantages présentent de l'intérêt pour des applications dans divers domaines comme par exemple la vie quotidienne (mobilier, plancher, pots...), l'industrie automobile, qui exigent des matériaux légers à haute performance, des possibilités de recyclage, le minimum d'impact sur l'environnement, et une réduction du coût de la matière.

L'introduction de fibres naturelles dans des matrices polymères, peut apporter des avantages notoires par rapport aux fibres traditionnellement utilisées dans les composites (comme les fibres de verres) : faibles densité, bonnes propriétés mécaniques, faibles coûts ... etc

Introduction

Les matériaux composites renforcés par des fibres végétales sont en cours de développement leurs applications sont encore limitées mais ils sont amenés à jouer un rôle dans l'industrie future, notamment dans le domaine de la construction.

Les performances mécaniques élevées, les caractéristiques spécifiques élevées...etc sont autant d'avantages connus des matériaux composites utilisant des fibres traditionnelles (verre). Toutefois l'avènement de nouvelles exigences en matière de respect de l'environnement et de la santé publique constituent à la fois des impératifs à respecter et une contrainte à considérer, désormais lors de la mise en œuvre de tout produit y compris les matériaux composites.

Plusieurs études dans le passé ont déjà étudié les modifications des propriétés de surface des fibres de cellulose afin d'améliorer leur adhésion avec une matrice polymérique et réduire l'absorption d'humidité

L'ensemble de ces études montre que l'adhésion entre les fibres et la matrice joue un rôle primordial sur les propriétés mécaniques du composite. Il est donc indispensable de connaître les interactions chimiques de surface entre les différents constituants des composites avant de pouvoir réaliser une caractérisation mécanique de l'ensemble.

Une si grande part de notre environnement est aujourd'hui moulée, tissée, fabriquée ou construite en plastique, que le plus souvent, nous ne remarquons pas son existence en tant que classe de matériaux distincte, pourtant il y a un certain nombre d'années, quand l'industrie des plastiques était encore balbutiante, ceux-ci jouissaient d'une excellente réputation.

Au fur et à mesure que les produits en plastique pénétraient chaque pouce de notre vie quotidienne, l'intérêt du public pour le matériau miracle déclinait. Mais tant que le développement des matériaux synthétiques sembla se situer aux avant-postes du progrès scientifique et technologique, tant que les porte-parole de l'industrie purent promettre des applications toujours plus extraordinaires pour de nouveaux plastiques.

Les progrès de la technologie et l'accroissement de la demande augmentent considérablement les contraintes sur les ressources naturelles. La prise de conscience grandissante de l'impact de l'homme sur l'environnement conduisant à l'épuisement de nos ressources et la modification du climat, incitent fortement les industriels et les chercheurs au développement d'alternatives moins gourmandes en énergie et diminuant l'impact environnemental en améliorant leur recyclabilité et leur renouvelabilité .

Ainsi ce travail comporte une étude spectroscopique et test d'absorption d'eau des matériaux composites renforcés par des fibres d'origine végétale, parmi ces fibres végétales, les feuilles

Introduction

d'olives et noix d'olives, qui sont des matériaux de renfort très répandues, ainsi dans l'objectif de valoriser les ressources de proximité, ces fibres ont été sélectionné comme un champ d'investigation à part entière.

Notre travail commence par une introduction générale, est subdivisé en quatre chapitres et s'achève par une conclusion dont :

- Le premier chapitre est une généralité autour les polymères ; leur historique d'apparition au cour du temps, les différentes classes du polymères, les types de ces polymérisations puis on présente quelques polymères les plus utilisés dans la vie, la formule chimique, ces formes utilisables avec un abréviation.
- Le deuxième chapitre présente les matériaux composites et ces compositions ; la matrice, le renfort et les additifs. Puis on détaillant les matériaux composites selon la matrice (organiques, métalliques et céramiques), les différents types de renforts naturels (végétales et minérales) et synthétiques, puis les additifs ajoutant aux matériaux composites.
- Le troisième chapitre présente les matériaux et méthodes, nous consacrons ce chapitre à la description des fibres utilisés (feuilles et noix d'olives), et les méthodes de caractérisation (infrarouge et test de l'absorption d'eau).
- Le quatrième chapitre est consacré aux résultats expérimentaux obtenus suivi des interprétations et discussions.
- Enfin notre mémoire se termine par une conclusion générale et une liste de références bibliographiques utile pour le lecteur.

I.1) Introduction

La nature fabrique et emploie les polymères naturels comme la cellulose ou la lignine du bois que le latex des arbres tropicaux et les résines naturels, les protéines et les acides nucléiques.

Les polymères jouent un rôle prépondérant dans tous les systèmes vivants. [1]

La notion de macromoléculaire n'est pas apparue que tardivement dans l'histoire de la chimie, les polymères sont devenus l'élément essentiel, d'un nombre très important d'objet de la vie courante. [2]

Les matériaux polymères sont en effet une des plus grandes révolutions industrielles, ils font intégralement partie de notre environnement : les emballages alimentaires, les sondes médicales et les textiles. [3]

I.2) Historique

Entre temps les polymères naturels avaient toujours été utilisés par l'homme, les polymères artificiels et synthétiques avaient conquis leur droits de citer ; ils étaient employés comme succédanés de substance rares ou coûteuse (Celluloïde, soie artificielle...). La variété des polymères synthétiques découverts par H.Staudinger.

En 1892, Cross, Bevan, Beadle, ouvrent la voie à la fabrication de fibres de viscose pour le textile artificiel et la production de films de cellophane, en déposant un brevet à partir de la cellulose

En 1910, la production de la Bakélite devient possible grâce à l'invention du chimiste Baekeland. C'est le premier polymère thermodurcissable complètement synthétique à être commercialisé. [4]

Dès 1933, la firme ICI au Royaume-Unis, a pu obtenir un polyéthylène. A peu de temps de la 1938, équipe conduite par W.Carothers découvraient les polyamides (baptisé par du nom nylons).

A la fin de la seconde Guerre mondiale, les polymères avaient montré leur capacité à se substituer à de nombreux matériaux traditionnels.

Quelques dates montrent la découverte des polymères :

1953 : F.Crick et J.Watson identifient la double hélice de l'ADN par cristallographie au rayon X

1960 : Découverte des élastomères thermoplastiques et mise en évidence.

1974 : Développement des polyamides aromatiques.

1994 : M.Sawamoto et K.Matyjaszewski mettent au point la polymérisation radicalaire.

2005 : Y.Chauvin, R.Grubbs et R.Schrock reçoivent le prix Nobel de chimie pour leurs travaux sur la réaction de métathèse et son application à la préparation de nouveaux polymères.

Il est important de n'oublier pas l'effet de recherche réalisé en amont de ce succès industriels ainsi l'accroissement des reconnaissances qu'il a provoqué. [5]

I.3) Définition des polymères :

La définition la plus généralement acceptée est celle d'un système formé par un ensemble de macromoléculaires, c'est-à-dire d'entités moléculaires de grandes dimensions, issues de l'assemblage covalent d'un grand nombre d'unités répétitives plus communément appelées unités monomères. Le nombre d'unités monomères constitutives d'une chaîne polymère est appelé le degré de polymérisation (DP). [5]

Les polymères synthétiques sont issus de réactions de polymérisation, qui transforment des molécules simples appelés **monomères**, ou de motifs différents appelés **copolymères**. [6]

L'enchaînement désigné par le symbole An où n : nombre entier de plusieurs centaines et même beaucoup plus si **A** est composé d'un petit nombre d'atomes



Il arrive que des chaînes de nature différents **A,B** soient présentes

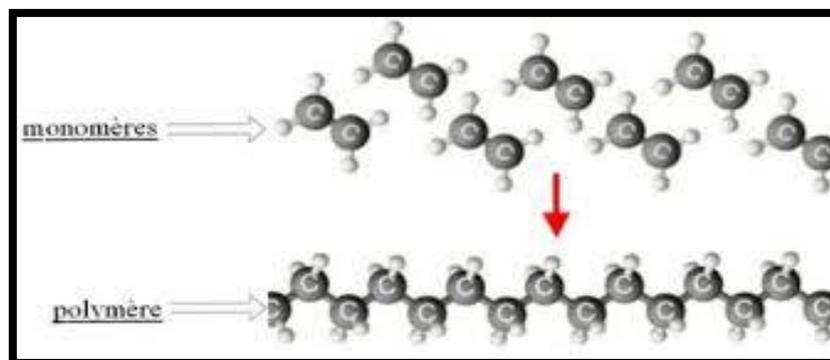
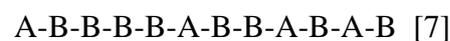


Fig.I.1 : Schéma de polymérisation

La **Nomenclature** : Il consiste à désigner l'unité monomère et mise entre parenthèse, à faire précéder ce nom du préfixe «poly». [H₂C-CH₂]_n poly(méthylène) [5]

I.4) Classification des polymères :

I.4.1) Selon leur origine :

I.4.1.1) Polymères naturels : ils sont des mondes animaux, végétaux ou minéraux, leur importance économique et le rôle qu'ils jouent dans les mécanismes vitaux leur a assuré une place de premier choix depuis des années.

- ✦ Les polysides (cellulose, amidon...)
- ✦ Les protéines (acides aminés, polypeptides..)
- ✦ Glycogène
- ✦ Caoutchouc naturel.
- ✦ l'ADN. [8]

I.4.1.2) Polymères synthétiques :

Totalement issus du génie de l'homme, sont obtenus par polymérisation de molécules monomères. Leur variété est extrême et ce sont eux qui seront le plus souvent considérés par la suite.

I.4.1.3) Polymères artificiels :

Sont obtenus par modification chimique de polymères naturels, de façon à transformer certaines de leurs propriétés ; l'ester cellulosique (nitrocellulose, acétate de cellulose...) ont toujours connu une certaine importance économique. [9]

I.4.2) Selon leur structure des chaînes (dimensionnalité) :

I.4.2.1) Polymères linéaires (monodimensionnel) :

Pour lesquels chaque macromoléculaire est constituée d'un nombre (éventuellement) fini d'unités monomères, correspondent à la polymérisation de monomères bivalent et une macromolécule linéaire peut être très schématiquement représenté par un trait continu divisé en intervalles figurant chacun une unité monomère, les chaînes polymères est constitué de longueur variable. [5]

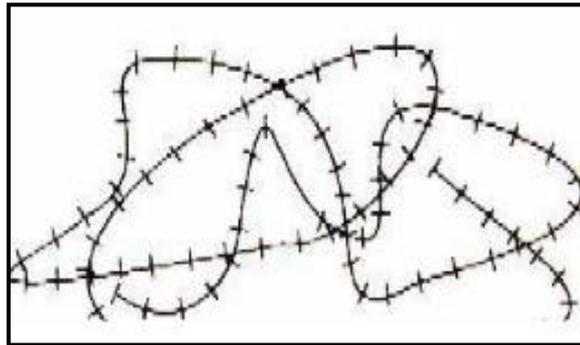


Fig.I.2 : Représentation de la chaîne d'un polymère linéaire [10]

I.4.2.2) Polymères bidimensionnels :

Lamellaire ou en nappe ils se rencontrent surtout dans le domaine des polymères naturels , on peut citer la kératine de la laine, des cheveux, le graphite.[8]

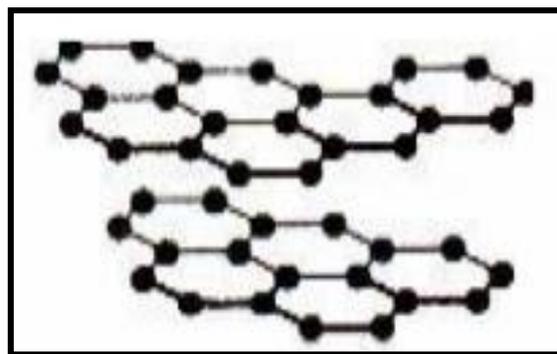


Fig.I.3 : Représentation schématique d'un polymère bidimensionnel (carbone, graphite) [10]

I.4.2.3) Polymères tridimensionnels :

La structure tridimensionnelle peut être obtenue à partir de polymère linéaire, par des réactions de pontage ou réticulations, telle la vulcanisation du caoutchouc , pratiquée pour empêcher les glissements irréversibles des chaînes, réalisant ainsi une bonne élasticité par formation de ponts soufre ;lorsque le matériel élastique est soumis à une contrainte, il se déforme, le retour à son état initial est assuré dès la cessation de cette contrainte.[8]

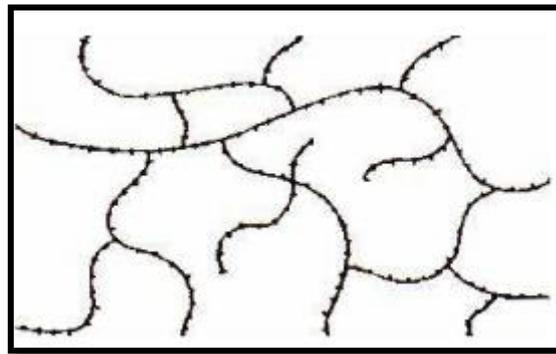


Fig.I.4 : Représentation schématique d'un polymère tridimensionnel [10]

I.4.3) Selon le comportement thermique :

Ils sont classés comme celle-ci

I.4.3.1) Les thermoplastiques :

Ramollissent sous l'effet de la chaleur, ils deviennent souple, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit, ces matériaux conservent leurs propriétés, et ils sont facilement recyclables. Leurs polymères de base constitués par macromolécules linéaires reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues par la chaleur ou de fortes contraintes, et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leurs nouvelles formes.[11]

I.4.3.2) Les thermodurcissables :

Un thermodurcissable est un produit transformé irréversiblement par polymérisation en un réseau tridimensionnel infusible et insoluble.

La réticulation peut être à base d'un monomère ou d'un mélange de monomères (résines aminoplastes et phénoplastes, silicone..)ou plus fréquemment d'un mélange de polymère linéaire de faible masse molaire et de monomère (résines polyesters insaturés...). Ces

polymères amorphes ont une température de transition vitreuse élevée (80 °C à + de 150°C) mais, du fait de la réticulation, ne présentent pas d'état caoutchoutique ni d'état liquide.[10]

I.4.3.4) Les élastomères : un élastomère est un polymère linéaire ou ramifié transformé par vulcanisation en un réseau tridimensionnel faiblement réticulé infusible et insoluble. les élastomères se différencient des thermodurcissables par leur propriétés d'élasticité caoutchoutique, c'est-à-dire la capacité à subir de très grande déformation réversibles sous l'action de contraintes mécaniques.[12]

I.4.4) Selon leur nature chimique :

I.4.4.1) Polymères organiques :

C'est la classe la plus riche ; ils constituent la presque totalité des polymères d'utilisation courante, parmi les principaux polymères organiques : les polyoléfines, les polydiènes, les polyamides[8]

I.4.4.2) Polymères minéraux :

Ils sont constitués soit de chaînes renferment un seul corps simple (diamant, graphite, phosphore, soufre) soit de chaînes renferment plusieurs hétéroatomes(silicate, acide polyphosphoriques) [8]

I.4.4.3) Polymères mixtes : doués de propriétés intéressantes dont une bonne résistance thermiques(~300°C-350°C), ils connaissent depuis quelques années des progrès constantes tant sur le plan de la généralisation de leurs utilisation que sur le plan de la mise au point des produits nouveaux (exemple : silicone). [8]

I.4.5) Selon leur domaine application :

I.4.5.1) Polymères de commodités :

Sont des polymères de grande diffusion et dont le prix de revient est bas(exemple : PE ,PP , PS)

I.4.5.2) Polymères techniques :

Ont des propriétés physiques (résistance mécanique et thermiques) d'un niveau plus élevé, naturellement le prix est plus élevé(exemple : PC POM ,PMMA , PET)

I.4.5.3) Polymères présentant les niveaux de performances :

Ils sont utilisés dans des applications sévères, haute température, environnements chimiques agressifs(exemple : PEEK , PEI , PTFE) [13]

I.5) Propriétés des polymères

I.5.1) Propriétés mécaniques :

Les propriétés mécaniques des matériaux polymères dépendent, de la position de la température expérimentale, par rapport aux températures caractéristiques(température de fusion, transition vitreuse, transition vitreuse secondaire), les mesures de résistances à l'impact s'exécutent à la température ambiante et à basse température, la déformation sous une charge donnée elle est liée à la viscoélasticité et à l'équivalence (temps/température).[14]

I.5.2) Propriétés physiques :

- **Perméabilité des polymères :** les perméabilités de gaz ou liquide à travers une paroi sont dues aux porosités du matériau(le remède est d'augmenter l'épaisseur) ou à l'absorption par la première face, la diffusion dans l'épaisseur et l'évaporation de la deuxième face .La perméabilité augmente avec la température et avec la différence de pression entre les deux faces.

Exemple :PVAC (Alcool Polyvinylique) est très étanche aux gaz mais soluble à l'eau.[6]

I.5.3) Propriétés thermiques :

Les changements de propriétés mécaniques apparaissent lors des changements de phase qui s'opèrent à des températures de transitions comme la température de transition vitreuse(T_g), cette température caractérise un changement morphologique du polymère se traduisant par des modifications de caractéristiques importantes(dimensionnelle, mécaniques...)[15]

I.5.4) Autre propriétés :

- ✦ Densité est faible (légèreté) .
- ✦ Coût est peu élevé .
- ✦ Performances sont notables surtout si elles sont ramenées à leur unité de masse.
- ✦ Facilité de mise en œuvre permet des cadences élevées et des géométries complexes. [16]

I.6) Techniques de polymérisations :

Cinq techniques sont plus couramment utilisées, chaque monomères polymérisable peut faire appel à l'une ou à plusieurs de ces techniques.

I.6.1) Polymérisation en masse :

C'est une technique la plus économique, car elle n'utilise ni solvant ni dispersion, et donne des polymères d'une grande pureté, cependant l'effet de gel, rend difficile son contrôle, et peu nombreux sont les monomères pour lesquels cette technique est utilisée, l'amorceur doit être soluble dans le monomère et les peroxydes organiques sont les plus communément utilisés.

Le monomère joue le rôle de solvant du milieu réactionnel, lequel subit une très forte augmentation de la viscosité lorsque le taux de conversion s'accroît, ce phénomène consiste en une auto-accélération de la vitesse de polymérisation, suivie d'un fort ralentissement du processus, l'accroissement de viscosité rend de plus en plus difficile l'agitation du milieu réactionnel. Lorsque la viscosité atteint une valeur telle que les molécules monomères ne peuvent plus se déplacer dans le milieu réactionnel, et dans l'évacuation de la chaleur dégagée par un processus toujours plus exothermique, que la vitesse de polymérisation en masse sont s'annuler.

I.6.2) Polymérisation en solution :

Cette technique est fréquemment utilisée au laboratoire car elle permet d'atteindre des conversions élevées sans risque d'effet de gel.

Comme tous les constituants du mélange, l'amorceur doit être soluble dans le milieu réactionnel, lequel est donc homogène. En fin de polymérisation, le polymère est récupéré par évaporation rapide du solvant à haute température ou bien précipitation dans un non-solvant.

La polymérisation en solution n'est guère utilisée industriellement que pour obtenir des produits de grande pureté, en revanche, elle est très utilisée au laboratoire pour sa facilité de mise en œuvre.

I.6.3) Polymérisation en dispersion :

Il s'agit de polymérisation pour lesquelles le milieu réactionnel initial est un solvant homogène mais le polymère formé y étant insoluble, précipite au fur et à mesure de sa génération. L'accroissement de taille des particules de polymères peut se poursuivre dans la phase précipitée. Cette précipitation du polymère permet de maintenir une fluidité élevée du système, jusqu'à de forts taux de conversion et d'éviter l'effet de gel, le précipité formé maintient une viscosité du milieu sensiblement constante.

I.6.4) Polymérisation en suspension :

Cette technique utilise la dispersion de gouttelette du monomère dans une phase aqueuse, la technique ne peut donc être appliquée qu'à des monomères totalement insolubles dans l'eau. L'amorceur utilisé est soluble dans le monomère, la taille des particules dispersées est déterminée par l'efficacité de l'agitation, ainsi que par la présence dans la phase aqueuse de polymères hydrosolubles, tels le poly(oxyde d'éthylène), le poly(alcool vinylique) qui agissent en accroissant la viscosité du milieu dispersant, en fin de polymérisation, les particules de polymères sont lavées pour éliminer au maximum le polymère hydrosoluble utilisé comme additif, ainsi que les poudres minérales sont récupérées par filtration.

I.6.5) Polymérisation en émulsion :

Cette technique aboutit à l'élaboration de particules de taille comprise entre 0,05 et 5 μm , la très grande majorité des polymérisations en émulsion sont effectuées en dispersion aqueuse sont amorcées par un amorceur hydrosoluble ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, H_2O_2 ...) [5]

I.7) Utilités des polymères :

les polymères jouent un rôle très intéressant à cause de

- Propriétés mécaniques, thermiques et élastiques intéressantes.
- Abondance et disponibilité à coût réduit.
- Possibilité d'avoir des matériaux de toutes les formes et de toutes les épaisseurs.
- Flexibilité et légèreté. [17]

On peut citer quelques polymères

Tab:I.1 :quelques types des polymères et ses applications[18]

Nom de polymère	Formule chimique	application
Polyéthylène PE	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	Emballage alimentaire Tuyaux souple Reservoirs d'essence
Polypropylène PP	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$	Matériels laboratoires, pare-choc de voiture, tuyaux, électoménagers
Polyisobutène PIB	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_n$	Revetment de cuve, tyuaux emballage alimentaire
Polystyrène PS	$\left[\text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{H}}{\text{C}} - \underset{\text{H}}{\text{C}} \right]_n$	Pots d'ayourt, gobelets jetables bureautique, isolation thermiques de batiments
Polychlorure vinyle PVC	$\left[\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$	Revetment de sols poche de sangs, bottes tube d'isolation des câbles
Polyamides PA	$\left[\left(\text{CH}_2 \right)_m - \text{NH} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n$	Fibres textile, poignées de portes revetment d'objet métalliques
Polyéthylène téréphtalate PET	$\left[\text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	Fibres textiles(tergal) bouteilles d'eau et de boissons gazeux

Matériaux composites

II.1) Introduction

Au cours de ces dernières années, les industries de la transformation des matériaux composites ont bénéficié d'une croissance rapide et régulière, soutenue en particulier par la diversité des applications.[19]

Généralement, les propriétés d'un polymères à l'état vierge sont insuffisantes en terme de rigidité, résistance mécanique, légèreté et stabilité thermique, ou autre propriétés physico-chimique, électrique... c'est pourquoi on s'oriente de plus en plus vers les matériaux composite, qui occupent aujourd'hui une classe importante parmi les matériaux d'usage massif, à notre vie quotidienne grâce aux leurs avantages tel que la légèreté, la possibilité de recyclage, et la facilité de mise en œuvre.[20]

Aujourd'hui, la demande des marchés pour des produits plus respectueux de l'environnement est en forte croissance. Le développement de matériaux composites à base de fibres naturelles présente de nombreux avantages du fait de leur biodégradabilité et de leur faible masse volumique. [21]

II.2) Matériaux composites :

Les matériaux composites représentent, par définition, tous les alliages ou matières premières nécessitant l'association intime d'au moins deux composants : le renfort et la matrice.[22]

L'assemblage final ayant des propriétés supérieures, aux propriétés de chacun des matériaux constitutifs, un matériau composite est constitué d'une ou plusieurs phases, discontinues réparties dans une phase continue.

La phase continue est appelée la matrice, la phase discontinue usuellement des propriétés mécaniques (rigidités et résistances), à celle de la matrice est notée renfort. [23]

La matrice assure la cohésion de la structure et le transfert de charges entre les renforts, et ces dernières assurent la tenue mécanique. [23,24]. A ces deux composants principaux peuvent s'ajouter des additifs qui permettent de modifier l'aspect, ou les caractéristiques du matériau.[24]

Les propriétés du matériau composite dépendent de la nature, de la forme du renfort, de sa quantité introduite, et de la qualité de l'interface matrice/ renfort et enfin du procédé de mise en œuvre. [23]

II.3) Les composants des matériaux composites :

Les principaux constituants des matériaux composites sont :

- ✦ La matrice
- ✦ Le renfort
- ✦ Les additifs

II.3.1) La matrice :

En général , le premier rôle de la matrice est de maintenir les renforts dans une forme compacte et de donner la forme voulue au produit final. Elle sert également à protéger les fibres contre l'abrasion et un environnement agressif, contrôler le fini de surface et assurer le transfert de charges entre les fibres. [25]

Il existe plusieurs types de matrices (résines), qui peuvent être classées en matrices organiques (thermoplastiques ou thermodurcissables), et minérales. [26]

A partir de la nature de la matrice les matériaux composites sont classés en trois catégories :

- Les composites à matrice polymère ou organique.
- Les composites à matrice métallique.
- Les composites à matrice céramique. [25]

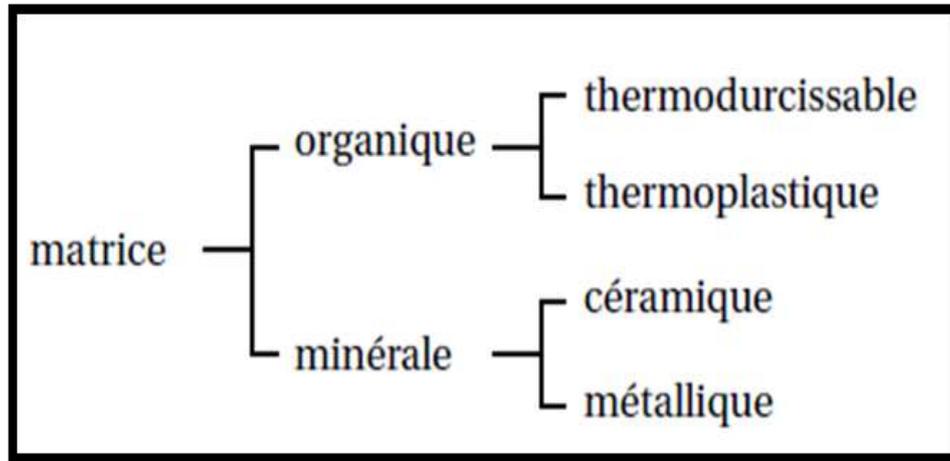


Fig.II.1 : Type des matrices [27]

II.3.1.1) Les classes des matrices :

a) Composites à matrice polymère ou organique :

L'utilisation des composites à organiques connaît un essor rapide. Unissant légèreté et résistance mécanique exceptionnelle, ces matériaux permettent en effet des applications toujours plus nombreuses dans des industries aussi importantes que l'aéronautique, la construction automobile ou l'équipement sportif ou le biomédical.[28]

Ces matrices peuvent être des polymères thermoplastiques (polypropylène, polyéthylène, polyamide,...) ou thermodurcissables (polyesters insaturés et résines époxydes).[29]

a.1) Matrices à polymères thermoplastiques :

Les thermoplastiques se présentent sous forme de chaînes linéaires, il faut les chauffer pour les mettre en forme et les refroidir pour les fixer. Cette opération est réversible.

Les matrices thermoplastiques ont de faibles propriétés mécaniques ; un renforcement par l'incorporation de charge leur confère une tenue thermique et mécanique améliorée et une bonne stabilité dimensionnelle. Parmi les matrices les plus courantes sont le poly (chlorure de vinyle) , le poly (acétate de vinyle) [30]

Tab.II.1 : Caractéristiques des résines thermoplastiques [27]

Résine	Tf(C°)	ρ (Kg/m ³)	E (GPa)
Polyamide	65 à100	1140	1.2 à 2.5
Polypropylène	900	1200	1.1 à 1.4

a.2) Matrices à polymères thermodurcissables :

Les thermodurcissables durcissent de façon définitive lors de leur synthèse. La transformation est donc irréversible. Ce sont les matrices les plus utilisées dans la production de matériaux composites. On trouve les résines polyester qui, associées à des fibres de verre ont une bonne tenue à la température et aux agents chimiques, les résines époxy qui possèdent d'excellentes propriétés mécaniques, thermiques et chimiques, et les résines phénoliques qui résistent bien au feu.[30]

Tab.II.2 : Caractéristiques des résines thermodurcissables [27]

Résine	TF(C°)	ρ (Kg/m ³)	E(GPa)
Polyester	60 à 100	1140	2.8 à 3.6
Epoxyde	290	110 à 1500	3 à 5

b) Composite à matrice minérale :

b.1) Composites à matrice Céramique (CMC):

Pour de plus hautes températures d'utilisation (> 800°C), en raison de leur excellente réfractarité, leurs hauts modules d'élasticité, leurs duretés élevées et leurs bonnes inerties chimiques combinés à leurs masses volumiques relativement faibles. Les céramiques apparaissent comme les matériaux de matrice les mieux adaptés. L'introduisant des renforts fibreux permettent de pallier à leurs principal inconvénient : leurs fragilités.[31]

b.2) Composites à matrice métallique (CMM) :

Ces matériaux sont composés d'un renfort métallique ou céramique (fil d'acier, particules de carbure de silicium, de carbone, d'alumine) et d'une matrice métallique (titane, aluminium, zinc, magnésium ...). L'utilisation de fibres est cependant assez compliquée du fait de la difficulté à enduire celles-ci avec un métal liquide. La température joue un rôle important sur les propriétés mécaniques du matériau en raison de réactions possibles entre les renforts et la matrice.[31]

II.3.2) Les renforts :

Les fibres sont utilisées pour améliorer les performances mécaniques, thermiques et tribologiques des matériaux. Elles améliorent la rigidité et la résistance à l'usure.

L'utilisation industrielle de fibres végétales comme renfort de matériaux composites est croissante dans de nombreux secteurs d'activités (automobile, bâtiment...). Ce succès incontestable est lié aux propriétés intrinsèques des renforts naturels. [19]

Il existe différents types de fibres de renforcement ; fibres de verre, céramique, fibres de cellulose, d'aramide, de carbone..... [32]

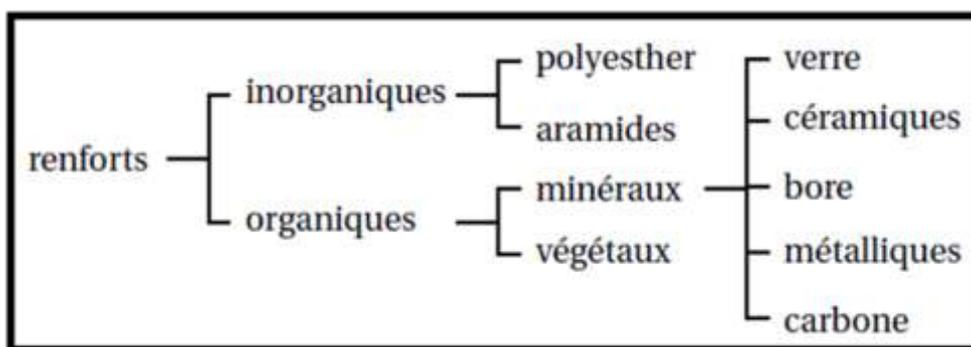


Fig.II.3 : Type de renfort [27]

L'incorporation d'une charge au sein d'une matrice permet d'agir plusieurs propriétés du matériau composite formé :

- ❖ Propriétés physico-chimique (résistances aux produits acido-basiques).
- ❖ Propriétés mécaniques (résistances aux chocs, à la compression, aux cisaillements...).

- ❖ Propriétés électriques (amélioration de la conductivité ou de la résistance).
- ❖ Facilité de mise en œuvre.
- ❖ Réduction du coût. [30]

II.3.2.1) les fibres naturelles :

Les fibres naturelles sont des substances filamenteuses issues de végétaux et d'animaux, susceptibles d'être filées pour fabriquer des fils et des cordes. Elles sont tissées, tricotées ou tressées pour confectionner des textiles indispensables à la société. Les fibres naturelles sont pour la plupart d'origine, végétale, animale et minérale. [33]

a) Les fibres végétales :

Les fibres végétales (coton, lin, chanvre, jute, sisal, kénaf, coco, abaca, bois,...) sont des structures biologiques, principalement composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. La cellulose possède une structure en grande partie cristalline qui lui confère un module d'élasticité d'environ 136 GPa comparé au 75 GPa de la fibre de verre.[36]



Fig.II.4 : fibre de lin [34]



Fig.II.5 : fibre d'abaca [35]

b) Les fibres minérales :

Elles assurent une bonne tenue mécanique associée à un faible impact sur l'environnement, ainsi qu'une résistance thermique élevée. [32]

II.3.2.2) Les fibres synthétiques:

Il existe plusieurs types de fibres synthétiques : fibre de verre, fibre de carbone sont les plus répandues, fibre aramide, fibre céramique... [37]

II.3.2.3) les avantages des fibres végétales :

Tab.II.3 : Avantages et inconvénients des fibres végétales comme renforts de matériaux composites. [38]

Avantages	Inconvénients
Faible coût	Absorption d'eau
Propriétés mécaniques importantes	Faible stabilité dimensionnelle
Demande peu d'énergie pour être produite	Renfort discontinue
Bonne isolation thermiques	Pour des applications industrielles, demande la gestion d'un stock
Ressource renouvelable	

II.3.2.4) L'influence de l'humidité sur les fibres végétales :

Les fibres végétales sont de bonnes candidates pour le remplacement des fibres de verre, mais leur grande sensibilité à l'humidité constitue une problématique supplémentaire par rapport aux composites verre/époxy, car les fibres végétales qui sont très hydrophiles. Les caractéristiques mécaniques sont donc fortement modifiées lors d'un vieillissement hydrique et des endommagements spécifiques entrent en jeu.[39]

En raison de la nature hydrophile de la fibre, l'utilisation des composites à fibres végétales dans des structures extérieures nécessite de connaître leur comportement dans un

milieu humide. Certains travaux ont montré que les agro-composites exposés dans un environnement humide voient leurs propriétés élastiques et à la rupture diminuées progressivement lorsque l'eau se diffuse dans le matériau.[21]

II.3.3) Les additifs :

Dans de nombreux cas, la matière brute ne pourrait être exploitée sans l'adjonction de certains constituants, dont le rôle consiste soit à conférer des caractéristiques particulières aux produits finis, soit à permettre la transformation de la matière plastique, soit encore à en abaisser le prix de revient, suivant les cas, on ajoute :

II.3.3.1) Les plastifiants :

Les plastifiants sont des composés liquides ou solides, polymérisés ou non, de faible moléculaire (200 à 400 g/mol). Ils permettent d'améliorer la souplesse du produit fini, sa tenue aux chocs et aux basses températures.

Les molécules du plastifiants agissent en affaiblissant localement les forces de cohésion intermoléculaires les unes par rapport aux autres, ce qui a pour effet de diminuer la rigidité de l'édifice moléculaire.

Exemple : les phtalates ; sont très utilisés pour les résines polyvinyliques

II.3.3.2) Les catalyseurs et durcisseurs :

Les catalyseurs sont des substances qui, sans subir de transformation visible, provoquent ou accélèrent les réactions, ce sont des peroxydes organiques (tel que peroxyde de benzoyle). Chaque peroxyde est caractérisé par une stabilité thermique qui lui est propre.

Les durcisseurs interviennent comme agent de réticulation pour les résines liquides.

II.3.3.3) Les stabilisants :

Les stabilisants sont plus spécialement destinés à empêcher la dégradation thermique du polymère au cours de la mise en œuvre et à lui conserver ses propriétés physiques et mécaniques tout au long de son utilisation, principalement employés dans le PVC, ils

évitent la déchloruration des chaînes macromoléculaires, ils sont également utilisés mais en faible quantité avec les polymères styréniques.

II.3.3.4) Les lubrifiants :

L'addition de lubrifiants à usage externe a pour but d'éviter que la résine s'adhère au métal des outillages, elle facilite donc la mise en œuvre et le démoulage. Les lubrifiants à usage interne réduisent les frictions entre les grains au sein de la résine.

Les principaux lubrifiants sont des esters d'acides gras, des cires d'hydrocarbures. [40]

II.4) Les applications des matériaux composites :

II.4.1) Dans le domaine aérospatial :

Les avions commerciaux les plus récents utilisent en masse encore 54 % d'alliage d'aluminium, mais 20 % de matériaux composites ont été introduits dans la structure, 13 % d'acier, 6 % de titane et 7 % de matériaux divers, les principaux matériaux utilisés pour les fibres sont le carbone, le verre et l'aramide, les matrices sont principalement des matrices thermodurcissables époxydes pour les structures, des matrices thermodurcissables phénoliques pour les aménagements intérieurs. [41]

II.4.2) Dans le domaine militaire :

Les matériaux composites, à matrice organique sont utilisés en construction navale militaire. Insensibles à la corrosion et résistant bien à un environnement agressif [42]

II.4.3) Dans le domaine de construction :

Pour les Japonais, ce fut une première étape pour arriver à la construction d'un pont suspendu ou d'un pont à haubans où tous les câbles en acier seraient remplacés par des câbles à base de fibres de carbone.[43]

II.4.4) Dans domaine les sports et les loisirs :

Plusieurs critères ont favorisé cette utilisation

- ✓ Leur grande rigidité (ou flexibilité, modulable en fonction du type de renforcement)

- ✓ Leur bon comportement à l'humidité et à la corrosion (produits pouvant rester dehors, voire dans l'eau ou sous la neige) .
- ✓ Leur légèreté (portage et manipulations aisés) .
- ✓ Une grande liberté de formes réalisables.[44]

II.5) Intérêt des matériaux composites :

L'utilisation des matériaux traditionnels, à des fins technologiques implique des choix restreints conditionnés, par les performances propres au matériau appliqué, et par les procédés de mise en œuvre. Une autre contrainte d'ordre économique est le coût de la performance.

L'idée qui a été exploitée est d'associer dans une même masse des matériaux différents par la nature chimique afin de tenter une performance au niveau des résistances physiques, chimiques ou mécaniques, des charges à renfort fibreux ont été introduites.

L'association matrice – renfort dépend :

- De la compatibilité chimique des matériaux en contact qui implique une interface de transmission d'efforts où les liaisons peuvent être du type physique ou chimique.
- De la résistance mécanique ou chimique attendue.
- Des coûts de fabrications.[45]

II.6) Les résines polymères les plus utilisés dans les matériaux composites :

II.6.1) Polystyrène :

Le polystyrène est un polymère thermoplastique, peut être utilisé comme matrice dans les matériaux composites [46], c'est un polymère dur, cassant, transparent et résistant aux agents chimiques. Il est obtenu par polymérisation du styrène fabriqué par alkylation du benzène, par l'éthylène et déshydrogénation de l'éthylbenzène. Le styrène est l'un des rares monomères qui offre la particularité de pouvoir se polymériser par voie radicalaire ou ionique.

Avec une production annuelle de $6 \cdot 10^6$, le polystyrène occupe la quatrième place derrière le PE, le PVC et le PP. [47]

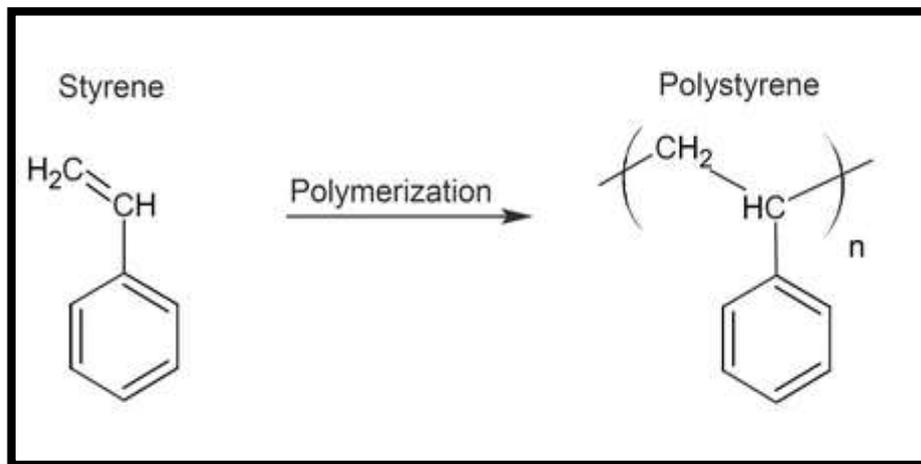


Fig.II.6 : polymérisation du styrène [48]

Le développement de la production industrielle du PS a débuté vers 1925, les premiers succès ont été obtenus en Europe en 1930, plus spécifiquement en Allemagne, aux Etats-Unis. [49]

II.6.1.1) Les classes de polystyrène :

On distingue selon la composition du polymère les grandes classes de polystyrène :

1) Polystyrène standard :

Ce polystyrène appelé le polystyrène d'utilisation général, ou polystyrène rigide, c'est un polymère transparent, brillant, cassant et pouvant être coloré. Il est souvent appelé cristal à cause de son aspect transparent. C'est le premier PS obtenu suite à la polymérisation, toutes les autres formes du PS sont obtenues par modification de celui-ci. [49]

2) Polystyrène choc :

Ce matériau résulte de la polymérisation du styrène en présence d'un élastomère renforçant, généralement, le polybutadiène y inséré à cette fin de 15 à 25%, finement dispersé dans la matrice polystyrène le polystyrène choc est opaque, car les deux phases n'ont pas le même indice de réfraction. Le niveau de résistance au choc est lié à la teneur en

polybutadiène, les PS chocs supportent des impacts plus importants que le PS normal. [49,50]

3) Polystyrène expansé (PSE.) :

Le polystyrène expansé est un matériau alvéolaire peu dense. Il est généralement utilisé dans le cadre de l'isolation thermique des bâtiments, ce type d'utilisation ne nécessite pas une connaissance poussée de son comportement mécanique. Le P.S.E. est aussi employé dans le domaine de l'emballage, ce qui fait appel à ses caractéristiques vis à vis des phénomènes de chocs.[51]

II.6.1.2) Les Propriétés du Polystyrène :

Les propriétés remarquables du polystyrène sont notamment:

- Ses excellentes propriétés mécaniques (résistance en compression, capacité d'amortissement des chocs).
- Son insensibilité de mise en forme (moulage, découpage, ...).[52]
- **Propriétés électriques et thermiques :**

Les polymères styréniques possèdent de bonnes propriétés d'isolation électrique, ils peuvent recevoir des additifs pour devenir antistatiques ou conducteurs, ils conduisent faiblement la chaleur.

- **Résistance aux produits chimiques – Corrosion :**

Les PS sont facilement attaqués par de nombreux solvant organiques, leur résistances aux produits inorganiques (comme des solutions aqueuses) et aux produits alimentaires est bonne . ils ont une bonne résistance aux acides, bases. Les PS gonflent ou se dissolvent au contact des acides concentrés et des hydrocarbures. [49]

II.6.1.3) Applications :

Les principales utilisations du PS dans la vie courante sont :

- Les PS permettent de garder les aliments au froid ou au chaud (isolation thermique)

- Les PSE ont d'exceptionnelles propriétés d'amortissement aux chocs, de ce fait, ils sont utilisés dans les emballages protecteurs (matériels électroniques, articles fragiles)
- Dans le domaine de construction, les PSE favorisent ses larges utilisations thermiques.

[49]

II.6.2) Polyester :

II.6.2.1) définition de polyester :

Les résines polyesters insaturés (UP) sont des copolymères dont la mise en œuvre conduit à des matériaux réticulés thermodurcissables (infusibles et insolubles).[53]

Les polyesters insaturés conventionnels (à usage général), sont produits par réaction du propylène glycol avec un mélange d'anhydride maléique et phtalique. La molécule du polymère qui en résulte contient des liaisons doubles (C=C), appelées aussi liaisons insaturées, d'où le nom de polyester insaturé. On peut ajouter divers monomères insaturés du type vinyle comme agents de réticulation, afin de convertir le polyester en résine thermodurcissable.[54]

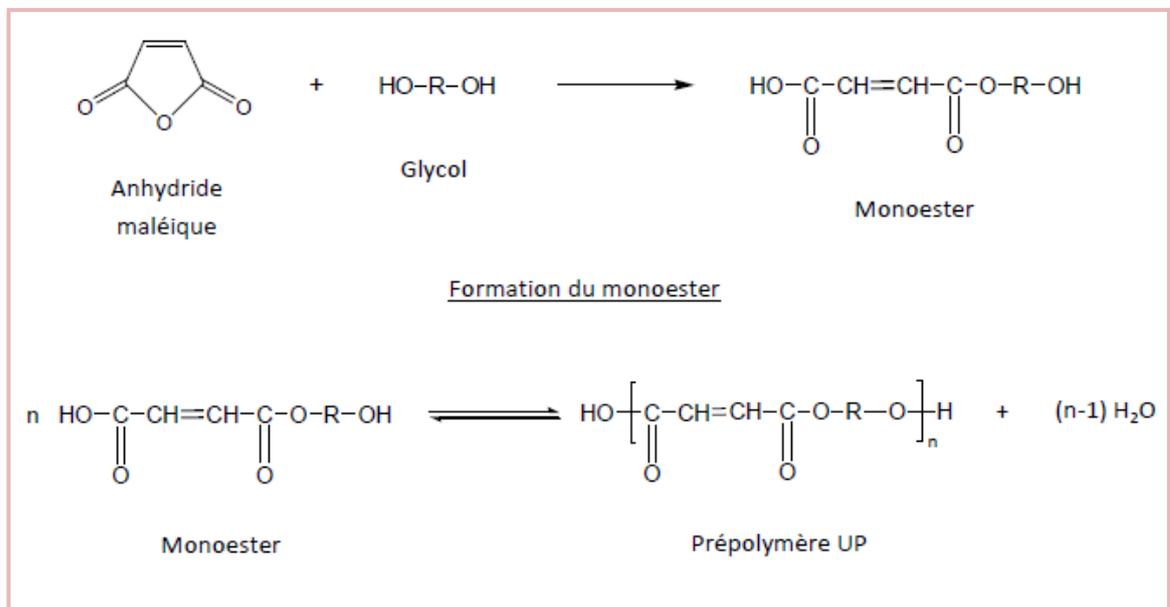


Fig.II.7 : polymérisation du monester [55]

La résine polyester est également très prisé pour son faible coût (1.2 USD/Kg), et sa disponibilité en grande quantité. Une fois produite, la résine est vendue industriellement sous forme de mélange visqueux (environ 0.2 Pa.s) [56]

II.6.2.2) les avantages et les inconvénients des résines polyesters

Les résines polyester présentent quelques avantages et inconvénients résumés dans le tableau suivant

Tab.II.4 : avantages et inconvénients des polyesters [56]

Avantages	Inconvénient
Bonne adhérence sur les fibres de verre	Faible résistance à la fatigue
Durcissement rapide	Mauvaise performance au température
Bonne résistance chimique	Conservation limitée due à l'évaporation de styrène
Facile à mettre en œuvre	
Prix bas	
Bonne tenue en température	

II.6.2.3) Propriétés de polyester :**a) Propriétés électriques et thermiques :**

Les polyesters insaturés présentent d'excellentes propriétés d'isolant électriques, ils sont inflammables mais peuvent être rendus auto-extinguibles par addition de charges. Ils présentent une bonne tenue à la température jusqu'à 130C°. [7]

c) Mise en œuvre :

Les polystyrènes insaturés caractérisent par la facilité de manipulation, rapidité de réticulation sans formation des produits volatiles, et une faible coloration. [56]

d) Propriétés chimiques :

Les polystyrènes insaturés ont une résistance limitée à la dégradation chimique, la résistance aux agents chimiques. [54]

II.6.2.4) Application de polystyrène insaturé:

Les applications des résines thermodurcissables à base de polystyrène insaturé sont nombreuses, on peut citer entre autre :

- Ces résines sont utilisées renforcés par fibre de verre pour la fabrication d'article divers (coque de bateau, carrosseries de véhicule, citernes..), dans le domaine de bâtiment (plaques planes et ondulées, profilés translucides ou opaques, pour couverture ou bardage, éléments de façade)
- Conduites de produits chimiques [54,57]
- Dans le domaine du transport, les applications des polyesters comprennent des pièces et des carrosseries d'automobiles, des cabines de camion. [54]

II.6.3) Résine époxy :

Parmi les matières plastiques courantes, les résines époxy ont une place à part du fait de leur polyvalence. Ainsi sont-elles employées par toutes les industries, en tant que matériau de structure (matrice de matériaux composites) ou de surface (revêtement, adhésif, etc.). L'industrie pétrolière ne fait pas exception et de nombreuses applications font appel aux propriétés particulières de ces résines, comme le faible poids, la résistance à la corrosion ou le caractère adhésif. [58]

II.6.3.1) définition de résine époxy :

Les époxydes sont des polymères thermodurcissables, la plupart du temps, sont employés avec un agent de réticulation appelé durcisseur pour former un réseau tridimensionnel stable et de ce fait infusible. [59]

Afin de prédire la durée de vie de réseaux époxy, il est fondamental de connaître la structure chimique du réseau époxy/durcisseur. Le réseau peut varier en fonction de la nature du prépolymère et/ou de celle du durcisseur.

Le monomère le plus répandu est le diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA) dont la structure est suivante [60]

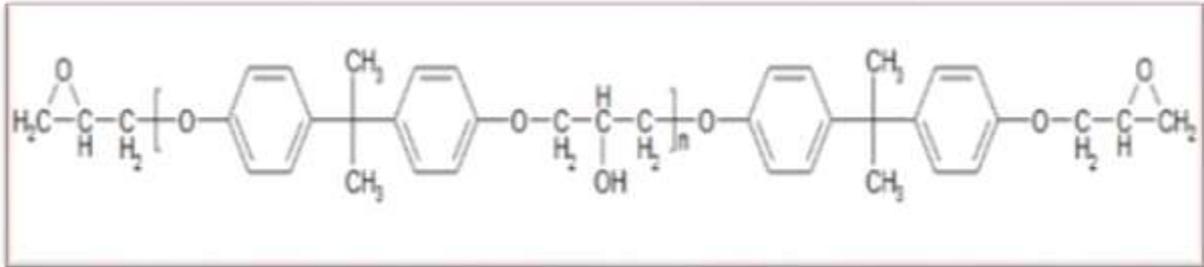


Fig.II.8 : structure chimique du diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA) [60]

Pour synthétiser le DGEBA, une certaine quantité de diphenylolpropane (bisphénol A), réagit avec l'épichlorohydrine, en présence de soude. La réaction globale est présentée schématiquement dans la figure suivante :

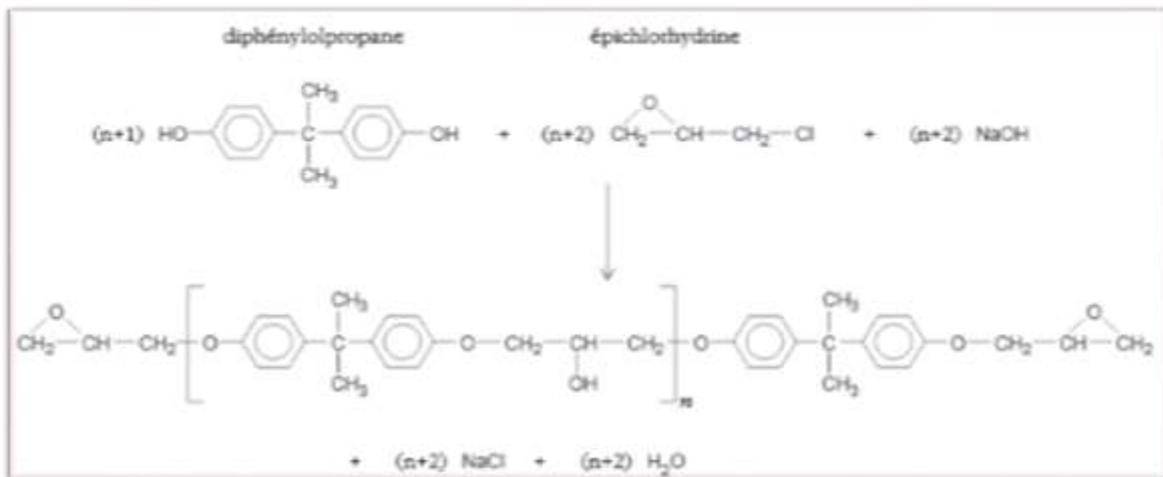
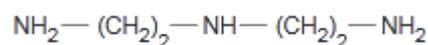


Fig.II.9 : Synthèse des prépolymères diépoxy DGEBA [58]

Les prépolymères époxy présentent la particularité de pouvoir réagir avec de nombreux groupements fonctionnels tel que les amines, exemple le diéthylène triamine (DTA), une polyamine aliphatique de formule chimique suivante [58]



II.6.3.2) Les propriétés des résines époxy :

- La faible absorption d'eau et l'absence de post-retrait assurent à ces produits une exceptionnelle stabilité dimensionnelle.
- Le maintien des performances électriques initiales, même après exposition à l'humidité, explique en partie leur emploi dans les applications électroniques et électriques (à moyenne et haute tension)
- Le pouvoir adhésif sur l'ensemble des matériaux minéraux, et sur certaines matières plastiques (grâce à un traitement de surface approprié) [61]

II.6.3.3) Les applications des résines époxydes :

Il existe un grand nombre d'applications :

- Dans le domaine maritime, pour ce type de matériaux, les résines époxy sont notamment utilisées dans la fabrication des coques de bateaux de plaisance.
- Les superstructures de bâtiment, des pâles d'hélices en composite. [62]

Etude Expérimentale

III.1) Préparation des fibres (feuilles d'olives et noix d'olives)

- 1) **Feuilles d'olives** : On procède à un traitement physique pour préparer les fibres qui sont
 - a. **Lavages** : on lave les feuilles d'olive abondamment avec de l'eau, jusqu'à on s'assure de l'élimination de la poussière, les impuretés des pesticides et les insectes.
 - b. **Séchage** : on dispose les feuilles à l'air libre pour sécher, puis on met les feuilles d'olives dans l'étuve à 80 C° pendant 24 heures, afin d'assurer le séchage total.
 - c. **Broyage et tamissage** : après le broyage traditionnel des feuilles, le traitement se finit par le tamissage, la quantité obtenue est d'une masse de 207.98 g qui est conditionnée dans une boîte bien fermée.



Fig.III.1 : les étapes de préparation fibre de feuille d'olive

- 2) **Noix d'olive** : on suit les étapes suivantes :
 - a. Après avoir frotté les noix d'olives afin d'enlever la couche noire extérieure, on les laisse sécher à l'air libre pendant un jour, puis les met dans l'étuve à une température de 82 C° pendant 24 heures, assurant l'absorption de l'humidité.
 - b. On casse les noix d'olives en des petites granules puis on tamise la poudre résultante, on refait l'opération plusieurs fois.

- c. A la fin de cette opération, on obtient une quantité importante, puis on conditionne cette dernière dans une boîte bien fermée.



Fig.III.2 : les étapes de préparation fibre noix d'olive

III.2) Calcule les masses du constituants de mélange : on a préparé deux mélanges avec deux pourcentages 30% et 15% (fibres)

1) Mélanges (UP/ fibres) (70%/30%)

***calcul la masse de polyester**

$$100\% \longrightarrow 85\text{ml}$$

$$70\% \longrightarrow X$$

$$X = 59.5\text{ml} * 1.09 = 64.855\text{g}$$

$$M_{UP} = 1.09 \text{ g/mol}$$

$$m_{UP} = 64.855\text{g}$$

***calcul la masse de fibre (70%)**

$$70\% \longrightarrow 64.855 \text{ g}$$

$$30\% \longrightarrow X$$

$$X = 27.795\text{g}$$

$$m_{\text{fibre}} = 27.795\text{g}$$

***calcul de catalyseur (1%)**

70% \longrightarrow 64.855g

1% \longrightarrow X

X=0.926g

m cat = 0.926g

2) Mélange (UP/ fibre) (85%/15%)

*calcul la masse de polyester

100% \longrightarrow 85ml

85% \longrightarrow X

X= 72.25ml*1.09=78.75g

m UP= 78.75g

*calcul la masse de fibre

85% \longrightarrow 78.075 g

15% \longrightarrow X

X= 13.89 g

m fibre= 13.89g

*calcul la masse de catalyseur

85% \longrightarrow 78.75g

1% \longrightarrow X

X= 0.93g

m cat= 0.93g

Je conclure les résultats dans le tableau suivant :

	m UP	m fibre	m catalyseur
Fibre 30%	64.855g	27.795g	0.926g
Fibre 15%	78.75g	13.89g	0.93g

III.3) Préparation la plaque de polyester et les mélanges:

- **La plaque de polyester** : on filtre une quantité de polyester, qui se conditionné dans une bouteille bien fermé, on pèse 80g de polyester on ajoute 1.22g de catalyseur, on agite pour 20 minutes puis se versé dans le moule bien serré, après 24 heure en enlevant la plaque de polyester transparent et dure.

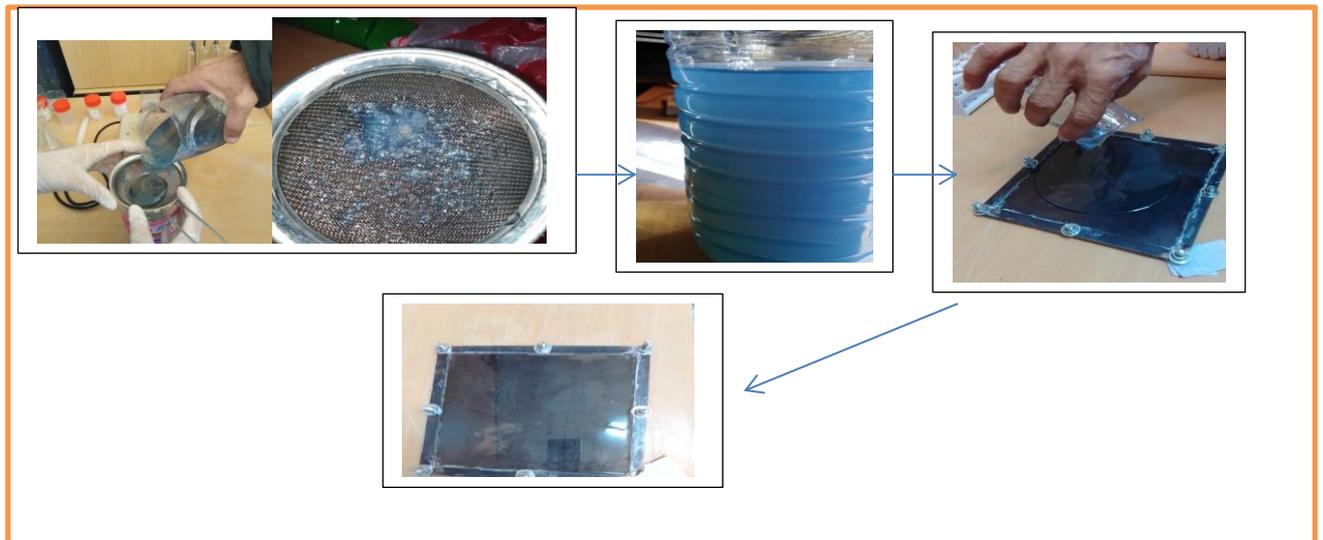


Fig.III.3 : Les étapes de préparation d'une plaque polyester

- **Les mélanges** : On met le polyester dans un gobelet, puis on verse la fibre doucement avec un agitation manuel, jusqu'on assurant la cohérence du mélange, après quelques seconds on ajoute le catalyseur en agitant 2-3 seconds, on verse le mélange dans le moule pour 24 heure (séchage du plaque), après ce temps, on enlève la plaque et on complète le séchage à l'air libre, la plaque mentionnée par un étiquète contient le type et la concentration de fibre.

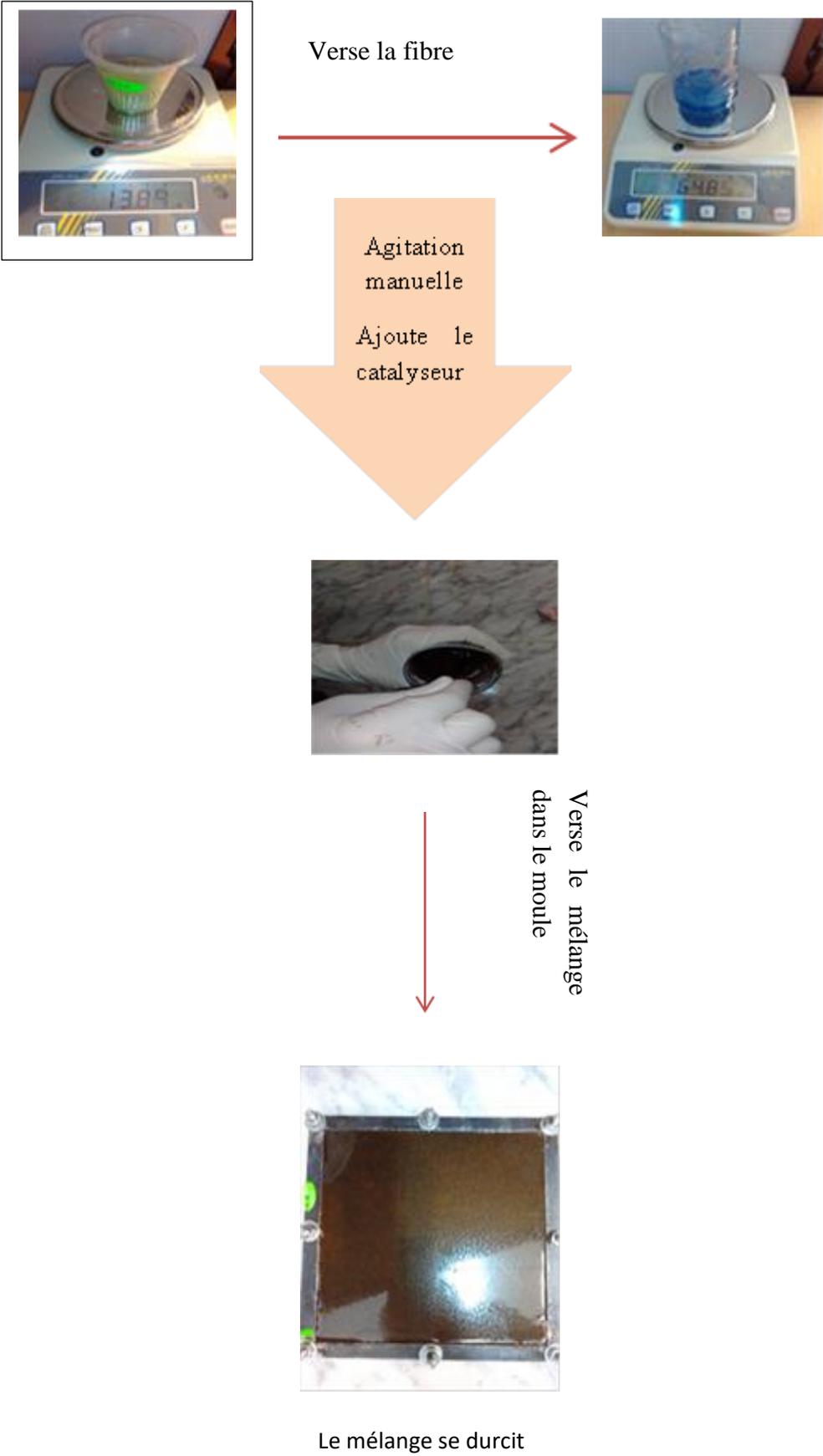


Fig.III.4 :Les étapes de préparation des mélanges

Tab.III.1 : Tableau présente les plaques de mélanges préparés

Feuille d'olive	FO 30% 	FO 15% 
Noix d'olive	NO30% 	NO15% 

III.4) Les techniques d'analyses :

III.4.1) Technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

III.4.1.1) Principe :

Cette technique d'analyse moléculaire est basée sur l'étude des modes d'oscillation des arrangements qui entrent en vibration dans des fréquences bien définies lors de l'émission de rayon infrarouges.

Elle permet d'obtenir des informations sur les liaisons chimiques et la structure moléculaire des matériaux analysés en détectant la présence de groupes fonctionnels par le mode vibratoire de leurs liens, ce qui nous permet de comparer les spectres des échantillons. [47]

Les spectres infrarouges ont transformés de Fourier (FT-IR), des échantillons ont été réalisés en pastilles de KBr avec les étapes suivantes :

- Les échantillons à analyser (feuilles et noix d'olives), sont séchés dans l'étuve à température 80 C° pendant 24 heures.

- On gratte les frontières des échantillons, en obtenant une poudre en petite quantité.
- On pèse 0.01g des échantillons, on ajoute 0.1 de KBr, broyé bien le mélange.
- On presse le mélange à l'aide d'une presse manuelle, en obtenant une petite pastille placé dans l'appareil.
- Après quelques secondes, on obtenant des spectres de l'absorption.

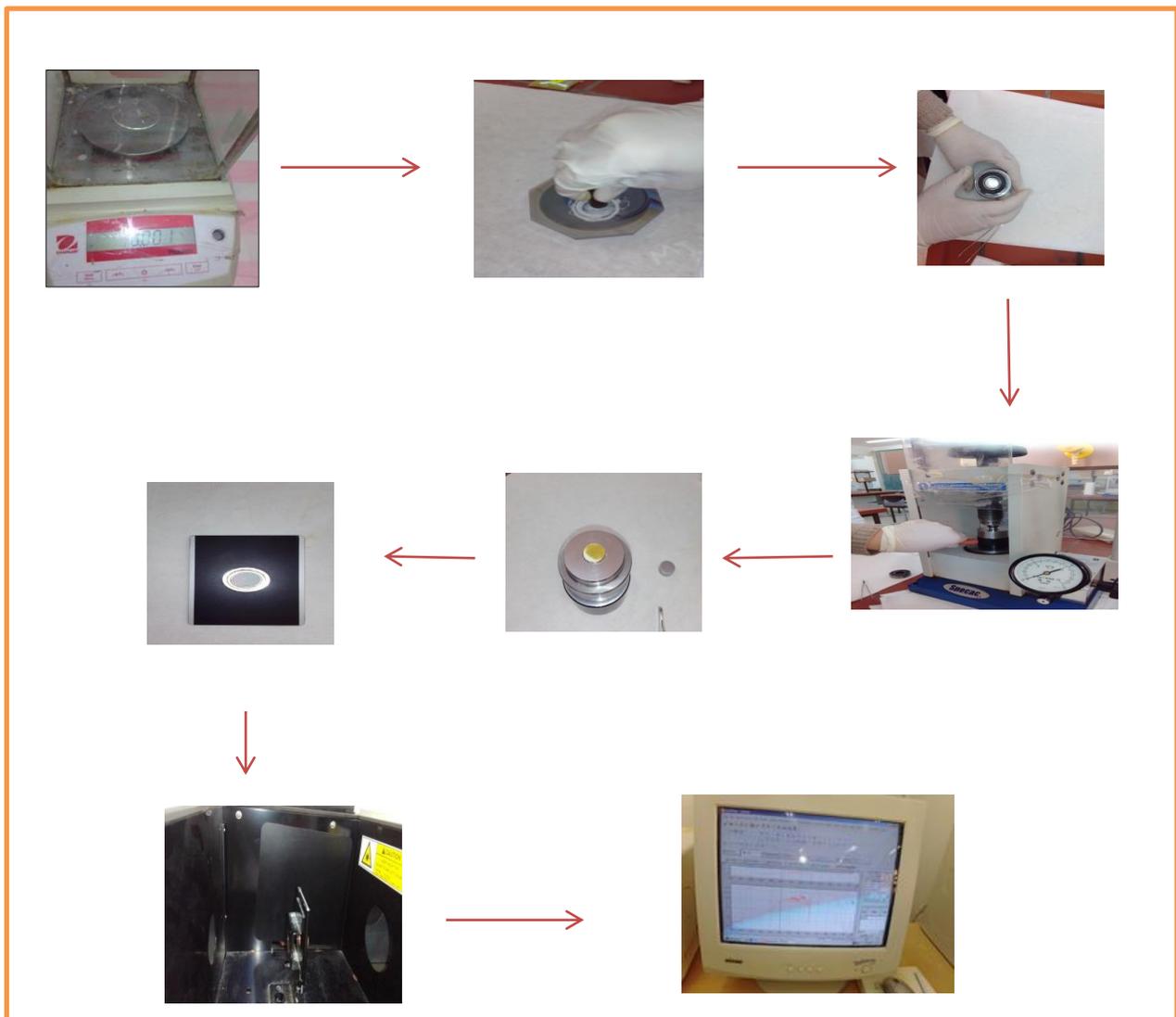


Fig.III.5 : Les étapes de l'IR

III.4.2) Technique de l'absorption d'eau :

Une série d'échantillons a été prélevée dans chacune des plaques de composites afin de mesurer les cinétiques d'absorption d'eau.

Le vieillissement choisi est caractérisé par une immersion des échantillons dans de l'eau à température ambiante.

Elle consiste à suivre l'évolution de masse des échantillons au cours du temps, mesurée à intervalle régulier sur une période 12 jours.

Au moment de la mesure de masse, les échantillons sont sortis du bain et légèrement essuyés à l'aide d'un papier absorbant pour éliminer la pellicule d'eau présente en surface, Les échantillons sont alors pesés et à nouveau immergés. [21]

Une balance dotée d'une précision à 0,001 mg est utilisée pour ces mesures, nécessaires au calcul de la teneur en eau.

Après différentes durées d'immersion, les caractéristiques liées à l'absorption d'eau des composites sont déterminées par le pourcentage en masse d'eau absorbée M_t défini par l'équation :

$$M_t = \frac{(W_t - W_0)}{W_0} \times 100\%$$

W_0 est la masse de l'échantillon non vieilli (avant l'immersion dans l'eau) à $t = 0$

W_t est la masse de l'échantillon vieilli (après l'immersion dans l'eau) à l'instant t .

IV. 1. L’analyse spectroscopique infrarouge FTIR

Une analyse spectroscopique a été réalisée dans le but d’une caractérisation des structures des différents additifs en poudre au polyester.

IV. 1.1.L’analyse spectroscopique infrarouge pour noix d’olive

Le spectre infrarouge de la poudre de noix d’olive montre des bandes d’absorption caractéristiques des groupements hydroxyles OH (bande large à 3450 cm^{-1}) un doublet de C-H alcanes vers 2850 et 2950 cm^{-1} respectivement, on notera aussi la vibration de valence du groupement carbonyle C=O à 1760 cm^{-1} , la vibration de valence C-O à 1050 cm^{-1} , vibration à 950 cm^{-1} .relative à la déformation des C-H.

Tab IV.1 : Fréquences d’absorption des noix d’olive

Liaison	O-H associée	C-H alcane	C=O	C-O-C	C-H Def.
Fréquence-	3450	2950 2850	1760	1050	950

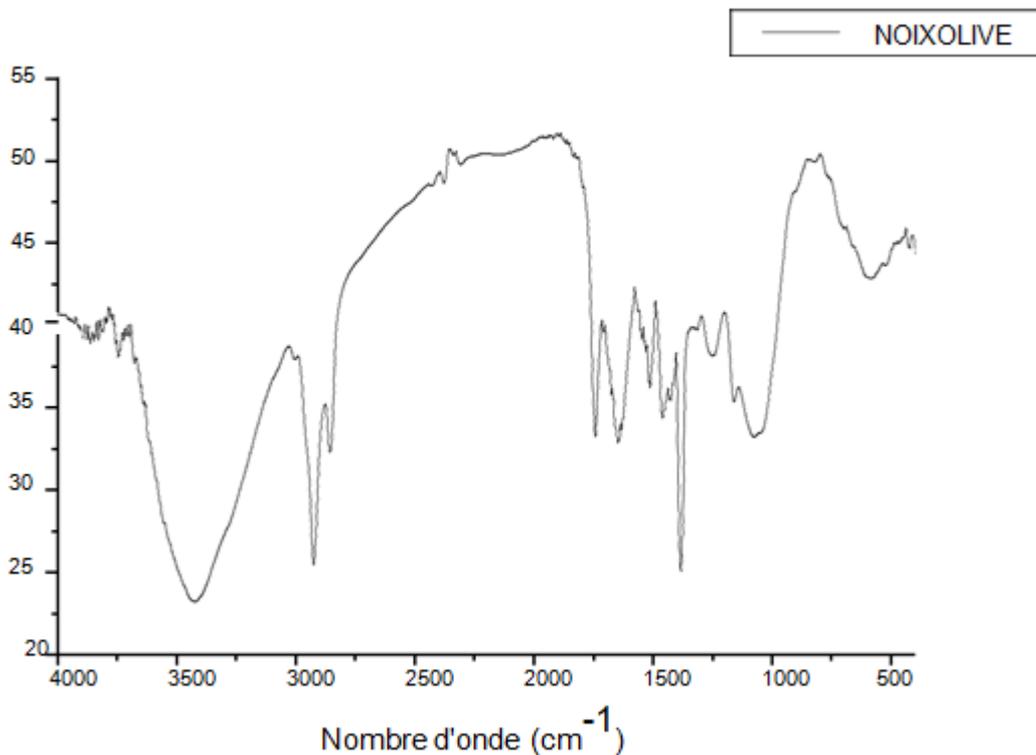


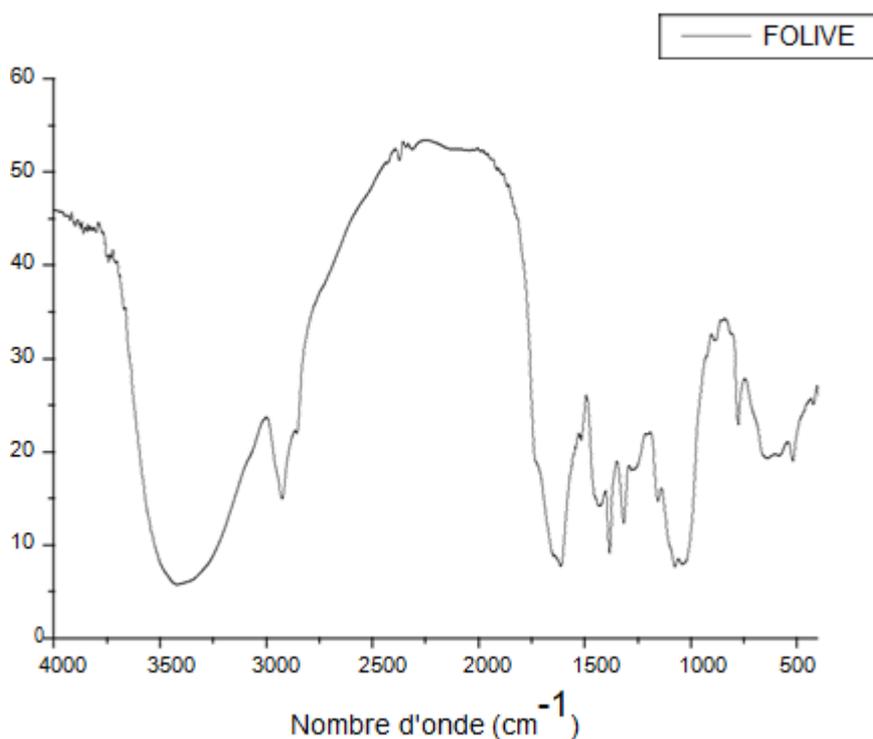
Fig. IV.1 : Spectre infrarouge des noix d’olive

IV. 1.2. L'analyse spectroscopique infrarouge pour feuilles d'olive

Le spectre infrarouge tiré en poudre pour les feuilles d'olives montre une similitude pour les diverses absorptions caractéristiques, on note en général les mêmes fréquences, ceci s'explique par la composition chimique semblable dans les feuilles et noix

Tab IV.2 : Fréquences d'absorption des feuilles d'olive

Liaison	O-H associée	C-H alcane	C=O	C-O-C	C-H Def.
Fréquence	3450	2950	1760	1050	950
-		2850			



FigIV.2 : Spectre infrarouge des feuilles d'olive

Liaison	O-H associée	C-H alcane	C=O	C-O-C	C-H Def.
Fréquence-	3450	2950	1760	1050	950
		2850			

TabIV.3 : Fréquences d'absorption du Polyester

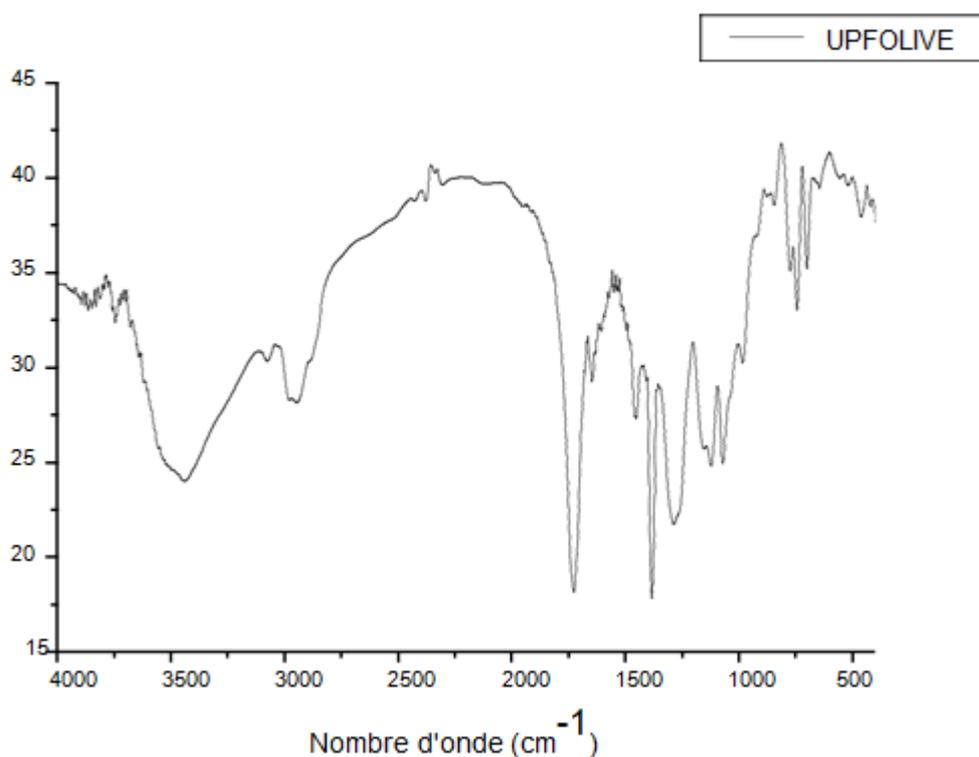
IV. 1.3.L'analyse spectroscopique infrarouge pour le mélange UP-feuille d'olive

Le spectre infrarouge pour le composite polyester –poudre de feuilles d'olive a été tiré , selon l'allure on note la présence des bandes d'absorption caractéristiques pour la poudre de feuilles d'olive, la bande large caractéristique du groupement hydroxyle contenu dans le polyester et la poudre à 3450 cm^{-1} , les fréquences à 2950 et 2850 cm^{-1} caractéristiques des C-H alcène, la bande à 1500 cm^{-1} de la double liaison, des fréquences de déformation des C-H à 890 cm^{-1}

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tab.IV.4 : Fréquences d'absorption du composite Polyester-poudre de feuilles d'olive

Liaison	O-H associée	C-H alcène	C=O	C-O-C	C-H Def.
Fréquence-	3450	2950 2850	1710	1055	890



FigIV.3 : Spectre infrarouge d'absorption du composite Polyester-poudre de feuilles d'olive

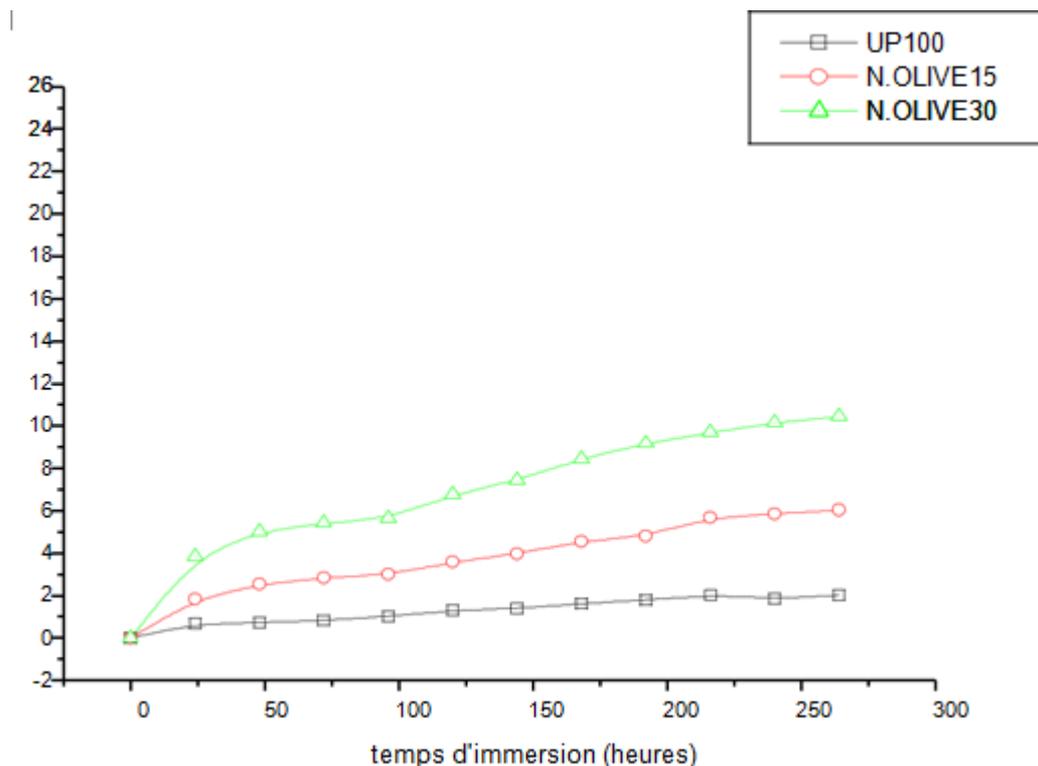
IV. 2. L'absorption d'eau distillée

Dans un but de tester la capacité de la poudre de feuilles et de noix d'olive à absorber l'eau, une série de composites avec des taux variables d'additifs ont été effectués.

IV. 2.1. Influence du taux de fibre sur l'absorption

IV. 2.1.1 Noix d'olive

Les courbes d'absorption d'eau pour les composites avec la poudre de noix d'olive montrent que l'absorption augmente avec la croissance du taux de poudre ceci trouve son explication dans le fait que la poudre renferme dans sa composition une bonne partie de substances amorphes et que le polyester admet une structure tridimensionnelle ou l'eau ne peut y pénétrer. La courbe relative au polyester est presque constante à des intervalles réguliers.



FigIV.4 : Courbes d'absorption d'eau pour les composites avec la poudre de noix d'olive

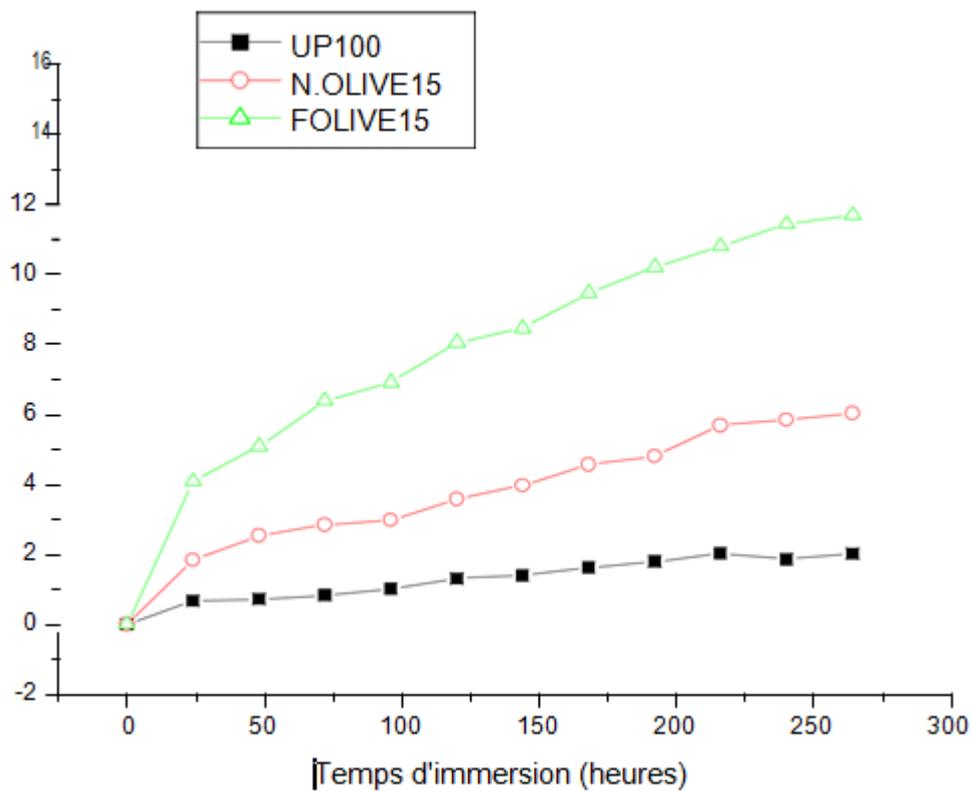
IV. 2.1.2. Feuilles d'olive

Pour les composites contenant la poudre de feuilles d'olive, on note la même croissance c'est-à-dire l'augmentation de l'absorption suit la teneur en poudre additionnée au polymère. Il y a lieu

de mentionner que pour la poudre des feuilles d'olive le taux d'absorption est élevé par rapport à la poudre des noix.

IV. 2.2. Influence de la nature de l'additif

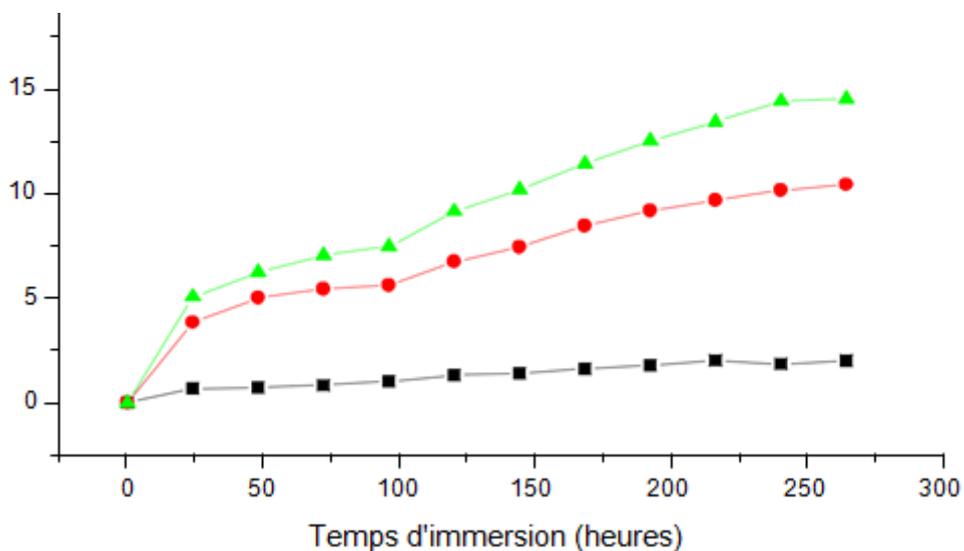
D'après les courbes d'absorption d'eau de composites renfermant la poudre de noix et la poudre de feuille d'olive, il est clair d'après les figures que les feuilles d'olive absorbent mieux que les noix chose que l'on attribue à la composition centésimale des constituants chimiques. Il est clair que les feuilles possèdent un taux de substances amorphes supérieur.



FigIV.5 : Courbes d'absorption d'eau de composites renfermant la poudre de noix et la poudre de feuille d'olive.

IV. 2.2. Influence de la nature de l'additif

D'après les courbes d'absorption d'eau de composites renfermant la poudre de noix et la poudre de feuille d'olive, il est clair d'après les figures que les feuilles d'olive absorbent mieux que les noix chose que l'on attribue à la composition centésimale des constituants chimiques. Il est clair que les feuilles possèdent un taux de substances amorphes supérieur.



FigIV.6 : Courbes d'absorption d'eau du composite Polyester-noix d'olive

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le travail présenté s'articule autour de la caractérisation spectroscopique des additifs au polyester avec différents taux. La caractérisation des groupements associés à la structure à été mise en évidence. Une étude supplémentaire relative à la capacité d'absorption d'eau distillée par les composites constitués de polyester et de feuilles et noix d'olive , les résultats suivant sont été trouvés:

1. Le taux de la poudre incorporée dans le polyester influe énormément sur l'absorption d'eau.
2. L'absorption augmente avec la croissance du taux de poudre ceci trouve son explication dans le fait que la poudre renferme dans sa composition une bonne partie de substances amorphes et que le polyester admet une structure tridimensionnelle ou l'eau ne peut y pénétrer. La courbe relative au polyester est presque constante à des intervalles réguliers.
3. La nature de la poudre incorporée influe de manière considérable sur le phénomène d'absorption on effet les feuilles d'olive absorbent mieux l'eau dans le composite que les noix d'olive ceci est lié forcément à la composition chimique des feuilles (les substances en suspension qu'elles renferment).

Références bibliographique juste 14.09.2020

- [01] P.Combette,I.Ernoult, Physiques des polymères ,propriétés mécaniques ,Ed.Presse internationales polytechniques, (2005), Canada.
- [02] L.Bouزيد, Modélisation moléculaire des copolymères PMMA-PS, mémoire de Magistère, université de Biskra(2012).
- [03] M.Mathieu Capelot, Chimie de polycondensation, Polymères Supramoléculaire et Vitrimères, Thèse de Doctorat, université Pierre et Marie Curie(2013).
- [04] P.Combette,I.Ernoult, Physique des polymères, structure, fabrication, emploi, Ed. Presses internationales polytechniques,(2000),Canada.
- [05] M.Fontanille, Y.Gnanou, Chimie et physico-chimie des polymères Ed.Dunod,(2013),Paris .
- [06] A.Dessarthe,et al. Plastiques, composites et élastomères dans les industries agro-alimentaires et connexe,Ed.CETIM,1996.
- [07] M.Carrega et al. Matière plastique propriétés, mise en forme et application industrielles des matériaux plastiques, Ed.Dunod,(2012),Paris.
- [08] M.Medkour, Polymères, synthèse macromoléculaire, Tome I, Office des publications universitaires(1982),Alger.
- [09] S.Moua,étude des propriétés thermiques de mélange PVC.....
- [10] A.Atmani, Comportement mécanique en traction monotone d'un polymère associé au carbonate de calcium(PEHD)5502/CACO₃,mémoire de Master, université Badji Mokhtar Annaba(2017).
- [11] A.METHIA, M.A.Rezzoug, Etude de la diffusion de l'irganox 1076 dans un polymère recyclé à base de PEHD,mémoire de Master, université Abderhmane Mira Bejaia(2017).
- [12] N.Gumez, préparation et étude de la stabilité thermique des polyurethanes, université Ferhat Abas Sétif(2012).
- [13] S.Etienne, L.David,introduction à la physique des polymères,Ed.Dunod(2012),Paris.
- [14] M.Carrega, Aide-mémoire matière plastique ,Ed.Dunod,(2009)Paris.
- [15] J.P.Trignon,et al. Précis matière plastique structure-propriétés, mise en œuvre, normalisation ,Ed.Nathan(1996),Paris.
- [16] Cercle National du Recyclage les emballages plastiques : de la fabrication à la valorisation
- [17] A.Berkouk, étude mécanique et dynamique de composition polymérique à base de PVC,mémoire de Master université Biskra(2019).
- [18] P.Frajman,J.M.Urbain,Chimie organique et polymères ,Ed.Nathan(2007),Paris.
- [19] M. KARRAY, Caractérisation des propriétés mécaniques et électriques des matériaux composites par méthode holographique numérique 3D et analyse diélectrique, thèse de doctorat, université du Maine (2012).

- [20] S.E.Hachani, synthèse et caractérisation d'un nouveau matériau composite à base du polystyrène, mémoire de doctorat, université Mohamed Khider Biskra(2016).
- [21] Daniel Scida, Mustapha Assarar, Rezak Ayad, Christophe Poilâne, Effet de l'humidité sur le comportement mécanique des composites à fibres de lin, Comptes Rendus des JNC 17 - Poitiers 2011.
- [22] Maxime VILLIERE1*, Sébastien GUEROULT2, Vincent SOBOTKA1, Nicolas BOYARD1, Joël BREARD2, Didier DELAUNAY1, Identification de la saturation d'un renfort fibreux par analyse thermique, Congrès français de thermique, SFT 2013, Gérardmer, 28-31 Mai 2013.
- [23] D.Laouchedi, Elaboration et caractérisation d'un matériau composite à base de résine époxy et charge minérales, mémoire de magister, université de M'hamed Bougara-Boumerdes, (2014)
- [24] A. oussad, H. moali, élaboration et caractérisation d'un nouveau matériau composite à base de pvc et farine de bois rouge et chêne zeen, mémoire de master, université mouloud mammeri de tizi-ouzou (2017).
- [25] Jérémie AUCHER, Etude comparative du comportement de composites à matrice thermoplastique outhermodurcissable, thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Rouen (2009).
- [26] Bouda amina, Hammani nedjema, valorisation et recyclage des mélanges nanocomposites pp/pa66/nanoargiles par l'utilisation de pp recyclé, mémoire de master, université m'hamed bougara-boumerdes (2017).
- [27] L.Gornet. Généralités sur les matériaux composites. Engineering school. 2008.cel00470296v1
- [28] P.E BOURBAN, L.CARISSON, et al., matériaux composites à matrice organique constituant, procédés , propriétés, presse polytechniques et universitaires Romandes(PPUR) (2004).
- [29] les polymères composites, cours de MDCII, université Sétif-1-.
- [30] A.SEYNI, Propriétés physico-chimiques et d'usage de matériaux composites à charge dégradable produits par co-broyage, thèse de doctorat, l'université de TOULOUSE(2008).
- [31] Olivier LEDAIN, élaboration de matrice céramiques par un nouveau procédé hybride imprégnation de poudres et CVI réactive, thèse de doctorat, université de bourdeau (2014).
- [32] Nesrine Hentati, Matériaux composites à matrice organique pour garnitures de frein : analyse des liens entre le procédé d'élaboration, la microstructure, les propriétés et le comportement tribologique : analyse des liens entre le procédé d'élaboration, la microstructure, les propriétés et le comportement tribologique, thèse de doctorat, école centrale de Lille (2014).
- [33] A. FALI, A.A. MERZOUG, Etude de l'effet du traitement sur le comportement physico-chimique et mécanique d'une fibre végétale, mémoire de master, université de M'sila (2019).
- [34] Miscanthus, biocomposite, fibre végétale, renfort, lin, chanvre. Cerig-Grenoble INP-fr.
- [35] Filets pour grimper en abaca pour perroquet et petits oiseaux. Hagen Avicultural Research

Institut.hari.ca.

- [36] A.ELOUAER, Contribution à la compréhension et à la modélisation du comportement mécanique de matériaux composites à renfort en fibres végétales thèse doctorat, université de Reims Champagne-Ardenne (2011).
- [37] A.V.Nguyen, Matériaux composites à renfort végétal pour l'amélioration des performances de systèmes robotiques, thèses doctorat, université blaise pascal – clermont II(2015)
- [38] F.Touloum,A.Benchabane, A.Kaci,valorisation des fibres naturelles de renfort pour matériaux composites,JM'EMP08,EMP, Bordj El Bahri,10-11Avril,2012.
- [39] Amélie Perrier, Fabienne Touchard, et al., Influence de l'eau sur les mécanismes d'endommagement d'un composite tissé chanvre/époxy : analyse quantitative par microtomographie X, Comptes Rendus des JNC 20–Ecole des Ponts ParisTech –28-30 juin 2017.
- [40] R.Farhi, C.Morel, J.Chéron, matière plastiques et adjuvants hygiene et sécurité, fiche technique, Institut Nationale de Recherche et Securité INRS (2006)
- [41] Jacques CINQUIN, Les composites en aérospatiale, technique de l'ingénieur (2002), Réf : AM5645 v1.
- [42] Patrick PARNEIX, Dominique LUCAS, Les structures composites en construction navale militaire (2000), Réf : AM5665 v1.
- [43] Jean LUYCKX, Composites à fibres de carbone dans le génie civil, technique de l'ingénieur (1999), Réf : AM5620 v1.
- [44] Maurice REYNE ,Les composites dans les sports et les loisirs, Date de publication : 10 juil. 1998 ,Réf : AM5630 v1.
- [45] C.BELKACEMI, étude expérimentale du comportement mécanique des stratifiés à renfort en matière végétale, mémoire de magister, université M'hamed bouguerra (2006).
- [46] Sagnaba SOULAMA, Caractérisation mécanique et thermique de biocomposites à matrice polystyrène recyclé renforcée par des coques de cotonnier (*Gossypium hirsutum L.*), ou de particules de bois de kéraf (*Hibiscus Cannabinus L.*),thèse doctorat, université de Technologie de Belfort – Montbéliard (2014).
- [47] K.BOUMERDASSI, élaboration et caractérisation d'un composite biodégradable à matrice thermoplastique et renfort polysaccharides, mémoire de magister, université M'hamed bougera Boumerdes (2008).
- [48] Polymer Properties Database,PS Suppliers, polymerdatabase.com.
- [49] S.MAHIOUT, essai présent au centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maitre en environnement (2014).

- [50] F.Mammeri, étude de la migration d'un antioxydant du polystyrène dans quelques milieux liquides simulateurs d'aliments, mémoire de magister, université de saad dahleb de Blida(2012).
- [51] Jean-Philippe YVRARD, expérimentation et modélisation du comportement mécanique du polystyrène expansé, thèse doctorat, université des sciences et technologies de lille (1998).
- [52] Nassima Sotehi, Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de l'isolation, thèse doctorat, université mentouri-constantine (2010).
- [53] guide 2016 résines polyester insaturé dans les matériaux composites, www. Risque professionnels. Ameli.fr.
- [54] A. Blaga, Les plastiques thermodurcissables, Digeste de la Construction au Canada Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada,CBD 159F ,Septembre 1975.
- (55) Y. Lamy, nanostructuration de résines polyester insaturé par des copolymères à blocs : application aux composites SMC et BMC, thèse doctorat, L'institut national des sciences appliquées de Lyon (2012).
- [56] F. BENSADOUN, développement et caractérisation d'un procédé de fabrication de composites et biocomposites à base de nanoparticules d'argile et de résine polyester insaturée destinés à l'industrie du transport, mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise ès sciences appliquées, université de montréal (2011).
- [57] Jean-Claude JANNEL, Polyesters insaturés UP : applications , technique de l'ingénieur, 10 oct. 2004,Réf : AM3445 v1.
- [58] C.BARRERE et F.DAL MASO, résine époxy réticulées par des polyamines : structure et propriétés, revue de l'institut du pétrole , vol.52,N°3,mai-juin 1997 France.
- [59] K. ROUAM, Elaboration, caractérisation mécanique et hygrothermique d'un stratifié renforcé par des fibres naturelles, mémoire de magister, université m'hamed bougara –boumerdes(2014).
- [60] Estève Ernault, Thermo-oxydation de résines époxy/amine, thèse doctorat, institut des sciences et technologies paris (2016).
- [61] P. BARDONNET, Propriétés des résines époxydes Résines époxydes (EP) -Composants et propriétés, Réf : A3465 v1,10 août 1992.
- [62] A. GUEN-GEFFROY, P.Y. GAC, B.HABERT et P.DAVIES, couplage du vieillissement physique et de la plastification dans une époxy utilisée dans la fabrication de composites pour applications marines, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) , 24ème Congrès Français de Mécanique Brest, 26 au 30 Août 2019.

Résumé

Ce travail de recherche a été réalisé au Laboratoire de Chimie Appliqué (LCA), dirigée par le Professeur A.Meghezzi. Des échantillons de Polyester vierge ainsi que des composites renfermant soit de la poudre des feuilles d'olive ou bien des noix d'olives ont été préparés.

On a procédé à la caractérisation spectroscopique des additifs au polyester avec différents taux.

La caractérisation des groupements associés à la structure a été mise en évidence.

Une étude supplémentaire relative à la capacité d'absorption d'eau distillée par les composites constitués de polyester et de feuilles et noix d'olive.

Il a été trouvé que :

Le taux de la poudre incorporée dans le polyester influe énormément sur l'absorption d'eau.

L'absorption augmente avec la croissance du taux de poudre ceci trouve son explication dans le fait que la poudre renferme dans sa composition une bonne partie de substances amorphes et que le polyester admet une structure tridimensionnelle où l'eau ne peut y pénétrer . La relative au polyester est presque constante à des intervalles réguliers.

La nature de la poudre incorporée influe de manière considérable sur le phénomène d'absorption, en effet les feuilles d'olive absorbent mieux l'eau dans le composite que les noix d'olive ceci est lié forcément à la composition chimique des feuilles(les substances en suspension qu'elles renferment).

Les mots clés : Polymère, fibres végétales, matériaux composites, IR, test d'absorption d'eau

ملخص

عمل البحث حضر في مخبر الكيمياء التطبيقية تحت اشراف البروفيسور احمد مغزي , العينات من البوليسستير البكر و مركبات تحتوي على غبرة اوراق او علف الزيتون , قمنا بتحديد الخصائص الطيفية لاضافات البوليسستير بنسب مختلفة , تحديد جذور مرتبطة بالبنية.

دراسة اضافية لقدرة امتصاص الماء المقطر من قبل المركبات المتكونة من البوليسستير و اوراق الزيتون و علف الزيتون

وجد انه :نسبة الغبرة المضافة للبوليسستير تؤثر كثيرا على امتصاص الماء

الامتصاص يرتفع بارتفاع الغبرة و تفسيره راجع للجزء الكبير امورف و البوليسستير له بنية ثلاثية و بالتالي عدم نفاذية الماء توافق البوليسستير تقريبا منتظم في مجالات منتظمة , طبيعة الغبرة المضافة تؤثر على ظاهرة الامتصاص بحيث غبرة اوراق الزيتون تمتص احسن بكثير من علف الزيتون و هذا من علف الزيتون و هذا للبنية الكيميائية للاوراق (الجزيئات في المعلق)

كلمات المفتاحية : بوليمير, الياف نباتية, مادة مكونة , اشعة تحت الحمراء , اختبار امتصاص الماء