

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés

Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de
Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Polymères

Présenté par :

ABOUD YANIS et DJEDDOU ILES

Thème

Effet d'un agent dispersant sur les propriétés des composites à base d'algue et du polypropylène

Soutenu le 08/06/2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M ^{me} . AOUDIA Kahina	MCA	Université de Bejaia	Président
M ^{me} . BEY OULD SI SAID Zakia	MAA	Université de Bejaia	Examinateur
M ^{me} . HAMMICHE Dalila	Professeur	Université de Bejaia	Encadrant
M ^{me} . DEHANE Aicha	Doctorante	Université de Bejaia	Co- Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

On remercie Dieu le tout-puissant, de nous avoir donné la force, la volonté et la patience de pouvoir réaliser ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier vivement notre directrice de mémoire, **M^{me} Hammiche Dalila**, pour nous avoir suivis et soutenues pour réaliser ce travail. Nous leurs exprimant notre gratitude pour sa disponibilité, ses précieux conseils et pour le soutien qu'elle nous a apporté tout au long de la préparation de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier aussi notre co-promotrice **M^{me} Dehane Aicha** pour nous avoir suivis, pour son savoir et l'aide qu'elle nous a fourni au cours de ce travail, ainsi que pour ses conseils. Merci infiniment.*

Nous adressons notre sincère remerciement aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements aux tous les enseignants du département génie des procédés de l'Université de Bejaia. Ainsi que nos amis et collègues de promotion 2022/2023.

Le profond remerciement également a tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents pour tous les sacrifices consentis, pour leur soutien durant toutes mes années d'études.

A Toute ma famille, en particulier ma sœur et mon frère

A mes amis et mes camarades, en particulier mon binôme ils

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire jusqu'à l'université.

Yanis

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Mon très cher père,

Ma très chère mère,

Mon très cher grand-père,

Mon très cher frère « Mazigh »,

Ma très chère compagne « Sabrina »,

Toute ma famille et tous mes amis.

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**Chapitre I. Généralités sur les polymères**

I.1. Définition d'un polymère..... 4

I.2. Classification des polymères..... 4

I.2.1. Selon leur nature chimique..... 4

I.2.2. Selon l'origine 4

I.2.3. Selon leur comportement thermique 5

a) Thermoplastiques..... 5

b) Thermodurcissables 6

c) Elastomères..... 6

d) Elastomères thermoplastiques..... 7

I.3. Propriétés générales des polymères..... 7

I.3.1. Propriétés thermiques..... 7

I.3.2. Propriétés mécaniques 7

I.4. Principaux avantages 8

I.5. Applications des polymères 9

Références bibliographiques..... 10

Chapitre II. Composites

II.1. Historique du composite..... 11

II.2. Définition d'un matériau composite	12
II.3. Constituants d'un matériau composite.....	13
II.3.1. Matrice.....	13
II.3.1.1. Matrices organiques.....	13
II.3.1.1.1. Matrices thermoplastiques (TP).....	13
II.3.2. Charges.....	14
II.3.2.1. Classification des charges.....	14
II.3.2.2. Classification par objectif.....	14
II.3.2.3. Propriétés et caractéristiques des charges.....	14
II.4. Polypropylène.....	15
II.4.1. Introduction.....	15
II.4.2. Définition.....	16
II.4.3. Différents types de polypropylènes.....	16
II.4.3.1. Homopolymère.....	16
II.4.3.2. Copolymère	17
II.4.3.3. Copolymère séquencés ou a blocs.....	17
II.4.4. Propriétés du polypropylène.....	17
II.4.4.1. Propriétés physiques.....	17
II.4.4.2. Propriétés mécaniques.....	17
II.4.4.3. Propriétés électriques	18
II.4.4.4. Propriétés thermiques	18
II.4.4.5. Propriétés chimiques	18
II.4.5. Morphologie du polypropylène.....	18
II.4.6. Avantages et inconvénients du polypropylène	19
II.4.7. Applications	20
II.5. Fibres naturelles	20

II.5.1. Présentation de la fibre naturelle.....	20
II.5.2. Définition des fibres végétales.....	21
II.5.3. Définition des algues.....	21
II.5.3. Définition des algues.....	21
II.5.4. Classification des algues.....	21
II.5.5. Compositions chimiques des algues	22
II.5.6. Utilisation des algues	22
II.5.7. Descriptif de l'espèce Cystoseira.....	23
II.6. Agents dispersant	24
II.7. Bibliographie sur des composite à base de PP	24
Références bibliographiques.....	26

ETUDE EXPERIMENTAL

Chapitre III. Matériels utilisés et techniques expérimentales

III.1. Objectif	30
III.2. Matériels utilisés.....	30
III.2.1. Polypropylène.....	30
III.2.2. Farine d'algue brune.....	30
III.2.3. Produits chimiques utilisés.....	32
III.3. Elaboration des composites PP/algue.....	32
III.3.1. Formulations.....	32
III.3.2. Extrusion.....	32
III.3.3. Préparation des altères composites à base de PP.....	33
III.4. Techniques de caractérisations.....	34
III.4.1. Caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.....	34

III.4.2. Essai de traction.....	35
III.4.3. Microscopie optique.....	36

Chapitre IV. Résultats et Discussion

IV.1. Caractérisations structurales.....	37
IV.1.1. Analyse spectroscopique par Infrarouge à Transformée de Fourier.....	37
a) Analyse infrarouge de la fibre d'algue.....	37
b) Analyse infrarouge du PP, PP/alg et PP/alg/BYK W-980.....	39
IV.2. Caractérisations mécaniques.....	41
IV.2.1. Essai de traction.....	41
IV.3. Caractérisation des composites PP/alg, PP/alg/ BYK W-980 et du PP vierge parla microscopie	42
Reference bibliographique.....	45
Conclusion.....	46

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients du polypropylène..... 20

Chapitre III

Tableau.III.1.Compositions de chaque formulation32

Tableau III.2 : Conditions opératoires..... 33

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 :	Représentation schématique d'un polymère thermoplastique.....	6
---------------------	---------------------------------------------------------------	---

Chapitre II

Figure II.1 :	Constituants principaux d'un matériau composite.....	12
Figure II.2 :	Différentes types de matrice.....	13
Figure II.3 :	Présentation de polypropylène.....	16
Figure II.4 :	Lamelles cristallines et zones amorphes.....	19
Figure II.5 :	Structure semi-cristalline des polymères.....	19
Figure II.6 :	Classification des fibres naturelles.....	21
Figure II.7 :	photo de <i>Cystoseira stricta</i> à gauche, aspect général de <i>Cystoseira stricta</i> d'après Verlaque (1995) à droite.....	23

Chapitre III

Figure III.1 :	Granulés du PP vierge.....	30
Figure III.2 :	Espèce <i>cystoseira</i> (algue brune).....	31
Figure III.3 :	Poudre d'algue obtenue.....	31
Figure III.4 :	Extrudeuse DSM Xplore.....	33
Figure III.5 :	Presse à injection.....	34
Figure III.6 :	Appareil d'analyse IRTF.....	35

Chapitre IV

Figure IV.1.	Spectres IRTF des fibres d'algues (alg) non traitées et traitées par un agent dispersant W-980.....	37
Figure IV.2.	Spectres IRTF du PP.....	39
Figure IV.3.	Spectre IRTF du PP/alg , pp/alg/BYK W-980.....	40
Figure IV.4.	Contrainte à la traction des composites à base de PP chargés ; algues traitées et non traitées et de PP vierge.....	42

Liste des figures

Figure IV.5.	Déformation à la rupture des composites à base de PP chargés algues traitées et non traitées et de Pe »P vierge.....	42
Figure IV.6.a	Microscope optique de la surface de fracture du PP.....	43
Figure IV.6.b.	Microscope optique de la surface de fracture du PP/alg.....	44
Figure IV.6.c.	Microscope optique de la surface de fracture du PP/alg /BYK-980.....	44

Liste des abréviations

PE :	Polyéthylène
PVC :	Poly (chlorure vinyle)
PP :	Polypropylène
PS :	Polystyrène
PU :	Polyuréthane
Tg :	Température de transition vitreuse
Tf :	Température de fusion
N :	Azote
O :	Oxygène
H :	Hydrogène
CH₃ :	Groupe méthyle
Cl :	Chlore
C₆H₅ :	Phényle
KBr :	Bromure de potassium
UV :	Spectroscopie Ultraviolet – Visible
IRTF :	Infrarouge à Transformée de Fourier
EPR :	Ethylène propylène rubber

***Introduction
générale***

Introduction générale

Les polymères sont des matériaux connus depuis longtemps, tels que le caoutchouc à partir de la sève de l'hévéa. Cependant, les nombreux développements réalisés dans le domaine des matériaux polymères au cours de ces dernières décennies ont permis d'élargir la gamme d'applications des matières plastiques au sein de divers secteurs industriels tels que l'emballage, l'aérospatial, la construction et encore l'automobile [1].

Les performances des polymères s'avèrent parfois insuffisantes, notamment en ce qui concerne leurs propriétés mécaniques. Il existe alors différents recours afin d'obtenir des matériaux correspondant aux critères exigés [2].

Pour cela, l'utilisation des matériaux composites dans les applications industrielles tend à augmenter depuis plusieurs années, et cela dans toutes les industries : automobile, aéronautique, spatiale, marine, ferroviaire ou encore sportive, médicale et nucléaire, les performances en termes de gain massique, de propriétés mécaniques et de fabrication offrent de nombreuses possibilités d'applications [3].

Parmi les alternatives accomplies pour la modification des polymères, la réalisation de mélanges selon des compositions étudiées qui a permis d'aboutir à des combinaisons d'intérêt commercial reconnu. Aussi, l'incorporation de charges d'origine minérale et végétale a contribué à l'apport d'améliorations considérables sur de nombreuses propriétés des polymères [4].

L'incorporation donc des charges organiques dans une matrice polymère est une pratique industrielle courante. Ces composés sont souvent indispensables afin de conférer au matériau des propriétés optiques, mécaniques ou encore thermiques améliorées. Cependant, la plupart de ces charges ne sont pas compatibles avec les polymères, ce qui requiert en général des opérations de mise en œuvre coûteuse en énergie et parfois préjudiciable aux propriétés finales du matériau composite, telles que l'augmentation de la densité, la fragilité et l'opacité [5].

De ce fait, plusieurs types de charges sont utilisées, on cite par exemple les algues, Elles regroupent un ensemble de végétaux photosynthétique dans le cycle de vie se développent dans un environnement aquatique (eaux douces, eaux thermales, milieux marines) pour cela est présente aujourd'hui de nombreuses applications industrielles du fait de ses caractéristiques spéciales : la diversité et la richesse de ses composants (des glucides, sous

forme de polysaccharides (agars carraghénanes chez les algues rouges, alginates chez les algues brunes, et Ulvanes chez les algues vertes), des protéines, des lipides, de forte teneur en minéraux, des vitamines et des pigments. Elles sont destinées à la production d'une énergie renouvelable (biocarburant), dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et celle de la cosmétique [6].

Malheureusement, les avantages qu'offrent les charges végétales se trouvent contre balancés vu son incompatibilité vis-à-vis des polymères. C'est pour cette raison d'ailleurs, qu'il est conseillé que les pourcentages des charges introduits dans le mélange ne soient pas excessifs, ou encore d'introduire des modifications préalables sur ladite charge au moyen des agents de couplage [7].

Dans ce contexte, nous avons étudié l'effet des algues incorporées dans le polypropylène (PP). L'effet de l'agent compatibilisant de type (BYK W-980) avec un taux de 5% sur les propriétés morphologiques, mécaniques des composites (PP/algue) préparés à l'état fondu en utilisant un mélangeur interne.

Ce travail est constitué de quatre chapitres :

- Le premier chapitre est dédié aux généralités sur le polypropylène.
- Le deuxième chapitre contient des généralités sur les composites à matrice polymère, leurs classifications, avec quelques notions sur les agents de couplage et leurs mécanismes d'action.

La partie expérimentale comporte le troisième et le quatrième chapitre du mémoire : Le troisième chapitre décrit les matériaux, les techniques de mises en œuvre et de caractérisation utilisées.

Le quatrième chapitre décrit les résultats expérimentaux et leurs discussions, et enfin une conclusion générale et des recommandations pour de futurs travaux de recherche.

Références bibliographiques

- [1] : S. ETIENNE, L. DAVID, « Introduction à la physique des polymères », 2e édition, Dunod, Paris, 384p,2012.
- [2] : I. MAYOUF, « Elaboration et caractérisation de nanocomposites à matrice Polystyrène choc : Effets des taux de la montmorillonite organophile et de l'agent compatibilisant SEBS-g-MA », Mémoire de Master en Génie des procédés, Matériaux polymères, Sétif : Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 82p2016.
- [3] : R. BRAULT, « Étude du comportement mécanique des matériaux composites par corrélation volumique : Application à l'analyse des effets du cisaillement transverse », Thèse de Doctorat en Génie mécanique, mécanique des matériaux, Institut National Polytechnique de Toulouse, Université de Toulouse, 195p2013.
- [4] : K.H. HENNING, N. HEYMANS, C.J. PLUMMER, P. DECROLY, « Matériaux polymères : propriétés mécaniques et physiques, principe de mise en œuvre », 1e édition, Presses polytechniques et universitaires romandes, 657p. ISBN : 2880744156, 2001.
- [5] : C. KUO, C.M. TSAIA, J.C.HUANGA, M. CHENA, « PEEK composites reinforced by nano-sized SiO₂ and Al₂O₃ particulates », Materials Chemistry and Physics, Vol, 90, 185-195p.Disponible ,2005
<http://www2.nsysu.edu.tw/MSE/papers/Paper%20in%20PDF/96%20MCP%20PEEK%20c omp.pdf> (Consulté le 14/03/2023).
- [6] : JR. Durand, et C. Lévèque, Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo_Soudanienne, 1980.
- [7] : M. BATISTELLA, « Modification de kaolinites submicroniques en vue de leur incorporation dans des matrices polymères », Thèse de Doctorat en Chimie des Matériaux, Université Montpellier II, 220p, 2013.

ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

I. Généralités sur les polymères

I.1. Définition d'un polymère

Un polymère est une macromolécule formée de l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs monomères (qui sont également appelés motifs) et préparée à partir de molécules appelées monomères monofonctionnelles comme -H, -CH₃, -Cl, et -C₆H₅ (phényle) [1].

I.2. Classification des polymères

Il existe plusieurs modes de classification des polymères qui peuvent être classés selon divers critères :

I.2.1. Selon leur nature chimique

On distingue :

- **Polymères minéraux**

Ils sont constitués soit de chaînes renfermant un seul corps simple : diamant, graphite, phosphore, soufre...ou de chaînes renfermant plusieurs hétéroatomes : (Silicates acides polyphosphorique, chlorure de polyphosphonitrile) [2].

- **Polymères organiques**

C'est la classe la plus riche comme : les polydiènes, les polyacryliques, les polyamides, les Polyvinyles [2].

- **Polymères mixtes**

Doués de propriétés intéressantes dont une bonne résistance thermique (300 °C – 350 °C) comme les silicones [2].

I.2.2. Selon l'origine

On distingue les polymères naturels, les polymères artificiels et les polymères synthétiques :

- **Les polymères naturels**

Issus des règnes (végétal, animal ou minéral), leur économie et le rôle qu'ils jouent dans les mécanismes vitaux leur a assuré une place de premier choix depuis une trentaine d'années.

Exemples [3] :

- Les polysaccharides (cellulose, amidon...).
- Les protéines (la laine, le soi...).
- Le caoutchouc naturel...

- **Les polymères artificiels (dérivent des polymères naturels)**

Sont obtenus par modification chimique de polymères naturels de façon à transformer certaines de leurs propriétés.

Exemples :

- Les esters cellulosiques (nitrocellulose, acétate de cellulose...etc.)
- Ébonite (caoutchouc fortement réticulé par le soufre) [3].

- **Les polymères synthétiques**

Les molécules monomères qui permettent de les obtenir n'existent pas dans la nature. Cependant, on peut remarquer que les structures réalisées par synthèse sont souvent proches de celles des polymères naturels [3].

I.2.3. Selon leur comportement thermique

Les propriétés des polymères permettent des usages très variés.

On peut ainsi les regrouper dans quatre familles :

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

Tous ces polymères peuvent être des homopolymères ou des copolymères et peuvent être obtenus par polymérisation (polymérisation en chaîne ou polycondensation).

Ils se différencient par l'architecture de leur macromolécules (linéaire, ramifiée ou réseau tridimensionnel), par leur mise en œuvre plus ou moins aisée et par leur propriété d'élasticité [4].

a) Thermoplastiques

Un thermoplastique est un polymère linéaire ou ramifié pouvant être ramolli par chauffage et durci par refroidissement dans un intervalle de température spécifique.

Ces polymères peuvent être des thermoplastiques amorphes (le poly(chlorure de vinyle) (PVC) ou thermoplastique semi-cristallins comme le polyéthylène (PE), ou polystyrène. Ils sont mis en forme par diverses techniques comme l'injection, l'injection-soufflage, l'extrusion ou le roto moulage.

Dans la majorité des cas, les polymères ayant la forme désirée récupèrent son état partiellement cristallin ou amorphe après refroidissement [5].

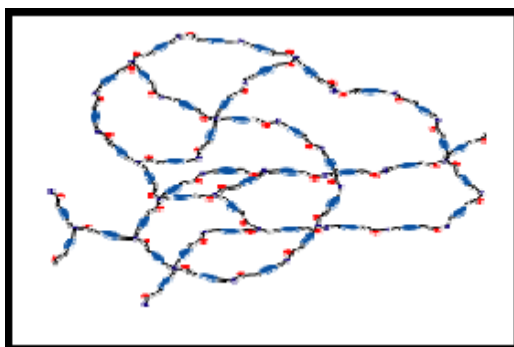


Figure I.1 : représentation schématique d'un polymère thermoplastique [5].

b) Thermodurcissables

Un thermodurcissable est un produit (poudre à mouler solide ou résine liquide) transformé irréversiblement par polymérisation en un réseau tridimensionnel infusible et insoluble que l'on qualifie de thermo durci.

Il est souvent d'usage, dans l'industrie, d'employer abusivement le terme thermodurcissable pour désigner à la fois le système réactif initial, soluble et fusible et produit final et infusible.

Le réactif initial peut être composé 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 (résine époxy, résine polyesters insaturés,...)

Dans tous les cas, la réticulation s'effectue sous l'action de la chaleur et/ou de catalyseurs. Ces polymères amorphe ont une température de transition vitreuse élevées (80 °C à + de 150 °C) mais, du fait de la réticulation, ne présentent pas d'état caoutchouteux ni d'état liquide.

La mise en œuvre du thermodurcissable est donc moins aisée que celle des thermoplastiques car il faut impérativement effectuer la mise en forme en même temps que la réaction chimique de réticulation. Cependant, les thermodurcissables présentent une résistance mécanique, chimique et thermique plus élevées que les thermoplastiques.

c) Elastomères

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 propriété élastique caoutchouteuse, c'est-à-dire la capacité à subir de très grandes déformations réversibles sous l'action de contrainte mécanique.

Ils peuvent atteindre de très grands allongements (jusqu'à 500%) tout en étant capables de retrouver leur géométrie initiale en restituant au milieu l'énergie qui leur a été fournie lors de déformation [5].

d) Elastomères thermoplastiques

Un élastomère thermoplastique est un polymère linéaire ou ramifié présentant la propriété d'élasticité caoutchouteuse d'un élastomère et de mise en œuvre d'un thermoplastique.

Les élastomères thermoplastiques sont souvent des copolymères à blocs (ou des mélanges homopolymères et/ ou copolymère) dont la structure à l'état solide résulte toujours de l'association d'au moins deux phases distinctes non miscibles :

Une phase souple (température de transition vitreuse comprise entre (-90 °C et -40 °C) associée à une phase rigide (température de transition vitreuse ou température de fusion supérieure à 90 °C). C'est donc un matériau multi phase ou la phase rigide est dispersée dans la phase souple [5].

I.3. Propriétés générales des polymères

I.3.1. Propriétés thermiques

La température de transition vitreuse " T_g " et la température de fusion " T_f " sont les deux températures fondamentales nécessaires dans l'étude des matériaux polymères.

La température de transition vitreuse est partiellement importante pour les polymères amorphes, notamment les thermoplastiques amorphes, pour lesquels, il n'existe aucune force de cohésion importante autre que l'enchevêtrement [6].

Les zones cristallines ne fondent que bien au-delà de la température de transition vitreuse.

Les températures caractéristiques d'un seul et même matériau peuvent alors être classées de la façon suivante:

- **Température de transition vitreuse < Température de cristallisation.**
- **Température de fusion < Température de décomposition thermique [6].**

Selon la température à laquelle il est soumis, un matériau polymère peut présenter des comportements mécaniques différents. Ceci peut se produire pour les thermoplastiques semi cristallins dans un domaine même étroit de la température [6].

I.3.2. Propriétés mécaniques

Le succès des polymères provient en partie de la facilité avec laquelle on peut leur donner des formes voulues (d'autant plus à l'état fondu). Ils sont très malléables, très

plastiques, d'où leur nom. En fait, cette plasticité varie dans une large gamme, des plus rigides, durs et cassants, aux plus mous (pâtes) ou élastiques (élastomères).

Les propriétés mécaniques décrivent leur comportement vis à vis à des sollicitations mécaniques telles que pressions, étirements, torsions, frottements, chocs et sous l'effet de la pesanteur.

Certains polymères seront appréciés pour leur bonne stabilité dimensionnelle (par exemple les polyesters aromatiques). D'autres, les élastomères, seront recherchés pour leur élasticité qui leur confère une excellente capacité d'absorption des chocs. On les emploie dans les pneus, les semelles de chaussures, les matelas, les fibres textiles, élasthanne (polyuréthane)...

Les thermoplastiques et les thermodurcissables sont soumis au phénomène de vitrification. Au-dessous de leur température de vitrification, ou transition vitreuse, ils deviennent durs et cassants comme du verre. Au-dessus, ils sont plus souples, plus plastiques. A l'extrême, ils deviennent élastiques [7].

I.4. Principaux avantages

- **Légèreté**

- Densité 0.9 à 2 (facteur matière)
- Allègement direct
- Allègement induit
- Économie d'énergie

- **Transparence**

Contrairement aux verres minéraux, certaines qualités conduisent à des verres incassables transparents à la lumière. Comparés aux métaux, les matières plastiques sont plus ou moins transparentes aux ondes électromagnétique, aux ondes radar, aux rayons X, aux rayons γ , etc.

- **Inaltérabilité**

Les matières plastiques ne rouillent pas. Cependant les polymères polaires (O et N dans la molécule) peuvent gonfler et s'hydrolyser.

- **Isolation**

- Électrique (cependant on vient d'inventer les polymères conducteurs qui seront les polymères du 3^{ième} millénaire).
- Thermique (surtout mousses rigides à cellules fermées).
- Acoustique (surtout mousses souples à cellules ouvertes).

- **Design**

Liberté des formes, forme complexes. Liberté des teintes. Qualité d'aspect et de toucher

- **Bilan cout :**

- Facilite de transformation
- Intégration des fonctions- réduction du nombre des pièces et de l'assemblage.
- Contenu énergétique favorable.
- Pigmentation dans la masse (pas toujours suffisant- dépend de l'application).
- Prototypes peu couteux (résines liquides au contact à froid). [8]

I.5.Applications des polymères

Les polymères sont devenus l'élément essentiel d'un nombre très important d'objets usuels et courants, dans lesquels, ils ont souvent remplacé les substances naturelles. Les cinq familles les plus utilisées sont:

- Polychlorure de vinyle (PVC) utilisés comme pièces rigides, tuyauterie, films d'étanchéité ;
- Les polyéthylènes (PE) utilisé comme emballages transparents, pièces rigides ;
- Les polypropylènes (PP) et les polystyrènes (PS): pièces rigides, fibres;
- Les polyesters saturés: cosmétiques, revêtements de surface, peintures, vernis, plastifiants pour autres polymères; et les polyesters insaturés: films, fibres textiles, matériaux composites ;
- Les polyuréthanes (PU) [9].

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : I. Teraoka, «Réactivité interfaciale et morphologie des mélanges réactifs», [en ligne]. Disponible sur : www.cnrs.fr (consulté le : 12/03/2023) I. Teraoka, Polymer Solutions, An introduction to physical properties, Ed. Polytechnic University Brooklyn, New York, (2002).
- [2] : S. Amara, Mémoire de master « Etude du mélange PVC/PS état fondu avec additif d'origine minérale Alun », Université Med Khider Biskra, 2017.
- [3] : J. Mercier, G. Zanbelli, W. Kurz, « Traité des matériaux : Introduction à la science des matériaux » 2010
- [4]: P. Bodneir, J. Wang, « Microencapsulation of drugs with aqueous polymer dispersion», journal of pharmaceutical sciences, 2006.
- [5]: H. G. Larth, J.W.Mays, « Modern methods of polymers characterization », New York, 1991."
- [6] : G.W.Ehrenstein, F.Montage, « Matériaux polymères, structures, propriétés et applications », Hermés .Paris 2000
- [7] : H, Boureghda, Mémoire de magister r« Etude de l'influence de la mise en forme sur la cristallisation et les propriétés physiques des polymères »,Université Hadj Lakhdar Batna ,2006.
- [8] : J.Weiss, D .Poussin, applications industrielles des plastiques dans la mécanique la matière de l'innovation », Centre technique des industries mécanique(CETIM),P :197,232.1995
- [9] : A. Ait-zoura Ali, S. Chikbouni, « Modélisation de l'influence d'une charge minérale et d'un cycle de recyclage sur la diffusion de l'irganox 1076 dans un emballage alimentaire à base de polyéthylène haute densité», mémoire de master, Université Abderrahmane Mira – Bejaia, Algérie (2017).

Chapitre II

II. Composites

II.1. Historique du composite

La norme AFNOR NF T50-100 définit un matériau composite comme étant un produit solide comportant au moins deux phases physiques distinctes, composées d'un matériau de liaison et d'un matériau sous forme granulée, fibreuse ou lamellaire [1].

Le bois fut le premier matériau composite naturel utilisé. Plus tard, le torchis a été utilisé en construction pour ses propriétés d'isolation et son faible coût. Parmi les premiers composites fabriqués par l'Homme, on trouve également les arcs mongols (2 000 ans avant J.-C.) ; Leur âme en bois était contrecollée de tendon au dos et de corne sur sa face interne.

- 1823 : Charles Macintosh crée l'imperméable avec du caoutchouc sur des tissus comme le coton.
- 1892 : François Hennebique dépose le brevet du béton armé (le composite utilisé en construction) avec le béton qui forme la matrice et l'acier qui forme le renfort.
- 1940 : Utilisation de composés de fibres de lin et de résines phénoliques dans la construction aéronautique en Angleterre.
- 1945 : Utilisation de résine époxy et fibres de verre aux États-Unis et en Allemagne.
- 1956 : Le pavillon de toit de la Citroën DS est réalisé en matériaux composites.
- 1967 : Fabrication des pales de l'hélicoptère Alouette en matériau composite.
- 1970 : Rolls-Royce conçoit les pales de turbine du réacteur RB211-22 en composite fibre de carbone.
- 1970 : Rossignol développe des skis composite fibre de verre-résine.
- 2009 : Fabrication du Boeing 787 qui intègre 50% de matériaux composites.

Depuis l'apparition des premières pièces en résine renforcée de fibres de verre (vers 1940), les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit les moins coûteux possibles, soit les plus performants, ou bien les deux à la fois en connaissant une croissance régulière de 10% depuis 20 ans. Grâce à leurs caractéristiques techniques et mécaniques, ils peuvent remplacer de nombreuses pièces métalliques, tout en bénéficiant d'une plus grande légèreté.

Le matériau « parfait » doit posséder des propriétés mécaniques élevées, être durable et préserver l'environnement lors de son cycle de vie. Le facteur économique reste le principal moteur car pour être viable, le composite doit être compétitif.

Ces matériaux sont impliqués dans de nombreux secteurs : aéronautique, automobiles, bâtiment... Toutefois face à des contraintes économiques et environnementales toujours plus exigeantes, l'utilisation de renforts naturels et végétales dans les composites à matrice organique apparaît aujourd'hui comme une alternative de choix.

La recherche sur le sujet s'est ainsi fortement dynamisée au cours de ces dernières années et un certain nombre de produits commencent à apparaître sur le marché (balustrades, bardage, palettes, fenêtres...). De nouvelles applications et des composites plus performants sont déjà anticipés, mais les connaissances restent insuffisantes et des études doivent être menées afin de mieux comprendre certains mécanismes [2].

II.2. Définition d'un matériau composite

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux de natures différentes, se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont les performances sont supérieures à celles des composants pris séparément. Un matériau composite est constitué dans le cas le plus général d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans une phase continue. La phase discontinue, appelée renfort ou matériau renforçant, est habituellement plus dure avec des propriétés mécaniques supérieures à celles de la phase continue, appelée matrice [3].

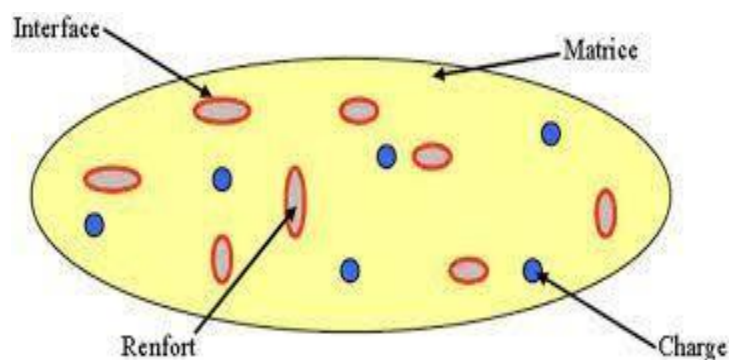


Figure II.1 : Constituants principaux d'un matériau composite [3].

II.3. Constituants d'un matériau composite

II.3.1. Matrice

La matrice est la phase continue qui lie et maintient les fibres, transmet et répartie les efforts extérieurs vers le renfort. D'un autre côté elle donne la forme à la pièce et garantir ses caractéristiques géométriques [4].

La figure ci-dessous représente les types de matrices les plus courants.

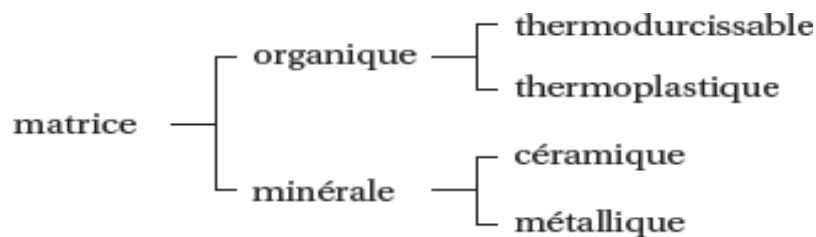


Figure II.2 : Les différents types de matrice [4].

II.3.1.1. Matrices organiques

Les matrices organiques sont largement utilisées pour la fabrication des matériaux composites, grâce à leurs caractéristiques (protection contre la corrosion et attaques chimiques, faible coût et facilité de mise en œuvre...). Par ailleurs, la matière organique désignée un polymère qui peut être défini comme un enchaînement de monomères (un monomère est une molécule composée principalement de carbone et d'hydrogène). Généralement, les polymères peuvent présenter des architectures extrêmement variables, ils peuvent être linéaires, ramifiés ou réticulés, le plus souvent, ils sont amorphes et parfois cristallisés [5], ils possèdent de bonnes propriétés mécaniques et une faible masse volumique [6]. Il existe trois grandes familles de matière organique (thermoplastique, thermodurcissable et élastomère).

II.3.1.1.1. Matrices thermoplastiques (TP)

Les thermoplastiques sont des chaînes polymères reliées entre elles par de faibles liaisons. Ils sont recyclables et possèdent au moins un solvant. Les thermoplastiques représentent le plus grand tonnage en termes de production à cause de leur facilité de mise en œuvre et des faibles coûts [7].

II.3.2. Charge

On appelle charge tout composé pulvérulent, fibreux ou en film non miscible avec le polymère et qui, ajoutée en quantité importante à celui-ci, améliore les caractéristiques mécaniques et thermomécaniques du matériau auquel il est incorporé. Ces charges peuvent apporter d'autres avantages tels que l'amélioration de l'aspect de surface, une réduction de la contraction volumique. Lorsqu'il n'y a pas d'interactions moléculaires fortes entre la matrice polymère et la charge, celle-ci est simplement incluse dans la matrice et joue le rôle de diluant, dans le cas contraire la charge peut avoir un rôle renforçant.

II.3.2.1. Classification des charges

Un simple système permet de distinguer entre les charges selon leur origine. On distingue :

- Les substances d'origine organique: farine de bois, caséine, farine de soja, noir de carbone
- Les substances d'origine inorganique: amiante, silice, silicates, Kaolin, carbonate de calcium et talc...etc.

Bien que ces deux classes présentent des compositions chimiques différentes, elles possèdent des caractéristiques physiques communes qui font d'elles des charges convenables et utiles dans l'amélioration technique des matières polymériques.

II.3.2.2. Classification par objectif

Lorsque la charge considérée améliore les propriétés, on dit qu'elle est renforçante lorsque son rôle est simplement de diminuer le prix de revient des mélanges on dit qu'elle est inerte ou diluante.

Une charge renforçante est une charge qui, par addition au polymère, augmente son module et ses propriétés ultimes : contrainte à la rupture en tension, résistance à la déchirure et à l'usure, et surtout l'énergie de rupture qui est un critère important de renforcement [8].

II.3.2.3. Propriétés et caractéristiques des charges

Pour un polymère donné, le choix d'une charge est déterminé en fonction des modifications recherchées pour l'objet fini. D'une manière générale, les substances

utilisables comme charges de matières plastiques devront d'abord satisfaire à un certain nombre d'exigences énoncées ci-après:

1. Compatibilité avec la résine de base: non toxicité, absence de coloration ou d'impuretés gênantes, neutralité et inertie chimique, stabilité à la chaleur et à la lumière, faible absorption d'eau, aucune influence sur la stabilité du polymère ou sa couleur [9].
2. Mouillabilité : bonne répartition des poudres dans la matrice polymérique ou adhérence des fibres à la résine de base.
3. Uniformité de qualité et de granulométrie.
4. Faible action abrasive sur l'outillage de mise en œuvre.
5. Bas prix de revient (sauf pour des applications bien spécifiques de haute performance: (industrie aéronautique, par exemple) [9].

NB : Les charges réunissant l'ensemble de ces qualités sont rares mais on peut toutefois pallier certains défauts par traitement spécial de la charge ou utilisation d'agents de couplage appropriés [9].

L'étude du renforcement des polymères par les charges particulières avait pris une ampleur dans la littérature qui devenait très vaste durant ces dernières années. Cela provient du fait que la combinaison des polymères avec les charges a reçu un intérêt considérable qui peut se traduire dans certains cas par l'amélioration de certaines propriétés de composite à cause de l'existence des interactions entre la charge et le polymère [10].

Bas prix de revient (sauf pour des applications bien spécifiques de haute performance : pour l'industrie aéronautique, par exemple). Les charges permettent aussi d'augmenter la viscosité, la densité, la rigidité, la dureté, la stabilité dimensionnelle et la résistance à la compression. Elles diminuent la résistance à la traction et à la flexion, comme elles jouent un rôle dans l'amélioration des propriétés de manipulation et la diminution du coefficient d'expansion thermique des composites [11].

II.4. Polypropylène

II.4.1. Introduction

De nombreuses technologies modernes font appel à des matériaux composites dotés de propriétés que ne peuvent pas offrir les matériaux traditionnels (métaux, céramiques et

polymères. Parmi les thermoplastiques de consommation courante, le polypropylène (PP) possède des propriétés remarquables comme une faible densité, une bonne résistance à la flexion, à la rayure et à l'abrasion, la possibilité d'être stérilisé, etc.

Cela permet au polypropylène d'être utilisé dans différents domaines. Les recherches portées sur les composites thermoplastiques à base de fibre ont été réalisées sur des composites PP avec plusieurs sortes de fibres naturelles [12].

II.4.2. Définition

Le polypropylène noté PP est un thermoplastique de la famille des polyoléfines. Il provient de la polymérisation du monomère propylène. Le mode de synthèse le plus répandu actuellement est le procédé de catalyse hétérogène Ziegler Natta à une pression modérée de 1 à 5MPa et à une température de 50 à 110 °C et qui conduit à l'obtention de conformation atactique ou syndiotactique, mais la forme isotactique répandue [13].

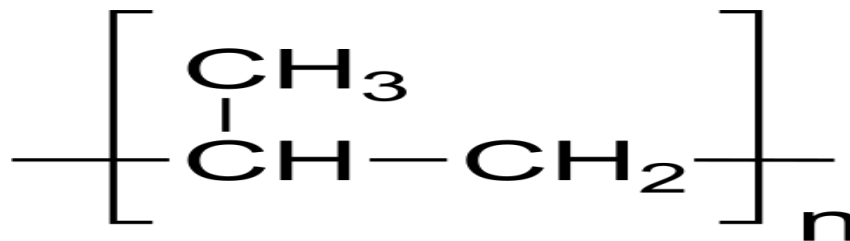


Figure II.3 : présentation de polymère polypropylène [13]

II.4.3. Différents types de polypropylènes

Les catalyseurs et les procédés actuels permettent la fabrication de trois types de polypropylène :

II.4.3.1. Homopolymère

Ils sont obtenus par polymérisation d'un seul monomère, le propylène. Les homopolymères ont une grande rigidité et une faible tenue au choc à froid. Les grades à haut niveau de cristallinité sont aussi plus chers ; parfois un niveau d'isotacticité normal de 96% est suffisant, la rigidité pouvant être acquise par l'ajout d'agents nucléants. Certains de ceux-ci, typiquement à base de diméthyle sorbitol, améliorent aussi sensiblement les caractéristiques optiques, telle la transparence [14].

II.4.3.2. Copolymère

Ils sont obtenus par copolymérisation du propylène et, principalement, de l'éthylène mais aussi du butène ou du l'hexène. L'ordre de succession des unités monomères dans la chaîne obéit aux lois du hasard. Ces copolymères plus souples, sont caractérisés par de bonnes propriétés optiques en film et une tenue au choc moyenne sous forme de pièce injectées [14].

II.4.3.3. Copolymère séquencés ou à bloc

Obtenus par la polymérisation successive du propylène puis de l'éthylène, ces copolymères hétérophasiques sont constitués d'une matrice essentiellement isotactique, avec un minimum de 97% d'isotacticité, et d'une dispersion fine de caoutchouc du type EPR (éthylène propylène rubber) avec une troisième phase constituée de polyéthylène présent en tant que sous-inclusion dans l'EPR ou sous forme co-continue avec l'EPR [14].

II.4.4. Propriétés du polypropylène

II.4.4.1. Propriétés physiques

- Masse volumique : le PP est le plus léger des thermoplastiques courant avec une masse volumique de 0,905 g/cm³.
- Perméabilité : le PP est perméable aux gaz sauf à vapeur d'eau. La perméabilité décroît lorsque le taux de cristallinité augmente [15].

II.4.4.2. Propriétés mécaniques

- caractéristique en traction : La cristallinité élevée du PP confère de bonnes propriétés lorsqu'il est soumis à des efforts de tractions, le comportement de PP à la traction est fortement influencé par la vitesse d'étirage.
- La rigidité : La rigidité élevée du PP permet son emploi pour des pièces destinées à supporter des hautes températures.
- Résistance au choc :

Les résistances au choc de PP augmente avec sa masse moléculaire et varie dans le même sens que la température [16].

II.4.4.3. Propriétés électriques

Le PP est un polymère non polaire donc c'est un très bon isolant électrique. Les propriétés électriques de PP ne dépendent pas de la cristallinité et de la masse moléculaire [17].

II.4.4.4. Propriétés thermiques

- Température de fusion : la température de fusion théorique d'un polymère 1000/0 isotactique est de 176°C. La présence pratiquement inévitable de fraction atactique et syndiotactique ramène la température de fusion du PP entre (165°C et 170°C).
- Température de ramollissement : Le point de ramollissement est fonction de la cristallinité du polymère considérée elle est entre (145°C et 155°C) [17].

II.4.4.5. Propriétés chimiques

- Le PP très résistant au stress-cracking.
- L'absorption d'eau par le PP est très faible.
- Bonne inertie chimique.
- Très sensible aux rayons ultraviolets en présence d'oxygène.

II.4.5. Morphologie du polypropylène

Le polypropylène est un polymère semi-cristallin, il s'agit donc d'un polymère cristallisable composé d'une phase amorphe (disposition aléatoire des atomes ou molécules) et d'une phase cristalline (état ordonné dans lequel les atomes ou les molécules sont repartis d'une façon périodique). La configuration est illustrée par **la Figure II.3 [18]**.

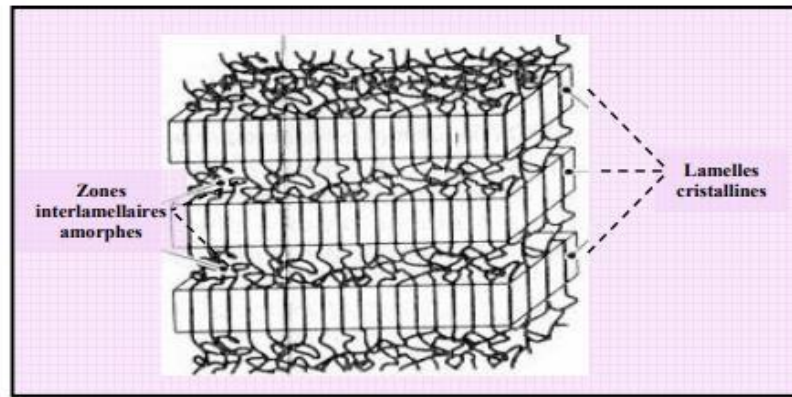


Figure II.4 : Lamelles cristallines et zones amorphes [18].

La phase cristalline est constituée généralement par des sphérolites dont la taille varie de quelques microns à quelques centaines de microns de diamètre, elles sont représentées par un arrangement radial des lamelles cristallines [19]. La structure semi-cristalline des polymères est représentée par **la Figure II.5**.

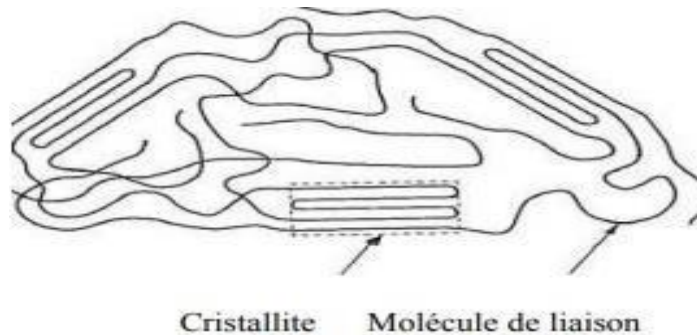


Figure II.5: structure semi-cristalline des polymères [19].

Cependant des procédés comme l'extrusion ou l'injection produisent des contraintes élevées dans la matière, qui est à l'origine des structures orientées non sphérolitiques.

II.4.6. Avantages et inconvénients du polypropylène

Les différents avantages et inconvénient du polypropylène sont rassemblés dans le tableau suivant [20] :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Excellentes propriétés en fatigue de flexion. • Non fissuration sous charge. • Qualité alimentaire. • Bonne inertie chimique. • Recyclable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible aux UV. • Collage difficile. • Soudage par haute fréquence. • Fissuration et fragilisation à basse température. • Perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau. • Non biodégradable.

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients du polypropylène [20].

II.4.7. Applications

Le polypropylène trouve une large utilisation dans différents secteurs grâce à ses nombreuses qualités et sa facilité de mise en forme tels que [16,17].

- Pièces industrielles
- Automobile : bonne résistance à la température et aux produits chimiques (Bacs de batteries, Pare chocs, Carrosseries moulées)
- Corps creux, tuyaux eau chaude, câbles.
- Emballages alimentaires (Bac, pot, couvercle, seau, ...).
- Articles ménagers.
- Les jouets.

II.5. Fibres naturelles

II.5.1. Présentation de la fibre naturelle

Il existe une grande variété de fibres naturelles classées en trois grandes familles selon leur nature (végétale, animale, minérale) (voir **Figure II.6**), dans le cadre de ce mémoire nous nous intéressons au type végétale.

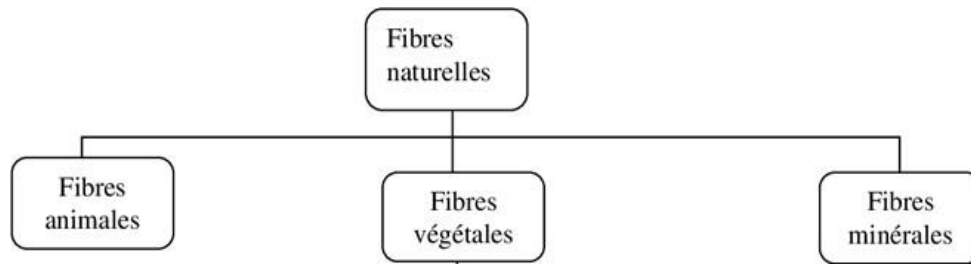


Figure II.6 : Classification des fibres naturelles [21].

II.5.2. Définition de la fibre végétale

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante [22,23].

II.5.3. Définition des algues

Les algues regroupent un ensemble de végétaux photosynthétique dans le cycle de vie se développent dans un environnement aquatique (eaux douces, eaux thermales, milieux marines), très diverses et dont l'appareille végétatif relativement simple est appelé « thalles », elles ont des formes, des couleurs et des dimensions très variables .Certaines sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur [24]. Les algues sont divisés en deux grandes catégories : les microalgues (invisibles à l'œil nu situées dans le plancton comme les cyanobactéries) et les macroalgues (visible à l'œil nu, se croissent surtout dans les eaux peu profondes, constitués d'algues vertes, brunes et rouges) [25].

II.5.4. Classification des algues

La classification des algues se fait selon des caractéristiques spécifiques telles que les composantes de la paroi cellulaire, les pigments présents [26]. En générale, les algues regroupent quatre groupes (**Chlorophyte, Rhodophyte, Chromophyte et Cyanobactérie**) qui sont différenciées par rapport à la couleur de leur pigments, et chaque groupe contient des centaines des espèces [27].

II.5.5. Compositions chimiques des algues

Les algues sont significativement différentes des plantes terrestres selon leur composition chimique, physiologique ainsi que leurs caractéristique morphologiques [28,29]. Les algues se composent généralement :

- De glucides, qui sont essentiellement sous forme de polysaccharides (agars carraghénanes chez les algues rouges, alginates chez les algues brunes, et Ulvanes chez les algues vertes). on trouve également le glucose, la cellulose, l'hémicellulose et la pectine en faible proportions.
- De protéine dont la teneur varie en fonction de l'espèce, des saisons et des conditions environnementales.
- D'une faible quantité de lipides, environ 0,9 à 5,2% du poids sec. Ainsi que des composés phénoliques,
- De forte teneur en minéraux : Potassium, Chlore, Calcium, Magnésium, Soufre, Phosphore, Iode, Fer, Cuivre, Manganèse et de nombreux autres oligo-éléments.
- Des vitamines (A, B1, B2, B6, B12, C, E, K)
- des pigments : caroténoïdes, chlorophylles a et b,.....

II.5.6. Utilisation des algues

Les algues ont été utilisées depuis l'antiquité, au début dans l'alimentation des populations. Les pays asiatiques sont les principaux consommateurs des algues marines 16 million de tonnes d'algues ont été consommés dont 15,8 millions issu de l'algoculture pour l'année 2010 [30]. Grace à la diversité et la richesse de ses composants les algues marines sont utilisées dans plusieurs domaines en (alimentation, industrie Agro-alimentaire, Médecine pharmaceutique, cosmétiques et agriculture).

Les algues sont utilisées dans les autres domaines tels que : Fabrication des colles, peinture, isolants thermique et biocarburants, Production d'hydrogène H₂, Epuration des eaux usées par la fixation des métaux lourds (plomb, mercure...), Modifications des algues par des ions de zinc pour des applications antibactériennes [31].

II.5.7. Descriptif de l'espèce *Cystoseira*

Cystoseira est une algue érigée de couleur brune dont les thalles peuvent atteindre 40 cm de hauteur. Cette espèce est fixée au substrat par une base encroûtante étendue, d'où partent plusieurs axes dressés (thalle cespiteux). Ces axes sont cylindriques à sommet épineux à peine saillant et mesurent de 2 à 15 cm de hauteur. Ils produisent des rameaux primaires caducs, cylindriques et souvent sinueux, pouvant atteindre 30 cm de longueur qui portent des rameaux secondaires beaucoup plus courts, disposés irrégulièrement et eux-mêmes divisés [32].

Tous ces rameaux sont couverts de nombreux ramules courts spiniformes assimilés à de petites feuilles [33]. Les rameaux primaires, très flexibles, suivent le mouvement des vagues. Lorsqu'ils sont émergés, ils s'étalent sur la roche. Les jeunes rameaux et les extrémités de l'algue ont souvent une iridescence bleu-vert. L'algue est couverte de petites cryptes pilifères dispersées [34].

L'algue utilisée dans cette étude est une algue brune de l'espèce *Cystoseira*. Le choix de cette l'algue est porté beaucoup plus sur sa disponibilité sur nos côtes (côtes de Bejaia).

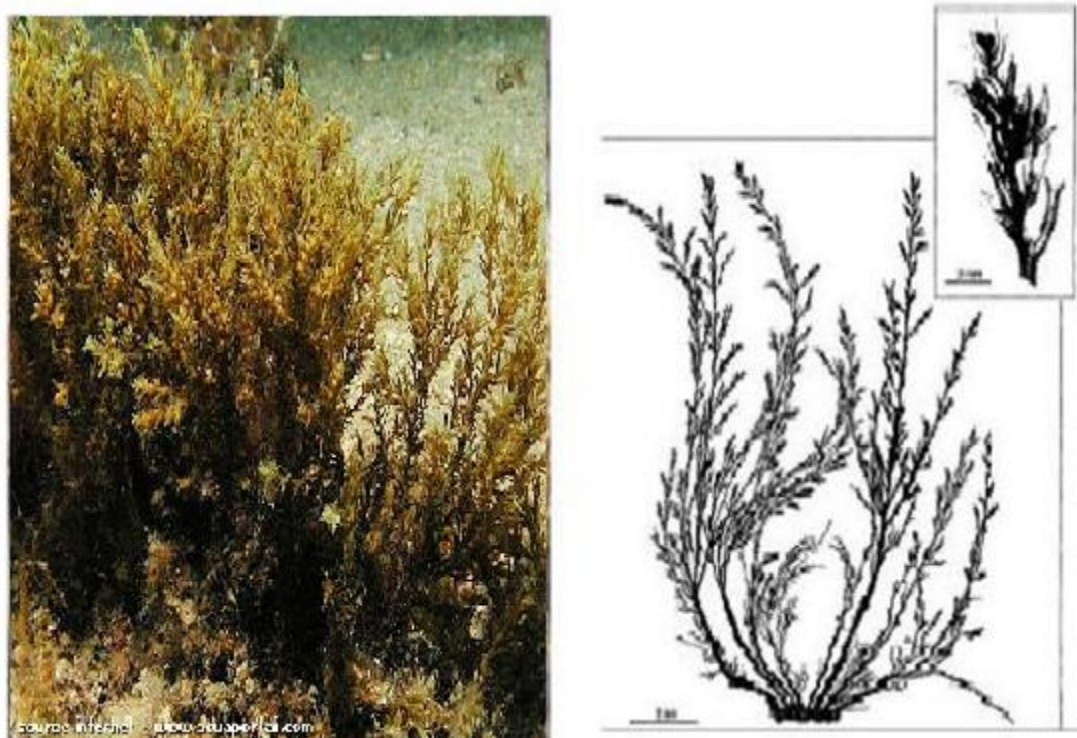


Figure II.7 : photo de *Cystoseira stricta* à gauche, aspect général de *Cystoseira stricta* d'après Verlaque (1995) à droite

II.6. Agent dispersant

Les agents dispersants sont des substances qui sont employées en petite quantité formant des ponts moléculaires à l'interface de deux substrats qui sont habituellement mais pas exclusivement une charge inorganique et une matrice polymérique organique.

Ils peuvent être utilisés pour modifier au préalable la surface de la charge, comme ils peuvent être additionnés durant le mélange avec le polymère et la charge. Les deux approches ont des avantages et des limites et sont largement utilisées [35].

Les agents dispersants favorisent la dispersion des charges et sont susceptibles de modifier les interactions entre les charges et la matrice avec l'objectif d'améliorer les propriétés mécaniques des composites par rapport au matériau pur [36].

Ils peuvent modifier les propriétés telles que l'allongement à la rupture, la flexibilité et la mouillabilité.

Ce rôle réside aussi dans la diminution de la tension inter faciale entre les différentes phases, ce qui favorise une meilleure dispersion [37].

II.7. Quelle que travaux de recherches sur des composite à base de PP

Thio et col auteurs [38]. Montrent que pour le polypropylène, le module d'Young augmente en présence d'une adhésion charge/matrice forte alors que la résistance au choc diminue.

Raj et all [39] ont étudié l'influence du traitement de la surface du renfort fibreux par l'acide stéarique et l'huile minérale (agent mouillant) et d'agent de couplage (éthylène maléique) sur les propriétés des composites polypropylène/fibres cellulosiques. La résistance à la traction et le module des composites ont augmenté avec le taux de fibres, lorsque l'acide stéarique et l'huile minérale sont utilisés à une concentration de 1% en masse durant la transformation. L'acide stéarique a montré une meilleure amélioration de la dispersion des fibres dans les composites comparé à l'huile minérale.

Bledzki et all [40] Ont mène des études Sur des composites PP/abaca, PP/lin et PP/jute, et ont démontré que les propriétés mécaniques s'améliorent jusqu'à 40% de fibres et se détériorent ensuite, probablement du fait d'une plus mauvaise distribution des fibres à taux élevé.

Sui et al [41] ont étudié le renforcement du polypropylène PP avec des fibres d'écorce de Tournesol en poudre à 5% en masse. Ils se sont intéressés aux propriétés thermiques et mécaniques de ces composites et ils les ont comparées à leurs semblables avec de l'argile modifiée. Ils ont eu recours à l'extrusion pour produire les granulés de composites qui ont été par la suite mis en œuvre par compression. Les auteurs ont constaté que les fibres d'écorce de Tournesol peuvent être dispersées uniformément dans la matrice PP avec l'extrusion. Cette étude a mené à la conclusion que les fibres de tournesol augmentent les propriétés mécaniques des composites comparées au polymère PP brut et au polymère renforcé avec de l'argile modifiée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]: H. M. Wang, et al., "Removing Pectin and Lignin During Chemical Processing of Hemp for Textile Applications," Textile Research Journal, 2003.
- [2]: A. K. Bledzki and J. Gassan, "Composites reinforced with cellulose based fibres," Progress in Polymer Science, vol. 24, pp. 221-274, 1999.
- [3] : M. Tahar, «Etude de l'Endommagement dans un composite stratifié » , mémoire de Magister , Université Abd Elhamid iben badis de Mostaganem ,2012.
- [4] : R. Zahi, «Comportement dynamique des rotors à arbre conique en matériaux composites », Thèse de doctorat, Université Djilali Liabés de Sidi Bel Abbes, 2018.
- [5] : A. Lakhdari, « Modélisation en Volumes Finis de CND des Matériaux Faiblement Conducteurs par Courants de Foucault et de Déplacement », Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, 2019.
- [6] : N. Ghebrid, « Etude des problèmes de conduction thermique dans un matériau composite à matrice polymère pigmenté de dioxyde de Titane », Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1,2018.
- [7] : T.Achour, «Étude des techniques des réparations des structures composites endommagées», Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, 2011.
- [8] : E.Papirer, Caoutchoucs et plastiques », 81, 592-598, « Interaction charge-polymère en relation avec les problèmes de renforcement ».1976.
- [9] : M. Dounia, Contribution à l'étude des propriétés électriques dans les matériaux hétérogènes, Thèse de doctorat, Électronique, Constantine, Université mentouri de constantine, ,P 4-5,2011.
- [10] : L.Mascia, « The role of additives in plastics », Edward. Arnold, London, 1974.
- [11] : C.A.Naudin, C.Clozza, Techniques de l'ingénieur, « Charges », A 3320, Paris, 2004.
- [12] : H. B. LY, « Nouveaux matériaux composites thermoformables à base de fibres de cellulose », Thèse de doctorat, Institut national Polytechnique de Grenoble, France,218p, (2008)
- [13] : S. Fuzessery, « Polypropylène ». Techniques de l'ingénieur, Paris, , N° : A3 32,1991,
- [14] : J. Renard, « Elaboration, Microstructure Et Comportement Des Matériaux Composites A Matrice Polymère », Lavoisier, Paris, 2005.

- [15] : H.H. Kausch, N. Heymans, C.J. Plummer, P. Decroly, « Traité Des Matériaux, Vol. 14. Matériaux Polymères : Propriétés Mécaniques Et Physiques », Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2001.
- [16] : M. Carrega, « Matériaux industriels, matériaux polymères », Dunod , Paris, 2000.
- [17] : L. David, S. Etienne, « Introduction à la physique des polymères », Dunod, Paris, 2002.
- [18] : C. Duval : « Techniques de l'ingénieur : Polypropylène », AM3. 320, 1991.
- [19] : N. Temimi-Maaref, « Comportement thermomécanique et rupture de polypropylènes : étude expérimentale et modélisation », Thèse de Doctorat, Ecole Supérieure des Mines de Paris, 2006.
- [20] : J. Renard, « Elaboration, Microstructure Et Comportement Des Matériaux Composites A Matrice Polymère », Lavoisier, Paris, 2005.
- [21] : P. Saha et al. « Enhancement of tensile strength of lignocellulosic jute fibers by alkalisteam Treatment. ». Bioresource Technology., Vol. 101, , pp. 3182–3187, 2010
- [22] : F. Michaud, ''Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique : Aptitude post formage'' thèse Phd, univ Laval, 2003.
- [23] : A. Y. Nenonene, ''Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kénaf et de bioadhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage'', thèse de doctorat de l'université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro ressources, 2009.
- [24] : JR. Durand, et C. Lévêque , .Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo Soudanienne, 1980
- [25] : J.M. Kornprobst , Substances naturelles d'origine marine : chimio diversité, pharmacodiversité, bio :inséparables. Ed : Tec et Doc Lavoisier .Vol 1-2. 1830 pages, 2005
- [26] : T. Memory, Biologie Module I, Diversité des algues et des plantes , p 45, 2006
- [27] : G. Lardiere, Etude structural des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* .université de Bretagne occidentale, 2004

- [28] : H.Jung, J. Jong-Ki, H. Sung, P.Dong.J S,Young-Kwon. Removal charéctéristiques of copper by marines macro-algae-derived chars .Chemical engineering journal, volume 217,1 February,pages 205-211, 2013
- [29] : H. Balusson. Ulves Valorisation Nutrition Santé (ULVANS), présentation Gen2Bio Lorient,29 Mars 2012
- [30] : FAO. Annuaire statistique des pêches et de l'aquaculture 2008.Service des statistique et de l'information du départements des pêches et d'aquaculture, Rome,72 p , 2010
- [31] :T.A. Bastide, Savoir faire ancien et exploitation des algues en Bretagne.Ed :FRCIVAM.Bretagne.P17, 2006
- [32] : H. Dahmani,Étude du pouvoir antimicrobien des extraits brut d'algue *Cystoseira stricta* de la cote ouest algérienne (plage de Madrid). Mémoire de Master. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen,2014
- [33] : J.Cabioc'h, J.Y.Floch, A. Toquin, C. Boudouresque, A. Meinesz, M.Verlaque, M.Guide des algues des mers d'Europe, manche, atlantique, méditerranée, Les guides du naturaliste, Ed.Delachaux et Niestle, p272. 2006
- [34] : C.Delepine, C.F. Boudouresque, C. Fradaorestano, M.C Noailles, Asensia. Algues et autres végétaux marins.Fiche FAO d'identification des espèces pour le besoin de la pêches, Révision Méditerranée et mer noir,zone de pêche 37. Volume 1.Végétaux et invertébré ,1987
- [35] : S. LASMI, « Effets des taux de l'agent traitant et de l'agent compatibilisant sur les propriétés des nanocomposites Polypropylène /Silice », Mémoire de Magister en Génie des Procédés, Génie des Polymères, Sétif : Université Ferhat Abbas, Sétif ,121p,2014.
- [36] : A. BOUDAUD, « Effet de l'incorporation d'un agent de couplage sur les propriétés des nanocomposites PP / Silice fumée », Mémoire de Master en Génie des procédés, Matériaux polymères, Sétif, Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 62p , 2015.
- [37] : F. MESSAI, « Effet du taux de l'agent de traitement de surface et de compatibilisant sur les propriétés des composites à matrice thermoplastique /carbonate de calcium », Mémoire de Magister en Génie des Procédés, Génie des Polymères, Sétif : Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 116p,2015.

- [38]: Y. S.Thio, A. S. Argon and R. E.Cohen. « Role of interfacial adhesion strength on toughening polypropylene with rigid particles», p 3139-3147, 2004.
- [39]: R. G. Raj, B.V. Kokta, « Mechanical properties of surface-modified cellulose fiber—thermoplastic composites », Journal of Applied Polymer Science, Vol. 38, pp 76–87, 1989.
- [40]: A. K. Bledzki, A. A. Mamun, O. Faruk, « Abaca fibre reinforced PP composites and comparison with jute and flax fibre PP composites », Express Polymer Letters, Vol.1, pp.755-762,(2007).
- [41]: G. Sui, M.A.Fuqua, C.A.Ulven, G.H. Zhong, «A plant fiber reinforced polymer composite prepared by a twin-screw extrude», Bioresource Technology, Vol.101, (pp.1246-1251, 2009

ETUDE
EXPERIMENTALE

Chapitre III

III. Matériaux utilisés et techniques expérimentales

III.1. Objectif

Le but de cette étude est l'élaboration et la caractérisation d'un matériau composite à base de polypropylène renforcé avec une charge végétale d'algue brune. Dans ce travail, nous avons étudié l'évolution des propriétés structurales, mécaniques, et d'absorption d'eau des composites PP/algue en fonction du taux de farine d'algue et du traitement chimique de la surface de la fibre.

III.2. Matériels utilisés

III.2.1. Polypropylène

Le Polypropylène (PP) utilisé est sous forme granulé translucides du type Marlex HGZ 120SP fabriqué par la firme Marlex. Il est caractérisé par les propriétés suivantes :

Indice de fluidité: 12 g/10min ; Densité : 0,904 ; La température de fusion : 170-200 °C.



Figure III.1 : Les granulés du PP vierge.

III.2.2. Farine d'algue brune

La charge utilisée dans cette étude est la farine d'algue brune de l'espèce **cystoseira**.

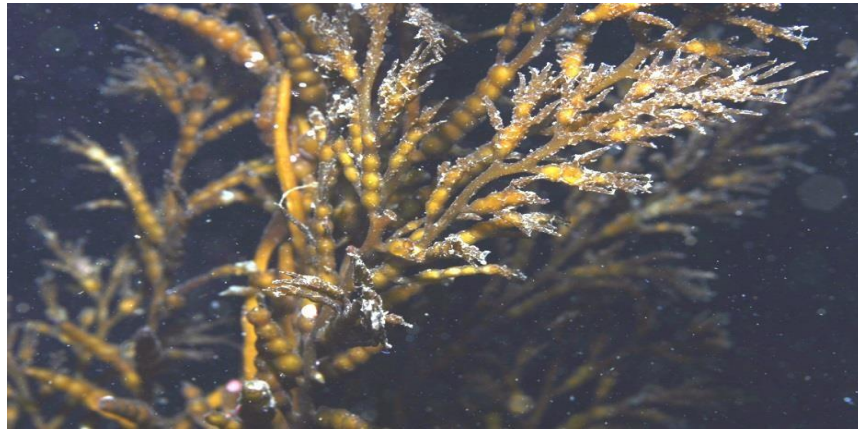


Figure III.2 : L'espèce cystoseira (algue brune).

Avant leurs utilisations, ces algues ont subi plusieurs prétraitements à savoir :

- **Tri :** Manuellement afin d'éliminer toute source de contamination (épiphytes, larves, crustacées, feuilles et autres espèces ...)
- **Lavage :** Les algues sont rincées deux fois à l'eau de robinet puis deux fois à l'eau distillée pour enlever toute sorte de contaminations : sables, insectes, composés solubles dans l'eau...
- **Séchage :** Les algues ont subi un séchage préliminaire à l'air libre pendant trois jours puis dans une étuve à 80°C pendant 24h afin d'évaporer l'eau.
- **Broyage et tamisage :** Les algues ont été broyées dans un broyeur de laboratoire et calibrée à travers un tamis de 250 μm . Puis conservés dans des sachets en plastique hermétiquement fermés.



Figure III.3 : Poudre d'algue obtenue.

III.2.3. Produits chimiques utilisés

Le méthanol ayant une pureté de 99% acheté auprès de la société chimique changshu yangvuan (jiansu, chine).

L'agent dispersant a été gracieusement fourni par byk-chemie dont les propriétés sont :

- Nom commercial : BYK-W 980
- Nature chimique composition : solution d'un sel de polyamine amidesinsaturés et d'acide polyester
- Acide indice (mg KOH/g) = 129

III.3. Elaboration des composites PP/algue

III.3.1. Formulations

Le polymère (PP) et la charge (farine d'algue) sont préalablement séchés à 80° C dans une étuve pendant 24 heures, afin d'éliminer la teneur en eau. Les différents pourcentages ont été pesés puis mélangés manuellement. Au totale six formulations ont été préparés (Tableau.III.1.)

Tableau.III.1.Composition de chaque formulation.

Formulations	PP (%)	Algue (%)	Agent dispersant (%)
PP vierge	100	0	0
PP/alg	80	20	0
PP/alg/BYK-W 980	80	15	5

III.3.2. Extrusion

Les formulations (PP, PP/Algue), sont introduites dans la trémie d'alimentation de la mini extrudeuse « Microcompounder DSM Xplore modèle 2005 ».

Ce microcompounder est constitué d'une chambre de capacité de 15 ml au sein de laquelle se trouvent deux vis co-rotatives coniques. Les conditions expérimentales sont ajustées selon la nature du thermoplastique utilisé.

La température de travail a été fixée à 180°C avec une vitesse de rotation de 50 tours/minutes et un temps de séjour de 6 minutes.

A la sortie de filière, la matière est récupérée sous forme de joncs, refroidis puis découpé en petit morceaux (granulés).



Figure III.4 : extrudeuse DSM Xplore.

III.3.3. Préparation des altères composites à base de PP

Des éprouvettes ont été produites par moulage par injection. Les conditions de manipulation sont regroupées dans le **Tableau III.1**:

Tableau III.2 : Conditions opératoires

Vitesse de rotation (tr/min)	100
Température de fusion (°C)	180
Temps de séjour (min)	8
Pression d'injection (bar)	7
Temps d'injection (s)	11
Masse (g)	12



Figure III.5 : Presse à injection.

III.4. Techniques de caractérisation

Les différents équipements de contrôle utilisés pour la caractérisation sont comme suit:

III.4.1. Caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR)

La spectroscopie en général est une méthode d'analyse basée sur l'étude des interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique.

L'infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF) est une méthode très efficace pour l'identification des molécules organique et inorganique à partir de leurs propriétés vibrationnelle (déformation, élongation).

Elle permet d'étudier les modifications de structure des polymères résultants des traitements chimiques, de dégradation ou de vieillissement de diverses origines.

Les spectres IRTF des différents échantillons, ont été enregistré en mode absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformé de fourrier (IRTF) de modèle SHIMADZU FTIR-8400 S, avec une résolution de 4 cm^{-1} dans l'intervalle $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ avec un nombre de scans de 32. L'analyse est réalisée sur des composites PP/Algue.



Figure III.6: Appareil d'analyse IRTF.

III.4.2. Essai de traction

L'essai de traction consiste à déterminer la déformation de l'éprouvette sous l'application d'une charge avec une vitesse définie. Cet essai permet de déterminer le module d'élasticité E (MPa) ou module de Young, la contrainte à la rupture (δ) et le l'allongement à la rupture (ε). Ces paramètres sont reliés entre eux selon les équations suivantes :

Avec :- E : module d 'Young ou module d'élasticité exprimé en MPa ou en GPa.

$$\sigma \text{ (MPa)} = \frac{F}{S} \quad \varepsilon \% = \frac{L - L_0}{L_0} \quad E \text{ (MPa)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

- δ : Contrainte à la rupture exprimée en MPa ou en GPa
- S : Section de l'éprouvette
- F : La force d'étirement exprimé en N
- ε : Allongement à la rupture, exprimé en %
- L : Longueur finale de l'éprouvette (mm)
- L_0 : Longueur initiale de l'éprouvette (mm).

Dans le présent travail, l'essai de traction a été effectué au niveau de l'unité de recherche de l'université de Sétif à température ambiante sur une machine de traction de marque « Zwick type ASTM D638 » piloté par un logiciel. La vitesse de traction est maintenue constante à 5 mm /min. en moyenne 3 essais ont été réalisés pour chaque formulation.

III.4.3. Microscopie optique

Les composites pp et pp/algue ont été imagés par microscopie optique leica dcm8 version complète de la métrologie de surface 3d, les échantillons ont été placés au niveau de la fracture et les résultats ont été obtenus sous forme d'images.

Chapitre IV

IV. Résultats et discussion

Les résultats obtenus des différents tests effectués, sont présentés et discutés dans ce chapitre. Nous avons étudié les caractérisations structurales par IRTF, optiques et l'évolution des propriétés mécaniques du composite en présence des fibres d'algues non traitées et traitées par un agent dispersant BYK W-980.

IV.1. Caractérisations structurales

IV.1.1. Analyse spectroscopique par Infrarouge à Transformée de Fourier

a) Analyse infrarouge de la fibre d'algue

La structure de l'algue non traitée et traitée avec agent dispersant BYK W-980 est analysée en transmission à partir des pastilles algue/KBr. Les spectres des algues sont représentés sur **la figure IV.1.**

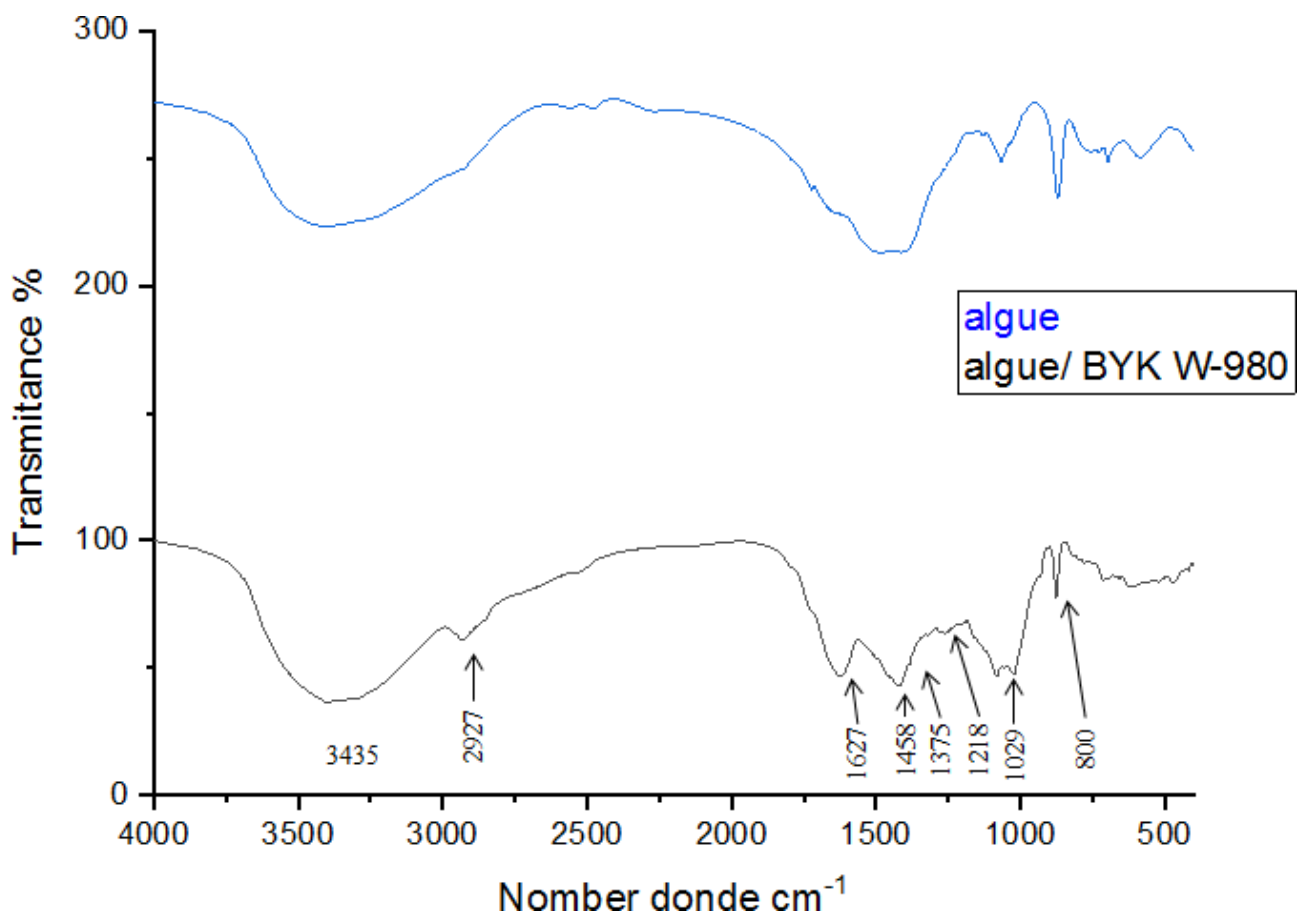


Figure IV.1. Spectres IRTF des fibres d'algues (alg) non traitées et traitées par un agent dispersant BYKW-980.

Si on observe soigneusement les spectres, on constate que le traitement de la fibre d'algue par agent dispersant W-980 ne semble pas trop modifier la forme générale du spectre.

On observe une large bande à 3435 cm^{-1} assignée à la vibration des groupements hydroxyles (-OH) liés, ces groupes peuvent venir de plusieurs composants qui possèdent un ou plusieurs groupes d'hydroxyles dans leur structure qui revient à les polysaccharides (alginate) qui sont riche en groupement hydroxyle, qui a faiblement diminué après le traitement. Une bande d'intensité moyenne vers 2927 cm^{-1} traduit les vibrations d'élongation des liaisons C-H du groupe -CH et $-\text{CH}_2$. La bande à 1627 cm^{-1} correspondant à la déformation (H-O-H) de l'eau absorbée par la fibre par suite à son caractère hydrophile. La bande à 1510 cm^{-1} correspond à la vibration d'élongation symétrique des liaisons C=C du noyau aromatique dans la fibre. Les bandes d'absorption se trouvant entre 1458 , 1425 et 1375 cm^{-1} sont essentiellement dues aux vibrations de déformation dans le plan des groupements CH_2 et CH_3 , contenus dans les structures du glucose, la cellulose, l'hémicellulose et la pectine qui sont faiblement diminuées après le traitement. Enfin, On remarque une diminution d'intensité du pic vers 800 cm^{-1} lié à la rotation et la déformation du groupement-OH.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **H. Ibrahim** et ses collaborateurs [1], **M. Mathlouthi** et ses collaborateurs [2]

b) Analyse infrarouge du PP, PP/alg et PP/alg/BYK W-980

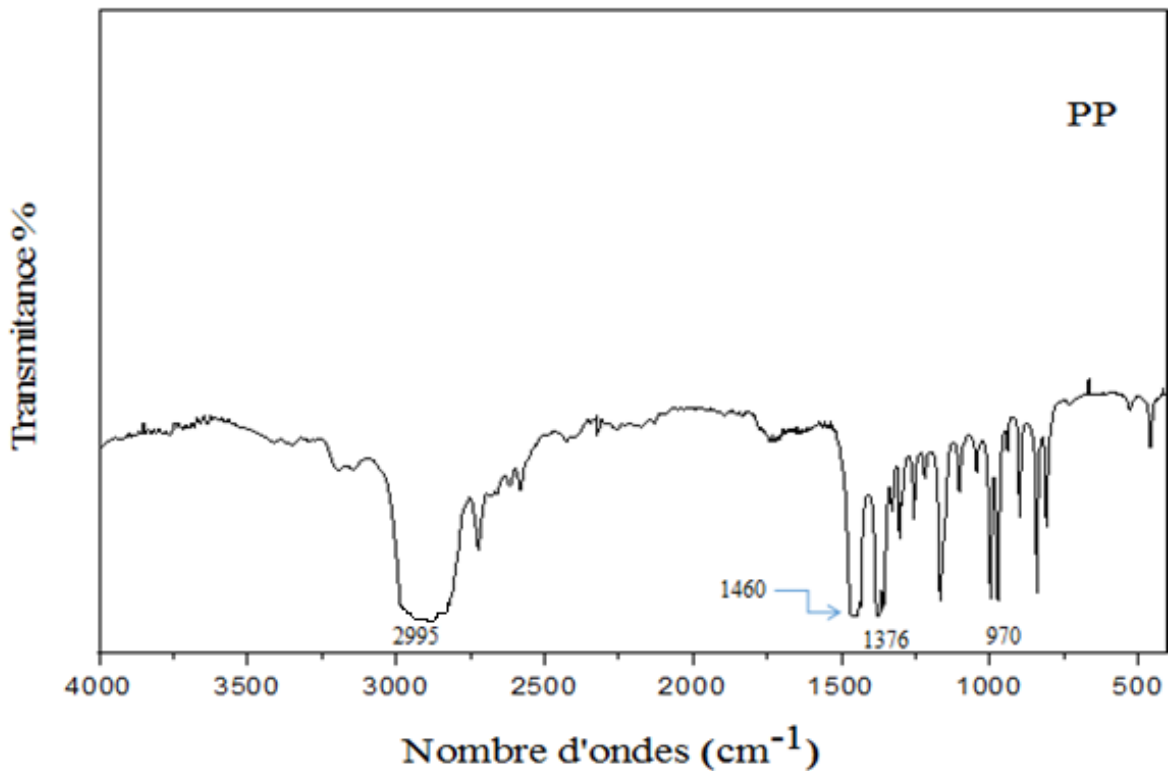


Figure IV.2. Spectre IRTF du PP.

Le spectre du PP laisse apparaître une large bande s'étalant entre 2995 et 2820 cm^{-1} et qui est assignée aux vibrations d'élongation symétriques et asymétriques des liaisons C-H dans les groupes CH_3 et CH_2 . La bande à 1460 cm^{-1} est attribuée à la déformation asymétrique des C-H du CH_3 et au cisaillement symétrique des liaisons C-H des CH_2 . La bande de vibration qui apparaît vers 1376 cm^{-1} est attribué à la déformation symétrique des liaisons C-H dans les groupements CH_3 se trouvant en bouts de chaînes hydrocarbonées du PP. La bande à 970 cm^{-1} représente les déformations par balancement des C-H des groupes méthylènes polymériques [3,4].

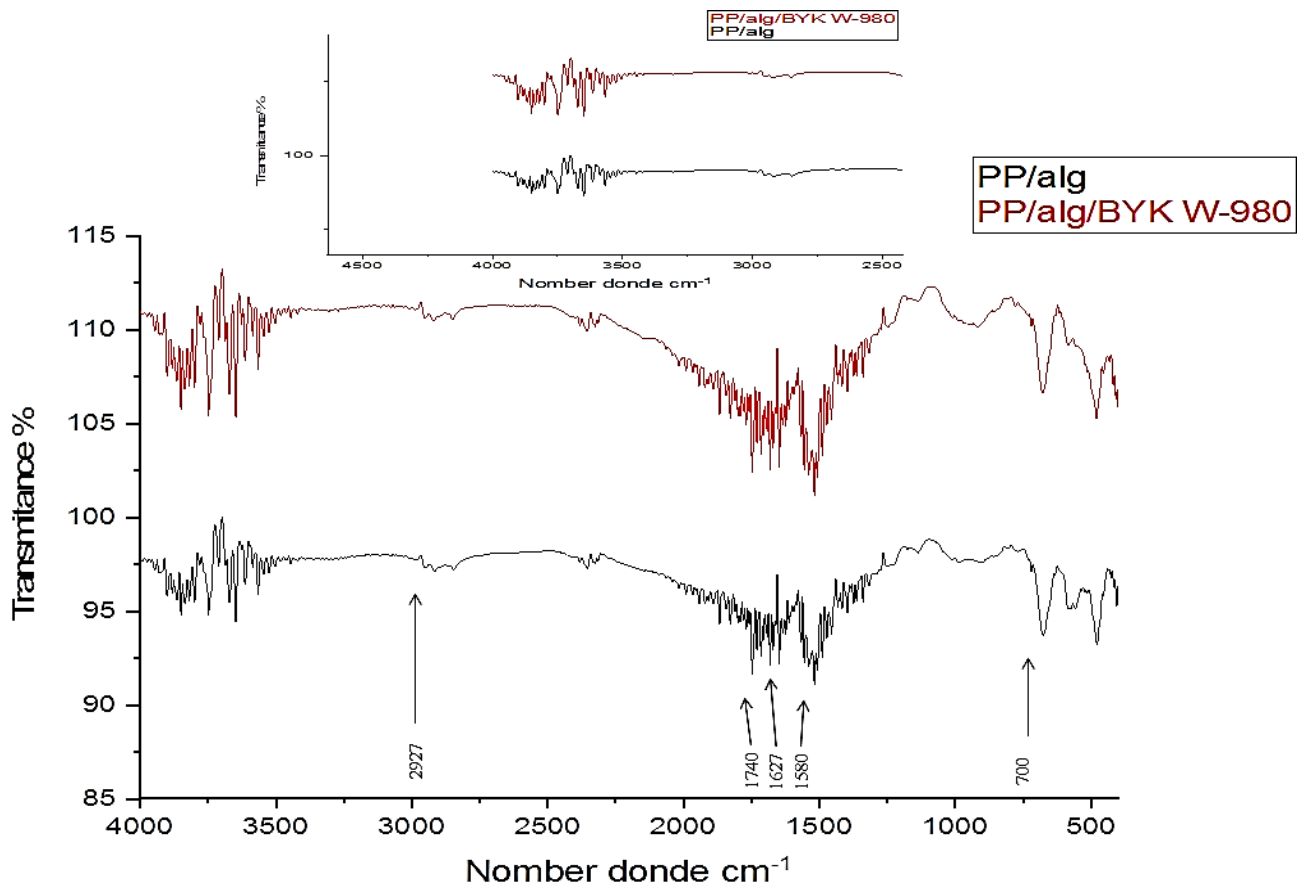


Figure IV.3. Spectre IRTF du PP/alg , pp/alg/BYK W-980

Par ailleurs, les spectres du PP/alg et PP/alg/BYK W-980 illustrés dans **La figure IV.3**, sont identiques à celui de PP.

On remarque une bande caractéristique du groupe carbonyle de l'algue à 1580 et 1740 cm^{-1} synonyme peut être de greffage de la charge sur les chaînes de PP.

D'autre part, le spectre IRTF du PP/alg/BYK W-980 montre une très légère augmentation de l'intensité des bandes à 1627 cm^{-1} et 500-700 cm^{-1} par rapport au PP/alg. Cela s'explique par l'effet de traitement par l'agent dispersant, le complexe charge/dispersant est bien lié à la matrice [5].

Par suite à l'apparition de la bande de vibration, sur les spectres des composites, située aux alentours de 2927 cm^{-1} de la liaison de C-H de groupement (-CH₂-), met en évidence la possibilité de la dispersion de la charge dans les chaînes de PP.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **W.H. Ferreira** et ses collaborateurs [3], **Y. Dong** et ses collaborateurs [4], **R. NEMRI** et ses collaborateurs [5].

IV.2. Caractérisation mécanique

IV.2.1. Essai de traction

Les propriétés mécaniques en traction des composites PP/alg, PP/alg/ BYK W-980 et du PP vierge, sont représentées sur **les figures IV.4 Et IV.5**

D'après les résultats de la contrainte à la rupture en fonction d'ajout de charge d'algue et d'algue traitée par l'agent dispersant BYK W-980, on observe une diminution de la contrainte à la rupture en fonction du l'ajoute de fibres avec et sans agent de dispersant. Cela peut être attribué à la mauvaise répartition des fibres dans la matrice polymérique. De plus, l'incompatibilité entre la matrice du PP apolaire et la fibre d'algues polaire, diminue l'adhésion entre les deux phases, ce qui fragilise le système et provoque une diminution de la contrainte à la rupture des composites.

L'évolution de la déformation à la rupture des composites PP/alg et PP/alg/ BYK W-980 est illustrée sur **la figure IV.5**. D'après la figure, on note que la déformation à la rupture des composites est nettement inférieure à celle du PP. Ceci est expliqué par l'augmentation de la rigidité des composites avec l'incorporation de la fibre, et par conséquent, une diminution progressive de la déformation du composite PP/alg.

On observe aussi que les composites à fibres traitées par agent dispersant présentent des propriétés mécaniques meilleures que celles à fibre non traitée. Ces propriétés mécaniques sont liées à l'adhésion entre la matrice polymérique et la charge végétale sous l'effet de la dispersion de la fibre d'algues. L'agent dispersant BYK W-980 impliquait un effet positif sur la contrainte à la rupture et la déformation à la rupture par rapport à celle du PP/alg.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvé par **V. Fiore** et ses collaborateurs [6].

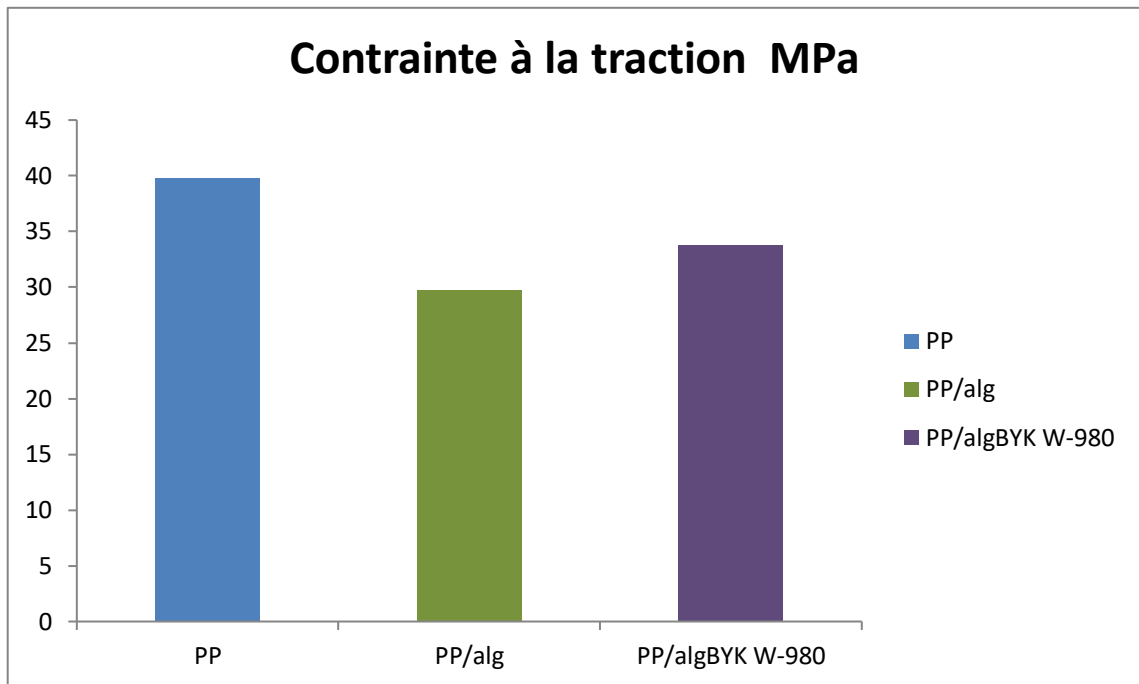


Figure IV.4. Contrainte à la traction des composites à base de PP chargés : algues traitées et non traitées et de PP vierge.

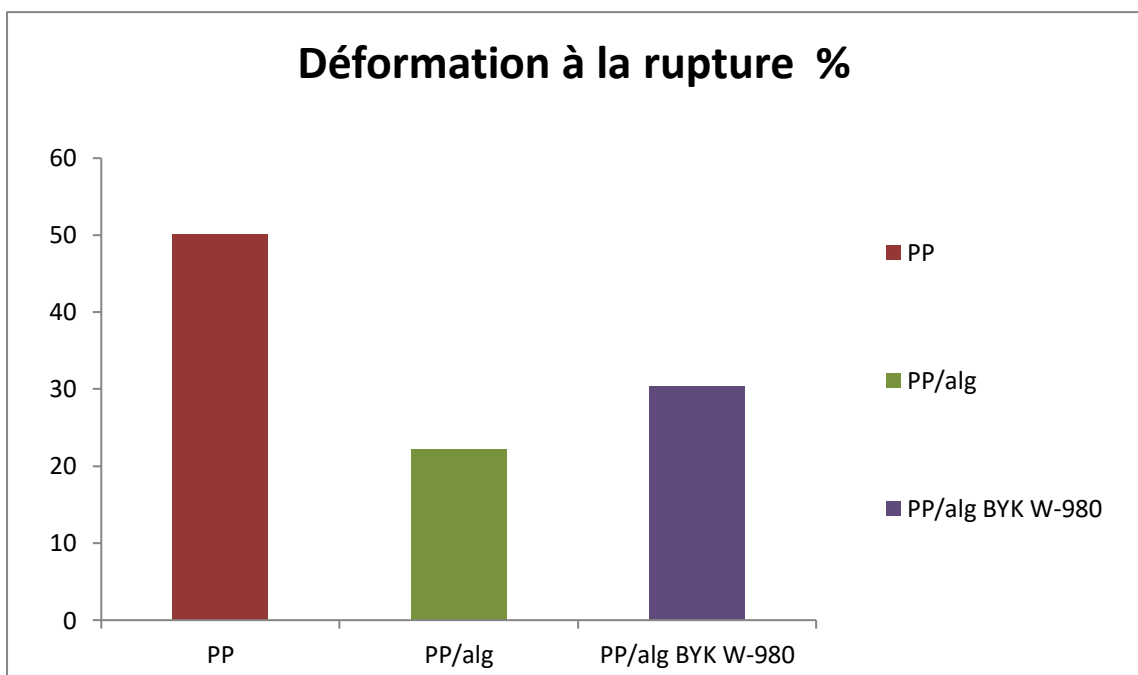


Figure IV.5. Déformation à la rupture des composites à base de PP chargés ; algues traitées et non traitées et de PP vierge.

IV.3. Caractérisation des composites PP/alg, PP/alg/ PYK W-980 et du PP vierge par la microscopie

Les micrographies (a, b et c) illustrés sur les figures IV.6. Représentent des surfaces morphologiques à la rupture des composites PP/alg, PP/alg/ BYK W-980 et du PP vierge respectivement.

Il est clair qu'il y a une différence entre les surfaces morphologiques des différents échantillons, nous observons un changement de couleur dans le cas du composite par rapport au pp vierge en raison de l'ajout de charge. Les échantillons PP/alg et PP/alg/ BYK W-980 ont une surface irrégulière par rapport au PP vierge (figure IV.6.a).

L'examen de la surface à la rupture des composites PP/alg à fibres non traitées (figure IV.6.b) montre une morphologie irrégulière et des vides entre la fibre et la matrice. Aussi, les fibres apparaissent sous forme des tâches claires sur un fond sombre formant la matrice, ce qui crée plus d'irrégularités sur la surface. Ceci est principalement lié à un mauvais enchevêtrement. Ces observations sont en accord avec ceux observées par H. Ibrahim et al [01].

En plus, on note que les composites sans agent dispersant donnent à la surface une rugosité plus élevée que les composites avec l'agent dispersant (figure IV.6.c).

Cependant, la figure IV.6.c montre que les composites PP/alg/ BYK W-980 ont une surface lisse et régulière par rapport à celle des composites PP/alg,

D'après ces résultats, il est clair que l'utilisation de l'agent dispersant diminuent la rugosité de surface des composites. Ceci est attribué à l'amélioration de la dispersion de la fibre traitée dans la matrice.

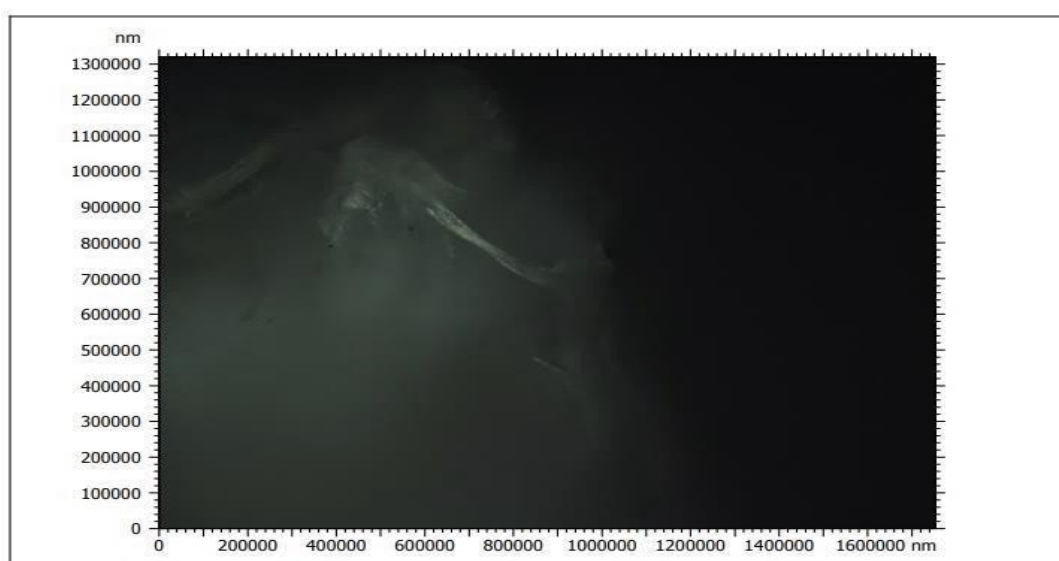


Figure IV.6. a. Microscope optique de la surface de fracture du PP.

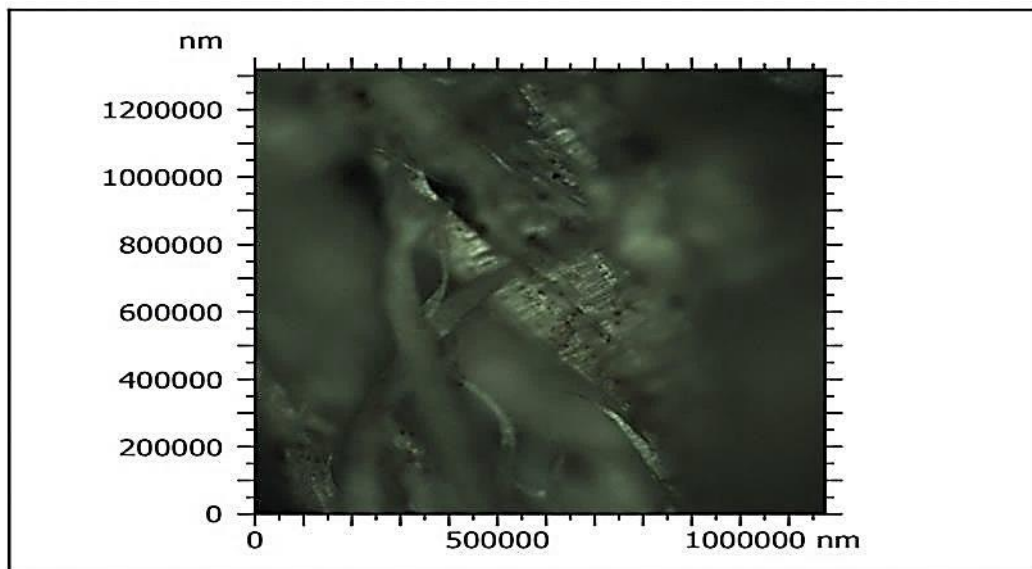


Figure IV.6.b. Microscope optique de la surface de fracture du PP/alg.

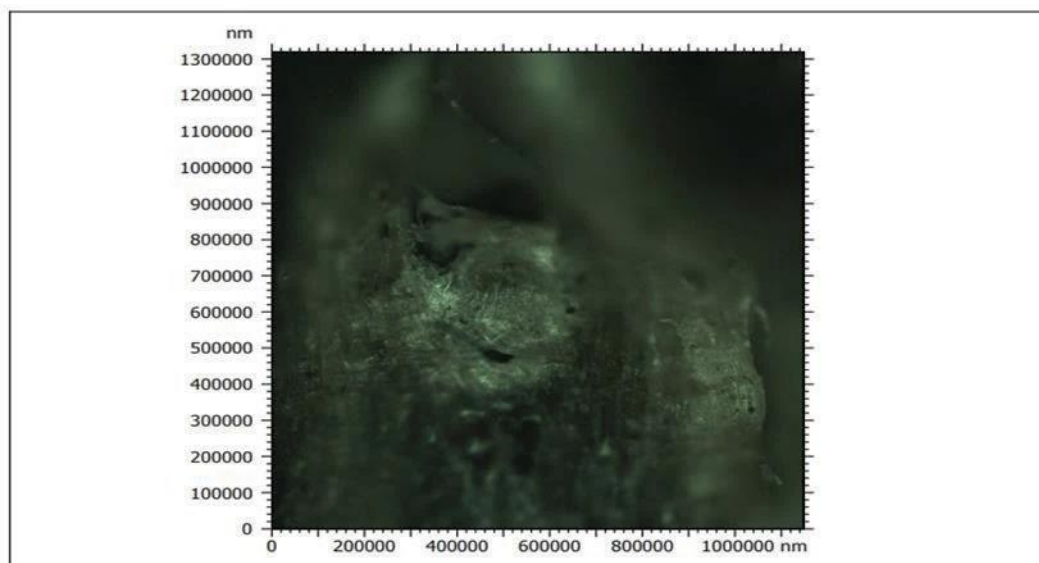


Figure IV.6.c. Microscope optique de la surface de fracture du PP/alg /BYK-980.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]: H. Ibrahim, D. Hammiche, A. Boukerrou, C. Delaite, Mater. Today Proc. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.120>, 2020.
- [2]: M. Mathlouthi, J.L. Koenig. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 44, 7–66, advanced in carbohydrate 1986.
- [3]: R. NEMRI « Effet de traitement thermique de l'iPP et de l'iPP ramifié chimiquement » Mémoire de Master, Université de Sétif, 59 P, 2012.
- [4]: W.H. Ferreira, R. Rachel, R. Khalili, J.M. Mario, Figueira Junior, CT. Andrae. Effect of organoclay on blends of individually plasticized thermoplastic starch and polypropylene. Industrial Crops and Products 52, 38–45, 2014.
- [5]: Y. Dong, J. Marshall, H. J. Haroosh, S. M. Z. Adam, D. Liu, X. Qi, K. T. Lau, Compos. Part A Appl. Sci. Manuf, 76, 28, 2015.
- [6]: V. Fiore, L. Botta, R. Scaffaro, A. Valenza, A. Pirrotta. PLA based biocomposites reinforced with Arundo donax fillers. Compos Sci Technol. 105:110e7, 2014.

Conclusion

Conclusion générale

Une matrice PP, des fibres d'algues non traitées et traitées avec un agent dispersant W-980 ont été utilisées pour développer des composites. Les propriétés mécaniques, optiques et structurelles ont été étudiées et comparées.

Les résultats infrarouges ont montré que la structure des algues avait changé après le processus de traitement. Cette évolution s'est traduite par la diminution du pic à 3408 cm^{-1} après le traitement correspondant au groupe -OH.

La microscopie optique montre que le traitement a amélioré la dispersion de l'algue dans la matrice PP, ainsi que l'adhésion interfaciale.

Les propriétés mécaniques ont été étudiées par l'essai de traction. Cette étude révèle que l'incorporation de poudre d'algues dans la matrice PP augmente la rigidité des composites ainsi que la contrainte et l'allongement à la rupture augmentent après le traitement par rapport au PP pur et au PP/alg.

Perspectives

PERSPECTIVES

Les résultats obtenus ouvrent de nombreuses perspectives et compléments d'expérimentation. En effet, pour la poursuite de ce travail, nous avons formulé les perspectives suivantes :

- D'effectuer une analyse Thermogravimétrique (ATG).
- Faire une étude morphologique par microscopie électronique à balayage (MEB).
- Faire une analyse calorimétrique différentielle (DSC).

Résumé :

Les matériaux composites à base de fibres végétales ont attiré une attention de plus en plus grande en raison de leur faible coût, leur biodégradabilité, leur disponibilité et leur facilité de mise en œuvre. L'objectif principal poursuivi au cours de ce travail est d'élaborer et de caractériser un matériau composite à base de polypropylène renforcé par les fibres d'algues. Les composites polymère/algue ont été préparés par extrusion et ont été moulés par injection. L'étude s'est essentiellement basée sur la mise en évidence des effets de l'ajoute des charges et l'utilisation d'un agent dispersant de BYK W-980 sur les propriétés structurales, mécaniques et morphologiques des composites. Les résultats de ce travail ont montré que les algues peuvent être utilisées comme charge dans la préparation de composites et qu'il est possible de jouer sur le taux de charge et de l'agent dispersant pour améliorer certaines propriétés ciblées pour toute application spécifique.

Mots clés : Algue ; composites; polypropylène ; propriétés mécaniques; agent dispersant.