



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

Domaine: Sciences de la Matière  
Filière: Physique  
Spécialité: Physique des matériaux

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :  
Rezgui Rokia & Rezgui Djamila

Le : 04 juillet 2019

**Titre : Influence des fibres naturelles sur les propriétés mécaniques et dynamiques des composites à base de PVC (cas DPLF- noix d'olives).**

---

### Jury :

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

Année universitaire : 2018/2019

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon très chère père,*

*Ma très chère mère,*

*Mes très chers frères « Mohamed et Farouk »*

*Mes très chère sœur « Hanan, Anissa, fairouz et  
Charihane »*

*Toute ma famille surtout Mes cousines « Nour El houda  
et Fifi »*

*Et toute mes amies*

*R. Roguia Bent Djmoui*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon très chère père,*

*Ma très chère mère,*

*Mes très chers frères « Warad et Taki eldine »*

*Ma très chère sœur « Chahra, Mayssa et Hana »*

*Toute ma famille surtout Mes cousines « Sawsan,  
Hafciya et Hadjar »*

*Et toute mes amies*

*R, Djamila*

## REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui il nous a donné le courage et la vaillance pour terminer ce travail.*

*Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidés à élaborer ce mémoire et en particulier mon promoteur «Yaucef Lakhdar »*

*Nous remercions également les membres du jury «Pr. Meghezzi Ahmed et Dr. Slimani Mohamed, pour l'honneur qu'il nous en fait en acceptant de juger ce modeste travail.*

*Nous remercions la direction du laboratoire de recherche en chimie appliquée LCA «Pr. Meghezzi Ahmed» pour Bonne réception.*

*Nous remercions nos enseignants surtout « Pr Chala Abdelouahad », « Pr Wahab Abde Lwahab », Hayet Benmachiche, nos remerciements s'adressent également à Mme Loucif Amina, Responsable du service du laboratoire d'analyse de L'ENICAB Biskra, pour sa collaboration et ses précieux conseils.*

## Sommaire :

Résumé.....	1
Sommaire.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	
Introduction générale .....	1

## Chapitre I : Généralités sur les polymères

I.1 : Introduction .....	2
I.2 : Historique .....	2
I.2.1 : Le développement historique des polymères.....	2
I.3 : Définition .....	3
I.4 : Type des polymères.....	3
I.5 : Classification des polymères .....	5
I.5.1 : Selon leur nature chimique .....	5
I.5.2 : Selon l'origine .....	5
I.5.3 : Selon leur domaine d'application.....	6
I.5.4 : Selon la structure des chaînes.....	6
I.5.5 : Selon leur comportement thermique .....	8
I.5.6 : Selon l'importance économique.....	10
I.6 : Propriétés des polymères .....	11
I.6.1 : Propriétés thermiques.....	11
I.6.1.2 : La température.....	11
I.6.2 : Propriétés mécaniques .....	11
I.7 : Principaux avantages .....	12

## Chapitre II : mélanges et composites à base de PVC

II : Introduction.....	13
II.1 : Le polychlorure de vinyle (PVC).....	13
II.1.1 : Définition.....	13
II.1.2 : Formule moléculaire.....	13
II.1.3 : Préparation .....	14
II.1.4 : Production.....	14

II.1.5 : Caractéristiques du PVC.....	15
II.1.6 : Propriétés .....	15
II.1.6 .1 : Propriétés physiques et mécaniques .....	15
II.1.6.2 : Propriétés chimiques .....	15
II.1.6.3 : Propriétés électriques.....	16
II.1.6.4 : Propriétés thermiques .....	16
II.1.6 .5 : Propriétés dimensionnelles .....	16
II.1.6.6 : Comportement au feu .....	16
II.1.6.7 : Technique de mise en œuvre .....	17
II .2 : Les matériaux composites .....	17
II.2.1 : Définition .....	17
II .2.2 : Renforts .....	17
II .2.2.1 : Les fibres.....	18
II .2.2.2 : Les Différents types de fibres .....	18
II.2.2.3 : Fibres naturelles .....	18
II .2.2.4 : Rôle des fibres.....	21
II.2.3 : Autres additifs .....	21
II. 2.3.1 : Noyau de dattes.....	21
II. 2.3.1.1 : Définition .....	21
II. 2.3.1.2 : Composition chimique du noyau.....	21
II.2.3.1.3 : Utilisation des noyaux de dattes .....	21
II.2.3.1.4. Caractéristiques des graines de Dattes (Deglet Nour).....	21
II .2.3. 2. Grignons d’olives.....	22
II .2.3.2 .1 : Définition.....	22
II .2.3.2.2 : Les types des grignons d’olives.....	22
II .2.3.2.3 : Caractéristiques des grignons d’olives .....	23
II.2.3.2.4 : L’utilisation des grignons d’olives.....	24
II. 2.4 : Les matrices.....	24

### **Chapitre III : Techniques expérimentales**

III : Introduction.....	25
III.1.Préparation des mélanges et des composites.....	25
III.11 :.Matériels et produits.....	25

III.1 : 2. Traitement chimique des fibres de palmier dattier .....	25
III.1. 2 .1 Traitement par NaOH .....	26
III.1. 2 .2 Traitement par silane le $\gamma$ -méthacrylopropyl triéthoxysilane (MPS).....	27
III.1 .3: Préparation la farine des noyaux d'olives (noyaux de dattes).....	28
III.1. 4 Calandrage .....	28
III. 1.5: moulage des composites .....	29
III .2 : Méthodes d'analyses .....	30
III.2 .1 : Technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	30
III.2 .2 : Analyses morphologiques par MEB .....	31
III.2 .3 : Analyse mécanique dynamique (DMA) .....	32
III.3 : Caractérisations des mélanges.....	33
III.3.1 : Tests mécaniques .....	33
III.3.1.1 : Test de traction .....	33
III.3.1 : 2Dureté shore A .....	33
III.3.2 : Étude thermique.....	34
III.3.2.1 : Stabilité thermique.....	34

## **Chapitre VI : Résultat et interprétation**

VI.1 : Étude des compositions PVC- Fibre 15%.....	35
VI.2 : Étude spectroscopique des diverses compositions.....	39
VI.3 : Composites PVC + noix d'olives.....	40
VI.3.1 : Résistance à la rupture.....	40
VI.3.2 : Allongement à la rupture .....	41
VI.3.2 : Les images de la micrographie MEB.....	42
VI.3.3 : La dureté Shore A.....	42
VI.4 : Analyse mécanique dynamique des compositions à base de PVC .....	44
VI.4.1 : Étude de la transition vitreuse ( $T_g$ , °C).....	44
VI.4.2 : Analyse du domaine viscoélastique ou caoutchouteux des compositions.....	45
Conclusion.....	50
Annexe .....	

<b>Liste des figures</b>	
<b>Figure I. 1</b> : Représentation de la chaîne d'un polymère linéaire.....	7
<b>Figure I. 2</b> : Représentation schématique d'un polymère bidimensionnel : le carbone graphite.....	7
<b>Figure I.3</b> : Représentation schématique d'un polymère tridimensionnel.....	8
<b>Figure I.4</b> : Représentation schématique d'un polymère thermoplastique.....	9
<b>Figure II.1</b> : Synthèse du polychlorure du vinyle.....	13
<b>Figure II.2</b> : Polymérisation PVC.....	14
<b>Figure II.3</b> : Type de renfort.....	17
<b>Figure II.4</b> : Les matières naturelles animales, végétales et minérales.....	20
<b>Figure II.5</b> : Type de matrice.....	24
<b>Figure III.1</b> : Les feuilles des palmes sèches.....	26
<b>Figure III-2</b> : Les étapes de traitement DPLF par NaOH.....	27
<b>Figure III-3</b> : Les étapes de traitement DPLF par silane.....	27
<b>Figure III.4</b> : noyaux d'olives.....	28
<b>Figure III.5</b> : poudre noyaux d'olive .....	28
<b>Figure III-6</b> : Calandre SCHWABENTHAN de type «polymix 200P».....	29
<b>Figure III.7</b> : Presse hydraulique de marque «SCHWABENTAAN POLYSTAT 300».....	30
<b>Figure III.8</b> : Spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR8400S.....	31
<b>Figure III.9</b> : Microscope électronique à balayage MEB.....	32
<b>Figure III.10</b> : Analyse mécanique dynamique (DMA).....	32
<b>Figure III.11</b> : La machine de traction utilisée.....	33
<b>Figure III.12</b> : Le duromètre utilisé.....	34
<b>Figure III.13</b> : Stabilité thermique.....	34
<b>Figure VI.1</b> : Évolution des propriétés mécaniques des compositions PVC/Fibre.....	36
<b>Figure VI.2</b> : Évolution de l'allongement à la rupture des compositions PVC/Fibre.....	37
<b>Figure VI.3</b> : Évolution de la dureté Shore A des compositions PVC/Fibre.....	38
<b>Figure VI.4</b> : Spectre infrarouge de la composition PVC / fibre 15%.....	38
<b>Figure VI.5</b> : Spectre IR de l'huile DOP .....	39
<b>Figure VI.6</b> : Spectre IR du PVC vierge.....	39
<b>Figure VI.7</b> : Spectre IR de DPLF 15% .....	40



<b>Figure VI.8:</b> Spectre IR des noix d'olives.....	40
<b>Figure VI.9 :</b> Évolution de la résistance à la rupture des compositions PVC/noix d'olives.....	41
<b>Figure VI.10 :</b> Évolution de l'allongement à la rupture des compositions PVC/noix d'olives.....	42
<b>Figure VI.11:</b> Micrographies MEB .....	42
<b>Figure VI.12 :</b> Micrographies MEB.....	42
<b>Figure VI.13 :</b> Évolution de la dureté Shore A des compositions PVC/noix d'olives.	43
<b>Figure VI.14 :</b> Évolution de la stabilité thermique des compositions PVC/noix d'olives.....	44
<b>Figure VI.15 :</b> Courbes DMA des compositions.....	47
<b>Figure VI.16 :</b> Courbes DMA des compositions.....	49

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1 :</b>	quelque type des polymères.....	4
<b>Tableau II. 1 :</b>	composition biochimique des noyaux de dattes Irakiennes.....	21
<b>Tableau II. 2 :</b>	Composition chimique de différents types de grignons d'olive (en %/ Kg de MS).....	23
<b>Tableau II. 3 :</b>	Les différents composants du grignon d'olive.....	24
<b>Tableau VI.1 :</b>	propriétés mécaniques des compositions de PVC/Traitement de la fibre par NaOH/Traitement de la fibre par silane/Charge +fibre NT...	35
<b>Tableau VI.2 :</b>	l'allongement à la rupture des compositions PVC/Traitement de la fibre par NaOH/ Traitement de la fibre par silane/ Charge +fibre NT..	36
<b>Tableau VI.3:</b>	Dureté Shore A des compositions PVC/ Traitement de la fibre par NaOH/ Traitement de la fibre par silane/ Charge +fibre Non traitée...	37
<b>Tableau VI.4 :</b>	fréquences caractéristiques de la composition PVC/Fibre.....	39
<b>Tableau VI.5 :</b>	Résistance à la rupture de compositions polymère / noix d'olives.....	40
<b>Tableau VI.6 :</b>	L'allongement à la rupture de compositions polymère / noix d'olives.....	41
<b>Tableau VI.7 :</b>	Dureté Shore A de compositions polymère / noix d'olives.....	43
<b>Tableau VI.8:</b>	Stabilité thermique de compositions polymère / noix d'olives.....	43
<b>Tableau VI.9 :</b>	La température de transition vitreuse pour les compositions PVC vierge- PVC/ DPLF- PVC/ DPLF traitée par NaOH 1%.....	44

### Abréviation

<b>PVC</b>	le polychlorure de vinyle
<b>T<sub>g</sub></b>	La température de transition vitreuse
<b>T<sub>f</sub></b>	la température de fusion
<b>NaCl</b>	le chlorure de sodium
<b>MPS</b>	L'γ-méthacrylopropyl triéthoxysilane
<b>FTIR</b>	Technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier
<b>KBr</b>	bromure de potassium
<b>MEB</b>	Analyse microscopique à balayage
<b>DMA</b>	Analyse mécanique dynamique
<b>DPLF</b>	La fibre de palmier dattier
<b>ADF</b>	Acid Détergent Faber
<b>ADL</b>	Acid Détergent Lignin
<b>GO</b>	Grignons d'olive
<b>MG</b>	Matière Grasse
<b>MS</b>	Matière Sèche
<b>NDF</b>	Natural Détergent Faber
<b>MAT</b>	Matière Azote Totale
<b>CB</b>	Cellulose brute



# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

Les polymères constituent une des trois grandes classes de matériaux, tels que les métaux et leurs alliages et les céramiques, ils ont substitué avantageusement le bois et les métaux dans beaucoup de domaines de la vie courante à cause de leur légèreté et de l'économie d'énergie lors de leur mise en œuvre [1].

Les propriétés des polymères sont liées essentiellement à leur structure chimique, qui conditionnent leur état complètement désordonné (structure amorphe) ou partiellement cristalline (structure semi cristalline), leur flexibilité ainsi que leur résistance aux agents chimiques [2].

Le polychlorure de vinyle (PVC) est un polymère très présent dans notre vie quotidienne, il couvre tous les secteurs de l'activité économique : bâtiment, emballage, électronique, santé, transports [3].

Dans ce travail, on s'intéresse à l'étude du PVC avec plusieurs additifs, que nous diviserons en plusieurs compositions du polymère avec les fibres de palmier dattier DPLF (traité et non traité) ; noix d'olives ; noix de dattes afin d'améliorer les propriétés mécaniques et thermiques. Utilisation des techniques d'analyse comme le MEB, FTIR, DMA, et les propriétés mécaniques. Le travail est réalisé dans le laboratoire de recherche en chimie appliquée LCA et l'entreprise des câbles ENICAB de Biskra.

Notre mémoire est subdivisé en quatre parties :

Une introduction générale, d'un premier chapitre consacré à la partie théorique où on a évoqué les définitions et propriétés des différents types de polymères, leur structure et leur caractérisation.

Le deuxième chapitre est consacré aux mélanges et composites à base de PVC.

Le troisième chapitre est la méthodologie expérimentale où on cite les différents produits chimiques et matériels scientifiques utilisés dans ce travail.

Enfin, le quatrième chapitre est une discussion et les interprétations des différents résultats obtenus.

Le mémoire se termine par une conclusion générale et une liste de références bibliographiques suivis d'annexe.



**CHAPITRE I**

**GENERALITE SUR LES**

**POLYMERES**



**I.1 : Introduction :**

Les polymères sont des substances importantes dans la vie des hommes modernes car ils interfèrent avec les composants de la nourriture, du logement et du vêtement. Ils tirent parti des glucides, des sucres et des protéines contenus dans les aliments. Ils utilisent du coton, de la laine, de la soie et du hamburger, ainsi que du bois pour le logement et les meubles. Innombrables à des fins diverses. Grace à leurs propriétés mécaniques et leur aptitude à être facilement mis en forme, ces qualités sont liées à la structure qui se décline à différents niveaux [4].

Dans le premier chapitre, nous traiterons des généralités sur les polymères

**I.2 : Historique :**

Depuis longtemps, là où l'homme utilise les métaux, la nature emploie les polymères. Presque tous les systèmes biologiques sont constitués de polymères qui assurent :

\*Des fonctions mécaniques, comme le bois, le cuir, les os, le cartilage...

\*La régulation de la fonction chimique, dans les feuilles, les veines, l'ADN, les cellules vivantes...

Le développement industriel des polymères appelés couramment matières plastiques, s'appuiera l'heure actuelle sur des bases de physique et de chimie format la «science des polymères»[5].

**I.2.1 : Le développement historique des polymères :**

Tenter de retracer un rapide historique de la chimie macromoléculaire revient à considérer trois dates essentielles :

- 1866 M. Berthelot découvre que «le styrène, chauffé à 200°C pendant quelques heures, se transforme en un polymère résineux»
- 1910 : L. Baekeland met au point le premier procédé industriel de production d'un polymère synthétique ; les polymères forma-phénoliques. sont produits sous le nom de «bakélite»
- 1919 : H. Staudinger (Prix Nobel 1953) introduit la notion de macromolécule puis réalise la polymérisation de nombreux monomères éthyléniques. Il peut être considéré comme le père de la science macromoléculaire [6].

**I.3 : Définition :**

Le mot "polymère" est dérivé du mot "poly" qui signifie "poly" et "mer" qui signifie "partis", chaque unité dupliquée est appelée mer, l'unité (polymère) signifie plusieurs unités redondantes [7].

Les polymères sont des matériaux constitués de chaînes de molécules longues et répétitives. Ces matériaux ont des propriétés en fonction du type et de la manière dont ils sont interconnectés. [8]

L'assemblage des monomères pour l'obtention de polymères (ou macromolécules) s'appelle la polymérisation et est également utilisée par les organismes vivants [9]

**I.4 : Type des polymères:**

Le tableau suivant donne quelques exemples de polymères types avec leur usage :

Tableau I.1 : quelque type des polymères [10]

Les polymères	Les monomères	Utilisations
Polyéthylène PE	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Bouteilles en plastique - Fil électriques
Polypropylène PP	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	Les conduites d'eau - chaises maison - jouets pour enfants
Polybutadiène PB	$\text{CH}_2=\text{CH}_2=\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Pneus - Caoutchouc industriel
Poly isobutylène	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	Caoutchouc synthétique
le polychlorure de vinyle (PVC)	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{Cl} \end{matrix}$	Articles sur la santé - Pipes ...
Polystyrène PS	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix}$	Dispositifs de soutien isolateurs thermiques acoustiques
Acrylate de poly méthyle	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{COOCH}_3 \end{matrix}$	Verre substitut
Poly acrylonitrile	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{CN} \end{matrix}$	Texture synthétique
Nylon 6-6	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Tissus faits
Polyester Tergale	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$	Fibres textiles - tissus ...

**I.5 : Classification des polymères :**

Il existe plusieurs modes de classification des polymères qui peuvent être classés

Selon divers critères :

**I.5.1 : 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 polyphosphoriques, chlorure de polyphosphonitrile) [11].

**❖ Polymères organiques :**

C'est la classe la plus riche comme : les polydiènes, les polyacryliques, les polyamides, les polyvinyles [11].

**❖ Polymères mixtes :**

Doués de propriétés intéressantes dont une bonne résistance thermique (300°C\_350°C) comme les silicones [11].

**I.5.2 : 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 : [12]

- ✓ Les polysaccharides (cellulose, amidon...).
- ✓ Les protéines (la laine, le soie...).
- ✓ 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 réticule par le soufre) [12].

- **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 [12].

### **I.5.3 : Selon leur domaine d'applications :**

On regroupe les polymères en 3 grandes catégories :

- **Les polymères de grande diffusion :**

Encore appels polymères de commodité, dont la production annuelle s'évalue par million de tonnes, sont devenus d'un emploi quotidien pour tous. Le polyéthylène, le polystyrène, le poly (chlorure de vinyle) et quelques autres sont à classer dans cette catégorie d'une importance économique considérable [6].

- **Les polymères techniques :**

Ont des caractéristique qui leur permettent de se substituer, de plus en plus aux matériaux traditionnels (métaux, céramiques...) pour nombreuses applications ; les polyamides, les poly acétates...font partie de cette famille [13].

- **Les polymères spéciaux :**

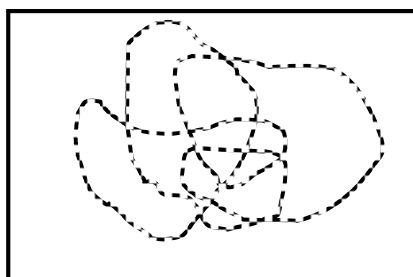
Ou polymères de fonction présentent généralement une propriété qui induit leur utilisation pour une application particule photo actifs, thermostable, adhésifs, etc [13].

### **I.5.4 : Selon leur structure des chaines :(dimensionnalité)**

Les polymères peuvent encore être classes en trois catégories

**❖ Polymères linéaires ou monodimensionnels :**

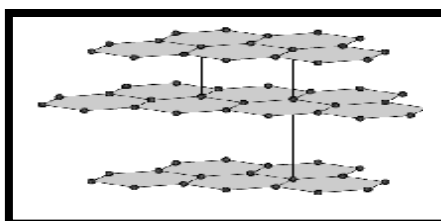
Pour lequel, chaque chaîne macromoléculaire est constituée d'un nombre élevé mais fini d'unités monomères bivalents et une macromoléculaire linéaire peut être très schématiquement représentée par un trait continu divisé en intervalles représentant chacun une unité monomère (Figure .01). La chaîne polymère est constituée de longueur variable, propriété désignée par le terme polymolécularité [14].



**Figure. I. 1 :** Représentation de la chaîne d'un polymère linéaire [14].

**❖ Polymères bidimensionnels :**

Dont certains peuvent être produits par la nature (carbone graphite, kératine ...) ; dans le domaine des polymères synthétiques ce sont encore des curiosités de curiosités. Ils se présentent sous la forme de feuillets bidimensionnels, d'épaisseur comparable à celle des molécules simples (Figure.02) [14].



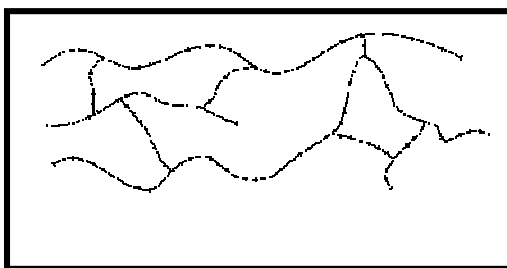
**Figure. I. 2 :** Représentation schématisée d'un polymère bidimensionnel : le carbone graphite [14].

**❖ Polymères tridimensionnels :**

Qui résultent de la polymérisation de monomères dont la valence moyenne est supérieure à deux ou encore de la réticulation (formation d'un réseau tridimensionnel), par voie physique ou chimique, de polymères linéaires) [6].

Leur dimension moléculaire peut être considérée comme infini puisque toutes les unités monomères constituées d'un objet sont liées de façon covalente pour former une seule macromolécule.

Les liaisons se développent dans les trois dimensions et un élément de volume d'un tel polymère peut être représenté sur la (Figure I. 3)[14].



**Figure I.3 :** Représentation schématique d'un polymère Tridimensionnel [14].

#### **I.5.5 : 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

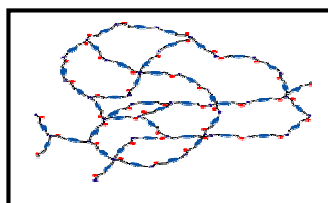
Mise en œuvre plus ou moins aisée et par leur propriété d'élasticité [15].

#### **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 cristalliser thermoplastique amorphes ou thermoplastique semi-cristallins comme le polyéthylène(PE), le poly (chlorure vinyle) (PVC) ou polystyrène sont mis en

forme par diverses technique comme l 'injection, l'injection-soufflage, l'extrusion ou le roto moulage.

Dans la majorité des cas, les polymères ayant la forme désirée récupère son état partiellement cristallin ou amorphe après refroidissement [16].



**Figure I.4 :** représentation schématique d'un polymère thermoplastique

### **B) les thermodurcissables :**

Un thermodurcissable est un produit (poudre à mouler solide ou résine liquide) transforme 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 designer à la fois le système réactif initial, soluble et fusible et produit final et invisible.

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 testions vitreuse élevées (80 °C à + de 150 °C) mais, du fait de la réticulation, ne présentent pas d'état caoutchouteuse 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 thermoplastique.

### **c) les élastomères :**

Un élastomère est un polymère linéaire ou ramifié transforme par vulcanisation en un réseau tridimensionnel faiblement réticule infusible et insoluble.



Les élastomères se différencient des thermodurcissables par leur propriété élasticité 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 grandes 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 [16].

**d) les élastomères thermoplastiques :**

Un élastomère thermoplastique est un polymère linéaire ou ramifié présentant les propriétés 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 [16].

**I.5.6 : Selon l'importance économique:**

Pour les polymères comme tout produit industriel, il existe une corrélation entre le tonnage et le prix. Ceci permet de distinguer trois grandes catégories de polymères commerciaux [17].

**❖ Les polymères de grande diffusion:**

Dont le volume des ventes et de productions est élevé et dont le prix est faible  
Exemple: le Polyéthylène (PE), Polypropylène (PP), Polystyrène (PS), Polychlorure de vinyle (PVC).

**❖ Les polymères à haute performance:**

Dont le volume des ventes est le plus faible et les prix les plus élevés.

**❖ Les polymères techniques:**

Dont le volume et le prix sont intermédiaires entre les deux catégories précédentes  
Exemple: polyamide.

**I.6: Propriétés des polymères :****I.6 .1 : Propriétés thermiques****I.6 .1 .2 : La température :**

La température de transition vitreuse "**T<sub>g</sub>**" et la température de fusion "**T<sub>f</sub>**" 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 [18]. 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** [18].

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 [18].

**I.6.2 : 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)...

Thermoplastiques et 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 [19].

**I.7 : 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 électromagnétiques, aux ondes radar, aux rayons X, aux rayons  $\gamma$ , etc.

**➤ Inaltérabilité :**

Les matières plastiques ne rouillent pas. Les thermoplastiques sont semi anti-corrosion. Cependant les polymères polaires (O et N dans la molécule) peuvent gonfler et hydrolyser.

**➤ Isolation :**

Électrique (cependant on vient d'inventer les polymères conducteurs qui seront les polymères du 3<sup>ème</sup> millénaire).

- Thermique (surtout mousses rigides à cellules fermées).
- Acoustique (surtout mousses souples à cellules ouvertes).

**➤ Design**

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

**➤ Bilan coût :**

Facilité 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 coûteux (résines liquides au contact à froid) [20].



**CHAPITRE II**

**MELANGES ET**

**COMPOSITES A BASE DE**

**PVC**

## II : Introduction :

### II .1 : Le polychlorure de vinyle (pvc) :

#### II .1.1 : Définition :

Le polychlorure de vinyle est un polymère thermoplastique de grande consommation, amorphe ou faiblement cristallin, connu généralement sous le sigle pvc (polyvinyle chlorure) [21].

Le pvc est un matériau souple, Tence, polyvalent et très résistant. Ce matériau possède une grande stabilité dimensionnelle due à une absorption d'eau minime. Il est recyclable. Et peut se fabriquer dans de multiples finitions et couleurs [22].

#### II.1.2 : Formule moléculaire :

Le pvc a pour formule chimique  $(\text{CH}_2\text{-CH-Cl})_n$  il est obtenu par polymérisation radicalaire du monomère chlorure de vinyle [23].

#### ➤ Synthèse :

La synthèse de polychlorure de vinyle se fait selon le schéma :

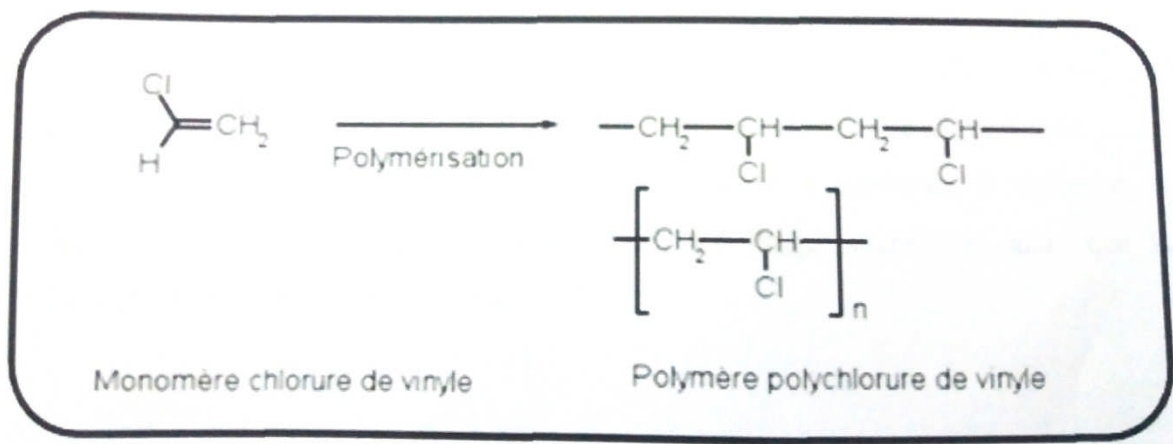


Figure II.1 : Synthèse du polychlorure du vinyle [23].

**II.1.3 : Préparation :**

Le poly (chlorure de vinyle) (pvc) est obtenu par polymérisation radicalaire du chlorure de vinyle monomère (CVM) ou monochlorethylène au moyen de toutes les principales techniques applicables à la polymérisation en : masse, suspension, émulsion, micro-suspension [24].

Le pvc est fabriqué à partir de deux matières naturelles : le pétrole et le chlorure de sodium NaCl (sel de cuisine). Le pétrole fait office de source de carbone, le sel de fournisseur de chlore. Comme tous les polymères, le pvc est une macromolécule de longue chaîne composée d'éléments identiques ou monomères [25].

Pour le pvc, il s'agit du chlorure de vinyle monomère (CH=CHCL).

Une molécule de pvc contient 750 à 1500 monomères [22].

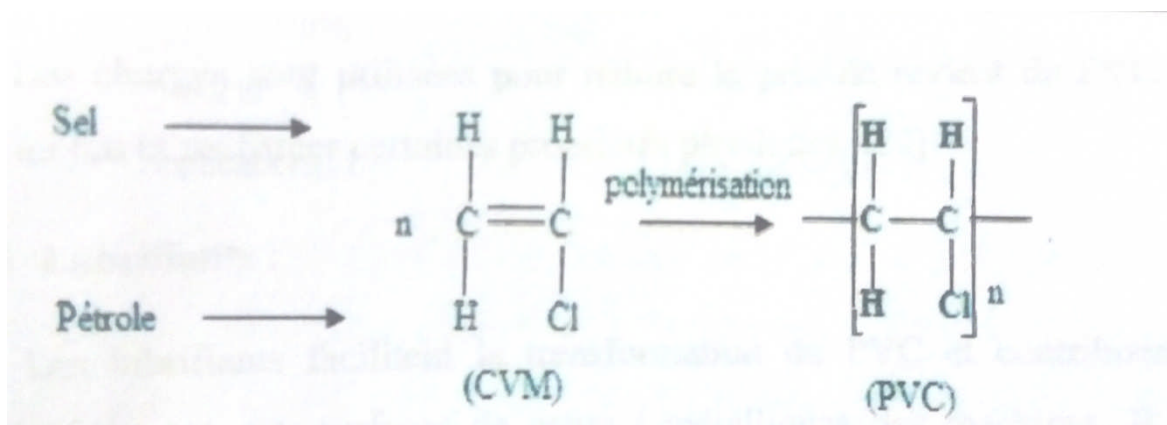


Figure II.2: Polymérisation pvc [25].

**II.1.4 : Production :**

Le chlorure de polyvinyle (pvc) est constitué de 43% d'éthylène et 57% de chlore, issu du sel ou de l'acide chlorhydrique. C'est le troisième plastique le plus utilisé au monde, après le PE et le PP (12% de la demande des plasturgistes en Europe). C'est également la principale application du chlore industriel, en Europe comme ailleurs [26].

**II.1.5 : Caractéristiques du pvc :**

Le polymère de base du pvc est une poudre blanche inerte

. Ce polymère de base est mélangé à différents additifs avant de pouvoir être transformé. Ces additifs sont également responsables de la grande variété qui existe entre les différents produits en pvc au niveau de leurs propriétés. Les produits en pvc peuvent être soit rigides, soit semi rigides ou même flexibles ; ils peuvent aussi être opaques, transparents ou colorés [27].

**II.1.6 : Propriétés :****II.1.6 .1 : Propriétés physiques et mécaniques :**

Le pvc est un polymère atactique donc essentiellement amorphe, mais il arrive que, localement, sur de courts segments de chaîne, le pvc soit syndiotactique et puisse s'organiser en phase cristalline, mais le taux de cristallinité ne dépasse jamais 10 à 15%. La masse volumique du pvc est de  $1,38 \text{ g/cm}^3$ . Le pvc amorphe est transparent et relativement perméable à la vapeur d'eau [28].

Le pvc offre une excellente rigidité jusqu'au voisinage de sa température de transition vitreuse. Le pvc offre une excellente résistance à l'abrasion. Les pvc sont fragiles aux chocs à basses températures. L'addition de plastifiants diminue la température de transition vitreuse, ce qui permet de proposer un pvc souple à température ambiante [28].

**II.1.6.2 : Propriétés chimiques :**

Le pvc non plastifié résiste bien (jusqu'à  $60^\circ\text{C}$ ) aux acides et bases ainsi qu'aux huiles, alcools et hydrocarbures aliphatiques. Par contre, il est sensible aux hydrocarbures aromatiques et chlorés, aux esters et cétones qui occasionnent un gonflement. Le pvc souple est sensible aux agents atmosphériques et à la lumière solaire [29].

Action physiologique-alimentarité: les vinyliques peuvent convenir pour la fabrication.

D'objets satisfaisant aux règlements sur les denrées alimentaires et les objets à contact alimentaire [29].



Tenue à la lumière (Résistance photochimique) : Compte tenu des précautions spéciales prises au stade de la formulation qu' à celui de la transformation, les compositions à base de pvc présentent une bonne tenue au vieillissement naturel, qui peut être améliorée par l'addition d'agents de protection anti-UV et le choix de colorants ou pigments sélectionnés en vue d'utilisation particulières [30].

#### **II.1.6.3 : Propriétés électrique :**

Le pvc a de bonnes propriétés isolantes mais les pertes électriques dans les matériaux sont suffisamment importantes pour permettre le soudage par haute fréquence [31].

- le facteur de pertes diélectriques à 50Hz et 20 °C est de l'ordre de  $15 \times 10^{-3}$ .
- la constante diélectrique à 50Hz et 20°C est de l'ordre de 3.4.
- la résistivité transversale est de l'ordre de  $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$  [32].

#### **II.1.6.4 : Propriétés thermiques :**

- Conductivité thermique : elle est d'environ 0,2 w.m.k.
- Capacité thermique massique : elle est d'environ 1046 J.kg.k
- Pouvoir calorifique : il est de 17 KJ/Kg environ, pour les pvc non plastifiés et de valeur supérieure mais variable suivant la formulation pour les pvc plastifiés.
- Température de ramollissement Vicat : la température de ramollissement Vicat pour les pvc non plastifiés se situe entre 65 et 85 °C. pour des mélanges de pvc et de pvc chlorés, elle peut atteindre des valeurs supérieures à 100°C.
- Température de fléchissement sous charge : elle ne s'applique qu'aux pvc non plastifiés. Elle varie de 55 à 70°C.
- Selon les formulations et peut atteindre 90°C.
- Celles contenant du pvc chloré [33].

#### **II.1.6 .5 : Propriétés dimensionnelles :**

Le pvc présente une bonne stabilité dimensionnelle et un retrait limité du à sa structure amorphe [29].

#### **II.1.6.6 : Comportement au feu :**

- Chlorhydrique gazeux mais il est anti extinguable.
- Le pvc plastifié brûle plus facilement [34].

### II.1.6.7 : Technique de mise en œuvre :

Le pvc peut être mise en œuvre par toutes les techniques applicables aux matières thermoplastiques [35]. Ce sont principalement :

- L'extrusion soufflage.
- Le calandrage.
- L'injection et l'intrusion.
- Le thermoformage.
- Le revêtement par poudrage.

## II .2 : Les matériaux composites :

### II.2.1 : Définition :

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux ou plus de natures différentes. Se complétant et permettant d'aboutir à un matériau hétérogène dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément [36].

### II .2.2 : Renforts :

Le renfort est supportant les efforts mécaniques. Il contribue à améliorer la résistance mécanique et la rigidité des matériaux composites. Il se présente sous forme filamentaire (organique ou inorganique comme les fibres de verre, carbone, aramide et les fibres naturelles) [37].

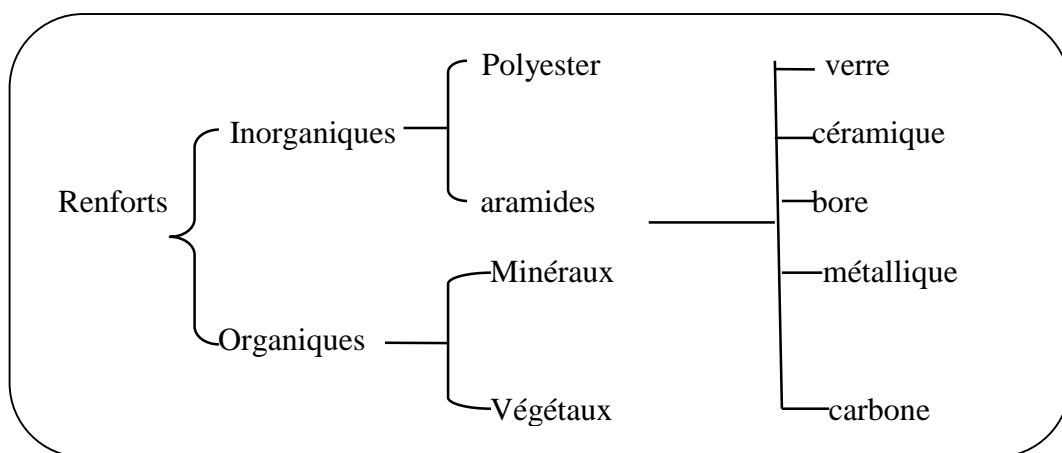


Figure II.3 : type de renfort [37].

**II .2.2.1 : Les fibres :**

La datte est riche en fibres (6,4 à 11,5%) du poids sec. Les constituants pariétaux de la datte sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, Ce sont des agents qui interviennent dans la modification de la fermeté de la datte [38].

**II .2.2.2 : Les Différents types de fibres :**

Les fibres sont ajoutées aux matériaux cimentaires afin d'améliorer leurs caractéristiques à l'état durci. Les fibres sont classée selon leur origine (naturelle, synthétique ou artificielle, leur forme (droite, ondulée, aiguille,... etc.), leur dimension (macro ou micro-fibre) et aussi par leur propriétés mécaniques) [39].

**II.2.2.3 : Fibres naturelles :**

Les fibres naturelles sont utilisées depuis 3000 ans dans les composites, par exemple dans l'ancienne Égypte, ou la paille et d'argile étaient mélangés pour construire des murs. Au cours du dixième décennie, les composites renforcés de fibres naturelles ont reçu une attention croissante, tant auprès du monde universitaire que de diverses industries. Il existe une grande variété de fibres naturelles qui peuvent être utilisées pour le renforcement ou comme charges [40].

D'origine végétale ou animale, la fibre naturelle représente plus milliards de dollars par an et une production qui avoisine 35 millions de tonnes en 2009. Le marché des fibres naturelles miroite un secteur économique en plein expansion vue les avantages que procure ce type de fibre pour tous les secteurs de l'industrie (automobile, textile, bâtiment, etc...) [41].

Elle est possible de distinguer trois types des fibres naturelles :

➤ **Fibre minérales :**

Elles regroupent plusieurs sortes de fibres (amiante, alumine ...), et sont utilisées en grande quantité dans plusieurs applications traditionnelles. Les fibres d'amiante autrefois utilisée pour l'isolation, se sont aujourd'hui révélées cancérigènes [39].

➤ **Fibres végétales :**

La principale fibre végétale est la cellulose qui résiste aux alcalis, les fibres végétales résistent à la plupart des acides organiques mais sont détruite par les acides minéraux forts. Il existe quatre sortes de fibres végétales: les fibres provenant des poils, les fibres de liber. Elles sont souvent utilisées dans la fabrication du papier et dans les panneaux de construction (fibres de bois) [39].

➤ **Fibres Animales :**

Les fibres animales qui proviennent des poils, telle que la toison animale, et sécrétions telle que la soie [42].

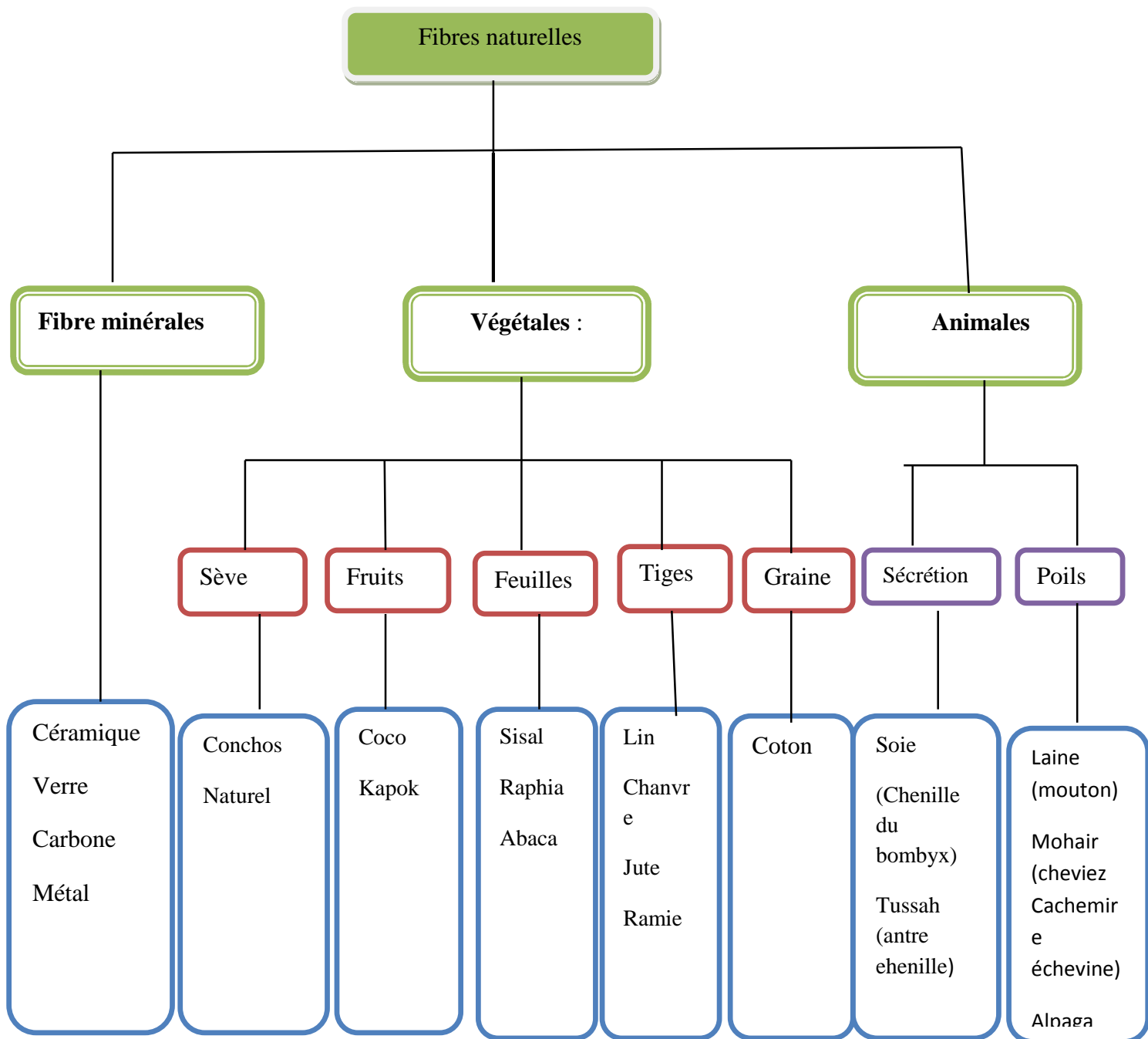


Figure II.4 : Les matières naturelles animales, végétales et minérales [39].

**II .2.2.4 : Rôle des fibres :**

Grace à leurs propriété mécanique, les fibres permettent de mieux mobiliser la résistance intrinsèque du pvc, de réaliser des pièces minces de grandes dimensions [42]

**II.2.3 : Autres les additifs :****II. 2.3.1 : Noyau de datte :****II. 2.3.1.1 : Définition :**

Le noyau de datte (ou graine) est de forme allongée et de grosseur variable. Son poids moyen est environ d'un gramme, il représente 7 à 30 % du poids de la datte. Le noyau de datte, enveloppé dans l'endocarpe membraneux, est constitué d'un albumen corné d'une consistance dure protégé par une enveloppe cellulosique [43].

**II. 2.3.1.2 : Composition chimique du noyau :**

Le tableau suivant les principaux constituants des noyaux de dattes [44].

Constituants	Teneur (%)
Eau	6.46
Glucides	62.51
Protides	5.22
Lipides	8.49
Cellulose	16.20
Cendre	1.12

**Tableau 01** : composition biochimique des noyaux de dattes Irakiennes [44].

**II.2.3.1.3 : Utilisation des noyaux de dattes :**

Le noyau est utilisable dans l'alimentation humaine : après torréfaction, il peut en effet constituer un succédané du café et donne une décoction d'une saveur et d'un arôme agréable (café décaféine). Il est surtout utilisé comme provende pour les animaux : sa valeur fourragère équivaut à celle du kilogramme d'orge [45].

**2.3.1.4. Caractéristiques des graines de Deglat Noir :**

- **Forme** : Ovoïde, parfois droite.
- **Taille** : Petite à moyenne.
- **Graine / Fruit** : ½ à 1/3.

- **Poids de 20 graines** : 14 à 20 g.
- **Couleur** : Souvent marron.
- **Surface** : Lisse.
- **Forme du sillon** : Non prononcé.
- **Pore germinatif** : Souvent central.
- **Protubérances** : Jamais.
- **Pédoncule** : Court.
- **Tégument** : Non-adhérent.

### II .2.3. 2. Grignons d'olive :

#### II .2.3.2 .1 : Définition :

Les grignons sont des résidus solides issus de la première pression ou centrifugation et sont formés des pulpes et noyaux d'olives. Ils peuvent être transformés en un produit destiné à l'alimentation animale ou en huile dite de grignons d'olive après extraction chimique [46].

#### II .2.3.2.2 : Les types des grignons d'olive :

Il est possible de distinguer trois types de grignons [47] :

##### ➤ **Le grignon brut**

C'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière, ses teneurs relativement élevées en eau (24%) et en huile (9%) favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.

##### ➤ **Le grignon épuisé**

C'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane. Il diffère, essentiellement, par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'il ait été déshydraté au cours du processus de l'extraction.

##### ➤ **Le grignon partiellement dénoyauté**

Résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation, il est dit 'gras' si son huile n'est pas extraite par solvant il est dit 'dégraissé ou épuisé' si son huile est extraite par solvant.

### II .2.3.2.3 : Caractéristique des grignons d'olive :

#### A) Caractéristique chimiques des grignons d'olive

Les grignons d'olive sont pauvres en matières azotées (5 à 10%) et riches en cellulose brute (35 à 50%). L'analyse des fibres révèle que les grignons bruts ont des teneurs élevées en NDF (72%), ADF (60%) et ADL (31%). En outre, les grignons sont relativement riches en matières grasses et en cendres avec des teneurs respectives de 8 à 15% et 3 à 5% [36].

Plusieurs auteurs ont rapporté que la composition chimique des grignons d'olives varie selon le type de grignon et les variétés d'olives triturées ; l'épuisement par les solvants diminue la teneur en matières grasses et augmente relativement les autres teneurs. Le dénoyautage partiel réduit considérablement les teneurs en cellulose brute, mais même la pulpe pure contient autour de 20% de cellulose brute [48].

#### En % kg de MS

Type de grignons	MS(%)	MM	MAT	MG	CB
Grignons bruts	75-80	3-5	5-10	8-15	35-50
Grignons épuisés	85-90	7- 10	8-10	4-6	35-40
Grignons partiellement dénoyautés	80-95	6-7	9-12	15-30	20-30

**Tableau 02 :** Composition chimique de différents types de grignons d'olive (en %/ Kg de MS)

#### B) Caractéristiques physiques du grignon d'olive :

La composition physique des grignons dépend étroitement de la variété des olives, de leur degré de maturation et du système employé lors de l'extraction de l'huile. Les grignons bruts renferment la coque du noyau réduite en morceaux, la peau et la pulpe broyée. Ils renferment aussi une certaine humidité et une quantité d'huile résiduelle (tableau). Tandis que les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une plus faible



teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus d'extraction [47].

Composants	Olive (%)	Grignon brut (%)	Grignon épuisé (%)
<b>Eau</b>	49	27	17
<b>Huile</b>	27	9	2
<b>Coque</b>	14	43	55
<b>Pulpe</b>	9	21	26

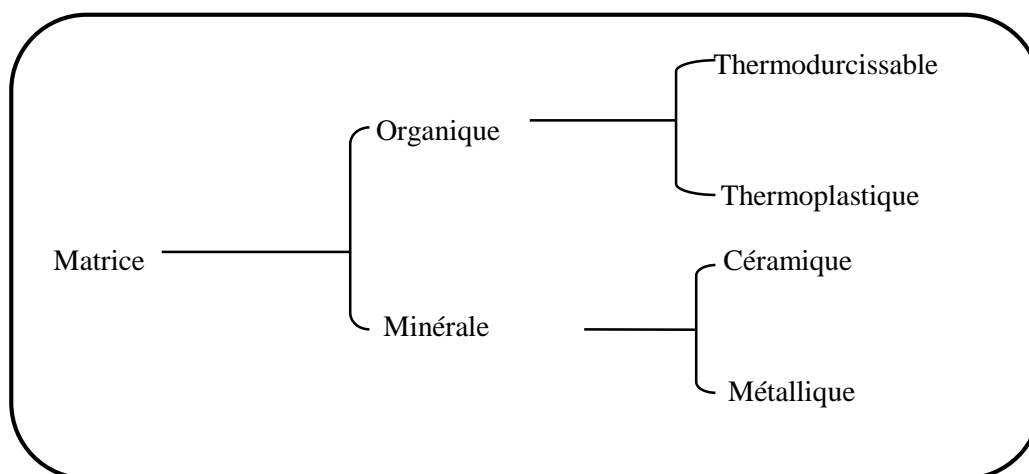
**Tableau 03 :** Les différents composants du grignon d'olive [47].

#### II.2.3.2.4 : L'utilisation des grignons d'olives :

Le sous-produit le plus important de l'industrie oléicole, dans la nutrition animale est très limité à cause de leur faible valeur nutritive. Cependant, la valorisation de ces sous-produit prend une importance pratique particulière étant donné que les grignons d'olive sont produits dans les régions où les fourrages sont limités [47].

#### II. 2.4 : Les matrices :

Les matrices permettent de lier les fibres de renforts, de répartir les contraintes, d'apporter la tenue de la structure et de donner la forme désirée au produit final. La matrice a pour principal but de transmettre les efforts mécaniques au renfort. Elle assure la protection du renfort vis-à-vis des diverses conditions environnementales [38].



**Figure. II.5 :** Type de matrice [38].



**CHAPITRE III**  
**TECHNIQUE ET**  
**EXPREMENTALES**

**III : Introduction :**

Dans ce chapitre, consacré à la description de la méthode de préparation des mélanges de polymères avec certains additifs (noyau d'olives, noyau de dattes, fibre de palmier traitée et non traitée). Nous présenterons ensuite les différentes techniques d'analyses utilisées pour caractériser les composites étudiés (MEB, FTIR, DMA, Tests mécaniques...).

**III.1 : Préparation des mélanges et des composites****III.1. 1.: Matériels et produits :**

Matériels	Produit
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plaque chauffante</li> <li>➤ Barreaux magnétiques</li> <li>➤ Papier pH</li> <li>➤ Papier filtre</li> <li>➤ Malaxeur domestique</li> <li>➤ Tamiseur domestique</li> <li>➤ Une étuve FN400</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Palmiers dattiers</li> <li>➤ L'eau distillée</li> <li>➤ Acide acétique</li> <li>➤ La soude NaOH</li> <li>➤ L'éthanol</li> <li>➤ Méthanol</li> <li>➤ Le 3-<math>\gamma</math>-methacrylopropyl triethoxysilane</li> </ul>

**III.1 : 2. Traitement chimique des fibres de palmier dattier :**

Les fibres naturelles ont récemment attiré l'attention des scientifiques en raison de leurs propriétés de faible coût, faible densité renouvelables biodégradables et non abrasif. Dans cette étude trois pourcentages de fibre de palmiers dattiers sont préparés. La modification chimique des fibres par la soude est utilisée. Puis, la surface de la fibre est modifiée par le 3  $\gamma$ -methacrylopropyl triethoxysilane avant la fabrication des matériaux composites de polychlorure de vinyle.



**Figure III.1** : Les feuilles de palmiers sèches.

Dans un premier temps, les feuilles d'identification sont lavées avec d'énorme quantité d'eau et savon (ISIS) on sèche pendant une période de trois jours dans des conditions ambiantes selon le climat, les feuilles séchées sont de nouveau nettoyées avec un chiffon doux pour éliminer les particules fines

#### **III.1. 2 .1 Traitement par NaOH :**

Les feuilles de fibres de palmier ont été coupées de 3 à 5 cm de longueur et ont été trempées dans une solution de NaOH à 1% à 30 °C en maintenant un rapport de bain de 15 :1. Les fibres ont été maintenues immergées dans la solution alcaline pendant 24h, les fibres ont ensuite été lavées plusieurs fois avec de l'eau fraîche pour éliminer toute adhérence NaOH à la surface des fibres, on le neutralise avec l'acide acétique dilué et enfin lavé de nouveau avec de l'eau distillée. Le pH final a été maintenu à 7. Les fibres sont ensuite séchées à la température ambiante pendant 48h, suivi par un séchage au four à 80 °C pendant 48h.

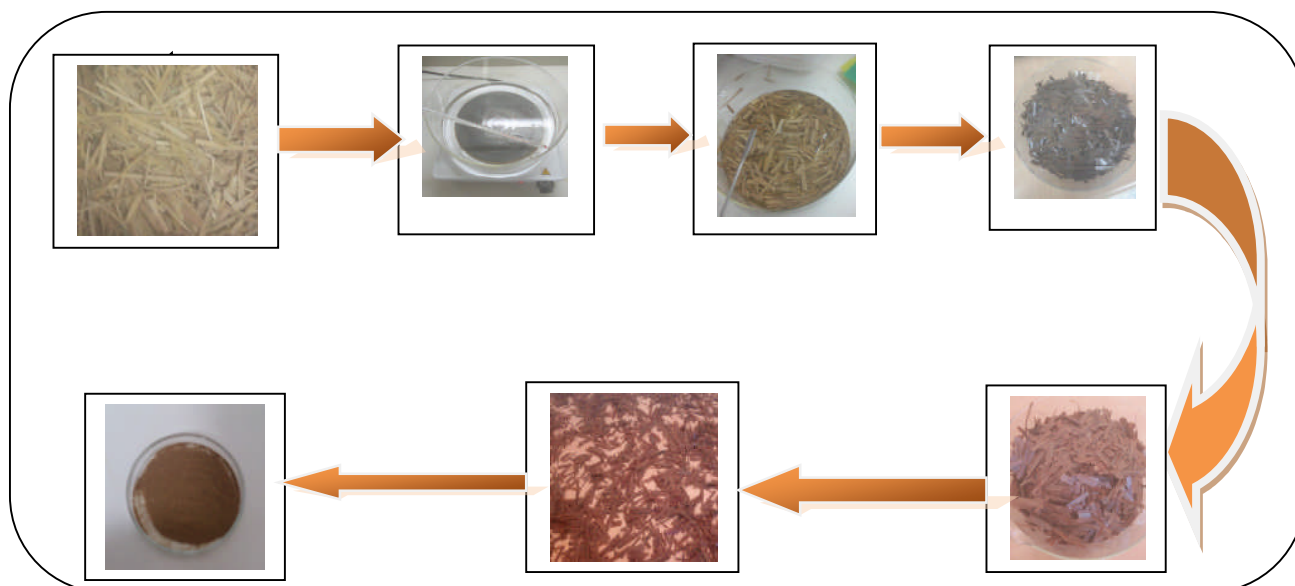


Figure III-2 : les étapes de traitement de la fibre DPLF par NaOH

### III.1. 2.2 Traitement par 3- $\gamma$ -methacrylpropyl triethoxysilane (MPS) :

On dissout le MPS silane à 1% dans un mélange [méthanol / eau (90/10)] (w/w), le PH est ajusté à 4 par l'ajout de l'acide acétique, sous agitation continue pendant 10 mn et à température de 30°C. Les fibres séchées auparavant sont immergées dans la solution préparée, sous une agitation pendant 3 heures et à température de 40°C, puis filtrées et séchées à 80°C pendant 24 heures. On obtient des fibres sèches et traitées.

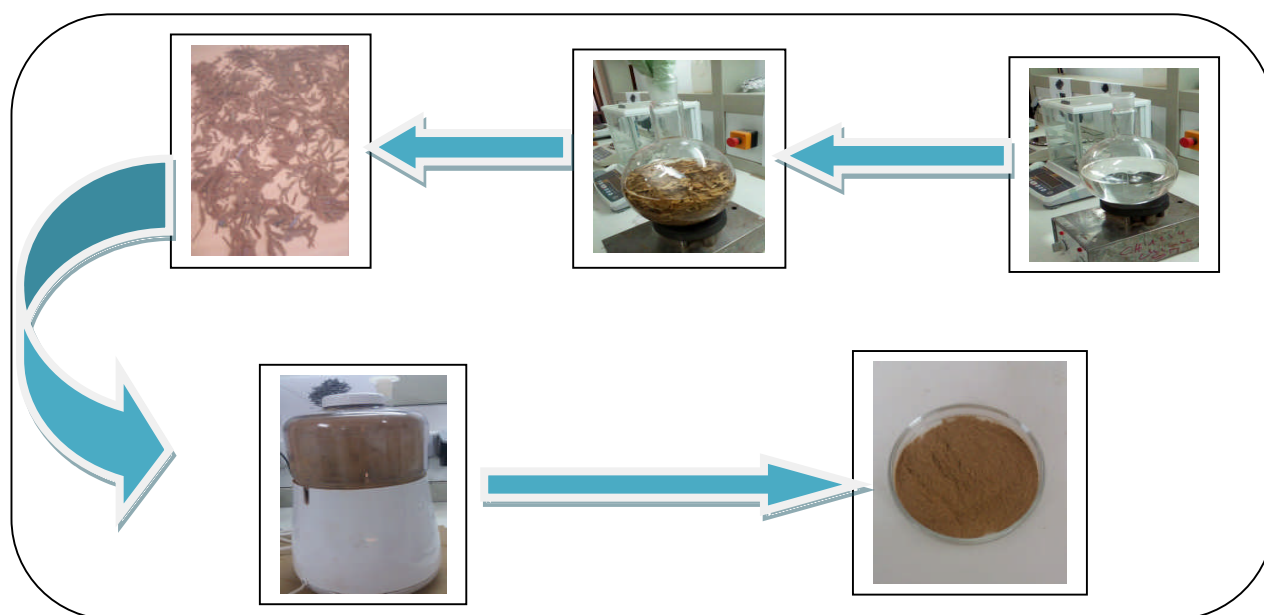


Figure III-3: les étapes de traitement de la fibre DPLF par silane.

### III.1 3: Préparation de la farine des noyaux d'olives:

Dans cette étude, nous utilisons le noyau d'olive noire, ce noyau à subit plusieurs traitements :

- Lavage avec de l'eau froide afin d'éliminer les impuretés solubles dans l'eau froide,
- Lavage avec de l'eau chaude pour éliminer les impuretés insolubles dans l'eau froide.
- Séchage à l'air libre pendant 48 heures.
- Broyage à l'aide d'un mortier. (Figure III-4)



**Figure III .4** : noyaux d'olive.



**Figure III.5** : poudre noyaux d'olive

### III.1. 4 Calandrage :

Les préparations des composites a été faite sur le mélangeur à deux cylindres (calandre) de marque : SCHWABENTHAN, de type «polymix 200P» avec la température de mise en œuvre la mieux adaptée au polychlorure de vinyle est de 170°-175°C, et un temps de mélangeage de 10 min jusqu'à fusion du polymère puis incorporation de la fibre (noyau de dattes ou d'olives).



Figure III-6 : Calandre SCHWABENTHAN de type «polymix 200P»

### III. 1.5: moulage des composites :

Pour mouler nos échantillons, nous utilisons une presse hydraulique de marque SCHWABENTHAN polystat 300S. Elle est constituée de deux plaques dont les températures sont asservies par un régulateur.

Le moulage des composites s'effectue alors de la façon suivante :

- les bandes obtenues par le calandrage sont introduites dans le moule entre deux feuilles d'aluminium et compressées à l'aide de la presse, à une température de 170°-175°C.
- Nous augmentons la pression de 50 bars après 2 minutes jusqu'à atteindre 300 bars, puis on refroidit avec de l'eau jusqu'à 70°-75°C.
- Un préchauffage est réalisé jusqu' à une fusion préliminaire du mélange, afin d'éviter la présence des bulles d'air, un dégazage est effectué avant l'application de la pression finale. Des plaques d'épaisseur de 2 mm sont obtenues, elles sont par la suite découpées sous forme d'haltère et carrés pour servir dans différents tests de caractérisation.





**Figure III.7 :** Presse hydraulique de marque «SCHWABENTAAN POLYSTAT 300»

## **III.2 : Méthodes d'analyses :**

### **III.2 .1 : Technique de mesure de l'absorption par Spectrométrie Infrarouge à**

#### **Transformée de Fourier (FTIR) :**

La spectroscopie IRTF est une des méthodes les plus efficaces pour l'identification des molécules organiques et inorganiques à partir de leurs propriétés vibrationnelles. En effet, le rayonnement IR excite des modes de vibration (déformation, élongation) spécifiques de liaisons chimiques. La comparaison entre rayonnement incident et transmis à travers l'échantillon suffit alors à déterminer les principales fonctions chimiques présentes dans l'échantillon.

Les mesures de spectroscopie infrarouge des différents échantillons, ont été enregistré à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) de modèle SHIMADZU FTIR-8400S qui est installé au laboratoire de chimie de l'Université de Biskra. Les échantillons à analyser sont préparés sous forme de pastilles en KBr. Il s'agit d'un mélange d'une petite quantité (~5% en masse) de feuilles de palmier (traitées et non traitées) et d'autres additifs avec le PVC à 95% en masse de bromure de potassium (KBr). La plage de balayage est comprise entre 400 et 4000  $\text{cm}^{-1}$  avec une résolution de 2 $\text{cm}^{-1}$ . [47]

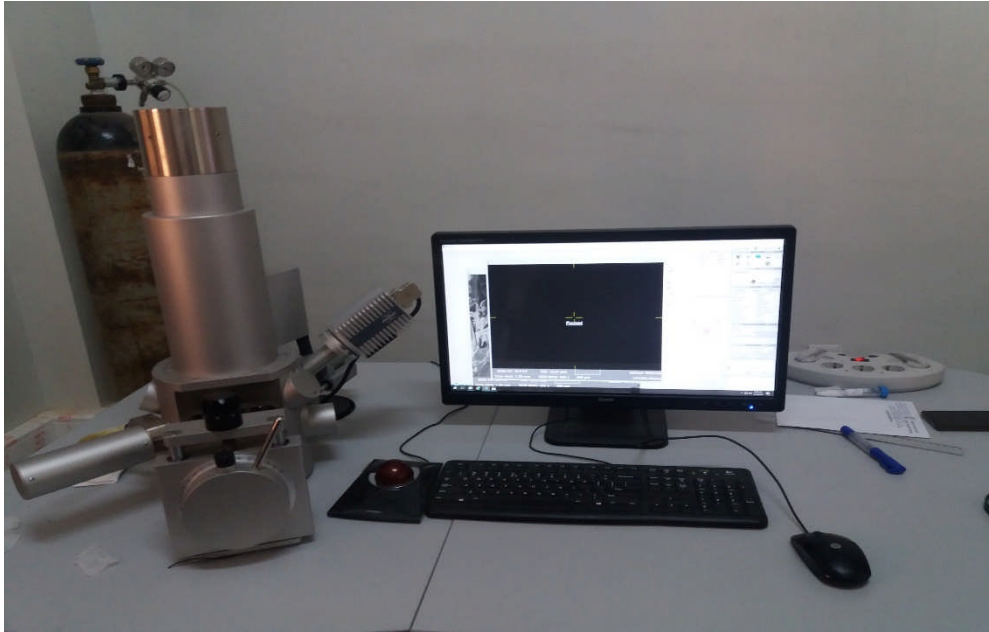


**Figure III.8** : spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR 8400S

### **III.2 .2 : Analyses morphologiques par MEB :**

La microscopie électronique à balayage (MEB) est une technique qui permet de visualiser des structures par bombardement d'électrons. Les électrons incidents excitent la couche superficielle de l'échantillon et donneront naissance à des zones lumineuses alors que les creux apparaîtront plus sombres. Les micrographies ont été prises par un microscope électronique à balayage MEB-EDX Quanta FEG250 à filament de tungstène de la compagnie FEI sur un MEB du laboratoire LPCMA, de l'Université Med Khider-Biskra.

(Figure III-9). [47]



**Figure III.9 :** Microscope électronique à balayage MEB.

### III.2 .3 : Analyse mécanique dynamique (DMA) :

Elle consiste à appliquer à l'échantillon une déformation sinusoïdale de très faible amplitude dans un intervalle de température. L'appareil utilisé est de RSA Rhéomètres. Cet appareil permet de mesurer le module de stockage ( $E'$ ) et de perte ( $E''$ ), ainsi que le coefficient d'amortissement (facteur de perte)  $\tan \delta = E''/ E'$ . Les propriétés ont été obtenues en utilisant une déformation de 6%, pour des températures allant de  $-80^{\circ}\text{C}$  à  $100^{\circ}\text{C}$  à  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  et fréquence de 1 Hz. Les dimensions des échantillons sont de  $20 \times 8 \times 3 \text{ mm}^3$ . [figure.10] [48]



**Figure III.10 :** Analyse mécanique dynamique (DMA)

### III.3 : Caractérisations des mélanges :

#### III.3.1 : Tests mécaniques :

Les tests mécaniques effectués sont : les tests de traction, et de dureté Shore A.

##### III.3.1.1 : Test de traction :

C'est l'essai mécanique le plus fréquemment utilisé, qui consiste à soumettre une éprouvette en forme d'altère de type « H<sub>2</sub> », dans les mâchoires d'un dynamomètre. La mesure des propriétés mécaniques, allongement à la rupture des plaques est effectuée au niveau du laboratoire de « ENICAB » à Biskra à l'aide d'une machine de traction de type Zwick / Roell (Figure III-11), selon la norme ISO 527. La vitesse de déformation est maintenue constante à 250 mm/min [49].

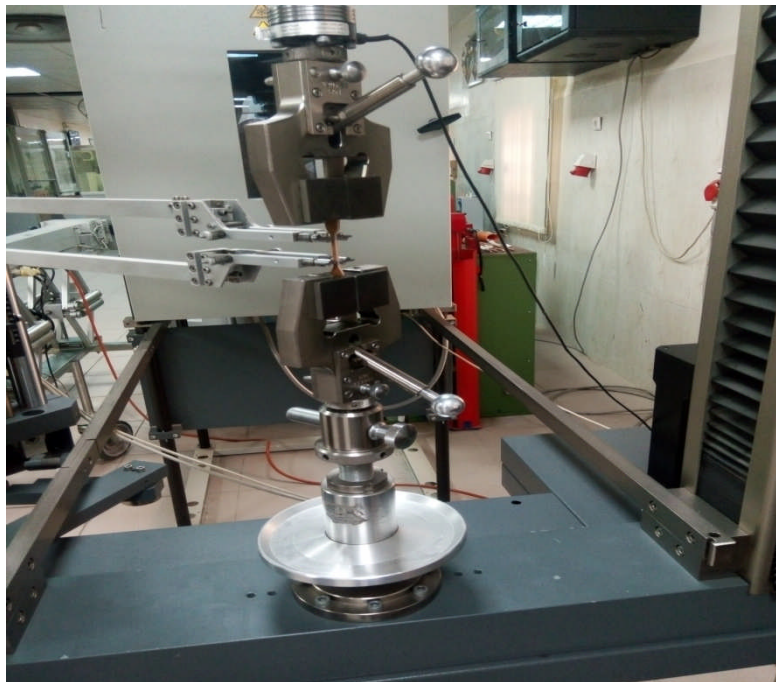


Figure III.11 : La machine de traction utilisée.

##### III.3.1.2 : Dureté Shore A :

La mesure de la dureté Shore A a été réalisée au niveau du laboratoire de « ENICAB » à Biskra. L'essai consiste à appliquer un effort tendant à enfoncer l'aiguille d'un duromètre Shore A suivant la norme NF ISO T 51-123, sur des plaques de 5×5 cm<sup>2</sup>. La lecture se fait

directement sur le duromètre après la pénétration de 15 secondes. La photo du duromètre utilisé est illustrée sur la figure III-10 :. [47]

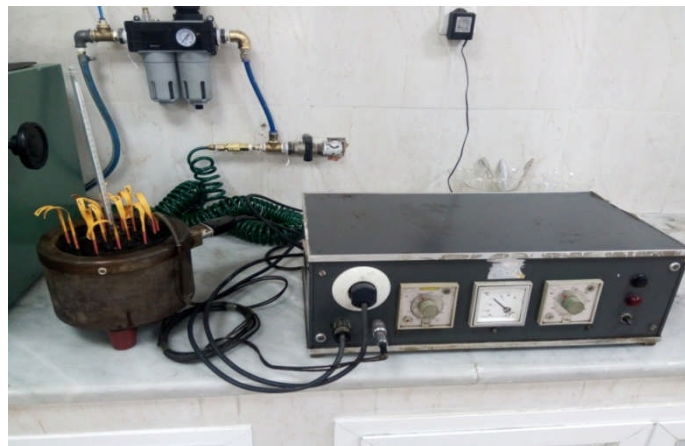


**Figure III.12 :** Le duromètre utilisé

### III.3.2 : Étude thermique :

#### III.3.2.1 : Stabilité thermique :

Le but de ce test est de connaître le temps de dégradation de chaque mélange. On a posé les tubes en verre fermés à une extrémité dans un thermostat chargé par un thermomètre. La température sera toujours fixée à 200 °C, ce thermostat contient des orifices qui sont remplis avec l'huile (IRM 902-ASTM2) où les tubes sont émergés. On a utilisé le papier pH qui indique la dégradation du mélange (le dégagement du HCl donne la couleur rouge). Et la figure III.13 montre clairement cet essai. [50]



**Figure III.13 :** Stabilité thermique.

**CHAPITRE VI**

**RESULTATS ET**

**INTERPRETATION**

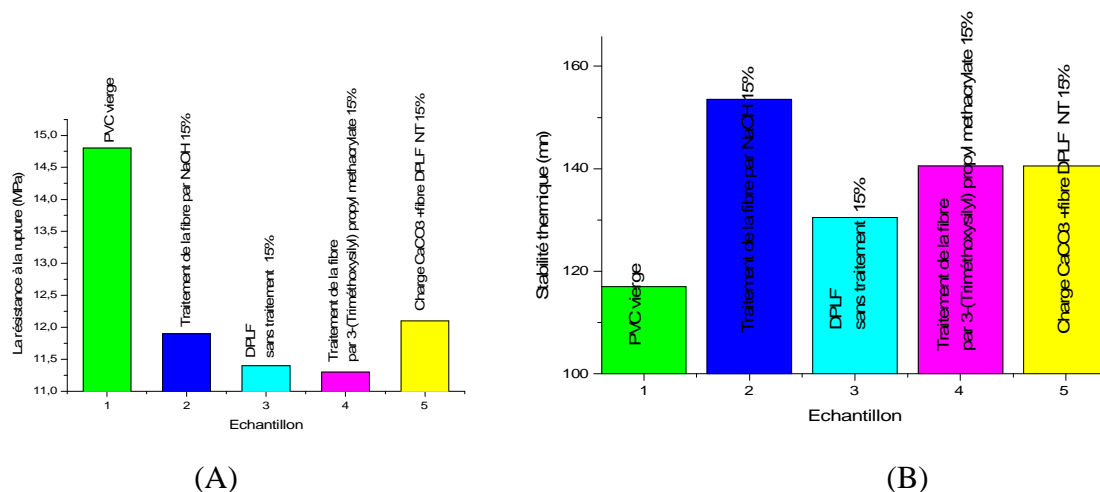
**VI.1 : Étude des compositions PVC- Fibre 15% :**

L'étude des compositions à base de PVC et fibre, comporte une étude mécanique détaillée à savoir la résistance, l'allongement à la rupture, la dureté Shore A et la stabilité thermique.

D'après les résultats obtenus qui sont regroupés dans le tableau suivant .....

Propriétés mécaniques	PVC vierge (1)	Traitement de la fibre par NaOH 15% (2)	DPLF sans traitement 15% (3)	Traitement de la fibre par 3-(Triméthoxysilyl)propyl methacrylate 15% (4)	Charge +fibre NT 15% (5)
Résistance (MPa)	14.8	11.9	11.4	11.3	12.1
Allongement (%)	256.6	229.5	252.2	202.5	220
Dureté Shore A	82.88	89.86	88.38	89.9	89.32
Stabilité thermique (mn)	117	153.5	130.5	140.5	140.5

**Tableau VI.1 :** propriétés mécaniques des compositions de PVC/Traitement de la fibre par NaOH/Traitement de la fibre par silane/Charge +fibre NT.



**Figure VI.1 :** Évolution de propriétés mécaniques des compositions PVC/Fibre

A : la résistance à la rupture.

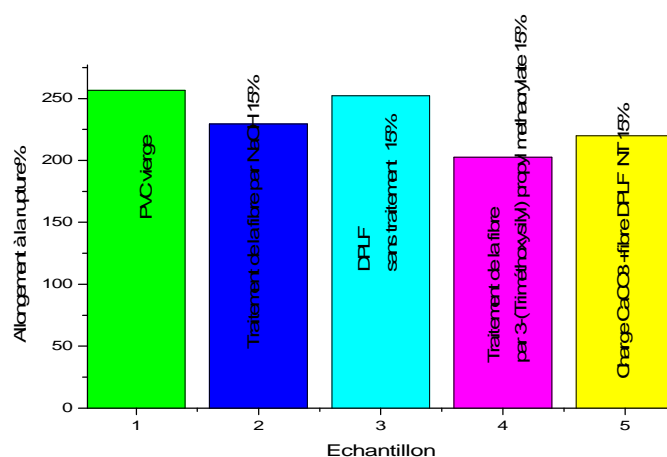
B : stabilité thermique.

On remarque peu de changement concernant les résistances, dureté Shore A et stabilité. A l'encontre, en ce qui concerne l'allongement à la rupture, il faut noter le changement dans la valeur pour la fibre traitée par le composé triméthoxysilyl) propyl methacrylate et NaOH 1%.

Propriétés mécaniques	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Allongement (%)	256.6	229.5	252.2	202.5	220

**Tableau VI.2 :** l'allongement à la rupture des compositions PVC/Traitement de la fibre par NaOH/ Traitement de la fibre par silane/ Charge +fibre NT.





**Figure VI.2 :** Évolution de l'allongement à la rupture des compositions PVC/Fibre

Cette diminution de 252% à 202.5% laisse supposer que le caractère thermoplastique de la composition diminue car le traitement par le Triméthoxysilyl) propyl méthacrylate de la fibre, entraîne l'élimination de la partie hémicellulosique et la lignine de la fibre, la fibre alors acquiert un caractère cristallin celui de la cellulose. Donc la composition devient plus ou moins rigide ce qui conduit à une diminution de la valeur de l'allongement. Le traitement par le 3-(Triméthoxysilyl) propyl méthacrylate a un effet plus accentué que celui par l'hydroxyde de sodium NaOH, il a tendance à éliminer plus l'hémicellulose et la lignine de la fibre. Ceci apparaît clairement. Lors de l'étude de la dureté Shore (voir le tableau..) ou l'on voit une augmentation de sa valeur pour la composition renfermant la charge carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub>.

Propriétés mécaniques	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dureté Shore A	82.88	89.86	88.38	89.9	89.32

**Tableau VI.3:** Dureté Shore A des compositions PVC/ Traitement de la fibre par NaOH/ Traitement de la fibre par silane/ Charge +fibre Non traitée.

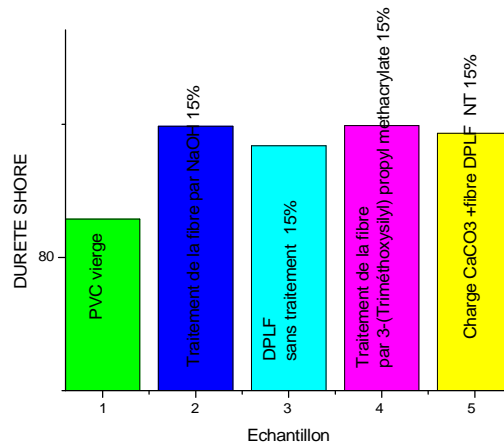


Figure VI.3 : Évolution de dureté shore des compositions PVC/Fibre.

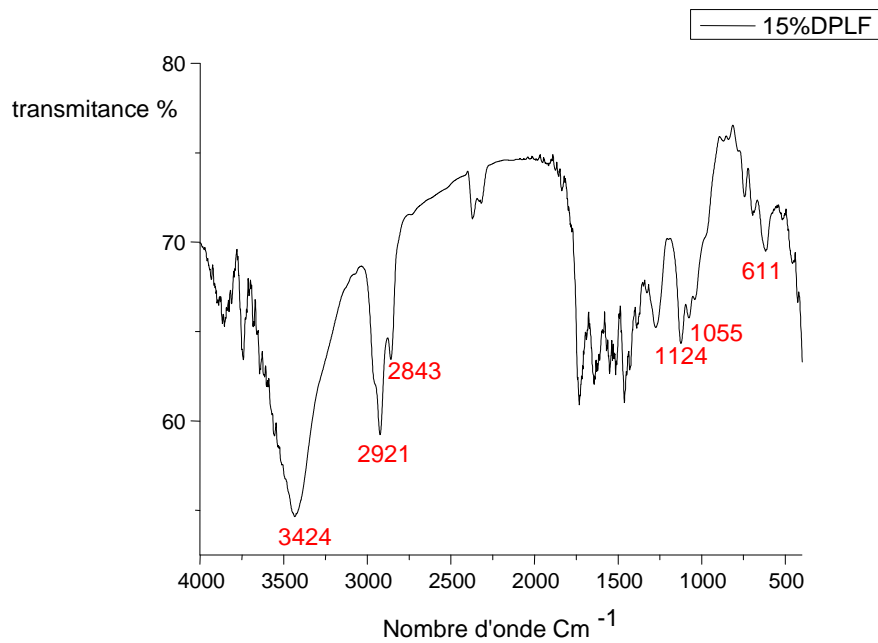


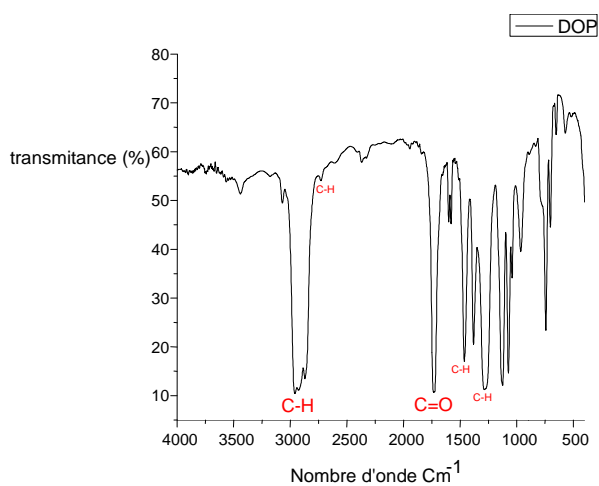
Figure VI.4 : Spectre infrarouge de la composition PVC / fibre 15%.

Liaison	O-H associée	C-H alcane	C-O	C-O-C	C-Cl
Fréquence $\text{Cm}^{-1}$	3424	2921 2843	1224	1055	611

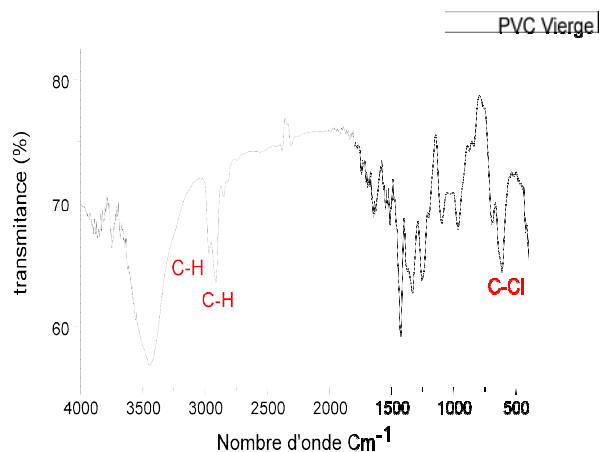
**Tableau VI.4** : fréquences caractéristiques de la composition PVC/Fibre

### VI.2 : Étude spectroscopique des diverses compositions :

Dans un but de caractériser les divers constituants de nos mélanges. Une étude a été menée, les spectres infrarouges de ces constituants des compositions sont illustrés comme suit :



**Figure VI.5** : Spectre IR de l'huile DOP



**Figure VI.6**: Spectre IR du PVC vierge

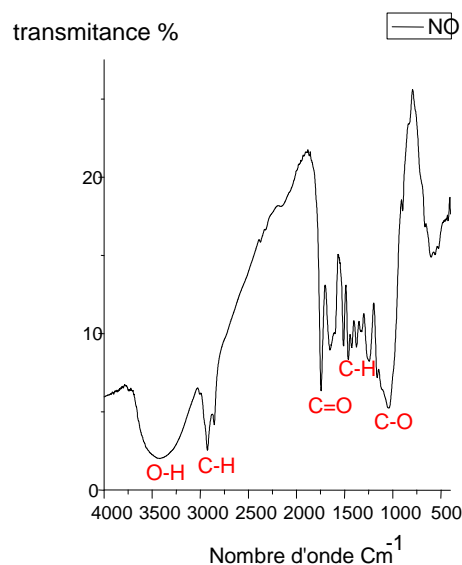
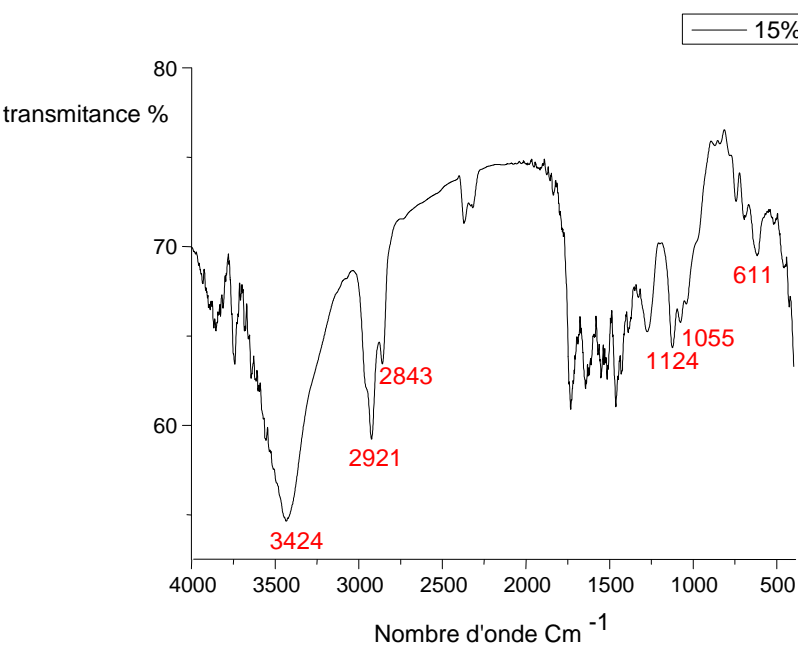


Figure VI.7 : Spectre IR des DPLF 15%

figure VI.8: Spectre IR des noix d'olives

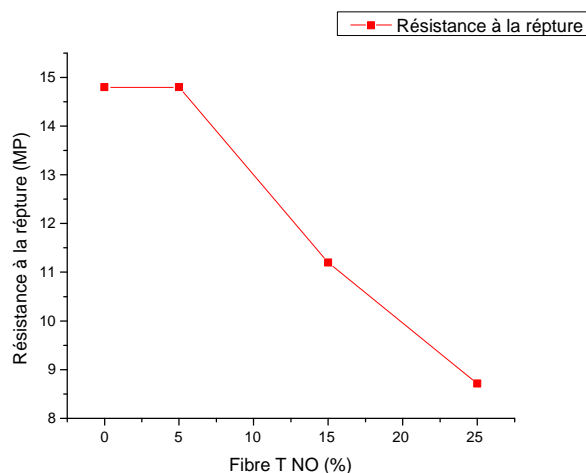
### VI.3 : Composites PVC + noix d'olives :

#### VI.3.1 : Résistance à la rupture :

L'étude mécanique complète des composites préparés a montré qu'avec l'augmentation du taux de la poudre des noix d'olives, la résistance à la rupture diminue par rapport à celle du polymère pris séparément.

	PVC Vierge	PVC /noix d'olives 5%	PVC /noix d'olives 15%	PVC /noix d'olives 25%
Résistance à la rupture (MPa )	14 ,8	14 ,8	11,2	8,71

Tableau VI.5 : Résistance à la rupture de compositions polymère / noix d'olives



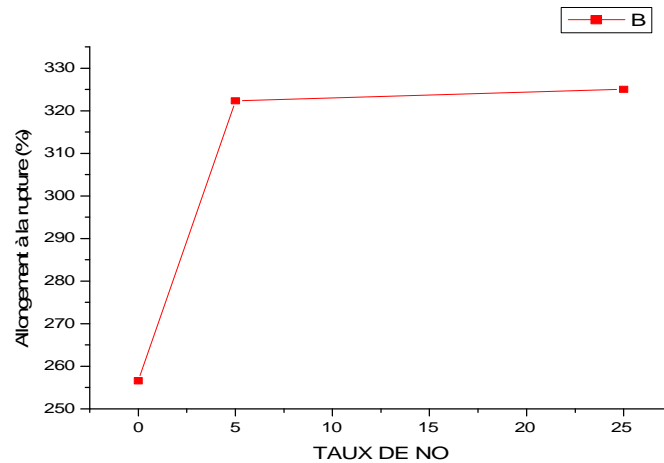
**Figure VI.9 :** Évolution de la résistance à la rupture des compositions PVC/noix d'olives.

### VI.3.2 : Allongement à la rupture :

Les valeurs trouvées pour l'allongement montrent un comportement plus souple pour la composition renfermant 25 % de cette poudre, chose inattendue lorsqu'on sait que l'élévation du taux de la poudre fait diminuer l'allongement. Ce phénomène peut être expliqué par la présence d'une teneur en huile (vers 9%) dans la composition chimique de la poudre ; cette teneur élevée en huiles peut être expliquée par les images de la micrographie MEB, où l'on remarque une présence accrue de pores et d'agrégats, donc mélange non compact d'où une faible jonction entre le polymère et la fibre constituée par les noix d'olives, ceci à cause de la présence d'huile dans ce dernier.

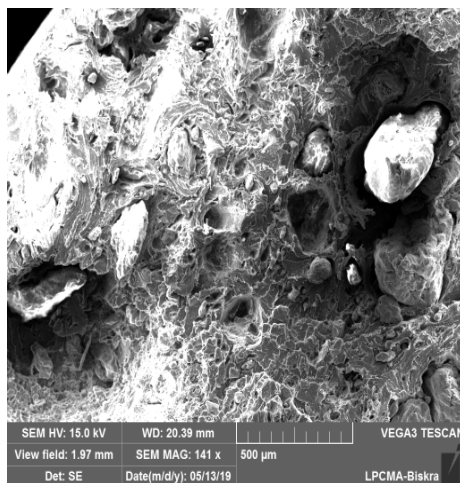
	PVC Vierge	PVC /noix d'olives 5%	PVC / noix d'olives 15%	PVC / noix d'olives 25%
L'allongement à la rupture(%)	256,6	322,3	301,1	325

**Tableau VI.6 :** L'allongement à la rupture de compositions polymère / noix d'olives.



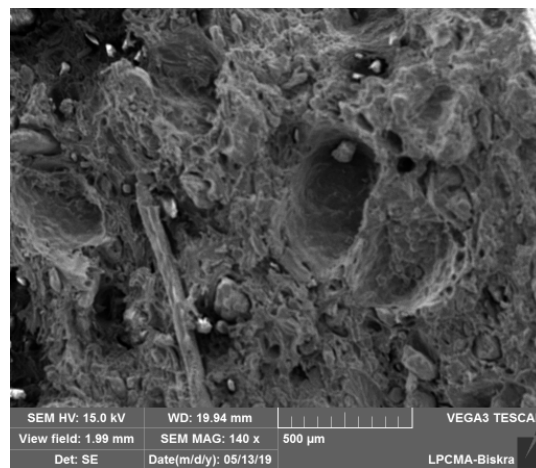
**Figure VI.10 :** Évolution de l'allongement à la rupture des compositions PVC/noix d'olives.

### VI.3.2 : Les images de la micrographie MEB :



**Figure VI.11:** Micrographies MEB

(PVC/15% noix d'olives)



**figure VI.12 :** Micrographies MEB

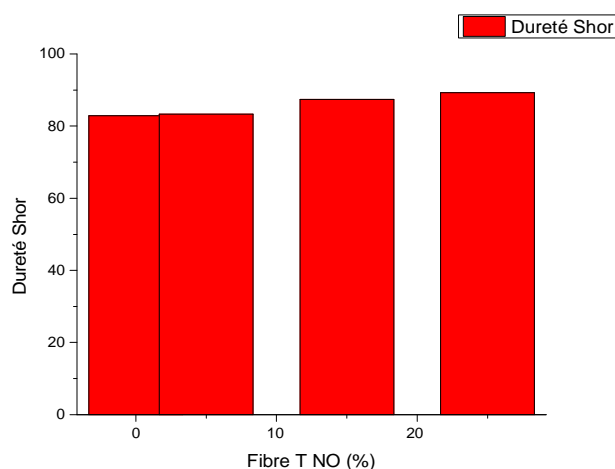
(PVC/25% noix d'olives)

### VI.3.3 : La dureté Shore A :

Pour ce qui est de la dureté Shore A, il ya une augmentation de sa valeur au fur et à mesure que le taux de l'additif augmente à cause du même phénomène.

	PVC Vierge	PVC /noix d'olives 5%	PVC /noix d'olives 15%	PVC /noix d'olives 25%
Dureté Shore A	82,88	83,28	87,38	89,22

**Tableau VI.7 :** Dureté Shore A de compositions polymère / noix d'olives

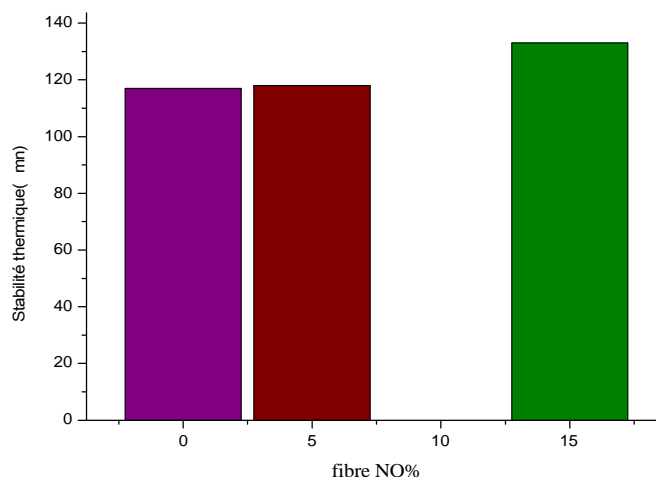


**Figure VI.13 :** Évolution de la dureté Shore A des compositions PVC/noix d'olives.

Pour ce qui de la stabilité, le même phénomène apparaît, c'est-à-dire une augmentation de temps de stabilité en passant de 5 à 15% que nous attribuons à la nature de la composition chimique de noix d'olives, présence d'un teneur de 16% de cellulose cristalline ; qui parfois fait retarder le départ de chlorure d'hydrogène.

	PVC Vierge	PVC /noix d'olives 5%	PVC /noix d'olives 15%
Stabilité thermique (mn)	117	118	133

**Tableau VI.8:** Stabilité thermique de compositions polymère / noix d'olives.



**Figure VI.14 :** Évolution de la stabilité thermique des compositions PVC/noix d'olives.

#### VI.4 : Analyse mécanique dynamique des compositions à base de PVC :

##### VI.4.1 : Étude de la transition vitreuse ( $T_g$ , °C) :

L'étude des compositions citées dans le tableau -A- y compris le polymère PVC a montré une croissance de la valeur de la température de transition vitreuse pour la composition renfermant un taux de 10 % de fibre DPLF que nous attribuons à l'élévation de la rigidité de la composition ce qui conduit à une diminution des mouvements des chaînes macromoléculaires, ce phénomène s'accroît pour la composition renfermant 30% de fibre DPLF, la température atteint les 88.93 °C .

Compositions	PVC vierge	PVC/10 %DPLF	PVC/ DPLF 30%	PVC/10% DPLF traitée par NaOH 1%	PVC/20% DPLF traitée par NaOH 1%	PVC/30% DPLF traitée par NaOH 1%
$T_g$ (°C)	81.81	86.38	88.93	86.15	85.18	86.40

**Tableau VI.9 :** La température de transition vitreuse pour les compositions PVC vierge- PVC/ DPLF- PVC/ DPLF traitée par NaOH 1%

Il est à noter que le traitement chimique de la fibre DPLF, n'apporte aucun changement aux constatations évoquées ci-dessus seulement une élévation de cette



température comparativement à celle du polymère PVC renfermant le stabilisant. Le phénomène de transition vitreuse s'occupe beaucoup plus du volume libre dans la composition polymérique, ainsi que de la mobilité des chaînes dans le polymère, ce dernier et la mobilité sont responsables de cet accroissement de la température de transition vitreuse  $T_g$ .

#### **VI.4.2 : Analyse du domaine viscoélastique ou caoutchouteux des compositions :**

En accord avec la théorie de la technique DMA, qui stipule que le module de conservation au cours d'une déformation plastique, diminue si l'amplitude de la déformation augmente- (fréquence de sollicitation).

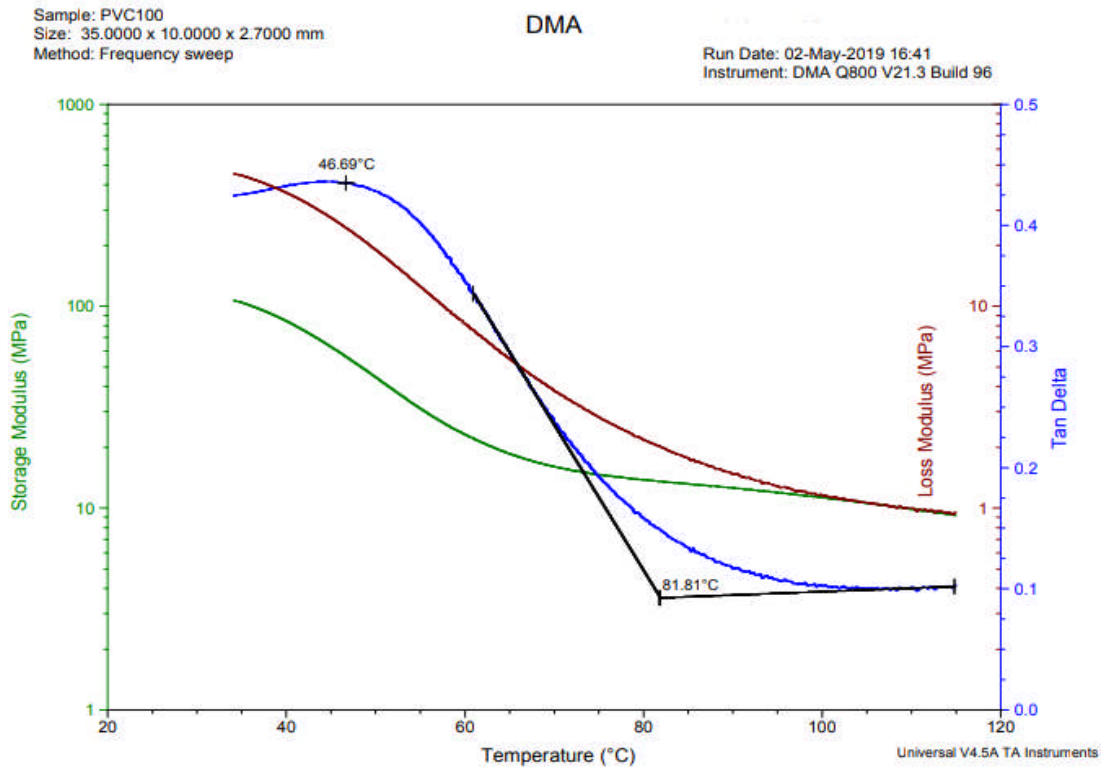
Les courbes DMA de nos échantillons représentées par le module de conservation (MPa), le module de perte (MPa) et tangente delta- (voir courbes)- ; vérifient cette hypothèse :

Concernant le module de pertes mécaniques (Loss Modulus), dans le domaine au-delà de la transition vitreuse c.-à-d. le domaine viscoélastique, le comportement de nos compositions diffère d'une composition à une autre.

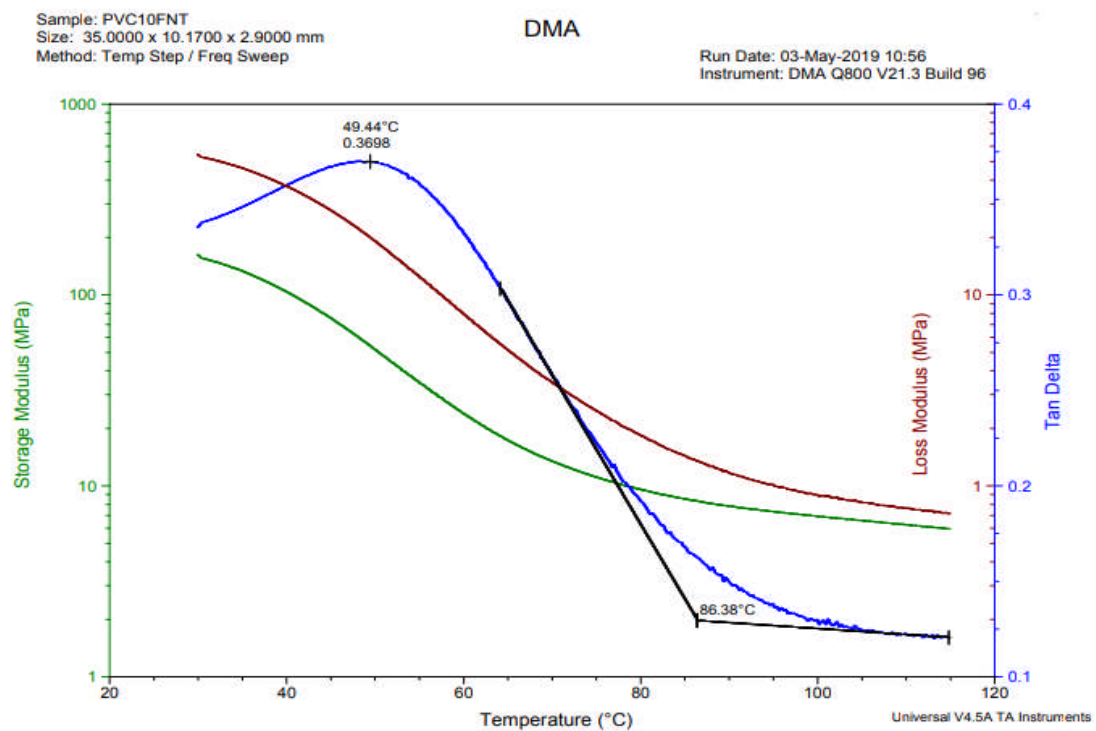
A titre d'exemple, la courbe DMA pour le polymère PVC vierge stabilisé, le module de perte diminue dans le domaine indiqué jusqu'à atteindre la valeur 0.92 MPa, alors que la composition renfermant la fibre : PVC+DPLF 10% traitée par NaOH ; le facteur de perte atteint la valeur 0.26 MPa, toujours en diminution, ceci est en accord avec la théorie qui stipule que le module de perte est la réponse visqueuse à une sollicitation dynamique apportée au matériau.

PVC vierge E= 0.92 MPa (figure...).

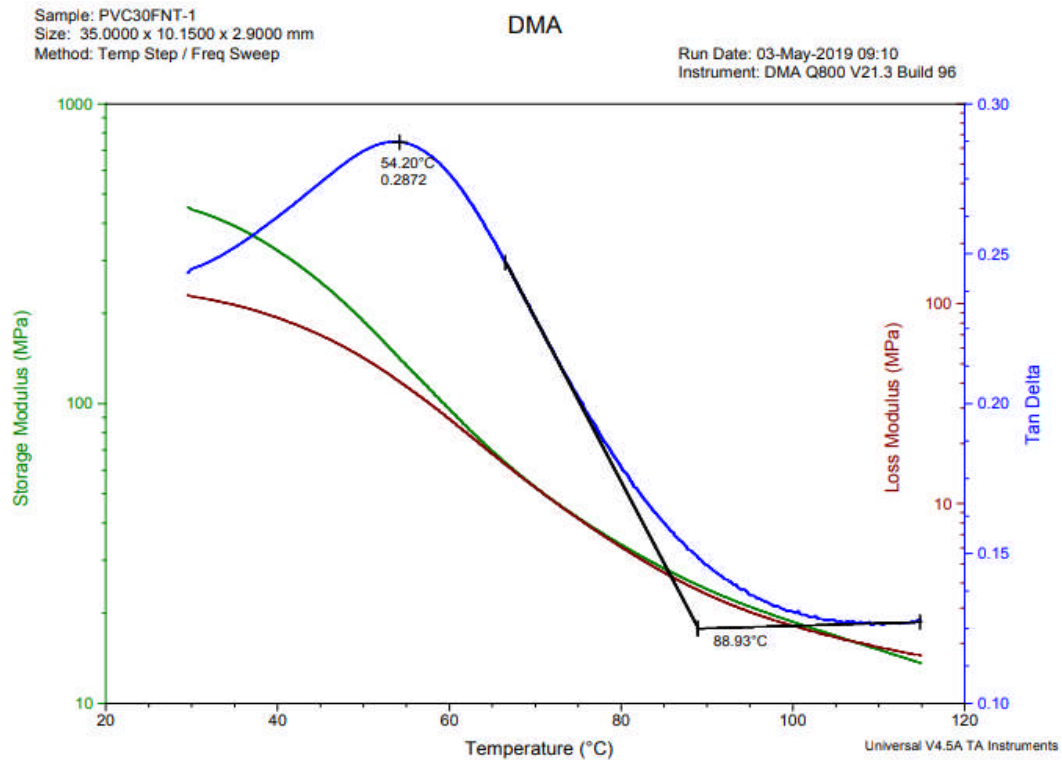
PVC + DPLF 10% traitée par NaOH E=0.26 MPa (figure...) .



A



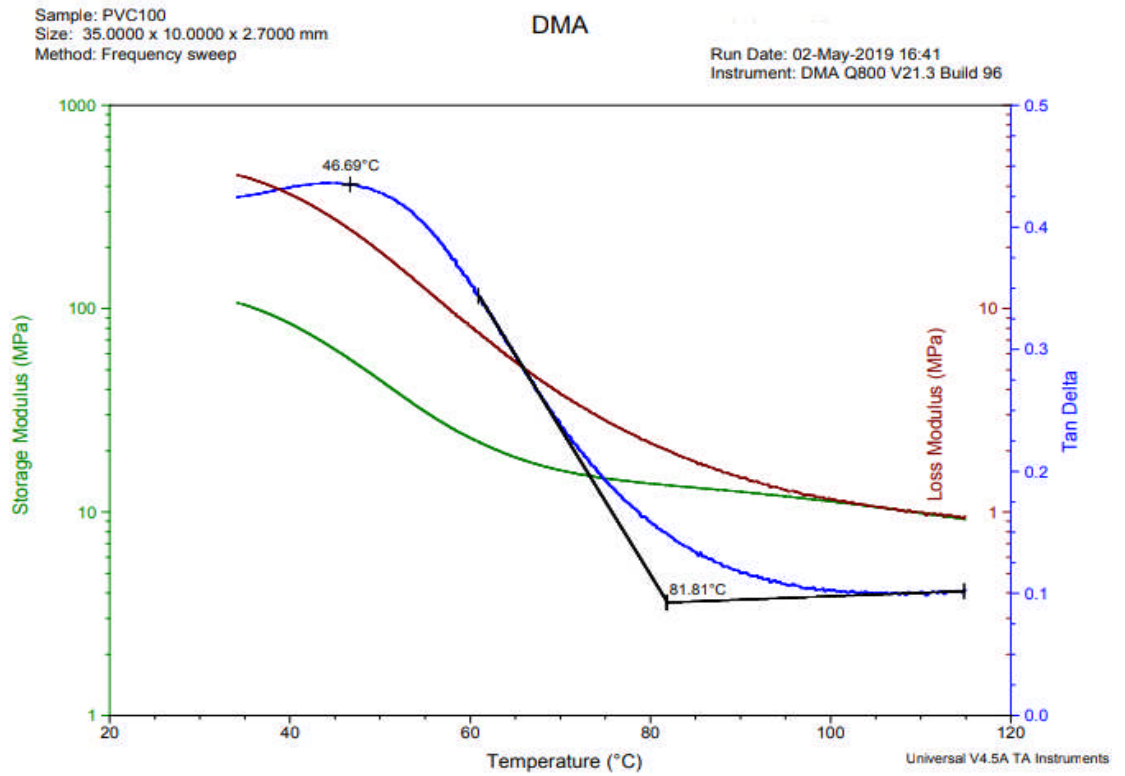
B



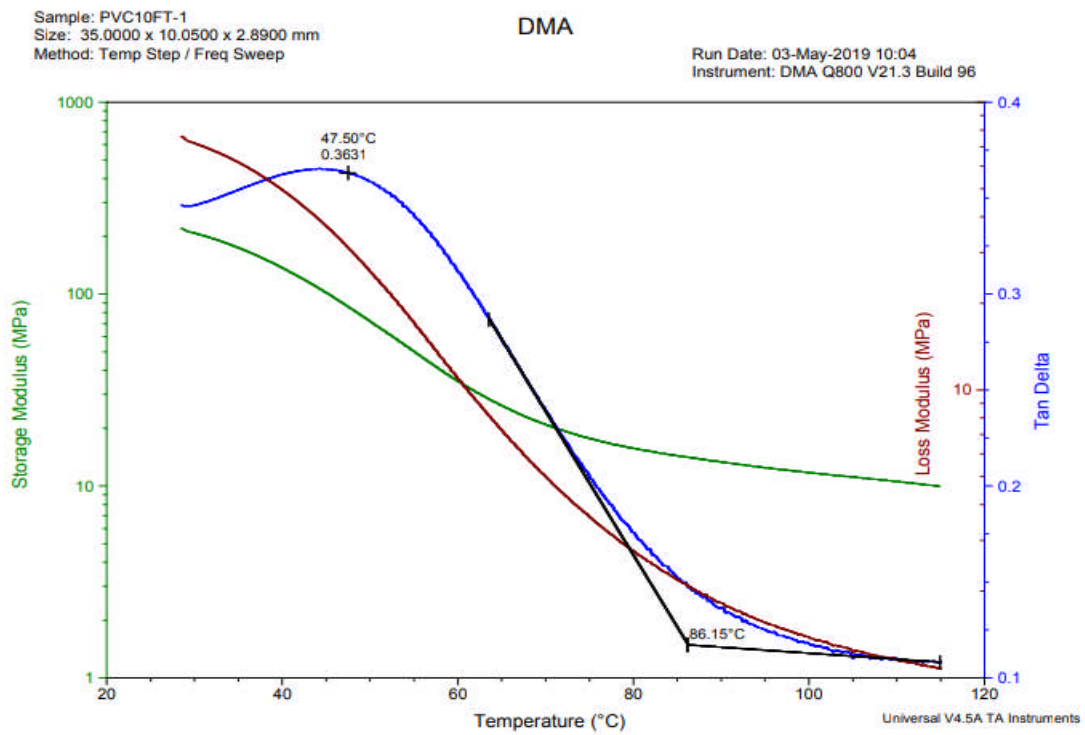
C

**Figure VI.15** : Courbes DMA des compositions suivantes.

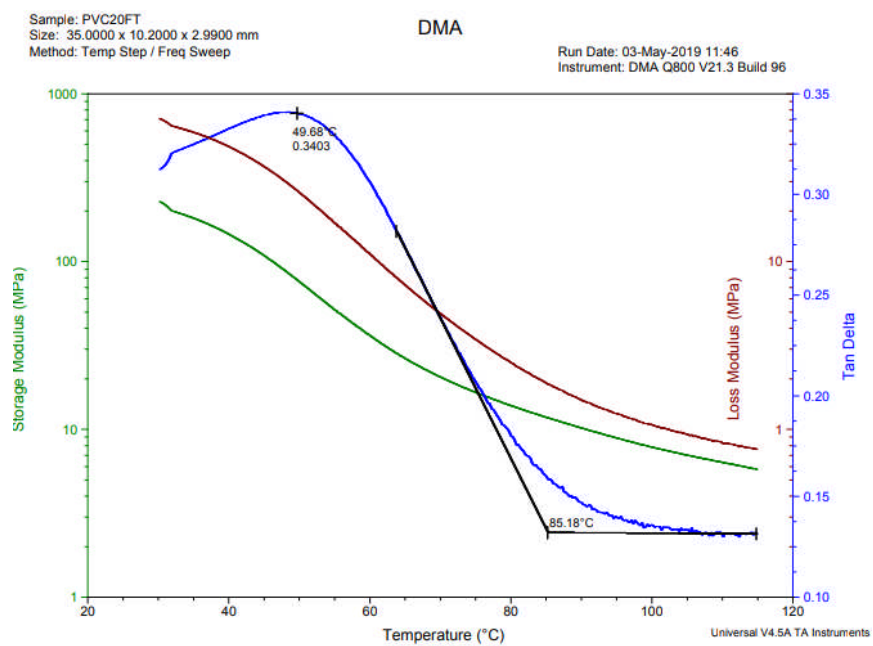
- (A) polymère PVC 100% (sans additifs)
- (B) polymère PVC + Fibre DPLF 10% (non traitée)
- (C) polymère PVC + Fibre DPLF 30% (non traitée)



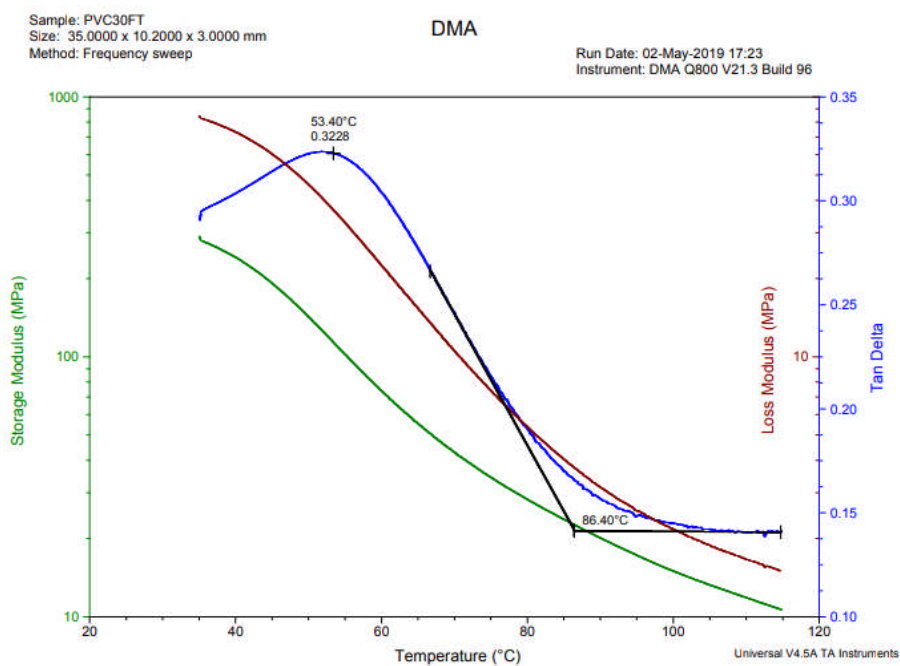
A



D



E



F

**Figure VI.16** : Courbes DMA des compositions suivantes :

- (A) polymère PVC 100% (sans additifs)
- (D) polymère PVC + Fibre DPLF 10% traitée par NaOH 1%
- (E) polymère PVC + Fibre DPLF 20% traitée par NaOH 1%
- (F) polymère PVC + Fibre DPLF 30% traitée par NaOH 1%

# CONCLUSION

## CONCLUSION GENERALE

L'étude menée dans ce travail avait pour objectif une influence des fibres naturelles sur les propriétés mécaniques et dynamiques des composites à base de PVC (cas DPLF- noix d'olives).

Les résultats obtenus après la réalisation de ce travail sont énumérés comme suit :

On remarque peu de changement concernant les résistances, dureté Shore A et stabilité. A l'encontre, en ce qui concerne l'allongement à la rupture, il faut noter le changement dans la valeur pour la fibre traitée par le composé triméthoxysilyl) propyl méthacrylates et NaOH 1%.

L'étude mécanique complète des composites préparés a montré qu'avec l'augmentation du taux de la poudre des noix d'olives, la résistance à la rupture diminue par rapport à celle du polymère pris séparément.

Les valeurs trouvées pour l'allongement montrent un comportement plus souple pour la composition renfermant 25 % de cette poudre, chose inattendue lorsqu'on sait que l'élévation du taux de la poudre fait diminuer l'allongement.

La dureté Shore A, il ya une augmentation de sa valeur au fur et à mesure que le taux de l'additif augmente.

Une augmentation du temps de stabilité en passant de 5 à 15% noix d'olive que nous attribuons à la nature de la composition chimique des noix d'olives, présence d'une teneur de 16% de cellulose cristalline.

L'étude par technique DMA des compositions y compris le polymère PVC, a montré une croissance de la valeur de la température de transition vitreuse Tg pour la composition renfermant un taux de 10 % de fibre DPLF que nous attribuons à l'élévation de la rigidité de la composition ce qui conduit à une diminution des mouvements des chaînes macromoléculaire, ce phénomène s'accroît pour la composition renfermant 30% de fibre DPLF, la température Tg atteint les 88.93 °C.





---

## Référence

- [01] N. Djamel eddine, Mémoire de master « Etude des mélanges de polymères PVC/PS », Université Mohamed Khider Biskra, 2012.
- [02] F. M. Ashby. D.R.H. Jones. Matériaux.1 : propriétés et applications, Ed, Bordas, Paris (1991).
- [03] N.Gallouze et N.Belhaneche- Bensemara, «Etude de vieillissement du PVC stabilisé à l'huile de tournesol époxyde sous l'action de pollution atmosphérique », Journal de la Société Algérienne de Chimie, Volume (17),2006.
- [04] Dossier Enseignant, «VOYAGE EN INDUSTRIE» Cap Sciences , 2006.
- [05] P. Combette, I. Ernoult, « Physique des polymères », 2000, p : 1.
- [06] M. Fontanille, Y. Gnanou, « Chimie et Physico-chimie des polymères », 2002, p : 2-3.
- [07] Groupe Français des polymères, « initiation à la chimie et à physico-chimie des polymères », vol 8, structures des polymères et méthodes d'étude, GEP éd, Strasbourg, 1990.
- [08] Pierre-François thomas ; « Précis de physique-chimie » ; 2006.
- [09] M. Robstein ; C. Soerensen ; chimie avancée ; 2011.
- [10] M. Tayab, Cours Enseignement secondaire « Haba Abade Majid ».
- [11] S. Amara, Mémoire de master « Etude du mélange PVC/PS état fondu avec additif d'origine minérale Alun », Université Med Khider Biskra, 2017.
- [12] J. Mercier, G. Zanbelli, W. Kurz, « Traité des matériaux : Introduction à la science des matériaux ». **ANNEE ????????**
- [13] S. Baitar, Mémoire de master « Caractérisation physico-chimique des composites à base de polyéthylène PE », Université Med Khider Biskra, 2018.
- [14] A. Meharbi, « Etude du comportement des films polymériques à base de polystyrène et des mélanges (PVC/PS) », Université Med Khider Biskra, 2014.
- [15] P. Bodneir, J. Wang, « Microencapsulation of drugs with aqueous polymer dispersion», journal of pharmaceutical sciences, 2006.
- [16] H. G. Larth, J.W.Mays, « Modern methods of polymers characterization », New York, 1991.
- [17] A-F. Courgues, Lorenzon et J.M. Haudin, « Matériaux pour l'ingénieur » 2006.
- [18] G.W.Ehrenstein, F.Montage, « Matériaux polymères, structures, propriétés et applications », Hermés .Paris 2000

- 
- [19] 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.
- [20] J.Weiss, D .Poussin, applications industrielles des plastiques dans la mécanique la matière de l'innovation », Centre technique des industries mécanique(CETIM),1997 ,P :197,232.
- [21] M. Harch, Mémoire de master « Influence de quelques minéraux sur les propriétés thermiques d'un mélange polymérique à base de polychlorure de vinyle (PVC) », Université Med Khider Biskra, 2015.
- [22] D. Ausseur, « polychlorure de vinyle », techniques de l'ingénieur. Traité plastique et composite, préférence A M 3325.
- [23] R. Harzelli et S. Bourouba, « Développement d'un mélange à bas de résine PVC de propriétés mécaniques, thermiques et économiques capable de remplacer le mélange standard utilisé au niveau de l'ENICAB de Biskra », Université Med Khider Biskra, 2012.
- [24] Christopher D. Anderson et E. S Daniels, « Emulsion polymérisation and latex application », smithers rapra publishing, 2003.
- [25] F. Medja, Mémoire de master « Etude des polymères et de leurs mélanges (état fondu) additionnés de composés d'origine minérale, Université Med Khider Biskra, (2014).
- [26] M. Fontanille, Y. Granou, « Chimie et physico-chimie des polymères (cours) », 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles. Edition Dunod, Paris, 2005.
- [27] A. Fadel, Mémoire de magister « Influence des diverses modification du cenêt d'Espagne sur les propriétés mécaniques, rhéologiques et thermiques de composites à matrice thermoplastique », Université Ferhat Abbas Sétif, Algérie, 2014.
- [28] S. Gaggione, Information issues su précis de « Matière plastique », Nathan, 2007.
- [29] « Chlorure de polyvinyle » dans la base de données de produits chimiques peptox de la CSST (organisme québécois responsable de la sécurité et de la santé au travail), 2009.
- [30] J. Troitinon, Piperand, J.Verdu et A. Dorraczynski, « Précis de matières plastique; structures, propriétés ; mis en œuvre et normalisations » 4<sup>e</sup> ; Nathan, France, 1987.
- [31] Y. T. Soheir; N. A. Jeannette; W.S.Magdy, « Thermal and mechanical behaviour of flexible poly (vinyl chloride) mixed with some saturated polyesters »; polymer degradation and stability. Vol.91; 2006.

- 
- [32] F. Adouane, Mémoire de master « Etude du PVC additionné d'un additif d'origine minérale (état fondu) avec différents pourcentages », Université Med Khider Biskra 2017.
- [33] J. Dupuy, Thèse de doctorat, « Synthèse de nouveaux catalyseurs pour la polymérisation de l'éthylène », Université Yon ??????? 1994.
- [34] D. Ausseur ; Ingénieur INSA (institut national des sciences appliquées) ; conseiller technique secteur d'activités plastiques Solvay-pvc- France.
- [35] J. M. Berthlot ; « Matériaux composites, comportement mécanique et analyse des structures 4<sup>ème</sup> édition, Edition Tec et Doc, Lavoisier, 2005.
- [36] A. Viksne, A. K. Bledzki, U. Letman, L. Pence A comparison of compounding processes and Wovd type fiber –PP composites. Composites: part A; 36, 789-797, 2005.
- [37] S. Ben Mebarek et I. Deboule, Mémoire de master « Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations », Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued, 2015.
- [38] A. Kouici, Mémoire de master « Etude de l'effet de l'introduction des fibres végétales sur les propriétés des bétons autoplaçant (BAP) à l'état frais et durcis », 2016.
- [39] D. Thi vi vi, Thèse de doctorat « Matériaux composites à fibre naturelles/ polymère biodégradables ou nom », Université de Grenoble Français, 2011.
- [40] F. Touloun, A. Benchaabane , A. Kaci ; Laboratoire de génie énergétique et matériaux, Université de Biskra, B.P. 145 R.P.0700 ; Université de Cergy-Pontoise, L2MGC, EA 4114, F-95000 Cergy-Pontoise, France, 2012.
- [41] R. Kheribet, Mémoire de master « Influence des fibres végétales sur les propriétés physico-mécaniques d'un béton », Université M'hamed Bougara-Boumerdes, 2017.
- [42] Le palmier dattier. Ed, Maisonneuve et arrose, Paris, ANNEE .
- [43] I. Adrar, Mémoire de magister « Utilisation des noyaux de dattes pour l'élimination des ions  $Fe^{+2}$  en solution aqueuse », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016.
- [44] A. Ben Cheikh, Mémoire de master « Les champignons accompagnes Del embryon du palmier dattier », Université Kasi Merbah-Ouargla, 2011.
- [45] N. Benyabua et K. Zein, Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. 2<sup>ème</sup> conférence internationale suiss environmental

- solution for emerging countries (SESECII) du 28-29 janvier Lausanne, suisse 8P, 2003.
- [46] S. Azibi et A. Aissat, Mémoire de master « Bioamélioration du grignon d'olive par culture de *Bjerkandera adusta* Brem 1916 », Université A. Mira-Bejaia, 2016.
- [47] A. Serir, Mémoire de master « Caractéristiques nutritives des rebuts de datte et des grignons d'olive en vue d'une alimentation animale », Université Djilali Bounoama Khemis Miliana, 2017.
- [48] H.Boussehel ,Thèse doctorat - Etude de moyens stabilisation des composites à base de polystyrène», Université de Biskra,2018.
- [49] B.Boussaha «Etude de la plastification du PVC par des huiles naturelles alimentaires», Mémoire de master, Université de Sétif 2011.
- [50] H.lapeyere, Polyéthylène haute densité PE HD, technique de l'ingénieur1990.
- [51] B.Mimi et R.Abir,«Etude mécanique et thermique et économique de quelques mélanges à base de PVC »proposé par l'ENICAB de Biskra,2013.



# **ANNEXE**

## L'annexe

## Fishier data:

Run Date: 02-May-2019 16:41  
Program: Universal V4.5A Run Number: 1  
TA Instruments Thermal Analysis -- DMA Multi-Frequency - Strain  
Sample: PVC100  
Size: 35.0000 x 10.0000 x 2.7000 mm  
Method: Frequency sweep  
Poisson's Ratio: 0.440

Temperature °C	Storage Modulus MPa	Tan Delta	Loss Modulus MPa
34.13	106.8	0.4246	45.33
34.14	106.7	0.4245	45.31
34.15	106.7	0.4245	45.29
34.15	106.7	0.4246	45.30
34.16	106.7	0.4246	45.30
34.17	106.7	0.4244	45.28
34.17	106.6	0.4246	45.28
34.18	106.6	0.4244	45.25
34.18	106.6	0.4248	45.27
34.19	106.6	0.4245	45.25
34.20	106.6	0.4245	45.25
34.20	106.6	0.4244	45.23
34.21	106.6	0.4245	45.24
34.21	106.5	0.4245	45.22
34.22	106.5	0.4246	45.22
34.22	106.5	0.4245	45.21
34.23	106.5	0.4246	45.22
34.23	106.5	0.4245	45.21
34.24	106.5	0.4246	45.21
34.25	106.4	0.4245	45.18
34.27	106.4	0.4247	45.17
34.29	106.3	0.4248	45.16
34.33	106.2	0.4248	45.13
34.38	106.1	0.4250	45.09
34.44	105.9	0.4252	45.02
34.51	105.7	0.4252	44.92
34.58	105.4	0.4253	44.83
34.67	105.2	0.4252	44.72
34.77	104.8	0.4255	44.59
34.88	104.4	0.4255	44.44
34.99	104.1	0.4256	44.28
35.12	103.6	0.4257	44.12
35.25	103.1	0.4263	43.95
35.39	102.7	0.4261	43.75
35.54	102.2	0.4262	43.54
35.69	101.6	0.4267	43.33
35.85	101.0	0.4266	43.09
36.01	100.4	0.4268	42.84
36.18	99.77	0.4270	42.60
36.35	99.10	0.4273	42.34
36.53	98.40	0.4276	42.07
36.72	97.72	0.4279	41.81
36.90	96.98	0.4280	41.51
37.09	96.23	0.4285	41.24
37.28	95.48	0.4286	40.93
37.48	94.68	0.4289	40.61
37.68	93.92	0.4291	40.30
37.88	93.06	0.4296	39.98
38.08	92.27	0.4299	39.66
38.28	91.42	0.4302	39.33
38.49	90.53	0.4307	38.99
38.70	89.69	0.4306	38.62
38.91	88.77	0.4312	38.28
39.12	87.89	0.4314	37.92
39.33	86.98	0.4318	37.56
39.54	86.05	0.4321	37.18
39.76	85.12	0.4323	36.80
39.97	84.19	0.4326	36.42
40.19	83.24	0.4332	36.06
40.41	82.27	0.4334	35.66
40.63	81.31	0.4335	35.25
40.85	80.33	0.4338	34.85
41.08	79.36	0.4341	34.45
41.30	78.36	0.4346	34.05
41.52	77.40	0.4344	33.62
41.75	76.40	0.4348	33.22

## Annexe

---

41.98	75.41	0.4349	32.79
42.20	74.41	0.4352	32.38
42.43	73.40	0.4357	31.98
42.66	72.41	0.4357	31.55
42.89	71.43	0.4355	31.11
43.13	70.42	0.4358	30.69
43.36	69.42	0.4359	30.26
43.59	68.42	0.4362	29.85
43.83	67.46	0.4357	29.40
44.06	66.45	0.4367	29.02
44.30	65.47	0.4362	28.56
44.53	64.50	0.4362	28.13
44.77	63.53	0.4362	27.71
45.01	62.56	0.4362	27.29
45.24	61.60	0.4360	26.86
45.48	60.65	0.4359	26.43
45.72	59.68	0.4357	26.00
45.96	58.77	0.4355	25.59
46.20	57.82	0.4357	25.19
46.44	56.88	0.4355	24.77
46.68	55.97	0.4351	24.36
46.92	55.05	0.4349	23.94
47.16	54.15	0.4344	23.52
47.40	53.25	0.4343	23.13
47.64	52.36	0.4337	22.71
47.88	51.50	0.4328	22.29
48.12	50.61	0.4329	21.91
48.36	49.74	0.4326	21.51
48.60	48.91	0.4322	21.14
48.84	48.07	0.4314	20.74
49.09	47.23	0.4309	20.35
49.33	46.45	0.4296	19.96
49.57	45.61	0.4296	19.60
49.81	44.82	0.4284	19.20
50.05	44.03	0.4284	18.86
50.30	43.27	0.4273	18.49
50.54	42.52	0.4260	18.11
50.78	41.77	0.4252	17.76
51.03	41.03	0.4246	17.42
51.27	40.30	0.4239	17.09
51.52	39.60	0.4225	16.73
51.76	38.91	0.4215	16.40
52.00	38.22	0.4198	16.04
52.25	37.56	0.4190	15.74
52.49	36.89	0.4181	15.42
52.74	36.26	0.4161	15.09
52.99	35.61	0.4152	14.78
53.23	35.00	0.4138	14.48
53.48	34.40	0.4124	14.18
53.72	33.81	0.4103	13.87
53.97	33.23	0.4084	13.57
54.22	32.69	0.4066	13.29
54.46	32.13	0.4054	13.02
54.72	31.59	0.4036	12.75
54.96	31.06	0.4018	12.48
55.20	30.56	0.3996	12.21
55.46	30.05	0.3976	11.95
55.70	29.57	0.3956	11.70
55.95	29.09	0.3930	11.43
56.21	28.62	0.3920	11.22
56.43	28.19	0.3891	10.97
56.71	27.74	0.3868	10.73
56.95	27.32	0.3847	10.51
57.17	26.92	0.3818	10.28
57.49	26.50	0.3796	10.06
57.67	26.12	0.3772	9.852
57.94	25.74	0.3737	9.621
58.25	25.34	0.3732	9.456
58.39	25.01	0.3687	9.220
58.78	24.64	0.3665	9.031
58.98	24.31	0.3642	8.853
59.21	23.97	0.3606	8.644
59.59	23.62	0.3592	8.484
59.72	23.31	0.3562	8.305
60.06	23.00	0.3521	8.100
60.34	22.68	0.3509	7.958
60.50	22.42	0.3461	7.759
60.90	22.13	0.3436	7.604
61.06	21.84	0.3425	7.481
61.32	21.59	0.3365	7.265
61.67	21.31	0.3351	7.142
61.80	21.08	0.3318	6.994
62.15	20.82	0.3290	6.850
62.39	20.59	0.3263	6.720
62.57	20.36	0.3231	6.579
62.95	20.13	0.3197	6.436
63.10	19.94	0.3167	6.315
63.37	19.72	0.3122	6.158
63.69	19.52	0.3110	6.070
63.82	19.34	0.3071	5.937



## Annexe

---

64.16	19.14	0.3038	5.815
64.40	18.95	0.3024	5.731
64.57	18.79	0.2989	5.617
64.93	18.60	0.2959	5.503
65.09	18.45	0.2932	5.410
65.33	18.29	0.2891	5.288
65.66	18.13	0.2870	5.203
65.79	17.97	0.2846	5.116
66.09	17.84	0.2805	5.003
66.37	17.70	0.2787	4.932
66.51	17.57	0.2754	4.840
66.85	17.42	0.2734	4.762
67.06	17.31	0.2704	4.680
67.25	17.18	0.2663	4.575
67.59	17.07	0.2640	4.506
67.76	16.94	0.2619	4.436
68.00	16.83	0.2584	4.349
68.31	16.71	0.2564	4.283
68.46	16.61	0.2535	4.210
68.75	16.52	0.2504	4.136
69.02	16.41	0.2488	4.084
69.18	16.31	0.2455	4.004
69.50	16.22	0.2429	3.939
69.73	16.11	0.2418	3.895
69.91	16.03	0.2370	3.799
70.24	15.93	0.2357	3.755
70.43	15.86	0.2329	3.694
70.66	15.78	0.2297	3.626
70.98	15.69	0.2288	3.589
71.15	15.61	0.2258	3.524
71.42	15.53	0.2229	3.463
71.70	15.45	0.2219	3.428
71.88	15.38	0.2187	3.364
72.18	15.31	0.2163	3.312
72.43	15.24	0.2150	3.276
72.63	15.19	0.2120	3.221
72.93	15.10	0.2107	3.183
73.15	15.06	0.2073	3.122
73.38	14.99	0.2048	3.071
73.68	14.93	0.2037	3.041
73.89	14.86	0.2013	2.991
74.14	14.82	0.1987	2.945
74.42	14.76	0.1971	2.908
74.63	14.71	0.1948	2.865
74.90	14.67	0.1925	2.823
75.16	14.60	0.1906	2.781
75.38	14.56	0.1886	2.746
75.65	14.49	0.1870	2.710
75.90	14.45	0.1853	2.677
76.13	14.41	0.1832	2.639
76.41	14.36	0.1813	2.603
76.64	14.32	0.1797	2.573
76.89	14.28	0.1771	2.530
77.16	14.23	0.1756	2.499
77.39	14.19	0.1745	2.475
77.65	14.15	0.1727	2.443
77.91	14.11	0.1706	2.407
78.15	14.06	0.1698	2.388
78.41	14.02	0.1679	2.354
78.66	13.98	0.1662	2.324
78.90	13.96	0.1624	2.267
79.16	13.92	0.1632	2.271
79.41	13.87	0.1622	2.250
79.66	13.84	0.1596	2.208
79.91	13.80	0.1581	2.183
80.16	13.78	0.1564	2.155
80.42	13.73	0.1563	2.146
80.67	13.71	0.1535	2.104
80.92	13.66	0.1530	2.089
81.17	13.63	0.1513	2.062
81.42	13.60	0.1502	2.042
81.67	13.57	0.1495	2.028
81.93	13.54	0.1478	2.001
82.18	13.50	0.1465	1.977
82.43	13.47	0.1454	1.959
82.68	13.44	0.1432	1.925
82.93	13.40	0.1423	1.908
83.18	13.37	0.1408	1.882
83.43	13.36	0.1401	1.872
83.69	13.32	0.1388	1.849
83.94	13.29	0.1386	1.843
84.19	13.26	0.1370	1.817
84.44	13.21	0.1364	1.802
84.69	13.21	0.1346	1.778
84.94	13.17	0.1344	1.770
85.20	13.14	0.1309	1.720
85.45	13.11	0.1334	1.749
85.70	13.09	0.1300	1.702
85.95	13.05	0.1306	1.705
86.20	13.03	0.1291	1.683

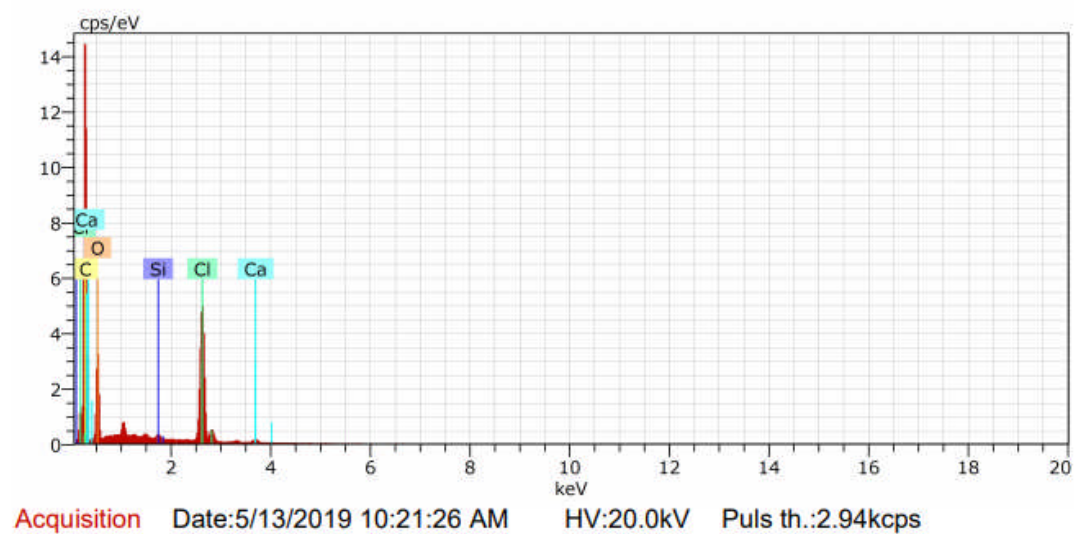
## Annexe

---

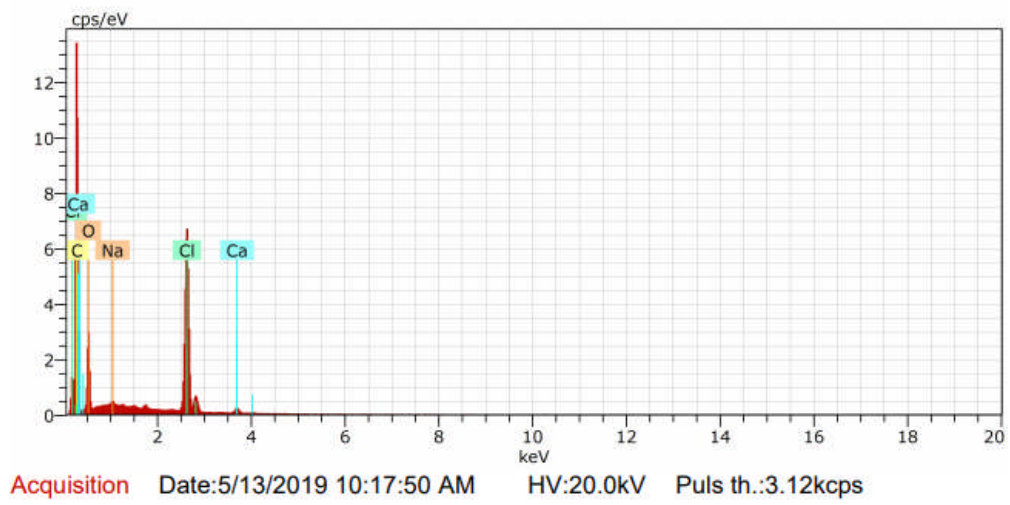
86.45	13.01	0.1280	1.666
86.70	12.97	0.1285	1.666
86.96	12.94	0.1262	1.633
87.21	12.92	0.1250	1.614
87.46	12.87	0.1251	1.610
87.71	12.85	0.1244	1.599
87.96	12.82	0.1221	1.565
88.21	12.79	0.1225	1.566
88.46	12.76	0.1223	1.561
88.71	12.73	0.1207	1.537
88.96	12.70	0.1199	1.523
89.22	12.68	0.1194	1.513
89.47	12.64	0.1194	1.509
89.72	12.61	0.1186	1.495
89.97	12.58	0.1164	1.464
90.22	12.54	0.1169	1.467
90.47	12.51	0.1177	1.472
90.72	12.48	0.1158	1.446
90.97	12.46	0.1146	1.427
91.22	12.43	0.1141	1.419
91.48	12.37	0.1136	1.405
91.73	12.35	0.1149	1.419
91.98	12.33	0.1126	1.388
92.23	12.29	0.1133	1.392
92.48	12.27	0.1112	1.364
92.73	12.23	0.1113	1.362
92.98	12.19	0.1121	1.366
93.23	12.16	0.1089	1.324
93.49	12.14	0.1100	1.335
93.74	12.10	0.1109	1.341
93.99	12.07	0.1089	1.315
94.24	12.04	0.1096	1.319
94.49	12.01	0.1079	1.295
94.74	11.98	0.1078	1.292
94.99	11.94	0.1073	1.281
95.24	11.90	0.1060	1.261
95.50	11.88	0.1064	1.263
95.75	11.83	0.1078	1.275
96.00	11.81	0.1065	1.257
96.25	11.77	0.1064	1.252
96.50	11.74	0.1059	1.243
96.76	11.70	0.1044	1.222
97.01	11.67	0.1042	1.216
97.26	11.63	0.1036	1.205
97.51	11.60	0.1048	1.216
97.76	11.56	0.1040	1.203
98.01	11.55	0.1052	1.214
98.27	11.49	0.1028	1.182
98.52	11.47	0.1035	1.187
98.77	11.43	0.1031	1.178
99.02	11.40	0.1041	1.187
99.27	11.37	0.1017	1.156
99.52	11.33	0.1028	1.165
99.78	11.29	0.1033	1.166
100.03	11.26	0.1018	1.146
100.28	11.22	0.1032	1.158
100.53	11.19	0.1016	1.137
100.78	11.16	0.1021	1.139
101.04	11.12	0.1009	1.122
101.29	11.08	0.1022	1.133
101.54	11.05	0.1020	1.128
101.79	11.03	0.1003	1.106
102.04	11.00	0.1011	1.112
102.29	10.96	0.1025	1.123
102.54	10.91	0.1006	1.097
102.79	10.89	0.1009	1.099
103.05	10.85	0.1002	1.087
103.30	10.81	0.1012	1.094
103.55	10.78	0.1004	1.082
103.80	10.73	0.1015	1.090
104.05	10.71	0.09946	1.065
104.30	10.69	0.1002	1.071
104.55	10.63	0.1006	1.070
104.81	10.60	0.1007	1.067
105.06	10.56	0.1007	1.063
105.31	10.53	0.09940	1.047
105.56	10.49	0.1010	1.060
105.81	10.47	0.09952	1.042
106.06	10.42	0.1009	1.052
106.31	10.40	0.09953	1.035
106.56	10.36	0.09979	1.033
106.81	10.32	0.1004	1.036
107.06	10.29	0.1008	1.038
107.31	10.26	0.1001	1.027
107.56	10.22	0.09881	1.010
107.81	10.18	0.1003	1.022
108.06	10.15	0.09958	1.011
108.31	10.12	0.09901	1.002
108.56	10.08	0.1014	1.023
108.81	10.05	0.1003	1.008

109.06	10.02	0.09967	0.9982
109.31	9.975	0.1005	1.003
109.56	9.942	0.1007	1.002
109.81	9.902	0.1011	1.001
110.06	9.878	0.1013	1.000
110.31	9.838	0.1003	0.9867
110.56	9.801	0.09787	0.9593
110.81	9.770	0.1006	0.9828
111.06	9.734	0.1010	0.9834
111.31	9.697	0.1013	0.9821
111.56	9.665	0.1013	0.9790
111.81	9.628	0.1000	0.9633
112.06	9.594	0.1020	0.9789
112.31	9.566	0.1016	0.9723
112.56	9.526	0.09931	0.9460
112.80	9.494	0.1021	0.9697
113.05	9.455	0.1022	0.9662
113.30	9.422	0.1017	0.9580
113.55	9.394	0.1017	0.9554
113.80	9.350	0.1013	0.9475
114.05	9.314	0.1025	0.9545
114.30	9.280	0.1016	0.9431
114.55	9.244	0.1004	0.9280
114.80	9.210	0.1032	0.9505

➤ L'étude EDX des échantillons



**Figure.. :** Résultat EDX de la composition PVC/fibre traitée par le 3-(triméthoxysilyl) propyl méthacrylate



**Figure :** Résultat EDX de la composition PVC/fibre traitée par NaOH

## Résumé

L'Introduction de fibres naturelles (DPLF- noix d'olives), dans les composites Polychlorure de vinyle influe sur les propriétés mécaniques et dynamiques du PVC

Il a été trouvé que :

Peu de changement concernant les résistances, dureté Shore A et stabilité. Pour l'allongement à la rupture, il faut noter le changement dans la valeur pour la fibre traitée par le composé triméthoxysilyl) propyl méthacrylates et traitée par NaOH 1%.

Une diminution de la résistance à la rupture par rapport à celle du polymère pris séparément, quand on augmente le taux de la poudre des noix d'olives. Les valeurs trouvées pour l'allongement montrent un comportement plus souple pour la composition renfermant 25 % de cette poudre, chose inattendue lorsqu'on sait que l'élévation du taux de la poudre fait diminuer l'allongement. La dureté Shore A, augmente au fur et à mesure que le taux de l'additif augmente. Une augmentation du temps de stabilité en passant de 5 à 15% de noix d'olives

L'étude par la technique DMA des compositions y compris le polymère PVC, a montré une croissance de la valeur de la température de transition vitreuse  $T_g$  pour la composition renfermant un taux de 10 % de fibre DPLF que nous attribuons à l'élévation de la rigidité de la composition ce qui conduit à une diminution des mouvements des chaînes macromoléculaires, ce phénomène s'accroît pour la composition renfermant 30% de fibre DPLF, la température  $T_g$  atteint les 88.93 °C.

**Les mots clés :** PVC, fibre, noix d'olive, morphologie, stabilité, Dureté shore.

## ملخص

إن إدخال الألياف الطبيعية (سعف النخيل و نوى الزيتون) في تركيبة بولي كلوريد الفينيل يؤثر على الخواص الميكانيكية والديناميكية ل

PVC : وجدنا مايلي :

لاحظنا تغيير طفيف للمقاومات صلادة Shore A. من اجل الاستطالة عند القطع تتغير بالنسبة للألياف المعالجة بمركب تريميثواكسيزيل يل بروبييل ميساكريلات ومحلول الصودا 1% NaOH

انخفاض للمقاومة عند القطع مقارنة مع البوليمار النقي, عندما تزداد نسبة بودرة نواة الزيتون. وجدنا ان قيم الاستطالة تبين مرونة اكبر للتركيبية التي تحتوي على 25% من البودرة, إن صلادة Shore A تزداد مع ازدياد نسبة الإضافات. هناك ارتفاع لزمان الاستقرار الحراري مرورا من 5% إلى 15% .

الدراسة بتقنية DMA لمركبات مع بوليمار PVC, بينت زيادة لقيمة درجة حرارة التحول الزجاجي  $T_g$  للتركيبية التي تحتوي على نسبة 10% من سعف النخيل DPLF. هذا الارتفاع راجع إلى ازدياد صلادة المركب الذي يؤدي إلى انخفاض حركة السلاسل الماكرو جزيئية, هذه الظاهرة تزداد من اجل التركيبية المحتواة على 30% من سعف DPLF, نسجل عندها درجة حرارة التحول الزجاجي  $T_g$  تصل إلى 88.93 °C.

الكلمات المفتاحية : PVC, الألياف النخيل , نوى الزيتون, مورفولوجي, استقرار , صلابة شور.