

N° Ordre/FSI/UMBB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des sciences de l'ingénieur

Mémoire de master

Présenté par :

AYACHI hanane

OUADAH soumia

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie des procédés

Option : Matériaux polymères

Thème

*Influence du taux de charge sur un nanocomposite
Polystyrène/Argile*

Devant le jury composé de :

Mme	OUSLIMANI	Nasséra	MCA	UMBB	président
Mr	KOUINI	Benalia	MCA	UMBB	Examineur
Mme	BELLOUL	Nabila	MCB	UMBB	Examineur
Mme	BOUMERDASSI	Karima	MCB	UMBB	Rapporteur

Année Universitaire : 2016-2017

REMERCIEMENT

*Ce travail a été réalisé aux laboratoires de génie de polymère
université de
Sétif -1- et au laboratoire de Revêtement Matériaux et
Environnement (LRME), Boumerdes.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu pour nous avoir
donné le courage et la santé à finaliser ce travail.*

*Nous tenons à présenter nos sincères remerciements et notre gratitude
à l'égard de :*

*Madame K. BOUMERDASSI notre promotrice pour sa disponibilité,
son aide précieuse, son soutien tout au long de ce travail et ses
conseils qui nous ont été très utiles.*

*Nous remercions également tous les membres du jury qui ont examiné
ce travail avec bienveillance ; Madame N. OUSLIMANI, pour nous
avoir fait l'honneur de présider le jury, Monsieur KOVINI et
Madame BELLOUL, qui ont eu l'amabilité de juger ce modeste
travail.*

*Un grand merci à Monsieur M. KOROHGLI en particulier pour son
aide précieuse.*

*Merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la
réalisation de ce mémoire*



« DEDICACE »

Je dédie ce mémoire à Mes Parents :

Mon père, ALLEL qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Ma mère, MALIKA qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs noble, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A ma chère binôme OUADAH SOUMIA, j'espère que la vie lui réserve le meilleur

A mes frères ainsi qu'à mes sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. Spécialement Nouara et Assma

A mes chères amies Ilham, Manel, Hanane, Assia, Rosa

A mes camarades , en particulier AKBACHE Salah Eddine pour son aide et son soutien au cours de la réalisation de mon travail, ZAKI, ALLI,

BADISE ET AYMEN.

Spéciale dédicace aux petites filles HIBA, ROUMAÏSSA et MERJEM

A toute la promotion MPOLY15.

AYACHI HANANE



« DEDICACE »



Je dédie ce mémoire A mes très chers parents:

Ma mère MERIEM

Mon père ALI

Pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer

A mes frères et ma sœur

Oussama, Sid Ahmed, Djamila et leurs enfants Mohamed et wafaa

A ma chère binôme AYACHI Hanane, j'espère que la vie lui réserve le meilleur

Spéciale dédicace à mes chères amies SABRINA ET ROZA

A mes camarades, en particulier AKBACHE Salah Eddine pour son aide, son soutien tout au long de réalisation de ce travail, ZAKI, DAHMANE

ALLI , BADISE ET AYMEN

A qui je témoigne toute ma reconnaissance et mes sincères remerciements

A tout le groupe de MPOLY15

OUADAH SOUMIA



Sommaire

RÉSUMÉ

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Etude Bibliographique

I.1. Introduction.....3

I.2. Définition d'un matériau nanocomposite.....3

I.3. Types des nanocomposites.....3

 a-microcomposite.....3

 b-nanocomposite intercalé.....3

 c-nanocomposite exfolié.....3

I.4. Classification des nanocomposites.....4

I.4.1. Suivant les différents types de renforts ou charge.....4

I.4.2. Suivant la matrice.....5

I.5. Elaboration des nanocomposites.....5

I.5.1. La polymérisation in-situ.....5

I.5.2. L'intercalation en solution.....5

I.5.3. Préparation en phase fondue.....6

I.6. Propriétés des nanocomposites.....7

I.6.1. Propriétés mécaniques.....7

I.6.2. Propriétés électriques.....7

I.6.3. Propriétés optiques.....7

I.6.4. Propriétés de transfert thermique.....8

I.6.5. Propriétés de barrière.....8

I.6.6. Inflammabilité.....8

I.6.7. Propriétés catalytiques.....8

I.7. Les applications.....8

I.8. La matrice.....9

I.8.1. Thermoplastiques.....9

I.8.1.1. Polystyrène.....10

I.8.1.1.1. Les différents types de polystyrènes.....10

 a. Le polystyrène cristal.....10

 b. le polystyrène choc.....10

c. Le polystyrène expansé.....	10
I.8.1.1.2. Applications.....	10
A/ Domaine l’emballage alimentaires.....	10
B/Autres objets fabriqués par injection.....	10
I.9. L'argile.....	11
I.9.1. Définition de l’argile.....	11
I.9.2 .La structure des argiles.....	11
I.10. Conclusion.....	12

Chapitre II: Matériaux utilisés et techniques expérimentales

II.1. Introduction.....	15
II.2. Techniques expérimentales.....	15
II.2.1. Le polystyrène (PS).....	15
II.2.2. L’argile modifié.....	15
II.3. Élaboration des nanocomposites.....	15
II.4. Mise en œuvre des nanocomposites.....	16
II.5. Techniques de caractérisation.....	16
II.5.1. Indice de fluidité (MFI).....	16
II.5.2. Diffraction des rayons X (DRX).....	17
1. Principe d’analyse.....	17
2. Conditions d’analyse.....	18
II.5.3. Les essais mécaniques.....	18
II.5.3.1. Test de Choc.....	19
1. Principe.....	19
2. Equipment.....	19
II.5.3.2. L’essai de traction.....	20
A. Comportements mécaniques en traction.....	20
B. Equipment.....	21

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Introduction.....	24
III.2. Analyse de l’indice de fluidité (MFI).....	24
III.3. Caractérisation structurale par diffraction des Rayons X.....	24
III.4. PROPRIETES MECANQUES.....	26

III.4.1. Résistance au choc.....	26
III.4.2. Propriétés en traction.....	27
III.4.2.1. Module d'Young.....	27
III.4.2.2. La contrainte à la rupture.....	28
III.4.2.3. l'allongement à la rupture.....	29
Conclusion Générale.....	32
Références.....	34
Annexe.....	37

*Liste des
Figures et
Tableaux*

Liste des figures

Figure I.1: Représentation schématique des différentes morphologies des nanocomposites.....	4
Figure I.2: Schéma représentant l'élaboration de nanocomposite par mélange à l'état fondu.....	7
Figure I.3 : Les différentes familles de la matrice.....	9
Figure I.4: Microstructure de la montmorillonite.....	12
Figure II.1: Le polystyrène cristal.....	15
Figure II.2: principe de la diffraction des rayons X.....	18
Figure II.3: Pendule de Charpy.....	19
Figure II.4 : éprouvette pour essai Choc.....	20
Figure II.5: Allure des courbes charge-déformation pour différents polymères.....	21
Figure II.6: Epreuve sous traction.....	22
Figure II.7 : Epreuve de traction a norme ASTM D 638-II.....	22
Figure III.1: Evolution de l'indice de fluidité du PS/MMT.....	24
Figure III.2 : les spectres DRX de nanocomposite polystyrène/argile MMT.....	25
Figure III.3: influence du taux de charge sur la résilience de nanocomposite « PS/Argile MMT ».....	26
Figure III.4 : Courbe de contrainte- déformation de Polystyrène pur en traction.....	27
Figure III.5 : l'évolution du module de Young en fonction du taux de charge Argile.....	28
Figure III.6: l'évolution de la contrainte à la rupture de nanocomposites polystyrène/argile.....	29
Figure III.7: évolution de l'allongement à la rupture en fonction du taux de renfort des nanocomposites (polystyrène /l'argile).....	30

Liste des tableaux

Tableaux II.1 : les différents pourcentages de nanocomposite (polystyrène cristal/argile).....	16
---	----

Résumé

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de l'effet du taux de l'argile sur les propriétés d'un nanocomposite PS/(MMT modifiée). La diffraction des Rayons X ne montre aucun pic caractéristique de l'argile pour les nanocomposites PS/MMT (1%, 2%, 4%). Ce qui confirme le phénomène d'exfoliation charge /matrice. L'indice de fluidité diminue au fur et à mesure que le taux de l'argile augmente. Le test de choc charpy a montré une augmentation de la résilience au choc. Ce qui est due principalement à une meilleure adhésion interfaciale charge matrice. L'essai de traction a montré l'amélioration de la rigidité et la résistance à la rupture en fonction du taux de charge d'argile et la diminution de l'allongement à la rupture.

Abstract

This work deals with the study of the effect of clay content on the properties of a PS / MMT nanocomposite. X-ray diffraction shows no characteristic clay peak for PS / MMT nanocomposites (1%, 2%, 4%). This confirms the phenomenon of charge / matrix exfoliation. The melt index decreases as the rate of clay increases. The charpy shock test showed an increase in impact resilience. This is mainly due to better matrix interfacial adhesion. The tensile test showed improved stiffness and tensile strength as a function of clay loading rate and decreased elongation at break.

نبذة مختصرة

يتناول هذا البحث دراسة تأثير محتوى الطين على خصائص مركب نانوكومبوسيت PS/MMT. حيود الأشعة السينية لا يظهر ذروة الطين مميزة ل PS/MMT نانوكومبوسيتس (1%، 2%، 4%). هذا يؤكد ظاهرة تهمة / تقشير المصفوفة. ينخفض مؤشر الذوبان وفقا لنسبة الطين. وأظهر اختبار الصدمة تشاربي زيادة في القدرة على الصمود. ويرجع ذلك أساسا إلى أفضل مصفوفة التصاق بينية. وأظهر اختبار الشد تحسن صلابة وقوة الشد كدالة من معدل تحميل الطين وانخفاض استطالة عند الفاصل.

Introduction
Générale

Introduction Générale

Dans le domaine de la recherche sur les matériaux, l'élaboration des nano composites se révèle comme une activité de recherche multidisciplinaire dont les résultats pourraient élargir le champ d'application des polymères. Par rapport aux composites conventionnels, ces composites présentent des améliorations quant à leurs propriétés mécaniques, thermiques, électriques, optiques et à effet de barrière. Des contenus en charge de 2 à 5% en masse peuvent se traduire par des propriétés mécaniques semblables à celles de composites conventionnels ayant des taux de renfort de 20 à 40% [1].

Les argiles naturelles, faciles à extraire, sont des candidates idéales pour le renforcement. C'est ce qui explique le développement des composites à matrice organique par rapport à leurs homologues à matrice céramique et métallique [2].

Dans les polymères dits de commodité, nous pouvons citer essentiellement le polyéthylène haut densité et le polystyrène, qui forment une grande partie aussi bien des polymères thermoplastiques de grande diffusion que des composants majoritaires des déchets de matières plastiques.

Depuis une vingtaine d'années, des recherches consacrées aux systèmes polymère/argile ont connu un grand développement, néanmoins l'étude du système PS/argile est très peu abordable. Dans ce contexte, ce mémoire porte sur la réalisation de matériaux nanocomposites polystyrène/argile par mélange à l'état fondu.

Le premier chapitre représentera une étude bibliographique sur le polystyrène, l'argile et les matériaux nanocomposites.

Le deuxième chapitre comporte la présentation des matériaux utilisés, le mode de préparation des échantillons ainsi que la description des techniques expérimentales utilisées.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus par différentes techniques de caractérisation ainsi que leurs discussions, et on termine avec une conclusion générale.

Chapitre I :
Etude
bibliographique

I.1 Introduction :

Durant les dernières années, les nanocomposites à base de polymères ont suscité beaucoup d'intérêt en raison de leurs propriétés remarquables en comparaison avec les polymères classiques telles que la rigidité, la ténacité, la résistance chimique, les propriétés barrière et la stabilité thermique. Diverses charges minérales et organiques ont été utilisées pour accéder à ces nanocomposites : les nanoparticules de silice, les nanotubes de carbone, les particules métalliques [3].

I.2. Définition d'un matériau nanocomposite :

Un composite est un matériau constitué de plusieurs composants et qui possède des propriétés qu'aucun des constituants ne posséderait seul. Plus particulièrement, on appelle nanocomposite, un système hétérophasé composé d'une phase dont l'une des dimensions au moins est nanométrique. Idéalement, dans ce type de système, la composition et la structure du matériau varient à l'échelle du nanomètre. Toutefois, le terme nanocomposite couvre un ensemble plus vaste de matériaux.

I.3. Types des nanocomposites :

Trois types de nanocomposites peuvent être obtenus avec des argiles ou autres renforts dans une matrice polymère, dépendant de la nature des constituants utilisés [4].

a-Microcomposite :

Le polymère n'est pas intercalé entre les couches de silice pour l'argile. Les phases sont séparées, non miscibles ; le polymère et l'argile présentent une incompatibilité ou une très faible compatibilité ; cette catégorie ne présente pas de propriétés intéressantes par rapport à celles du polymère de départ.

b-Nanocomposite intercalé :

Une (parfois plusieurs) chaîne polymère est intercalée entre les couches de l'argile. Le résultat est une structure relativement ordonnée et dilatée avec une alternance de couches polymères et inorganiques.

c-Nanocomposite exfolié :

Ce sont des structures délaminées où les couches de l'argile sont complètement et uniformément réparties dans la matrice polymère. La délamination a pour effet de maximiser les interactions polymère/argile augmentant considérablement la surface de contact et créant les propriétés spécifiques de ce type de nano-composites.

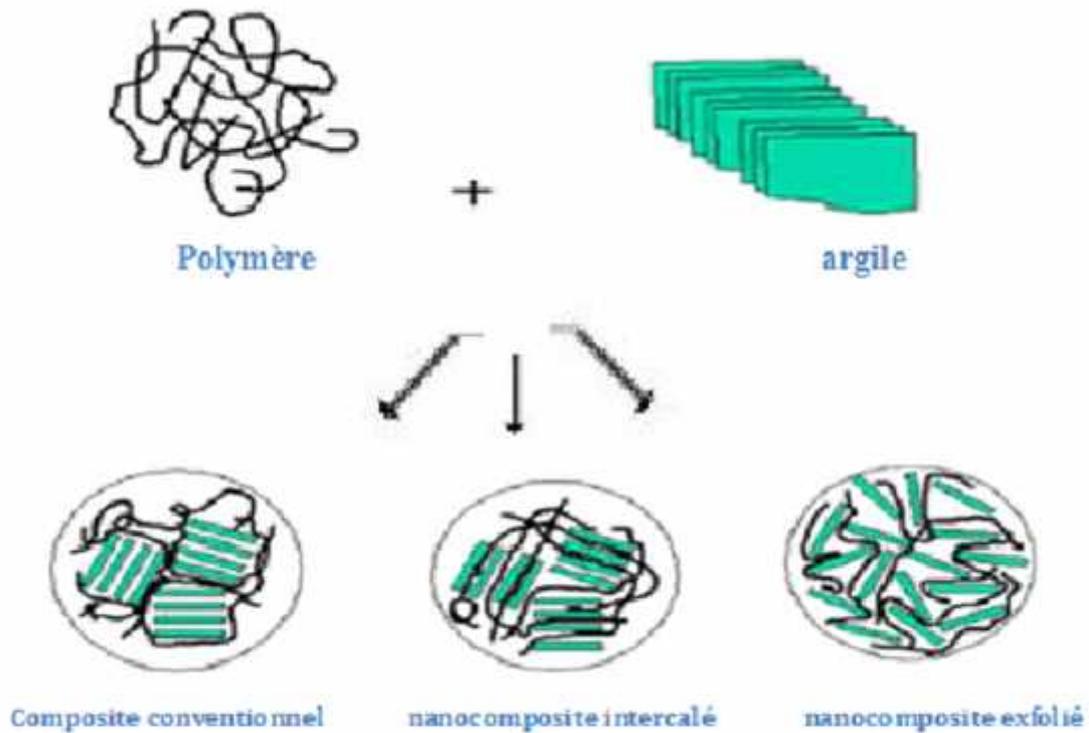


Figure I.1 : Représentation schématique des différentes morphologies des nanocomposites [5].

I.4. Classification des nanocomposites :

I.4.1. Suivant les différents types de renforts ou charge :

En général, divers nanocomposites existent en différentes tailles et formes et peuvent être classés principalement en trois catégories selon la géométrie de charge (renfort) utilisée [6].

a- nanocharges lamellaires / nanoargile (**1D**) sont des matériaux en couche généralement avec une épaisseur de l'ordre de 1 nm, mais avec un rapport d'aspect suivant leurs deux dimensions restantes d'au moins 25. Les charges 1D les plus

populaires sont des silicates lamellaires, des argiles smectiques, hydroxydes doubles couches ainsi que des feuilles de graphène.

b- nanofibres ou des whiskers (**2D**) ont un diamètre inférieur à 100 nm et caractérisé par un rapport d'aspect d'au moins 100. Les nanotubes de carbone, des substrats nanocellulose, et ainsi de suite toutes entrent dans cette catégorie.

c- Les nanoparticules (**3D**) présentent des dimensions inférieures à 100 nm. Les nano 3D les plus connus sont des particules de silice, et d'oxydes métalliques.

I.4.2. Suivant la matrice :

a- Les composites à matrice métallique, qui sont utilisés jusqu'à 600°C

b- Les composites à matrice céramique, utilisés jusqu'à 1000°C

c- Les composites à matrice organique, utilisés entre 200 et 300°C ; ils sont aussi appelés nanocomposites à matrice polymère.

I.5. Elaboration des nanocomposites :

I.5.1. La polymérisation in-situ :

Ce mode de préparation consiste à faire « gonfler » une argile lamellaire avec un monomère liquide ou en solution et à initier la polymérisation entre les feuillets thermiquement ou chimiquement. Dans les premiers travaux du groupe Toyota, la montmorillonite était « gonflée » avec un α -amino acide ($\text{COOH}-(\text{CH}_2)_{n-1}-\text{NH}_2^+$) servant à écarter plus ou moins suivant la valeur de n les feuillets et à catalyser la polymérisation par ouverture de cycle du ϵ -caprolactame.

Il est généralement utilisé des Montmorillonite organophiles modifiées grâce à l'échange cationique et notamment pour la fabrication des nanocomposites à base de PMMA ou de PS [7].

I.5.2. L'intercalation en solution :

Ce mode de préparation consiste à mélanger le polymère ainsi que l'argile dans un solvant commun, pour ensuite l'éliminer. Afin d'optimiser cette méthode il est nécessaire d'utiliser un solvant pouvant à la fois gonfler l'argile et qui soit aussi un bon solvant du polymère. D'un point de vue thermodynamique, la perte d'entropie due à l'intercalation des chaînes, et donc à leur confinement, est compensée par le gain

provenant de la désorption de nombreuses molécules de solvant, ce qui favorise la formation du nanocomposite.

Cette méthode fut efficacement utilisée dans le cas du poly (oxyde d'éthylène) en utilisant différents solvants plus ou moins polaires, mais aussi avec de nombreux autres polymères.

Le désavantage majeur de cette méthode est la grande quantité de solvant qui doit être utilisée, et qui est en totale opposition avec les défis environnementaux d'aujourd'hui et des applications industrielles.

Comme pour les nanocomposites lamellaires, ces deux méthodes sont aussi utilisées pour les nanocomposites à base de nanoparticules [8].

I.5.3. Préparation en phase fondue :

Contrairement au cas précédent ce mode d'élaboration présente de nombreux avantages que le monde industriel ne cesse d'exploiter et développer. L'intercalation en phase fondue de Vaia et al. [9] est sans aucun doute à l'origine des nombreux travaux existants. Ils ont démontré qu'il était possible dans des conditions simples (sans intervention d'un cisaillement externe) d'observer et de suivre la cinétique d'intercalation d'un thermoplastique modèle comme le polystyrène dans une fluoro-hectorite organo-modifiée.

La quantité de polystyrène intercalé dépend de la température et de la longueur des chaînes. De plus, ils notent que l'utilisation d'une extrudeuse permet de diminuer le temps de formation du composite, en effet cela permet de « casser » l'agrégat primaire dans lequel les chaînes de polymère ne pourraient pas diffuser [7].

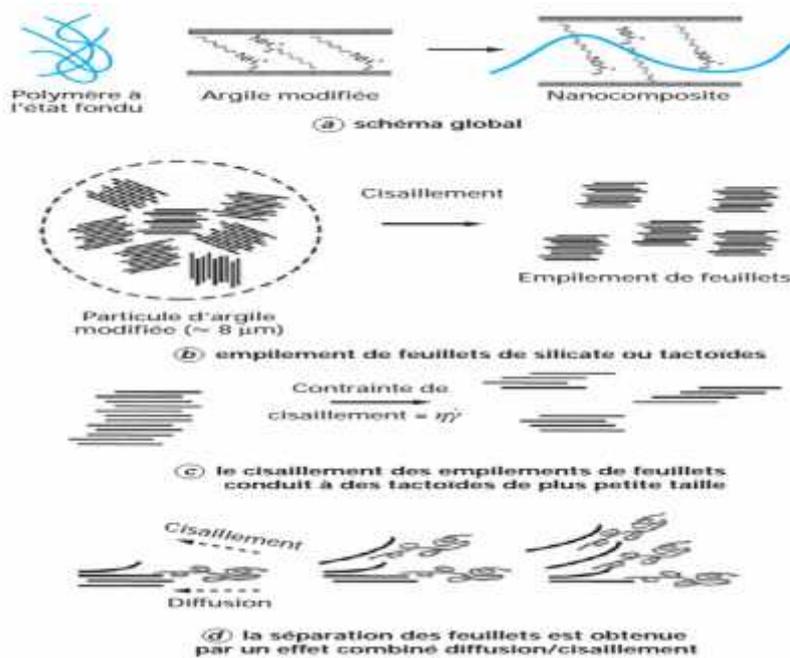


Figure I.2 : Schéma représentant l'élaboration de nanocomposite par mélange à l'état fondu [8].

I.6. Propriétés des nanocomposites :

I.6.1. Propriétés mécaniques :

En ce qui concerne les propriétés mécaniques, l'effet se traduit par un phénomène de superplasticité. Les nanomatériaux permettent d'améliorer la résistance des matériaux sans compromettre leur ductilité car la taille des nanoparticules limite les concentrations de contraintes [10].

I.6.2. Propriétés électriques :

L'introduction de nanoparticules et/ou de nanotubes peut modifier de façon drastique la conductivité électrique de matériaux réputés isolants.

I.6.3. Propriétés optiques :

Les nanoparticules ont des dimensions inférieures aux longueurs d'onde de la lumière visible (380 – 780 nm), ce qui permet d'améliorer les propriétés optiques du matériau [10].

I.6.4. Propriétés de transfert thermique :

L'ajout de nanoparticules peut permettre d'améliorer certaines propriétés avec de faibles fractions volumiques.

En effet, l'ajout de nanoparticules de fer ou de cuivre peut modifier la conductivité thermique de fluides caloporteurs. Un ajout de 0,2 % en fraction volumique de nanoparticules de fer se traduit par une augmentation de plus de 10 % de la conductivité thermique [10].

I.6.5. Propriétés de barrière :

Dans les nanocomposites à matrice polymère, l'incorporation d'argile augmente les propriétés de barrière vis-à-vis de l'eau et des gaz du fait de l'augmentation de la distance à parcourir pour les molécules qui diffusent. Les lamelles de silicate sont imperméables à l'eau et aux gaz et certains liquides [10].

I.6.6. Inflammabilité :

Le caractère ignifuge des polymères est amélioré par l'utilisation de nanocomposite silicate / polymère. L'introduction de lamelles d'argile de taille nanométrique dans une matrice polymère retarde sa dégradation et permet la formation d'une couche superficielle carbonisée qui ne se fracture pas mais forme une nano structure multicouche de silicate améliorant les propriétés de barrière et de résistance, jouant le rôle d'un isolant et réduisant les émissions de produits volatils issus de la combustion [10].

I.6.7. Propriétés catalytiques :

La modification des propriétés catalytiques de nanoparticules manufacturées est illustrée par l'exemple des nanoparticules d'Or.

I.7. Les applications:

Les processus de mise en œuvre des matrices polymères sont actuellement bien maîtrisés et peu coûteux, et les argiles, faciles à extraire. Ces deux phénomènes concourent donc à en faire des candidats idéaux pour l'obtention de nouveaux matériaux aux propriétés spécifiques.

Les nanocomposites lamellaires sont des systèmes très prometteurs pour de nouvelles applications technologiques comme dans le domaine de l'aérospatial, de

l'automobile, en biotechnologie, électronique, énergie, médecine et en industrie optique [4].

Ils trouvent aussi leur application dans :

- L'emballage alimentaire
- L'utilisation, dans le cas de réservoirs à combustible et carburant.
- Gants de protection aux hydrocarbures et au feu.
- Courroies de distribution.
- Capot de moteur.
- Composants électriques.
- Cartes de circuits imprimés.

I.8. La matrice :

La matrice d'un matériau composite peut appartenir à différents types de polymère, elle a pour principale but de transmettre les efforts mécaniques au renfort, de répartir les contraintes, de lier les fibres de renforts et donner la forme désirée au produit final, comme il sert de protection contre les chocs ou contre les produits chimiques, humidité [11, 12].

Les matrices peuvent être décomposées en plusieurs catégories en fonction du besoin industriel comme le montre [13].

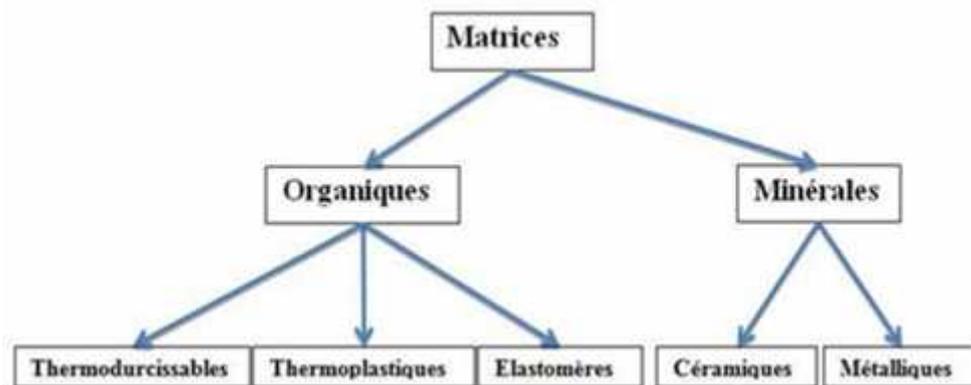


Figure I.3 : Les différentes familles de la matrice.

I.8.1. Thermoplastiques:

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

de leur facilité de mise en œuvre et des faibles coûts. Ce sont principalement les plastiques traditionnels (le polychlorure de vinyl PVC, le polyéthylène PE, le polypropylène PP, le polyamide PA, les polycarbonates PC, etc.).

Leur recyclabilité et leur thermo-réversibilité constituent des avantages très importants. Il existe aussi des thermoplastiques à usage spécifique qui peuvent résister à des températures de l'ordre de 200°C voire plus.

I.8.1.1. Polystyrène :

Le polystyrène est le polymère obtenu par polymérisation des monomères de styrène. C'est un matériau solide à 20°C et pâteux à 120°C, qui fond entre 150°C et 175°C. Il est inflammable et combustible, avec une température d'auto inflammation d'environ 490°C. Il est également soluble dans les hydrocarbures chlorés et aromatiques [14].

Ce matériau dur, cassant et transparent se décline en différents types de polystyrènes aux applications multiples.

On utilise notamment ce polymère très courant pour réaliser des emballages, des jouets et des maquettes.

I.8.1.1.1. Les différents types de polystyrènes : Il existe trois types de polystyrènes :

- a. Le polystyrène cristal.
- b. le polystyrène choc.
- c. Le polystyrène expansé.

I.8.1.1.2. Applications:

A/ Domaine l'emballage alimentaires

La fabrication des emballages alimentaires et apparents constitue le premier débouché du polystyrène. La plus grande part est utilisée pour l'emballage des produits laitiers comme les pots de yaourts ou des sets lactés. Et la fabrication d'emballage variés (boites à œufs, pots de glace, emballage de gâteaux), et de vaisselle à usage unique (gobelets, couverts et assiettes jetables).

B/Autres objets fabriqués par injection :

Le marché de l'injection regroupe des applications très variées :

- boîtes de pétri dans le domaine médical.
- articles pour le bureau et la maison : stylos, corbeilles jouets.
- boîtiers pour CD, cassettes audio et vidéo, DVD.
- domaine électroménager et électronique grand public.

I.9. L'argile:

I.9.1. Définition de l'argile :

Généralement l'argile désigne tout matériau naturel, composé de grain fins, qui passe à l'état plastique en présence de teneurs en eau appropriées et durcit par séchage ou par chauffage ; la plasticité étant l'aptitude du matériau à acquérir et conserver toute forme possible au façonnage. Les particules d'argiles sont des aluminosilicates plus ou moins hydratés dont la structure est constituée d'un empilement de feuillets. Ces minéraux argileux appartiennent en majorité au groupe des phyllosilicates.

La montmorillonite:

Parmi les différents types de minéraux argileux, la montmorillonite est de loin la plus couramment utilisée pour la préparation de polymère-nanocomposites et ce, surtout depuis le succès des travaux des chercheurs de TOYOTA sur l'amélioration des propriétés mécaniques et thermiques du nylon-6 après un ajout de seulement 5% en masse de montmorillonite [15].

I.9.2. La structure des argiles :

La structure des argiles est en feuillets et chaque feuillet est constitué par une couche et chaque couche est formée par l'empilement de plans d'anions et de cations associés ; des études montrent que ces couches ne sont que des chaînes tétraédriques et octaédriques ; les études montrent aussi qu'il existe un espace entre les feuilles qu'on appelle espace interfoliaire ou un espace inter-lamellaire.

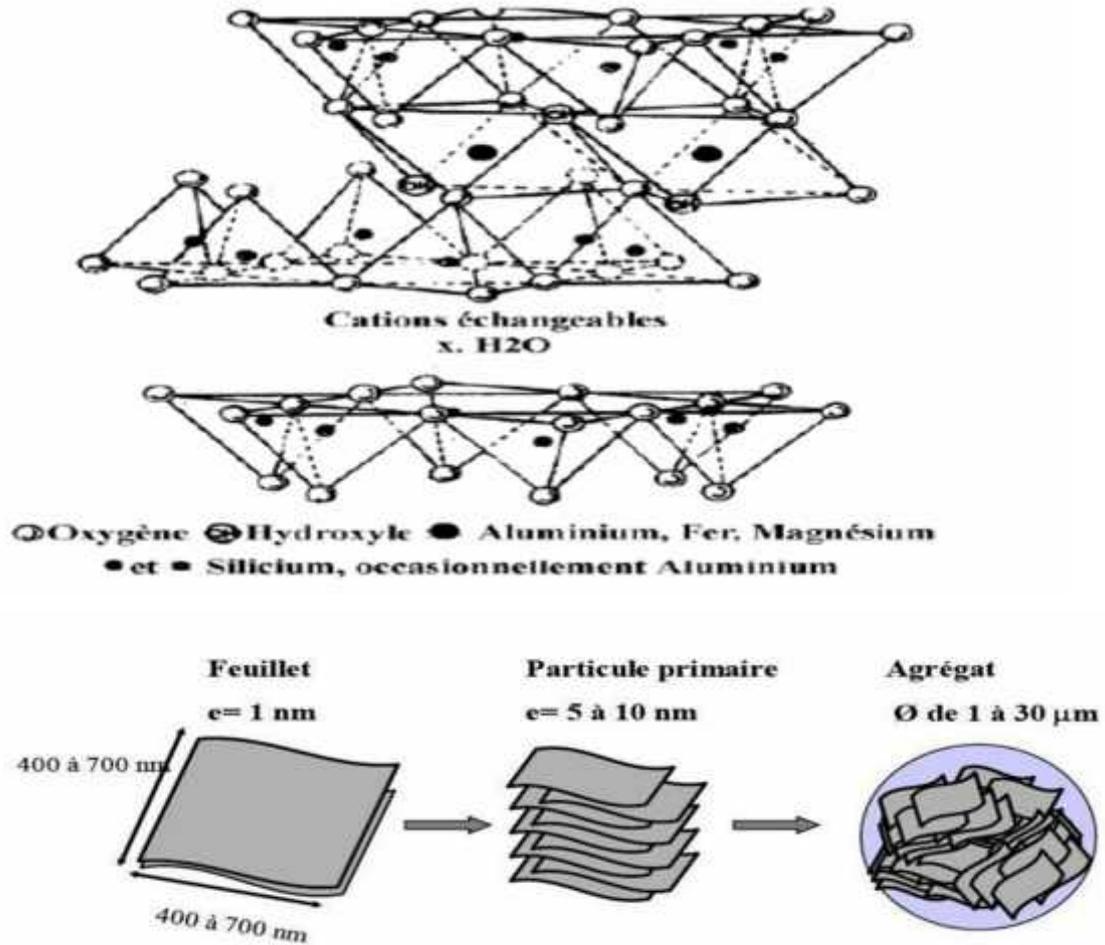


Figure I.4: Microstructure de la montmorillonite

I.10. Conclusion :

Cette étude bibliographique a permis de faire un état des lieux sur les connaissances de quelques définitions de terminologies utilisées dans ce domaine et montre que les nanocomposites généralement et les thermoplastique spécialement sont un milieu d'étude important et polyvalent.

CHAPITRE II :
METHODOLOGIE
EXPERIMENTALE

II.1.Introduction

Dans ce chapitre nous allons détailler la préparation de notre matériau à base de PS/Argile. Puis, nous présenterons les principales techniques utilisées pour caractériser les propriétés morphologiques, rhéologiques et mécaniques de ce matériau.

Ces techniques sont:

- indice de fluidité.
- DRX.
- Test de choc.
- Test de traction.

II.2. Matériaux utilisés :

II.2.1. Le polystyrène (PS):

Dans cette étude le polystyrène utilisé est le POLYSTYRENE CRYSTAL 1540 se présentant sous forme de granulés, avec une couleur transparente.



Figure II.1 : Le polystyrène cristal

II.2.2. L'argile modifiée :

La montmoullonite commercialisée par ALDRIH, elle est modifiée en surface avec 25% à 30% en poids par l'ammonium hydrogéné et le dihydroxydethyle de méthyle.

II.3. Élaboration des nanocomposites :

Pour l'obtention des échantillons, des mélanges ont été réalisés à différent pourcentage (0%, 1%,2%,4%) de poids de l'argile.

Tableaux II.1 : les différents pourcentages de nanocomposite (polystyrène cristal/argile)

Formulation	1	2	3	4
Polystyrène (%)	100	99	98	96
Charge (%)	0	1	2	4

II.4. Mise en œuvre des nanocomposites:

Les mélanges PS/argile ont été préparés avec extrudeuse de type « controlab » modèle « BRABENDER » avec une vitesse de rotation de 80 tr/min et températures (T1=160°C, T2=170°C et T3=175°C). Les extrudats obtenus ont été découpés en petits morceaux, puis ont subi un broyage mécanique avec un broyeur de marque DREHER brabender.

II.5. Techniques de caractérisation :

II.5.1. Indice de fluidité (MFI) :

La fluidité est l'aptitude de la résine à couler dans le moule dans des conditions de températures et de pression bien définies. L'indice de fluidité est mesuré à l'aide d'un appareil « *Extrusion plastometer* » de type CEAST (Nelf flow modular line) consiste à déterminer la quantité de matière qui s'écoule à travers une filière de diamètre et de longueur donnée, placée dans un four, sous un poids spécifique (2.16 Kg) et sous une température de 190 °C, pendant un temps de 10 minutes. Des joncs sont découpés toutes les 10 s, puis pesés pour être utilisés dans le calcul de l'indice de fluidité (MFI) selon la formule suivante :

$$\text{MFI} = \frac{600 * m}{t} \quad \text{g/10min}$$

Avec : MFI : Indice de fluidité exprimé en g/10 min

m : poids moyen de l'extrudat

t : temps en s.

II.5.2. Diffraction des rayons X (DRX)

La diffraction des rayons X est une technique d'analyse fondée sur la diffraction des rayons X sur la matière. La diffraction n'ayant lieu que sur la matière cristalline, on parle aussi de radiocristallographie. Pour les matériaux non-cristallins, on parle de diffusion. La diffraction fait partie des méthodes de diffusion élastique.

L'appareil de mesure s'appelle un diffractomètre. Les données collectées forment le diagramme de diffraction ou diffractogramme.

1. Principe d'analyse :

L'échantillon solide finement broyé, est monté sur un porte échantillon adéquat, puis soumis à un faisceau des rayons X pour être diffractés par les plans réticulaires des phases cristallines présentes. En effet il existe une relation entre l'angle du faisceau diffracté et la distance réticulaire séparant les plans d'atomes au sein d'un réseau cristallin. Celle-ci est régie par la loi de Bragg

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$

(Où λ =longueur d'onde en angströms, d = distance réticulaire en angströms et θ = angle de diffraction ou de réflexion en degrés).

Les diffractogrammes ainsi obtenus, à l'aide d'un diffractomètre à rayons X, sont interprétés. Les positions et les intensités de pics observés sont comparés aux fichiers de référence PDF-ICDD (Powder Diffraction File-International Center for Diffraction Data) pour l'identification des phases minéralogiques présentes, et éventuellement l'utilisation de RIR (Reference Intensity Ratio) inclus dans le logiciel HighScore Plus du fichier PDF-ICDD permet l'estimation semi quantitative des phases correspondantes détectées quand celle-ci est requise et/ou possible.

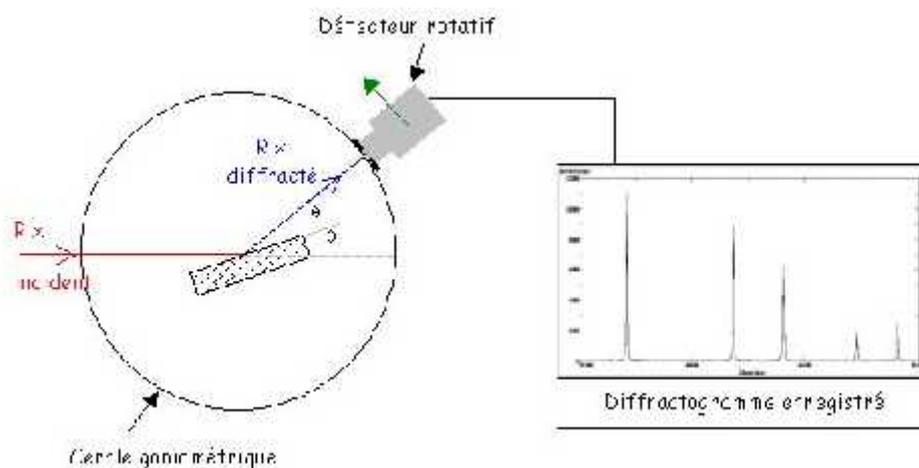


Figure II.2: principe de la diffraction des rayons X.

2. Conditions d'analyse :

Étude totale: Diffractomètre PANalytical: XPERT-PRO, puissance du générateur à RX: 40 ma, 45 Kv.

Logiciel pour l'acquisition des données: DataCollector de PANalytical.

Logiciel pour traitement des données: HighScore Plus de PANalytical.

Longueur d'onde CuK [Å]: 1,5418.

Angle de départ [°2Th.]: 2,0000.

Angle final [°2Th.]: 70,0000.

Taille du pas [°2Th.]: 0,0170.

Temps du pas [s]: 91,7599.

II.5.3. Les essais mécaniques :

Préparation des éprouvettes :

Pour la préparation des éprouvettes destinées aux différents tests à savoir choc, traction, on a utilisé une presse manuelle de marque CARVER, pour le moulage par compression sous les conditions de travail suivantes :

Pression maximale : 16 Kg/cm².

Température des plateaux : 230°C.

Temps de préchauffage : 4 min.

Temps de compression : 6 min.

Temps de dégazage : 3 min.

Temps de refroidissement : 3 min.

II.5.3.1. Test de Choc Charpy :

A. Principe :

La résistance aux chocs est mesurée à l'aide d'un mouton-pondule, genre Charpy (figure II.3). Un barreau de matière plastique, dont les dimensions sont bien définies, est frappé par un mouton de masse et de forme définie tombant verticalement d'une hauteur connue. Après rupture de l'éprouvette, le mouton, poursuivant sa course, remonte d'une certaine hauteur, toujours inférieure à la hauteur de départ.

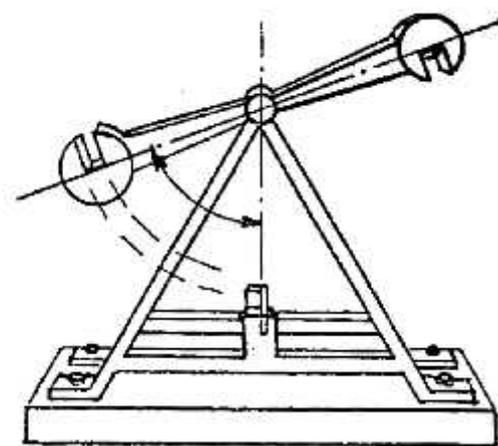


Figure II.3: Pendule de Charpy [16].

L'énergie fournie et l'énergie restante sont calculables : elles sont proportionnelles aux hauteurs de départ et de remontée. La différence entre ces deux énergies représente le travail de rupture [17].

B.Equipement :

L'essai de choc Charpy a été effectué sur une machine Zwick/Roell avec un mouton pendule à chute libre de 7.5 J, sur des échantillons de 15 mm² de section (figure II.4). Pour chaque échantillon on a effectué cinq essais pour déterminer une valeur moyenne de la résistance au choc, ainsi pour calculer l'écart type (Annexe : tableaux des résultats des essais mécaniques).

Les dimensions de l'éprouvette sont :

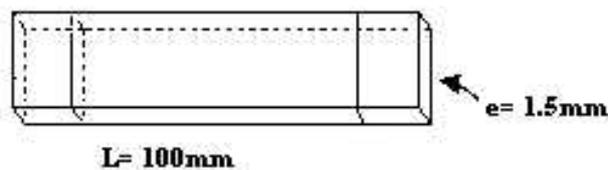


Figure II.4 : éprouvette pour essai Choc (norme ASTM D638)

II .5.3.2. L'essai de traction :

L'essai de traction est la méthode la plus simple pour évaluer la résistance mécanique d'un matériau solide. Cet essai consiste à soumettre un échantillon homogène, de section régulière, à une déformation unidirectionnelle de vitesse constante ; on enregistre alors la charge en fonction de la déformation.

Lorsque la rupture de l'échantillon intervient dans le domaine élastique après une faible déformation, mais à une charge élevée, on dit qu'il est fragile. Par contre, si la rupture est précédée par une déformation plastique qui est intervenue à partir d'un certain seuil de déformation, on qualifie le matériau de ductile.

A. Comportements mécaniques en traction

Les comportements mécaniques des polymères sont différents suivant la température, la nature du matériau, etc. Afin d'illustrer ceci, des auteurs [18 ,19] présentent quatre courbes charge- déformation correspondant à quatre familles différentes de polymères (figure II.5).

- polymère mou et peu résistant : la rupture intervient peu après la partie linéaire de la courbe dont la pente est très faible. C'est le cas des gels et des polymères de faible masse moléculaire.
- (b) polymère mou et résistant : comme précédemment le module est faible mais la déformation est très importante. Celle-ci reste quasiment élastique jusqu'au point ultime de la rupture. On notera qu'il y a une forte augmentation de la pente vers la fin de l'essai. Ce phénomène indique un durcissement de l'échantillon probablement dû à une réorientation des chaîne dans l'axe de la déformation. C'est le cas des élastomères.

- (c) polymère dur et fragile : le module est élevé mais la déformation est faible ; il n'y a pas de déformation plastique. C'est le cas du polystyrène et du polyméthacrylate de méthyle.
- (d) polymère dur et ductile : le module est élevé mais la déformation est importante du fait d'une forte déformation plastique. Il est fréquent dans ce cas d'observer une striction sur l'échantillon. C'est le cas des polyamides et des polyesters.

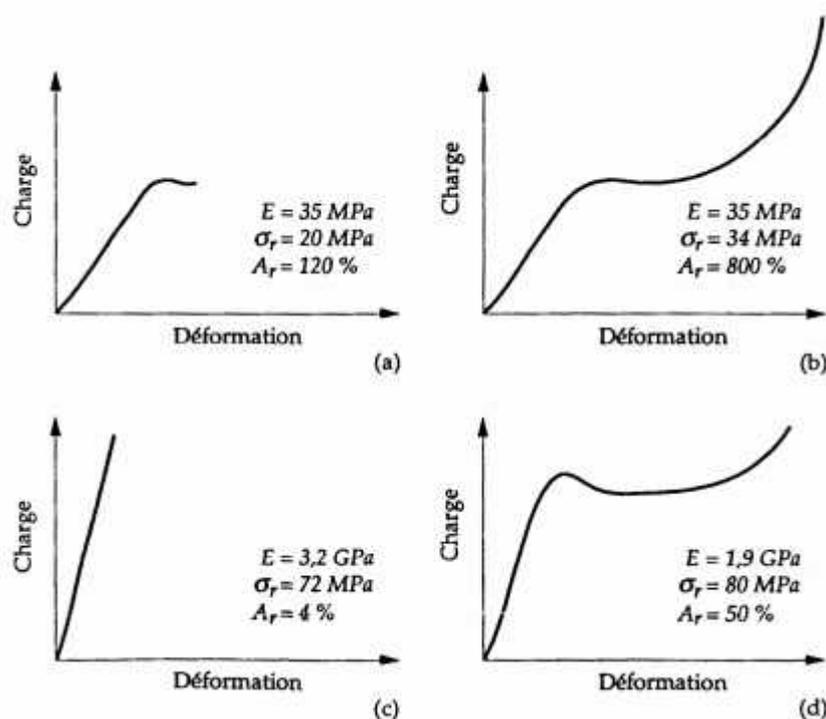


Figure II.5: Allure des courbes charge-déformation pour différents polymères : (a) mou et peu résistant ; (b) mou et résistant ; (c) dur et fragile ; (d) dur et ductile ; E = module d'élasticité ; σ_r = contrainte à la rupture ; A_r = l'allongement à la rupture [19].

B. Equipement :

Les essais de traction ont été effectués sur une machine Zwick/Z010, représentée dans Annexe, ce dynamomètre relié à une chaîne d'acquisition permet l'enregistrement simultané du temps, du déplacement (avec extensomètre), de la charge et la déformation. Les informations sont stockées et traitées par ordinateur à l'aide du logiciel TestXpert V 9.01, en utilisant 5 éprouvettes d'essai pour chaque échantillon en forme d'haltère (figure II.7), suivant la norme ASTM D 638-II

Les mâchoires utilisées lors de la traction sont auto serrant afin d'éviter tout glissement de l'éprouvette pendant l'essai (figure II-6).



Figure II.6: Eprouvette sous traction

Le dépouillement des résultats nous permet d'obtenir : le module élastique (ou module d'Young), la contrainte à la rupture et l'allongement à la rupture.

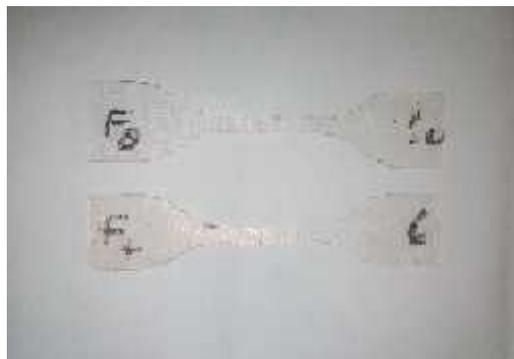


Figure II.7 : Eprouvette de traction a norme ASTM D 638-II

Chapitre III
Résultats et
Discussion

III.1. Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre les résultats ainsi que leurs interprétations, après avoir réalisé les différents essais dans la partie expérimentale est présenté les procédures et les méthodes d'analyse utilisées.

III.2. Analyse de l'indice de fluidité (MFI) :

La variation de l'indice de fluidité de nanocomposite PS /MMT (0%, 1%,2%, 4%) est représentée sur la figure III.1. De cette figure on observe que les valeurs d'IFM diminuent en fonction de pourcentage des charges d'argile. Ceci est du à l'augmentation de la viscosité après l'ajoute de l'argile. On peut expliquer cette augmentation de la viscosité en fonction du taux de charge par l'effet de pouvoir épaississant induit par l'argile. Ce qui gêne l'écoulement de nanocomposite.

Dazhu et al [20] ont étudié en détail les propriétés rhéologiques des nanocomposites PS-Argile préparés avec des argiles modifiées organiquement. Il a été noté que plus la quantité d'argile augmentait plus l'indice de fluidité diminuait [21].

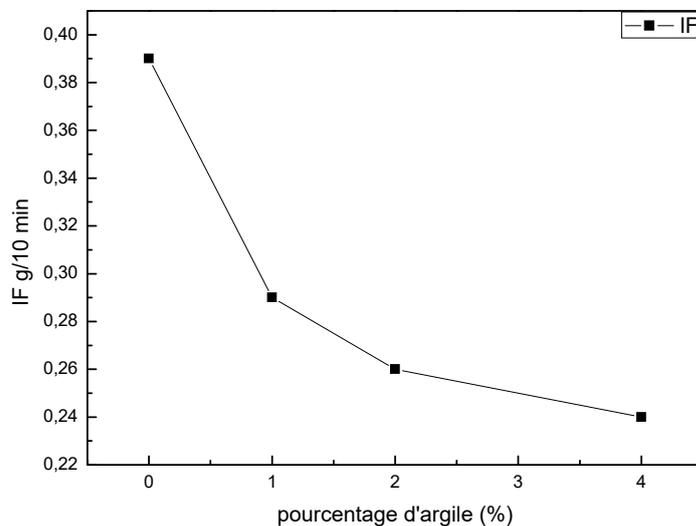


Figure III.1: Evolution de l'indice de fluidité du PS/MMT.

III.3. Caractérisation structurale par diffraction des Rayons X :

Du fait à sa facilité d'utilisation et de sa disponibilité, la DRX est la plus couramment utilisée pour déterminer la structure du nanocomposite. Des études

cinétiques de l'intercalation à l'état fondu de polymère sont même menées par cette technique [22]. Cette technique permet de déterminer les espaces entre les couches du silicate en utilisant la loi de Bragg.

La cristallinité globale a été étudiée par diffraction des rayons X. Les profils de l'intensité diffractée en fonction de l'angle de réflexion 2θ sont présentés sur les Figures III.2. Les diffractogrammes obtenus pour une poudre d'un échantillon d'un matériau à base de nanocomposite PS/MMT (0%, 1%, 2%, 4%).

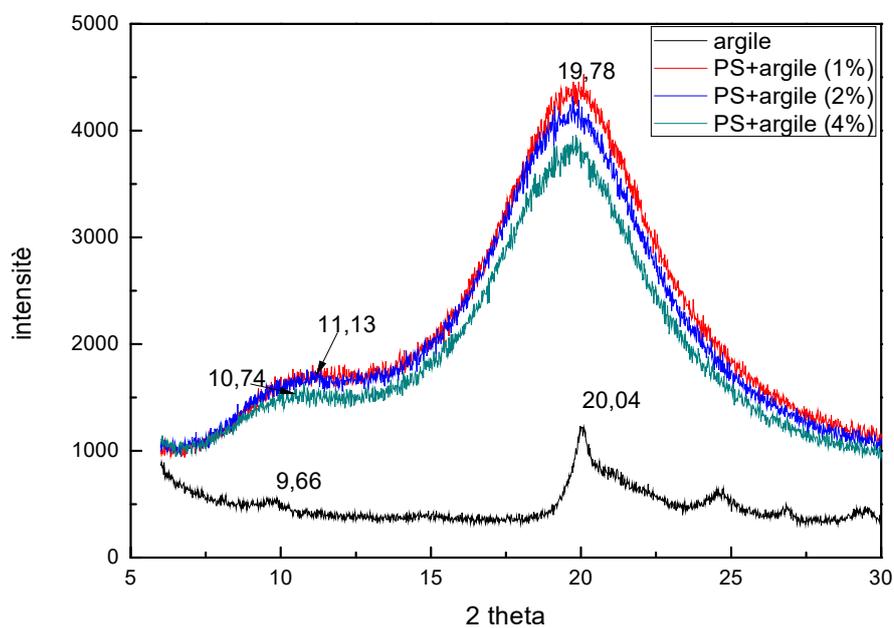


Figure III.2 : les spectres DRX de nanocomposite polystyrène/argile MMT.

La diffraction des rayons X ne montre aucun pic caractéristique de l'argile pour les mélanges 1%, 2% et 4% de l'argile. L'absence de pic de diffraction peut donc traduire par une forte proportion de feuillets qui ont été complètement dispersés dans la matrice. Lorsque le pic caractéristique de la charge disparaît du spectre du nanocomposite, cela est généralement interprété comme une exfoliation de la charge dans la matrice polymère, mais la disparition du pic peut être causée par une forte désorganisation de la charge au sein du polymère rendant impossible la détection d'un signal en diffraction des rayons X, ceci est confirmé par variation de la distance bacale d en fonction de taux de MMT.

Pour les systèmes exfoliés, le pic de diffraction [001] n'est plus visible, soit parce que la distance entre les feuillets est trop importante, soit parce que la structure ordonnée n'est plus présente [23].

III.4. PROPRIETES MECANIQUES :

Les résultats des essais mécaniques sont rassemblés dans le tableau 3 en Annexe. Les résultats présentes dans cette partie sont obtenus par calcul de la moyenne et de l'écart type des mesure sur cinq essais reproductifs.

III.4.1. Résistance au choc :

Les résultats obtenus lors des essais Charpy sont présentés sur la figure III.3. De cette figure, nous observons une tendance positive pour la courbe de nanocomposites « PS/Argile MMT ». Ceci nous indique que le renforcement de polystyrène par l'argile modifiée le rend plus résistant.

Cette augmentation est due principalement à une meilleure adhésion interfaciale charge /matrice et la bonne dispersion de la charge dans la matrice polystyrène. Cette dispersion est bien confirmée par le DRX (figure III.2).

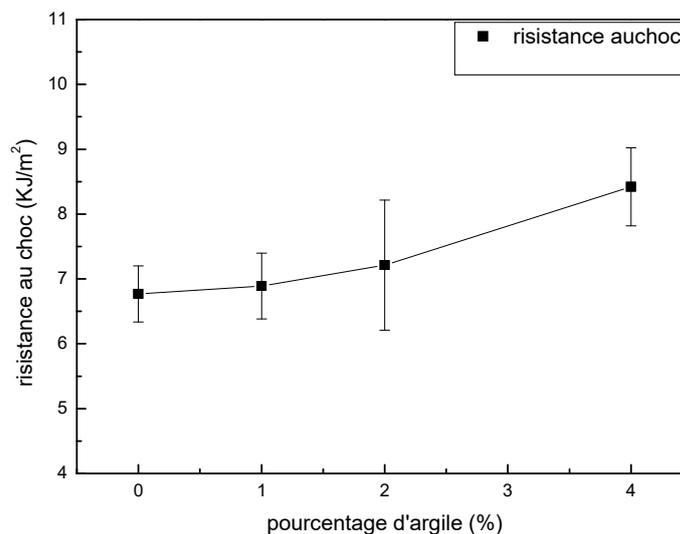


Figure III.3: influence du taux de charge sur la résilience de nanocomposite « PS/Argile MMT »

III.4.2. Propriétés en traction :

Le comportement contrainte- déformation a été obtenu pour tous les échantillons ayant été élaborés au titre de notre expérimentation (Tableau II- 1, Chapitre II).

La courbe contraintes – déformations du polystyrène pur, montre les caractéristiques d'une rupture fragile (figure III.4).

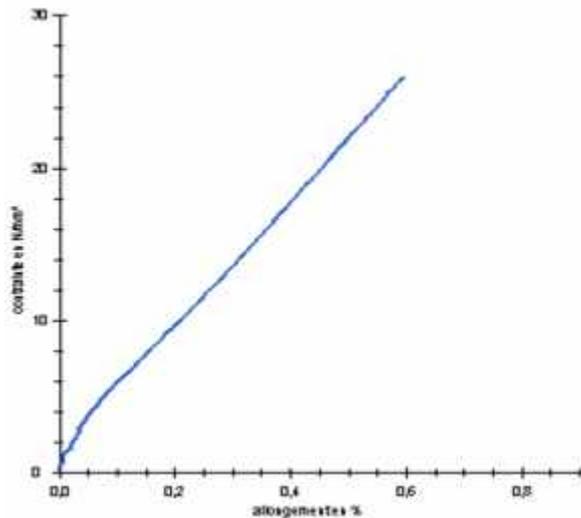


Figure III.4 : Courbe de contrainte- déformation de Polystyrène pur en traction.

III.4.2.1. Module d'Young

Les modules d'Young des échantillons de nanocomposite PS /Argile, sont tracés en fonction de pourcentage massique des charges (la figure III.5).

Il apparaît clairement que la rigidité augmente au fur et à mesure que le contenu en charges augmente pour les nanocomposites. Cette augmentation est due principalement à une meilleure adhésion interfaciale polystyrène/argile due à bonne dispersion de la charge argile dans la matrice polystyrène. Ces résultats sont en bonne accord avec ceux trouvés par Uthirakumar et coll [24] qui ont rapporté une amélioration de 50% du module de Young par ajout de 5% poids d'argile au PS en solution.

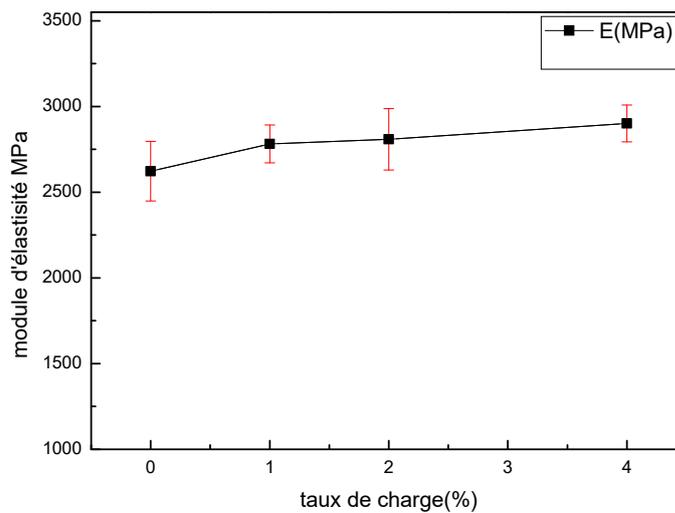


Figure III.5 : l'évolution du module de Young en fonction du taux de charge Agile

L'ajout d'une argile organiquement modifiée dans un polymère donne lieu à une amélioration significative du module de Young de la matrice. Il a été démontré que l'augmentation du module est plus importante pour des nanocomposites exfoliés. Par exemple, Gorassi [25] a rapporté une augmentation de 216 à 390 MPa pour des nanocomposites PCL contenant 10% poids de MMT modifié par un ammonium. Une autre étude décrit une augmentation du module de Young de 120 à 445 MPa lors de l'addition de 8% poids d'argile modifiée par un ammonium dans le PCL [26].

III.4.2.2. La contrainte à la rupture

Pour les nanocomposites thermoplastiques (intercalés ou exfoliés), la contrainte à la rupture, qui exprime la résistance à la rupture que la matière peut supporter, avant sa rupture, peut varier fortement en fonction de la nature des interactions entre la matrice et le renfort.

Comme pour le module d'Young, la contrainte à la rupture des nanocomposites élaboré dans ce travail (PS / Argile) subit une augmentation au fur et à mesure que le taux de charges augmente (figure III.6). On comprend alors que les charges rendent le polystyrène plus résistant à la force de traction.

Dans ce cadre, Oksman et Clemons [27] notent que de petites particules bien dispersées augmentent généralement les propriétés de résistance à la traction, ce qui est le cas de l'argile.

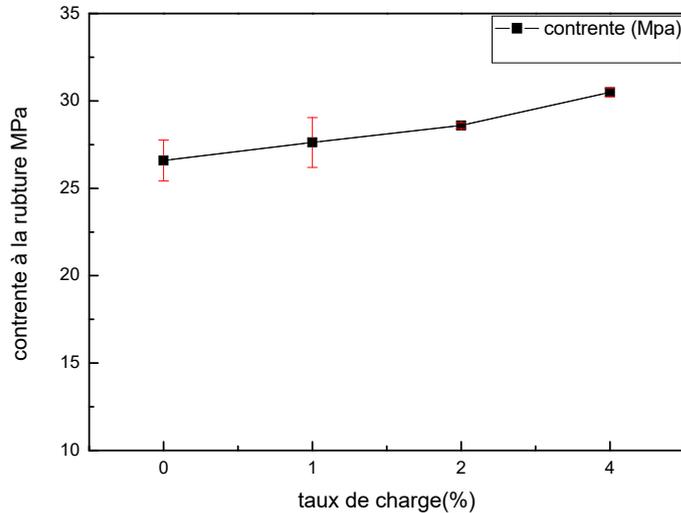


Figure III.6: l'évolution de la contrainte à la rupture de nanocomposites polystyrène/argile.

Divers groupes ont démontré que les structures exfoliées donnent une plus grande amélioration des propriétés mécaniques du polystyrène. He et coll. [28] ont montré que les particules de nanocomposites PS-MCM-48 silylés améliorent la résistance à la traction par 70 à 560 % et les modules de Young de 7-10 fois. Toutefois, une diminution de l'allongement à la rupture a été observée.

III.4.2.3. L'allongement à la rupture

La figure III.7 représente l'évolution de l'allongement à la rupture en fonction de taux de charges dans le nanocomposite (PS/Argile MMT) que nous avons élaboré dans ce travail.

Nous constatons la plus grande influence de taux de charges sur le nanocomposite. L'effet des nanocomposites sur l'allongement à la rupture n'a pas été beaucoup étudié. Pour des nanocomposites intercalés de thermoplastiques tels que PMMA [29] et PS [30], il a été noté que l'allongement à la rupture est réduit.

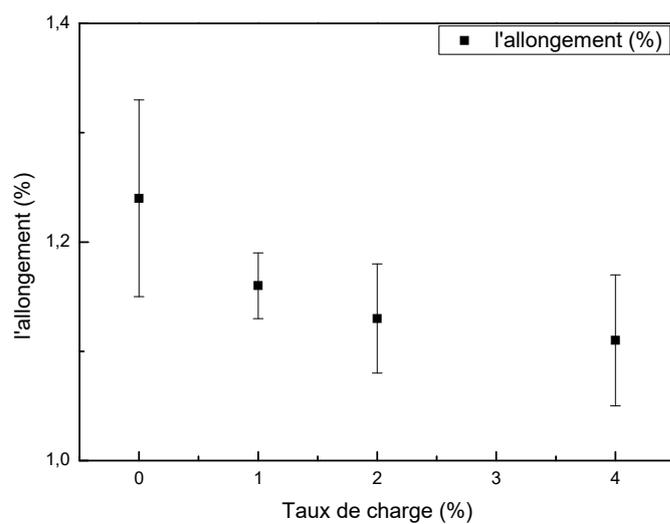


Figure III.7: évolution de l'allongement à la rupture en fonction du taux de renfort des nanocomposites (PS /MMT).

*Conclusion
Générale*

Conclusion générale et perspective

Un intérêt particulier a été porté à l'argile modifiée (MMT), comme charge dans la fabrication d'un matériau nanocomposite à matrice polystyrène. La mise en évidence de la modification a été examinée par les tests mécaniques (Choc, Traction), indice de fluidité (MIF) et une caractérisation morphologique par DRX. Les différents résultats ont révélé :

- Une diminution de l'indice de fluidité avec le taux de l'argile qui gêne l'écoulement de nanocomposité en augmentant leur viscosité.
- La diffraction des Rayons X ne montre aucun pic caractéristique de l'argile pour les nanocomposites PS/MMT (1%, 2%, 4%). Ce qui confirme le phénomène d'exfoliation charge /matrice.
- Une augmentation de la résilience au choc a été observée. Ce qui est due principalement à une meilleure adhésion interfaciale charge matrice.
- Avec le taux de charge, la contrainte à la rupture et le module d'élasticité augmentent tandis que l'allongement à la rupture diminue.
- Il y a lieu de noter que l'utilisation d'un mélangeur interne et une extrudeuse bis-vis est indispensable et ce pour avoir mélange bien élaboré qui résulte une interaction maximale PS/MMT donc meilleures propriétés de nanocomposite.

Il y a lieu de noter que les analyses thermiques (DSC, ATG) sont indispensable et ce, afin de déterminer l'effet de taux de charges sur le comportement thermique des nanocomposites.

Par ailleurs, l'utilisation de microscopie électronique à balayage (MEB) permet de déterminer la distribution et la dispersion des charges d'argile dans la matrice polystyrène.

Enfin, la microscopie électronique à transmission (MET), permet d'observer directement les charges et leur orientation.

Références

References

- [1] M. N Bureau, E. DiFrancesco, J. Denault, and J. I. Dickson, <<Mechanical behavior of injection molded PS/PE blends fracture toughness vs. Fatigue crack propagation >>. Polymer engineering science, Vol.39, n°6, 1999, P, 11196, 1129
- [2] Elbaz Mikael. Master nanotechnologie, <<Les nanocomposites à matrice organique>>. France, 2005, P.3
- [3] K. H. Saeed, S. Y. Park. J. Polymer Research 17 2010 535–540.
- [4] Abdallah Illaïk Thèse Doctorat/synthèse et caractérisation des nanocomposites polymères hydroxydes doubles lamellaires HDL r
- [5] archive.nrc-cnrc.gc.ca/fra/idp/imi/recherche/nanocomposites-polymeres.html
- [6] S.yoshimoto, F.Ohashi, T.Kameyama; Journal of polymer Science: part B: polymer Physics, 2005, 43, 2705-2714
- [7] A. Loiseau « Elaboration et caractérisation de nanocomposites modèles Laponite/Polyoxyde d'éthylène », thèse de doctorat, université de MAINE, 2006, 211p
- [8] F. Abdelli « élaboration et caractérisation de nanocomposites cellulose /montmorillonite », mémoire de Magister, université m'hamed bougara boumerdes, 2008, 75 p
- [9] R.A.Vaia, H. Ishii, ET E.P. Giannelis, « Synthesis and properties of two dimensional nanostructures by direct intercalation of polymer melts in layered silicates», Chemistry of Materials, 1993, 5 (12): p. 1694-1696
- [10] Agence française de sécurité de l'environnement et du travail. Les nanomatériaux : Effet sur la santé de l'homme et sur l'environnement. Rapport de recherche AGFSET. Paris : Ministère de l'environnement, 2006, p.14-17
- [11] Matthieu Kneveler. Cours de mise en œuvre des matériaux composites, Institut catholique d'arts et métiers, mars, 2006.
- [12] Jean Marie Berthelot. Matériaux composites, Comportement mécaniques et analyse des structures, 4eme édition, Tech et Doc, Lavoisier, 2005
- [13] Harold Hart Jean Marie Conie. Introduction à la chimie organique. Dunod, 2000.
- [14] R. Jack Vinson, the behavior of structures composed of composite materials, edition second, 2002
- [15] A. Di Gianni, R. Bongiovanni, L. Conzatti, S. Turri. Journal of Colloid and Interface Science 336. 2009 455–461

REFERENCES

- [16] J. Gossot : Les matières plastiques ; Fabrication- Technologie, édition Bordas, Paris 1977, pp.146-238.
- [17] C. Moine, V. Gloaguen, JM. Gloaguen, R. Granet, P. Krausz, soumis à publication. In Nicolas Joly, Synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenus par acylation et réticulation de cellulose, Thèse de Limoges, Toulouse, 2003, p.47
- [18] Michel Fontanille, Yves Gnanou : Chimie et physico-chimie des polymères, édition Dunod, Paris, 2002, p.424
- [19] Christain Oudet : Polymères structure et propriétés, Introduction, édition Masson Milan Barcelone paris 1994, p.130.
- [20] C. Dazhu, Y. Haiyang, H. Pingsheng, Z. Weian. Composites Science Technology 65 2005 1593–1600
- [21] A. Panwar, V. Choudhary, D.K. Sharma. Journal of Reinforced Plastics and Composites 30 2011 446–459/13/ 13
- [22] S. S. Ray M. Okamoto. Progress in Polymer Science 28 2003 1539–1641 9
- [23] J-M. Gloaguen, J-M. Lefebvre. Technique de l'Ingénieur. L'expertise technique et scientifique de référence. 2007N2615.
- [24] Uthirakumar, Y. B. Hahn, K. S. Nahm, Y. and S. Lee. Journal of European Polymer 41 2007 1582–1588
- [25] G. Gorassi, M. Tortora, V. Vittoria, E. Pollet, B. Lepoittevin, M. Alexandre, and al. Polymer 44 2003 2271–2279.
- [26] M. Tortora, V. Vittoria, G. Galli, S. Ritrovati, E. Chiellini. Macromolecular Materials and Engineering 287 2002 243–249
- [27] K. Oksman et C. Clemons: Mechanical properties and morphology of impact modified polypropylene-wood flour composites. J. App. Polym. Sci., 1998, volume 67, pp.1503-1513.
- [28] J. He, Y. Shen, D. G. Evans. Microporous Mesoporous Materials 109 2008 73–83.
- [29] L.W. Jang. Journal of Applied Polymer Science 61 1996 1117–1122.
- [30] M.W. Noh, D.C. Lee, Polymer Bul 42 1999 619-626.

Annexes

FICHE TECHNIQUE

**LACQRENE® 1540****Polystyrène cristal fluide****Description :**

Le LACQRENE® 1540 est un polystyrène fluide destiné à l'extrusion ou à l'injection. En extrusion, il permet d'augmenter les cadences d'extrusion et de thermoformage en dilution avec un super choc (de type LACQRENE®7240). Très brillant, il est également particulièrement adapté au plaxage. En moulage par injection, le LACQRENE® 1540, de par sa faible viscosité à haut gradient de cisaillement a une injectabilité proche de celle du LACQRENE® 1811, et présente en outre l'avantage d'une température de ramollissement plus élevée

Applications :

- Feuilles laitières, gobelets (dilution avec du polystyrène choc)
- Injections diverses : Boîtes et étuis divers, articles de bureaux, mercerie, fournitures scolaires, corps de stylos et jouets, bacs pour réfrigérateurs, gobelets.

Propriétés :**Rhéologiques :**

Propriétés	Méthode	Unité	Valeur
Indice de fluidité (200°C-5kg)	ISO1133H	G/10 mm	12

Thermiques :

Propriétés	Méthode	Unité	Valeur
Température Vicat 10 N (Montée en T°=50°C/h)	ISO306A50	°C	91
Température Vicat 10 N (Montée en T°=50°C/h)	ISO306B50	°C	86
Température de fléchissement sous charge 1.8 MPa non recuit	ISO75-2A	°C	73
Température de fléchissement sous charge 1.8 MPa non recuit	ISO75-2A	°C	83
Coefficient de		mm/°C	7.10E-5

ANNEXES

dilatation linéaire			
---------------------	--	--	--

Mécaniques :

Propriétés	Méthode	Unite	Valeur
Choc Charpy non entaillé	ISO 179/1eU	KJ/m ²	8
Contrainte de traction à la rupture	ISO 527-2	MPa	42
Allongement à la rupture	ISO 527-2	%	2
Module d'élasticité en traction	ISO 527-2	MPa	3100
Module d'élasticité en flexion	ISO 178	MPa	2900
Dureté Rockwell	ISO 2039-2		L 70

Electriques :

Propriétés	Méthode	Unité	Valeur
Rigidité diélectrique		Kv/mm	135
Résistivité superficielle	ISO IEC 93	Ohms	>10 E+14

Diverses :

Propriétés	Méthode	Unité	Valeur
Densité	ISO 1183	g/cm ³	1.05
Retrait au moulage		%	0.4-0.7
Absorption d'eau	ISO 62	%	<0.1

ATOFINA : Filiale d'un groupe international dont les activités incluent la production d'hydrocarbures, le raffinage et la distribution de produits pétroliers et la chimie.

ANNEXES

Tableau de indice fluidité :

<i>Les échantillons</i>	1	2	3	4
Indice fluidité (g/10 min)	0.39	0.29	0.25	0.26

Tableau : Propriétés mécaniques à rupture des matériaux renforcés à différents taux D'argile par le test de traction

N° Echantillon	% charges d'épicéa	Module d'Young		Allongement à la rupture		Contraintes à la rupture		Résistance au choc	
		La moyenne	L'écart Type	La moyenne	L'écart Type	La moyenne	L'écart type	La moyenne	L'écart type
1	0%	2622,39	173,6	1.24	0,09	26,59	1.37	6.76	0.43
2	1%	2781,28	110,65	1.16	0,03	27,62	1.42	6.89	0.50
3	2%	2808,76	179,37	1.13	0,05	28,59	0.17	7.21	1.00
4	4%	2901,03	107,05	1.11	0,06	30,5	0.25	8.42	0.60

EQUIPEMENTS UTILISES ET RESULTATS EXPERIMENTAUX



Figure : l'appareille de mesure l'indice de fluidité



Figure 2 : machine de choc