

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE



SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences appliquées

Département de Génie des Procédés

Mémoire fin d'études

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Industries Pétrochimiques

Spécialité : GENIE PETROCHEMIQUE



Présenté Par :

M_{ell} : BASSA Manal et SAOULI Aziza

Thème :

**Caractérisation et applications de deux polymères de
PVC modifiées par un amine primaire
aromatique**

Soutenu publiquement le:12/06/2023

Devant le jury composé de :

Dr. ROUANE Azzedine	MCA (UKM Ouargla)	Président
Dr. BAAMEUR Lotfi	MAA (UKM Ouargla)	Examineur
Dr. TABCHOUCHE Ahmed	MCA (UKM Ouargla)	Encadreur
Dr. ZOBEIDI Naoual	MCA (UKM Ouargla)	Co-Encadreur

Année Universitaire :2022/2023



Dédicace

A mes parents.

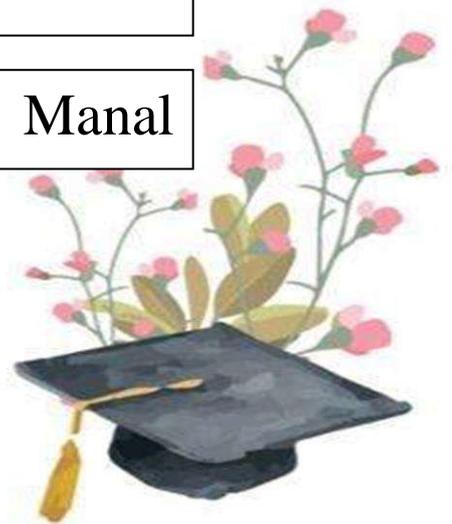
Je vous remercie du fond du cœur,
pour votre amour et votre soutien
indéfectible.

A mes frères : Khaled – Abdo.
mes Sœurs: Kawthar – Basmala –
Imane - Intisar .

A toute ma famille, A tout mes amis.
Je le dédie mes collègues de promo de
l'année 2023 en master.

A tous que je les connu pendant ces
années universitaires.

Manal





Dédicace

Merci du fond du cœur maman et papa.

Pour votre amour et votre soutien
éternels.

Ce souvenir m'est très cher
Parce que c'est à toi.

A mes frères: Mohammed Islam - Abd
Elkafi. A mes sœurs: Khadidja-
Noussaiba.

A toute ma famille, à tous mes amis.

Pour leur amour

Aziza





Remerciement

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu Tout-Puissant de nous avoir aidé à surmonter toutes les difficultés durant nos études et ces quelques mots n'exprimeront pas nos sentiments sincères. Je remercie chaleureusement mes remerciements au professeur encadré TABCHOUCHE Ahmed , pour l'avoir suivi et m'avoir soutenu dans ce travail.

Je lui suis reconnaissant pour sa présence et ses précieux conseils et pour le soutien qu'il m'a apporté tout au long de la préparation de cette thèse, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Nous remercions sincèrement les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants du Département de Génie De Procédés de l'Université Kasdi Merbah de Ouargla. Sans oublier tous nos amis et collègues de la Campagne de Promotion
du Génie Pétrochimique 2023



Résumé :

Les polymères organiques connaissent un intérêt prometteur quant à leurs utilisations comme matériaux d'électrodes, en effet, leur stabilité chimique et mécanique ainsi que leur abondance ne peuvent que renforcer la motivation de la recherche dans ce domaine.

Dans ce travail en modifiant sur deux matrices polymérique en Polychlorure de Vinyle analytique et 4000 M (PVC analytique et 4000 M) par un amine primaire aromatique, dans le but de déterminer leurs structures en utilisant des méthodes spectroscopiques telles que l'UV-Visible, IR, et point de fusion. Les produits synthétisés sont utilisations dans des différents domaines d'électro catalyse, traitement des eaux usées et biologique.

Mots clé : PVC analytique ,PVC4000M, Amine primaire aromatique.

Abstract

Organic polymers are experiencing a promising interest in their uses as electrode materials, indeed, their chemical and mechanical stability as well as their abundance can only reinforce the motivation of research in this field. In this work, modify two polymer matrices in analytical Polyvinyl chloride and 4000 M (analytical PVC and 4000 M) with an aromatic primary amine, in order to determine their structures using spectroscopic methods such as UV-Vis, IR, and melting point. The synthesized products are used in different fields of electro catalysis, waste water treatment and biology.

Key Word s: polyvinyl chloride, PVC4000M, Aromatic primary amine.

الملخص

تشهد البوليمرات العضوية اهتمامًا واعدًا باستخداماتها كمواد قطب كهربائي ، وفي الواقع ، فإن استقرارها الكيميائي والميكانيكي بالإضافة إلى وفرتها لا يمكن إلا أن يعزز الدافع للبحث في هذا المجال.

في هذا العمل ، قمنا بتعديل مصفوفتين بوليمر PVC التحليلي و M4000 (PVC تحليلي و M 4000) بأمين أولي عطري ، من أجل تحديد هيكلها باستخدام طرق التحليل الطيفي مثل UV-Vis , IR ونقطة الانصهار. تستخدم المنتجات المركبة في مختلف مجالات التحفيز الكهربائي ومعالجة مياه الصرف وعلم الأحياء.

الكلمات الرئيسية: PVC التحليلي ، PVC4000M ، أمين عطري أولي.

Liste des tableaux :

N°	Chapitre	Page
Chapitre I		
Tableau I.1	Caractéristiques PVC 4000 M	4
Chapitre II		
Tableau II.1	Les Matériels et les Appareilles	15
Tableau II.2	Propriétés physiques chimiques des solvants utilisés	16
Tableau II.3	Les réactifs.	16
Chapitre III		
Tableau III.1	Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées (P1)	23
Tableau III.2	Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées (P2)	24
Tableau III.3	Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées (P3)	25
Tableau III.4	Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées (P4)	26
Tableau III.5	Principaux bandes d'absorption UV-visible	27

LISTE DES FIGURES :

N°	Chapitre	Page
Chapitre I		
Schéma I.1	Domaines d'absorption de l'UV-visible	12
Chapitre II		
Schéma II.1	Mécanisme réactionnel de PVC Amine primaire	21

Liste des figures :

N°	Chapitre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Polymérisation de PVC	5
Figure I.2	Type des amines	8
Figure I.3	D'appareille point de fusion	13
Figure I.4	point de fusion de PVC	13
Chapitre II		
Figure II.1	Montag de synthèse organique à reflux	17
Figure II.2	Préparation de PVC Avec DMF	18
Figure II.3	Préparation de Mélange PVC Avec KI	18
Figure II.4	Préparation de Mélange PVC Avec amine	19
Figure II.5	Montage De Synthèse Organique A Reflux	19
Figure II.6	Précipitation De PVC Modifié	20
Figure II.7	PVC Modifié	20
Chapitre III		
Figure III.1	Spectre Infrarouge de PVC(P1)	23
Figure III.2	Spectre Infrarouge de PVC(P2)	24
Figure III.3	Spectre Infrarouge de PVC modifié (P3)	25
Figure III.4	Spectre infrarouge de PVC modifié (P4)	26
Figure III.5	Spectre UV-visible du PVC	27
Figure III.6	Point fusion de PVC	28

LISTE DES FIGURES :

Figure III.7	Appareil De Vibration Pour Solutions En Flacons	29
Figure III.8	Appareil mesuré la conductivité	30

liste d'abréviations
PVC: Polyvinyle de chlorure
DMF: Diméthylformamide
KI: Potassium Iodide
UV vis : Ultraviolet visible
IR : Infrarouge
P1: PVC Analytique
P2: PVC 4000M
P3: PVC Analytique+amine
P4: PVC 4000M+amine

Sommaire

Introduction générale :	XII
Chapitre I: Etude bibliographique	2
I.1 Introduction :	3
I.2 Définition de PVC :	3
I.3 Définition de PVC 4000M :	3
I.4 Formule générale de PVC :	4
I.5 Polymérisation de PVC :	4
I.6 Application et utilisation de PVC :	6
I.7 Préparation :	6
I.8 Dégradation du PVC :	6
I.8.1 Dégradation thermique:	7
I.8.2 Déshydrochloruration du PVC :	7
I.8.3 Coloration du PVC lors de la déshydrochloration :	7
I.9 Propriété de polychlorure de vinyle :	7
I.9.1 Propriétés physico-chimiques :	7
I.9.2 Propriétés électriques :	8
d'isolation. [16]	8
I.9.3 -Propriétés thermiques :	8
I.9.4 Propriétés dimensionnelles :	8
I.9.5 5Propriétés de mise en œuvre :	8
I.10 Définition d'amine :	8
I.10.1 Amine Aromatique :	9
I.10.2 Amines Aliphatiques :	9
I.11 Modification chimique des polymères :	9
I.11.1 Buts des modifications :	9
I.11.2 Exemples de modification :	9
I.11.3 Modification chimique de PVC :	10
I.12 Méthodes physiques et chimiquesLa spectroscopie :	11
I.12.1 La spectroscopie infrarouge (IR) :	11
I.12.2 Spectroscopie Ultra violette (UV-visible) :	11
I.13 Point de fusion :	12
Chapitre II : Matériel et Méthodes	14

II.1	Introduction:	15
II.2	Méthodologie de travail :	15
II.3	Produits chimiques utilisés dans la synthèse :	16
II.4	Les réactifs :	16
II.5	Les synthèses organiques :	16
II.5.1	La méthode du chauffage à reflux :	16
II.6	Etape de travail :	17
II.7	Mode opératoire :	18
II.7.1	Préparation de pvc modifier par 4-Méthyle-o-phénylene diamine :	18
II.7.2	Le résultat :	20
II.7.3	Réaction :	21
Chapitre III : Résultats et Discussion		22
III.1	Caractérisation de la matrice :	23
III.2	Résultat d'analyse IR :	23
III.2.1	Spectre Infrarouge de PVC Pur (P1) :	23
III.2.2	Discussion infrarouge IR :	23
III.2.3	Spectre Infrarouge de PVC (P2) :	24
III.2.4	Discussion infrarouge IR :	24
III.2.5	Spectre Infrarouge de PVC modifié (P3) :	25
III.2.6	Discussion infrarouge IR :	25
III.2.7	Spectre infrarouge de PVC modifié (P4) :	26
III.2.8	Discussion infrarouge IR :	26
III.3	Résultat d'analyse UV-visible :	27
III.3.1	Spectroscopie Ultra violette (UV-visible) :	27
III.3.2	Discussion UV-visible:	27
III.4	Résultat d'Analyse de point fusion :	28
III.4.1	Discussion de point fusion :	28
III.5	Application de complex:	29
III.5.1	Les résultats conductivité (US/cm) T=25c°) :	30
III.5.2	Les courbes de conductivité :	30
III.6	Discussion:	33
Conclusion générale		34
Références bibliographiques :		36

Introduction générale :

Introduction générale :

Le PVC est un polymère d'importance économique depuis sa production. Le monde atteint 26 millions de tonnes par an, et sa consommation par habitant dans les pays industrialisés dépasse 13 kg/an. C'est l'un des polymères les plus produits au monde, son ubiquité, sa facilité de mise en œuvre et son faible coût, garantissent encore de nombreuses applications dans la vie quotidienne. [1]

Dans ce travail étant donné que la pollution du milieu aquatique par les métaux lourds issus des déchets industriels et de consommation est considérée comme une menace pour les organismes aquatiques et pour la santé humaine, nous avons concentré nos travaux en laboratoire sur la synthèse de nouveaux matériaux à partir du PVC afin d'en extraire des cations métalliques. Plusieurs produits à base de polymères ont été synthétisés. Plusieurs réactions chimiques ont été appliquées telles que la substitution, l'élimination, la réduction et la dégradation. La substitution nucléophile est la réaction la plus étudiée [2].

Ce travail est consacré à la modification du polychlorure de vinyle par des amines aromatiques [3].

Dans cet Mémoire nous avons préparé trois chapitres :

- Le chapitre un traite des généralités sur le polychlorure de vinyle, et la modification des polymères, les interactions possibles de cette modification.
- Le deuxième chapitre présente la méthode et le matériel.
- Le troisième chapitre traite des résultats et discussion.
- Le mémoire se termine par une conclusion générale sur le travail effectué.

Chapitre I: Etude bibliographique

I.1 Introduction :

Les matériaux polymères sont généralement utilisés pour leurs propriétés physiques et mécaniques particulières et leur capacité à être modifiés. Ces traits sont étroitement liés à leur structure et il est possible, à partir d'une structure moléculaire donnée, d'imaginer la conformation résultante et les propriétés associées. Le but de ce chapitre est de fournir des informations générales de base sur le PVC et ses modifications chimiques.

I.2 Définition de PVC :

Le poly (chlorure de vinyle) thermoplastique ou chlorure de polyvinyle est de forte consommation, amorphe ou faiblement cristallin, communément appelé PVC (en anglais : polychlorure de vinyle). Il est composé de deux ingrédients : 57 % de sel et 43 % d'huile. Le PVC est le seul matériau plastique couramment utilisé qui contient plus de 50 % de matières premières minérales qui existent en grande quantité dans la nature.

Sous cette forme, il est également utilisé dans l'industrie du vêtement et de l'habillement. Tapisseries et autres produits commerciaux. [4]

I.3 Définition de PVC 4000M :

Chlorure de polyvinyle (PVC 4000 M). Produits vendus par l'entreprise Industries Pétrochimiques nationales de Skikda (ENIP). (PVC 4000M) est un polymère Thermoplastique, fabriqué par un procédé de polymérisation en suspension. Il se présente sous la forme d'une poudre blanche dont les caractéristiques essentielles sont définies dans le tableau ci-dessous. [5]

Tableau I.1 : Caractéristiques PVC 4000 M

Propriétés	PVC4000M
Formule	$(C_2H_3Cl)_n$ $n = 700 \text{ à } 1500$
Structure	$\left[\begin{array}{cc} \text{Cl} & \text{H} \\ & \\ \text{--- C} & \text{--- C ---} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$
Masse molaire (g/mol)	[62,498] [0,004]
Masse volumique (kg/l) ou (g/cm ³)	1,38 g/cm ³
T° fusion C°	180°C
Densité	1,2 à 1,3 g/cm ³
L'état	Solide
Couleur	Blanche

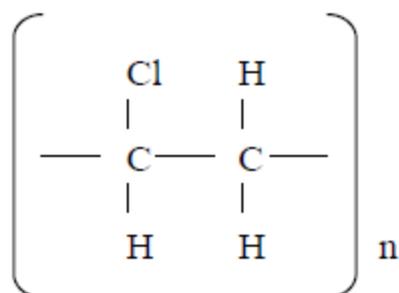
I.4 Formule générale de PVC :

La structure du PVC est une chaîne d'hydrocarbures avec une couche de chlore atomique

Alternative à un atome de carbone sur deux. Le PVC n'est pas complètement amorphe, donc

Introduction aux régions de cristallites basées sur la configuration syndromique.[6]

Un polymère dont la formule est la suivante :



I.5 Polymérisation de PVC :

C'est une réaction dans laquelle les molécules s'additionnent successivement les unes aux

autres. D'autres forment de longues chaînes macromoléculaires. Les macromolécules sont

fabriquées à partir d'un seul type de monomère, appelé Homopolymère. Lorsque la

polymérisation a lieu en présence d'un mélange Différents monomères sont copolymérisation

pour produire des copolymères. Là La polymérisation du monomère PVC via la voie des

radicaux libres se forme de la manière suivante Photons (énergie lumineuse), par le biais d'électrons ou de catalyseurs. [7]

La polymérisation du PVC s'effectue actuellement selon quatre méthodes :

❖ **En suspension :**

Le chlorure de vinyle monomère est dispersé dans l'eau par agitation. On obtient alors de petites gouttelettes. La suspension est maintenue par un agent de tensioactif (Gélatine, la cellulose). Le PVC polymérisé obtenu possède de bonnes propriétés mécaniques et électriques et son absorption en eau est très faible.

❖ **En solution :**

Elle est abandonnée, elle consiste à ajouter au monomère une certaine quantité de solvant dans lequel le polymère est insoluble, la séparation se fait par une simple filtration.

❖ **En émulsion :**

Dans ce mode de polymérisation, le chlorure de vinyle monomère liquide est émulsifié dans l'eau sous pression. La polymérisation est activée par des amorceurs solubles dans l'eau. Après séchage, on obtient des grains de PVC de 15 à 20µm de diamètre. Les chaînes du PVC obtenues ont un poids moléculaire bas, et la présence de ces émulsifiants augmente l'absorption d'eau.

❖ **En masse :**

La polymérisation se fait en présence d'un catalyseur (peroxyde en général). Les produits obtenus sont d'une excellente pureté, d'une bonne transparence et font preuve d'une faible absorption d'eau. [8]

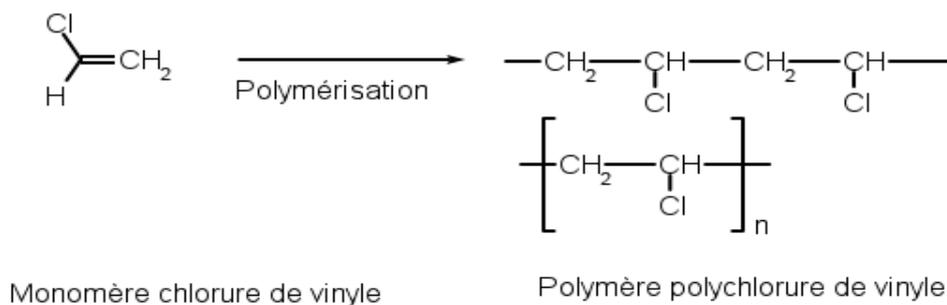


Figure I.1 : Polymérisation de PVC

I.6 Application et utilisation de PVC :

Les diverses propriétés du PVC permettent la fabrication des produits les plus divers. Pour les poches à urine, les cathéters, les blisters de médicaments, les sacs de médicaments Perfusions, gants chirurgicaux, etc. ont une valeur incommensurable pour la santé publique. Sans PVC, la chirurgie à cœur ouvert serait presque impossible : seuls les drains en PVC sont garantis sans courbure. Le PVC est le seul plastique Autorisé par la Pharmacopée Européenne pour le conditionnement du sang.

Plus de la moitié de la production européenne de PVC est utilisée dans faire des réserves. Cela est dû à la résistance aux intempéries. Ça résiste Attaque chimique, corrosion, surtout impact et abrasion ; généralement Pour les applications durables telles que les cadres de fenêtres, les conduites d'eau, Gouttières, tapis pour sections d'eau et de toit, toile pour fond de bassin, Membranes de toit, revêtements de sol et comme isolant pour câbles et fils électrique. Les montures qui en sont faites durent plus de 40 ans, Le tuyau peut durer jusqu'à 100 ans, il protège le soubassement de la voiture de l'usure Et fournir un intérieur plus attrayant et confortable. Sa capacité à absorber les chocs et sa La résistance au feu contribue à la sécurité. Certains produits très familiers contiennent également du PVC : les cartes bancaires, les jouets gonflables, les tuyaux d'arrosage et les toiles de couverture étanches. [9]

I.7 Préparation :

Le PVC est composé de 57 % de chlore et à 43 % d'éthylène, hydrocarbure composé de carbone et d'hydrogène issu du pétrole. Le chlore est obtenu par électrolyse du sel (chlorure de sodium : Na Cl). Par suite de réactions entre le chlore et l'éthylène, on obtient le chlorure de vinyle monomère (CVM) qui, par polymérisation, donne le PVC. La polymérisation est une réaction chimique dans laquelle les molécules s'additionnent pour former de longues chaînes [10].

I.8 Dégradation du PVC :

Il s'agit d'une réaction organique qui réduit la teneur en carbone des molécules. Cela entraîne souvent des modifications indésirables des propriétés (mécaniques, électriques et optiques) La dégradation commence par une réaction d'initiation sur des points faibles de la structure des polymères (ramification, instauration, groupe oxydes). Il existe deux types de dégradation de PVC :

- La dégradation thermique.
- La dégradation par la lumière.

I.8.1 Dégradation thermique:

Le PVC est un polymère qui se décompose lorsqu'il est chauffé. L'acide chlorhydrique est libéré sous forme de produit volatil, et les dommages thermiques au PVC se manifestent principalement par : la déchloration (DHC), l'oxydation, la réticulation et la teinture, et l'élimination de l'acide chlorhydrique se produit dans l'étape des chaînes alkyle réactives (réaction éclair) Le polymère est composé d'une structure irrégulière de différentes longueurs de PVC. La décomposition thermique produit des atomes de chlore instables. On a observé que l'acide chlorhydrique chauffe le polymère à 80°C et sa température de transition est typiquement dans la gamme de 120 à 180°C au-dessus de sa température de fusion. [11]

I.8.2 Déshydrochloruration du PVC :

Sous l'action de la lumière, du cisaillement et de la chaleur à environ 160°C. Le chlorure d'hydrogène dans le PVC se décompose pour libérer de l'acide chlorhydrique. Dans le même temps, le processus libère rapidement de l'acide chlorhydrique, ce qui entraîne l'apparition de nombreux autres atomes de chlore instables. Par conséquent, la libération d'acide chlorhydrique des molécules de PVC se produit via une réaction en chaîne, très probablement avec des doubles liaisons conjuguées. Cela provoque une décoloration continue du polymère. [12]

I.8.3 Coloration du PVC lors de la déshydrochloruration :

La coloration du PVC se produit lorsque la longueur des séquences polygéniques conjuguées dépasse cinq unités, Au fur et à mesure que la quantité d'acide chlorhydrique libéré augmente, la couleur devient plus foncée. [11]

I.9 Propriété de polychlorure de vinyle :

I.9.1 Propriétés physico-chimiques :

- La masse volumique des compositions de PVC varie entre 1 et 2 g/cm^3 à la température ambiante.
- Le PVC transmet mal la flamme, mais sa combustion entraîne le dégagement de gaz corrosifs et de fumées.
- Thermiquement, il vieillit bien. Plusieurs chercheurs ont apporté leurs contributions à l'étude de vieillissement thermique du PVC.
- Il résiste au fluage à température élevée mais il reste fragile aux basses températures.
- Le PVC rigide résiste bien aux agents chimiques inorganiques, et il est soluble dans les cétones, le cyclohexane et le dichloroéthylène.

- La température de transition vitreuse du PVC est élevée, elle se situe entre 75°C et 80°C ce qui le rend impropre à de nombreuses applications (câbles par exemple) sans l'adjonction de plastifiants. Avec l'emploi de plastifiants, la température de transition vitreuse se situe entre -10°C et -5°C. [13] [14] [15].

I.9.2 Propriétés électriques :

Les pertes dans le PVC permettent un bon soudage à haute fréquence malgré ses bonnes capacités d'isolation. [16]

I.9.3 -Propriétés thermiques :

- Conductivité thermique : Elle est d'environ 0,2 W. m⁻¹. k⁻¹.
- Capacité thermique massique : Elle est d'environ 1 046 J. kg⁻¹. k⁻¹.
- 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 chloré, 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 pour celles contenant du PVC chloré. [17]

I.9.4 Propriétés dimensionnelles :

En raison de son retrait limité et de sa bonne stabilité dimensionnelle, le PVC est une option fiable. Une structure sans forme définie peut être classée comme amorphe [18].

I.9.5 Propriétés de mise en œuvre :

Notre coffret « PLASTICASE » [18] peut être bien équipé en aménagement intérieur grâce au thermoformage PVC.

I.10 Définition d'amine :

Les amines sont des composés organiques comportant un atome d'azote avec une paire de doublet non-liant et qui ont pour formule générale : RNH₂ pour les amines primaires, R₂NH pour les amines secondaires et R₃N, pour les amines tertiaires. Toutes les amines ont une liaison polaire C-N. [19]



Figure I.2 : Type des amines

I.10.1 Amine Aromatique :

Une amine aromatique en chimie organique est un composé organique constitué d'un cycle aromatique lié à une amine.

I.10.2 Amines Aliphatiques :

En chimie organique, les amines aliphatiques sont des composés aminés avec uniquement des groupes alkyles comme partenaire de liaison à l'azote.

I.11 Modification chimique des polymères :

La modification chimique des polymères consiste à changer les propriétés du polymère. Groupements réactifs portés par des chaînes polymères. Des modifications peuvent être apportées aux chaînes latérales ou aux groupes fonctionnels sur le squelette principal du polymère ou aux extrémités de l'organisation de la chaîne. [20]

Lorsque les polymères sont formés par polymérisation ou polycondensation, les chaînes sont construites à partir de composés de faible poids moléculaire appelés monomères. Dans la modification chimique, un polymère est transformé en un autre polymère par une réaction intramoléculaire avec lui-même ou un autre composé. [21]

I.11.1 Buts des modifications :

Les principaux buts des modifications chimiques des polymères sont :

- ✓ Créer des polymères avec des propriétés spécifiques.
- ✓ Fabriquer des polymères dont les monomères n'existent pas ou sont peu stables. [22]

I.11.2 Exemples de modification :

Les modifications chimiques des polymères peuvent avoir lieu en utilisant ou pas des réactifs de post-modification. Ces réactifs peuvent être :

- De petites molécules : des monomères par exemple.
- Des oligomères ou des polymères : des pré-polymères par exemple.

Les polymères modifiés peuvent être naturels ou synthétiques [23]

I.11.2.1 Sans réactif de post-modification :

La modification chimique des polymères peut avoir lieu grâce à une augmentation de la température ou à la présence d'un catalyseur.

I.11.2.2 Modification des polymères synthétiques :

- Cyclisation du poly acrylonitrile.
- Cyclisation des polys alcaline ayant des diènes conjugués. [24]

I.11.2.3 Réactifs de post-modification mono fonctionnels :

Le polymère formé ne change pas d'architecture.

I.11.2.4 Modification des polymères naturels :

Modification de la cellulose :

- Estérification : esters de cellulose
- Éthérification : éthers de cellulose

Modification de l'amidon : amidons modifiés :

- Estérification : phosphates, acétates et adipocytes d'amidon
- Éthérification : amidon hydroxypropylé, hydrox éthylique

Dés-acétylation de la chitine : châtaine[24]

I.11.2.5 Modification des polymères synthétiques :

La modification chimique du poly-acétate de vinyle peut donner :

- L'alcool polyvinylique : le poly-acétate de vinyle est partiellement ou totalement hydrolysé pour donner l'alcool polyvinylique.
- Le Poly Acétate Palatale de vinyle (PVAP) : le poly acétate de vinyle est partiellement hydrolysé

Puis estérifié avec l'acide phtalique. [24]

I.11.3 Modification chimique de PVC :

Il existe de nombreuses façons de modifier et de types de polymères et de leur rappeler de modifier le PVC. Lorsque l'on parle d'applications impliquant un contact direct avec le corps humain (organes, plasma sanguin, etc.), des limitations supplémentaires doivent être prises en compte et la biocompatibilité est plus difficile à atteindre. La biocompatibilité fait référence à la 18tolérance accrue d'un organisme vis-à-vis de la surface polymère et, en même temps, à la répulsion ultérieure de la même surface vis-à-vis des dépôts microbiens ou de cellules vivantes.

Une amélioration substantielle de la compatibilité inter faciale entre le PVC et le milieu liquide peut être obtenue par différents traitements de surface, en même temps qu'une forte réduction de la réaction négative provoquée par le contact des fluides biologiques actifs avec les additifs de formulation du PVC.

La modification de surface des polymères a trouvé une application récente dans le domaine de l'obtention de certains agents de contraste efficaces dans la technologie des ultrasons. Les membranes avec des films lipidiques fixés à la surface sont utilisées en biophysique ou pour la fabrication de biocapteurs. Les bio films actifs sont obtenus en fixant des membranes de Langmuir obtenues à partir de polymères amphiphiles à la surface de membranes polymères synthétiques. [25]

I.12 Méthodes physiques et chimiques La spectroscopie :

La spectroscopie est très importante dans l'analyse chimique L'astrophysique, car elle détermine la composition chimique de la matière inconnue. Nous utilisons deux principes analytiques : la spectroscopie ultraviolette (UV visible) et la spectroscopie infrarouge (I.R)

I.12.1 La spectroscopie infrarouge (IR) :

La spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. Cette absorption correspond spécifiquement aux liaisons présentes dans la molécule. Avec un spectromètre, cette absorption du rayonnement infrarouge par le matériau de l'échantillon est mesurée en fonction de la longueur d'onde (sous la forme de nombres d'onde). Le domaine qui représente le plus grand intérêt pour le chimiste est très limité et s'étend de 4000 à 660 cm^{-1} Les molécules absorbent l'énergie de ces radiations en modifiant leurs énergies de vibration. [26]

Le résultat est un spectre qui donne une "empreinte chimique" distinctive qui peut être utilisée pour visualiser et identifier des échantillons organiques et inorganiques Le domaine infrarouge, dans lequel se trouvent les énergies de vibration des liaisons moléculaires, est divisé en trois zones [27].

- Proche infrarouge : $\lambda = 0.8$ à 2.5mm (ou $\nu = 4000$ à 12500 cm^{-1}).
- Moyen infrarouge : $\lambda = 2.5$ à 25 mm (ou $\nu = 400$ à 4000 cm^{-1}).
- Lointain infrarouge : $\lambda = 25$ à 1000 mm (ou $\nu = 10$ à 400 cm^{-1}).

I.12.2 Spectroscopie Ultra violette (UV-visible) :

La spectroscopie UV-visible est une méthode d'analyse beaucoup moins sensible que la spectroscopie infrarouge. En effet, contrairement aux spectres infrarouges, les spectres UV visible des polymères ne présentent généralement pas de bandes d'absorption suffisamment caractéristiques pour permettre l'identification des échantillons. Les principales applications de la spectroscopie UV-visible dans le domaine des polymères concernent plus spécialement l'analyse d'adjuvants, colorants, pigments et l'analyse du vieillissement des polymères abordés sur un plan qualitatif (identification des chromophores par exemple : dans le cas de la dégradation thermique du PVC, la spectroscopie UV-visible est utilisée afin d'étudier la distribution des polyanes formés) ou purement quantitatif (mesure du jaunissement) [28].

Le principe du spectrophotomètre UV visible sur le plan optique est voisin de celui du spectrophotomètre IR en mode dispersif : il correspond schématiquement à l'ensemble formé par une source lumineuse, un système dispersif et un détecteur. [28].

I.12.2.1 Domain spectral :

La région de l'ultraviolet s'étend de 10 à 380 nm, le domaine du proche ultraviolet accessible aux appareils munis d'une optique en quartz s'étend de 200 à 380 nm et celui de l'UV lointain au-dessus de 200 nm.

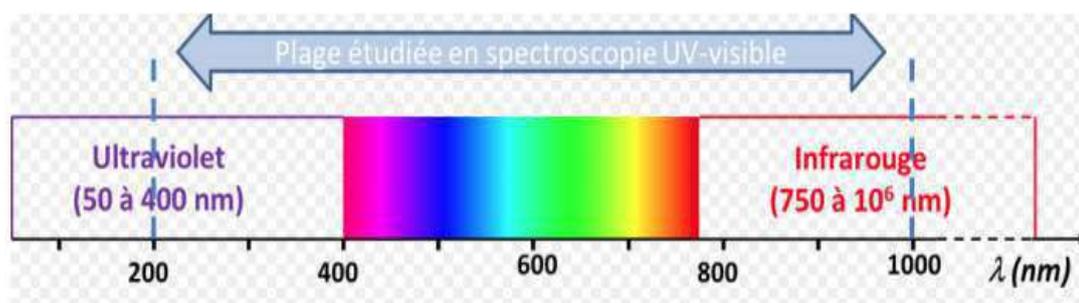


Schéma I.1 : Domaines d'absorption de l'UV-visible

I.12.2.2 Principe d'une spectroscopies :

Dans une molécule, les transitions électroniques UV- visibles mettent en jeu les énergies les plus importantes de la chimie (environ de 13000 à 50000 cm^{-1} soit 160 à 665 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$). L'ordre de grandeur des énergies mises en jeu est celui des énergies de liaison des molécules et ces rayonnements peuvent parfois provoquer des ruptures de liaisons. Plus généralement, ils provoquent des transitions électroniques entre les différents niveaux d'énergie des molécules. [27]

I.13 Point de fusion :

Le point de fusion ou la température de fusion d'un corps représente la température à une pression donnée, à laquelle un élément pur ou un composé chimique passe de l'état solide à l'état liquide. Le point de congélation est la transition inverse. Elle est habituellement mesurée sous pression atmosphérique normale (1 atmosphère) et il y a coexistence entre état solide et état liquide entre ces deux points.

Pour une substance pure, les points de fusion et de congélation sont théoriquement égaux et constants à pression fixe. Le point de fusion/congélation le plus connu est probablement celui de l'eau (0 °C), celui-ci ayant étant pris comme zéro de l'échelle centigrade, souvent confondue avec l'échelle Celsius.

Il est possible de déterminer la nature d'une substance (identification) par la mesure de sa température de fusion. Toutefois, cette information n'est pas suffisante pour permettre une identification formelle, plusieurs molécules pouvant avoir une température de fusion très proche. Elle permet cependant d'éliminer du champ du possible des molécules ayant une température de fusion différente de celle mesurée. [29]

L'appareille de point de fusion est montré dans la figure suivante:



Figure I.3 :D'appareille point de fusion

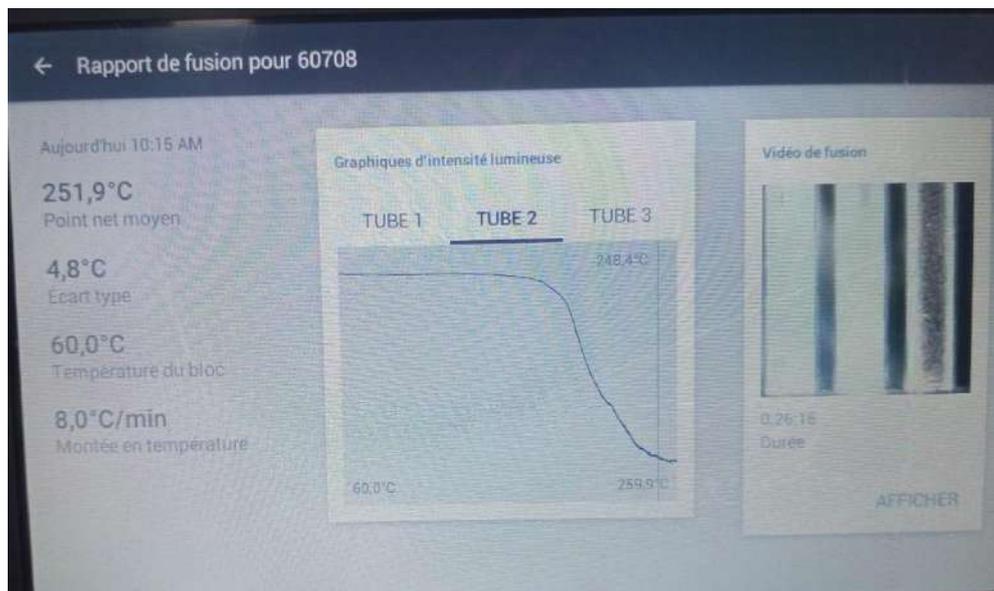


Figure I.4 : point de fusion de PVC

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Introduction:

La modification chimique des polymères permet de préparer une large gamme de produits à partir d'un seul polymère. Il devrait connaître un développement très important.

Nous intéressons à la modification chimique du PVC par 4-Méthoxy-o-phénylène diamine pour développer une nouvelle matrice (PVC Analytique et PVC 4000M).

II.2 Méthodologie de travail :

La méthodologie utilisée dans cette étude est basée sur :

- Préparation de PVC modifié (Utilisation du par 4-Méthyle-o-phényle diamine.)
- Caractérisation spectrale (UV et IR) du produit et mesuré la conductivité.

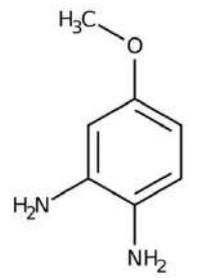
Les Matériels et les Appareilles :**Tableau II.1 : Les Matériels et les Appareilles**

les Appareilles	Les Matériels
Montage a reflux	Béchers
Balance	Eprouvette
Plaque	Spatule
Chauffant avec agitateur	Réfrigérant
Thermocouple.appareil de vibration	Pipettes pasteur
	Erlenmeyer
	Bouchons
	Spatule
	Deux ballons à trois cols
	Barreaux magnétique
	Entonnoir
	Troyon
	Papier filtre
	Pince (29)
	Pissette
	Ampoule à décanter; Support.

II.3 Produits chimiques utilisés dans la synthèse :**Tableau. II.2 : Propriétés physiques chimiques des solvants utilisés**

Solvant	DMF
Formule	C_3H_7NO
Masse molaire	73.09 g/mol
Point d'ébullition	153°C
L'état	Liquide

II.4 Les réactifs :**Tableau II.3 : Les réactifs.**

Réactifs	Amine	KI	Pvc
Formule	$C_6H_3(NH_2)_2OCH_3$	KI	/
Masse Molair	138g/mol	166 .0028g/mol	/
Structure		/	/
Point ebullition	155-156 °C	1330 C°	/
L'état	Solid	Solid	/

II.5 Les synthèses organiques :

Dans ce travail, de nouveaux polymères ont été préparés en étudiant l'interaction du PVC analytique et PVC 4000M avec certaines amines aromatiques 4-Méthoxy-o-phénylène diamine.

II.5.1 La méthode du chauffage à reflux :

Le chauffage à reflux permet d'accélérer les réactions chimiques lors d'une synthèse. En effet, la vitesse de réaction augmente avec la température. Le montage « à reflux » permet de s'assurer que les espèces chimiques qui doivent réagir ou qui ont été produites ne vont pas être perdues dans l'air en s'évaporant. Il existe deux types de montage à reflux : avec un réfrigérant à air ou avec un réfrigérant à eau. [30]

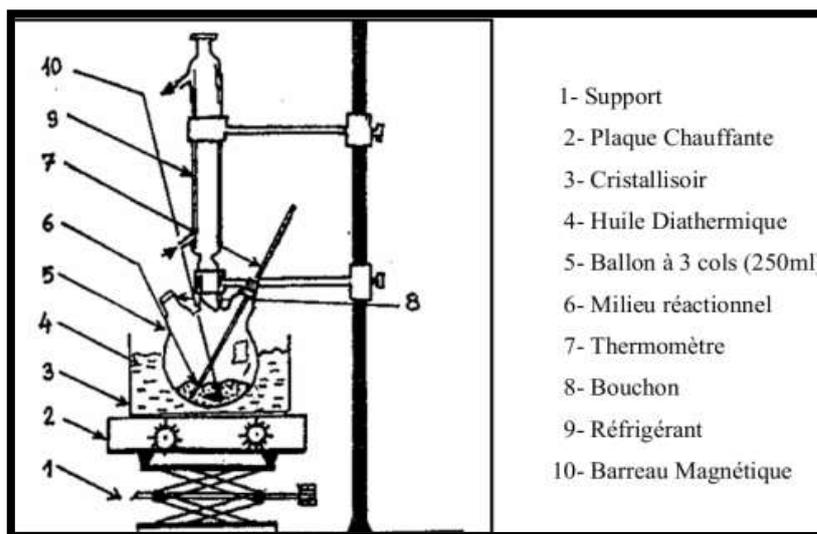
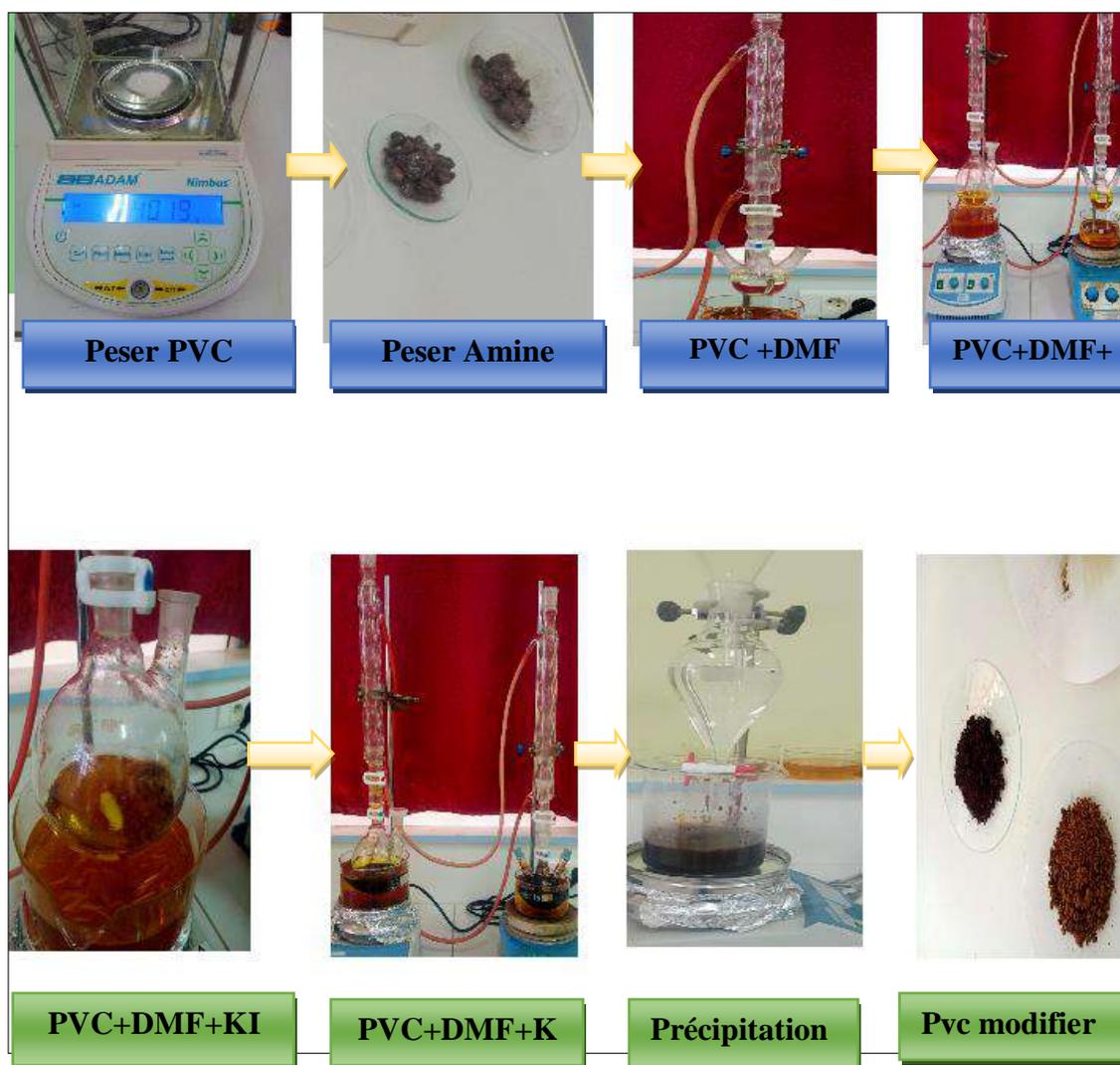


Figure II.1 :Montag de synthèse organique à reflux

II.6 Etape de travail :



II.7 Mode opératoire :

II.7.1 Préparation de pvc modifier par 4-Méthoxy-o-phénylène diamine :

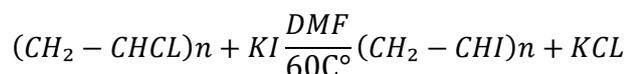
- Dans un ballon tri colle (01) on met 2.4g de PVC Analytique(P1) avec 30ml DMF et agitation pendant un heurs et chauffé à 60C°, jusqu'à la couleur Devienne transparente.
- Dans un ballon tri colle (02) on met 2.4g de PVC 4000M(P2)avec 70ml DMF et agitation pendant un heurs et chauffé à 60C°, jusqu'à la couleur Devienne transparente.



Figure II.2: Préparation de PVC Avec DMF

- On ajoute un mass de KI 0.5g Dans un ballon tri colle (01), et une masse de KI 0.5g Dans un ballon tri colle (02) avec agitation et chauffé à 60C° jusqu'à ce que le KI se dissolve.

Réaction:



- On remarque l'apparition d'une couleur jaune après l'ajoute de KI.



Figure II.3: Préparation de Mélange PVC Avec KI

- Peser un masse 5.3g de 4-Méthoxy-o-phénylène diamine ajouté avec ballon tri colle (01), et Peser un masse 5.3g de 4-Méthoxy-o-phénylène diamine ajouté avec ballon tri colle (02).



Figure II.4: Préparation de Mélange PVC Avec amine

- Et chauffé à 60C° jusqu'à ce que l'amine se dissolvent dans le mélange (02).
- Ensuite, Augmentons la température à 160 C° et agiter pendant trois (03) heures.



Figure II.5 : Montage De Synthèse Organique A Reflux

- Mettre le mélange (03) de ballon tri colle (01) et (02) dans bécher (01) et (02) et on fait processus de Pour faire la précipitation avec l'eau distillée absolue goût à goût dans deux ampoule avec agitation.



Figure II.6 :Précipitation De PVC Modifié

- On la fin on fait la filtration deux mélange et séchage four de la température 60°C. pour obtenir le PVC modifié.



Figure II.7 : PVC Modifié

II.7.2 Le résultat :

Après avoir effectué le procédé de modification du poly chloré vinyle par une amine aromatique 4-Méthoxy-o-phénylène diamine, nous avons finalement obtenu un PVC modifié un de poids net :

- M PVC Analytique modifié(P3) =2.2g
- M PVC 4000M modifié(P4) =2.67g

II.7.3 Réaction :

Les résultats obtenus montrent que les atomes de chlore du PVC Analytique (P1) et PVC 4000M (P2) purifié ont été substitués par de la 4-Méthoxy-o-phénylène diamine pour produire P3et P4.

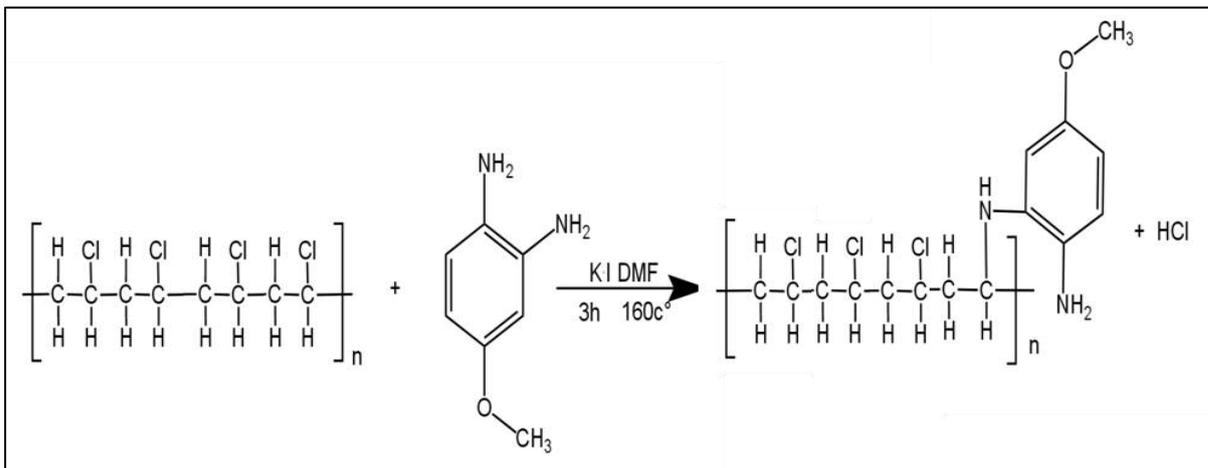


Schéma II.1 :Mécanisme réactionnel de PVC Amine primaire

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1 Caractérisation de la matrice :

A fin d'identifier la composition de la nouvelle matrice de PVC on a effectué une analyse Spectroscopique UV-visible et IR de PVC analytique et PVC 4000M est analysés.

III.2 Résultat d'analyse IR :

III.2.1 Spectre Infrarouge de PVC Pur(P1) :

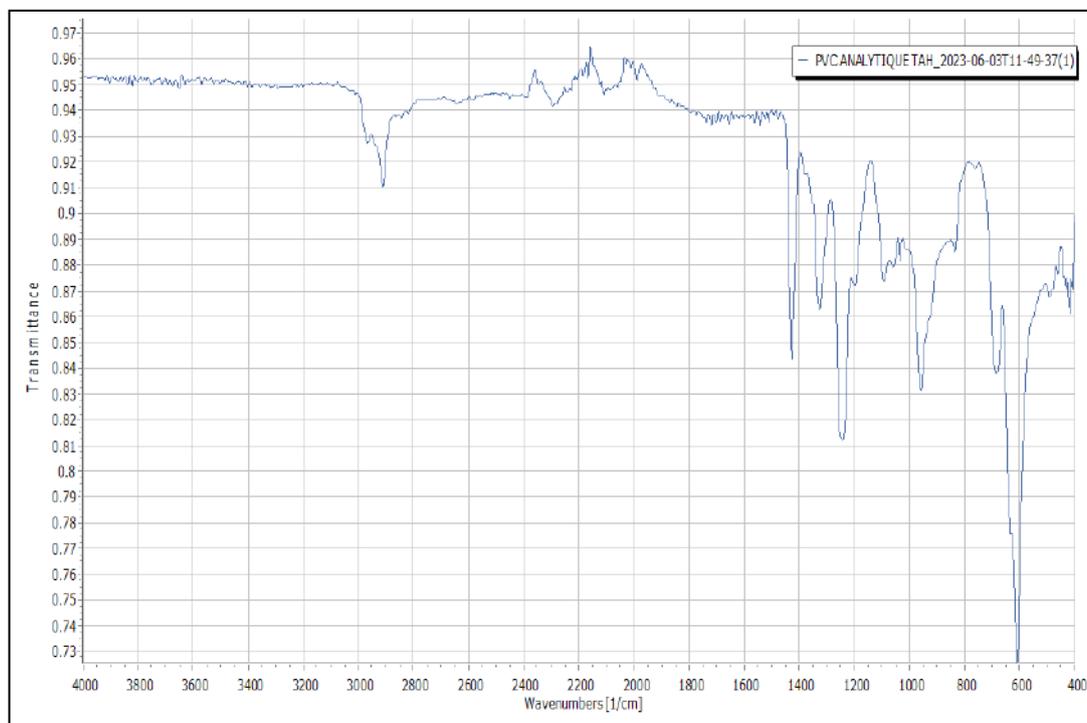


Figure III.1: Spectre Infrarouge de PVC(P1)

III.2.2 Discussion infrarouge IR :

TABLEAU III.1: Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées(P1)

Groupement Fonctionnel	Longueur d'onde (Cm ⁻¹)	Intensité
(C-Cl)	650	Forte
(C-H)	2900	Forte
(C-C)	1250	Forte

le spectroscopie infrarouge du polymère (P1) montre clairement la présence de bandes d'absorption à (C-Cl) à (675 cm⁻¹), (C-H) à (2900 cm⁻¹), (C-C) à (1250 cm⁻¹).

III.2.3 Spectre Infrarouge de PVC(P2) :

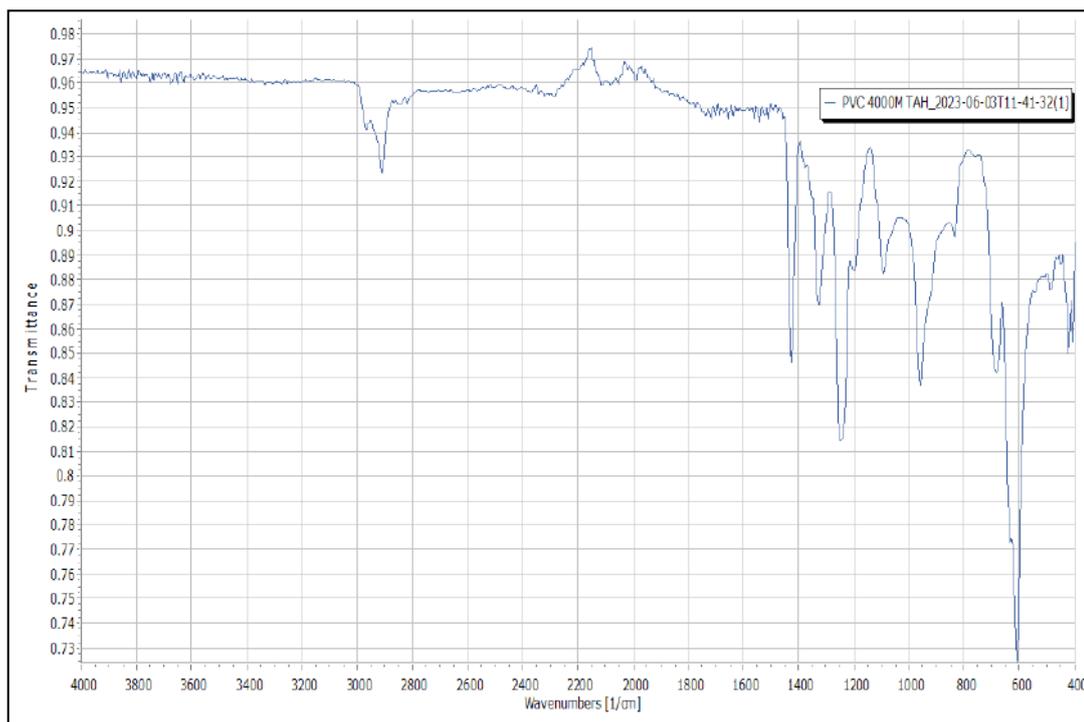


Figure III.2: Spectre Infrarouge de PVC(P2)

III.2.4 Discussion infrarouge IR :

TABLEAU III.2: Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées(P2)

Groupement Fonctionnel	LongueurD'onde (Cm ⁻¹)	Intensité
(C-Cl)	675	Forte
(C-H)	2900	Forte
(C-C)	1250	Forte

le spectroscopie infrarouge du polymère (P2) montre clairement la présence de bandes d'absorption à (C-Cl) à (675 cm⁻¹), (C-H) à (2900 cm⁻¹), (C-C) à (1250 cm⁻¹).

III.2.5 Spectre Infrarouge de PVC modifié (P3) :

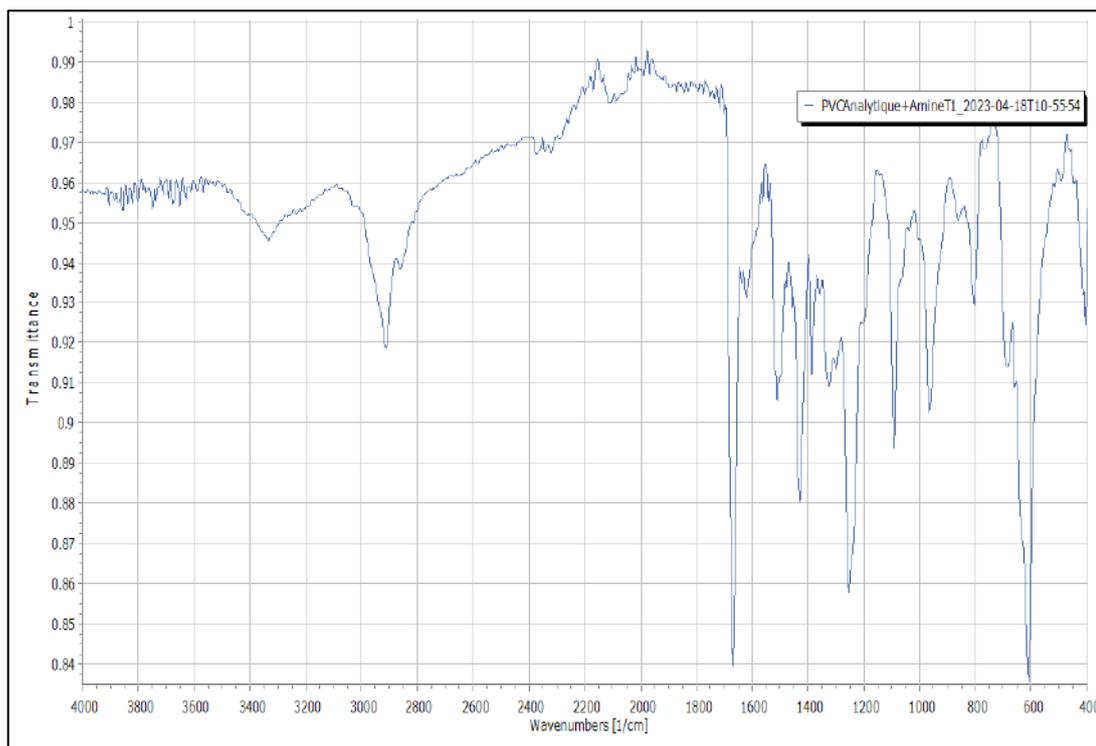


Figure III.3 : Spectre Infrarouge de PVC modifié (P3)

III.2.6 Discussion infrarouge IR :

TABLEAU III.3: Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées(P3)

Groupement Fonctionnel	LongueurD'onde (Cm ⁻¹)	Intensité
(N-H)amid	3325	Moyen
(C _{sp3} -H)	2900	Forte
(C-N)	1100	Moyen
(C=C)aromt	1500,1600	3ou4 bandes
(C-O)	1450	Forte

L'analyse par spectroscopie IR du polymère modifié (P3) montre clairement qu'une réaction de substitution a lieu, Comme le montre l'apparition d'une bande caractéristique pour le groupe (N-H) amide à (3325cm⁻¹), Une absorption a également été observée à (1500,1600 cm⁻¹) correspondant à (C = C) aromatique, ce qui confirme la présence du cycle benzénique dans les chaînes polymériques du PVC. (C_{SP3}-H) à (2900 cm⁻¹), (C-N) à (1100 cm⁻¹), (C-O) à (1450 cm⁻¹).

III.2.7 Spectre infrarouge de PVC modifié (P4) :

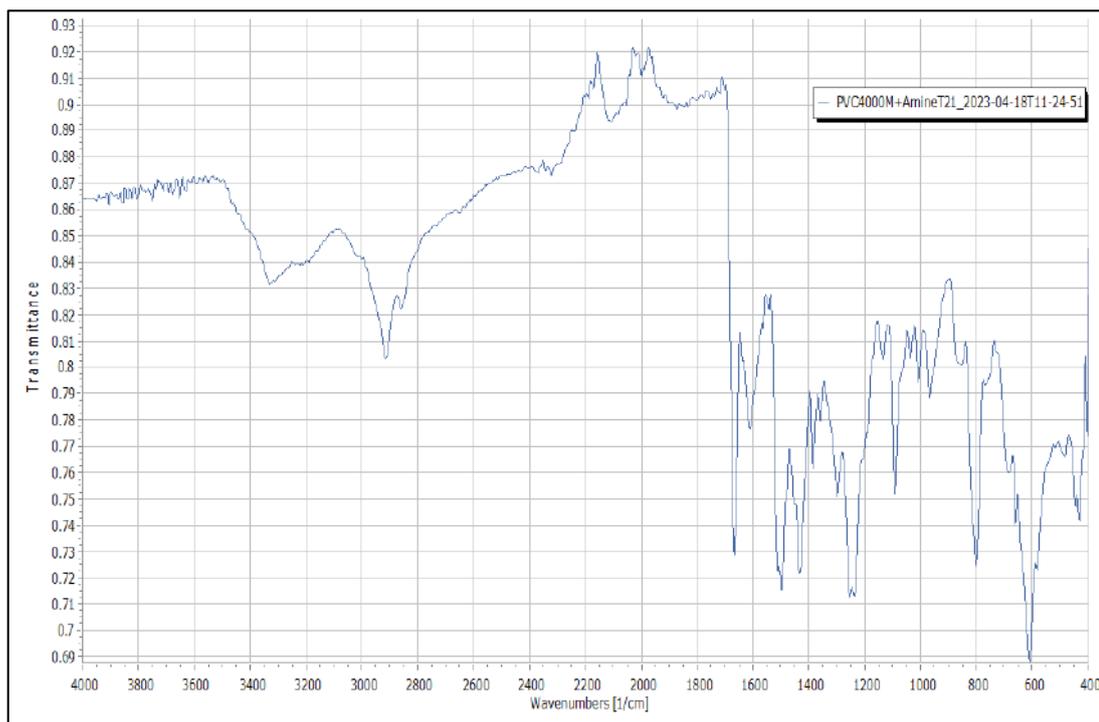


Figure III.4 : Spectre infrarouge de PVC modifié (P4)

III.2.8 Discussion infrarouge IR :

TABLEAU III.4: Principaux bandes d'absorption l'IR attribuées(P4)

Groupement Fonctionnel	LongueurD'onde (Cm ⁻¹)	Intensité
(N-H)amid	3320	Moyen
(C _{sp3} -H)	2900	Forte
(C-N)	1100	Moyen
(C=C) _{aromate}	1500,1525	3ou4 bandes
(C-O)	1450	Forte

L'analyse par spectroscopie IR du polymère modifié (P4) montre clairement qu'une réaction de substitution a lieu, Comme le montre l'apparition d'une bande caractéristique pour le groupe (N-H) amide à (3320cm⁻¹), Une absorption a également été observée à (1500,1525 cm⁻¹) correspondant à (C = C)_{aromat}, ce qui confirme la présence du cycle benzénique dans les chaînes polymériques du PVC. (C_{SP3}-H) à (2900 cm⁻¹), (C-N) à (1100 cm⁻¹), (C-O)à (1450 cm⁻¹).

III.3 Résultat d'analyse UV-visible :

III.3.1 Spectroscopie Ultra violette (UV-visible) :

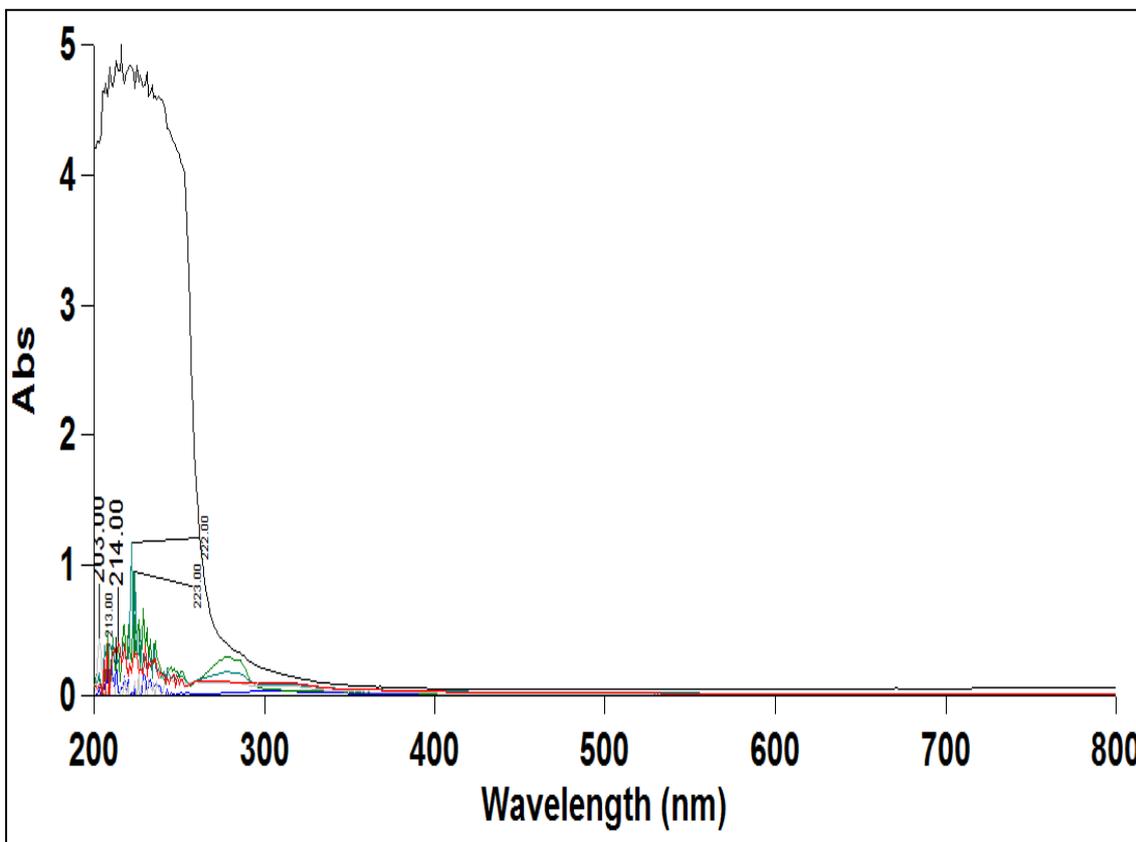


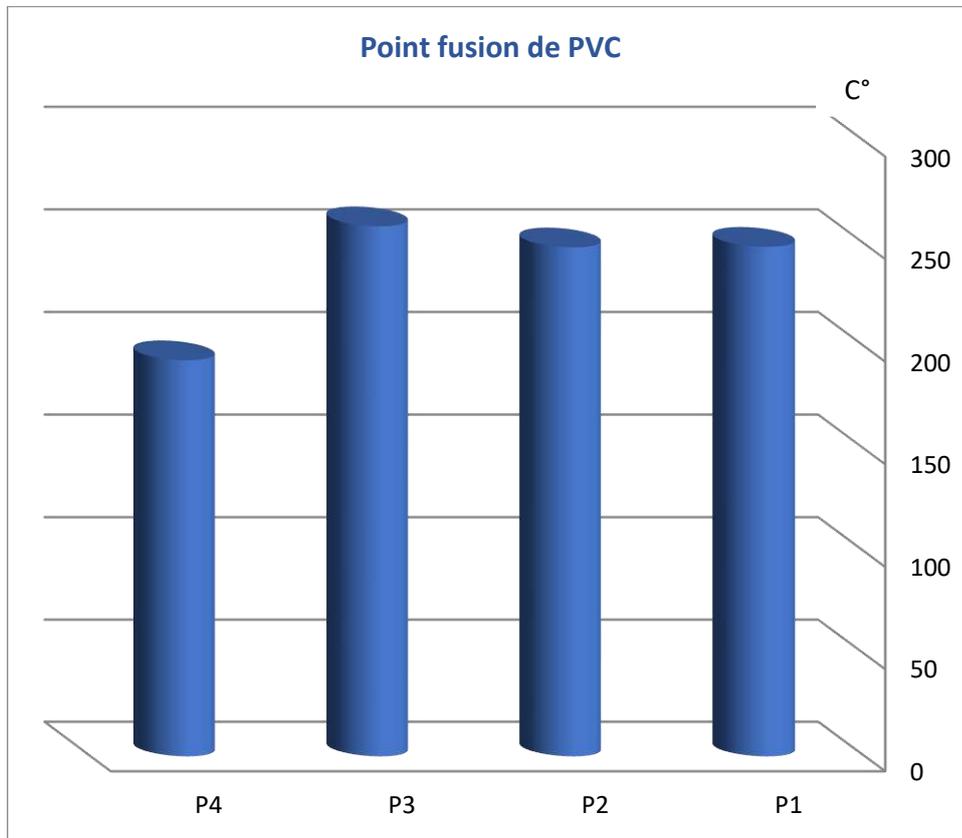
Figure III.5 : Spectre UV-visible du PVC

III.3.2 Discussion UV-visible:

TABLEAU III.5: Principaux bandes d'absorption UV-visible

PVC	λ
P1	213
P2	222
P3	223
P4	214

L'analyse UV-vis montre que la molécule de chlorure de PVC substituée par une amine aromatique (4-Méthoxy-o-phénylène diamine) a une absorption remarquable dans les graphes schématisés. Les résultats de la bande d'absorption en fonction de la longueur d'onde λ qui donne une valeur maximum qui montre une différence entre PVC blanc et PVC modifié.

III.4 Résultat d'Analyse de point fusion:**Figure III.6 : point fusion de PVC****III.4.1 Discussion de point fusion :**

Après avoir mesuré son point de fusion de P1 et P2 et P3 et P4, Remarque le polymère modifié P3 et P4 changement de température Après Modifications chimiques.

III.5 Application de complex:

Solutions des ions ciblés sont préparées à partir de: 1g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, d'une concentration $C=2 \cdot 10^{-2}$ mol/l dans 250 ml d'eau distillé ; à (05) fiole jugée.

- Pesons 1g de PVC Analytique , mettre dans 50 ml de chaque solution aqueuse de sel en flacons.
- Pesons 1g de PVC 4000M , mettre dans 50 ml de chaque solution aqueuse de sel en flacons.
- Pesons 1g de PVC Analytique modifié , mettre dans 50 ml de chaque solution aqueuse de sel en flacons.
- Pesons 1g de PVC4000M modifié, mettre dans 50 ml de chaque solution aqueuse de sel en flacons.
- On met les flacons dans appareil de vibrateurs.



Figure III.7 :Appareil De Vibration Pour Solutions En Flacons

Après chaque 30min mesurer la conductivité de chaque solution à 5 fois, et mètre où les résultats sont indiqués dans le :

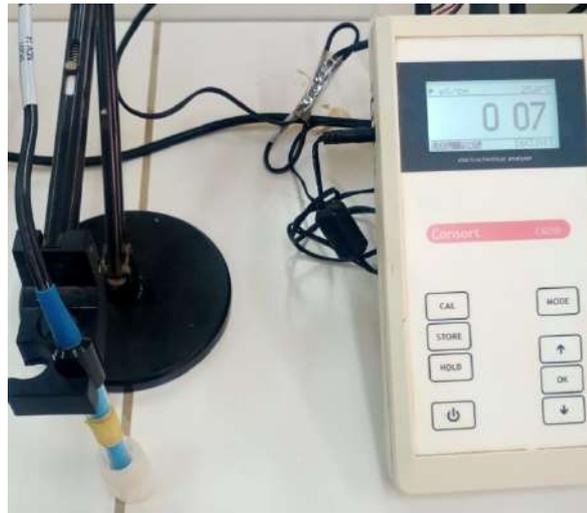
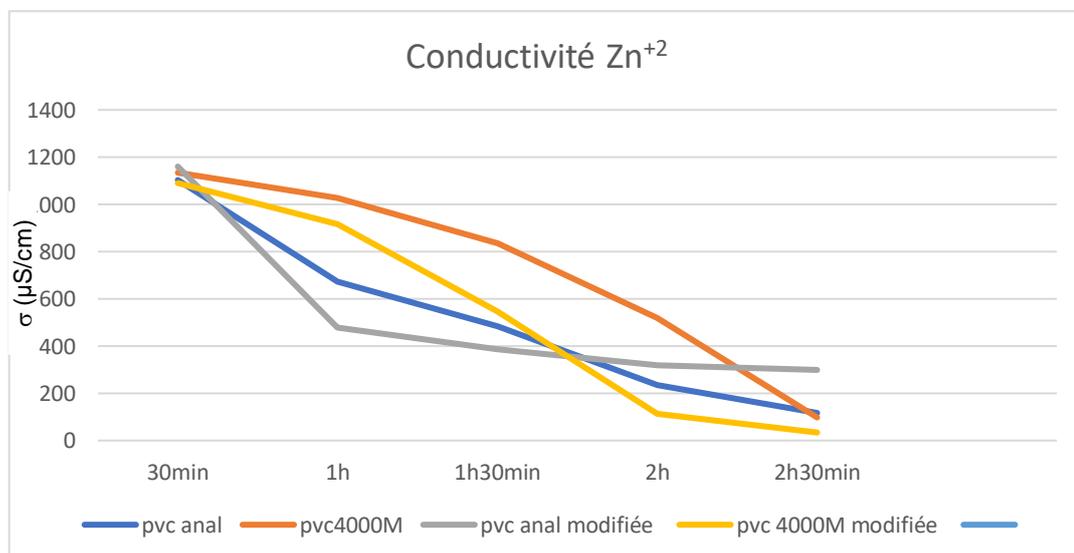
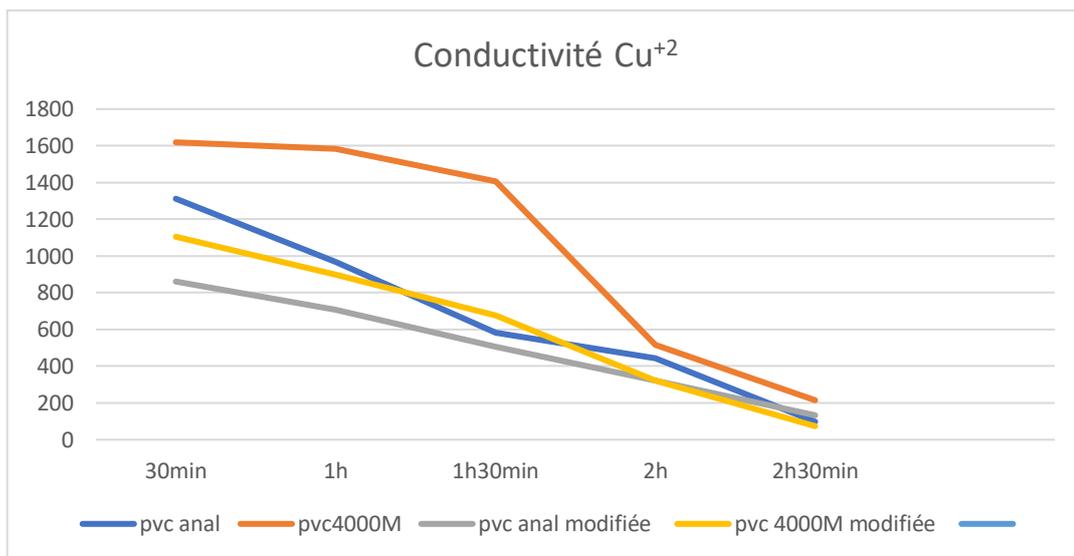
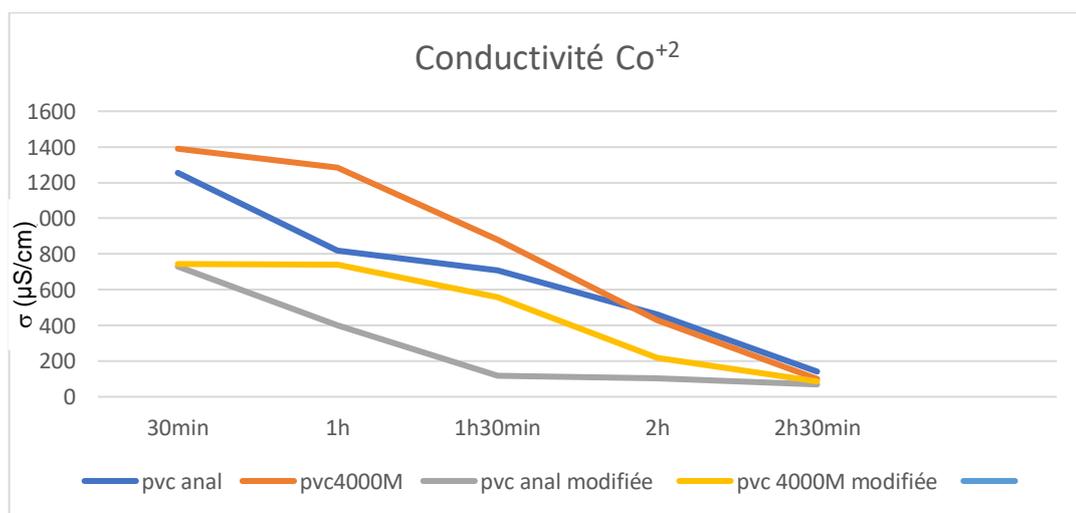
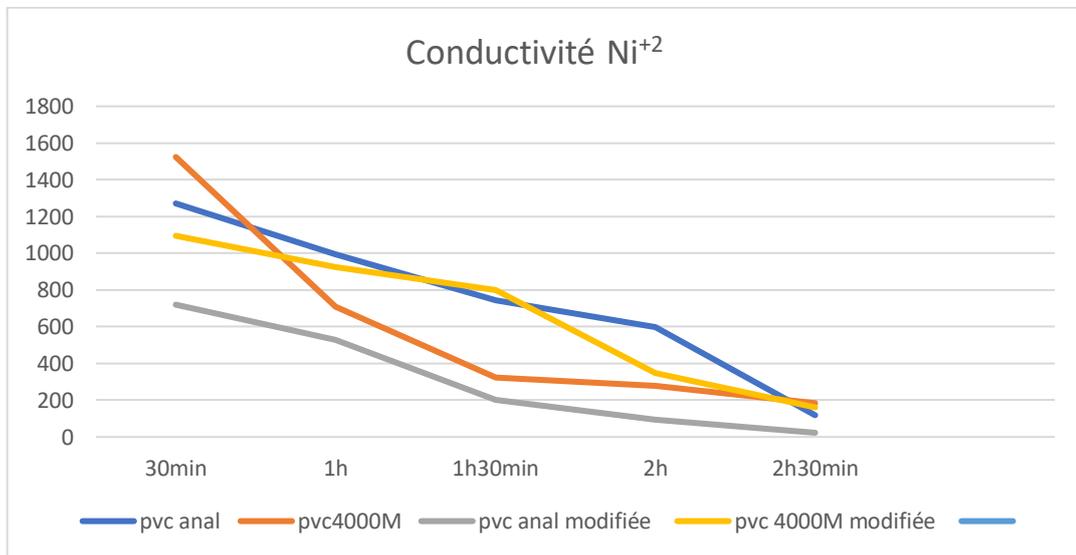
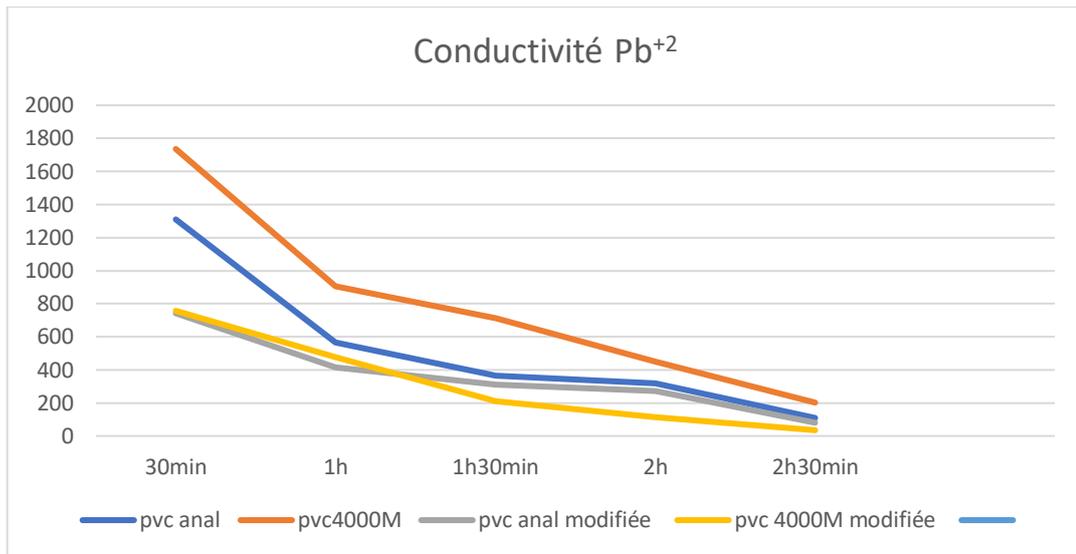


Figure III.8 : Appareil mesuré la conductivité

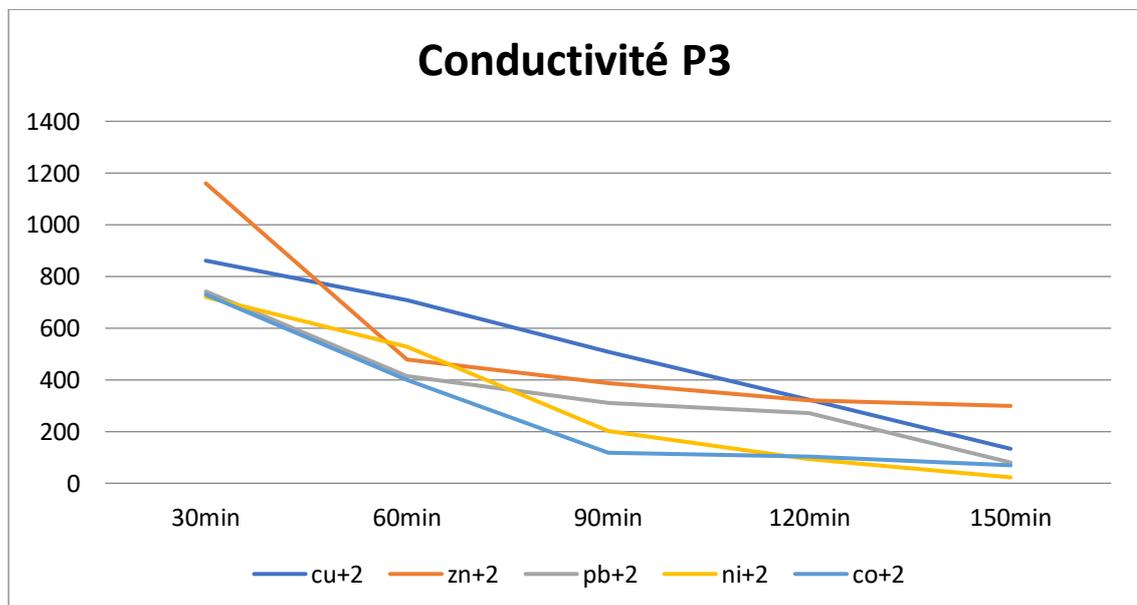
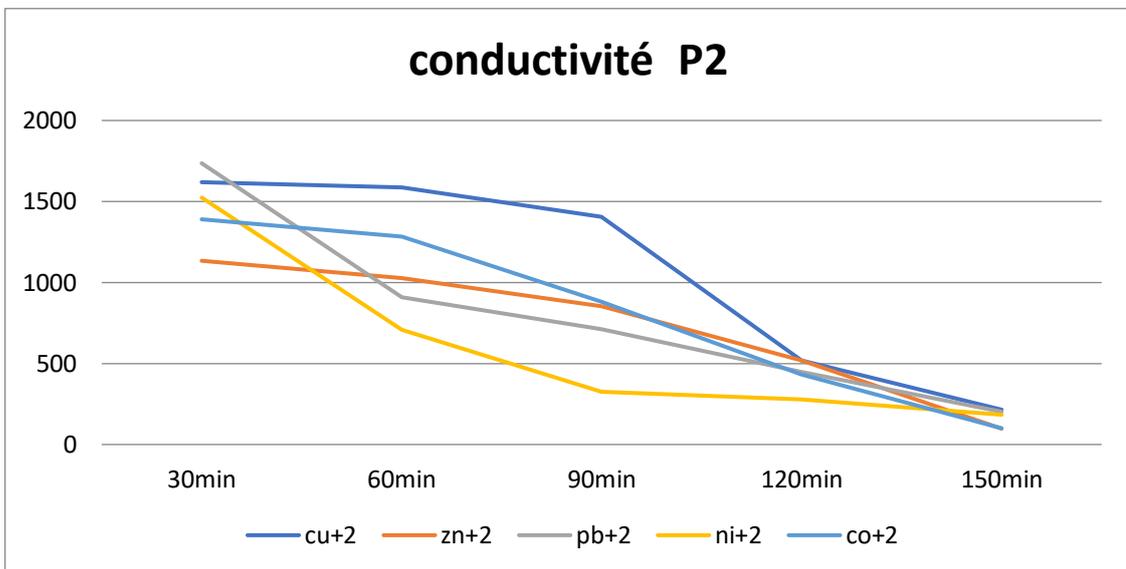
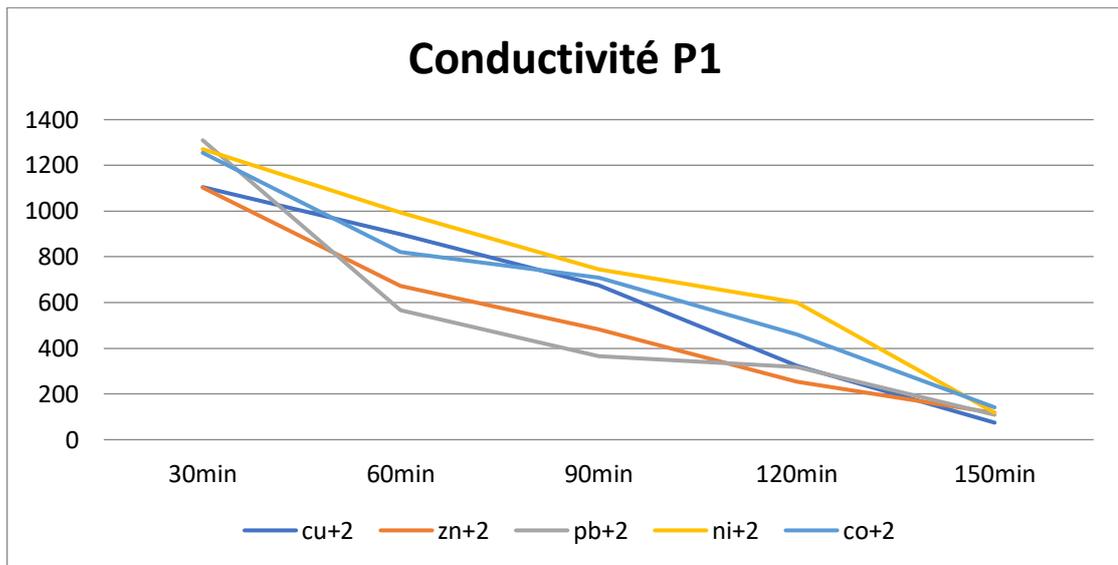
III.5.1 Les résultats conductivité (US/cm) T=25c° :

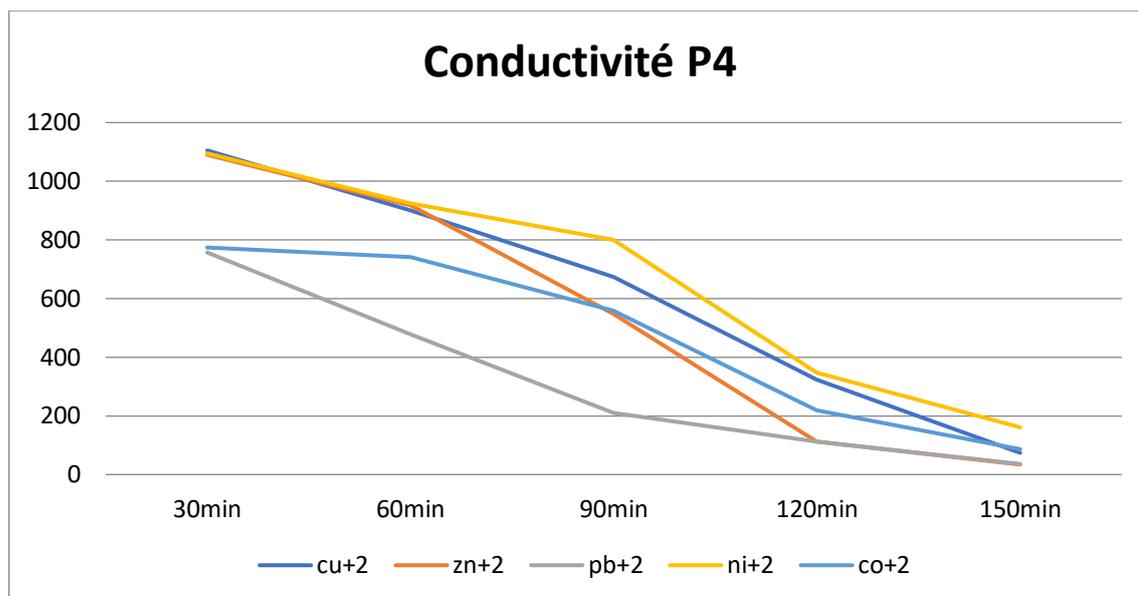
III.5.2 Les courbes de conductivité de sel :





III.5.3 Les courbes de conductivité de PVC :





III.6 Discussion:

PVC Analytique Modifié Au tempes t=120min et en Meilleur Capture De Les Sel Suivant :Ni⁺², Co⁺².

Pvc 4000M Modifié tempes t=120min Et En Meilleur Capture De Les Sel Suivant :

Cu⁺², Zn⁺², Pb⁺².

A travers les résultats, on constate Les modifications chimiques utilisant d'amine aromatiques 4-Méthoxy-o-phénylène diamine donnent les meilleurs de résultats pour l'extraction des cations métalliques dans l'eau.

Conclusion générale

Au cours de ce travail, nous avons pu élaborer un protocole opératoire pour la modification de deux types de PVC avec la 4-Méthoxy-o-phénylènediamine. La nouvelle méthode d'activation du PVC est basée sur la substitution nucléaire de l'atome de chlore attaché à la chaîne du PVC par la 4-Méthoxy-o-phénylènediamine. À la suite de notre étude, la méthode suivie impliquait un processus simple et direct pour créer une nouvelle matrice de poly (chlorure de vinyle) et offre un bon avantage économique et ne présente aucun impact négatif sur l'environnement.

Ce travail peut se résumer dans les points suivants :

- Le PVC utilisé en modification chimique doit être exempt de tout additif et stabilisant.
- La précision lors du traitement est obligatoire pour assurer le bon déroulement de la réaction.
- Dans le cadre des méthodes d'analyse disponibles au niveau universitaire, la spectroscopie infrarouge et UV ont été utilisées pour déterminer la substitution. En termes de perspectives de développement futur de ces travaux, nous le voyons notamment au niveau de l'évaluation d'une matrice polymérique très abondante sur le marché, ainsi que de son faible coût.

Références bibliographiques :

- [1] BOUHANK, S. (2017). Elaboration de matériaux composites PVC/fibres de Genêt d'Espagne: Formulations et caractérisations (Doctoral dissertation).
- [2] Ammari, F., & Meganem, F. (2014). Poly (vinyl chloride) functionalization by aliphatic and aromatic amines: application to the extraction of some metal cations. *Turkish Journal of Chemistry*, 38(4), 638-649.
- [3] Mbarki, F., Ammari, F., Amor, A. B. H., & Meganem, F. (2017). Functional groups grafted on poly (vinyl chloride)–evaluation of new modified polymers in metal ions adsorption. *Polimery*, 62(2), 109-117.
- [4] Omar Saadi, Z. A. (2020). SYNTHÈSE DE PARTICULES POLYMERIQUES HYDROPHILES BIOCOMPATIBLES, MODIFICATION CHIMIQUE DU POLY (CHLORURE DE VINYLE) (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences et Technologies).
- [5] Farroni, F., Russo, M., Russo, R., & Timpone, F. (2014). A physical-analytical model for a real-time local grip estimation of tyre rubber in sliding contact with road asperities. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 228(8), 955-969.
- [6] Peters, B. G. (2019). *Institutional theory in political science: The new institutionalism*. Edward Elgar Publishing.
- [7] salem Mokrane, S., & seghir Noura, M. (2017). Influence du taux de plastifiant sur les propriétés du PVC utilisé dans l'isolation des câbles électrique (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [8] Zeroug Rekia, C. H. Etude mécanique, morphologique et dynamique mécanique des Composites à base de PVC (cas DPLF-noix de dattes).
- [9] Renoux, J. (2018). Elaboration par extrusion de mélanges de polymères et de nanocomposites biodégradables avec des protéines de soja isolées (Doctoral dissertation, Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai).
- [10] Marcellis-Warin, N., Peignier, I., Alvarez, P., Leroux, M. H., & Trépanier, M. (2009). *Les enjeux de la santé et la sécurité du travail pour les entreprises utilisant des matières dangereuses au Québec*. Montréal, Québec, Canada: CIRANO, Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations.
- [11] KHAOUAOUI, A. (2015). Effet du traitement thermique sur les propriétés mécaniques, thermiques, physiques et Spectroscopiques du copolymère (Acrylonitrile-Butadiène-Styrène) (Doctoral dissertation).
- [12] Crine, J. P. (1997). A molecular model to evaluate the impact of aging on space charges in polymer dielectrics. *IEEE transactions on dielectrics and electrical insulation*, 4(5), 487-495.

- [13] Srivastava, D., Kumar, P., & Mathur, G. N. (2004). Thermo-oxidative degradation studies of ternary blends of polyethylenes. *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, 23(1), 59-70.
- [14] Wojtkowiak, B., & Chabanel, M. (1977). *Spectrochimie moléculaire* (p. 284). Paris : Technique et documentation.
- [15] Rojas, G., Berda, E. B., & Wagener, K. B. (2008). Precision polyolefin structure: Modeling polyethylene containing alkyl branches. *Polymer*, 49(13-14), 2985-2995.
- [16] Rouane, A. (2018). Etude de l'huile de tournesol époxydée comme bio-plastifiant du PVC (Doctoral dissertation).
- [17] salem Mokrane, S., & seghir Noura, M. (2017). Influence du taux de plastifiant sur les propriétés du PVC utilisé dans l'isolation des câbles électrique (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [18] BOUGHALI & SOLTANI , Elaboration d'une nouvelle matrice polymérique du poly(chlorure de vinyle) d'ENIP Skikda, 2010.
- [19] YAHOUM, M. M. (2020). POLYCOPIE DE COURS CHIMIE ORGANIQUE APPROFONDIE (I).
- [20] Bouchareb, B. (2018). ÉTUDE DE L'UTILISATION DE L'HUILE DE TOURNESOL ÉPOXYDÉE COMME PLASTIFIANT DU PVC (Doctoral dissertation).
- [21] Ayadi, H., & Djazi, F. (2017). Préparation et étude de polymères a empreintes moléculaires pour l'extraction de protéines (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- [22] salem Mokrane, Si, and Mohammed seghir Noura. Influence du taux de plastifiant sur les propriétés du PVC utilisé dans l'isolation des câbles électrique. Diss. Université Mouloud Mammeri, 2017.
- [23] Ishida, T., Zhang, Z., Murayama, H., Yamamoto, E., & Tokunaga, M. (2021). C–H Bond Functionalization Using Pd-and Au-Supported Catalysts with Mechanistic Insights of the Active Species. *Synthesis*, 53(18), 3279-3289.
- [24] Deng, J., Wang, L., Liu, L., & Yang, W. (2009). Developments and new applications of UV-induced surface graft polymerizations. *Progress in polymer science*, 34(2), 156-193.
- [24] Lathia, J. D., El-Sherif, D., Dhoot, N. O., & Wheatley, M. A. (2004). Surface modification of polymeric contrast agents for cancer targeting. *Pharmaceutical Engineering*, 24(1), 92-103.
- [26] BENSELHOUB, A. (2018). OXYDATION A L'AIR DU CATHECOL PAR DES COMPLEXES DE CUIVRE (II) PREPARES IN-SITU AVEC DES LIGANDS DERIVES DE L'ACIDE DEHYDROACETIQUE (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences et Technologies).

- [27] Mekki, H., & Belbachir, M. (2007). Preparation of vinyl chloride vinyl ether copolymers via partial etherification from PVC. *Express Polymer Lett*, 1, 495-498.
- [28] Gardette, J. L. (1998). Caractérisation des polymères par spectrométrie optique. *Techniques de l'ingénieur. Plastiques et composites*, 2(AM3271), AM3271-1.
- [29] Demerliac, R. (1898). Recherches sur l'influence de la pression sur la température de fusion. *Journal de Physique Théorique et Appliquée*, 7(1), 591-598.
- [30] M.Chavanne, A. Jullien et G.J.Odermato; *Chimie organique expérimentale*, 1991.