

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE Dr MOULAY TAHAR DE SAIDA



**Faculté des sciences
Département de chimie**

**Mémoire de Master
Spécialité : Chimie
Option : Chimie Inorganique et Environnement**

THÈME

**CARACTERISATION PAR RELAXATION DIELECTRIQUE D'UNE MATRICE
ARGILEUSE A BASE DES COMPOSES ORGANIQUES.**

**Présenté par : AHTABI OUM CHIKH NADIA
: SMAHI HANANE**

**Soutenu le 02/06/2016
Devant le jury composé de :**

Président de jury	Mr Brahim Houari	Maitre de conférence A l'université Dr Moulay Tahar de Saida
Examineur	Ouici Houari	Maitre de conférence A l'université Dr Moulay Tahar de Saida
Examinatrice	Belarbi wassila	Maitre de assistance A l'université Dr Moulay Tahar de Saida
Rapporteur	Haddad Boumediene	Maitre de conférence A l'université Dr Moulay Tahar de Saida

Année universitaire 2015/2016

Remerciement

Nous remercierons tout d'abord Allah pour nous avoir données la force, le courage, la patience et la volonté d'élaborer ce travail

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Chimie à l'Université de Saida.

Nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur HADDAD BOUMEDIENE Maître de Conférence A à l'Université de Saida, pour ces orientations, ces conseils, et pour avoir toujours à suivre notre travail.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur H. BRAHIM Maître de conférences A à l'Université de Saida qui me fait l'honneur d'être le président de ce jury.

Nous remercierons Madame W. BELARBI, enseignante à l'Université de Saida et Monsieur H. OUCI, Maître de conférences dans la même Université qui a accepté d'examiner ce travail, c'est un honneur pour moi de les voir siéger parmi les membres de jury de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier Monsieur H. BELARBI, Professeur à l'université de Tiaret et son équipe, qui grâce à sa collaboration, nous avons permis de réaliser les mesures diélectrique.

Un grand merci à l'ensemble des personnels de l'Université de Amar Teliidji Laghouat: pour les analyses spectroscopie DRX et IR.

Nous adressons nos sincères remerciements à toute l'équipe de LCMT à L'université de Caen pour son appui technique dans les mesures d'IR. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect et de toute notre gratitude.

Nous terminerons en pensant, sans les nommer, à tous ceux que nous avons croisés sur notre chemin et qui ont contribué à rendre possible notre parcours.

Sans oublier le remerciement de notre promotion 2015-2016.

Et enfin, que notre chers parents.

Dédicace

La vie n'est pas qu'un éclair, et un jour de réussite est un jour très cher.

Avant tous j'ai remercié ALLAH qui me accordé la santé, la possible ainsi que la volonté d'entamer et de continuer mon étude.

Je dédié ce modeste travail :

A mes parents

A mes trois frères YACINE et REDOUANE et ALI

A ma grand-mère

A mes cousines et mes cousins

A mes oncles et mes tantes

A toutes ma famille

A tous mes amies HAKIM et ASMAA et FATIMA et SAMIRA et HANANE et YASSMINE et HADJER

A tous ceux qui me sont chers

Dédicace

La vie n'est pas qu'un éclair, et un jour de réussite est un jour très cher.

Avant tous j'ai remercié ALLAH qui me accordé la santé, la possible ainsi que la volonté d'entamer et de continuer mon étude.

Je dédié ce modeste travail :

A mes parents

A mon frère Mohamed et mes sœurs

A mes petites Tarek, Salah Dine, Hajer et Ibtihal

A toutes la famille Smahi, Abed, et Belba

A tous ceux qui me sont chers



LISTE DES MATIÈRES

<u>Introduction générale</u>	01
<u>CHAPITRE I : Généralités sur les argiles</u>	
I. I-Généralité.....	04
I.1 les argiles	04
I.2 Transformation des minéraux argileux.....	04
I.3. Structure des argiles.....	05
I.3.1 La maille (motif cristallin).....	06
I.3.2 Feuillet	07
I.3.3 L'espace interfoliaire.....	07
I.4 Classification des argiles	08
I.5 Principaux types d'argile.....	13
I.5.1 Kaolinite.....	13
I.5.2 Illite.....	15
I.5.3 Montmorillonite	16
I.6 Les montmorillonites	16
I.6.1 Introduction.....	16
I.6.2 Formule chimique de la montmorillonite	17
I.6.3. Microstructure	17
I.6.3.1 Le feuillet	18
I.6.3.2 La particule primaire	18
I.6.3.3 L'agrégat.....	19
I.6.4 Caractéristiques physiques des montmorillonites.....	19
I.6.4.1 La capacité d'échange cationique	19
I.6.4.2 La surface spécifique	20
I.6.4.3 La densité de charge spécifique	21
I.6.5 Propriétés de gonflement et le rôle du cation compensateur	21
I.6.5.1 Phénomène de gonflement.....	21
I.7 Application.....	24
I.8 Domaines d'études.....	24
I.9 Les bentonites.....	25
I.9.1 Qu'est –ce que la bentonite ?.....	25
I.9.2 Origine de la bentonite.....	26
I.9.3 L'utilisation de la bentonite.....	26
I.9.4 Les différents types de bentonite.....	26
I.9.5 Propriétés des argiles.....	27
I.9.6 Domaines d'utilisation de la bentonite.....	28
I.10 Utilisation des argiles dans le domaine l'environnement.....	28
I.11 conclusion.....	29
Références bibliographiques.....	30
<u>CHAPITRE II : Formation des complexes organo-argileux</u>	
II.1 Formation des complexes organo-argileux.....	33
II.2 Phénomène d'adsorption.....	38
II.2.1 Définition phénomène d'adsorption.....	38
II.3 Toluène.....	38
II.3.1 Données générales.....	38
II.3.2 propriétés physiques.....	39
II.3.3 les risques et les dangers.....	39

II.3.4 Risques aigus (exposition brève).....	40
II.3.5 Risques chroniques.....	40
II.3.6 autres risque.....	40
II.4 Nitrobenzène.....	40
II.4.1 Principe des procédés	41
II.4.2 Propriétés physico-chimiques.....	41
II.4.3 Risques d'incendie et d'explosion.....	41
II.4.4 Principales utilisations.....	41
Références bibliographiques.....	43

CHAPITRE III Matériaux et techniques expérimentales

III.1 Introduction.....	45
III.2 Protocole de purification.....	45
III.3. L'argano-modification des bentonites.....	48
III.4 Techniques de caractérisations.....	50
III.4.1 Défractation des rayons X	50
III.4.1.1 Introduction.....	50
III.4.1.2 Principe de la méthode.....	50
III.4.2 Spectroscopie infrarouge.....	51
III.4.3 Les mesures de relaxation diélectriques.....	51
III.4.3.1 Mesures diélectriques.....	52
III.4.3.1.1 Principe.....	52
III.5 Conclusion.....	53
Référence bibliographique.....	54

Chapitre IV : Interprétation des résultats (DRX-IR)

IV.1 Introduction	56
IV.1 La Spectroscopie infrarouge.....	56
IV.2 L'analyse par diffraction des rayons X (DRX)	63
IV.3 conclusion.....	65
Références bibliographiques.....	66

Chapitre V : Etude des propriétés diélectriques (DRS)

V.1 Introduction	68
V.2 Mécanisme de la relaxation.....	68
V.3 Bases de physique sur la polarisation des diélectriques	68
V.4 Polarisation sous champ statique.	68
V.4.1 Type de polarisation	69
V.4.1.1 La polarisation électronique	69
V.4.1.2 La polarisation ionique ou atomique	69
V.4.1.3 La polarisation dipolaire ou d'orientation dipolaire	69
V.4.1.4 La polarisation interfaciale ou par charge d'espace.....	69
V.4.1.5 La polarisation des électrodes	70
V.5. Mesure fréquentielle	71

V.6 Résultats et discussions	72
V.6.1 L'évolution de la partie réelle et imaginaire de la permittivité diélectrique en fonction de la fréquence.....	72
Références bibliographiques.....	81
<u>Conclusion générale</u>	83
<u>Annexe</u>	86

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralité sur les argiles

Figure I.1 : Résumé pour les constituants en général de l'argile.....	05
Figure I.2 : structure philliteuse schématisée des argiles.....	05
Figure I.3 : Eléments structuraux : les tétraèdres (Eslinger et Peaver, 1988).....	06
Figure I.4 : Eléments structuraux : les octaèdres (Eslinger et Peaver, 1988).....	07
Figure I.5 : Structure octaédrique et tétraédrique des couches d'argiles.....	07
Figure I.6 : Structure des feuillets.....	08
Figure I.7 : Eléments constituant un feuillet.....	08
Figure I.8 : Représentation des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 1 :1. (DionP, 1998).....	09
Figure I.9 : Structure 3D d'une kaolinite, feuillet à 7 Å, motif dit TO.....	09
Figure I.10 : Représentation schématique des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 2 :1. (Dion P, 1998).....	10
Figure I.11 : Structure 3D d'une smectite potassique, feuillet à 10 Å, motif dit T-o-T.....	10
Figure I.12 : Représentation schématique des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 2 :1.(DionP, 1998).....	11
Figure I.13 : Structure 3D d'un chlorite, feuillet à 14 Å, motif dit TOT O.....	11
Figure I.14 : Structures des minéraux interstatifiés (Dion P, 1998).....	12
Figure I.15 : Kaolin d'Arvor d'après Fourati (1999).....	14
Figure I.16 : Structure de l'Illite.....	15
Figure I.17 : Clichés pris au MEB de la structure de la montmorillonite.....	16
Figure I.18 : Schéma de la structure multi-échelles des argiles.....	17
Figure I.19 : Microstructure de la montmorillonite, selon Lepluart.....	18
Figure I.20 : Argile gonflante: expansion particule-agrégat avec l'apport d'eau.....	22
Figure I.21 : Domaines d'études des argiles.....	25
Figure I.22 : Rôle des argiles dans l'environnement.....	28

Chapitre II : Formation des complexes organo-argileux

Figure II.1 : Interaction de surface d'argile avec une molécule organique.....	33
Figure II.2 : Formation des complexe argile- eau selon MC BRIDE.....	35
Figure II.3 : le Potential d'interactions adsorbant-adsorbat selon Schwarzenbach, R.P., Gschwend, P.M., and Imboden(1993).....	36
Figure II.4 : Formation du complexe organo-argileux, Schwarzenbach, R.P., Gschwend,	

P.M., and Imboden, (1993).....	37
Figure II-5: La structure de toluène.....	39

Chapitre III : Matériaux et techniques expérimentales

Figure III.1 : Traitement de la bentonite naturelle.....	46
Figure III.2 : la suspension argileuse.....	46
Figure III.3 : Filtration de la suspension acidifiée	47
Figure III.4 : L'élimination des matières organique par H ₂ O ₂	48
Figure III.5 : Schéma de l'organo-Modification des bentonites par le toluène.	49
Figure III.6 : Schéma de l'organo-Modification des bentonites par le nitrobenzène.....	49
Figure III.7 : Schéma représentant le principe de la diffraction.....	51
Figure III.8 : Impédance mètre GWINSTEK, LCR-821 (LSCT).....	52

Chapitre IV : Interprétation des résultats (DRX-IR)

Figure IV.1 : Spectre infrarouge de la bentonite naturelle.....	56
Figure IV-2: Spectre infrarouge de la bentonite purifiée.....	57
Figure IV-3. : Spectre infrarouge de la montmorillonite commercialisé.....	58
Figure IV-4: Spectre infrarouge de la bentonite échangée par le toluène.....	59
Figure IV-5 : spectre infrarouge de la bentonite échangée par le nitrobenzène.....	60
Figure IV-6 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le toluène	61
Figure IV-7 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène.....	62
Figure. IV.8 : DRX de la bentonite brute.....	63
Figure. IV.9 : Comparaison entre deux DRX de la bentonite et la montmorillonite échangées par le toluène.....	64
Figure. IV.10: Comparaison entre deux DRX de la bentonite et la montmorillonite échangées par le nitrobenzène.....	64

Chapitre V : Etude des propriétés diélectriques

Figure V.1 : Représentation schématique des différents types de polarisation.....	70
Figure V.2 : Représentation du mécanisme de polarisation interfaciale et accumulation des charges à l'interface électrode-matériau.....	71
Figure V.3 : Présentation des différents effets sur la permittivité et les pertes diélectriques des modes de relaxation et de résonance.....	71

Figure V.4 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.....	72
Figure V.5 : Variation de la permittivité imaginaire (ϵ'') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.....	73
Figure V.6 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.....	73
Figure V.7 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.....	75
Figure V.8 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.....	75
Figure V.9 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.....	76
Figure V.10 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour la Bentonite modifiée par les deux polluants.....	77
Figure V.11 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour la Montmorillonite modifiée par les deux polluants.....	77
Figure V.12 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour la Bentonite modifiée par les deux polluants.....	78
Figure V.13 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour la Montmorillonite modifiée par les deux polluants.....	80

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralité sur les argiles

Tableau I.1 : Pourcentage moyen en éléments présents dans l'argile.....	04
Tableau I.2: Schéma simplifié montrant la classification des principaux groupes de minéraux argileux et de leurs espèces (Jasmund et Lagaly, 1992).....	13
Tableau I.3: Valeurs de la capacité d'échange cationique des principales espèces minéralogiques.....	20
Tableau I.4 : donne des valeurs caractéristiques des surfaces des grandes familles argileuses.....	21

Chapitre II : Formation des complexes organo-argileux

Tableau II-1 : l'ensemble des interactions intermoléculaires d'origine électrostatique.....	35
--	-----------

Chapitre IV : Interprétation des résultats (DRX-IR)

Tableau IV.1 : Spectre infrarouge de la bentonite purifiée.....	58
Tableau IV.2 : Spectre infrarouge de la montmorillonite commercialisé.....	59
Tableau IV.3 : Spectre infrarouge de la bentonite échangée par le toluène	60
Tableau IV.4 : Spectre infrarouge de la bentonite échangée par le nitrobenzène.....	60
Tableau IV.5 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le toluène	61
Tableau IV.6 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène.....	62
Tableau IV.7: Distance intercalaire des argiles échangées par les composés organiques.....	65

Chapitre V : Etude des propriétés diélectriques

Tableau V.1 : les valeurs de la conductivité, constante diélectrique ou permittivité (réelle et imaginaire) dans les basses fréquences.....	74
--	-----------

Abréviations et symboles utilisés

T	<i>Température</i>
τ	<i>Temps de relaxation</i>
χ	<i>Susceptibilité électrique</i>
σ^*	<i>Conductivité complexe</i>
σ'	<i>Partie réelle de la conductivité complexe</i>
σ''	<i>Partie imaginaire de la conductivité complexe</i>
ε^*	<i>Permittivité complexe</i>
ε'	<i>Permittivité réelle</i>
ε''	<i>Permittivité imaginaire</i>
ε_0	<i>Permittivité du vide</i>
<i>BN</i>	<i>Bentonite échangée par le nitrobenzène</i>
<i>BT</i>	<i>Bentonite échangée par le toluène</i>
<i>MN</i>	<i>Montmorillonite échangée par le nitrobenzène</i>
<i>MT</i>	<i>Montmorillonite échangée par le toluène</i>

Introduction Générale

Notre planète a eu un grand développement dans les différents domaines industriels et technologiques et donc une amélioration remarquable sur le plan économique et social en a été la conséquence. Malheureusement ces développements ont engendré la création d'un phénomène qui a touché gravement l'homme, mais aussi l'environnement, ce phénomène est la pollution de l'air et de l'eau provoquée par les déchets industriels. Pour cela l'homme cherche de plus en plus à éliminer, ce fléau en utilisant des méthodes et des techniques efficaces et pas coûteuses.

Grâce à leurs propriétés bien spécifiques (élasticité, isolation, absorption, propriétés catalytique, gonflement...), les argiles attirent de plus en plus l'attention des chercheurs en vue de leurs applications dans les domaines industriels, pétrochimiques...Elles sont généralement utilisées dans les constructions, cosmétiques, pharmacie, pétrochimie, traitement des eaux.

La bentonite fait partie des phyllosilicates dont la principale composante est la montmorillonite, la modification de l'argile par l'insertion d'espèces chimique organiques entre les feuillets a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. De nombreux travaux ont été introduits pour obtenir des propriétés voisines de celles des charbons actifs. Le matériau modifiée présente des propriétés importantes telle q'une grande capacité d'échange cationique et une remarquable adsorption.

Le développement de nouvelle classe de matériaux très performants par une simple modification, nécessite impérativement une maîtrise et un contrôle de la structure et de la morphologie.

L'objectif de ce travail, est d'élaborer une matrice argileuse par des composés organiques par un procédé d'organo-modification. l'investigation de cette matrice argileuse par la technique de spectroscopie diélectrique est un moyen puissant qui permet d'avoir accès à des informations importantes liée aux phénomènes criés entre l'argile et les composés organiques piégés dans le volume interlamellaire des feuillets du minéral argileux. Ce mémoire comprend cinq chapitres complémentaires.

Le premier est une introduction au sujet sous forme d'une étude bibliographique sur les argiles en général, puis sur bentonites et les montmorillonites en particulier (définitions ,propriétés ,et structures).

Le deuxième comporte quelques rappels concernant les polluants organiques et la formation des complexes organo-argileux.

Le troisième chapitre présente la partie expérimentale dans la quelle sont détaillées les différentes expériences effectuées sur nos échantillons.

L'étude par diffractions des rayons X nous a permis de donner une approche sur leur structures avant et après l'organo-modification.

Dans le but d'identifier la nature de l'argile modifiée préparée, une caractérisation par des mesures infra rouge.

L'interprétation des mesures de propriétés diélectrique en fonction de la fréquence pour des matrices argile/matière organique est rendue complexe par le fait que plusieurs phénomènes contribuent à la permittivité diélectrique, pour cela, dans une dernière partie, nous étudierons l'évolution de ces propriétés à savoir la conductivité, la constante diélectrique ou la permittivité (réelle et imaginaire) en fonction de fréquence et nous discuterons les changements observés dans le comportement diélectrique dans la gamme de fréquence appliquée et les mécanismes de polarisation.

Chapitre I

Généralité sur les argiles

I-Généralité

I-1 LES ARGILES :

Le mot argiles est cependant plus récent, il vient du grec argilos dérivé d'argos qui veut dire blanc. Les argiles sont des produits de décomposition des roches siliceuses est contient des phyllosilicates(silicates en feuilles), une argile nait majoritairement par altération des roches, puis subit une perpétuelles évolution sur des temps à l'échelle géologique en passant d'un minéral argileux à une autre et en changeant ses propriétés initiales par l'environnement. De façon générale les particules d'argile résultent de la désintégration physique ou mécanique des roches, suivie d'une transformation chimique [1].

I-2 Transformations des minéraux argileux :

Les minéraux néoformés ou hérités peuvent évoluer pour prendre un nouveau statut en équilibre avec le nouveau milieu. On distingue les transformations par dégradation (soustraction d'ions) et par agrégation (par fixation d'ions supplémentaires). Ces transformations ont lieu aussi bien au cours de l'altération que de la diagenèse.

Ex : Kaolinite -----> Chlorite

Smectites -----> Illite.

L'argile contient en moyenne les éléments présentés dans le tableau suivant :

Tableau (I -1) : Pourcentage moyen en éléments présents dans l'argile [2].

Eléments	Pourcentage
Silice	40 à 60
Alumine	15 à 48
Fer	0.5 à 4
Calcuim	0.15 à 5
Potassium	0.85 à 4
Magnésium	0.05 à 2
Autre sels minéraux	4 à 15

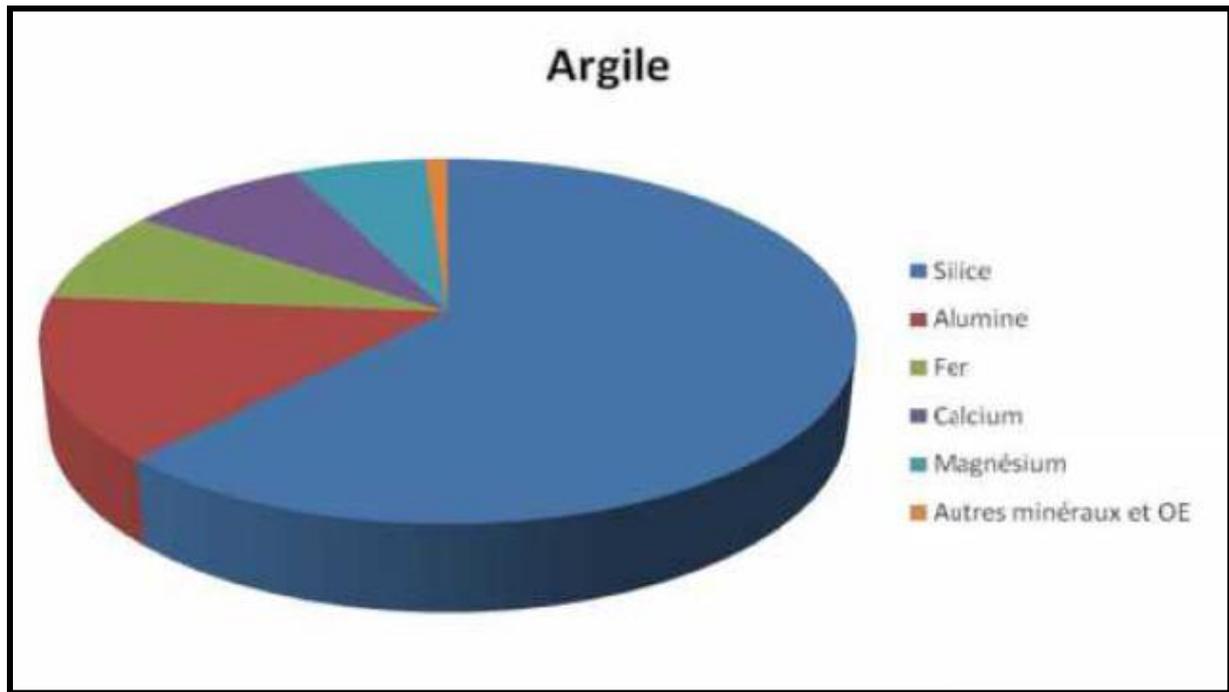


Figure (I -1) : Résumé pour les constituants en général de l'argile [2].

I.3 Structure des argiles :

Les argiles sont considérées comme étant des silicates à structures cristallines monodimensionnelles (fibreuses, silicates en rubans), ou à structures bidimensionnelles (philliteuses ou phyllosilicatés). Les structures phyllosilicatées constituent une classe privilégiée tenant compte de leur aptitude à donner naissance, par des techniques relativement simples, à des minéraux microporeux, voire même mésoporeux. Ce type de matériaux présente une structure en feuillets indépendants les uns des autres, comme illustré sur la figure I-2.

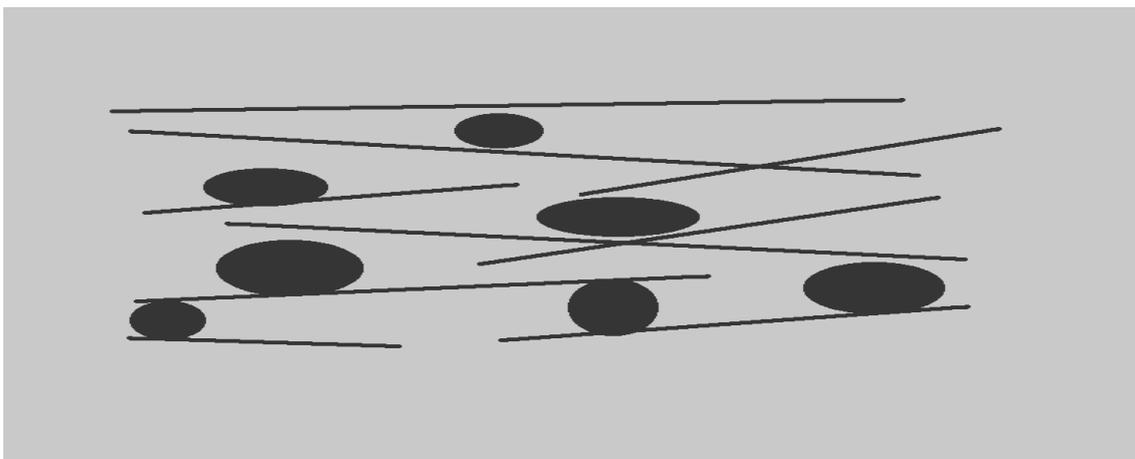


Figure. I-2 : structure philliteuse schématisée des argiles.

- 1- En trait : les feuillets
- 2- Boules noires : différents types des cations

Dans ce type de structure, les feuillets sont généralement parallèles les uns par rapport aux autres. Les cations logés entre les feuillets d'une argile naturelle peuvent être de natures diverses avec des degrés d'hydratation différents. Ceci peut provoquer de légères déviations des plans et peut accroître quelque peu la porosité de ce type de matériaux.

Les minéraux argileux sont constitués d'un empilement de feuillet séparé par des intervalles qu'on appelle espace interfoliaire [3,4]. L'association du feuillet et de l'espace interfoliaire représente l'unité structurale du minéral phylliteux, (voir figure I.6)

I.3.1 La maille (motif cristallin)

C'est la structure élémentaire du cristal. Le feuillet est constitué de deux types de motifs cristallins : type octaédrique et type tétraédrique. (Voir figure I.7).

A) Type tétraédrique

Le silicium occupe le centre d'un tétraèdre dont les quatre sommets sont occupés par 4 oxygènes. Les quatre charges positives du "Si" sont neutralisées par les quatre charges négatives de l'oxygène.

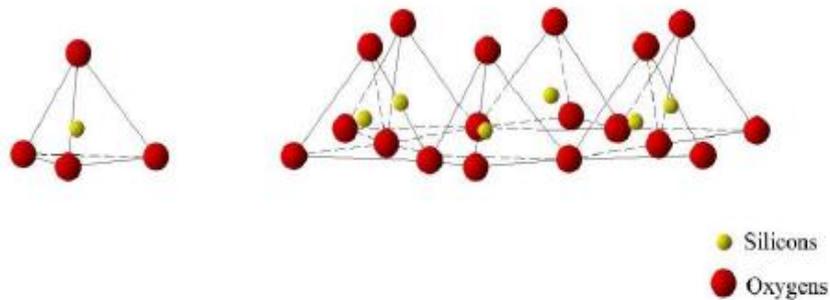


Figure (I -3) : Eléments structuraux : les tétraèdres (Eslinger et Peaver,1988) .

B) Type octaédrique :

Un atome aluminium ou magnésium s'insère au centre d'un octaèdre dont les 6 sommets sont occupés par les ions O^{2-} ou OH^- .

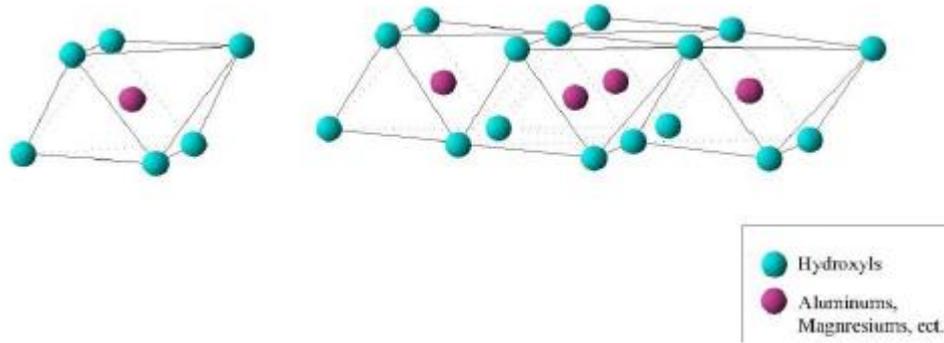


Figure (I -4) : Eléments structuraux : les octaèdres (Eslinger et Peaver,1988).

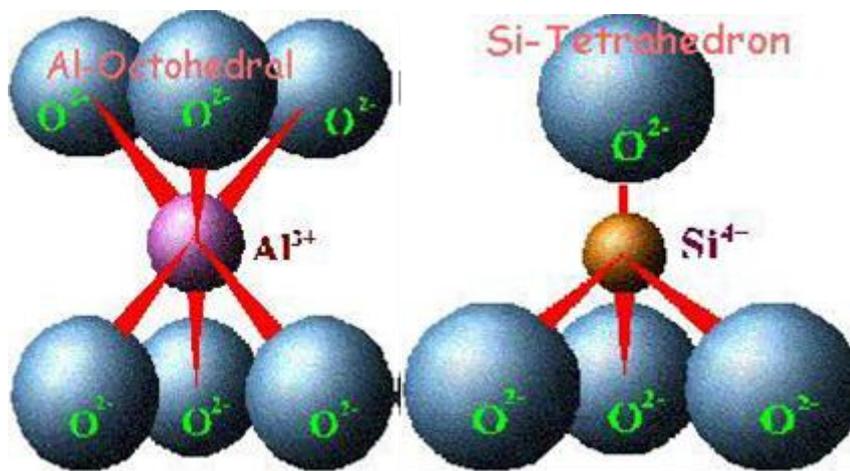


Figure (I -5): Structure octaédrique et tétraédrique des couches d'argiles [5].

I.3.2. Feuillet :

Le feuillet est une superposition de couche tétraédrique et octaédrique. Cet assemblage est très stable et très énergétique.

Il y a deux types de feuillet : type 1/1 (T_c/O_c) tel que la kaolinite et type 2/1 ($T_c/O_c/T_c$) comme la montmorillonite.

I.3.3 Espaces interfoliaires :

Les feuillets sont séparés par des espaces interfoliaires. Ces espaces sont de l'ordre de quelques angströms. On trouve dans cet espace divers cations tel que : Ca^{2+} , Na^+ et K^+ , ... etc.

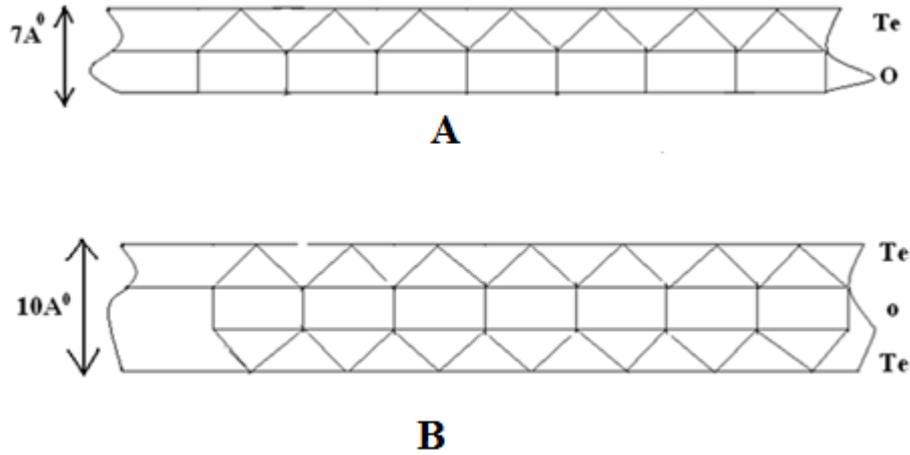


Figure I.6: Structure des feuillets.

A : Feuillets de Kaolinite à deux couches,

B : Feuillets de montmorillonite à trois couches.

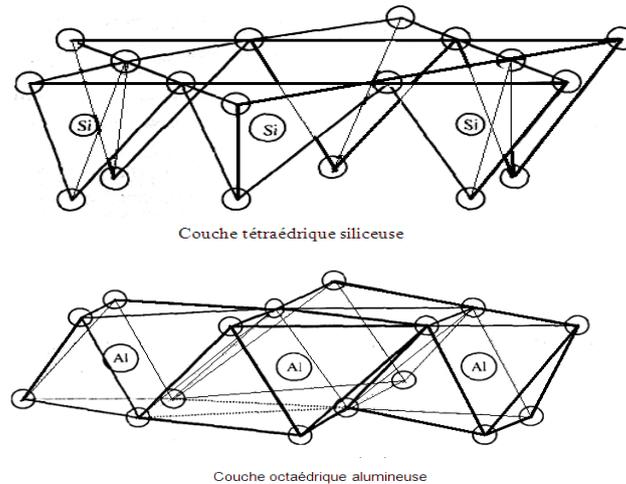


Figure I.7 : Éléments constituant un feuillet.

I.4 Classification des minéraux argileux

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi quatre groupes [6].

1) Minéraux de type 1:1 (ou T-O) :

Le feuillet est constitué d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. L'équidistance caractéristique est d'environ $7,1 \text{ \AA}$. À ce type correspond le groupe de la Kaolinite (Figure (I-8), Figure (I-9)).

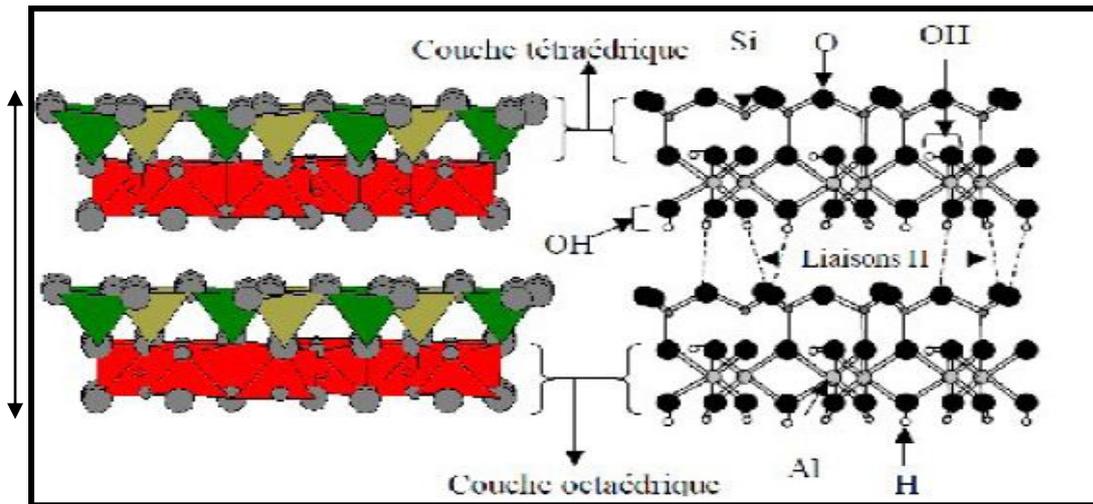


Figure (I -8): Représentation des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 1 :1[7].

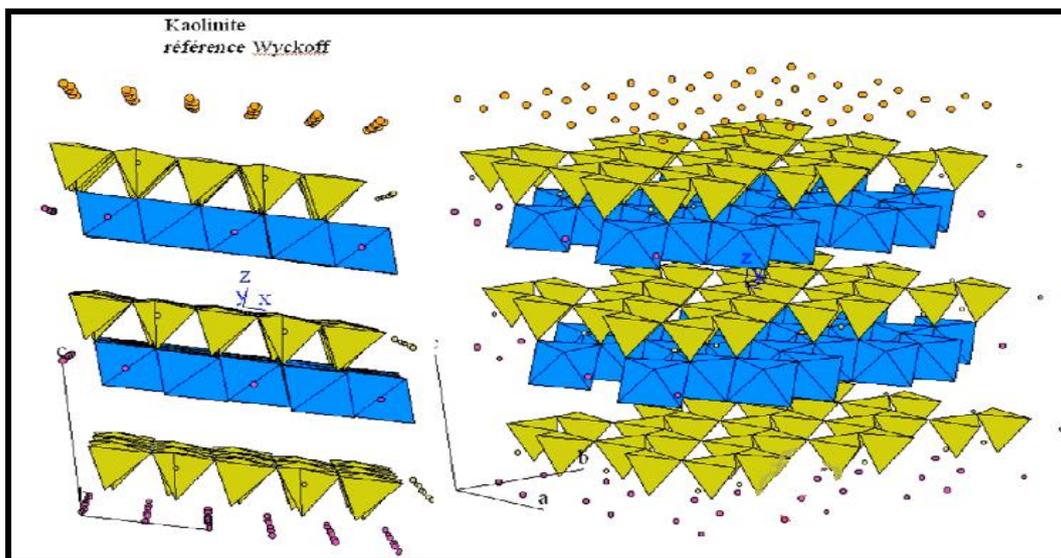


Figure (I -9): Structure 3D d'une kaolinite, feuillet à 7 Å, motif dit TO [8].

2) Minéraux de type 2 :1 (ou T-O-T) :

Le feuillet est constitué de deux couches tétraédriques et d'une couche d'octaèdres.

L'équidistance caractéristique Varie de 9,4 à 15 Å⁰ selon le contenu de l'inter feuillet. A ce type correspond les groupes du talc, des smicrites, des vermiculites et des micas (Figure (I-8) Figure (I-9))

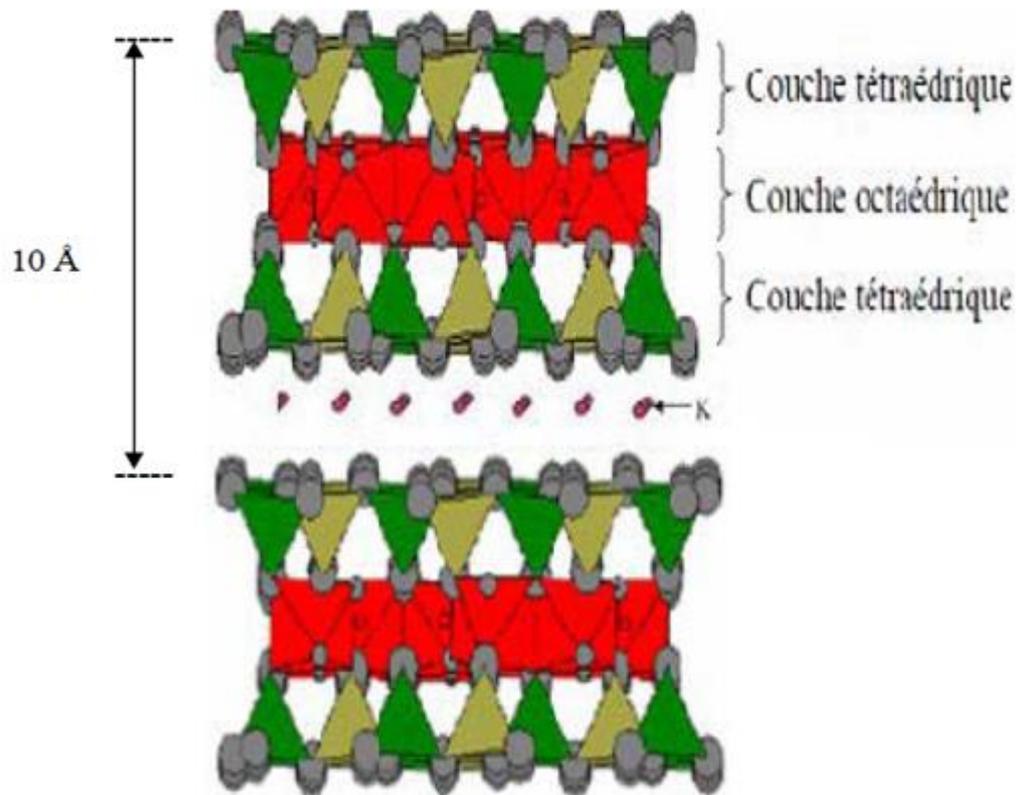


Figure (I -10) : Représentation schématique des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 2 :1.[7].

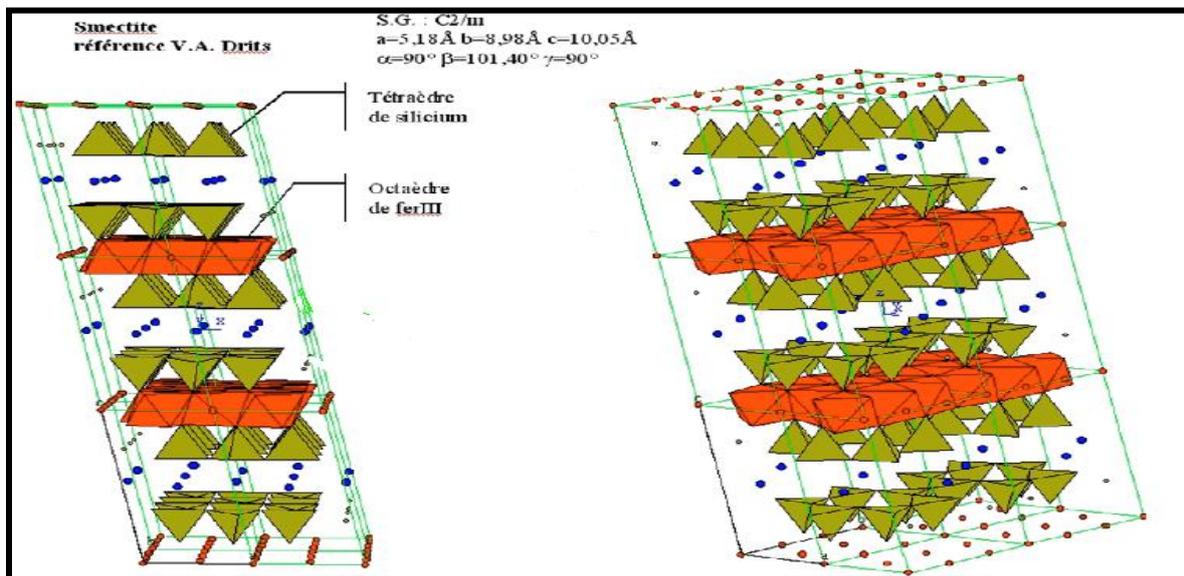


Figure (I -11): Structure 3D d'une smectite potassique, feuillet à 10 Å, motif dit T-o-T [9].

3) Minéraux de type 2 : 1 : 1 (ou T-O-T-O) :

Le feuillet est constitué par l'alternance de feuillets T-O-T et de couche octaédriques interfoliaire. L'équidistance caractéristique est alors d'environ 14 Å, à ce type correspond le groupe du chlorite (Figure (I -11), Figure (I -12)).

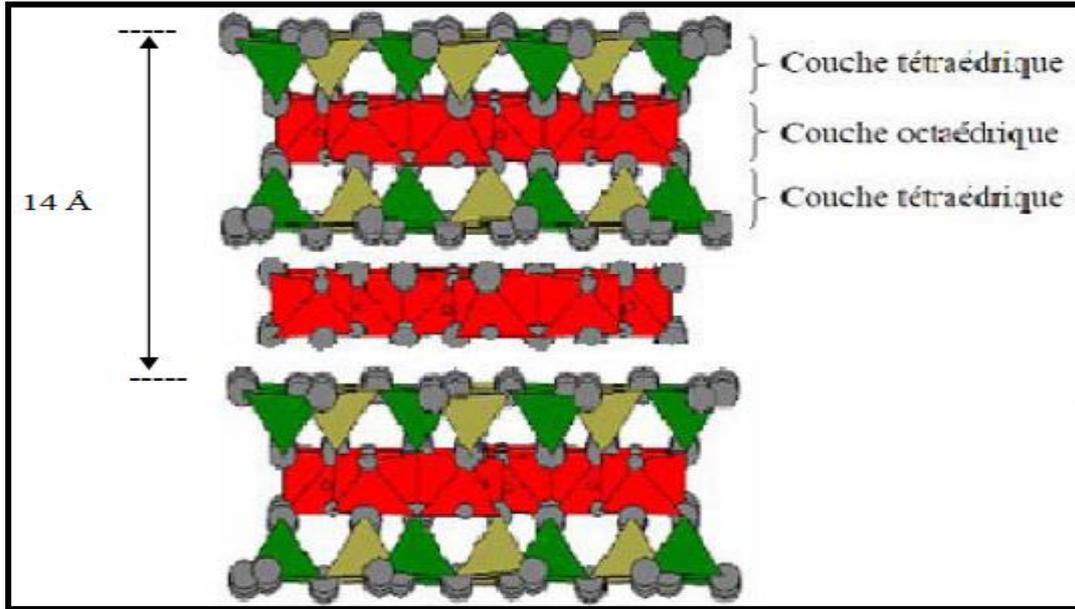


Figure (I -12) : Représentation schématique des empilements de tétraèdres siliceux et d'octaèdre alumineux d'un minéral de type 2 : 1.[7].

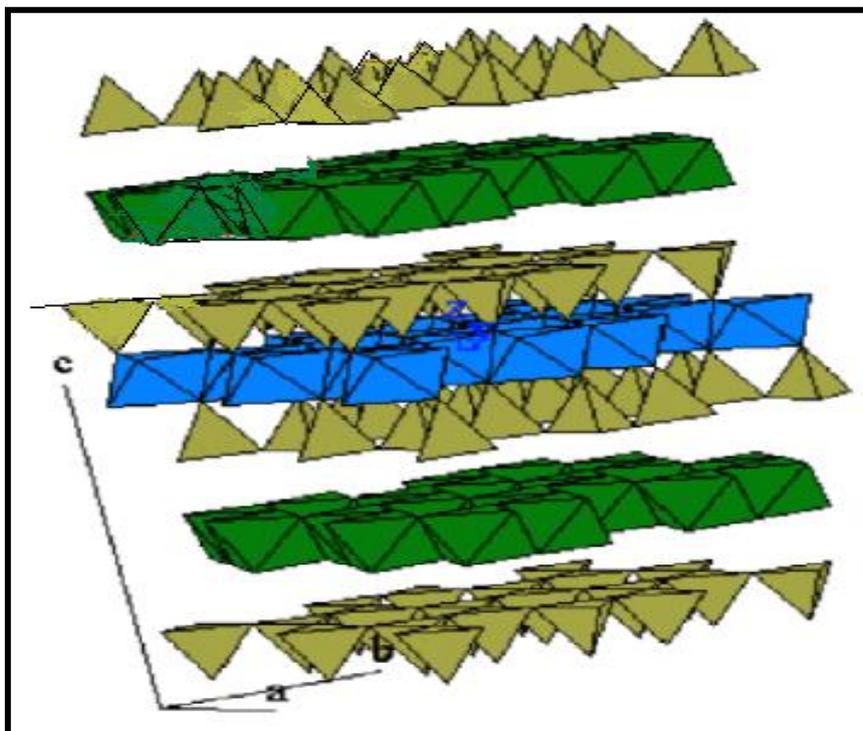


Figure (I -13) : Structure 3D d'un chlorite, feuillet à 14 Å, motif dit TOT O [8].

4) Minéraux interstratifiés :

Il existe bien entendu des minéraux interstratifiés, formés ‘un empilement régulier ou irrégulier de feuillets est de type smectites, le comportement peut s’avérer gonflant. C’est le cas de la kaolinite montmorillonite, la saponite–chlorite, la montmorillonite-mica, l’illite-montmorillonite Figure (I-13)

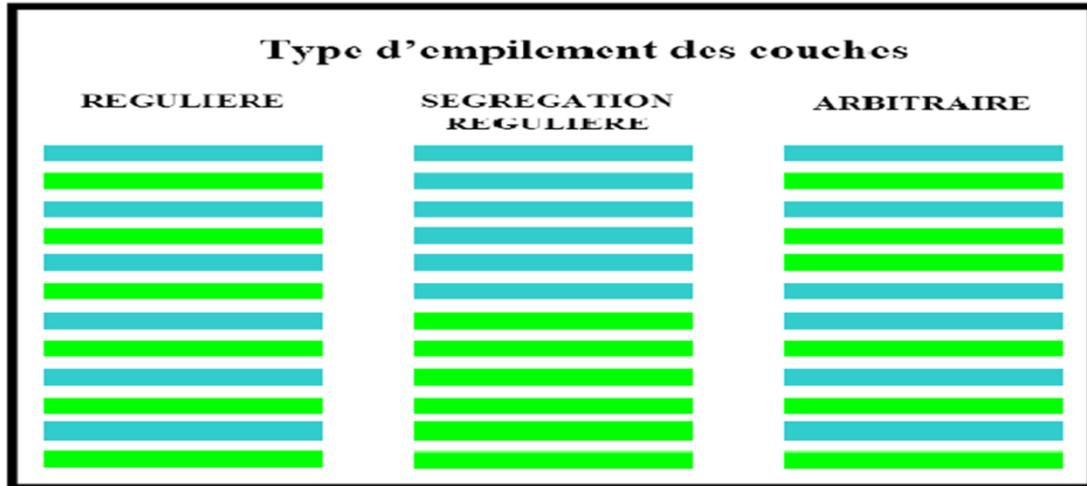


Figure (I -14) : Structures des minéraux interstatifiés [9].

Tableau (I-2): Schéma simplifié montrant la classification des principaux groupes de minéraux argileux et de leurs espèces [10].

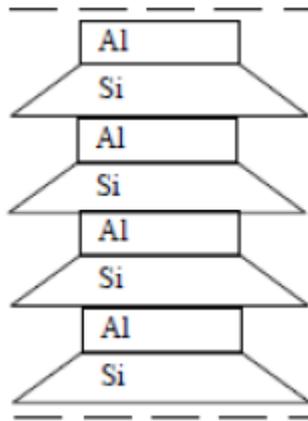
Groupe de Minéraux	Espèce Minérale	Structure
Argileux		
Kaolinites	Kaolinites Halloysite Dickite	Minéraux à 2couches T-O T-O
Smectites	Montmorillonite Saponite Beidellite Nontronite	Minéraux à 3 couches T-O-T T-O-T ↑
Illites Vermiculites Micas	Illite Vermiculite Muscovite Biotite	H ₂ O, cation
Chlorites	Chlorite	Minéraux à 4 couches T-O-T-O T-O-T-O
Sepiolites Palygorskites	Sépiolite (écume de mer) Attapulгите	Minéraux en lalles T-O-T T-O-T T-O-T

I-5 Principaux types d'argile :

Parmi les deux cents types d'argile on rencontrera dans les travaux liés à la géotechnique essentiellement les argiles monominérales suivantes : la kaolinite, l'illite et la montmorillonite [3].

I-5-1 Kaolinite:

La kaolinite ne présente aucune substitution isomorphique, les charges disponibles pour la fixation de cations hydratables ne se trouvant qu'en bordure des feuillets élémentaires. Le diamètre de la particule est de l'ordre de $1\mu\text{m}$. Le feuillet élémentaire est 1/1, la particule élémentaire comporte quelques dizaines de feuillets (Figure (I -14)). N'ayant pas de substitution isomorphique les liaisons entre feuillets sont très stables.



5 μm



Figure (I -15) : Kaolin d'Arvor d'après Fourati (1999).

I-5-2-Illite:

Le feuillet élémentaire est 2/1. Dans les couches tétraédriques un cation Si^{4+} sur quatre est remplacé par un cation Al^{3+} . Le déficit de charge qui en résulte est compensé par des ions potassiums K^+ anhydres situés entre les feuillets. Le potassium situé entre les feuillets compense les charges internes et bloque toute hydratation et expansion foliaire (Figure (I -15)).

La particule primaires d'illite comporte une dizaine de feuillets qui lui donne une largeur de $0,3 \mu\text{m}$ et une épaisseur de 10 nm .

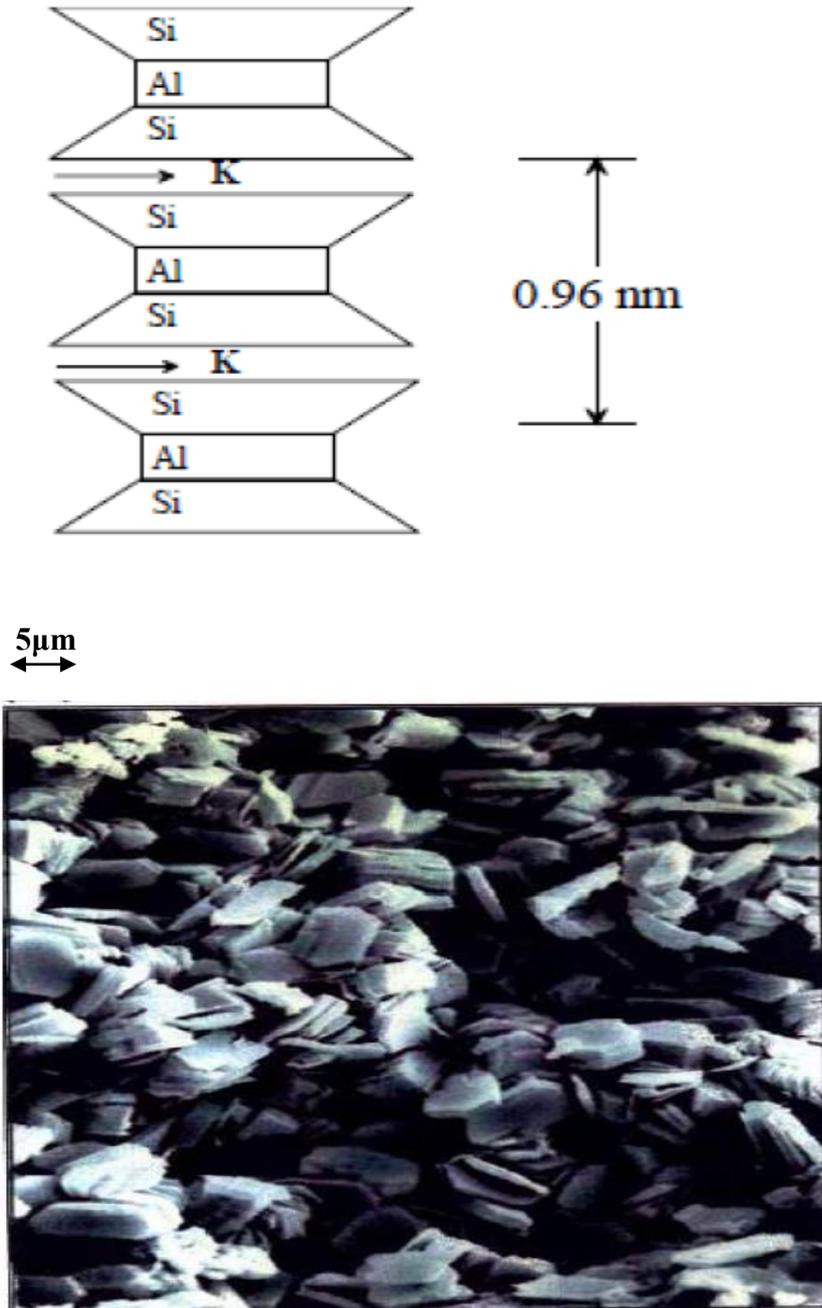


Figure (I -16) : Structure de l'Illite.

I-5-3 Montmorillonite

Le feuillet élémentaire est 2/1. Pour la montmorillonite, le déficit de charge interne aux feuillets est provoqué par des substitutions de cations Al^{+3} en couche octaédrique par des cations Mg^{+2} . Ce déficit de charge qui en résulte est compensé par des cations hydratés échangeables localisés entre les feuillets. L'épaisseur des feuillets dépendra de l'état d'hydratation.

Le nombre de feuillets dépend des paramètres minéralogiques, la nature des cations échangeables et la concentration en sels d'une solution. L'unité morphologique est un assemblage bord à bord de particules primaires qui constituent des rubans plus ou moins chiffonnés.

Le mécanisme de l'hydratation est dominé dans les montmorillonites par la porosité inter agrégats et la porosité interparticulaire.

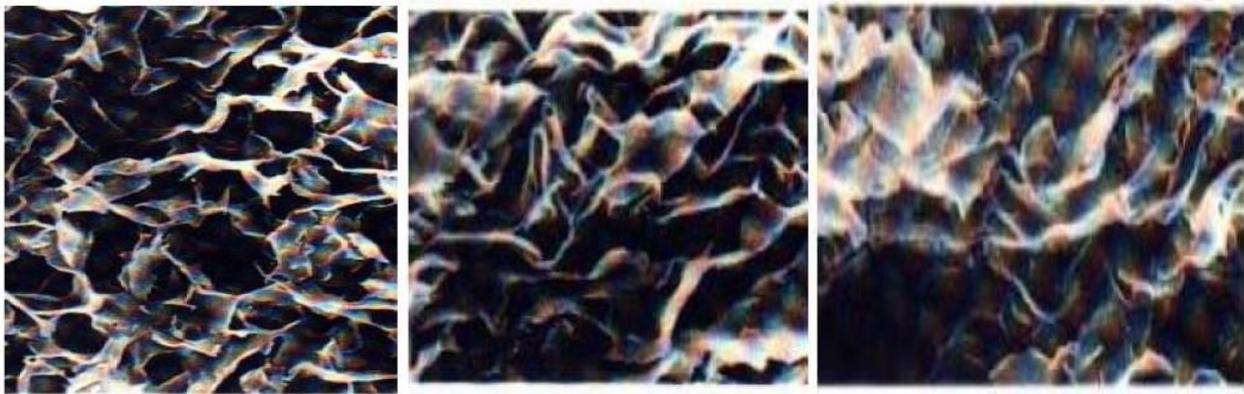


Figure (I -17): Clichés pris au MEB de la structure de la montmorillonite.

I-6 Les montmorillonites

I-6-1 Introduction

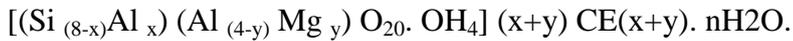
Les smectites (montmorillonite) sont des argiles dites potentiellement très gonflantes. Le feuillet élémentaire est composé, comme pour l'illite, d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice. L'épaisseur d'un feuillet est d'environ 10 Angströms. Les liaisons entre les feuillets sont moins fortes que celles des Kaolinites et des illites. La faiblesse de ces liaisons leur confère de grandes surfaces spécifiques et de forts potentiels de gonflement. Les montmorillonites possèdent, en plus de leur facteur de forme exceptionnel Longueur / Epaisseur, des feuilles qui sont comprises entre cent et mille dont les propriétés de gonflement sont les plus intéressantes de tous les minéraux de la famille des phyllosilicates.

Cette aptitude au gonflement permet leur emploi dans la réalisation de composites. En effet, leur gonflement en milieu aqueux facilite énormément leur modification en matériaux inorganiques organophiles. L'obtention d'un gonflement similaire en milieu organique doit permettre l'amélioration

des propriétés des matériaux grâce à l'intercalation de liquide ionique tel que nous l'expliquons dans la partie suivante de cette étude.

I-6-2 Formule chimique de la montmorillonite

La formule idéalisée d'une maille unitaire de la montmorillonite peut s'écrire :



$-(\text{Si}_{(8-x)}\text{Al}_x)(\text{Al}_{(4-y)}\text{Mg}_y)\text{O}_{20}\cdot\text{OH}_4]^{(x+y)}$: Macroanion qui compose le feuillet.

- Y/8: Proportion de Si substituée par Al tétraédrique.
- X/4: Proportion d'Al dans la couche octaédrique substitué par Mg.
- CE(x,y): Cations échangeables dans l'espace inter-foliaire.

I-6-3 Microstructure

Les montmorillonites ont différentes présentations structurales par rapport à la méthode de mesure de leur échelle. Les différents caractères spécifiques structurels multi-échelle (1 nm le feuillet, 8-10 nm la particule primaire et 0.1-10 µm l'agrégat). Et celles-ci sont présentées par le schéma suivant:

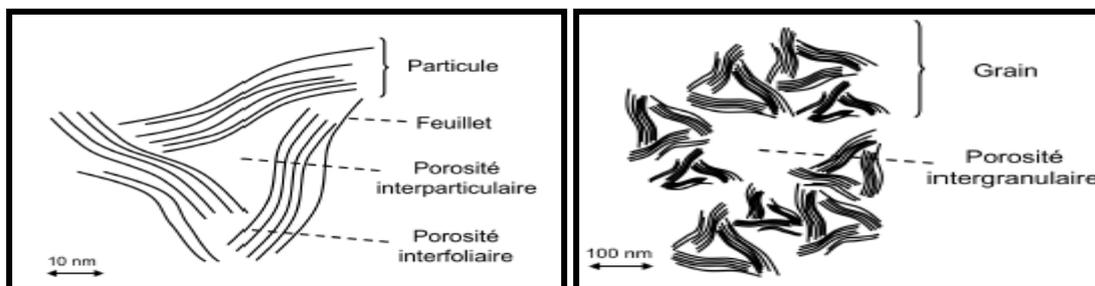


Figure (I -18) : Schéma de la structure multi –échelles des argiles.

Les empilements des feuillets des particules ou tactoïdes(a), qui s'agrègent en structure plus large (b). A chaque échelle correspond une nouvelle porosité : interfoliaire, interparticulaire et intergranulaire.

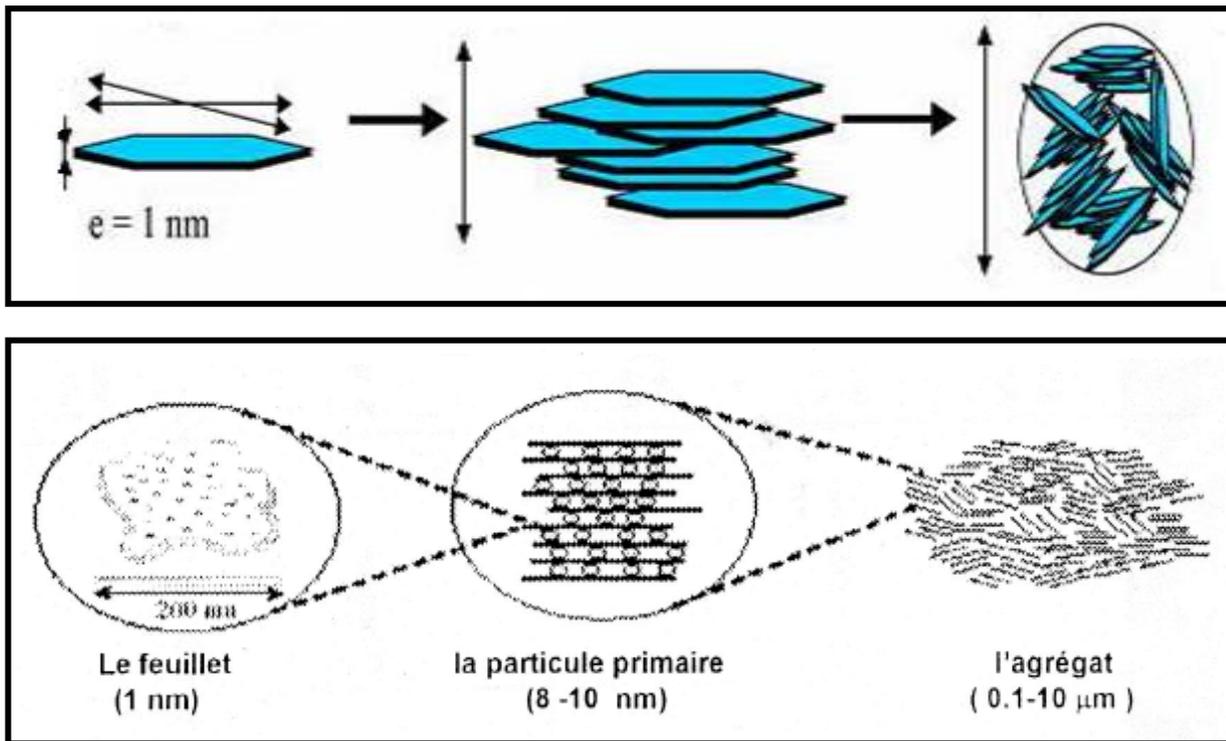


Figure (I -19): Microstructure de la montmorillonite,[11].

I-6-3-1 Le feuillet :

La répétition de la maille dans les directions x et y forme un feuillet, dont la forme est assimilable à une plaquette ou un disque, de dimension latérale variant de 500 à 700 nm et d'épaisseur proche du nanomètre. Ces dimensions anisotropes confèrent une surface spécifique très élevée, de l'ordre de 600 à 800m²/gramme. C'est la combinaison de ces deux propriétés, anisotropie et surface d'interaction important qui rend ce matériau intéressant comme renfort dans les nanocomposites. La densité de la montmorillonite, caractéristique importante dans le domaine du renforcement des polymères, est de 2.6 [12].

I-6-3-2 La particule primaire :

L'association régulière de 5 à 10 feuillets constitue une particule primaire. La distance de séparation entre les plaquettes d'une même particule primaire est déterminée par des forces de Vander Waals et des forces électrostatiques qui s'exercent entre les feuillets et les cations compensateurs. Elle fait généralement 8 à 10 nanomètres d'épaisseur [13,14].

La distance interfeuillet, en diffraction des rayons X, donne lieu à un pic, d001 qui caractérise l'empilement des feuillets élémentaires.

I-6-3-3 L'agrégat :

Enfin, l'assemblage des particules primaires, d'épaisseur moyenne 10 nm, forme des amas de taille micronique (1 à 30 μm), encore appelés agrégats. L'argile, qui va être utilisée entre autres pour élaborer des nano-composites, se présente alors sous la forme de ces agrégats, plus ou moins agglomérés, en poudre fine [15].

Grâce à l'agrégat, on peut voir différents niveaux de porosité à partir de formation ou d'empilement structurale multi-échelle de la montmorillonite ce qui explique leur aptitude au gonflement.

Donc l'adsorption d'eau se fait à plusieurs niveaux qui sont les suivants :

-hydratation des cations compensateurs.

-par capillarité au sein des galeries.

-porosités interparticulaires.

-porosités interagrégats.

I-6-4 Caractéristiques physiques des montmorillonites:

Pour définir une smectite de façon très précise. Il faut passer à plusieurs points ou bien définir leurs propriétés comme : la capacité d'échange cationique, la surface spécifique, la densité de charge spécifique, le gonflement et le rôle du cation compensateur.

I-6-4-1 La capacité d'échange cationique:

La capacité d'échange cationique (CEC) indique la capacité d'une argile à échanger des cations correspondants au nombre de cations monovalents, donc il est possible d'occuper les sites négatives de 100 grammes d'argile par les cations compensateurs. Elle s'exprime généralement en milliéquivalents d'échange cationique pour 100 grammes d'argile (mécq/100g). Comme il apparaît dans la plus part des publications. Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la capacité des échanges cationiques; parmi celles-ci il y a une qui utilise la cobaltihéxamine. Cette méthode est basée sur une mesure de calorimétrie, elle est très claire et facile en présence de spectroscopie UV-visible pour mesurer la concentration de la cobaltihéxamine avant et après l'addition de montmorillonite pour connaître la quantité de la cobaltihéxamine qui disparaît, donc il est possible de mesurer la capacité d'échange cationique.

En générale, on introduit une quantité précise naturelle dans une solution contenant un excès de cations, puis on réalise une analyse élémentaire, et enfin on mesure l'évaluation de la quantité de cations échangés entre la montmorillonite et la solution. Cette méthode se fait généralement avec NH_4^+ , ou Ba^{2+} le dosage est précis à l'aide de microanalyse élémentaire, Les cations qui restent dans la montmorillonite définissent la capacité d'échange cationique qui dépend de l'argile étudiée.

En générale, la capacité d'échange cationique de la montmorillonite oscille entre 70 et 120 méq / 100 gramme. La capacité d'échange cationique (CEC) est la mesure de la capacité d'une argile à échanger des cations compensateurs. Elle dépend à la fois de la charge permanente et de la charge variable. Elle mesure, en effet, le nombre de cations échangeable monovalents et divalents (Li^+ , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ ou Mg^{2+}) afin de compenser la charge électrique de 100 g d'argile calcinée, à pH 7. Elle s'exprime en milliéquivalents pour 100 grammes d'argile (meq/100g).

Tableau (I -3): Valeurs de la capacité d'échange cationique des principales espèces minéralogiques [16].

Echantillons	CEC (meq/100g)
Kaolinite	1-3
Halloysite 2H ₂ O	5-10
Halloysite4	10-40
Illite	10-40
Chlorite	10-40
Montmorillonite	80-150
Vermiculite	100-150
Sépiolite-Attapulgite	20-30

I-6-4-2 La surface spécifique:

La surface spécifique est égale au rapport des volumes sur la surface des phyllosilicates, pour cette raison les méthodes les plus utilisées qui déterminent la surface spécifique des phyllosilicates qui sont basées sur l'introduction progressive d'un réactif dans une suspension aqueuse jusqu' à sa saturation. Pareillement on mesure le volume qui est additionné jusqu'à la saturation du phyllosilicate [17].

L'augmentation de la surface spécifique donne un pouvoir de gonflement plus important. Les smectites ont les surfaces totales maximales : Surface : Smectites > Vermiculites >>> Illites > Kaolinites = Chlorites.

Tableau (I-4) : donne des valeurs caractéristiques des surfaces des grandes familles argileuses.

Argile	Surface spécifique (m ² /g)		
	Interne	Externe	Totale
Smectite	750	50	800
Vermiculite	750	<1	750
Illite	5	25	30
Kaolinite	0	15	15
Chlorite	0	15	15

I-6-4-3 La densité de charge spécifique:

Parmi les caractéristiques les plus intéressantes nous avons la densité de charge spécifique σ qui est égale au rapport entre la capacité d'échange cationique (CEC) et la surface spécifiques de la particule argileuse S . Tatiana Maison ; Analyse à l'échelle microscopique des phénomènes d'humectation et de dessiccation des argiles.

$$\sigma \text{ (meq/m}^2\text{)} = \frac{CEC}{S} \text{ (eq1)}$$

L'augmentation de la densité de charge spécifique réduit le gonflement ou la pression de gonflement des matériaux argileux. Cette augmentation entraîne l'attraction des ions, ce qui provoque une condensation de la double couche, donc une diminution de son épaisseur.

Enfin les montmorillonites ont des surfaces spécifiques très importantes couplées à une grande anisotropie. Ce sont ces deux principales propriétés qui rendent leur utilisation dans la réalisation de nano-composites très importante. Pour réaliser des nano-composites performants, Il est nécessaire de disperser la charge uniformément jusqu'à l'échelle du feuillet pour profiter de l'effet du facteur de forme. Ceci implique la modification chimique de la montmorillonite afin de changer son caractère hydrophile en caractère organophile. Cette modification est facilitée par l'attitude au gonflement des montmorillonites. C'est pour cette raison qu'on travaille souvent sur ces matériaux.

I-6-5 Propriétés de gonflement et le rôle du cation compensateur:

I-6-5-1 Phénomène de gonflement :

Mise en suspension aqueuse, l'argile et plus particulièrement la montmorillonite, fixe une quantité notable d'eau sous différentes formes :

-Eau libre : c'est l'eau qui n'a aucun lien avec l'argile elle s'élimine par évaporation aux conditions atmosphérique normales.

-Eau liée : Elle comprend l'eau d'imbibition (eau d'humidité), et l'eau interfeuillet. Concernant la première, le grain présente une surface chargée électriquement, autour de laquelle s'orientent les dipôles d'eau. Par chauffage, cette eau sera éliminée d'autant plus facilement que sa distance la surface est grande. Quand la deuxième, elle représente l'eau qui pénètre dans le grain entre chaque feuillet et augmente ainsi la distance réticulaire (Figure I - 21).

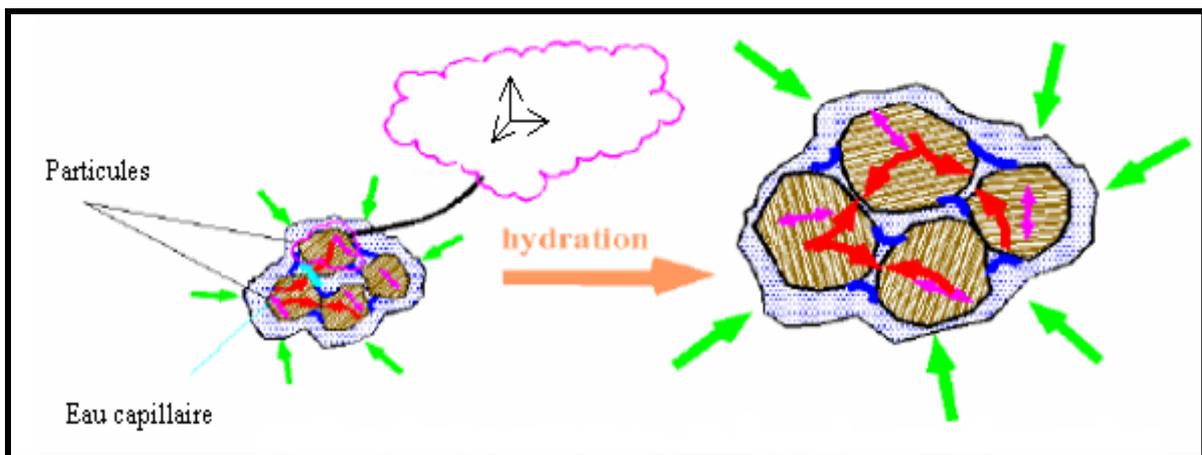


Figure (I -20): Argile gonflante: expansion particule-agrégat avec l'apport d'eau.

Le gonflement est une séparation des feuillets de montmorillonite jusqu'à l'équilibre interfoliaire et sous une pression donnée. Cette distance peut atteindre jusqu'à 100 Angströms, sous pression atmosphérique pour certaines montmorillonites sodiques. Presque toute la surface interfoliaire est occupée par les anions donc les propriétés de gonflement des montmorillonites sont dues au caractère hydrophilique, ce qui est évident car il est existé des cations compensateurs dans les galeries interfoliaires. Cependant, cette condition n'est pas suffisante car ces propriétés de gonflement ne concerne que le griffage des cations inorganiques dans les galeries ce qui n'est pas valable pour tous les phyllosilicates. Dans le cas des micas, dans la couche tétraédrique on localise un fort déficit de charges qui constituent des liaisons très fortes entre les ions compensateurs et les surfaces interfoliaires, ce qui provoquel'hydratation des cations. Dans les cas de Vermiculite di ou trioctaédrique, ils sont très faible de force déficitaire par rapport au mica, donc sa capacité de gonflement est très bonne en raison du changement des ions de compensateurs qui sont très facile a changer.

Les substitutions d'octaédriques ils sont meilleurs que les tétraédriques, au gonflement car l'interaction des feuilles qui changent les cations compensateurs est très aisée. C'est pour cette raison que nous pouvons dire que les montmorillonites et les hectorites sont les phyllosilicates ayant les meilleures propriétés de gonflement.

Le gonflement de l'argile sera plus important lorsque les cations compensateurs seront de petites tailles et faiblement chargés selon le type de cation compensateur suivant, on classe le gonflement des feuillets en décroissant : $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe}^+ > \text{K}^+$. Le cas de potassium est spécifique parce que cet ion possède la dimension des cavités en surface du feuillet et s'y retrouve piégé à cause de leur structure. Il devient donc moins hydratable et difficilement échangeable.

Un premier effet est le gonflement qui se fait par l'organisation des feuillets de montmorillonite qui développent la surface spécifique et permettent une forte adsorption d'eau et leur flexibilité permet de créer des pores au sein des particules. Un deuxième effet consiste en une élimination par translation ou rotation sur le plan (x, y). Ces deux effets permettent de créer des pores au sein des particules primaires.

On distinguera donc l'eau liée aux feuillets, par l'hydratation des cations ou par des liaisons hydrogène avec les atomes d'oxygène du cristal, de l'eau libre contenue dans les pores aux différentes échelles (eau interfoliaire, eau interparticulaire et eau interagrégat).

Le gonflement d'une montmorillonite peut être séparé en deux groupes.

a) Le gonflement cristallin (interfoliaire):

Permet l'augmentation de la distance interfoliaire de 9.6 à 20 Angströms. Ce gonflement est appelé gonflement en présence d'eau vapeur car quand on a séché la montmorillonite à 105 °C, le gonflement reste encore et sa distance est environ de 12 Angströms. Ce gonflement prouve que l'existence de l'eau est liée à ses feuillets. L'étude de gonflement cristalline est liée à l'énergie d'hydratation des cations compensateurs [18].

b) Le gonflement osmotique (libre):

Appelé aussi le gonflement macroscopique ou le gonflement libre. Macroscopique par rapport à l'eau qui est prise sur une échelle macroscopique, libre parce que l'eau est libre sur les feuillets d'argile. Il disparaît facilement à la température presque de vaporisation de l'eau à 105°C. Il se produit donc lorsque l'énergie d'hydratation est suffisante pour franchir la barrière de potentiel due aux forces électrostatiques attractives entre les feuillets.

I-7 Applications :

Du fait des propriétés présentées par les montmorillonites citées plus haut, elles connaissent un champ d'applications très varié:

- Dans l'industrie pétrolière, notamment dans le domaine de la catalyse.
 - La montmorillonite traitée par acide est utilisée dans de nombreuses réactions telles que la dimérisation des acides gras insaturés en acides dicarboxyliques et l'alkylation des phénols.
 - Les montmorillonites échangées par les cations sont aussi des catalyseurs efficaces, nous donnons par exemple: les montmorillonites échangées par Al et Cr sont utilisées dans des réactions de lactonisation, nous notons aussi les montmorillonites échangées par le Fe et le Co qui servent à la protonation de plusieurs espèces organiques. La Bentonite sodique échangée par des cations avec une densité de charge élevée tels que: Al, Cu, Fe et Cr, sont des catalyseurs efficaces et sélectifs pour la production de l'acétate d'éthyle à partir de l'éthylène et l'acide acétique.
- Dans le forage comme un fluide de forage.
- Dans le domaine de la dépollution, la Bentonite connaît un vaste champ d'application visant soit la dégradation des composés organiques polluants soit leur transformation en des produits moins nocifs. Ce qui nous mène à l'une des principales applications: la rétention des gaz à effet de serre, en particulier le CO₂.

I-8 Domaines d'études :

Selon sa variété, l'argile se révèle être un minéral très utile. On peut ainsi faire des tuiles et briques, des poteries en jouant sur sa capacité de modelage une fois mélange à l'eau. L'argile sert aussi à la fabrication du ciment. Les argiles apportent aux géologues des informations sur les conditions environnementales (source, condition de formation, diagenèse...).

Les ingénieurs pétroliers déduisent les conditions thermiques des gisements (degré de maturation).

Les ingénieurs en génie civile s'intéressent aux propriétés des argiles en tant que matériel industriel (réfractaires, matériaux de construction). Les agronomes analysent les propriétés d'hydratation et d'adsorption des argiles pour concevoir les fertilisants (Figure (I -22)).

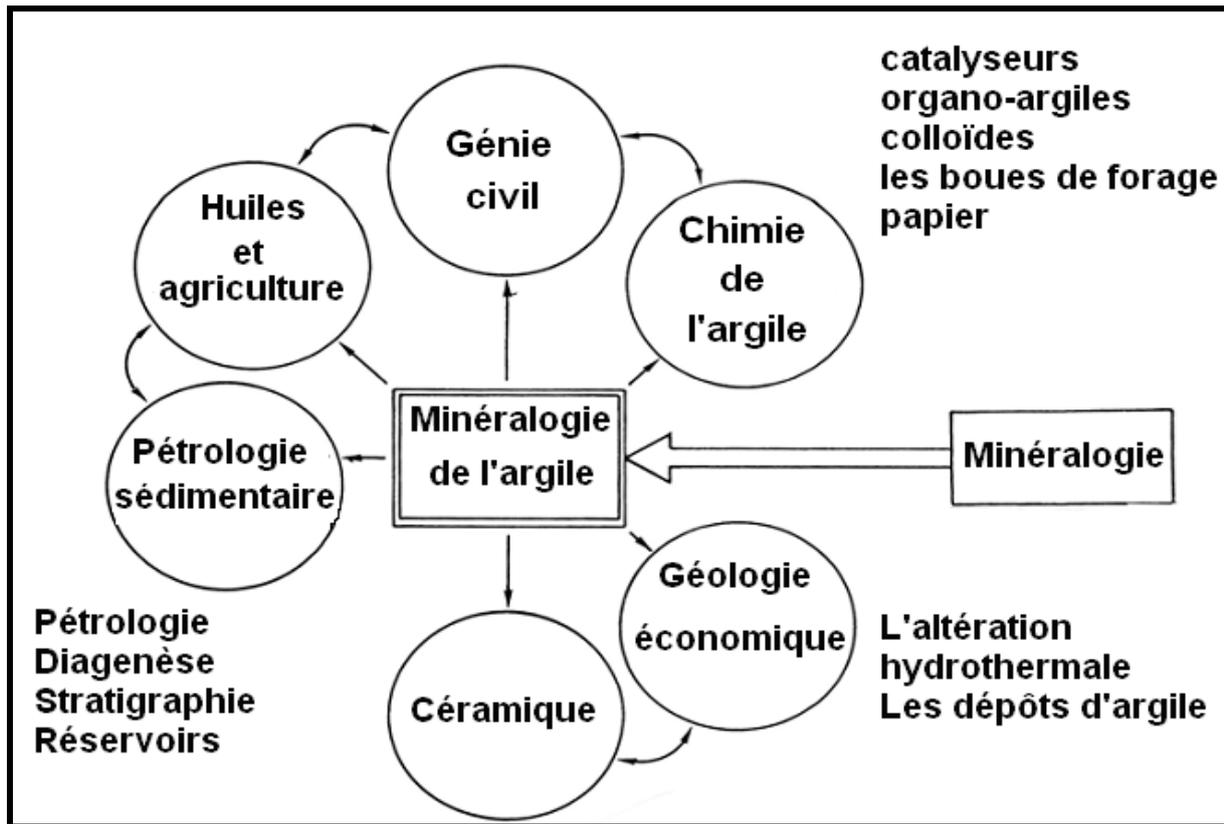


Figure (I -21): Domaines d'études des argiles.

I-9 Les bentonites

I-9-1 Qu'est-ce que la bentonite ?

Les bentonites sont des argiles du type montmorillonite, ces minéraux sont surtout des silicates d'alumine hydratés, cristallographiquement ces argiles sont très stables et composées d'empilements de feuillets. Il existe deux sortes de bentonite naturelle :

- Les bentonites sodiques qui sont très rares, ont un pouvoir de dispersion en eau douce. Elles sont utilisées dans les puits de forage de pétrole.
- Les bentonites calciques ont un pouvoir de dispersion beaucoup plus faible, elles ont des applications parapharmaceutiques [19].

La bentonite est une argile dotée de propriétés de surface (affinité pour l'eau, capacité d'adsorption de composés électropositifs...).

I-9-2 Origine de la bentonite

La bentonite est une smectite di octaédrique à empilement successif de feuillets séparés par des molécules d'eau entraînant un écart des plans réticulaires. Les bentonites sont des argiles d'origine volcanique, constituées principalement de montmorillonite; l'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites.

Les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis). Elle contient plus de 75 % de montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France). La bentonite est une dénomination de la montmorillonite.

I-9-3 L'utilisations de la bentonite

Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement, donc elles ont plusieurs applications dans différents domaines (céramique, peinture, pharmacie, terres décolorants...)

I-9-4 Les différents types de bentonite :

1-Bentonites calciques:

Elles constituent la plus grande part de gisements exploités dans le monde. Elles contiennent essentiellement des ions (Ca^{2+}) en position interfoliaire. Ces argiles présentent un taux de gonflement de 3 à 7 fois le volume initial.

2-Bentonites sodiques:

Ce sont des argiles rares. Leur ion interfoliaire ou échangeable est Na^+ . Elles ont un pouvoir de gonflement très élevé (12 à 18 fois).

3-Bentonites permutées:

Ce sont des bentonites calciques et dopées par des ions Na^+ .

4-Bentonites activées:

Bentonites permutées activées par des adjuvants tels que les polymères hydrosolubles. Les bentonites brutes doivent être soumises à une préparation adaptée aux exigences de leur activation. Par exemple les bentonites calciques sont transformées par un traitement avec le soude en bentonites de sodium. et l'activation avec les acides résulte des produits à haute capacité d'adsorption.

Elles sont utilisées dans les opérations de clarification ou de stabilisation protéique des moûts et des vins, Les bentonites fixent certaines protéines instables et permettent ainsi leur élimination.

I.9.5 Propriétés des argiles

Les argiles ont trois propriétés principales :

A- La capacité d'échange cationique

La CEC d'une argile est définie comme la quantité de cations susceptibles d'être échangés. Elle est conventionnellement exprimée en milliéquivalents pour 100 grammes d'argile sèche (meq/100g). Cette capacité d'échange cationique est considérée de manière globale, et concerne à la fois les cations de l'espace interfoliaire, les cations de surface et de bordure de feuillets. Dans les argiles, les cations échangeables les plus communs sont par ordre décroissant: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH_4^+ et Na^+ .

La contribution des cations interfoliaires à la capacité d'échange peut théoriquement être déduite de l'analyse chimique, en supposant que tous les cations interfoliaires sont échangeables, ce qui n'est pas toujours le cas pour des raisons diverses : sodium, potassium, calcium interfoliaires sont inéchangeables dans les micas, ou présence de modes d'empilements des feuillets qui rendent certains cations inaccessibles à l'échange [20].

B- La surface spécifique

Les argiles sont composées de la surface externe comprise entre les particules et la surface interne correspondant à l'espace interfoliaire. L'augmentation de la surface spécifique donne un pouvoir de gonflement plus important et par conséquent un potentiel de gonflement plus élevé.

C- Le gonflement

C-1 Le gonflement interfoliaire :

L'eau pénètre à l'intérieur des particules et s'organise en couches mono-moléculaires [18].

C-2 Le gonflement inter-particule:

L'eau ne pénètre pas à l'intérieur des particules d'argiles, l'hydratation de l'argile est un phénomène réversible, elle peut être séchée ou gonflée à nouveau en gardant ces propriétés.

I-9-6 Domaine d'utilisation de la bentonite :

Les propriétés spéciales de la bentonite (hydratation, gonflement, absorption d'eau, viscosité, thixotropie) font d'elle un matériel valable pour d'éventail utilisations et applications.

- La bentonite dans des applications de génie civil, est employée traditionnellement comme agent thixotropique, de soutien et de lubrifiant dans des murs.
- Les propriétés de l'adsorption/absorption de la bentonite sont très utiles pour la purification d'eau usagée. Les directives environnementales communes recommandent les bas sols de perméabilité, qui naturellement devraient contenir la bentonite, en tant qu'un matériel de cachetage dans la construction et de réadaptation des remblais pour assurer la protection des eaux souterraines contre les polluants.
- Une autre utilisation conventionnelle de bentonite, comme constituant de boue pour le forage de puits d'eau de pétrole.
- En médecine, la bentonite est employée comme antidote dans l'empoisonnement de métal lourd.
- Les catalyseurs Chimiques modifiés d'argile trouvent des applications dans une gamme diverse des fonctions où la catalyse acide est un mécanisme principal. De plus et en particulier, ils sont utilisés dans les processus d'alkylation pour produire des additifs de carburant.

I-10 Utilisation des argiles dans le domaine l'environnement :

Les argiles jouent un rôle significatif pour réduire les problèmes de pollution de l'environnement et leurs applications augmentent sans cesse. Parmi celles-ci[21,22]:

- Le rôle des argiles dans les sols contaminés dans le transport des isotopes radioactifs (rétention du Cs 137 après l'accident de Tchernobyl).
- Leur rôle vis-à-vis des pesticides et des éléments métalliques dans les sols.
- Le rôle de barrière d'étanchéité dans les décharges.

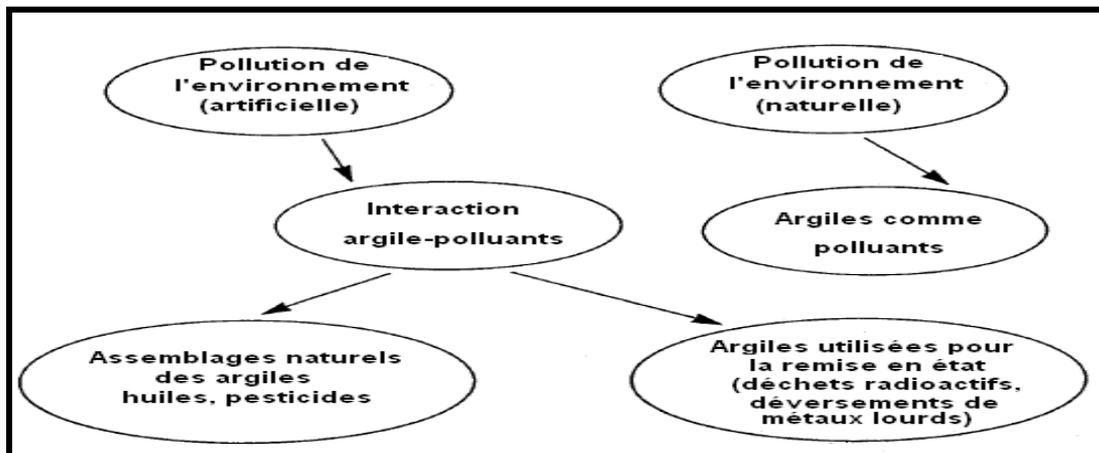


Figure I-22: Rôle des argiles dans l'environnement.

I.11 Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons rapporté une étude bibliographique sur les minéraux argileux, en particulier la bentonite et la montmorillonite ainsi les différentes propriétés et applications.

Références Bibliographiques

- [1] Chauvel, Armand, and G. Monnier. "Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie: examen des problèmes posés par la caractérisation de la texture de certains sols tropicaux." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série D: Sciences Naturelles* 264.16 (1967): 1969-1972.
- [2] Nabil, Bougdah. "ETUDE DE L'ADSORPTION DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES SUR LA BENTONITE.
- [3] C. PLUMELLE, B6 Chapitre1 (version 8/10/02) CNAM Paris -GEOTECHIQUE
- [4] Messersmith, Phillip B., and Emmanuel P. Giannelis. "Synthesis and barrier properties of poly (ϵ -caprolactone)-layered silicate nanocomposites." *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* 33.7 (1995): 1047-1057.
- [5] Caillère, Simonne, and Stéphane Hénin. *Clay minerals. II. Classification and nomenclature*. No. Ed. 2. Masson, 1982.
- [6] Jozja, Nevila. *Étude de matériaux argileux albanais. Caractérisation" multi-échelle" d'une bentonite magnésienne*. Diss. Université d'Orléans, 2003.
- [7] « UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU - Université ...www.ummo.dz/.../pdf/Memoire_Magister_de_FERHAT_MOURAD.p ». .
- [8] « Murielle Perronnet ; Réactivité des matériaux argileux dans un contexte de corrosion métallique, thèse de doctora ». .
- [9] « Ferhat Mourad ; Co-adsorption des métaux lourds sur la bentonite modifiée en présence de flocculant minéral et bio ». .
- [10] Benguella, B. *Valorisation des argiles Algériennes application à l'adsorption des colorants textiles en solution*. Diss. Thèse de Doctorat de l'Université de Tlemcen, 2009.
- [11] « Lepluard L., Nanocomposites epoxy/amine/ montmorillonite: Rôle des interactions sur la formation, la morpholog ». .
- [12] Sylvain, Boucard. *Développement de formulations polyoléfines/silicates lamellaires: contrôle de la nanostructuration par la*. Diss. INSA de Lyon, 2004.
- [13] « S Hibon, Elaboration de formulation Polyuréthane / nanocharges minérales : influence des charges sur la synthès ». .
- [14] « F Chivrac, Nano-biocomposites : systèmes structurés à base d'amidon plastifié et d'argiles, thèse de doctorat, ». .
- [15] « MERING J ., On the hydration of montmorillonite . Trans. Faraday Soi ., 1946,42B,205-219. ». .

- [16] « Mariem Ghayaza ; Réactivité argiles-polluants métalliques : simulation des barrières argileuses des sites de stoc ». .
- [17] Gregg, S. J., and K. S. W. Sing. "Surface area and Porosity." *Academic Press, New York* (1982): 248..
- [18] Melle ASSASSI Fatima, synthèse et caractérisation des nan compositions poly pyrrole /monotmorilloniteorgano modifiée à stabilité thermique améliorée, mémoire de magister, 2010, P 12, P6
- [19] Spécification des produits minéraux pour fluides de forage. Paris. 1989 P19
- [20] Benguella, B. *Valorisation des argiles Algériennes application à l'adsorption des colorants textiles en solution*. Diss. Thèse de Doctorat de l'Université de Tlemcen, 2009.
- [21] « Didier G. (1972). Gonflement cristallin et macroscopique de bentonite. Thèse de ».
- [22] Besq, Anthony. *Ecoulements laminaires de suspensions de bentonites industrielles Caractérisation rhéométrique- Ecoulements en conduites axisymétriques Application aux activités du Génie Civil*. Diss. 2000.

Chapitre II

Matériaux et techniques expérimentales

II-1 Formation des complexes organo-argileux :

Les processus chimiques les plus importants sont la mobilité des éléments traces organiques dans les sols et la formation des complexes organo-argileux, sont les transferts de la phase solide vers la phase liquide et inversement. Plusieurs mécanismes physico- chimique interviennent au cours des ces transferts : l'échange ionique (ou adsorption non spécifique). L'adsorption spécifique (complexation de surface sur les phases minérale), la complexation avec la matière organique et la solubilité des métaux lourds dépend de leur réactivité à l'interface solide - liquide.

Les polluants organiques dans les eaux naturelles et dans les sols sont rapidement piégés par la phase particulaire des colloïdes, l'efficacité du processus dépend des propriétés et de la concentration du réactant et des facteurs environnementaux qui affectent les propriétés de surfaces des colloïdes. Les argiles interviennent suite à leur propriété d'adsorption et leur capacité à formé des complexes organo- argileux.

Les processus physico- chimique de retentions peuvent intervenir simultanément avec une plus ou moins grande importance sur interaction totale entre les contaminants et les constituants des sols selon les conditions physico- chimique du milieu. Un processus peut-être prédominant par rapport aux autres, mais il n'est jamais seul et il est souvent difficile pour des milieu complexe tels que les sols de déterminer quels mécanismes sont à l'origine de la fixation sur les sols ces différents mécanismes d'interaction sont développés dans les paragraphes suivants :

1- Les cations en solution chargés positivement sont attirés par des forces électrostatiques de type Van der Waals ou colombiennes, vers les charges négatives de la surface d'argile. La présence de la charge à la surface du solide provient de l'échange ionique dans le réseau cristallin (remplacement d'un cation minéral par une molécule organique).

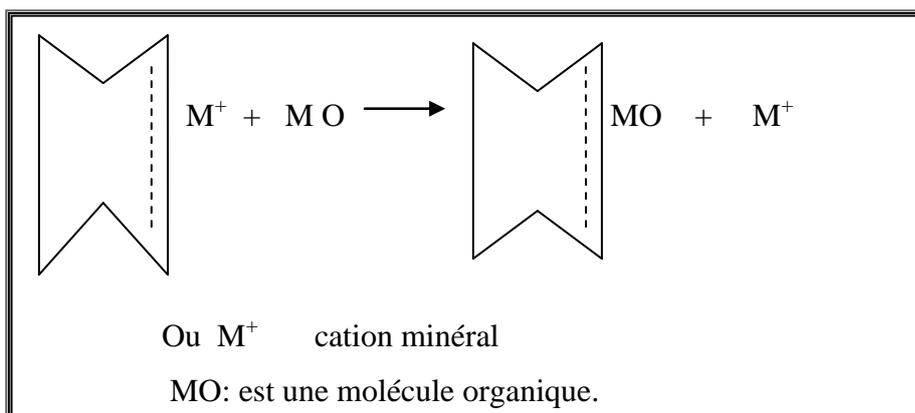


Figure II-1: Interaction de surface d'argile avec une molécule organique.

L'absorption de composé organiques en solution aqueuse fait l'objet de nombreuses études parmi lesquelles on peut citer celles de Alberto et Al [1] sur l'absorption de montmorillonite organophile utilisée pour la solidification /stabilisation des déchets dangereux.

Il a été montré que :

-La capacité de l'absorption de l'argile décroissait selon l'ordre suivant :

Chlorobenzène > 2 - chlorophenol > phénol > aniline.

-La désorption dans l'environnement à pH élevés a été remarquée pour les composées phénoliques.

-Des variations de la température avec une augmentation du pH n'a aucun effet sur l'adsorption de l'aniline ou du chlorobenzène.[2,3] sur la fixation des ions alkylammonium. [4] montre que les argiles type montmorillonite adsorbée des différentes matières organiques selon l'ordre suivant :

Benzène> toluène >pyridine .

2 - l'absorption spécifique par protonation fixe plus fortement les composées organique sur la surface d'argile.Trois sources de protons sont possibles :

-l'eau interfolaire en vue son acidité peut protoner des bases faibles telles que les amines aliphatiques et aromatique, cette protonation peut être au moins partielle.

- les ions H⁺ échangeables se trouvant dans l'argile comme cations compensateurs.

- les molécules organiques sous forme cationique présentes sur la surface.

3 - lorsque les cations échangeables sont des éléments de transition, il est fréquent d'observer la formation d'hemisels (tels que l'éthylène diamine, la bi pyridine) [5].

4- les molécules neutres formées d'atomes maintenus ensemble par des liaisons chimiques covalentes ou covalentes polarisées dans les milieux condensés. Les molécules entrent en contact avec d'autres molécules qui peuvent être soit du même type comme une solution au voisinage a la surface du solide. On observe un certain nombre d'interactions qui produisent des forces intermoléculaires attractives entre les molécules neutres qui sont responsable de la formation des complexes

Les mécanismes d'interactions possibles sont

1 - l'échange de matière organique avec des ligands de surface des silicates pour former des liaisons partielles covalentes, sans molécule d'eau interfolaire interposée entre le groupe fonctionnel de surface et la matière organique.

2-La formation des liaisons covalentes avec les sites de surface.

3 - les électrons π du noyau aromatique peuvent développer des interactions avec les feuillets d'argile.

4 - quand les cations compensateurs ont une énergie élevée, ils retiennent fortement les premières molécules d'eau qui les entourent, comme sont polarisées par le champ cationique, elles sont particulièrement aptes à établir des liaisons hydrogène avec les molécules organique.

5- Formation des liaisons hydrogène entre les molécules organiques.

6- Le comportement de la molécule envers les cations compensateurs est responsable des fixations des alcools raison pour la quelle on peut décrire une molécule par un dipôle.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des interactions intermoléculaires d'origine électrostatique.

Type d'interaction	Energie k j /mol	Dépendance en fonction de la distance	Commentaires
Ion – ion	40 – 500	1 / d	Solides ioniques, solution
Ion – dipôle	15 – 200	1 / D 2	Solvation des ions
Dipôle – dipôle	8 – 160	1 / d 3	Molécules au repos
Dipôle – dipôle	2 – 40	1 / d6	Molécules en rotation
Dipôle – dipôle induit	1 - 10	1 / d6	Tous types de molécules
Dipôle induit – dipôle induit	2 – 50	1 / d 6	Tous types de molécules

Tableau II-1 : l'ensemble des interactions intermoléculaires d'origine électrostatique.

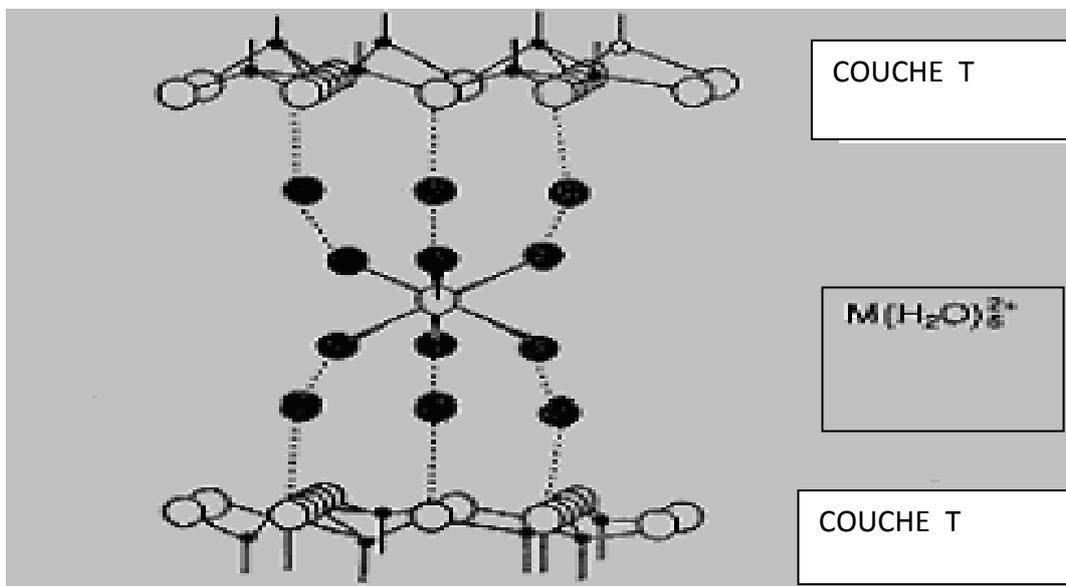


Figure II-2: Formation des complexe argile- eau selon MC BRIDE.

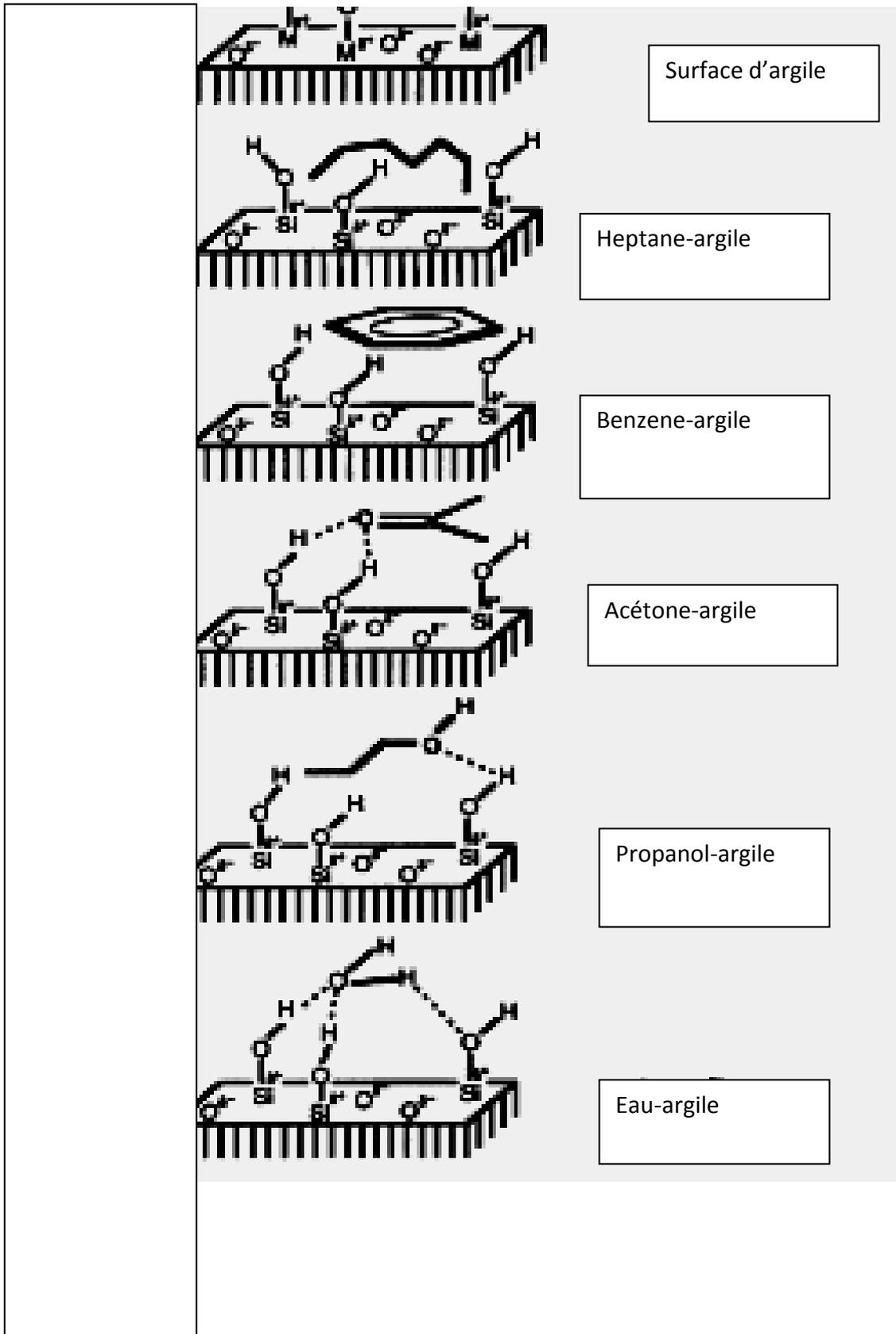


Figure II-3: le Potentiel d'interactions adsorbant-adsorbat [6].

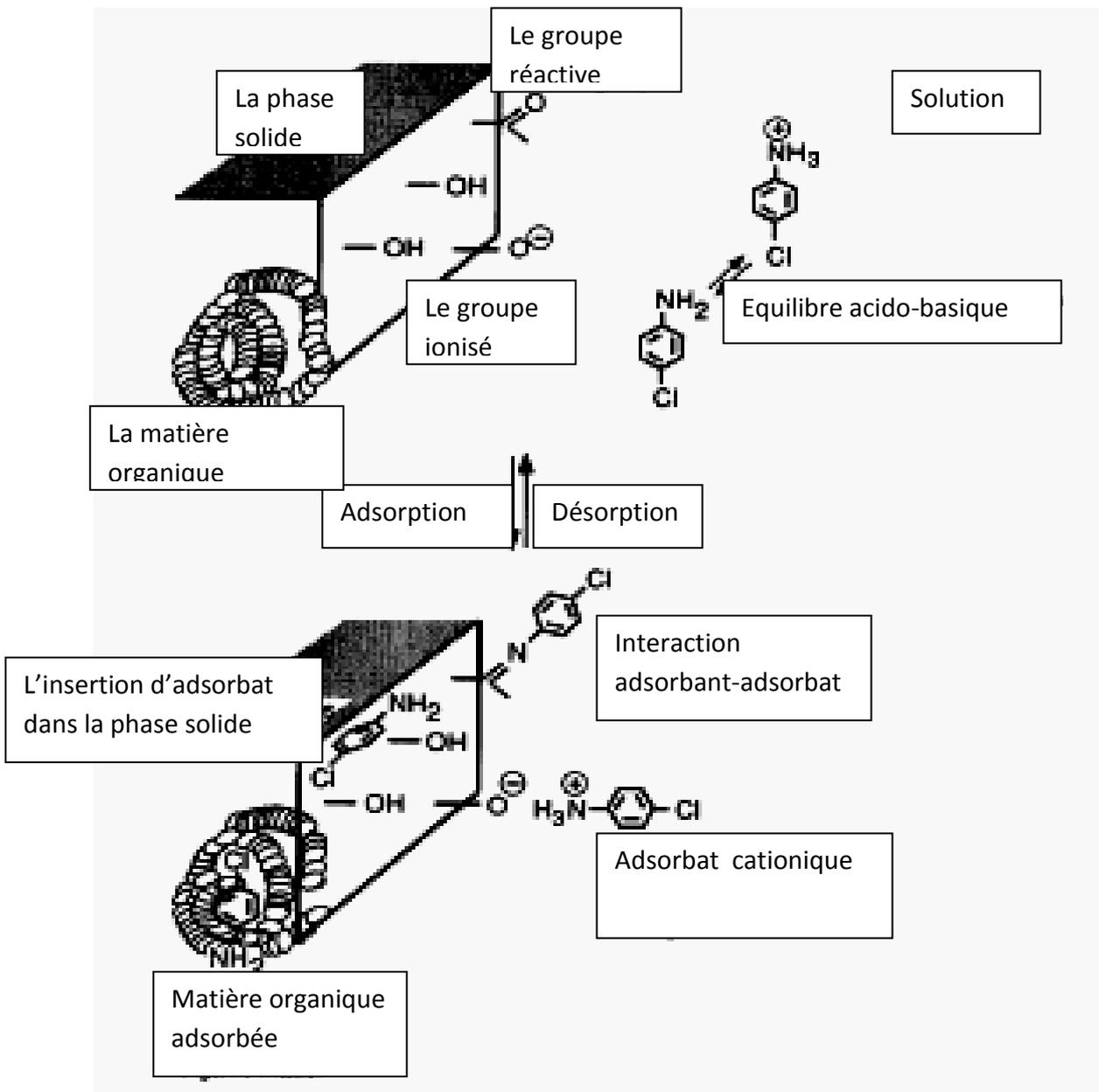


Figure II-4: formation du complexe organo-argileux [6].

II.2. PHENOMENE D'ADSORPTION

II.2.1. DEFINITION DU PHENOMENE D'ADSORPTION :

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de la concentration à l'interface de deux phases non miscibles. L'adsorption par un solide est un phénomène de surface, qui peut être défini comme un phénomène de concentration des molécules d'une phase gazeuse ou liquide sur la surface du solide. Le solide qui est le siège de cette adsorption est appelé : adsorbant, le composé gazeux, ou liquide qui subit l'adsorption est appelé : adsorbât. Le phénomène d'adsorption peut être soit physique ou chimique selon la nature des interactions qui se produisent.

II.2.2. Adsorption Physique

Elle est due essentiellement à la présence de faibles interactions, c'est un processus entre les intervenants solide-liquide, solide-gaz. Les forces en présence sont des forces de type Van Der waals. Cette adsorption est réversible, peu spécifique, et s'accompagne d'une faible variation de l'énergie, la désorption résultante de ce phénomène est plutôt facile et totale.

II.2.3. Adsorption Chimique

A l'inverse du phénomène précédant, ce phénomène est caractérisé par l'irréversibilité, la spécificité, et s'accompagne d'une forte variation de l'énergie. La désorption est plutôt difficile.

Ces processus sont régis par des lois, et décrits par des modèles principalement les modèles de Freundlich et de Langmuir. Les représentations graphiques de ces modèles permettent de décrire les Isothermes d'adsorption

Le choix de ces composés organiques (nitrobenzène, toluène) a été motivé d'une part par leur caractère nocif pour l'environnement et d'autre part par la facilité de leur dosage dans l'eau. Ils possèdent, de plus, mêmes structures chimiques $C_6H_5-CH_3$ pour le toluène et $C_6H_5-NO_2$ pour le nitrobenzène avec des groupements radicaux variés le CH_3 et le NO_2 .

II .3.Toluène

II .3.1. Données générales :

- Formule brute : C_7H_8
- Autres dénominations : méthylbenzène, phénylméthane, toluol
- CAS : 108-88

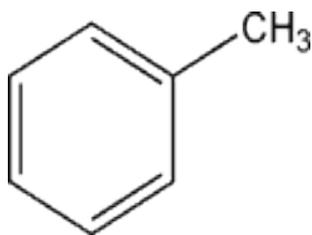


Figure II-5: la structure de toluène.

II .3.2. Propriétés physiques :

- Masse molaire : 92,139 g/mol
- Température d'ébullition : 110,63°C
- Température de fusion : -94,95°C
- Densité : 0,8623 à 25°C
- Indice de réfraction : 1,4941 à 25°C
- Aspect : liquide incolore

II .3.3. les risques et les dangers :

Le toluène est un liquide incolore stable, d'odeur aromatique.

Il est insoluble dans l'eau et se mélange à de nombreux solvants organiques (acétone, chloroforme, éthanol..).

C'est un excellent solvant pour un grand nombre de substances naturelles ou de synthèse (huiles, graisses, résines...).

Les secteurs les plus touchés par le toluène :

- Les secteurs utilisant des peintures, vernis, encres d'imprimerie et colles (utilisé comme solvant)
- Les secteurs cosmétique et pharmaceutique (utilisé comme solvant d'extraction)
- Les secteurs fabriquant de nombreux produits comme le benzène, le chlorure de benzyle, le benzaldéhyde, le phénol, le xylène... (utilisé comme intermédiaire de synthèse)
- L'industrie pétrolière (utilisé en mélange avec le benzène et le xylène)

II .3.4. Risques aigus (exposition brève) :

- Douleurs abdominales, nausées, vomissements, diarrhées, trouble de la conscience (voire coma) : par ingestion du toluène

- Toux, fièvre, pneumopathie, dyspnée, euphorie, hallucinations, fatigue, vertiges, faiblesse musculaire, insomnies, confusion mentale, troubles de coordination, diminution de la fréquence cardiaque et arrêts respiratoires peuvent apparaître selon la concentration et la durée d'exposition aux vapeurs de toluène : par inhalation du toluène
- Irritation des yeux et dermatoses d'irritation : par contact avec le toluène

II .3.5.Risques chroniques (exposition prolongée) :

- Troubles de la mémoire, de la concentration et de la personnalité,
- Insomnies, diminution de la performance intellectuelle, selon l'importance de l'exposition
- Dermatoses d'irritation chroniques : liées à l'action desséchante et dégraissante du toluène sur la peau.

II .3.6.Autres risques :

- Incendie et explosion : liés à la réaction vive du toluène avec des oxydants forts, le tétranitrométhane, des produits tels que l'acide nitrique concentré et des mélanges acide nitrique/acide sulfurique
- Dégradation de certaines matières plastiques : caoutchouc naturel, nitrile, PVC mais pas les polymères fluorés [7].

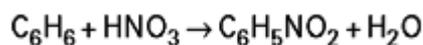
II .4.Nitrobenzène :

L'apparition récente d'un nouveau procédé de nitration du benzène est venu modifier considérablement le paysage industriel. Ce procédé de nitration adiabatique est celui utilisé pour toute nouvelle implantation et a même été implanté dans des unités existantes de capacités importantes. Malgré tout, un nombre important d'unités industrielles fonctionne encore sur le procédé « isotherme classique ».

Dans cet article, nous présentons ces deux procédés continus et discutons les avantages du procédé adiabatique.

II .4.1.Principe des procédés :

Le nitrobenzène est obtenu par nitration du benzène par un mélange sulfonitrique en phase liquide et à pression atmosphérique. La stœchiométrie de la réaction est :



Cette réaction est diphasique liquide/liquide et exothermique (enthalpie de réaction de $-143,5$ kJ/mol). Cela implique, quel que soit le procédé, l'utilisation de technologies de mélange et d'absorption de chaleur très performantes. Dans tous les cas, le principe de la purification est approximativement le même. Nous présentons dans un premier temps les sections « réaction » des deux procédés et ensuite la section « purification ».

II .4.2. Propriétés physico-chimiques :

Le nitrobenzène, de formule $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$, est un liquide incolore ou légèrement jaunâtre, huileux, possédant une odeur d'amandes amères.

- Masse moléculaire : 123,11.
- Température de fusion : $+ 5,4$ °C.
- Température d'ébullition : $210,9$ °C.
- Masse volumique : $1,204$ g/cm³ à 20 °C (liquide) ; $1,344$ g/cm³ à $1,5$ °C (solide).
- Densité des vapeurs par rapport à l'air : 4,24.

Il est très peu soluble dans l'eau : $1,9$ g/L à 20 °C ; $2,7$ g/L à 55 °C.

Il est soluble dans l'éther éthylique et l'éthanol, dans de nombreux solvants organiques et dans les graisses.

- Pression de vapeur : 1 mbar à 20 °C ; 26,6 mbar à $99,3$ °C.
- Enthalpie de combustion du nitrobenzène liquide : 3 094 kJ/mol.

II .4.3. Risques d'incendie et d'explosion:

- Points d'éclair CREUSET FERMÉ: 87 °C
- Limites d'inflammabilité SEUIL MINIMAL: 1.8% SEUIL MAXIMAL: 40%

II .4.5. Principales utilisations :

Le nitrobenzène est un intermédiaire de synthèse important utilisé à grande échelle pour la fabrication d'un grand nombre de composés chimiques. Il est utilisé principalement dans la production de l'aniline et de ses dérivés comme le diisocyanate de diphénylméthylène. Il est également utilisé pour la fabrication de caoutchouc synthétique, de pesticides, de colorants et de médicaments, ainsi que de vernis pour les sols et de cirage. Il est utilisé dans la fabrication de paracétamol. Il est utilisé comme solvant dans des peintures et dans d'autres types de produits pour masquer les odeurs désagréables. Redistillé sous forme d'essence de mirbane, il a été utilisé comme

parfum pour des savons. Toutefois, son utilisation dans les produits cosmétiques a été interdite du fait de sa toxicité.

Le nitrobenzène est utilisé pour moduler les rayons lumineux par effet Kerr-optique du fait de l'effet électro-optique important qu'il présente sous l'application d'une tension électrique.

Il est également utilisé en apiculture comme répulsif des abeilles pour diriger un essaim ou pour la récolte du miel, ce qui cause parfois une mortalité relative des abeilles [7].

Références bibliographiques

[1]Uribe, Alberto, Paul L. Bishop, and Neville G. Pinto. "The influence of pH and temperature changes on the adsorption behavior of organophilic clays used in the stabilization/solidification of hazardous wastes." *Journal of Environmental Engineering and Science* 1.2 (2002): 123-133.

[2]Serratos, J. M., W. D. Johns, and A. Shimoyama. "IR study of alkylammonium vermiculite complexes." *Clays and Clay Minerals* 18.10 (1970): 113.

[3] Cloos, P., and R. D. Laura. "Adsorption of ethylenediamine (eda) on montmorillonite saturated with different cations-ii. hydrogen-and et hylenediammonium-montmorillonite: protonation and hydrogen bonding." *Clays and Clay Minerals* 20 (1972): 259-270.

- [4] Ould hamadouch .mémoire de magistère en physique « étude de l'interaction de la montmorillonite avec la matière organique par C.P.Get modèle HSAB

[5]Mortland, M. M. "Clay-organic complexes and interactions." *Adv. Agron* 22.75 (1970): 117.

[6]Schwarzenbach, R. P., P. M. Gschwend, and D. M. Imboden. "Sorption: solid-aqueous solution exchange." *Environmental Organic Chemistry* (1993): 255-341.

[7] CRC Handbook of Chemitry and physics, DAVID R. Lide, 88th edition (2007-2008). ISBN 978-0-8493-0488-0.

Chapitre III

Matériaux et technique expérimentales

III.1 Introduction

Ce chapitre a pour objet de présenter les méthodes de préparation des argiles modifiées ainsi que les techniques de caractérisation au cours de ce travail.

Les argiles utilisés sont la montmorillonite commerciale (k_{10}) et une bentonite qui extraire des gisements de hammam bouhrara près de maghnia, ce gisement est situé à 25 km au nord est de Maghnia et ses réserves actuelles d'argiles sont estimées à 8.2 millions de tonnes. Le gisement est exploité actuellement par l'entreprise nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles(ENOF). Le nom commercial de cette bentonite est (bentonite de forage).

Un traitement fiable s'avère nécessaire pour éliminer toute traces d'impuretés pouvant être contenus dans ce matériau comme(le quartz, les carbonates ou encore les matières organiques)

Comme il a été mentionné précédemment, nous avons examiné l'intercalation, sur les deux matrices argileuses préparées, d'un deux polluants organiques. Ces deux composés utilisés sont des polluants définis comme prioritaires et considérés comme nocives et toxiques sur tout dans le laboratoire. Le choix de ces molécules a été motivé, d'une part, par leur caractère nocif pour l'environnement et, d'autre part, par la facilité de leur dosage dans l'eau. Ils possèdent, de plus, des radicaux chimiques variés.

III.2. Protocole de purification :

Deux approches ont été expérimentées pour recueillir et épurer les fractions argileuses :

1^{er}- étape : purification :

Nous avons préparé nos bentonites modifiées selon les différents protocoles cités dans la littérature [1], pour cela, 20 g de la bentonite naturelle est dispersé dans un litre d'eau distillé et laissé sous agitation magnétique (250 tr/min) pendant 2h à une température ambiante.

➤ Purification par sédimentation :

La sédimentation est une opération qui permet la séparation d'une argile à granulométrie limitée à 2μ . Son principe est que pour des particules bien dispersées dans un liquide, il existe une relation entre la taille des particules et leur vitesse de chute V :

$$V = \frac{2}{9} \frac{g r^2 (\rho - \delta)}{\eta}$$

Avec :

r : rayon de la particule supposée sphérique

φ : Masse volumique de la particule

δ : Viscosité de l'eau

η : 10 poises à $T = 20^\circ\text{C}$

Cette opération permet l'élimination d'une partie de quartz, car ce dernier présente des particules de diamètres plus importants que les argiles, il se dépose avant les particules de minéral argileux.

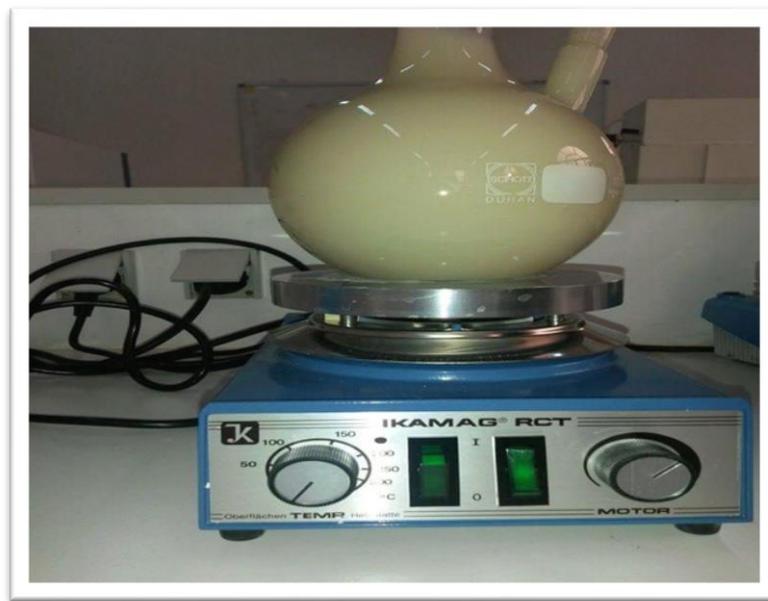


Figure III.1 : Traitement de la bentonite naturelle.

Ensuite la suspension argileuse est laissée au repos pendant 24 h dans une éprouvette de 1 litre (Figure III.2)

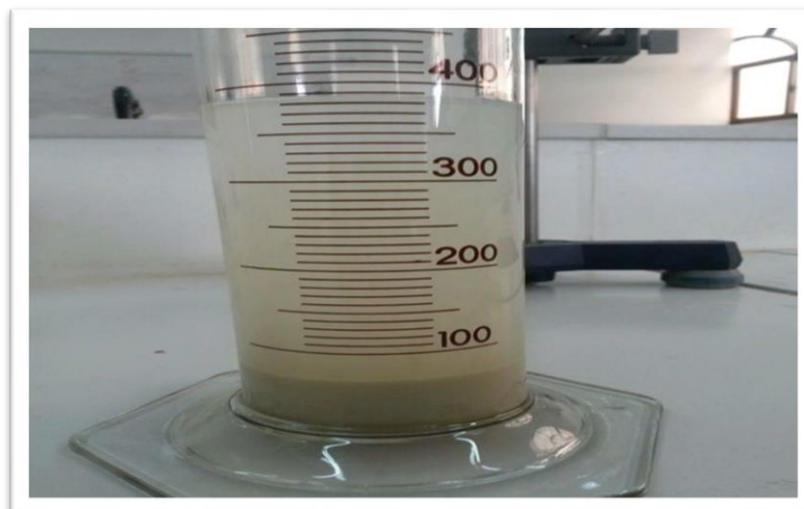


Figure III.2 : la suspension argileuse.

➤ **Traitement chimique de l'argile :**

Le but du traitement chimique est l'élimination des sulfures de fer, des matières organiques, des hydroxydes et des oxydes d'aluminium.

Après décantation, on acidifie par HCl (5ml+1000ml de l'eau distillé) pour éliminer les sulfures de fer, hydroxydes et oxydes d'aluminium qu'ils existent dans le volume interlamillaire. Même étape avec 6,68g de bentonite ,334ml de l'eau distillé et 1,67ml de HCl, filtrer et poser M=51.31g. La suspension acidifiée sont agitées pendant 2h, en suit décantées et enfin on lave le mélange a l'eau distillée

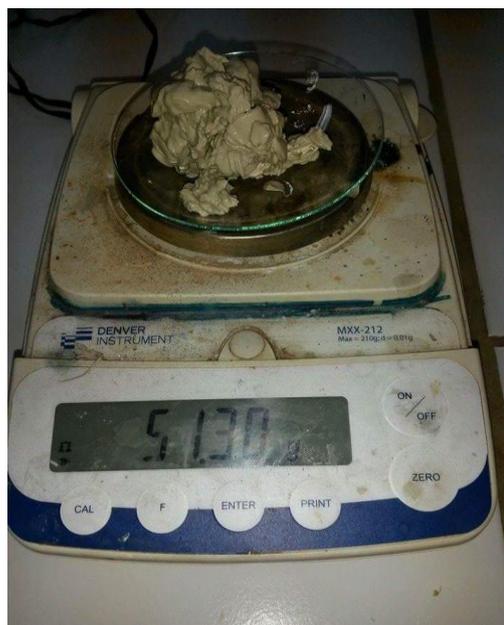


Figure III.3.filtration de la suspension acidifiée.

2^{ème} - étape: saturation par NaCl :

L'argile récupérée après lavage a l'acide chlorhydrique est rendue sodique par agitation magnétique au sien d'une solution de Na Cl (1N).en suite grâce à une série de lavages à l'eau distillées.

L'argile sodique ainsi préparée est lavée à l'eau distillée plusieurs fois jusqu'à disparition des ions chlorures (test négatif au nitrate d'argent) et décanté par centrifugeuse puis séchées à 50c°pendant 3 jours par l'étuve.

3^{ème} - étape : L'élimination des matières organique par H₂O₂ :

51,31g d'argile séchée (obtenue après le traitement précédent), sont dispersés dans 250 ml de H₂O₂ et mis sous agitation horizontale pendant 2 heures (250tr/min), Le mélange est filtré par centrifugation à 4600 tr/min. . Finalement, l'argile est séchée, broyée, et tamisée.



Figure III.4 : L'élimination des matières organique par H_2O_2

III.3 L'organo-Modification des bentonites et montmorillonite :

Pour la modification des bentonites par les deux liquides organique, nitrobenzène ($C_6H_5NO_2$) et le toluène (C_7H_8) sous formes des liquides pour assurer la stœchiométrie entre notre bentonite purifiée et le liquide ionique.

On prend 4 petites bouteilles en verre, on mélange dans la 1^{ère} bouteille 0,45g de bentonite purifié et 0,5 ml nitrobenzène, dans la 2^{ème} 0,45g de bentonite purifié et 0,5 ml toluène, dans la 3^{ème} 0,45g de montmorillonite et 0,5ml nitrobenzène et dans la 4^{ème} bouteille 0,45g de montmorillonite et 0,5ml toluène.

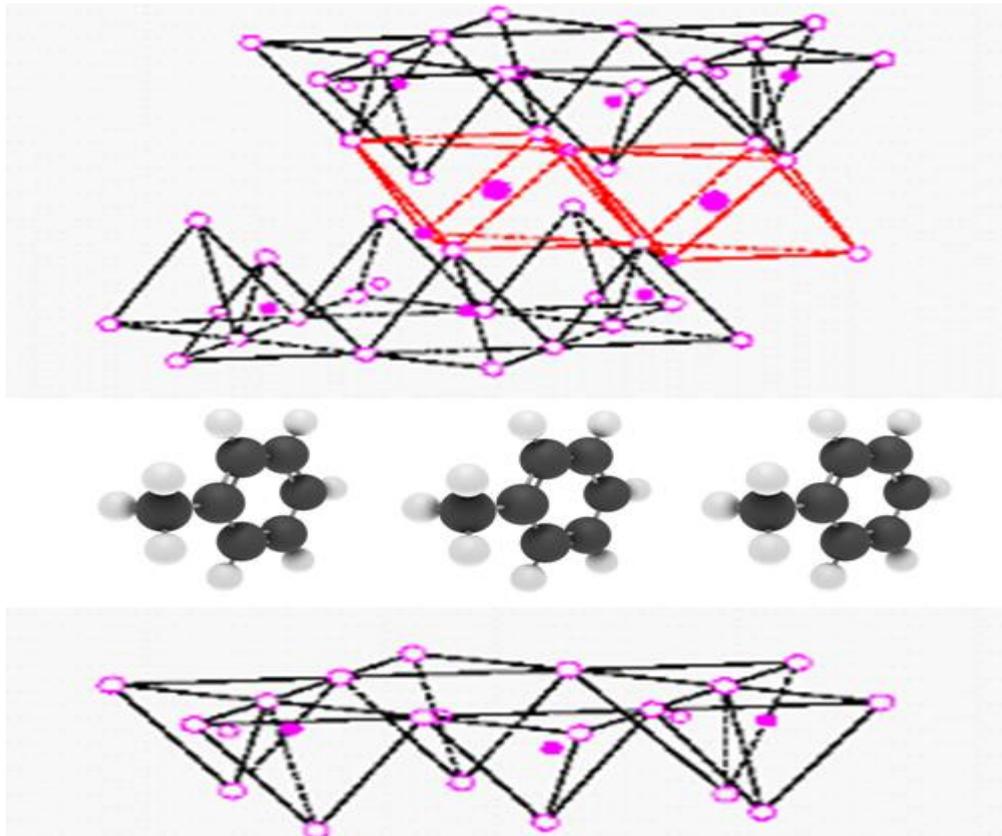


Figure III.5. Schéma de l'organo-Modification des bentonites par le toluène.

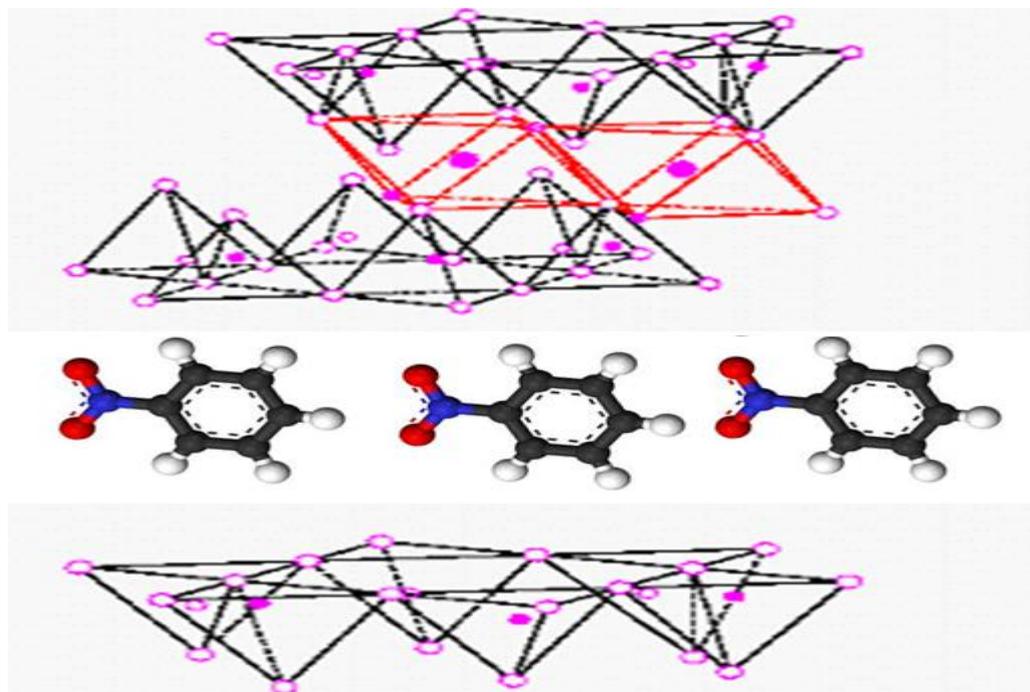


Figure III.6. Schéma de l'organo-Modification des bentonites par le nitrobenzène.

III.4 Techniques de caractérisation :

La caractérisation de l'argile modifiée est basée sur les méthodes suivantes :

III.4.1 Diffraction des rayons X :

III.4.1.1 Introduction:

La diffraction des rayons X (DRX) est une méthode universellement utilisée pour identifier la nature et la structure des produits cristallisés. Cette méthode ne s'applique, jusqu'à récemment, qu'à des milieux cristallins (roches, cristaux, minéraux, pigments, argiles...) présentant les caractéristiques de l'état cristallin, c'est-à-dire un arrangement périodique et ordonné des atomes dans des plans réticulaires (hkl) tridimensionnels. La méthode permet ainsi clairement de distinguer les produits amorphes (verres...) des produits cristallisés. La diffraction des rayons X sur poudre est une méthode d'analyse de phases non destructive. Au début de son introduction (années 1910), la diffraction des rayons X était utilisée surtout pour déterminer les structures des cristaux [1].

III.4.1.2 Principe de la méthode :

La diffraction des rayons X consiste en l'enregistrement des rayons diffractés par un échantillon (réflexion des plans d'indices de Miller (hkl) parallèles au support) en fonction de l'angle entre les rayons incidents et l'échantillon sur le support. Le fonctionnement en mode $\theta / 2\theta$ du diffractomètre implique que la source des rayons X et le détecteur forment toujours des angles égaux avec le support. Un faisceau de rayons X est diffracté sur un réseau de plans cristallins selon la loi de Bragg :

$$n \lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta$$

D_{hkl} : distance entre 2 plans d'indice de Miller hkl en Å.

Θ : angle de Bragg (angle entre le faisceau incident et le réseau de plan).

λ : longueur d'onde du faisceau incident en Å.

n : l'ordre de la diffraction.

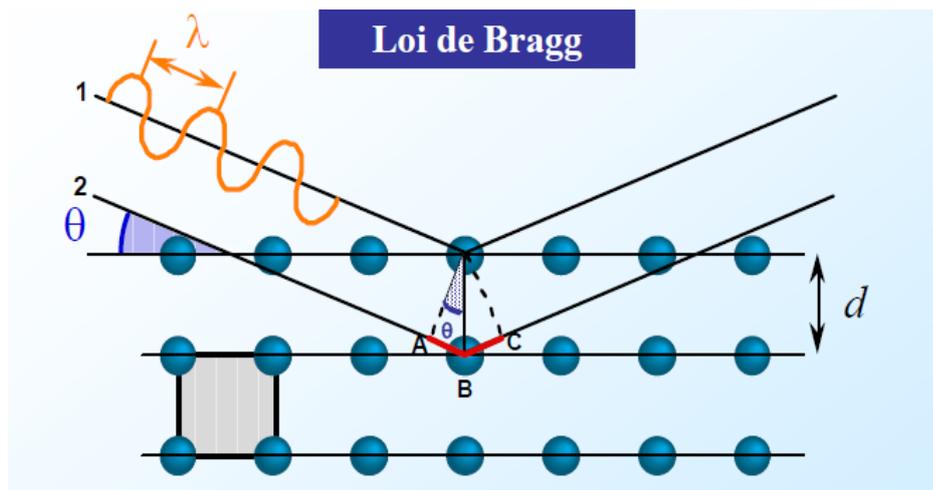


Figure III.7 : Schéma représentant le principe de la diffraction.

La loi de Bragg permet d'associer chaque pic à un plan atomique. Ces plans sont désignés par des indices de Miller (hkl) qui sont associés aussi pics de diffraction.

III.4.2 Spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge (parfois désignée comme spectroscopie IR) est une classe de spectroscopie qui traite de la région infrarouge du spectre électromagnétique. Elle recouvre une large gamme de techniques, la plus commune étant un type de spectroscopie d'absorption. Comme pour toutes les techniques de spectroscopie, elle peut être employée pour l'identification de composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon. Les tables de corrélation de spectroscopie infrarouge sont largement présentes dans la littérature scientifique.

Les spectres IRTF ont été réalisés à l'Université de Amar Telidji Laghouat à l'aide d'un spectrophotomètre FTIR-8400 à transformée de Fourier modèle SHIMADZU fonctionnant dans un domaine de nombre d'onde allant de 400 à 4000 cm^{-1} , avec une résolution de 4 cm^{-1} .

Les échantillons de BN, BT, MN et MT sont analysés à l'état solide sous forme de pastilles fines, contenant une proportion de 3% KBr, ces pastilles sont obtenues par pression de 10 tonnes/ cm^2 sur l'échantillon pendant deux minutes.

III.4.3 Les mesures de relaxation diélectriques

- **Mise en place des échantillons**

Les mesures diélectriques sont réalisées sur les quatre échantillons la bentonite-nitrobenzène, bentonite-toluène, montmorillonite-nitrobenzène, montmorillonite-toluène l'aide d'une impédance mètre de type GWINSTEK, LCR-821.

- L'échantillon a un aspect solide

Il doit être mis entre deux électrodes.

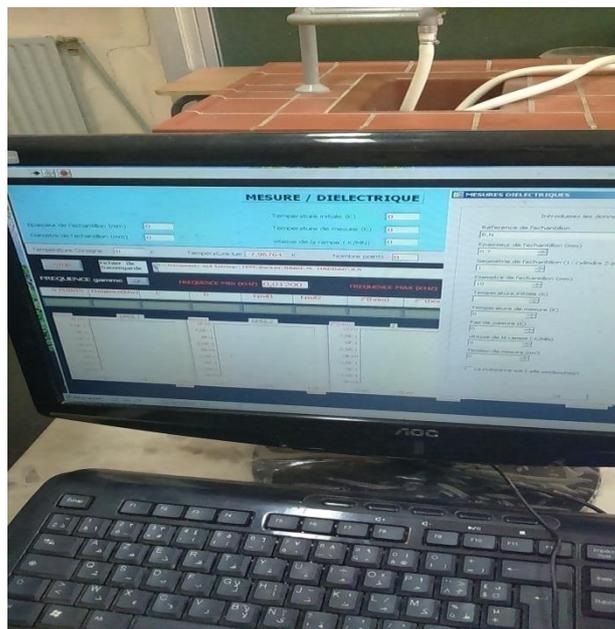


Figure III.8 : Impédance mètre GWINSTEK, LCR-821 (LSCT).

Toutes ces mesures ont été effectuées au Laboratoire synthèse et catalyse à l'Université de Tiaret.

Les conditions opératoires sont les suivantes :

- gamme de fréquence: ces mesures ont été réalisées dans une large gamme de fréquences (0.012KHz à 200 KHz) et permettent de suivre la variation de la polarisation en fonction de la fréquence du champ
- vitesse de rampe : 2 K/min
- température : 25 °C

III.4.3.1 Mesures diélectriques :

III.4.3.1.1 Principe :

Les mesures diélectriques sont basées sur la détermination des propriétés électriques d'un matériau soumis à l'action d'un champ électrique alternatif E de fréquence variable. L'orientation des dipôles et l'étude de leurs mouvements sous l'effet d'un champ alternatif permettent d'avoir des informations sur le temps de relaxation de leurs orientations.

Dans ce but, l'échantillon à étudier est utilisé comme diélectrique d'un condensateur, dont on mesure les différentes caractéristiques telles que la capacité, le facteur de dissipation et la conduction. L'étude des argiles par spectroscopie diélectrique est un moyen puissant qui permet d'avoir accès à des informations liées à la dynamique moléculaire. Ainsi qu'aux phénomènes qui ont lieu au niveau des interfaces polluant organique/argile/électrodes. L'analyse à basse fréquence permet également

d'analyser la conductivité de ces matériaux électrique. On peut atteindre par ces mesures, la valeur de ϵ' (permittivité réelle), de ϵ'' (permittivité imaginaire) et de σ' (la conductivité).

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes techniques expérimentales utilisées pour l'élaboration et la caractérisation de ces deux argiles, la bentonite et la montmorillonite échangées par deux polluants organiques.

Les résultats obtenus de cette étude sont présentés dans le chapitre qui suit.

Références Bibliographiques

[1] Mémoire de *MASTER*, Houacine Mohamed Abdelbasset « Etude Spectroscopique et Dielectrique d'Une Bentonite à base Liquides Ioniques » Université Moulay Tahar de Saida Soutenu le 24 / 06/ 2015.

Chapitre IV

Interprétation des résultats (DRX-IR)

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, les principales caractéristiques spectroscopiques par DRX et IR des deux argiles choisis pour notre étude sont présentées, à savoir leurs compositions minéralogiques, leurs caractéristiques structurales et leurs évolutions structurales pendant le processus de l'organo-modification.

IV.2 La Spectroscopie infrarouge

Nous avons souhaité confirmer par une étude infrarouge l'insertion des deux polluants organiques le toluène et le nitrobenzène dans les deux argiles et nous discuterons dans cette partie, les principales caractéristiques des spectres infrarouge de ces matrices argileuse. Les données spectroscopiques sont en conformité avec les données bibliographiques. L'attribution des signaux caractéristiques de ces argiles est essentiellement basée sur les travaux de la littérature [1-2].

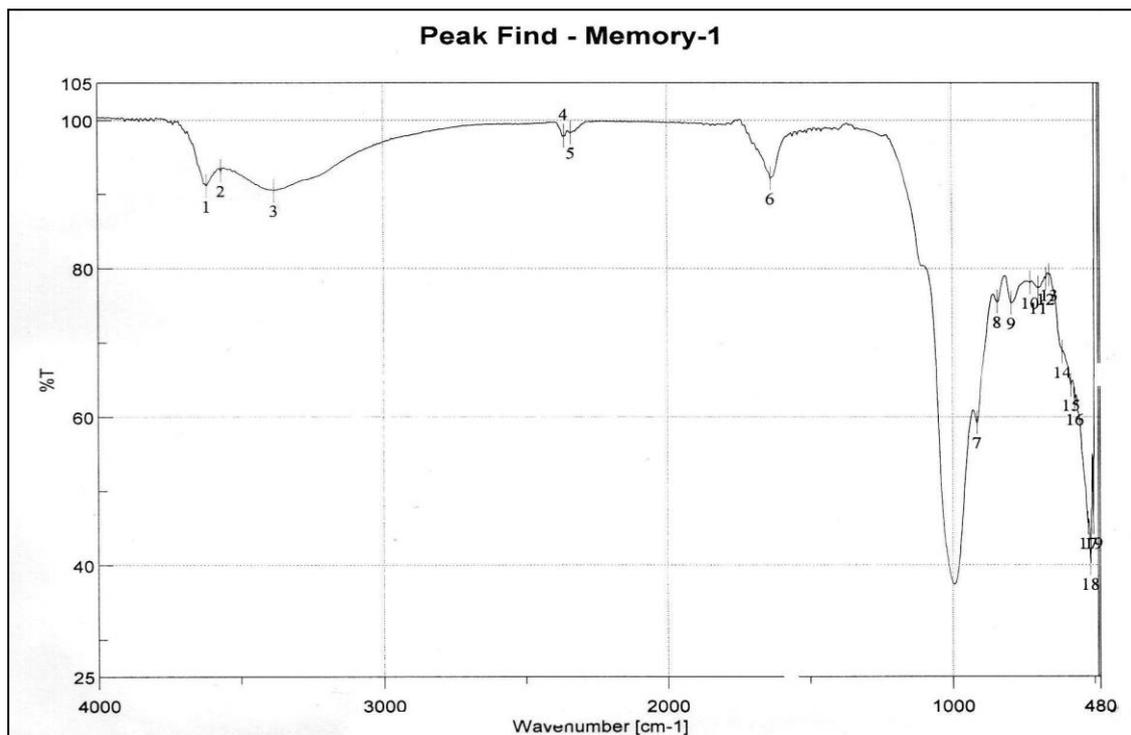


Figure IV-1 : Spectre infrarouge de la bentonite naturelle [3].

Le spectre de la Bentonite brute présente deux bandes (1) et (6) d'absorption caractérisant les liaisons O–H situées respectivement entre 3200 - 3800 et 1600 - 1700 cm^{-1} . La bande moyenne qui s'étale entre 1600 - 1700 cm^{-1} est attribuée aux vibrations de valence (allongement) de la liaison O–H de l'eau de constitution et aux vibrations de déformation des liaisons des molécules d'eau adsorbées entre les feuillets [4].

Nous signalons aussi une bande (7) large située vers 1033 cm^{-1} et 1029 cm^{-1} attribués probablement aux vibrations de valence de Si-O-Si [5].

On observe également deux Bandes (15) (18), vers 500 cm^{-1} - 468 cm^{-1} sont attribuées respectivement aux vibrations de déformation des liaisons Si-O-Al et Si-O-Mg de la couche octaédrique.

Selon la littérature, les vibrations Al-OH se manifestent entre 910-920 cm^{-1} , cette bande apparaît faiblement à 911 et 913 cm^{-1} , ceci est du déplacement de la bande Si-O. Les bandes caractéristiques d'impuretés apparaissent à 1034, 915, 798 et 694 cm^{-1} . Elles se manifestent par des épaulements que nous attribuons à la présence du quartz.

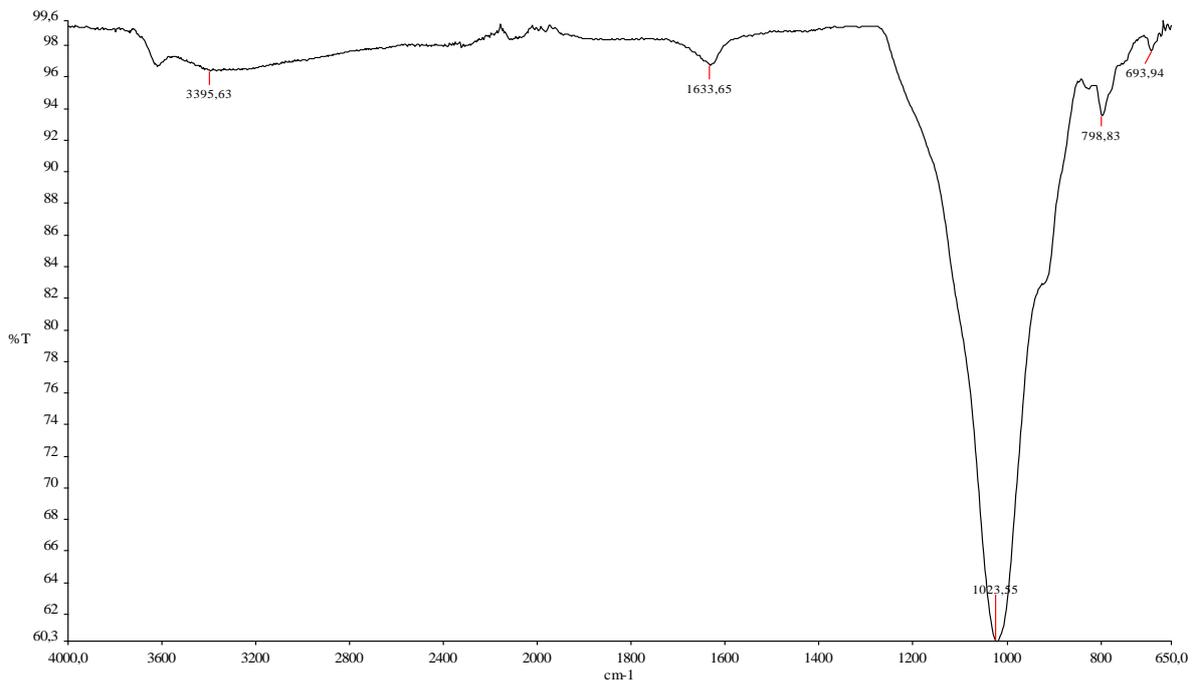


Figure IV-2: Spectre infrarouge de la bentonite purifiée [6].

L'examen de spectre infrarouge de la bentonite purifiée confirme une bonne purification avec une disparition de certaines bandes qui caractérisent la matière organique sous forme d'impuretés.

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
1023,57 cm^{-1}	Mode de vibration de la liaison Si-O
1633,65 cm^{-1}	Mode de vibration de déformation de l'eau interfolaire
3395,63 cm^{-1}	Mode de vibration d'élongation de OH du groupement hydroxyle
798,83 cm^{-1}	Mode de vibration de déformation du groupement Al-Al-OH
693,94 cm^{-1}	Mode de vibration de déformation du groupement Si-O-Al ^{VI}

Tableau IV-1. : Spectre infrarouge de la bentonite purifiée

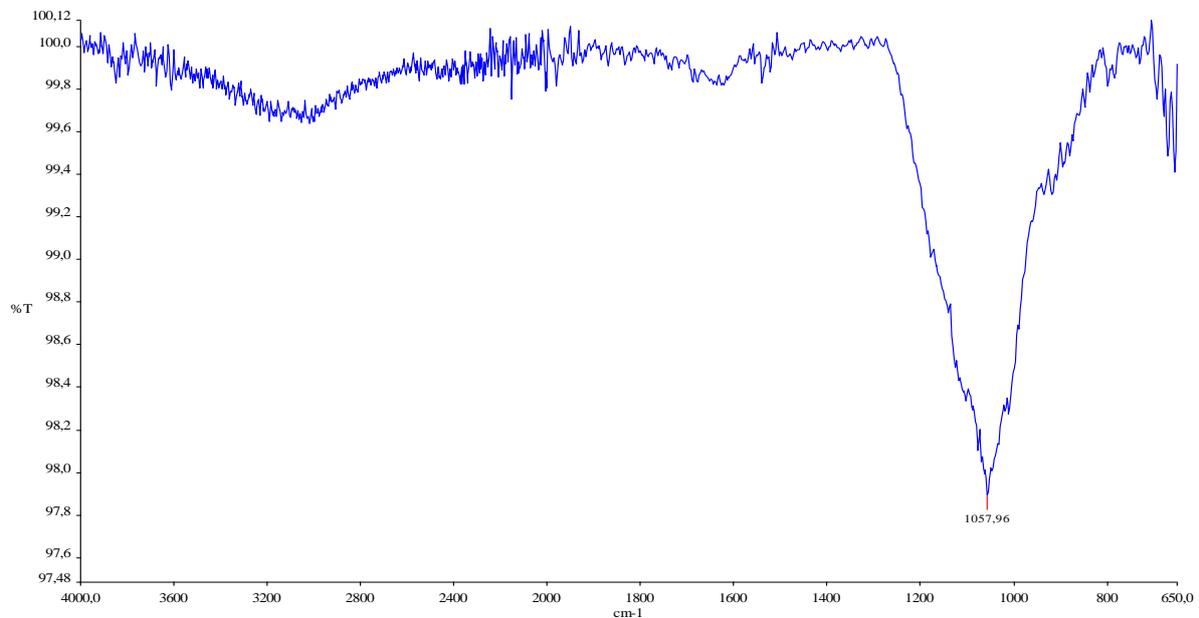


Figure IV-3. : Spectre infrarouge de la montmorillonite commercialisée

Région Si-O :

- La bande qui s'étale entre 900 et 1200 cm^{-1} et centré vers 1057.96 cm^{-1} correspond aux vibrations de la valence de liaisons Si-O, cette bande est directement liée aux compositions et aux structures des couches de silicates.

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
1057,96 cm^{-1}	Mode de vibration d'élongation des liaisons Si-O

Tableau IV-2 : Spectre infrarouge de la montmorillonite commercialisé

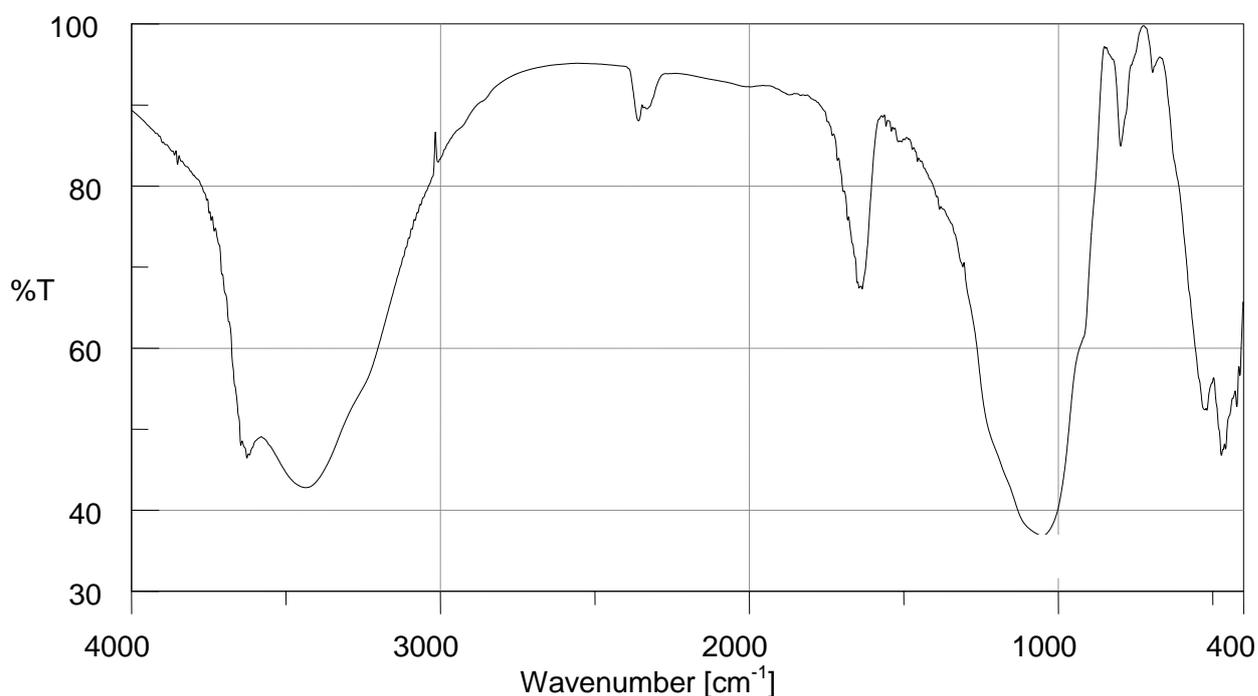


Figure IV-4: Spectre infrarouge de la Bentonite échangé par le toluène.

Des nouvelles bandes sont généralement observées dans la région située entre (3600-2800 cm^{-1}) est attribuée aux vibrations de valence des liaisons CH et CH_3 .

L'augmentation de l'intensité de la bande située vers 1600 cm^{-1} et due aux vibrations de valence des groupes C=C.

Le changement apparu dans la région vers 1477 cm^{-1} est dû aux vibrations de déformation des groupements CH_3 .

On constate que les modifications de spectre IR de la montmorillonite k 10 modifiée par toluène sont dues à plusieurs phénomènes :

- l'insertion des groupements (cycle+ CH_3) à l'intérieure de réseau cristallin de squelette alumino-silicate.

-le phénomène de substitution dans les différents sites interfoliaires.

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
1600 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison C=C
900-1400 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison Si-O
900-1400 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison -CH ₃
2800-3600 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison C-H

Tableau IV-3 : Spectre infrarouge de la bentonite échangée par le toluène.

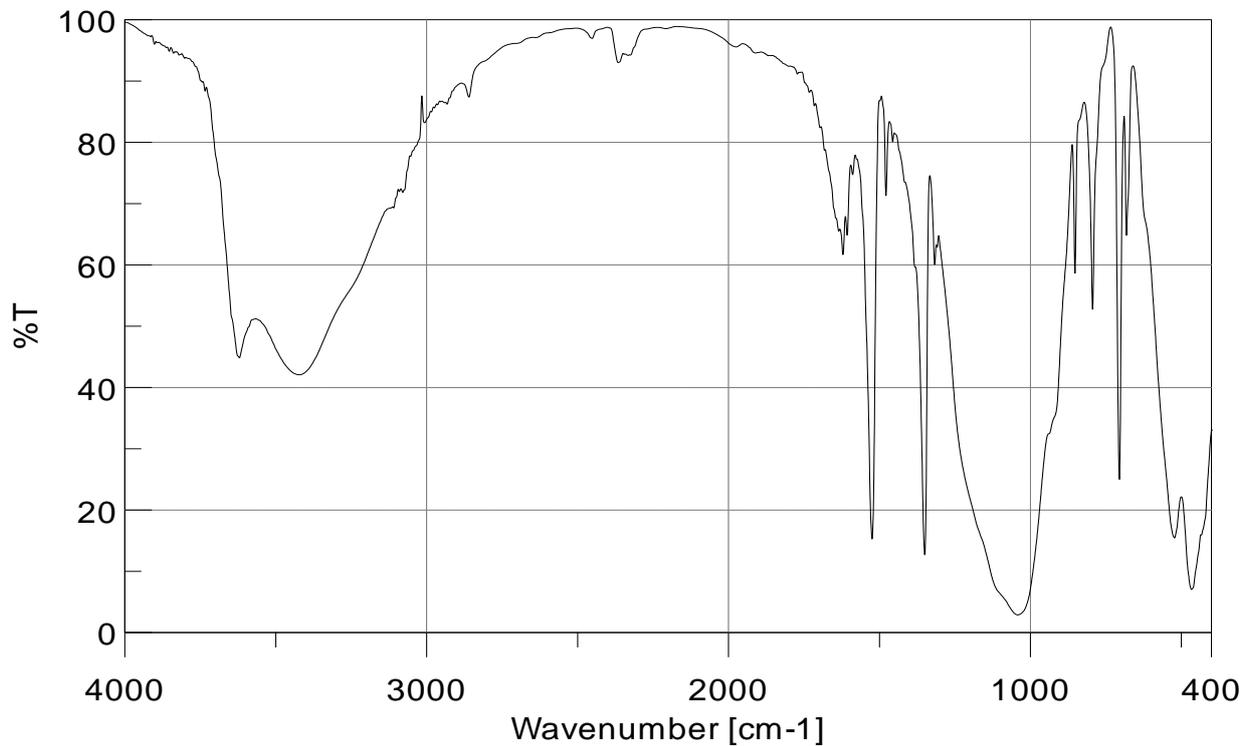


Figure IV-5 : spectre infrarouge de la bentonite échangée par le nitrobenzène.

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
1300 et 1600 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison N-O
1650 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison C=C
3610,4 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison C-H
3400 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison OH
910 cm^{-1}	Mode de vibration de liaison C-N

Tableau IV-4 : Spectre infrarouge du B-Na-NB

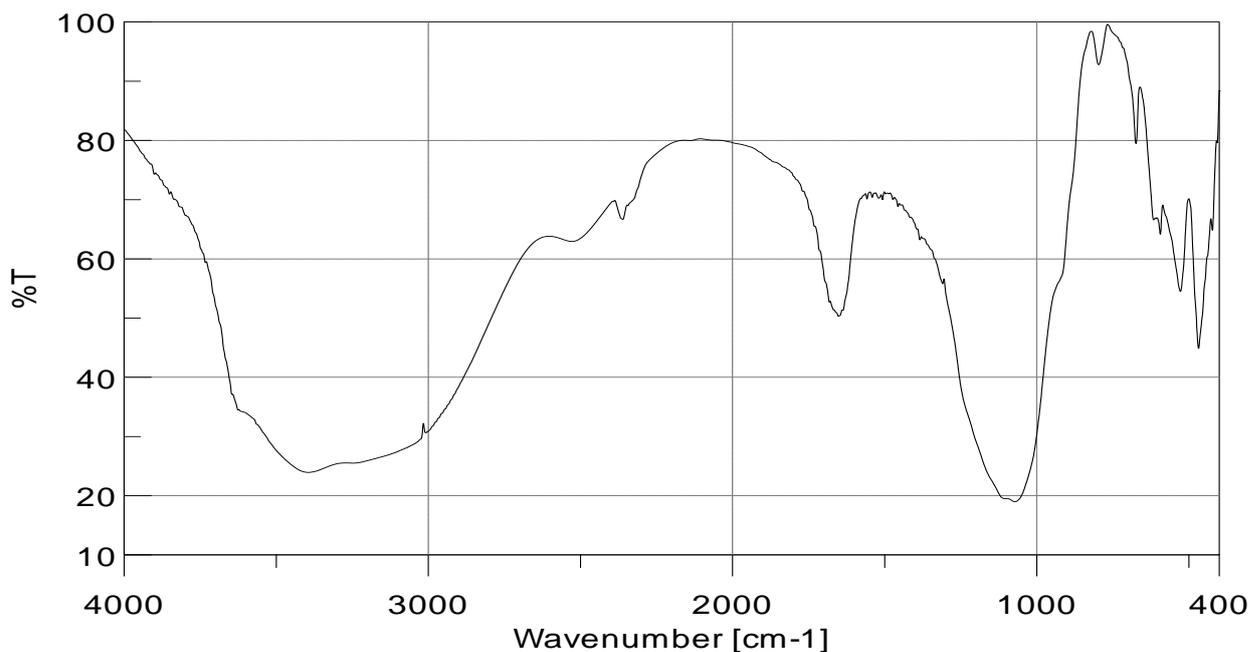


Figure IV-6 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le toluène.

L'examen de ce spectre a montré plusieurs changements, les bandes les plus importantes, et les plus riches en information, dans les spectres de composés aromatiques apparaissent entre 900-1350, vers 1650, et entre 2755-3920 cm^{-1} .

Ces modes de vibrations de déformation soit symétrique $\delta_s\text{CH}_3$ et antisymétrique $\delta_a\text{CH}_3$ du groupement méthyle attaché avec le cycle benzène. Ainsi un mode de vibration du vibreur C=C de cycle benzène présente une absorption vers 1600 cm^{-1} .

Et finalement, la vibration d'élongation =C-H apparaît dans la région 2755-3920 cm^{-1} .

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
3050-3150 cm^{-1}	Mode de vibration du groupement du =C-H
1649 cm^{-1}	Mode de vibration du groupement du C=C
2960 et 2870 cm^{-1}	Mode de vibration d'élongation du groupement -CH ₃

Tableau IV-5 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le toluène.

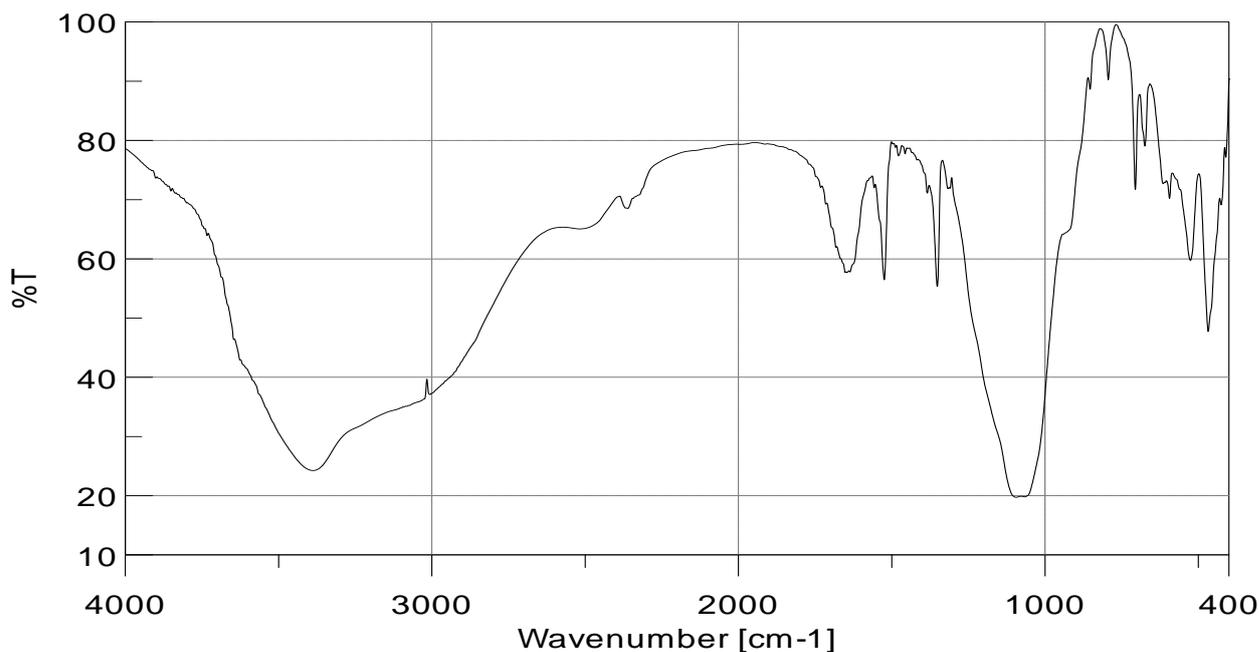


Figure IV-7: Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène.

Les bandes situées vers $2800-3622.1 \text{ cm}^{-1}$ sont attribuées aux :

Vibrations de d'élongations de OH de groupement hydroxyle et OH de l'eau.

Les absorptions provenant des élongations des vibrateurs C-H de cycle benzène apparaît entre 3000 et 2840 cm^{-1} .

La bande située entre ($1450-1600 \text{ cm}^{-1}$) est attribuée aux vibrations de l'élongation des liaisons C=C aromatique (1471.6 cm^{-1}).

Les deux bandes qui s'étalent entre $1570-1550$ et $1380-1370 \text{ cm}^{-1}$ est attribuée aux vibrations d'élongations du groupement NO_2 .

Fréquence cm^{-1}	Mode de vibration
3400 cm^{-1}	Mode de vibration de groupement OH
1563 et 1372 cm^{-1}	Mode de vibration d'élongation du groupement NO_2
$1471,6 \text{ cm}^{-1}$	Mode de vibration d'élongation des liaisons C=C
2900 cm^{-1}	Mode de vibration d'élongation des liaisons C-H

Tableau IV-6 : Spectre infrarouge de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène.

IV.2 L'analyse par diffraction des rayons X (DRX) :

Le spectre représentatif de la bentonite brute montre par une méthode d'identification des pics à partir d'une banque de données, que cette argile est composée d'un mélange calcite, feldspath, et de montmorillonite avec le quartz comme impureté majeur. Le diffractogramme de la bentonite naturelle (BN) est présenté sur la figure suivante :

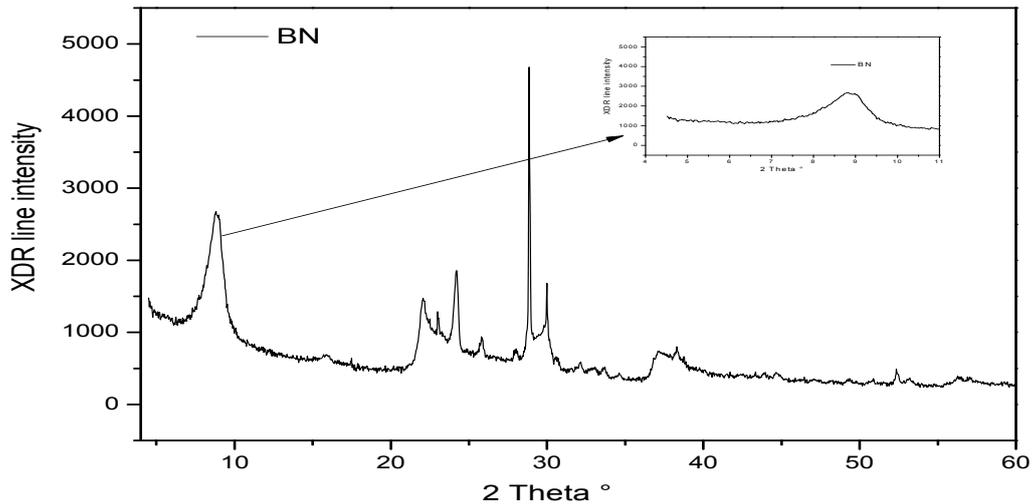


Fig. IV.8 : DRX de la bentonite brute.

Pour les quatre argiles échangées avec les deux molécules organiques, l'analyse par DRX a été réalisée sur poudre à l'aide d'un diffractomètre Bruker AXS D-8, dans le but d'identifier les principaux minéraux argileux, ainsi que la procédure d'organo-modification dans les volumes interlamellaires de l'argile. Le rayonnement monochromatique convergent utilisé a pour longueur d'onde $\lambda=0,154056$ ($K\alpha$ (cu)).

Les diffractogrammes obtenus sont représentés sur la figure (IV.8.9.10), l'attribution des distances interréticulaires à la phase correspondante est basée sur des cartes originales des groupes de minéraux argileux [7].

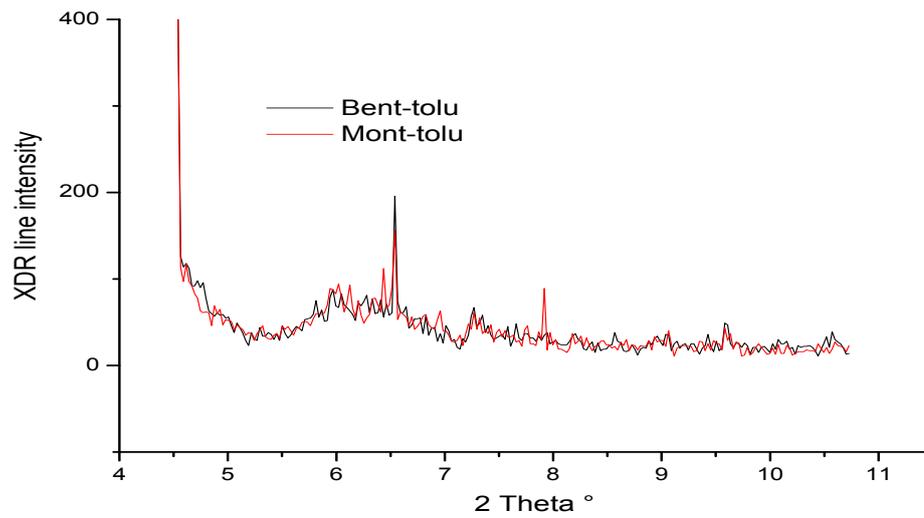


Fig. IV.9 : Comparaison entre deux DRX de la bentonite et la montmorillonite échangées par le toluène.

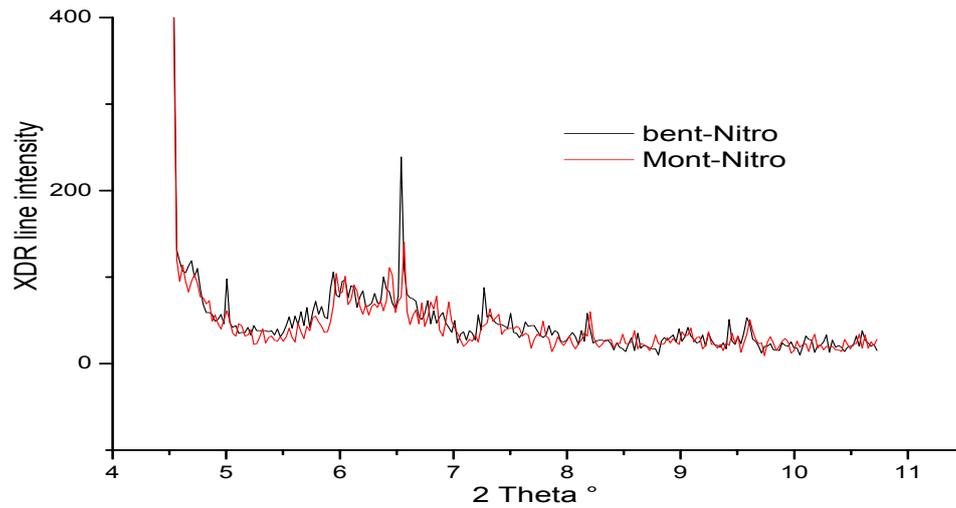


Fig. IV.10: Comparaison entre deux DRX de la bentonite et la montmorillonite échangées par le nitrobenzène.

argile/liquide ionique	$2\theta^\circ$	distance (Å)
BN (9.68 Å)	8.91	9.91
Bent-Nitro	6.54	13.50
Bent-toluène	6.53	13.52
Mont-Nitro	6.56	13.45
Mont-toluène	6.43	13.73

Tableau IV.7: Distance intercalaire des argiles échangées par les composés organiques.

Les pics de diffractions caractéristiques de la bentonite et la montmorillonite échangées par le nitrobenzène et le toluène sont représenté dans le tableau.

d'après la littérature ,toute argile type bentonite (la famille de 10 Å) possède une ou plusieurs couches d'eau ,adsorbées à la surface des feuillets en fonction de la capacité des cations situés dans ces galerie à être hydratés. on considère généralement que chaque couche d'eau adsorbée augmente la distance inter lamellaire de 3 Å°. Selon cette interprétation notre bentonite possèdent une distance de 9.91 Å°, après l'organo-modification, l'examen des spectres (figures 8,9,10) montre un déplacement des raies vers les faibles angles de réflexions indique une bonne insertion de ces composés dans les la surface des feuillets argileux.

La confirmation de l'insertion des ces deux composés organiques est principalement vérifiée par la mesure de l'augmentation de la distance interfoliaire d001. (Tableau IV.7). D'une manière générale, cette distance interfoliaire au voisinage de 13.50 Å°, Cette différence remarquée dans les distances interfoliaires, peut être expliquée par la taille des radicaux (CH₃) et (NO₂) attaché avec le cycle benzène d'un coté et de leur mode d'arrangement dans les galeries de l'argile correspond. D'autre coté le type d'adsorption soit phisique soit chimique joue un rôle primordial dans cette différence.

IV.3 Conclusion :

L'analyse par spectroscopie IR et l'analyse de diffraction des rayons X nous a permis de confirmer réellement l'insertion des molécules organiques dans l'espace inter lamellaire et la pénétration des ces deux polluants dans nos argiles. L'apparition de nouvelles bandes d'absorption par rapport aux spectres d'argile naturelle indique qu'il y a des changements du réseau cristallin.

Références Bibliographiques

- [1] N. Belaidi, Mémoire de Magister, Université de Tlemcen, (2010).
- [2] A.L. Kustova, M. Yu, R. Fehrmann, P. Simonsen., *Appl. Catal. B*: 58 (2005) 97–104.
- [3] Mémoire de *MASTER*, Houacine Mohamed Abdelbasset « Etude Spectroscopique et Dielectrique d'Une Bentonite à base Liquides Ioniques » Université Moulay Tahar de Saida Soutenu le 24 / 06/ 2015.
- [4] Kim, N. H., Malhotra, S. V., & Xanthos, M. (2006). Modification of cationic nanoclays with ionic liquids. *Microporous and mesoporous materials*, 96(1), 29-35
- [5] N.H. Kim, M.S. Thesis, Department of Chemical Engineering, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, 2006.
- [6] Mémorial de *MASTER*, Houacine Mohamed Abdelbasset « Etude Spectroscopique et Dielectrique d'Une Bentonite à base Liquides Ioniques » Université Moulay Tahar de Saida Soutenu le 24 / 06/ 2015.
- [7] Mémorial de *MASTER*, MOUAZIZ Soumia « Préparation et Caractérisation des bentonites modifiées par des sels de Bis-imidazolium –Application à l'adsorption du bleu Telon. » Université Aboubeker Belkaid de Tlemcen Soutenu le 14 / 06/ 2012.

Chapitre V

Etude des propriétés diélectrique(DRS)

V.1 Introduction

Dans cette partie nous nous sommes intéressés aux propriétés spectroscopiques diélectriques des deux argiles modifiées par les deux polluants organiques (nitrobenzène et toluène). Nous étudierons l'évolution de ces propriétés en fonction de la fréquence et nous discuterons les différents changements observés dans le comportement diélectrique à basse fréquence et les mécanismes de polarisation.

Ce chapitre présente un certain nombre de notions importantes sur les propriétés et la polarisation diélectrique dans les argiles. Nous commençons par introduire les paramètres qui peuvent être obtenus par les mesures diélectriques (la conductivité et la permittivité diélectrique).

V.2 Mécanismes de relaxation

La spectroscopie diélectrique est une technique très efficace pour analyser les structures et les comportements électriques dans des matériaux diélectriques comme les céramiques, les polymères, les liquides...etc. Elle permet d'observer la relaxation des dipôles des molécules, des macromolécules dans le matériau. Ces processus de relaxation sont complexes et la compréhension de leur origine physique est indispensable. Nous présenterons ci-après les notions les plus importantes.

V.3 Bases de physique sur la polarisation des diélectriques

Tout d'abord, nous présenterons certaines notions de physiques fondamentales telles que, la polarisation, la permittivité, la conductivité et les pertes diélectriques. Ces dernières, utilisées tout au long de ce manuscrit, sont reliées entre elles par les lois fondamentales de l'électrostatique.

V.4 Polarisation sous champ statique

Si on soumet une charge à l'action d'un champ électrique, la force qui apparaît sur cette charge est : $\vec{F} = q\vec{E}$

La force (F) tend à déplacer la charge électrique dans la direction du champ. Si la charge est libre, elle se déplace dans la direction du champ [1,2]. Si la charge est contrainte, la force déplace la charge produisant un moment dipolaire qu'on appelle la polarisation diélectrique P :

$$\vec{P} = \chi\epsilon_0\vec{E} = (\epsilon_r - 1)\epsilon_0\vec{E} = N_0\alpha\vec{E}$$

Où ϵ_0 est la permittivité du vide qui vaut $8.854.10^{-12}$ F.m⁻¹, ϵ_r est la permittivité relative (ou constante diélectrique) du matériau, N_0 est le nombre de dipôles par unité volumique, α est la polarisabilité de la charge électrique.

Le terme $\epsilon_0\epsilon_r E$ dans l'équation (III.2.2) est appelé déplacement électrique D dans le matériau. L'équation (III.2.2) devient alors :

$$\vec{D} = \epsilon_0\epsilon_r \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

Cette équation montre que le déplacement électrique naît de la contribution géométrique ($\epsilon_0 E$) et de la contribution de la polarisation du matériau (P).

V.4.1 Type de polarisation

Différents types de polarisation diélectrique peuvent être identifiés suivant la polarisabilité de chaque élément polaire. Sous l'action d'un champ électrique alternatif, il est possible de distinguer quatre types de polarisation en fonction de la fréquence [4,5]: électronique, atomique, d'orientation et interfaciale [3]. Les deux premières étant des polarisations par déformation.

Ces quatre polarisations contribuent à la valeur de la permittivité relative ϵ_r et à l'indice de pertes. La relaxation de cette dernière se traduit par un pic.

V.4.1.1 La polarisation électronique

Elle est due à la déformation du nuage électronique entourant chaque atome lors de l'application du champ électrique sinusoïdal. Cet effet est relativement peu intense et possède un temps d'établissement très court ($\approx 10^{-15}$ s).

V.4.1.2 La polarisation ionique ou atomique

Elle est due à la distorsion par le champ électrique de l'arrangement atomique d'une molécule. L'inertie des masses mises en jeu augmente le temps de manifestation d'un facteur 10^3 à 10^4 par rapport à la polarisation électronique ($\approx 10^{-11}$ s).

V.4.1.3 La polarisation dipolaire ou d'orientation dipolaire

Si les molécules soumises au champ électrique, elles possèdent un moment dipolaire permanent, elles ont tendance à s'orienter suivant le sens de ce champ. Le temps d'établissement est beaucoup plus important que le temps de la polarisation précédemment cité et qui varie entre 10^{-9} et 10^{-5} s, en raison de la grande diversité des dipôles impliqués et de leurs environnements moléculaires.

V.4.1.4 La polarisation interfaciale ou par charge d'espace

Elle est due à la présence dans le matériau de porteurs de charges (électronique ou ionique) en excès. Ces charges peuvent être intrinsèques au matériau ou injectées par les électrodes au cours de l'application du champ. Cette polarisation provient de l'accumulation de ces charges aux interfaces entre deux phases qui ont des permittivités et des conductivités

différentes. Ce mécanisme induit un moment dipolaire macroscopique dont le temps d'établissement est long ($>10^3$ s).

Aux basses fréquences et très basses fréquences apparaissent des phénomènes de relaxation de charges d'espace, l'effet interfacial Maxwell-Wagner qui concerne les milieux hétérogènes est le plus connu. Tous ces types de polarisation sont résumés sur la figure V.1.

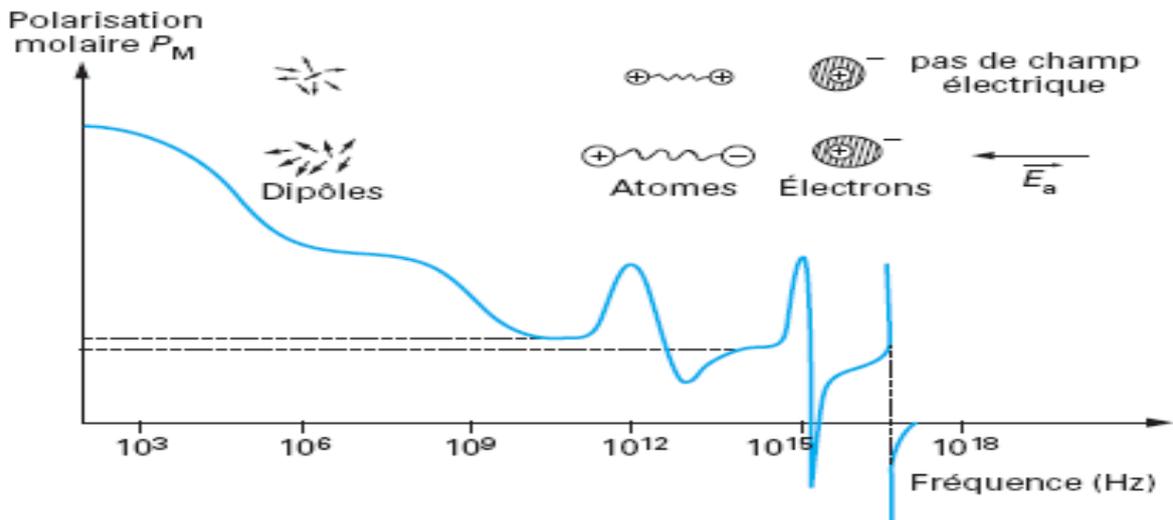


Figure V.1 : Représentation schématique des différents types de polarisation [6].

V.4.1.5 Polarisation des électrodes

La polarisation des électrodes est un effet parasite indésirable car elle peut masquer la réponse diélectrique de l'échantillon. Ce phénomène est caractérisé par une augmentation forte des parties réelles (ϵ') et imaginaires (ϵ'') de la permittivité complexe lorsqu'on diminue la fréquence. Il en résulte des accumulations de charges (dipôles) aux électrodes qui contribuent à une augmentation de ϵ' et ϵ'' . Le phénomène de polarisation de l'électrode est également observé dans des liquides [7], dans des couches solide-liquide [8] et dans des diélectriques polymères [9-11].

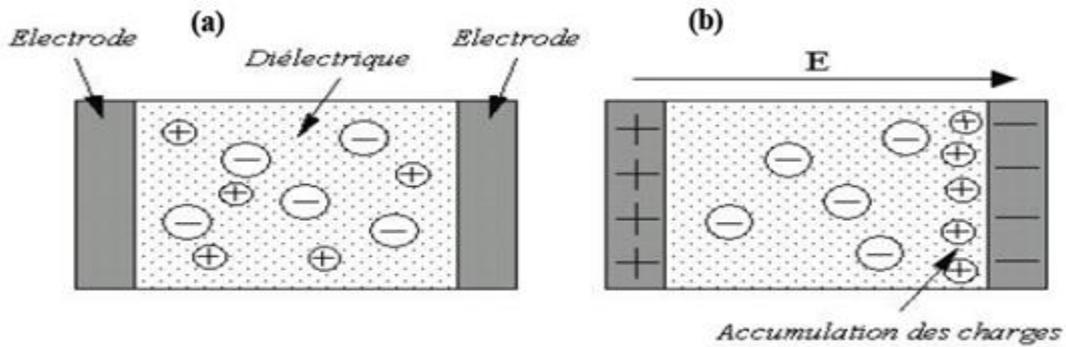


Figure V.2 : Représentation du mécanisme de polarisation interfaciale et accumulation des charges à l'interface électrode-matériau^(b) [9].

V.5 Mesures fréquentielles

La caractérisation du phénomène de relaxation diélectrique grâce à des mesures de capacité en fonction de la fréquence, est certainement la méthode la plus simple et la plus reportée dans la littérature [20]. Comme nous l'avons défini dans les paragraphes précédents, la constante diélectrique est une fonction complexe (ϵ^*) de la permittivité réelle (ϵ') et des pertes diélectriques (ϵ'').

$$\epsilon^* = \epsilon' - i \epsilon''$$

La figure V.3 présente les différents effets sur la permittivité et les pertes diélectriques des modes de relaxation et de résonance.

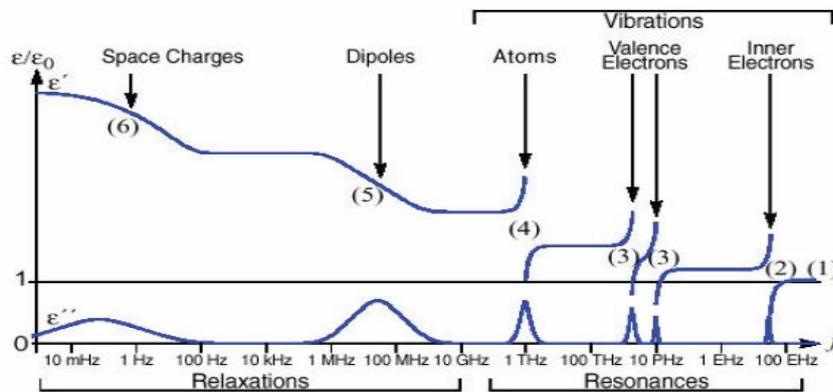


Figure V.3 : Présentation des différents effets sur la permittivité et les pertes diélectriques des modes de relaxation et de résonance [21].

Pratiquement chaque matériau liquide ou solide peut faire passer le courant quand une tension lui est appliquée, quand la tension est constante, le rapport de cette dernière au courant (V/I) est connu comme résistance électrique du matériau, mais si cette tension appliquée est variable le rapport (V/I) est connu comme étant l'impédance du matériau.

Le but de ce travail est de caractériser un diélectrique qui est une argile échangée par une matière organique pour une meilleure compréhension des paramètres diélectriques.

V.6 Résultats et discussions:

Dans cette partie de ce travail nous présentons les résultats expérimentaux de la dépendance des propriétés diélectriques en fonction de la fréquence à une température ambiante; ces propriétés étudiées à travers des grandeurs mesurées (conductivité, constante diélectrique ou permittivité (réelle et imaginaire)).

V.6.1 L'évolution de la partie réelle et imaginaire de la permittivité diélectrique en fonction de la fréquence.

Les figures suivantes illustrent les variations des permittivités réelles (ϵ') et imaginaires, (ϵ'') en fonction de la fréquence pour les deux argiles modifiées par nitrobenzène.

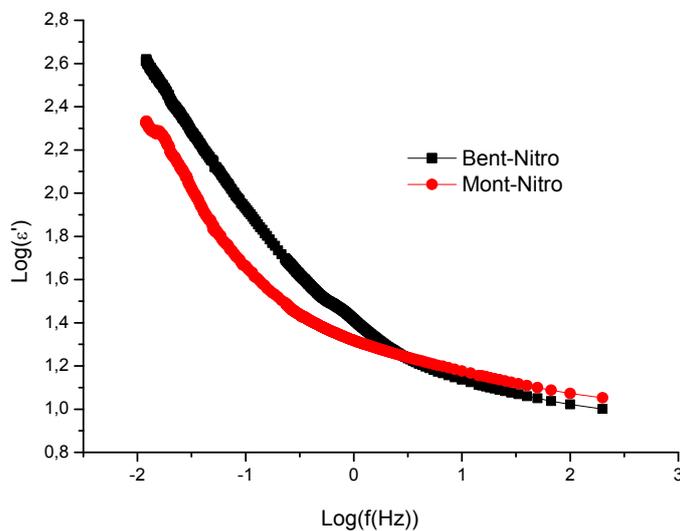


Figure V.4 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.

D'après cette figure, on constate que le constante diélectrique (ϵ') diminue en fonction de la fréquence; comme on observe que la permittivité à basse fréquence est plus importante que celle à hautes fréquences. Il est évident qu'à basse fréquences, la permittivité de la bentonite échangée avec le nitrobenzène est plus importante par rapport a celle de la montmorillonite, ce qui montre une forte interaction de la bentonite avec ce polluant sur la surface de la bentonite (adsorption physique), En revanche, en augmentant la fréquence, les permittivités augmentent pour la montmorillonite, Il est fort probable qu'une adsorption chimique pour le nitrobenzène à l'intérieur des galeries de montmorillonite.

Pratiquement, sous l'influence d'un champ électrique externe, les ions de la double couche électrique de la bentonite se polarisent ce qui induit un champ électrique secondaire qui

s'oppose au champ primaire. Ce champ secondaire génère les très grandes permittivités diélectriques (ϵ') pour la bentonite modifiée par le nitrobenzène, observées dans les basses fréquences.

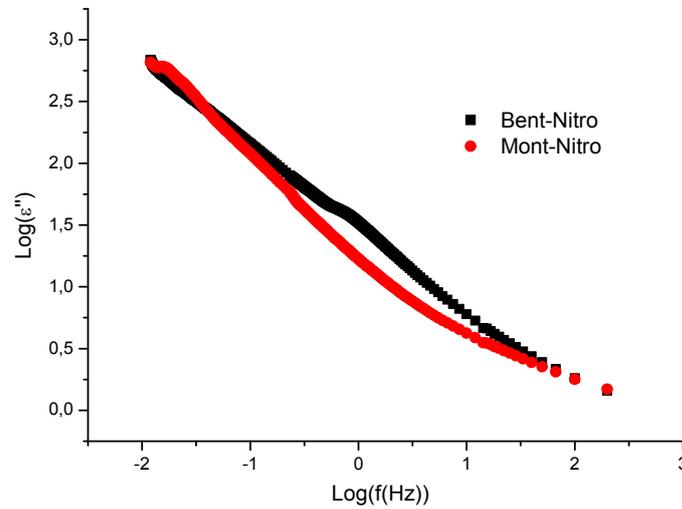


Figure V.5 : Variation de la permittivité imaginaire (ϵ'') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.

Pour les deux argiles modifiées par le Nitrobenzène, on observe que l'évolution des parties imaginaires (ϵ'') de la constante diélectrique est assez similaire et généralement ce sont des fonctions décroissantes de la fréquence, les valeurs atteintes à basse fréquence sont très élevées.

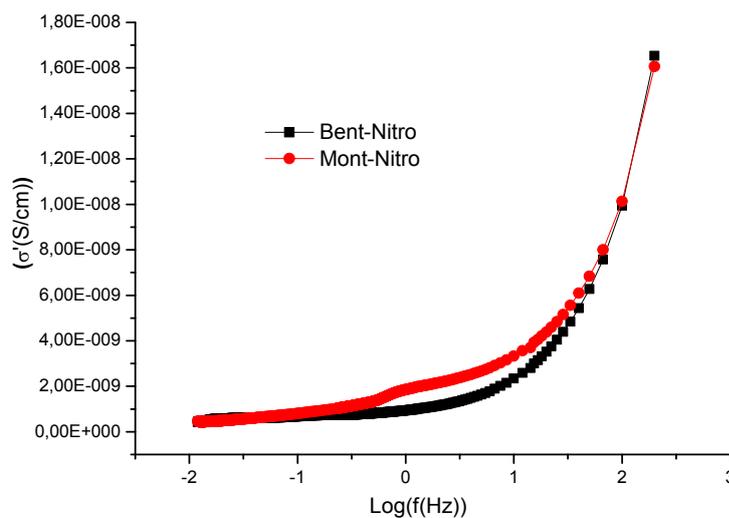


Figure V.6 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Nitrobenzène.

Nous avons reporté l'évolution de la partie réelle $\sigma'(\omega)$ de la conductivité complexe $\sigma^*(\omega)$ en fonction de la fréquence sur la figure V.6.

Il s'avère que la conductivité augmente avec la fréquence, on remarque également pour toutes gamme fréquentielle testée que les valeurs de la conductivité de la bentonite-nitro est nettement supérieur par rapport à celle de la montmorillonite modifiée par le même polluant.

Dans les hautes fréquences, on remarque que la conductivité croît fortement. Une seule explication possible, qu'au voisinage des surfaces d'argile se créent des doubles couches électriques, dans lesquelles les concentrations de nitrobenzène sont différentes de celles de l'eau libre des pores. Les doubles couches électriques sont à l'origine de la conductivité de surface et la polarisation diélectrique à basse fréquence remarquée dans l'évolution des parties réelles et imaginaires de la constante diélectrique [22].

Dans le tableau suivant, nous avons reporté les valeurs de la conductivité, constante diélectrique ou permittivité (réelle et imaginaire) dans les basses fréquences,

Paramètres diélectriques	ϵ'	ϵ''	σ'
Bent-nitro	4,0754448E+2	6,8630490E+2	4,5816060E-10
Bent-tol	4,9451472E+2	1,0137552E+3	6,7675850E-10
Mont-nitro	2,1066192E+2	6,5473725E+2	4,3708679E-10
Mont-tol	2,4320250E+3	7,4565886E+3	4,9778387E-9

D'après ce tableau, il s'ensuit que :

Pour le même polluant, la Mont-tol présente des permittivités plus grandes que celles de la Bent-tol, ce qui montre une bonne insertion de ce polluant à l'intérieur de la mont par rapport à la bentonite. De la même façon, même ordre de grandeur pour la Bent-nitro pour la partie réelle, supérieure à celle pour la Mont-nitro, en générale, ces valeurs montrent que les parties réelles de la constante diélectrique sont des fonctions décroissantes de la fréquence, d'autres part, l'évolution de la partie réelle et imaginaire de la permittivité diélectrique en fonction de la fréquence suit cet ordre :

$$\epsilon'_{\text{Mont-tol}} > \epsilon'_{\text{Bent-tol}} > \epsilon'_{\text{Ben-nito}} > \epsilon'_{\text{Mont-nitro}}$$

$$\epsilon''_{\text{Mont-tol}} > \epsilon''_{\text{Bent-tol}} > \epsilon''_{\text{Ben-nito}} > \epsilon''_{\text{Mont-nitro}}$$

Cet ordre est influencé non seulement par le type d'argile mais aussi par d'autre paramètre comme le type d'interaction entre le polluant organique et l'argile pour former la matrice argileuse (type d'adsorption de polluants).

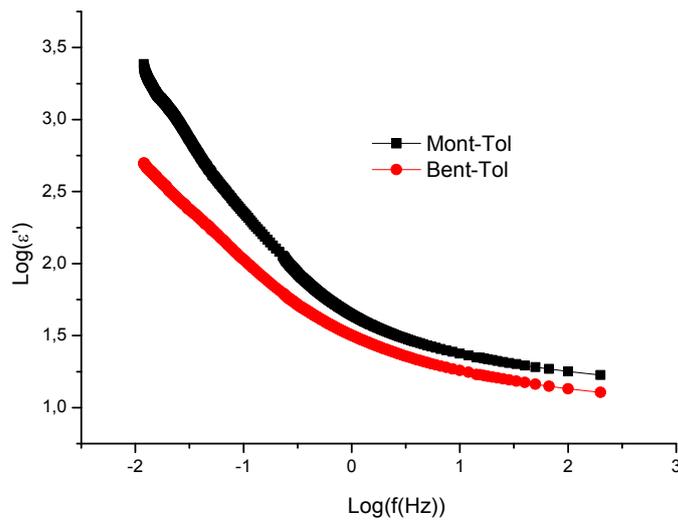


Figure V.7 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.

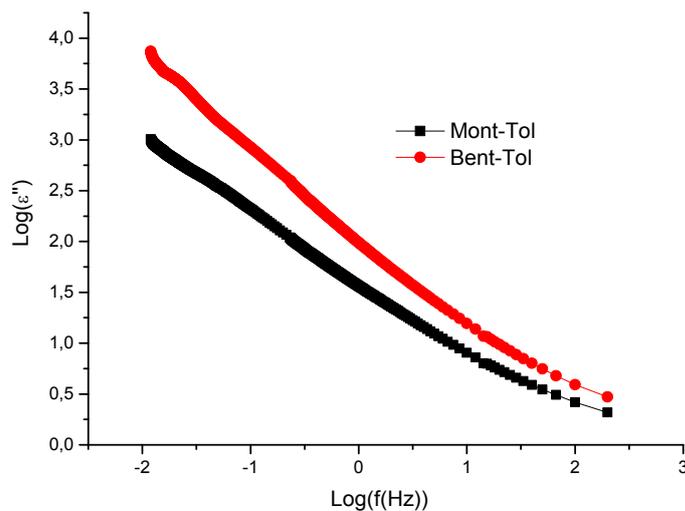


Figure V.8 : Variation de la permittivité réelle (ϵ'') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.

Des mesures sur des échantillons de l'argile modifiée avec le toluène ont été également réalisées pour mieux comprendre les phénomènes en jeu. Généralement, nous observons une augmentation très importante de la permittivité lorsqu'on travaille avec des basses fréquences. Il est à noter, également, que la permittivité de la montmorillonite modifiée avec le toluène est plus importante que celle de la bentonite. Cette différence est due au processus d'accumulation des charges au niveau des interfaces argile/matière organique.

Plusieurs auteurs, ont mesuré la permittivité complexe d'un très grand nombre des argiles, dans l'intervalle 10 MHz- 1,3 GHz. Ils répertorient ces données selon les principaux paramètres physiques des argiles testées (la teneur en eau, CEC, surface spécifique, porosité). D'autres laboratoires ont également étudié l'effet du type d'argile sur le constant diélectrique complexe entre 4 et 12 GHz. Ils montrent qu'à la fois la partie réelle et la partie imaginaire de la permittivité diélectrique augmentent avec l'eau de constitution [23].

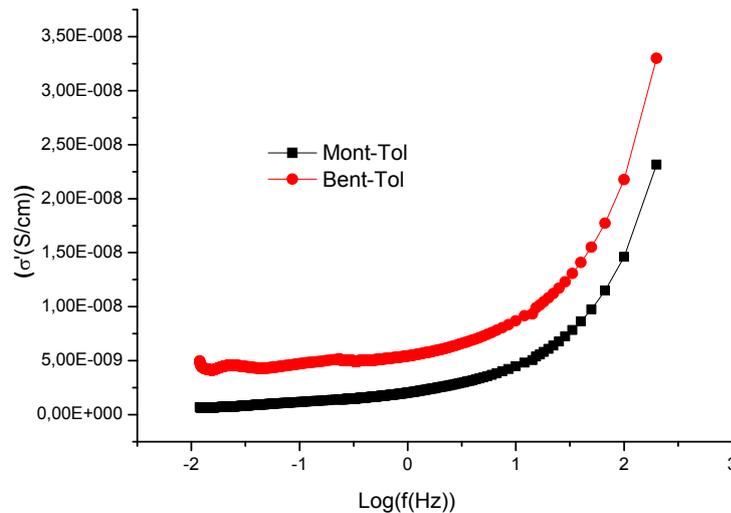


Figure V.9 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour les argiles modifiées par Toluène.

La variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour les deux argiles modifiées par le Toluène est donnée sur la figure V.9. D'une façon générale, la conductivité pour la mont-toluène suit les mêmes variations que la conductivité avec la bentonite selon cet ordre :

$$\sigma'_{\text{Mont-tol}} > \sigma'_{\text{Bent-tol}} > \sigma'_{\text{Ben-nito}} > \sigma'_{\text{Mont-nitro}}$$

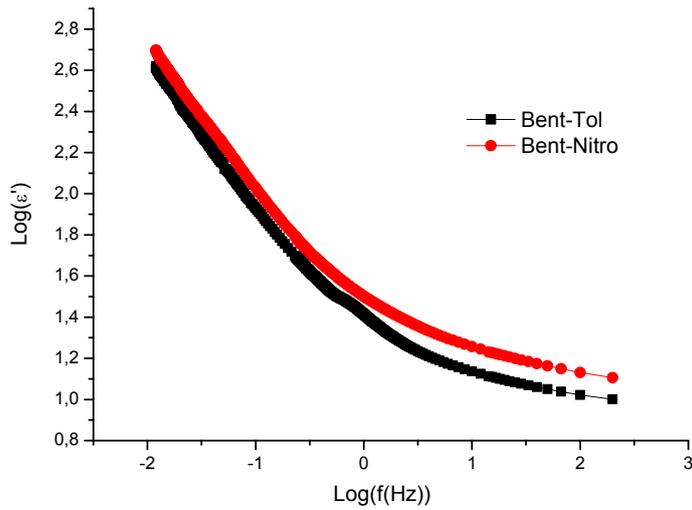


Figure V.10 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour la Bentonite modifiée par les deux polluants.

On observe que les parties réelles et imaginaires de la permittivité diélectrique décroissent avec la fréquence.

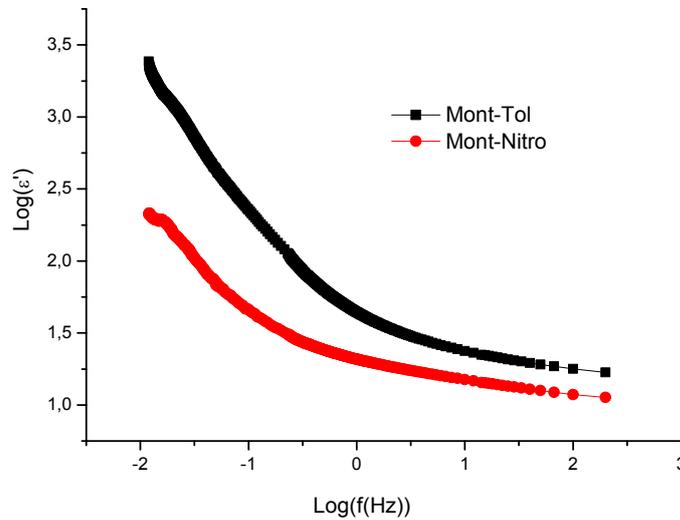


Figure V.11 : Variation de la permittivité réelle (ϵ') en fonction de la fréquence pour la Montmorillonite modifiée par les deux polluants.

Cette figure montre clairement que la permittivité de mont-toluène est plus élevée que celle avec le nitrobenzène, d'après ce résultat, on constate que le type d'argile et le polluant piégé à l'intérieur des surfaces argileux a une influence sur les valeurs de la permittivité réelle et imaginaire et son comportement en fonction de la fréquence.

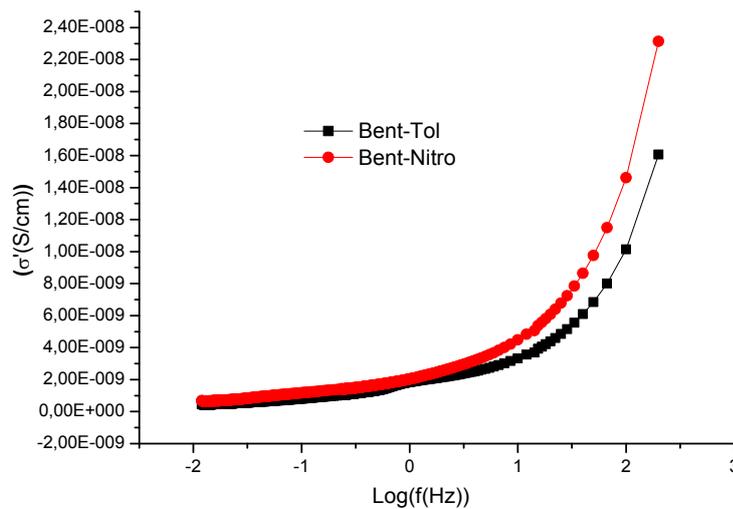
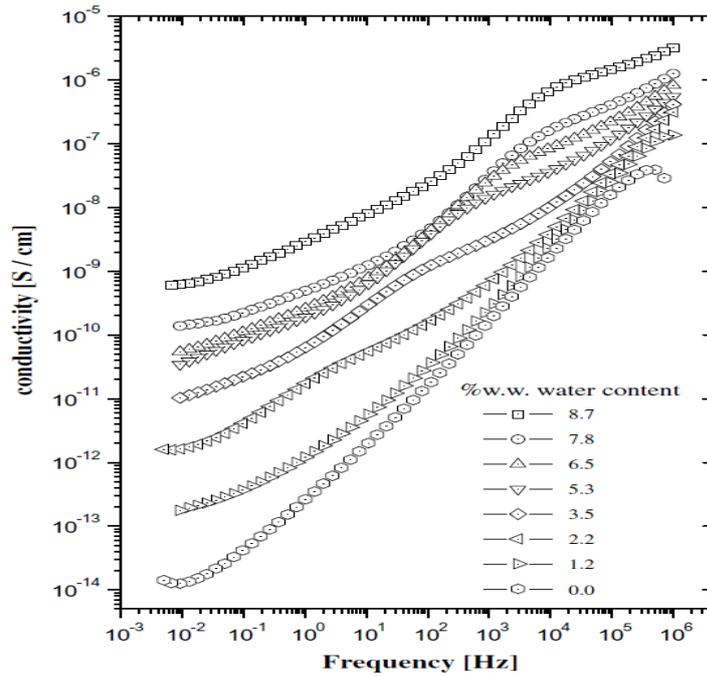


Figure V.12 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour la Bentonite modifiée par les deux polluants.

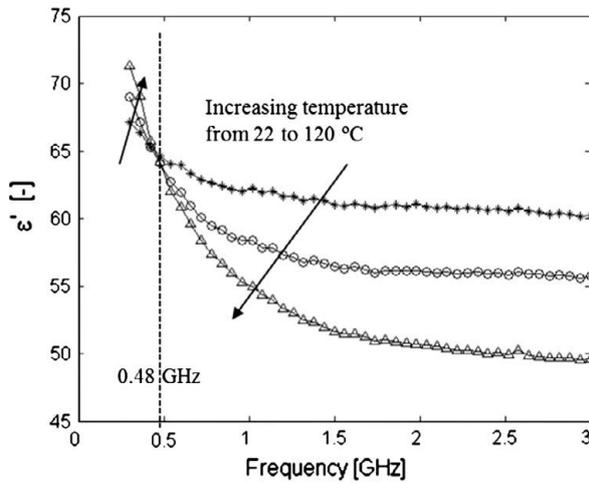
De manière générale, l'évolution la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour la Bentonite modifiée par les deux polluants obéit à une loi de puissance dans toute la gamme fréquentielle étudiée sur tout dans hautes fréquences:

En effet, certains auteurs considèrent que le transport de charges, dans ce type des matériaux, participe uniquement au courant de conduction.

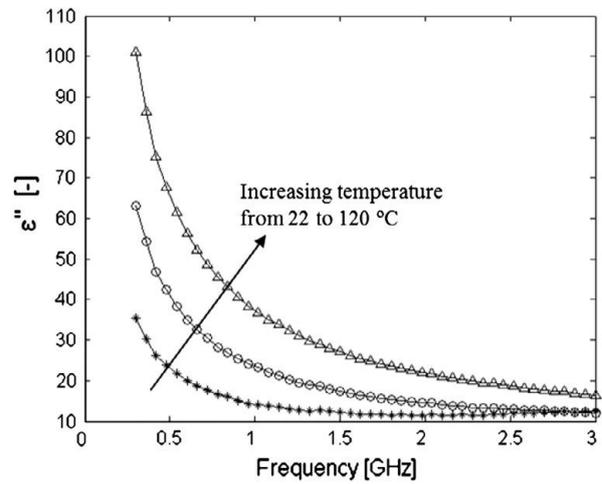
Différents auteurs se sont intéressés aux propriétés des argiles, à titre exemple, Saltas et al [25] ont réalisé des mesures de la conductivité et de la permittivité diélectrique sur une bentonite, entre 10mHz et 1 MHz, à différentes teneur en eau [24].



Ils montrent que la permittivité diélectrique du bentonite est une fonction décroissante de la fréquence ; à basse fréquence la permittivité n'atteint pas un palier. La conductivité électrique croît avec la fréquence, avec un palier entre 1 Hz et 1 kHz.



A: Dielectric Constant



B: Loss factor

D'autres part, Donglei et ces collaborateurs (figure 5), ont réalisé des mesures diélectriques, à différentes températures sur des bentonites ayant une seule couche d'eau d'hydratation, à basses fréquences (300–3000 MHz). Ils ont conclut que la permittivité augmente avec l'augmentation de la température, par conséquent, le type de relaxation sont thermiquement activés [26].

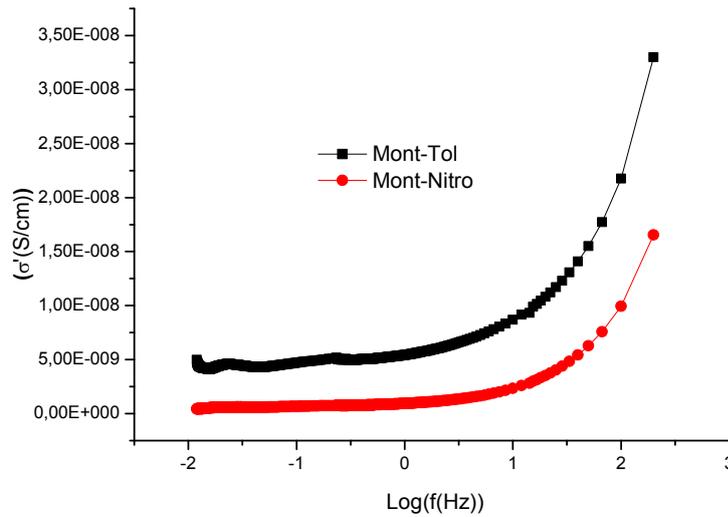


Figure V.13 : Variation de la conductivité réelle (σ') en fonction de la fréquence pour la Montmorillonite modifiée par les deux polluants.

D'une façon générale, la plupart des phénomènes diélectriques observés sont à l'origine de deux processus de polarisation, l'augmentation des permittivités de nos échantillons soit pour la bentonite ou bien la montmorillonite modifiées avec les deux polluants, le nitrobenzène et le toluène dans les basses fréquences, et l'autre à plus hautes fréquences pour l'augmentation des conductivité suivant la loi de puissance. On peut constater que cette loi est une très bonne représentation du comportement de la conductivité. Tous ces processus sont liés à la nature de la surface de l'argile (double couche électrique), et celui à hautes fréquences, il s'agit d'un processus d'accumulation des charges au niveau des interfaces polluant/argile.

Références bibliographiques

- [1] R. Coelho, B. Aladenize, “ *Les Propriétés Diélectriques des Matériaux Isolants* ”, Hermès, Paris., 1993.
- [2] R. Fournié, R. Coelho, “ *Diélectriques – Bases Théoriques, Techniques de l’Ingénieur* ”, *Traité Génie Electrique*, Article D., 2000, 2300.
- [3] Radwan Dib, “ *Caractérisation de couches diélectriques et magnétiques de structures multicouches par cavité résonante microonde*” Thèse de Doctorat, Soutenue le 23 octobre 2014, L’université JEAN MONNET de SAINT ETIENNE.
- [4] J. C. Dubois, “ *Propriétés diélectriques des plastiques* ”, *Techniques de l’ingénieur*, E 3140, 2001.
- [5] R. Fournie, C. Rioux, “ *Les isolants en électrotechnique Concepts et théories* ”, Eyrolles., 1986.
- [6] R. Fournie, R. Coelho, “ *Diélectriques Bases théoriques* ”, *Techniques de l’ingénieur*, D 2300, 2001.
- [7] C. G. Garton, *J. IEE.*, 1941, 88, 103.
- [8] R. Barnikas, *IEEE Transactions on Electrical Insulation.*, 1997, 4, 544.
- [9] V. Adamec et J. H. *IEEE Transactions on Electrical Insulation.* 1989, 24, 205.
- [10] K. Miyairi, *J. Phy. D: Applied Physics.* 1980, 19, 1973.
- [11] M. C. Wintersgill, J. J. Fontanella, in *Polymer Electrolyte Reviews*, 2, J. R. MacCallum, C. A. Vincent, Eds., Elsevier, London, New York., 43, 1989.
- [12] A. K. Jonscher, “ *Dielectric relaxation in solids* ”, Chelsea Dielectric Press., 1983.
- [13] G.E. Christidis, P.W. Scott, T. Marcopoulos, *Clays Clay Miner.* 43(1995)63.
- [14] S. Havriliak, J. Negami, *J. Polym. Sci.* C14 (1966) 99.
- [15] A.K. Jonscher, *Dielectric Relaxation in Solids*, Chelsea Dielectrics Press Ltd., 1983.
- [16] N.G. Mc’Crum, B.E. Read, G. Williams, *Anelastic and Dielectric Effects in Polymer Solids*, Wiley, London, 1967 (p. 108).
- [17] G.M. Tsangaris, G.C. Psarras, N. Kouloumbi, *J. Mater. Sci.* 33 (1998) 2027.
- [18] A. Molak, M. Paluch, S. Pawlus, J. Klimontko, Z. Ujma, I. Gruszka, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 38 (2005) 1450.
- [19] M. Wübbenhorst, J. van Turnhout, *J. Non-Cryst. Solids* 305 (2002) 40.
- [20] H. Frohlich, *Theory of Dielectrics*, Clarendon, Oxford, 1958.
- [21] A. K. Jonscher, “ *Dielectric Relaxation in Solids* ”, London: Chelsea Dielectric., 1983.
- [22] F. Kremer, A. Schönhals (Eds.), *Broadband Dielectric Spectroscopy*, Springer-Verlag, 2002.
- [23] E. Schlosse, A. Schönhals, H.-E. Carius, H. Goering, *Macromolecules* 26 (1993) 6027.
- [24] S.B. Jones, D. Or, *J. Non-Cryst. Solids* 305 (2002) 247.
- [25] V. Saltas, F. Vallianatos, D. Triantis, *Journal of Non-Crystalline Solids* 354 (2008) 5533–5541.
- [26] L. Donglei, T. Juming, L. Fang, T. Zhongwei, L. Feng, L. Huimin, S. Bohnet, *Journal of Food Engineering* 161 (2015) 40–47.

Conclusion Générale

Le présent travail a pour centre d'intérêt principal la modification de la bentonite algérienne et la montmorillonite k10 commerciale par l'insertion des deux molécules organiques tels que le toluène et le nitrobenzène, Afin d'étudier les propriétés spectroscopiques, spécialement diélectriques de cette nouvelle matrice argileuse, ces deux argiles modifiées par des composés benzéniques différent par le groupement radical et qui ont une toxicité certaine et qui sont considérés aujourd'hui comme des polluants cancérigènes et dangereux même lorsqu'ils existent sous forme de traces.

Le développement de cette nouvelle classe de matériaux par une simple modification, nécessite impérativement des techniques de caractérisations dans le but d'une meilleure compréhension de leurs propriétés spectroscopiques, ceci dans le but d'une meilleure compréhension des interactions à l'échelle du feuillet.

La caractérisation par spectroscopie IR et DRX nous a permis de confirmer réellement l'insertion des molécules organiques dans l'espace inter lamellaire. L'apparition de nouvelles bandes d'absorption par rapport aux spectres d'argile naturelle indique qu'il y a des changements du réseau cristallin.

Concernant les propriétés diélectriques de ces argiles modifiées, l'évolution de la partie réelle et imaginaire de la permittivité diélectrique en fonction de la fréquence suit cet ordre :

$$\epsilon'_{\text{Mont-tol}} > \epsilon'_{\text{Bent-tol}} > \epsilon'_{\text{Ben-nito}} > \epsilon'_{\text{Mont-nitro}}$$

$$\epsilon''_{\text{Mont-tol}} > \epsilon''_{\text{Bent-tol}} > \epsilon''_{\text{Ben-nito}} > \epsilon''_{\text{Mont-nitro}}$$

Cet ordre est influencé non seulement par le type d'argile mais aussi par d'autre paramètre comme le type d'interaction entre le polluant organique et l'argile pour former la matrice argileuse (type d'adsorption de polluants).

Dans la seconde étape de ce travail, l'étude des propriétés diélectrique nous permis de conclure que l'évolution de permittivité et la conductivité suit les mêmes ordres.

D'une façon générale, la plupart des phénomènes diélectriques observés dans ces deux argiles organophiles sont à l'origine de processus de polarisation, d'un côté, l'augmentation des permittivités de nos échantillons dans les basses fréquences, et de l'autre côté l'augmentation des conductivité à plus hautes fréquences, ces deux phénomènes sont liés à la nature de la surface de l'argile (double couche électrique), type d'argile, le mode d'adsorption de polluants à l'intérieur de la surface d'argile (physique ou chimique) et finalement par le processus d'accumulation des charges au niveau des interfaces polluant/argile.

Les résultats obtenus sont d'une grande utilité et ouvre des perspectives intéressantes vers l'introduction des autres composées organiques ou métaux lourds pour obtenir des propriétés importantes.

Annexe

III.2.Matériels et produits

III.2.1.solutions et produits utilisés

- Bentonite naturelle
- Montmorillonite commercialisé
- Nitrate d'argent
- L'eau distillée
- D'acide chlorhydrique(HCl)
- Chlorure du sodium (Na Cl)
- L'eau oxygéné
- Nitrobenzène
- toluène

III.2.2.petits matériels

- Ballon de 1000ml
- Eprouvette de 1 litre
- Papier filtre
- Fioles jaugées (250ml, 500ml)
- Entonnoir
- Béchers (250ml, 500ml, 1l)
- Pipette, tubes à essai
- Tamis
- Mortier

III.2.3.Appareillage

- Agitateur magnétique+les barreaux magnétiques
- Agitateur horizontale
- Thermomètre
- Etuve
- Centrifugeuse

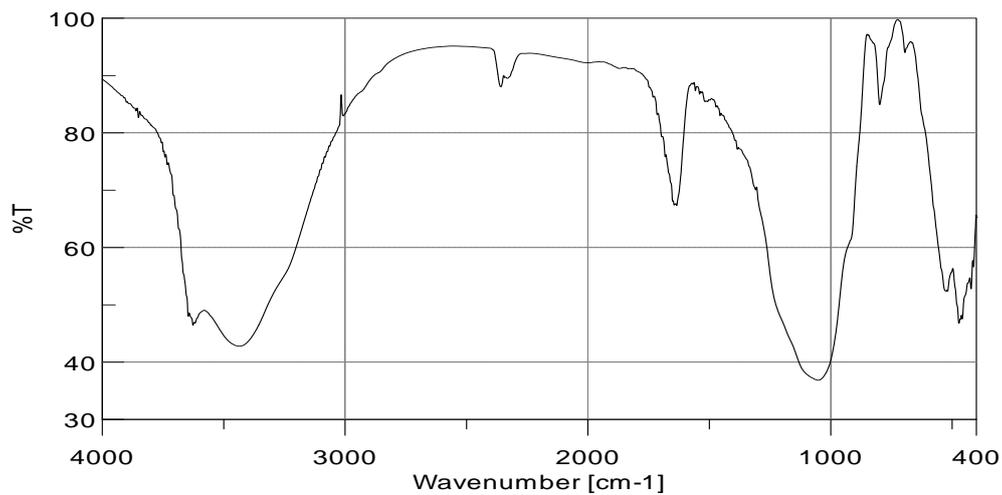


Figure Annexe 1 : Spectre IR de la bentonite échangée par le toluène.

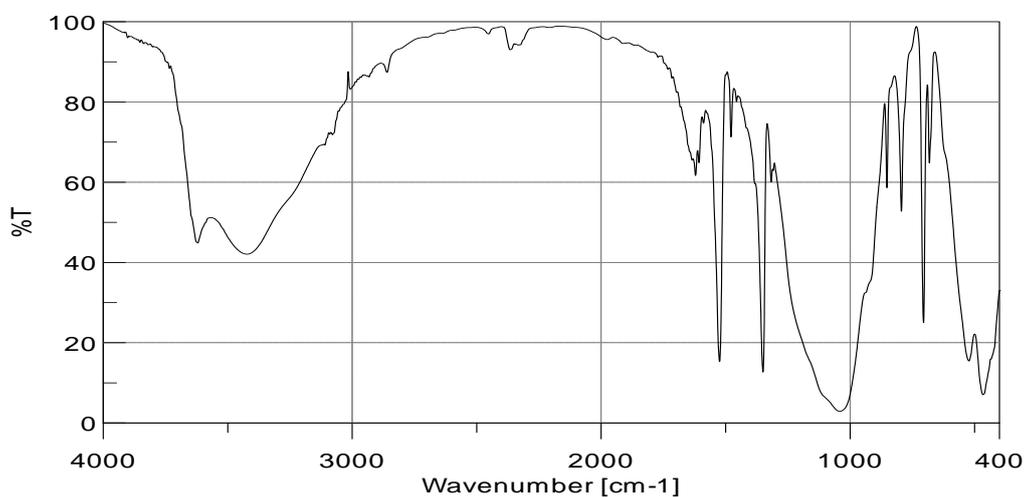


Figure Annexe 2 : Spectre IR de la bentonite échangée par le nitrobenzène.

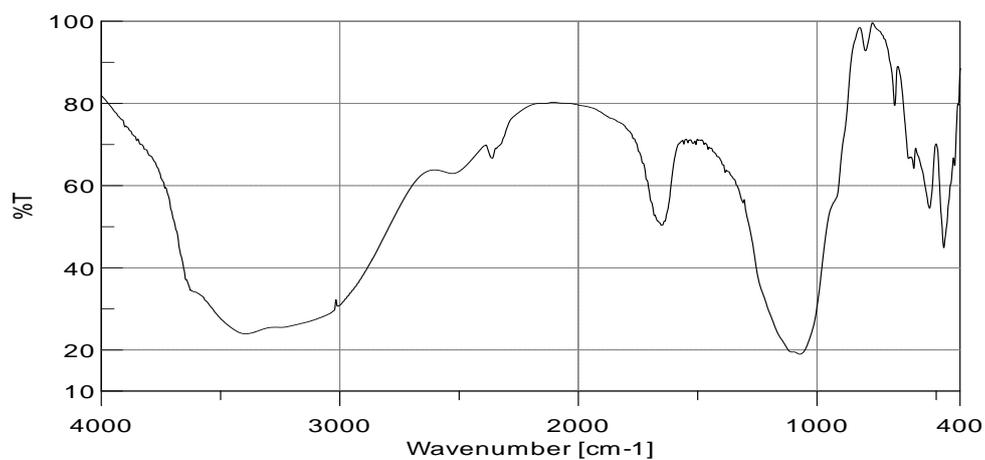
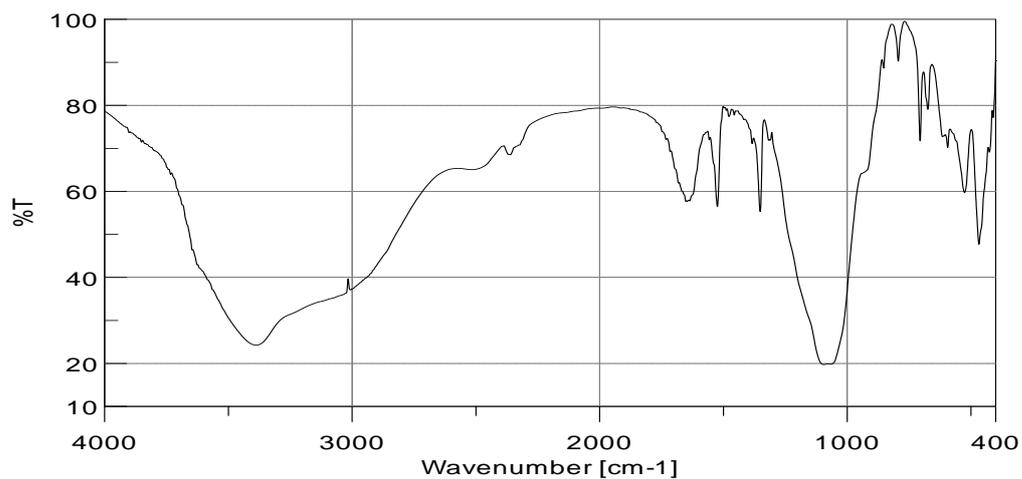
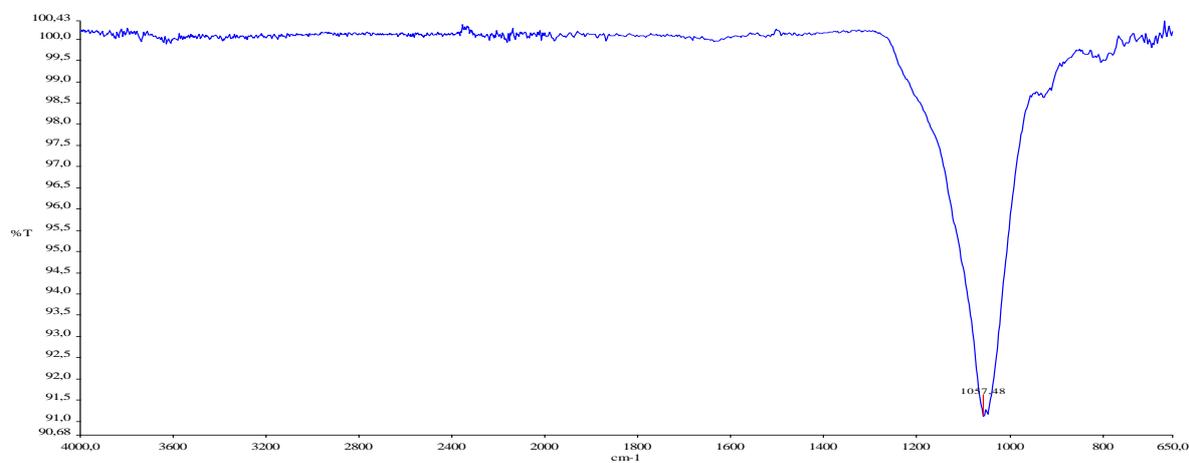
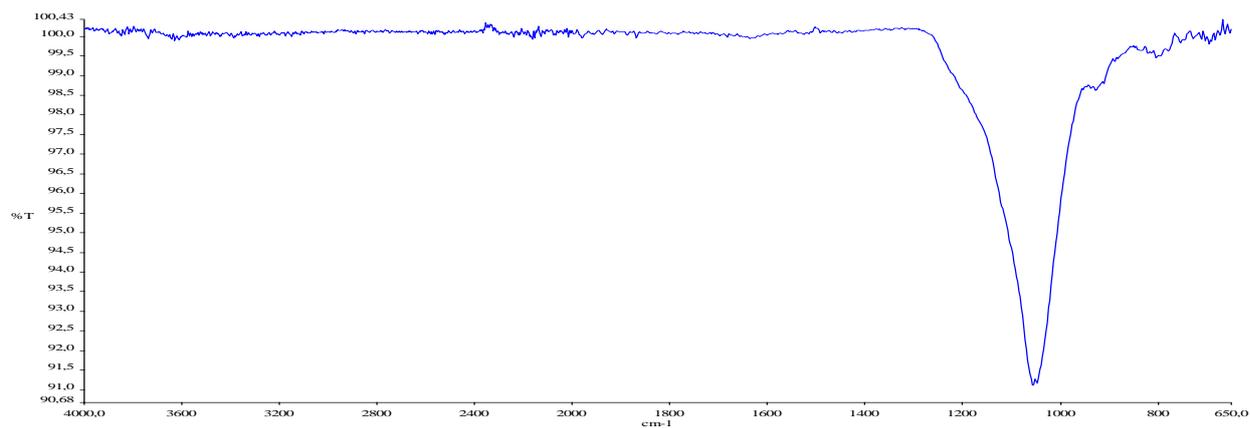


Figure Annexe 3 : Spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène.



Figure

Annexe 4: Spectre IR de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène.**Figure Annexe 5 :** Spectre IR de la bentonite échangée par le toluène.**Figure Annexe 6 :** Spectre IR de la bentonite naturelle.

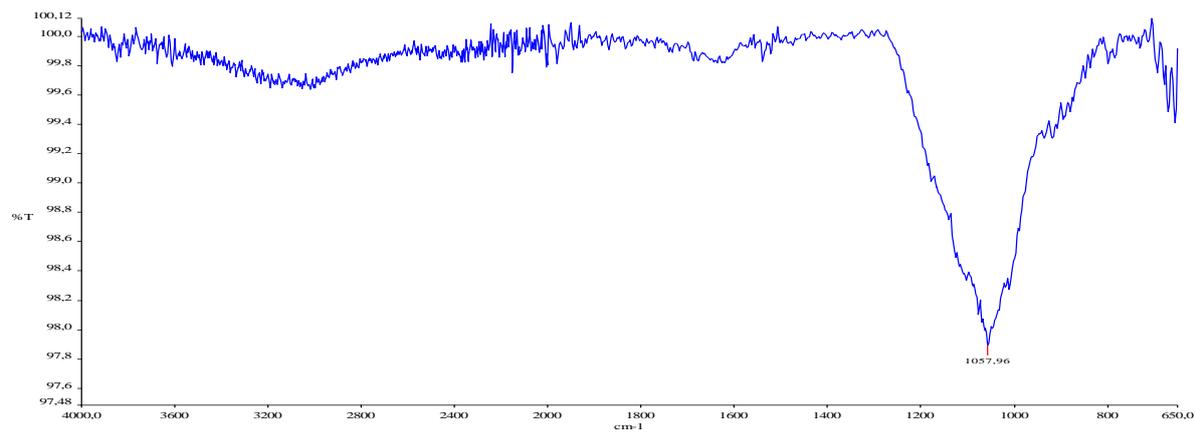


Figure Annexe 7: Spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène.

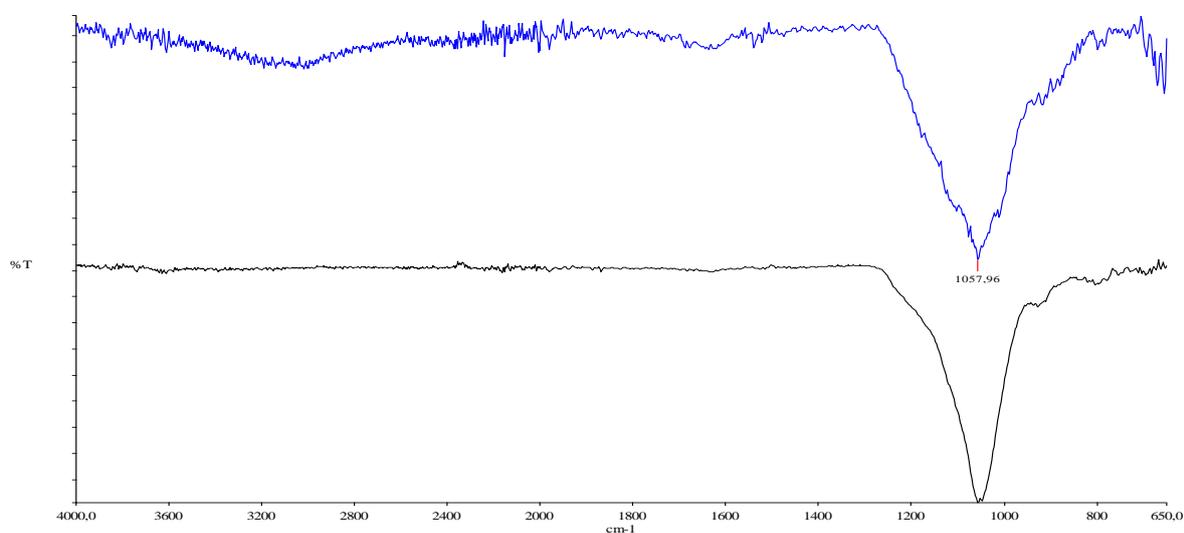


Figure Annexe 8: Superposition de spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène
Bentonite échangée par toluène.

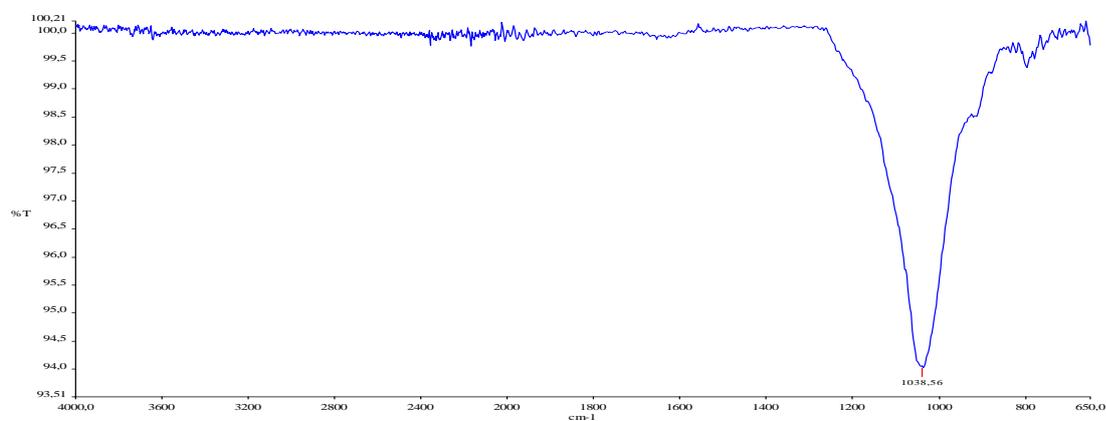


Figure Annexe 9 : Spectre IR de la bentonite échangée par le toluène.

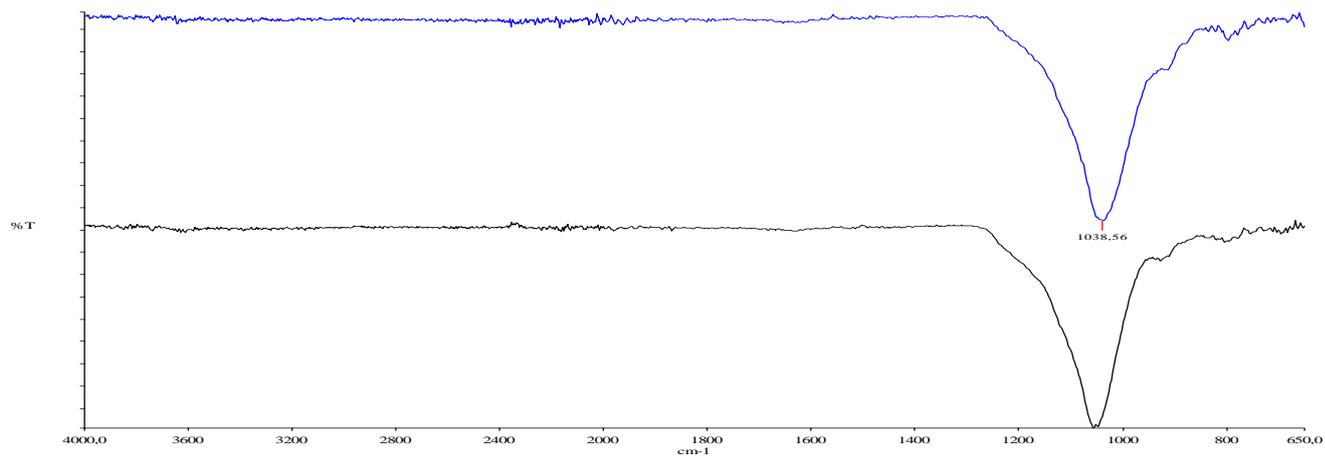


Figure Annexe 10: Superposition de spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène
Bentonite échangée par le toluène.

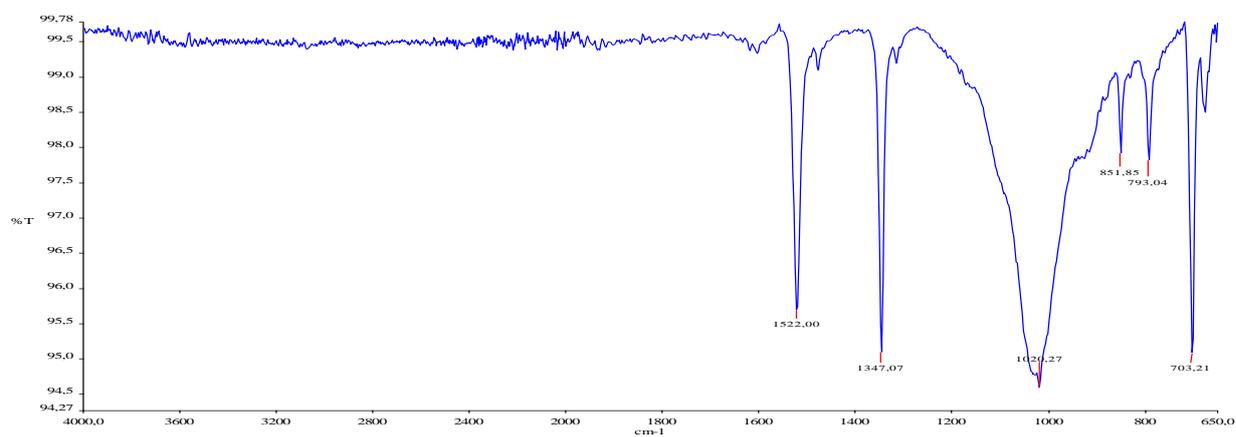


Figure Annexe 11: Spectre IR de la bentonite échangée par le nitrobenzène.

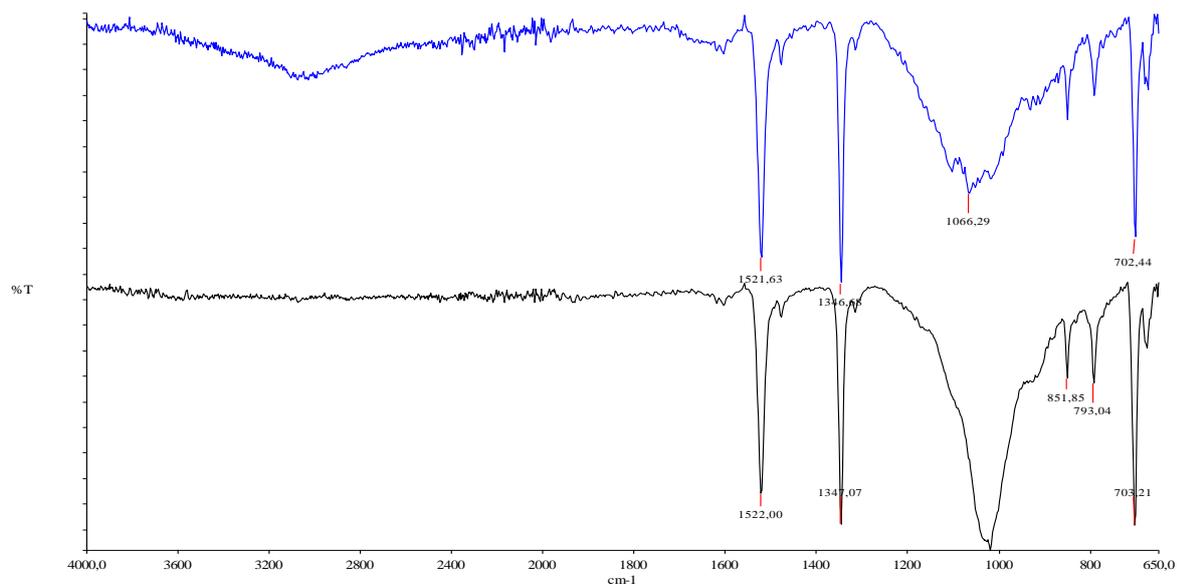


Figure Annexe 12: Superposition de spectre IR de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène
Bentonite échangée par le nitrobenzène.

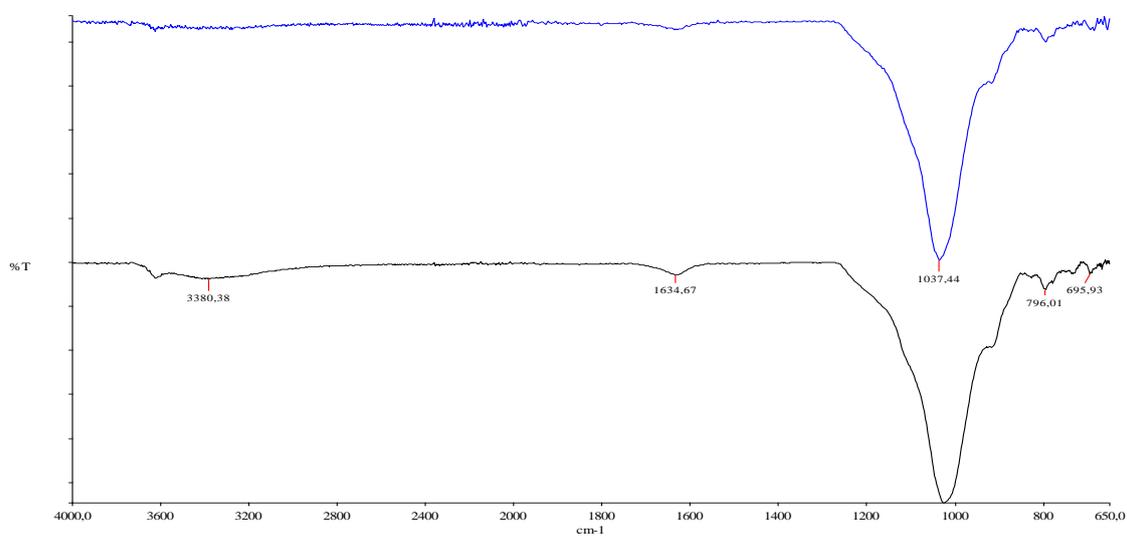


Figure Annexe 13: Superposition de spectre IR de la bentonite échangée par le toluène
Bentonite-na-toluène.

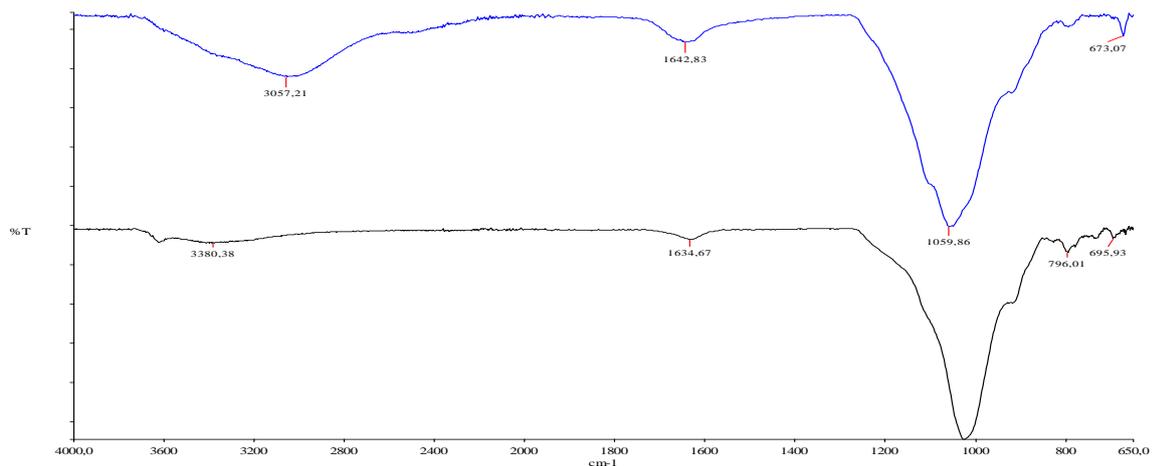


Figure Annexe 14: Superposition des spectres IR de la montmorillonite échangée par le toluène.

Bentonite échangé par le toluène.

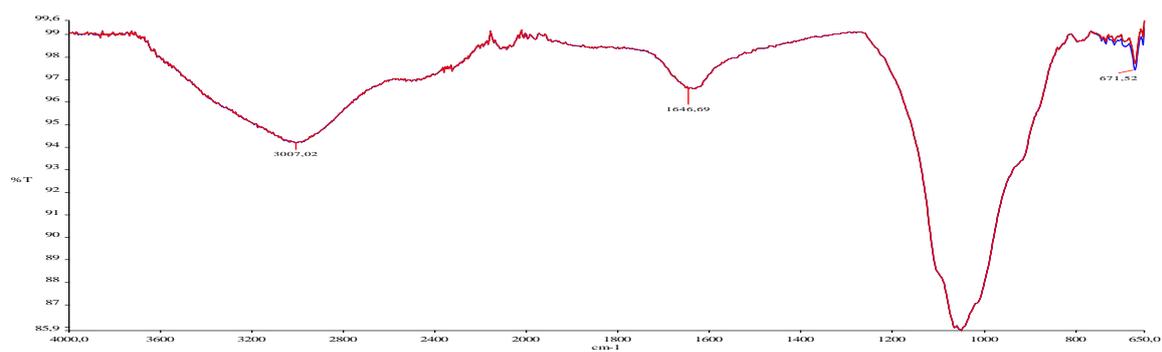


Figure Annexe 15: Spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène.

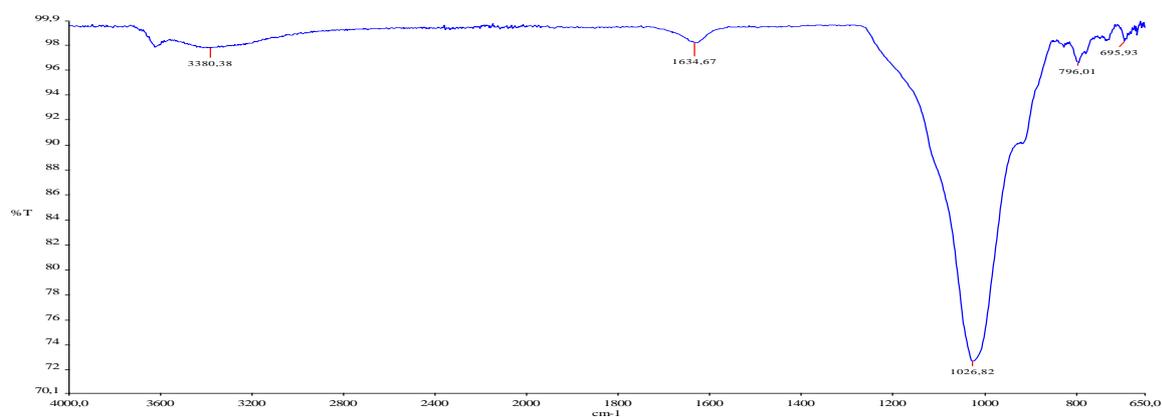


Figure Annexe 16: Spectre IR de la bentonite purifiée.

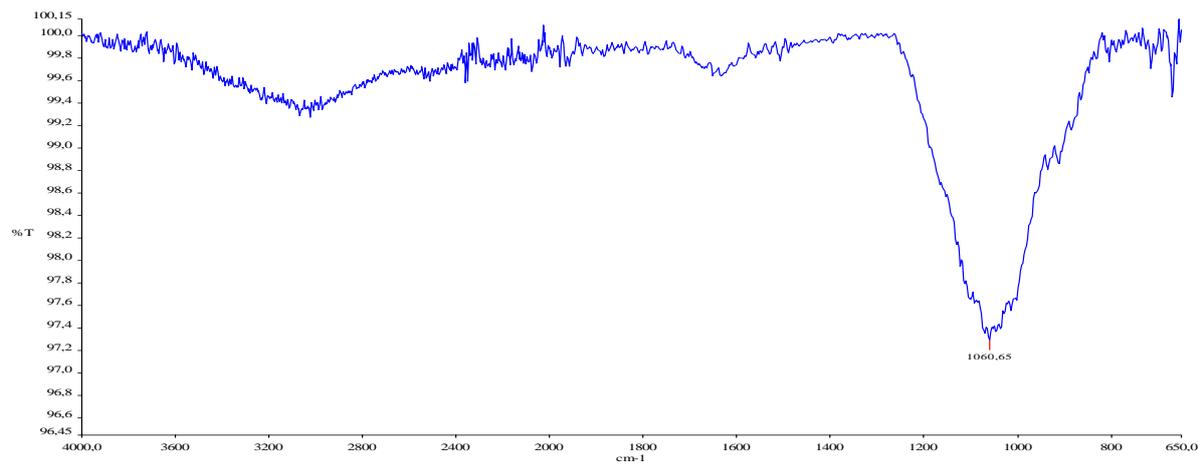


Figure Annexe 17 : Spectre IR de la montmorillonite commerciale.

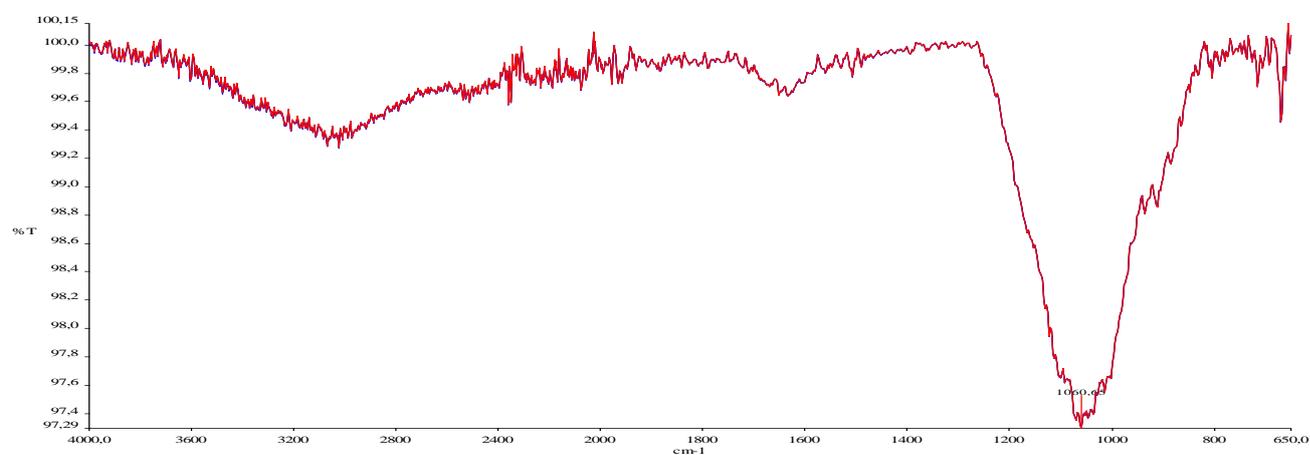


Figure Annexe 18: Spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène.

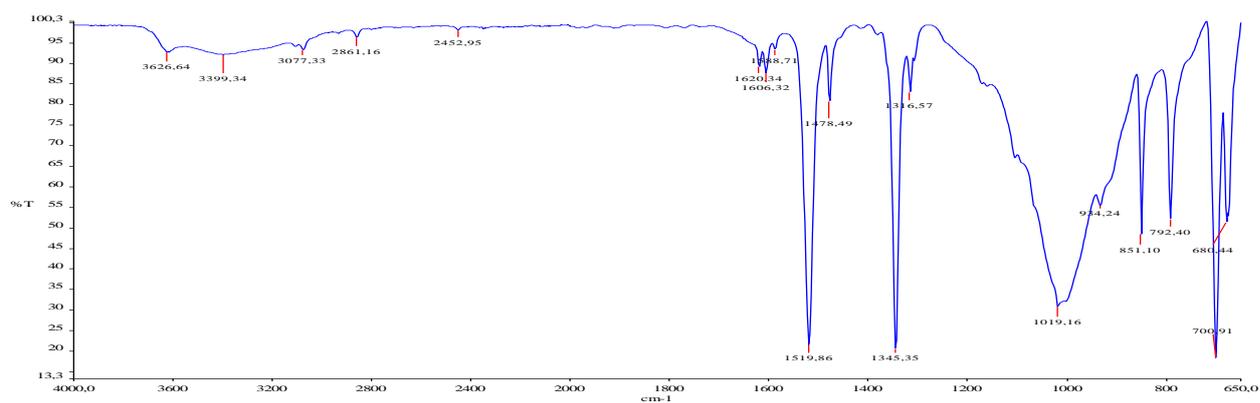


Figure Annexe 19: Spectre IR de la bentonite échangée par le nitrobenzène.

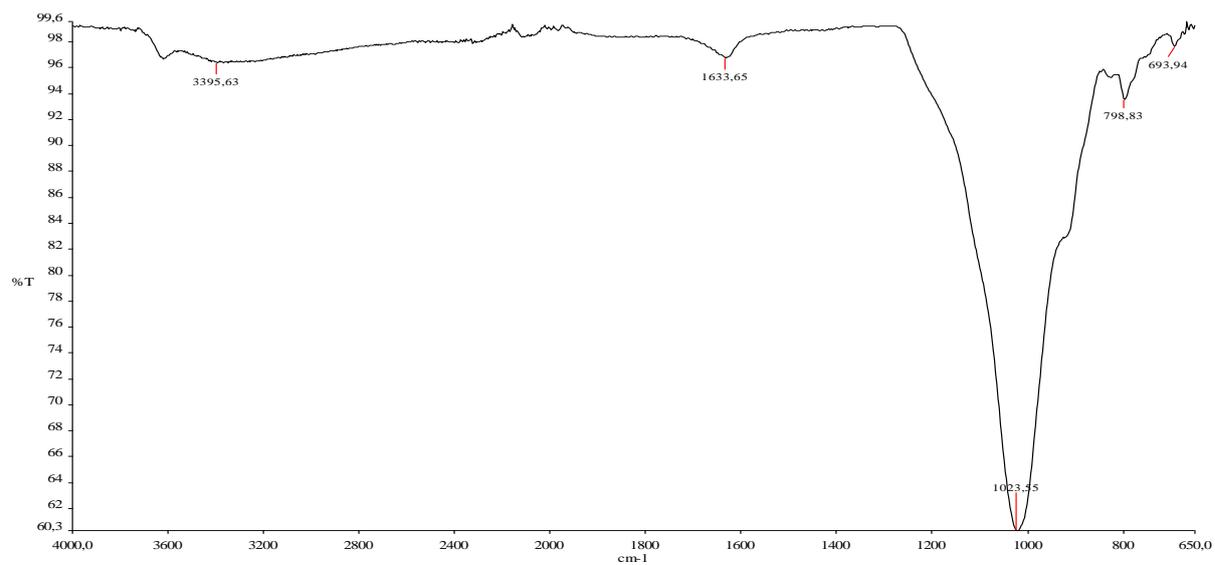


Figure Annexe 20 : Spectre IR de la bentonite purifiée.

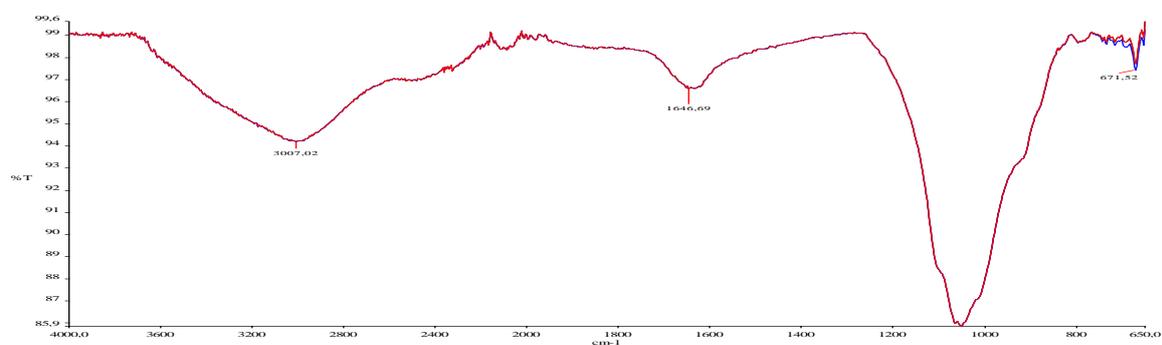


Figure Annexe 21: Spectre IR de la montmorillonite échangée par le toluène.

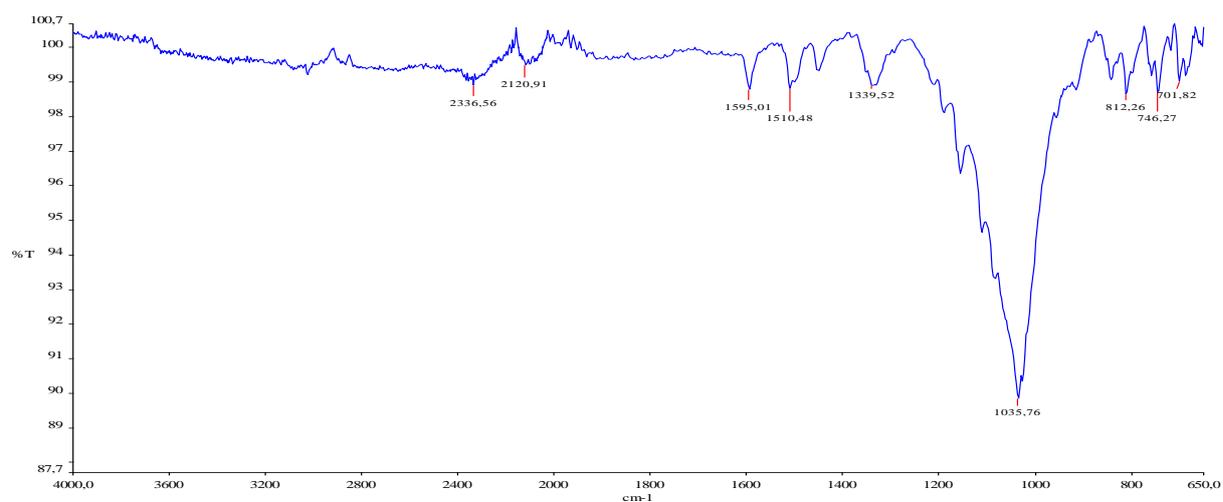


Figure Annexe 22: Spectre IR de la bentonite naturelle.

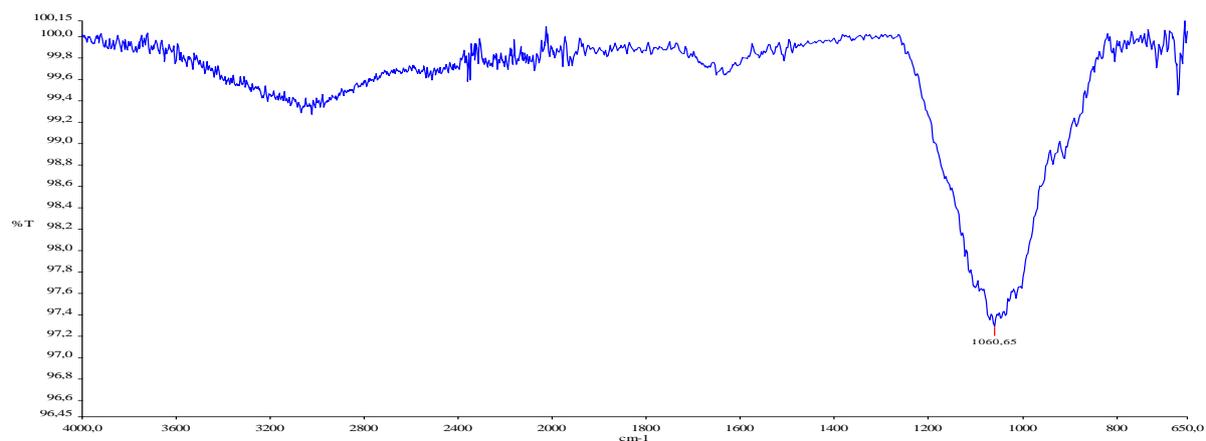


Figure Annexe 23 : Spectre IR de la montmorillonite commerciale.

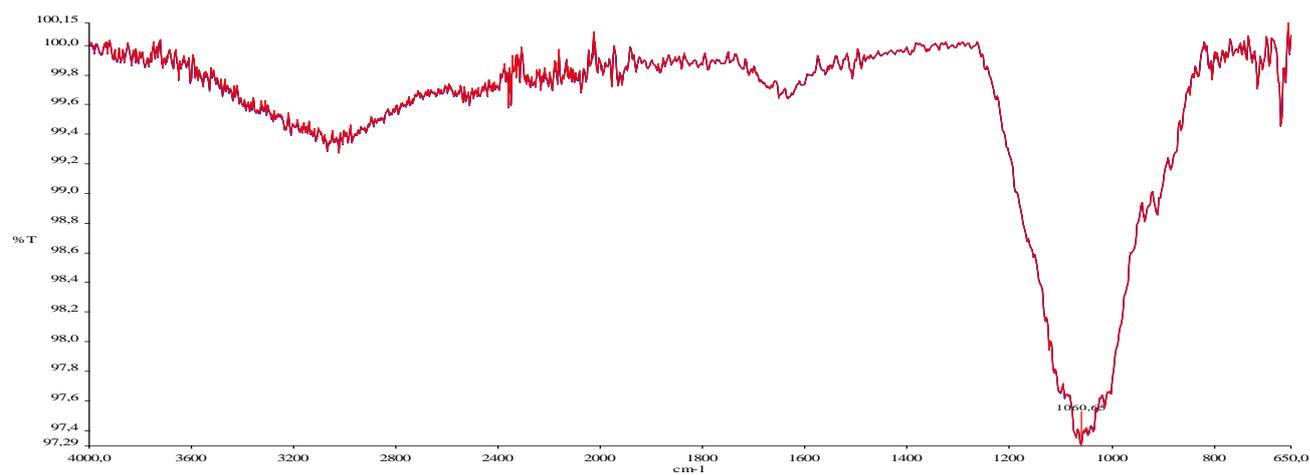


Figure Annexe 24: Spectre IR de la montmorillonite commerciale.

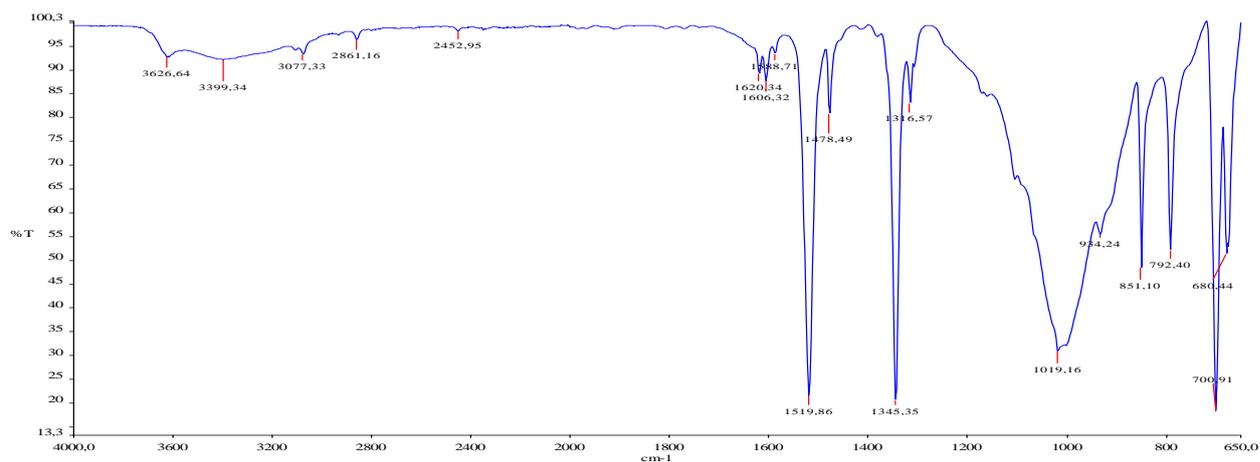


Figure Annexe 25 : Spectre IR de la bentonite échangée par le nitrobenzène.

Les mesures diélectriques de la bentonite échangée par le nitrobenzène

Fréquence	Epsil 1	Epsil 2	Sigma
1,2000000E-2	4,0754448E+2	6,8630490E+2	4,5816060E-10
1,2050000E-2	4,1638464E+2	6,8786743E+2	4,6111705E-10
1,2100000E-2	4,1541696E+2	6,7920673E+2	4,5720054E-10
1,2150000E-2	4,1367312E+2	6,7015045E+2	4,5296848E-10
1,2200000E-2	4,0891536E+2	6,6080722E+2	4,4849127E-10
1,2240000E-2	4,0618368E+2	6,5476809E+2	4,4584953E-10
1,2300000E-2	4,0424832E+2	6,4801006E+2	4,4341078E-10
1,2350000E-2	4,0133520E+2	6,4414300E+2	4,4255641E-10
1,2400000E-2	3,9641616E+2	6,3664435E+2	4,3917536E-10
1,2450000E-2	4,0012560E+2	6,3539945E+2	4,4008399E-10
1,2500000E-2	3,9588192E+2	6,2866049E+2	4,3716518E-10
1,2550000E-2	3,9718224E+2	6,2993103E+2	4,3980090E-10
1,2610000E-2	3,9354336E+2	6,2534040E+2	4,3868316E-10
1,2660000E-2	3,9348288E+2	6,2406385E+2	4,3952352E-10
1,2710000E-2	3,9227328E+2	6,1665360E+2	4,3601979E-10
1,2770000E-2	3,8843280E+2	6,1488912E+2	4,3682461E-10
1,2820000E-2	3,8920896E+2	6,1222569E+2	4,3663542E-10
1,2880000E-2	3,8912832E+2	6,1093146E+2	4,3775160E-10
1,2930000E-2	3,8600352E+2	6,1027157E+2	4,3897627E-10
1,2990000E-2	3,8019744E+2	6,0337334E+2	4,3602827E-10
1,3040000E-2	3,8024784E+2	6,0003109E+2	4,3528202E-10
1,3100000E-2	3,7945152E+2	5,9763614E+2	4,3553949E-10
1,3160000E-2	3,7949184E+2	5,9428422E+2	4,3508036E-10
1,3220000E-2	3,7635696E+2	5,9351493E+2	4,3649823E-10
1,3270000E-2	3,8008656E+2	5,9179477E+2	4,3687927E-10
1,3330000E-2	3,8007648E+2	5,8911854E+2	4,3687001E-10
1,3390000E-2	3,7406880E+2	5,8504360E+2	4,3580098E-10
1,3450000E-2	3,7240560E+2	5,8542160E+2	4,3803662E-10
1,3510000E-2	3,7321200E+2	5,8109108E+2	4,3673595E-10
1,3570000E-2	3,6956304E+2	5,7504009E+2	4,3410757E-10
1,3640000E-2	3,7081296E+2	5,7772659E+2	4,3838543E-10
1,3700000E-2	3,6859536E+2	5,7316578E+2	4,3683780E-10

1,3760000E-2	3,6611568E+2	5,7480162E+2	4,4000317E-10
1,3820000E-2	3,6756720E+2	5,7303726E+2	4,4056531E-10
1,3890000E-2	3,6688176E+2	5,6793296E+2	4,3885263E-10
1,3950000E-2	3,6374688E+2	5,6744513E+2	4,4036974E-10
1,4020000E-2	3,6370656E+2	5,6447258E+2	4,4026104E-10
1,4080000E-2	3,6286992E+2	5,6317412E+2	4,4112810E-10
1,4150000E-2	3,6119664E+2	5,6418915E+2	4,4412023E-10
1,4220000E-2	3,5364672E+2	5,6053005E+2	4,4342266E-10
1,4290000E-2	3,5594496E+2	5,5563008E+2	4,4171014E-10
1,4350000E-2	3,5810208E+2	5,5434202E+2	4,4253649E-10
1,4420000E-2	3,5721504E+2	5,5439774E+2	4,4473991E-10
1,4490000E-2	3,5424144E+2	5,4871999E+2	4,4232201E-10
1,4560000E-2	3,5119728E+2	5,4505818E+2	4,4149280E-10
1,4630000E-2	3,5175168E+2	5,4767737E+2	4,4574708E-10
1,4710000E-2	3,5020944E+2	5,4422547E+2	4,4535971E-10
1,4780000E-2	3,5230608E+2	5,4607442E+2	4,4899929E-10
1,4850000E-2	3,4635888E+2	5,3685626E+2	4,4351046E-10
1,4930000E-2	3,4181280E+2	5,3254434E+2	4,4231836E-10
1,5000000E-2	3,4540128E+2	5,3537198E+2	4,4675177E-10
1,5080000E-2	3,4455456E+2	5,3405957E+2	4,4803344E-10
1,5150000E-2	3,4222608E+2	5,3113488E+2	4,4764820E-10
1,5230000E-2	3,4517952E+2	5,2777949E+2	4,4716911E-10
1,5310000E-2	3,4129872E+2	5,2798912E+2	4,4969654E-10
1,5380000E-2	3,3899040E+2	5,2374017E+2	4,4811719E-10
1,5460000E-2	3,3665184E+2	5,2080040E+2	4,4791972E-10
1,5540000E-2	3,3953472E+2	5,2186486E+2	4,5115779E-10
1,5630000E-2	3,3342624E+2	5,1981151E+2	4,5198524E-10
1,5710000E-2	3,3411168E+2	5,1620255E+2	4,5114455E-10
1,5790000E-2	3,3475680E+2	5,1586023E+2	4,5314121E-10
1,5870000E-2	3,2940432E+2	5,1222372E+2	4,5222649E-10
1,5960000E-2	3,3157152E+2	5,1128328E+2	4,5395611E-10
1,6040000E-2	3,2771088E+2	5,1221211E+2	4,5706039E-10
1,6130000E-2	3,2611824E+2	5,0874445E+2	4,5651331E-10
1,6220000E-2	3,2752944E+2	5,0898075E+2	4,5927372E-10
1,6300000E-2	3,2518080E+2	5,0630651E+2	4,5911396E-10
1,6390000E-2	3,2283216E+2	5,0264967E+2	4,5831465E-10
1,6480000E-2	3,2347728E+2	4,9847849E+2	4,5700717E-10
1,6570000E-2	3,2113872E+2	4,9872843E+2	4,5973336E-10
1,6670000E-2	3,2182416E+2	5,0043657E+2	4,6409194E-10
1,6760000E-2	3,2021136E+2	4,9696803E+2	4,6336353E-10
1,6850000E-2	3,1710672E+2	4,9341806E+2	4,6252406E-10
1,6950000E-2	3,1849776E+2	4,9080505E+2	4,6280507E-10
1,7050000E-2	3,1469760E+2	4,9344584E+2	4,6804031E-10
1,7140000E-2	3,1607856E+2	4,8897353E+2	4,6624647E-10
1,7240000E-2	3,1447584E+2	4,8712308E+2	4,6719195E-10
1,7340000E-2	3,1060512E+2	4,8361217E+2	4,6651510E-10
1,7440000E-2	3,0749040E+2	4,8091499E+2	4,6658866E-10
1,7540000E-2	3,0664368E+2	4,7989736E+2	4,6827108E-10
1,7650000E-2	3,0810528E+2	4,8002803E+2	4,7133608E-10

1,7750000E-2	3,0721824E+2	4,7649549E+2	4,7051832E-10
1,7860000E-2	3,0560544E+2	4,7368843E+2	4,7064518E-10
1,7960000E-2	3,0400272E+2	4,7181222E+2	4,7140578E-10
1,8070000E-2	3,0310560E+2	4,6829815E+2	4,7076046E-10
1,8180000E-2	3,0079728E+2	4,6804057E+2	4,7336567E-10
1,8290000E-2	2,9844864E+2	4,6617678E+2	4,7433342E-10
1,8400000E-2	2,9834784E+2	4,6422924E+2	4,7519263E-10
1,8520000E-2	2,9598912E+2	4,6203902E+2	4,7603515E-10
1,8630000E-2	2,9517264E+2	4,6105966E+2	4,7784756E-10
1,8750000E-2	2,9273328E+2	4,5695665E+2	4,7664568E-10
1,8870000E-2	2,9122128E+2	4,5721741E+2	4,7996995E-10
1,8990000E-2	2,8652400E+2	4,5299444E+2	4,7856092E-10
1,9110000E-2	2,8707840E+2	4,4870354E+2	4,7702327E-10
1,9230000E-2	2,8328832E+2	4,4844541E+2	4,7974257E-10
1,9350000E-2	2,8394352E+2	4,4664316E+2	4,8079621E-10
1,9480000E-2	2,8520352E+2	4,4149505E+2	4,7844738E-10
1,9610000E-2	2,8216944E+2	4,4103083E+2	4,8113387E-10
1,9740000E-2	2,7599040E+2	4,3799676E+2	4,8099154E-10
1,9870000E-2	2,7245232E+2	4,3510636E+2	4,8096412E-10
2,0000000E-2	2,7159552E+2	4,3319485E+2	4,8198405E-10
2,0130000E-2	2,7230112E+2	4,3214188E+2	4,8393777E-10
2,0270000E-2	2,6653536E+2	4,2992154E+2	4,8479969E-10
2,0410000E-2	2,6753328E+2	4,2751818E+2	4,8541923E-10
2,0550000E-2	2,6672688E+2	4,2622955E+2	4,8727572E-10
2,0690000E-2	2,6542656E+2	4,2308994E+2	4,8698162E-10
2,0830000E-2	2,6197920E+2	4,2178651E+2	4,8876640E-10
2,0980000E-2	2,6105184E+2	4,1872715E+2	4,8871536E-10
2,1130000E-2	2,5761456E+2	4,1733559E+2	4,9057375E-10
2,1280000E-2	2,5895520E+2	4,1458728E+2	4,9080274E-10
2,1430000E-2	2,5567920E+2	4,1036512E+2	4,8922877E-10
2,1580000E-2	2,5447968E+2	4,0869437E+2	4,9064737E-10
2,1740000E-2	2,5491312E+2	4,0888064E+2	4,9451046E-10
2,1900000E-2	2,5274592E+2	4,0464622E+2	4,9299099E-10
2,2060000E-2	2,5310880E+2	4,0370854E+2	4,9544201E-10
2,2220000E-2	2,5083072E+2	4,0258331E+2	4,9764449E-10
2,2390000E-2	2,4989328E+2	3,9957935E+2	4,9771018E-10
2,2560000E-2	2,4923808E+2	3,9554083E+2	4,9642061E-10
2,2730000E-2	2,4668784E+2	3,9544061E+2	5,0003463E-10
2,2900000E-2	2,4814944E+2	3,9406131E+2	5,0201728E-10
2,3080000E-2	2,4572016E+2	3,9118649E+2	5,0227209E-10
2,3260000E-2	2,4271632E+2	3,9028784E+2	5,0502644E-10
2,3440000E-2	2,4269616E+2	3,8904194E+2	5,0731000E-10
2,3620000E-2	2,4228288E+2	3,8765261E+2	5,0938012E-10
2,3810000E-2	2,3906736E+2	3,8442031E+2	5,0919615E-10
2,4000000E-2	2,3902704E+2	3,8650672E+2	5,1604513E-10
2,4190000E-2	2,3597280E+2	3,8109607E+2	5,1284925E-10
2,4390000E-2	2,3510592E+2	3,7875564E+2	5,1391381E-10
2,4590000E-2	2,3747472E+2	3,7853470E+2	5,1782572E-10
2,4790000E-2	2,3512608E+2	3,7643685E+2	5,1914425E-10

2,5000000E-2	2,3217264E+2	3,7194057E+2	5,1728865E-10
2,5210000E-2	2,3028768E+2	3,7053288E+2	5,1965963E-10
2,5420000E-2	2,3013648E+2	3,6798823E+2	5,2038990E-10
2,5640000E-2	2,2741488E+2	3,6886694E+2	5,2614704E-10
2,5860000E-2	2,2675968E+2	3,6508308E+2	5,2521802E-10
2,6090000E-2	2,2266720E+2	3,6406087E+2	5,2840567E-10
2,6320000E-2	2,2336272E+2	3,6184761E+2	5,2982320E-10
2,6550000E-2	2,2095360E+2	3,5904960E+2	5,3032043E-10
2,6790000E-2	2,2081248E+2	3,5639134E+2	5,3115252E-10
2,7030000E-2	2,2032864E+2	3,5671207E+2	5,3639316E-10
2,7270000E-2	2,1830256E+2	3,5103052E+2	5,3253652E-10
2,7520000E-2	2,1640752E+2	3,5209504E+2	5,3904834E-10
2,7780000E-2	2,1432096E+2	3,4891452E+2	5,3922581E-10
2,8040000E-2	2,1387744E+2	3,4648145E+2	5,4047721E-10
2,8300000E-2	2,1242592E+2	3,4243058E+2	5,3911122E-10
2,8570000E-2	2,1106512E+2	3,3918165E+2	5,3909086E-10
2,8850000E-2	2,0818224E+2	3,4058614E+2	5,4662839E-10
2,9130000E-2	2,0674080E+2	3,3429987E+2	5,4174646E-10
2,9410000E-2	2,0603520E+2	3,3501324E+2	5,4812092E-10
2,9700000E-2	2,0451312E+2	3,3049320E+2	5,4605749E-10
3,0000000E-2	2,0056176E+2	3,2912185E+2	5,4928451E-10
3,0300000E-2	1,9968480E+2	3,2928024E+2	5,5504434E-10
3,0610000E-2	1,9902960E+2	3,2481631E+2	5,5312150E-10
3,0930000E-2	1,9649952E+2	3,2127672E+2	5,5281339E-10
3,1250000E-2	1,9436256E+2	3,2264185E+2	5,6090603E-10
3,1580000E-2	1,9261872E+2	3,1916922E+2	5,6072835E-10
3,1910000E-2	1,9128816E+2	3,1792092E+2	5,6437179E-10
3,2260000E-2	1,8968544E+2	3,1506752E+2	5,6544111E-10
3,2610000E-2	1,8795168E+2	3,1162389E+2	5,6532856E-10
3,2970000E-2	1,8884880E+2	3,0990088E+2	5,6840926E-10
3,3330000E-2	1,8623808E+2	3,0841026E+2	5,7185183E-10
3,3710000E-2	1,8363744E+2	3,0575634E+2	5,7339461E-10
3,4090000E-2	1,8211536E+2	3,0322207E+2	5,7505211E-10
3,4480000E-2	1,8200448E+2	3,0012539E+2	5,7569092E-10
3,4880000E-2	1,8113760E+2	2,9833363E+2	5,7889270E-10
3,5290000E-2	1,7955504E+2	2,9662493E+2	5,8234277E-10
3,5710000E-2	1,7754912E+2	2,9295605E+2	5,8198488E-10
3,6140000E-2	1,7597664E+2	2,8895364E+2	5,8094592E-10
3,6590000E-2	1,7440416E+2	2,8829008E+2	5,8682889E-10
3,7040000E-2	1,7210592E+2	2,8552372E+2	5,8834567E-10
3,7500000E-2	1,7046288E+2	2,8347977E+2	5,9138830E-10
3,7970000E-2	1,7003952E+2	2,8192552E+2	5,9551730E-10
3,8460000E-2	1,6818480E+2	2,7784129E+2	5,9446385E-10
3,8960000E-2	1,6665264E+2	2,7697669E+2	6,0031826E-10
3,9470000E-2	1,6455600E+2	2,7283385E+2	5,9907992E-10
4,0000000E-2	1,6247952E+2	2,7312807E+2	6,0777904E-10
4,0540000E-2	1,6081632E+2	2,6968897E+2	6,0822787E-10
4,1100000E-2	1,5819552E+2	2,6750862E+2	6,1164439E-10
4,1670000E-2	1,5784272E+2	2,6517577E+2	6,1471912E-10

4,2250000E-2	1,5589728E+2	2,6190743E+2	6,1559335E-10
4,2860000E-2	1,5546384E+2	2,6117925E+2	6,2274497E-10
4,3480000E-2	1,5257088E+2	2,5723450E+2	6,2221166E-10
4,4120000E-2	1,5218784E+2	2,5384932E+2	6,2306146E-10
4,4780000E-2	1,4945616E+2	2,5108635E+2	6,2549894E-10
4,5450000E-2	1,4885136E+2	2,4887947E+2	6,2927772E-10
4,6150000E-2	1,4598864E+2	2,4613685E+2	6,3192818E-10
4,6880000E-2	1,4655312E+2	2,4371784E+2	6,3561525E-10
4,7620000E-2	1,4319648E+2	2,4071328E+2	6,3768886E-10
4,8390000E-2	1,4175504E+2	2,3857373E+2	6,4224042E-10
4,9180000E-2	1,4246064E+2	2,3406283E+2	6,4038384E-10
5,0000000E-2	1,4176512E+2	2,3206950E+2	6,4551667E-10
5,0850000E-2	1,3932576E+2	2,3267402E+2	6,5820054E-10
5,1720000E-2	1,3179600E+2	2,2853426E+2	6,5755067E-10
5,2630000E-2	1,3169520E+2	2,2677913E+2	6,6398130E-10
5,3570000E-2	1,3198752E+2	2,2187102E+2	6,6121335E-10
5,4550000E-2	1,2966912E+2	2,2147486E+2	6,7210724E-10
5,5560000E-2	1,2839904E+2	2,1802157E+2	6,7387770E-10
5,6600000E-2	1,2707856E+2	2,1488984E+2	6,7663072E-10
5,7690000E-2	1,2571776E+2	2,1183443E+2	6,7985526E-10
5,8820000E-2	1,2351024E+2	2,1033794E+2	6,8827504E-10
6,0000000E-2	1,2114144E+2	2,0606159E+2	6,8780873E-10
6,1220000E-2	1,1991168E+2	2,0301047E+2	6,9140284E-10
6,2500000E-2	1,1758320E+2	2,0036177E+2	6,9664940E-10
6,3830000E-2	1,1652480E+2	1,9704344E+2	6,9969087E-10
6,5220000E-2	1,1438784E+2	1,9457372E+2	7,0596692E-10
6,6670000E-2	1,1224080E+2	1,9137056E+2	7,0978199E-10
6,8180000E-2	1,1073888E+2	1,8781314E+2	7,1236465E-10
6,9770000E-2	1,0981152E+2	1,8514222E+2	7,1861054E-10
7,1430000E-2	1,0760400E+2	1,8271159E+2	7,2604934E-10
7,3170000E-2	1,0506384E+2	1,7934397E+2	7,3002752E-10
7,5000000E-2	1,0361232E+2	1,7614094E+2	7,3492153E-10
7,6920000E-2	1,0122336E+2	1,7228216E+2	7,3722315E-10
7,8950000E-2	1,0035648E+2	1,7010423E+2	7,4711360E-10
8,1080000E-2	9,7715520E+1	1,6699582E+2	7,5324930E-10
8,3330000E-2	9,6052320E+1	1,6338500E+2	7,5741332E-10
8,5710000E-2	9,4479840E+1	1,6042677E+2	7,6494061E-10
8,8240000E-2	9,2977920E+1	1,5703971E+2	7,7089346E-10
9,0910000E-2	8,9903520E+1	1,5427444E+2	7,8023427E-10
9,3750000E-2	8,8744320E+1	1,5024413E+2	7,8358874E-10
9,6770000E-2	8,6778720E+1	1,4674282E+2	7,8998160E-10
1,0000000E-1	8,5145760E+1	1,4483294E+2	8,0572479E-10
1,0345000E-1	8,3391840E+1	1,4084882E+2	8,1059344E-10
1,0714000E-1	8,1476640E+1	1,3745109E+2	8,1925523E-10
1,1111000E-1	7,9873920E+1	1,3394856E+2	8,2796236E-10
1,1538000E-1	7,7656320E+1	1,3061793E+2	8,3840280E-10
1,2000000E-1	7,5489120E+1	1,2689721E+2	8,4713516E-10
1,2500000E-1	7,3674720E+1	1,2347883E+2	8,5866133E-10
1,3043000E-1	7,1648640E+1	1,1950993E+2	8,6716328E-10

1,3636000E-1	6,9562080E+1	1,1609911E+2	8,8071476E-10
1,4286000E-1	6,7556160E+1	1,1241345E+2	8,9340486E-10
1,5000000E-1	6,5136960E+1	1,0819249E+2	9,0283370E-10
1,5789000E-1	6,3292320E+1	1,0449562E+2	9,1785082E-10
1,6667000E-1	6,1044480E+1	1,0035713E+2	9,3051855E-10
1,7647000E-1	5,8756320E+1	9,6536634E+1	9,4772519E-10
1,8750000E-1	5,6952000E+1	9,2376144E+1	9,6356383E-10
2,0000000E-1	5,4311040E+1	8,8418373E+1	9,8376621E-10
2,1429000E-1	5,2063200E+1	8,3873815E+1	9,9987956E-10
2,3077000E-1	4,9966560E+1	7,9696663E+1	1,0231490E-9
2,3438000E-1	4,9361760E+1	7,9521795E+1	1,0368743E-9
2,3529000E-1	4,9553280E+1	7,8393289E+1	1,0261285E-9
2,3622000E-1	4,9200480E+1	7,8277964E+1	1,0286688E-9
2,3715000E-1	4,9099680E+1	7,8068491E+1	1,0299551E-9
2,3810000E-1	4,9119840E+1	7,7953186E+1	1,0325537E-9
2,3904000E-1	4,8998880E+1	7,7614226E+1	1,0321226E-9
2,4000000E-1	4,8867840E+1	7,7504394E+1	1,0348013E-9
2,4096000E-1	4,8615840E+1	7,7347801E+1	1,0368414E-9
2,4194000E-1	4,8767040E+1	7,7051923E+1	1,0370759E-9
2,4291000E-1	4,8232800E+1	7,6931316E+1	1,0396040E-9
2,4390000E-1	4,8504960E+1	7,6686342E+1	1,0405171E-9
2,4490000E-1	4,8242880E+1	7,6464965E+1	1,0417672E-9
2,4590000E-1	4,7950560E+1	7,6385242E+1	1,0449304E-9
2,4691000E-1	4,8011040E+1	7,6145509E+1	1,0459294E-9
2,4793000E-1	4,7960640E+1	7,5825772E+1	1,0458401E-9
2,4896000E-1	4,7779200E+1	7,5777811E+1	1,0495207E-9
2,5000000E-1	4,7557440E+1	7,5426100E+1	1,0490134E-9
2,5105000E-1	4,7507040E+1	7,5298658E+1	1,0516394E-9
2,5210000E-1	4,7557440E+1	7,5045640E+1	1,0524893E-9
2,5316000E-1	4,7174400E+1	7,4865773E+1	1,0543815E-9
2,5424000E-1	4,7325600E+1	7,4727122E+1	1,0569186E-9
2,5532000E-1	4,7023200E+1	7,4437726E+1	1,0572978E-9
2,5641000E-1	4,7033280E+1	7,4171483E+1	1,0580137E-9
2,5751000E-1	4,7103840E+1	7,4047236E+1	1,0607727E-9
2,5862000E-1	4,6680480E+1	7,3895200E+1	1,0631578E-9
2,5974000E-1	4,6821600E+1	7,3697198E+1	1,0649009E-9
2,6087000E-1	4,6670400E+1	7,3412539E+1	1,0654026E-9
2,6201000E-1	4,6519200E+1	7,2988625E+1	1,0638795E-9
2,6316000E-1	4,6156320E+1	7,3019298E+1	1,0689981E-9
2,6432000E-1	4,6347840E+1	7,2719761E+1	1,0693056E-9
2,6549000E-1	4,6055520E+1	7,2399277E+1	1,0693055E-9
2,6667000E-1	4,6085760E+1	7,2492900E+1	1,0754470E-9
2,6786000E-1	4,6035360E+1	7,2183444E+1	1,0756348E-9
2,6906000E-1	4,5732960E+1	7,1983679E+1	1,0774635E-9
2,7027000E-1	4,5793440E+1	7,1758320E+1	1,0789206E-9
2,7149000E-1	4,5622080E+1	7,1444177E+1	1,0790463E-9
2,7273000E-1	4,5491040E+1	7,1193478E+1	1,0801710E-9
2,7397000E-1	4,5521280E+1	7,1013197E+1	1,0823344E-9
2,7523000E-1	4,5309600E+1	7,1136072E+1	1,0891935E-9

2,7650000E-1	4,5077760E+1	7,0727005E+1	1,0879271E-9
2,7778000E-1	4,5027360E+1	7,0377764E+1	1,0875665E-9
2,7907000E-1	4,4987040E+1	7,0224769E+1	1,0902419E-9
2,8037000E-1	4,4684640E+1	7,0020831E+1	1,0921397E-9
2,8169000E-1	4,4593920E+1	6,9789485E+1	1,0936562E-9
2,8302000E-1	4,4533440E+1	6,9605767E+1	1,0959273E-9
2,8436000E-1	4,4402400E+1	6,9223342E+1	1,0950664E-9
2,8571000E-1	4,4352000E+1	6,9144768E+1	1,0990163E-9
2,8708000E-1	4,4231040E+1	6,8956191E+1	1,1012745E-9
2,8846000E-1	4,4029440E+1	6,8685926E+1	1,1022313E-9
2,8986000E-1	4,3979040E+1	6,8475365E+1	1,1041855E-9
2,9126000E-1	4,3878240E+1	6,8318420E+1	1,1069756E-9
2,9268000E-1	4,3525440E+1	6,7899686E+1	1,1055546E-9
2,9412000E-1	4,3505280E+1	6,7694216E+1	1,1076320E-9
2,9557000E-1	4,3323840E+1	6,7541867E+1	1,1105875E-9
2,9703000E-1	4,3212960E+1	6,7282579E+1	1,1117889E-9
2,9851000E-1	4,3212960E+1	6,7066514E+1	1,1137405E-9
3,0000000E-1	4,3051680E+1	6,6816207E+1	1,1151222E-9
3,0151000E-1	4,3041600E+1	6,6671438E+1	1,1183067E-9
3,0303000E-1	4,2890400E+1	6,6394339E+1	1,1192731E-9
3,0457000E-1	4,2739200E+1	6,6160282E+1	1,1209955E-9
3,0612000E-1	4,2547680E+1	6,5991452E+1	1,1238252E-9
3,0769000E-1	4,2537600E+1	6,5720592E+1	1,1249526E-9
3,0928000E-1	4,2356160E+1	6,5609692E+1	1,1288578E-9
3,1088000E-1	4,2376320E+1	6,5047651E+1	1,1249774E-9
3,1250000E-1	4,2033600E+1	6,5194114E+1	1,1333859E-9
3,1414000E-1	4,2013440E+1	6,4742711E+1	1,1314452E-9
3,1579000E-1	4,1892480E+1	6,4514419E+1	1,1333774E-9
3,1746000E-1	4,1852160E+1	6,4284918E+1	1,1353179E-9
3,1915000E-1	4,1590080E+1	6,4090313E+1	1,1379066E-9
3,2086000E-1	4,1600160E+1	6,3939446E+1	1,1413106E-9
3,2258000E-1	4,1408640E+1	6,3727897E+1	1,1436323E-9
3,2432000E-1	4,1317920E+1	6,3464325E+1	1,1450456E-9
3,2609000E-1	4,1136480E+1	6,3226770E+1	1,1469853E-9
3,2787000E-1	4,1186880E+1	6,3180674E+1	1,1524055E-9
3,2967000E-1	4,1025600E+1	6,2769168E+1	1,1511852E-9
3,3149000E-1	4,0793760E+1	6,2536834E+1	1,1532560E-9
3,3333000E-1	4,0894560E+1	6,2405099E+1	1,1572145E-9
3,3520000E-1	4,0551840E+1	6,2206523E+1	1,1600036E-9
3,3708000E-1	4,0521600E+1	6,1957526E+1	1,1618403E-9
3,3898000E-1	4,0360320E+1	6,1710929E+1	1,1637389E-9
3,4091000E-1	4,0309920E+1	6,1512938E+1	1,1666097E-9
3,4286000E-1	4,0118400E+1	6,1220678E+1	1,1677082E-9
3,4483000E-1	4,0088160E+1	6,1014180E+1	1,1704563E-9
3,4682000E-1	3,9866400E+1	6,0517195E+1	1,1676221E-9
3,4884000E-1	3,9866400E+1	6,0477329E+1	1,1736491E-9
3,5088000E-1	3,9856320E+1	6,0342468E+1	1,1778801E-9
3,5294000E-1	3,9705120E+1	6,0312077E+1	1,1841986E-9
3,5503000E-1	3,9513600E+1	6,0060672E+1	1,1862456E-9

3,5714000E-1	3,9503520E+1	5,9768826E+1	1,1874972E-9
3,5928000E-1	3,9281760E+1	5,9472585E+1	1,1886917E-9
3,6145000E-1	3,9180960E+1	5,9319973E+1	1,1928026E-9
3,6364000E-1	3,9029760E+1	5,8973967E+1	1,1930300E-9
3,6585000E-1	3,8999520E+1	5,8811276E+1	1,1969694E-9
3,6810000E-1	3,8858400E+1	5,8598467E+1	1,1999730E-9
3,7037000E-1	3,8556000E+1	5,8258116E+1	1,2003603E-9
3,7267000E-1	3,8626560E+1	5,8094346E+1	1,2044193E-9
3,7500000E-1	3,8374560E+1	5,7715338E+1	1,2040427E-9
3,7736000E-1	3,8263680E+1	5,7395520E+1	1,2049062E-9
3,7975000E-1	3,8072160E+1	5,7146312E+1	1,2072727E-9
3,8217000E-1	3,7910880E+1	5,6942142E+1	1,2106254E-9
3,8462000E-1	3,7900800E+1	5,6813299E+1	1,2156296E-9
3,8710000E-1	3,7810080E+1	5,6526070E+1	1,2172824E-9
3,8961000E-1	3,7699200E+1	5,6247206E+1	1,2191312E-9
3,9216000E-1	3,7437120E+1	5,6005932E+1	1,2218467E-9
3,9474000E-1	3,7477440E+1	5,5691476E+1	1,2229797E-9
3,9735000E-1	3,7175040E+1	5,5502335E+1	1,2268850E-9
4,0000000E-1	3,7104480E+1	5,5211466E+1	1,2285948E-9
4,0268000E-1	3,7064160E+1	5,4854957E+1	1,2288400E-9
4,0541000E-1	3,6701280E+1	5,4611505E+1	1,2316803E-9
4,0816000E-1	3,6751680E+1	5,4465990E+1	1,2367309E-9
4,1096000E-1	3,6620640E+1	5,4161927E+1	1,2382634E-9
4,1379000E-1	3,6509760E+1	5,3924916E+1	1,2413346E-9
4,1667000E-1	3,6227520E+1	5,3689185E+1	1,2445101E-9
4,1958000E-1	3,6237600E+1	5,3486698E+1	1,2484753E-9
4,2254000E-1	3,6116640E+1	5,3308161E+1	1,2530861E-9
4,2553000E-1	3,5995680E+1	5,2949645E+1	1,2534662E-9
4,2857000E-1	3,5864640E+1	5,2649292E+1	1,2552600E-9
4,3165000E-1	3,5693280E+1	5,2469122E+1	1,2599547E-9
4,3478000E-1	3,5602560E+1	5,2193353E+1	1,2624208E-9
4,3796000E-1	3,5491680E+1	5,1995311E+1	1,2668291E-9
4,4118000E-1	3,5370720E+1	5,1747363E+1	1,2700576E-9
4,4444000E-1	3,5189280E+1	5,1481917E+1	1,2728793E-9
4,4776000E-1	3,5108640E+1	5,1153288E+1	1,2742019E-9
4,5113000E-1	3,5038080E+1	5,0980406E+1	1,2794531E-9
4,5455000E-1	3,4786080E+1	5,0752891E+1	1,2833994E-9
4,5802000E-1	3,4634880E+1	5,0428385E+1	1,2849283E-9
4,6154000E-1	3,4463520E+1	5,0213349E+1	1,2892820E-9
4,6512000E-1	3,4463520E+1	4,9937640E+1	1,2921485E-9
4,6875000E-1	3,4403040E+1	4,9677990E+1	1,2954620E-9
4,7244000E-1	3,4100640E+1	4,9377727E+1	1,2977682E-9
4,7619000E-1	3,4050240E+1	4,9168547E+1	1,3025279E-9
4,8000000E-1	3,3899040E+1	4,9018012E+1	1,3089297E-9
4,8387000E-1	3,3747840E+1	4,8698133E+1	1,3108723E-9
4,8780000E-1	3,3546240E+1	4,8474317E+1	1,3154456E-9
4,9180000E-1	3,3626880E+1	4,8321827E+1	1,3220603E-9
4,9587000E-1	3,3334560E+1	4,8068436E+1	1,3260112E-9
5,0000000E-1	3,3374880E+1	4,7859578E+1	1,3312458E-9

5,0420000E-1	3,3183360E+1	4,7551755E+1	1,3337941E-9
5,0847000E-1	3,3102720E+1	4,7369992E+1	1,3399483E-9
5,1282000E-1	3,2931360E+1	4,7124776E+1	1,3444159E-9
5,1724000E-1	3,2870880E+1	4,6906746E+1	1,3497297E-9
5,2174000E-1	3,2739840E+1	4,6588792E+1	1,3522437E-9
5,2632000E-1	3,2608800E+1	4,6467540E+1	1,3605639E-9
5,3097000E-1	3,2548320E+1	4,6218614E+1	1,3652315E-9
5,3571000E-1	3,2437440E+1	4,5963852E+1	1,3698265E-9
5,4054000E-1	3,2266080E+1	4,5688769E+1	1,3739049E-9
5,4545000E-1	3,2185440E+1	4,5542398E+1	1,3819433E-9
5,5046000E-1	3,2145120E+1	4,5388909E+1	1,3899363E-9
5,5556000E-1	3,1973760E+1	4,5242870E+1	1,3983005E-9
5,6075000E-1	3,1933440E+1	4,4994217E+1	1,4036065E-9
5,6604000E-1	3,1792320E+1	4,4827171E+1	1,4115876E-9
5,7143000E-1	3,1661280E+1	4,4642405E+1	1,4191556E-9
5,7692000E-1	3,1540320E+1	4,4566472E+1	1,4303530E-9
5,8252000E-1	3,1520160E+1	4,4380385E+1	1,4382067E-9
5,8824000E-1	3,1500000E+1	4,4226000E+1	1,4472768E-9
5,9406000E-1	3,1429440E+1	4,4001216E+1	1,4541673E-9
6,0000000E-1	3,1207680E+1	4,3846790E+1	1,4635530E-9
6,0606000E-1	3,1217760E+1	4,3704864E+1	1,4735497E-9
6,1224000E-1	3,1046400E+1	4,3558099E+1	1,4835767E-9
6,1856000E-1	3,1076640E+1	4,3289760E+1	1,4896574E-9
6,2500000E-1	3,0864960E+1	4,3180079E+1	1,5013531E-9
6,3158000E-1	3,0814560E+1	4,2986311E+1	1,5103512E-9
6,3830000E-1	3,0814560E+1	4,2893868E+1	1,5231386E-9
6,4516000E-1	3,0673440E+1	4,2666755E+1	1,5313569E-9
6,5217000E-1	3,0532320E+1	4,2470457E+1	1,5408740E-9
6,5934000E-1	3,0512160E+1	4,2259342E+1	1,5500708E-9
6,6667000E-1	3,0371040E+1	4,2155004E+1	1,5634336E-9
6,7416000E-1	3,0290400E+1	4,1952204E+1	1,5733928E-9
6,8182000E-1	3,0119040E+1	4,1714870E+1	1,5822679E-9
6,8966000E-1	3,0038400E+1	4,1452992E+1	1,5904144E-9
6,9767000E-1	2,9927520E+1	4,1299978E+1	1,6029473E-9
7,0588000E-1	2,9806560E+1	4,1103246E+1	1,6140849E-9
7,1429000E-1	2,9725920E+1	4,0873140E+1	1,6241718E-9
7,2289000E-1	2,9534400E+1	4,0698403E+1	1,6366996E-9
7,3171000E-1	2,9443680E+1	4,0396729E+1	1,6443891E-9
7,4074000E-1	2,9352960E+1	4,0184202E+1	1,6559245E-9
7,5000000E-1	2,9232000E+1	3,9930912E+1	1,6660571E-9
7,5949000E-1	2,9100960E+1	3,9635508E+1	1,6746570E-9
7,6923000E-1	2,8980000E+1	3,9412800E+1	1,6866031E-9
7,7922000E-1	2,8818720E+1	3,9222278E+1	1,7002481E-9
7,8947000E-1	2,8697760E+1	3,8856767E+1	1,7065605E-9
8,0000000E-1	2,8516320E+1	3,8611097E+1	1,7183891E-9
8,1081000E-1	2,8405440E+1	3,8347344E+1	1,7297119E-9
8,2192000E-1	2,8274400E+1	3,8000794E+1	1,7375672E-9
8,3333000E-1	2,8123200E+1	3,7713211E+1	1,7483562E-9
8,4507000E-1	2,7951840E+1	3,7371610E+1	1,7569277E-9

8,5714000E-1	2,7820800E+1	3,7085126E+1	1,7683609E-9
8,6957000E-1	2,7609120E+1	3,6692520E+1	1,7750128E-9
8,8235000E-1	2,7457920E+1	3,6326828E+1	1,7831495E-9
8,9552000E-1	2,7276480E+1	3,6004954E+1	1,7937294E-9
9,0909000E-1	2,7064800E+1	3,5590212E+1	1,7999351E-9
9,2308000E-1	2,6913600E+1	3,5202989E+1	1,8077496E-9
9,3750000E-1	2,6752320E+1	3,4911778E+1	1,8208016E-9
9,5238000E-1	2,6530560E+1	3,4463197E+1	1,8259346E-9
9,6774000E-1	2,6339040E+1	3,4056379E+1	1,8334816E-9
9,8361000E-1	2,6157600E+1	3,3664831E+1	1,8421236E-9
1,0000000E+0	2,5976160E+1	3,3275461E+1	1,8511579E-9
1,0169500E+0	2,5794720E+1	3,2862473E+1	1,8591706E-9
1,0344800E+0	2,5552800E+1	3,2400950E+1	1,8646582E-9
1,0526300E+0	2,5371360E+1	3,2018656E+1	1,8749869E-9
1,0714300E+0	2,5179840E+1	3,1600699E+1	1,8835618E-9
1,0909100E+0	2,4948000E+1	3,1185000E+1	1,8925792E-9
1,1111100E+0	2,4766560E+1	3,0735301E+1	1,8998264E-9
1,1320800E+0	2,4554880E+1	3,0276167E+1	1,9067660E-9
1,1538500E+0	2,4333120E+1	2,9856738E+1	1,9165100E-9
1,1764700E+0	2,4141600E+1	2,9452752E+1	1,9276409E-9
1,2000000E+0	2,3940000E+1	2,8943460E+1	1,9321956E-9
1,2244900E+0	2,3768640E+1	2,8617443E+1	1,9494201E-9
1,2500000E+0	2,3577120E+1	2,8151081E+1	1,9576024E-9
1,2766000E+0	2,3355360E+1	2,7699457E+1	1,9671863E-9
1,3043500E+0	2,3173920E+1	2,7252530E+1	1,9775176E-9
1,3333300E+0	2,2942080E+1	2,6750465E+1	1,9842134E-9
1,3636400E+0	2,2740480E+1	2,6287995E+1	1,9942361E-9
1,3953500E+0	2,2528800E+1	2,5795476E+1	2,0023781E-9
1,4285700E+0	2,2307040E+1	2,5318490E+1	2,0121424E-9
1,4634100E+0	2,2115520E+1	2,4857844E+1	2,0237128E-9
1,5000000E+0	2,1893760E+1	2,4345861E+1	2,0315887E-9
1,5384600E+0	2,1641760E+1	2,3892503E+1	2,0448773E-9
1,5789500E+0	2,1460320E+1	2,3370288E+1	2,0528246E-9
1,6216200E+0	2,1228480E+1	2,2884301E+1	2,0644584E-9
1,6666700E+0	2,1006720E+1	2,2372157E+1	2,0743253E-9
1,7142900E+0	2,0784960E+1	2,1886563E+1	2,0872825E-9
1,7647100E+0	2,0563200E+1	2,1365165E+1	2,0974856E-9
1,8181800E+0	2,0351520E+1	2,0880660E+1	2,1120319E-9
1,8750000E+0	2,0129760E+1	2,0351187E+1	2,1228065E-9
1,9354800E+0	1,9908000E+1	1,9850267E+1	2,1373440E-9
2,0000000E+0	1,9676160E+1	1,9329860E+1	2,1506913E-9
2,0689700E+0	1,9454400E+1	1,8824077E+1	2,1666426E-9
2,1428600E+0	1,9242720E+1	1,8290205E+1	2,1803779E-9
2,2222200E+0	1,9010880E+1	1,7784678E+1	2,1986315E-9
2,3076900E+0	1,8789120E+1	1,7269080E+1	2,2170019E-9
2,4000000E+0	1,8537120E+1	1,6722336E+1	2,2326856E-9
2,5000000E+0	1,8315360E+1	1,6220083E+1	2,2558617E-9
2,6087000E+0	1,8093600E+1	1,5670867E+1	2,2742413E-9
2,7272700E+0	1,7861760E+1	1,5144986E+1	2,2978221E-9

2,8571400E+0	1,7640000E+1	1,4616504E+1	2,3232418E-9
3,0000000E+0	1,7408160E+1	1,4077979E+1	2,3495298E-9
3,1578900E+0	1,7166240E+1	1,3511548E+1	2,3736762E-9
3,3333300E+0	1,6944480E+1	1,2970999E+1	2,4053104E-9
3,5294100E+0	1,6682400E+1	1,2411706E+1	2,4369856E-9
3,7500000E+0	1,6460640E+1	1,1868121E+1	2,4758974E-9
4,0000000E+0	1,6198560E+1	1,1296876E+1	2,5138406E-9
4,2857100E+0	1,5966720E+1	1,0742409E+1	2,5612022E-9
4,6153800E+0	1,5704640E+1	1,0182889E+1	2,6145554E-9
5,0000000E+0	1,5452640E+1	9,5914536E+0	2,6679263E-9
5,4545500E+0	1,5170400E+1	9,0005983E+0	2,7311760E-9
6,0000000E+0	1,4898240E+1	8,4115463E+0	2,8076727E-9
6,6666700E+0	1,4646240E+1	7,8518493E+0	2,9120599E-9
7,5000000E+0	1,4343840E+1	7,2379017E+0	3,0199053E-9
8,5714300E+0	1,4031360E+1	6,6157862E+0	3,1546714E-9
1,0000000E+1	1,3698720E+1	5,9808612E+0	3,3272322E-9
1,2000000E+1	1,3335840E+1	5,3316688E+0	3,5592935E-9
1,4285700E+1	1,2932640E+1	4,6479908E+0	3,6939088E-9
1,5384600E+1	1,2862080E+1	4,5891901E+0	3,9277302E-9
1,6666700E+1	1,2731040E+1	4,3756584E+0	4,0570692E-9
1,8181800E+1	1,2589920E+1	4,1597096E+0	4,2074530E-9
2,0000000E+1	1,2438720E+1	3,9393426E+0	4,3830168E-9
2,2222200E+1	1,2273408E+1	3,7127059E+0	4,5898341E-9
2,5000000E+1	1,2103056E+1	3,4820492E+0	4,8427751E-9
2,8571400E+1	1,1915568E+1	3,2446092E+0	5,1571920E-9
3,3333300E+1	1,1710944E+1	2,9968306E+0	5,5572494E-9
4,0000000E+1	1,1480112E+1	2,7368587E+0	6,0902028E-9
5,0000000E+1	1,1216016E+1	2,4585507E+0	6,8386214E-9
6,6666700E+1	1,0903536E+1	2,1578098E+0	8,0027915E-9
1,0000000E+2	1,0511424E+1	1,8216298E+0	1,0133967E-8
2,0000000E+2	1,0009440E+1	1,4433612E+0	1,6059219E-8

Les mesures diélectriques de la bentonite échangée par le toluène

Fréquence	Epsil 1	Epsil 2	Sigma
1,2000000E-2	1,1764700E+0	1,0137552E+3	6,7675850E-10
1,2050000E-2	1,2000000E+0	1,0029979E+3	6,7236711E-10
1,2100000E-2	1,2244900E+0	9,9061901E+2	6,6682429E-10
1,2150000E-2	1,2500000E+0	9,8245708E+2	6,6406295E-10
1,2200000E-2	1,2766000E+0	9,7204792E+2	6,5973100E-10
1,2240000E-2	1,3043500E+0	9,6642716E+2	6,5806672E-10
1,2300000E-2	1,3333300E+0	9,5628188E+2	6,5435048E-10
1,2350000E-2	1,3636400E+0	9,5278526E+2	6,5460810E-10
1,2400000E-2	1,3953500E+0	9,4515277E+2	6,5199323E-10
1,2450000E-2	1,4285700E+0	9,4035967E+2	6,5130248E-10
1,2500000E-2	1,4634100E+0	9,3295238E+2	6,4876719E-10
1,2550000E-2	1,5000000E+0	9,2601029E+2	6,4651547E-10
1,2610000E-2	1,5384600E+0	9,2377344E+2	6,4803721E-10

1,2660000E-2	1,5789500E+0	9,1554189E+2	6,4480933E-10
1,2710000E-2	1,6216200E+0	9,1533033E+2	6,4720638E-10
1,2770000E-2	1,6666700E+0	9,0936518E+2	6,4602393E-10
1,2820000E-2	1,7142900E+0	9,0430712E+2	6,4494601E-10
1,2880000E-2	1,7647100E+0	9,0495055E+2	6,4842552E-10
1,2930000E-2	1,8181800E+0	8,9780095E+2	6,4579990E-10
1,2990000E-2	1,8750000E+0	8,9655661E+2	6,4789742E-10
1,3040000E-2	1,9354800E+0	8,9199327E+2	6,4708086E-10
1,3100000E-2	2,0000000E+0	8,8998933E+2	6,4859781E-10
1,3160000E-2	2,0689700E+0	8,8217791E+2	6,4584969E-10
1,3220000E-2	2,1428600E+0	8,8113775E+2	6,4802931E-10
1,3270000E-2	2,2222200E+0	8,7541203E+2	6,4625337E-10
1,3330000E-2	2,3076900E+0	8,7191816E+2	6,4658445E-10
1,3390000E-2	2,4000000E+0	8,7341831E+2	6,5061228E-10
1,3450000E-2	2,5000000E+0	8,6604336E+2	6,4800940E-10
1,3510000E-2	2,6087000E+0	8,6391999E+2	6,4930427E-10
1,3570000E-2	2,7272700E+0	8,6228568E+2	6,5095416E-10
1,3640000E-2	2,8571400E+0	8,5804488E+2	6,5109410E-10
1,3700000E-2	3,0000000E+0	8,5652095E+2	6,5279669E-10
1,3760000E-2	3,1578900E+0	8,5005951E+2	6,5070951E-10
1,3820000E-2	3,3333300E+0	8,4751148E+2	6,5158791E-10
1,3890000E-2	3,5294100E+0	8,4375678E+2	6,5198696E-10
1,3950000E-2	3,7500000E+0	8,4256563E+2	6,5387891E-10
1,4020000E-2	4,0000000E+0	8,3980145E+2	6,5500410E-10
1,4080000E-2	4,2857100E+0	8,3746930E+2	6,5598051E-10
1,4150000E-2	4,6153800E+0	8,3373355E+2	6,5630106E-10
1,4220000E-2	5,0000000E+0	8,3408355E+2	6,5982465E-10
1,4290000E-2	5,4545500E+0	8,2769989E+2	6,5799790E-10
1,4350000E-2	6,0000000E+0	8,2577684E+2	6,5922548E-10
1,4420000E-2	6,6666700E+0	8,1811548E+2	6,5629524E-10
1,4490000E-2	7,5000000E+0	8,1680927E+2	6,5842821E-10
1,4560000E-2	8,5714300E+0	8,1312888E+2	6,5862794E-10
1,4630000E-2	1,0000000E+1	8,1035358E+2	6,5953564E-10
1,4710000E-2	1,2000000E+1	8,0515925E+2	6,5889141E-10
1,4780000E-2	1,4285700E+1	8,0509207E+2	6,6197162E-10
1,4850000E-2	1,5384600E+1	8,0069085E+2	6,6147084E-10
1,4930000E-2	1,6666700E+1	8,0165042E+2	6,6583132E-10
1,5000000E-2	1,8181800E+1	7,9658107E+2	6,6472288E-10
1,5080000E-2	2,0000000E+1	7,9116994E+2	6,6372856E-10
1,5150000E-2	2,2222200E+1	7,9314176E+2	6,6847140E-10
1,5230000E-2	2,5000000E+1	7,9068669E+2	6,6992119E-10
1,5310000E-2	2,8571400E+1	7,8050916E+2	6,6477179E-10
1,5380000E-2	3,3333300E+1	7,8371911E+2	6,7055771E-10
1,5460000E-2	4,0000000E+1	7,7696561E+2	6,6823724E-10
1,5540000E-2	5,0000000E+1	7,7107500E+2	6,6660263E-10
1,5630000E-2	6,6666700E+1	7,6904134E+2	6,6869496E-10
1,5710000E-2	1,0000000E+2	7,7062769E+2	6,7350400E-10
1,5790000E-2	2,0000000E+2	7,6251539E+2	6,6980769E-10
1,5870000E-2	1,0526300E+0	7,5828897E+2	6,6946989E-10

1,5960000E-2	1,0714300E+0	7,5508070E+2	6,7041797E-10
1,6040000E-2	1,0909100E+0	7,5105483E+2	6,7018607E-10
1,6130000E-2	1,1111100E+0	7,4738350E+2	6,7065205E-10
1,6220000E-2	1,1320800E+0	7,4608199E+2	6,7321966E-10
1,6300000E-2	1,1538500E+0	7,4081811E+2	6,7176687E-10
1,6390000E-2	1,1764700E+0	7,3892246E+2	6,7374757E-10
1,6480000E-2	1,2000000E+0	7,3426373E+2	6,7317607E-10
1,6570000E-2	1,2244900E+0	7,2927985E+2	6,7225820E-10
1,6670000E-2	1,2500000E+0	7,3020637E+2	6,7717451E-10
1,6760000E-2	1,2766000E+0	7,2666896E+2	6,7753231E-10
1,6850000E-2	1,3043500E+0	7,2151249E+2	6,7633700E-10
1,6950000E-2	1,3333300E+0	7,1869307E+2	6,7769229E-10
1,7050000E-2	1,3636400E+0	7,1461287E+2	6,7782035E-10
1,7140000E-2	1,3953500E+0	7,1093686E+2	6,7789313E-10
1,7240000E-2	1,4285700E+0	7,0650053E+2	6,7759335E-10
1,7340000E-2	1,4634100E+0	7,0594603E+2	6,8098881E-10
1,7440000E-2	1,5000000E+0	7,0471619E+2	6,8372288E-10
1,7540000E-2	1,5384600E+0	7,0096987E+2	6,8398776E-10
1,7650000E-2	1,5789500E+0	6,9469354E+2	6,8211462E-10
1,7750000E-2	1,6216200E+0	6,9496391E+2	6,8624626E-10
1,7860000E-2	1,6666700E+0	6,9207604E+2	6,8762974E-10
1,7960000E-2	1,7142900E+0	6,9080314E+2	6,9020806E-10
1,8070000E-2	1,7647100E+0	6,8642631E+2	6,9003554E-10
1,8180000E-2	1,8181800E+0	6,8204022E+2	6,8980009E-10
1,8290000E-2	1,8750000E+0	6,8167522E+2	6,9360242E-10
1,8400000E-2	1,9354800E+0	6,7820179E+2	6,9421844E-10
1,8520000E-2	2,0000000E+0	6,7455933E+2	6,9499314E-10
1,8630000E-2	2,0689700E+0	6,7036918E+2	6,9477836E-10
1,8750000E-2	2,1428600E+0	6,6975463E+2	6,9861255E-10
1,8870000E-2	2,2222200E+0	6,6457069E+2	6,9764176E-10
1,8990000E-2	2,3076900E+0	6,6032266E+2	6,9759049E-10
1,9110000E-2	2,4000000E+0	6,5920087E+2	7,0080606E-10
1,9230000E-2	2,5000000E+0	6,5636671E+2	7,0217476E-10
1,9350000E-2	2,6087000E+0	6,5203458E+2	7,0189312E-10
1,9480000E-2	2,7272700E+0	6,5158712E+2	7,0612376E-10
1,9610000E-2	2,8571400E+0	6,4458072E+2	7,0319260E-10
1,9740000E-2	3,0000000E+0	6,4539361E+2	7,0874694E-10
1,9870000E-2	3,1578900E+0	6,4256323E+2	7,1028578E-10
2,0000000E-2	3,3333300E+0	6,4032960E+2	7,1244765E-10
2,0130000E-2	3,5294100E+0	6,3743682E+2	7,1383906E-10
2,0270000E-2	3,7500000E+0	6,3440496E+2	7,1538479E-10
2,0410000E-2	4,0000000E+0	6,3120250E+2	7,1668960E-10
2,0550000E-2	4,2857100E+0	6,2569312E+2	7,1530719E-10
2,0690000E-2	4,6153800E+0	6,2516583E+2	7,1957342E-10
2,0830000E-2	5,0000000E+0	6,2037457E+2	7,1889033E-10
2,0980000E-2	5,4545500E+0	6,1601928E+2	7,1898392E-10
2,1130000E-2	6,0000000E+0	6,1601275E+2	7,2411673E-10
2,1280000E-2	6,6666700E+0	6,1112651E+2	7,2347268E-10
2,1430000E-2	7,5000000E+0	6,0766992E+2	7,2445146E-10

2,1580000E-2	8,5714300E+0	6,0398276E+2	7,2509577E-10
2,1740000E-2	1,0000000E+1	6,0027904E+2	7,2599245E-10
2,1900000E-2	1,2000000E+1	5,9726381E+2	7,2766201E-10
2,2060000E-2	1,4285700E+1	5,9573994E+2	7,3110813E-10
2,2220000E-2	1,5384600E+1	5,9301098E+2	7,3303747E-10
2,2390000E-2	1,6666700E+1	5,9033189E+2	7,3530874E-10
2,2560000E-2	1,8181800E+1	5,8619535E+2	7,3570016E-10
2,2730000E-2	2,0000000E+1	5,8307002E+2	7,3729202E-10
2,2900000E-2	2,2222200E+1	5,7932129E+2	7,3803058E-10
2,3080000E-2	2,5000000E+1	5,7684463E+2	7,4065174E-10
2,3260000E-2	2,8571400E+1	5,7499679E+2	7,4403697E-10
2,3440000E-2	3,3333300E+1	5,7040363E+2	7,4380531E-10
2,3620000E-2	4,0000000E+1	5,6926945E+2	7,4802680E-10
2,3810000E-2	5,0000000E+1	5,6434944E+2	7,4752700E-10
2,4000000E-2	6,6666700E+1	5,6262538E+2	7,5119026E-10
2,4190000E-2	1,0000000E+2	5,5877497E+2	7,5195560E-10
2,4390000E-2	2,0000000E+2	5,5644170E+2	7,5500679E-10
2,4590000E-2	1,0526300E+0	5,5283684E+2	7,5626655E-10
2,4790000E-2	1,0714300E+0	5,4902955E+2	7,5716692E-10
2,5000000E-2	1,0909100E+0	5,4657439E+2	7,6016641E-10
2,5210000E-2	1,1111100E+0	5,4266581E+2	7,6107016E-10
2,5420000E-2	1,1320800E+0	5,3898718E+2	7,6220776E-10
2,5640000E-2	1,1538500E+0	5,3847738E+2	7,6807720E-10
2,5860000E-2	1,1764700E+0	5,3546573E+2	7,7033492E-10
2,6090000E-2	1,2000000E+0	5,2850061E+2	7,6707699E-10
2,6320000E-2	1,2244900E+0	5,2935830E+2	7,7509511E-10
2,6550000E-2	1,2500000E+0	5,2467230E+2	7,7494708E-10
2,6790000E-2	1,2766000E+0	5,2255155E+2	7,7879157E-10
2,7030000E-2	1,3043500E+0	5,1810044E+2	7,7907522E-10
2,7270000E-2	1,3333300E+0	5,1551969E+2	7,8207748E-10
2,7520000E-2	1,3636400E+0	5,1244418E+2	7,8453871E-10
2,7780000E-2	1,3953500E+0	5,0756251E+2	7,8440647E-10
2,8040000E-2	1,4285700E+0	5,0595189E+2	7,8923551E-10
2,8300000E-2	1,4634100E+0	5,0346032E+2	7,9263102E-10
2,8570000E-2	1,5000000E+0	4,9968333E+2	7,9419013E-10
2,8850000E-2	1,5384600E+0	4,9748965E+2	7,9845281E-10
2,9130000E-2	1,5789500E+0	4,9461070E+2	8,0153664E-10
2,9410000E-2	1,6216200E+0	4,9200928E+2	8,0498484E-10
2,9700000E-2	1,6666700E+0	4,8776373E+2	8,0590776E-10
3,0000000E-2	1,7142900E+0	4,8544998E+2	8,1018673E-10
3,0300000E-2	1,7647100E+0	4,8439843E+2	8,1651608E-10
3,0610000E-2	1,8181800E+0	4,8035583E+2	8,1798583E-10
3,0930000E-2	1,8750000E+0	4,7771053E+2	8,2198544E-10
3,1250000E-2	1,9354800E+0	4,7489694E+2	8,2559828E-10
3,1580000E-2	2,0000000E+0	4,6944586E+2	8,2473994E-10
3,1910000E-2	2,0689700E+0	4,6877776E+2	8,3217217E-10
3,2260000E-2	2,1428600E+0	4,6450954E+2	8,3363970E-10
3,2610000E-2	2,2222200E+0	4,6274661E+2	8,3948595E-10
3,2970000E-2	2,3076900E+0	4,5815681E+2	8,4033504E-10

3,3330000E-2	2,4000000E+0	4,5646264E+2	8,4636937E-10
3,3710000E-2	2,5000000E+0	4,5352412E+2	8,5050824E-10
3,4090000E-2	2,6087000E+0	4,4896522E+2	8,5144987E-10
3,4480000E-2	2,7272700E+0	4,4709509E+2	8,5760350E-10
3,4880000E-2	2,8571400E+0	4,4407531E+2	8,6169285E-10
3,5290000E-2	3,0000000E+0	4,4011637E+2	8,6404938E-10
3,5710000E-2	3,1578900E+0	4,3700051E+2	8,6814282E-10
3,6140000E-2	3,3333300E+0	4,3380514E+2	8,7217217E-10
3,6590000E-2	3,5294100E+0	4,3121240E+2	8,7775444E-10
3,7040000E-2	3,7500000E+0	4,2689022E+2	8,7964323E-10
3,7500000E-2	4,0000000E+0	4,2390333E+2	8,8433637E-10
3,7970000E-2	4,2857100E+0	4,2076506E+2	8,8879100E-10
3,8460000E-2	4,6153800E+0	4,1836400E+2	8,9512353E-10
3,8960000E-2	5,0000000E+0	4,1500479E+2	8,9947986E-10
3,9470000E-2	5,4545500E+0	4,0976645E+2	8,9975219E-10
4,0000000E-2	6,0000000E+0	4,0751424E+2	9,0682225E-10
4,0540000E-2	6,6666700E+0	4,0475374E+2	9,1283861E-10
4,1100000E-2	7,5000000E+0	4,0120575E+2	9,1733584E-10
4,1670000E-2	8,5714300E+0	3,9603952E+2	9,1808187E-10
4,2250000E-2	1,0000000E+1	3,9346121E+2	9,2480042E-10
4,2860000E-2	1,2000000E+1	3,8832320E+2	9,2590172E-10
4,3480000E-2	1,4285700E+1	3,8590763E+2	9,3345263E-10
4,4120000E-2	1,5384600E+1	3,8111134E+2	9,3542024E-10
4,4780000E-2	1,6666700E+1	3,7756418E+2	9,4057680E-10
4,5450000E-2	1,8181800E+1	3,7332066E+2	9,4392025E-10
4,6150000E-2	2,0000000E+1	3,6970025E+2	9,4916307E-10
4,6880000E-2	2,2222200E+1	3,6608713E+2	9,5475393E-10
4,7620000E-2	2,5000000E+1	3,5989697E+2	9,5342594E-10
4,8390000E-2	2,8571400E+1	3,5538874E+2	9,5670637E-10
4,9180000E-2	3,3333300E+1	3,5304728E+2	9,6591917E-10
5,0000000E-2	4,0000000E+1	3,4892681E+2	9,7056300E-10
5,0850000E-2	5,0000000E+1	3,4544579E+2	9,7721529E-10
5,1720000E-2	6,6666700E+1	3,4101840E+2	9,8119586E-10
5,2630000E-2	1,0000000E+2	3,3689434E+2	9,8638504E-10
5,3570000E-2	2,0000000E+2	3,3402015E+2	9,9543683E-10
5,4550000E-2	1,0526300E+0	3,3062193E+2	1,0033346E-9
5,5560000E-2	1,0714300E+0	3,2615437E+2	1,0081028E-9
5,6600000E-2	1,0909100E+0	3,2162831E+2	1,0127216E-9
5,7690000E-2	1,1111100E+0	3,1797609E+2	1,0205032E-9
5,8820000E-2	1,1320800E+0	3,1277172E+2	1,0234624E-9
6,0000000E-2	1,1538500E+0	3,0799428E+2	1,0280477E-9
6,1220000E-2	1,1764700E+0	3,0351988E+2	1,0337127E-9
6,2500000E-2	1,2000000E+0	2,9862330E+2	1,0383006E-9
6,3830000E-2	1,2244900E+0	2,9437370E+2	1,0453055E-9
6,5220000E-2	1,2500000E+0	2,8977478E+2	1,0513826E-9
6,6670000E-2	1,2766000E+0	2,8501727E+2	1,0571120E-9
6,8180000E-2	1,3043500E+0	2,8062140E+2	1,0643812E-9
6,9770000E-2	1,3333300E+0	2,7589849E+2	1,0708717E-9
7,1430000E-2	1,3636400E+0	2,7067649E+2	1,0755994E-9

7,3170000E-2	1,3953500E+0	2,6614774E+2	1,0833661E-9
7,5000000E-2	1,4285700E+0	2,6103247E+2	1,0891186E-9
7,6920000E-2	1,4634100E+0	2,5565334E+2	1,0939819E-9
7,8950000E-2	1,5000000E+0	2,5101674E+2	1,1024888E-9
8,1080000E-2	1,5384600E+0	2,4558167E+2	1,1077177E-9
8,3330000E-2	1,5789500E+0	2,4084922E+2	1,1165187E-9
8,5710000E-2	1,6216200E+0	2,3574491E+2	1,1240696E-9
8,8240000E-2	1,6666700E+0	2,3040525E+2	1,1310382E-9
9,0910000E-2	1,7142900E+0	2,2503897E+2	1,1381219E-9
9,3750000E-2	1,7647100E+0	2,2019684E+2	1,1484227E-9
9,6770000E-2	1,8181800E+0	2,1472023E+2	1,1559341E-9
1,0000000E-1	1,8750000E+0	2,0953689E+2	1,1656814E-9
1,0345000E-1	1,9354800E+0	2,0468869E+2	1,1779958E-9
1,0714000E-1	2,0000000E+0	1,9912980E+2	1,1868813E-9
1,1111000E-1	2,0689700E+0	1,9371089E+2	1,1973650E-9
1,1538000E-1	2,1428600E+0	1,8814251E+2	1,2076383E-9
1,2000000E-1	2,2222000E+0	1,8261464E+2	1,2190913E-9
1,2500000E-1	2,3076900E+0	1,7673708E+2	1,2290147E-9
1,3043000E-1	2,4000000E+0	1,7099672E+2	1,2407511E-9
1,3636000E-1	2,5000000E+0	1,6524684E+2	1,2535439E-9
1,4286000E-1	2,6087000E+0	1,5921517E+2	1,2653611E-9
1,5000000E-1	2,7272700E+0	1,5303551E+2	1,2770352E-9
1,5789000E-1	2,8571400E+0	1,4732847E+2	1,2940787E-9
1,6667000E-1	3,0000000E+0	1,4124902E+2	1,3096712E-9
1,7647000E-1	3,1578900E+0	1,3504041E+2	1,3257267E-9
1,8750000E-1	3,3333300E+0	1,2875360E+2	1,3430125E-9
2,0000000E-1	3,5294100E+0	1,2242168E+2	1,3620960E-9
2,1429000E-1	3,7500000E+0	1,1613459E+2	1,3844679E-9
2,3077000E-1	4,0000000E+0	1,0953782E+2	1,4062509E-9
2,3438000E-1	4,2857100E+0	1,0898125E+2	1,4209923E-9
2,3529000E-1	4,6153800E+0	1,0771844E+2	1,4099798E-9
2,3622000E-1	5,0000000E+0	1,0738451E+2	1,4111646E-9
2,3715000E-1	5,4545500E+0	1,0709436E+2	1,4128924E-9
2,3810000E-1	6,0000000E+0	1,0634782E+2	1,4086639E-9
2,3904000E-1	6,6666700E+0	1,0596353E+2	1,4091148E-9
2,4000000E-1	7,5000000E+0	1,0567485E+2	1,4109196E-9
2,4096000E-1	8,5714300E+0	1,0512518E+2	1,4091950E-9
2,4194000E-1	1,0000000E+1	1,0474042E+2	1,4097477E-9
2,4291000E-1	1,2000000E+1	1,0436882E+2	1,4103781E-9
2,4390000E-1	1,4285700E+1	1,0390133E+2	1,4097831E-9
2,4490000E-1	1,5384600E+1	1,0349690E+2	1,4100533E-9
2,4590000E-1	1,6666700E+1	1,0300137E+2	1,4090322E-9
2,4691000E-1	1,8181800E+1	1,0271826E+2	1,4109309E-9
2,4793000E-1	2,0000000E+1	1,0223430E+2	1,4100844E-9
2,4896000E-1	2,2222000E+1	1,0185116E+2	1,4106360E-9
2,5000000E-1	2,5000000E+1	1,0163660E+2	1,4135446E-9
2,5105000E-1	2,8571400E+1	1,0118580E+2	1,4131856E-9
2,5210000E-1	3,3333300E+1	1,0077395E+2	1,4133201E-9
2,5316000E-1	4,0000000E+1	1,0059701E+2	1,4167706E-9

2,5424000E-1	5,0000000E+1	1,0018585E+2	1,4169993E-9
2,5532000E-1	6,6666700E+1	9,9770429E+1	1,4171182E-9
2,5641000E-1	1,0000000E+2	9,9371815E+1	1,4174820E-9
2,5751000E-1	2,0000000E+2	9,9037693E+1	1,4187766E-9
2,5862000E-1	1,0526300E+0	9,8615563E+1	1,4188189E-9
2,5974000E-1	1,0714300E+0	9,8426513E+1	1,4222316E-9
2,6087000E-1	1,0909100E+0	9,7943136E+1	1,4214040E-9
2,6201000E-1	1,1111100E+0	9,7595487E+1	1,4225482E-9
2,6316000E-1	1,1320800E+0	9,7337782E+1	1,4250192E-9
2,6432000E-1	1,1538500E+0	9,7041168E+1	1,4269391E-9
2,6549000E-1	1,1764700E+0	9,6727196E+1	1,4286181E-9
2,6667000E-1	1,2000000E+0	9,6463846E+1	1,4310609E-9
2,6786000E-1	1,2244900E+0	9,6078427E+1	1,4317037E-9
2,6906000E-1	1,2500000E+0	9,5826468E+1	1,4343463E-9
2,7027000E-1	1,2766000E+0	9,5346014E+1	1,4335729E-9
2,7149000E-1	1,3043500E+0	9,5187446E+1	1,4376491E-9
2,7273000E-1	1,3333300E+0	9,4866781E+1	1,4393502E-9
2,7397000E-1	1,3636400E+0	9,4644487E+1	1,4425063E-9
2,7523000E-1	1,3953500E+0	9,4049343E+1	1,4400280E-9
2,7650000E-1	1,4285700E+0	9,3865353E+1	1,4438426E-9
2,7778000E-1	1,4634100E+0	9,3678742E+1	1,4476428E-9
2,7907000E-1	1,5000000E+0	9,3325478E+1	1,4488812E-9
2,8037000E-1	1,5384600E+0	9,2840308E+1	1,4480631E-9
2,8169000E-1	1,5789500E+0	9,2478194E+1	1,4492061E-9
2,8302000E-1	1,6216200E+0	9,2376829E+1	1,4544526E-9
2,8436000E-1	1,6666700E+0	9,1950244E+1	1,4545906E-9
2,8571000E-1	1,7142900E+0	9,1536772E+1	1,4549244E-9
2,8708000E-1	1,7647100E+0	9,1309458E+1	1,4582705E-9
2,8846000E-1	1,8181800E+0	9,0994176E+1	1,4602210E-9
2,8986000E-1	1,8750000E+0	9,0595714E+1	1,4608826E-9
2,9126000E-1	1,9354800E+0	9,0122861E+1	1,4602769E-9
2,9268000E-1	2,0000000E+0	8,9788850E+1	1,4619578E-9
2,9412000E-1	2,0689700E+0	8,9734630E+1	1,4682636E-9
2,9557000E-1	2,1428600E+0	8,9191670E+1	1,4665742E-9
2,9703000E-1	2,2222200E+0	8,8730087E+1	1,4661912E-9
2,9851000E-1	2,3076900E+0	8,8417063E+1	1,4682985E-9
3,0000000E-1	2,4000000E+0	8,8036603E+1	1,4692778E-9
3,0151000E-1	2,5000000E+0	8,7749827E+1	1,4718630E-9
3,0303000E-1	2,6087000E+0	8,7354500E+1	1,4726186E-9
3,0457000E-1	2,7272700E+0	8,7083338E+1	1,4755080E-9
3,0612000E-1	2,8571400E+0	8,6644585E+1	1,4755452E-9
3,0769000E-1	3,0000000E+0	8,6306331E+1	1,4773229E-9
3,0928000E-1	3,1578900E+0	8,5939963E+1	1,4786534E-9
3,1088000E-1	3,3333300E+0	8,5529838E+1	1,4792100E-9
3,1250000E-1	3,5294100E+0	8,5087094E+1	1,4792211E-9
3,1414000E-1	3,7500000E+0	8,4720324E+1	1,4805744E-9
3,1579000E-1	4,0000000E+0	8,4512736E+1	1,4847041E-9
3,1746000E-1	4,2857100E+0	8,4102480E+1	1,4853103E-9
3,1915000E-1	4,6153800E+0	8,3588581E+1	1,4840932E-9

3,2086000E-1	5,0000000E+0	8,3348708E+1	1,4877633E-9
3,2258000E-1	5,4545500E+0	8,2931144E+1	1,4882452E-9
3,2432000E-1	6,0000000E+0	8,2625730E+1	1,4907624E-9
3,2609000E-1	6,6666700E+0	8,2147817E+1	1,4902286E-9
3,2787000E-1	7,5000000E+0	8,1913709E+1	1,4940931E-9
3,2967000E-1	8,5714300E+0	8,1467467E+1	1,4941116E-9
3,3149000E-1	1,0000000E+1	8,1176800E+1	1,4969998E-9
3,3333000E-1	1,2000000E+1	8,0750779E+1	1,4974092E-9
3,3520000E-1	1,4285700E+1	8,0485897E+1	1,5008704E-9
3,3708000E-1	1,5384600E+1	8,0082526E+1	1,5017240E-9
3,3898000E-1	1,6666700E+1	7,9712741E+1	1,5032154E-9
3,4091000E-1	1,8181800E+1	7,9250855E+1	1,5030142E-9
3,4286000E-1	2,0000000E+1	7,9046150E+1	1,5077069E-9
3,4483000E-1	2,2222200E+1	7,8644059E+1	1,5086564E-9
3,4682000E-1	2,5000000E+1	7,8335712E+1	1,5114136E-9
3,4884000E-1	2,8571400E+1	7,7862637E+1	1,5110359E-9
3,5088000E-1	3,3333300E+1	7,7929387E+1	1,5211753E-9
3,5294000E-1	4,0000000E+1	7,7555843E+1	1,5227717E-9
3,5503000E-1	5,0000000E+1	7,7318922E+1	1,5271097E-9
3,5714000E-1	6,6666700E+1	7,6887468E+1	1,5276133E-9
3,5928000E-1	1,0000000E+2	7,6588546E+1	1,5307922E-9
3,6145000E-1	2,0000000E+2	7,6359649E+1	1,5354354E-9
3,6364000E-1	1,0526300E+0	7,5914496E+1	1,5357331E-9
3,6585000E-1	1,0714300E+0	7,5435132E+1	1,5353101E-9
3,6810000E-1	1,0909100E+0	7,5309091E+1	1,5421713E-9
3,7037000E-1	1,1111100E+0	7,4893392E+1	1,5431164E-9
3,7267000E-1	1,1320800E+0	7,4550632E+1	1,5455930E-9
3,7500000E-1	1,1538500E+0	7,4267243E+1	1,5493444E-9
3,7736000E-1	1,1764700E+0	7,4094018E+1	1,5554584E-9
3,7975000E-1	1,2000000E+0	7,3717348E+1	1,5573523E-9
3,8217000E-1	1,2244900E+0	7,3149794E+1	1,5552102E-9
3,8462000E-1	1,2500000E+0	7,3026576E+1	1,5625438E-9
3,8710000E-1	1,2766000E+0	7,2664099E+1	1,5648130E-9
3,8961000E-1	1,3043500E+0	7,2134738E+1	1,5634858E-9
3,9216000E-1	1,3333300E+0	7,1854232E+1	1,5675992E-9
3,9474000E-1	1,3636400E+0	7,1421840E+1	1,5684171E-9
3,9735000E-1	1,3953500E+0	7,1158681E+1	1,5729702E-9
4,0000000E-1	1,4285700E+0	7,0757921E+1	1,5745427E-9
4,0268000E-1	1,4634100E+0	7,0464704E+1	1,5785236E-9
4,0541000E-1	1,5000000E+0	7,0111853E+1	1,5812673E-9
4,0816000E-1	1,5384600E+0	6,9774597E+1	1,5843355E-9
4,1096000E-1	1,5789500E+0	6,9346126E+1	1,5854084E-9
4,1379000E-1	1,6216200E+0	6,9086364E+1	1,5903463E-9
4,1667000E-1	1,6666700E+0	6,8720823E+1	1,5929420E-9
4,1958000E-1	1,7142900E+0	6,8417496E+1	1,5969869E-9
4,2254000E-1	1,7647100E+0	6,7873075E+1	1,5954557E-9
4,2553000E-1	1,8181800E+0	6,7554386E+1	1,5992012E-9
4,2857000E-1	1,8750000E+0	6,7254254E+1	1,6034703E-9
4,3165000E-1	1,9354800E+0	6,6937591E+1	1,6073898E-9

4,3478000E-1	2,0000000E+0	6,6605394E+1	1,6110104E-9
4,3796000E-1	2,0689700E+0	6,6156471E+1	1,6118557E-9
4,4118000E-1	2,1428600E+0	6,5768129E+1	1,6141753E-9
4,4444000E-1	2,2222200E+0	6,5414483E+1	1,6173590E-9
4,4776000E-1	2,3076900E+0	6,5144218E+1	1,6227087E-9
4,5113000E-1	2,4000000E+0	6,4673260E+1	1,6231021E-9
4,5455000E-1	2,5000000E+0	6,4334794E+1	1,6268479E-9
4,5802000E-1	2,6087000E+0	6,3919951E+1	1,6286969E-9
4,6154000E-1	2,7272700E+0	6,3641592E+1	1,6340667E-9
4,6512000E-1	2,8571400E+0	6,3291090E+1	1,6376722E-9
4,6875000E-1	3,0000000E+0	6,2881379E+1	1,6397692E-9
4,7244000E-1	3,1578900E+0	6,2434865E+1	1,6409420E-9
4,7619000E-1	3,3333300E+0	6,2184246E+1	1,6473278E-9
4,8000000E-1	3,5294100E+0	6,1824440E+1	1,6509002E-9
4,8387000E-1	3,7500000E+0	6,1518744E+1	1,6559817E-9
4,8780000E-1	4,0000000E+0	6,0958518E+1	1,6542288E-9
4,9180000E-1	4,2857100E+0	6,0767683E+1	1,6625725E-9
4,9587000E-1	4,6153800E+0	6,0331300E+1	1,6642934E-9
5,0000000E-1	5,0000000E+0	5,9988590E+1	1,6686223E-9
5,0420000E-1	5,4545500E+0	5,9625720E+1	1,6724605E-9
5,0847000E-1	6,0000000E+0	5,9299037E+1	1,6773835E-9
5,1282000E-1	6,6666700E+0	5,8851072E+1	1,6789537E-9
5,1724000E-1	7,5000000E+0	5,8508523E+1	1,6835679E-9
5,2174000E-1	8,5714300E+0	5,8076142E+1	1,6856650E-9
5,2632000E-1	1,0000000E+1	5,7661330E+1	1,6883167E-9
5,3097000E-1	1,2000000E+1	5,7341854E+1	1,6937960E-9
5,3571000E-1	1,4285700E+1	5,6981313E+1	1,6981717E-9
5,4054000E-1	1,5384600E+1	5,6558930E+1	1,7007811E-9
5,4545000E-1	1,6666700E+1	5,6198258E+1	1,7052858E-9
5,5046000E-1	1,8181800E+1	5,5812637E+1	1,7091402E-9
5,5556000E-1	2,0000000E+1	5,5440141E+1	1,7134628E-9
5,6075000E-1	2,2222200E+1	5,5143063E+1	1,7202024E-9
5,6604000E-1	2,5000000E+1	5,4661249E+1	1,7212584E-9
5,7143000E-1	2,8571400E+1	5,4354707E+1	1,7279039E-9
5,7692000E-1	3,3333300E+1	5,3986988E+1	1,7327028E-9
5,8252000E-1	4,0000000E+1	5,3674579E+1	1,7393976E-9
5,8824000E-1	5,0000000E+1	5,3218267E+1	1,7415449E-9
5,9406000E-1	6,6666700E+1	5,2865366E+1	1,7471128E-9
6,0000000E-1	1,0000000E+2	5,2538089E+1	1,7536580E-9
6,0606000E-1	2,0000000E+2	5,2076909E+1	1,7558209E-9
6,1224000E-1	1,0526300E+0	5,1626141E+1	1,7583720E-9
6,1856000E-1	1,0714300E+0	5,1310355E+1	1,7656566E-9
6,2500000E-1	1,0909100E+0	5,0954924E+1	1,7716811E-9
6,3158000E-1	1,1111100E+0	5,0527734E+1	1,7753238E-9
6,3830000E-1	1,1320800E+0	5,0188481E+1	1,7821665E-9
6,4516000E-1	1,1538500E+0	4,9713744E+1	1,7842811E-9
6,5217000E-1	1,1764700E+0	4,9305312E+1	1,7888500E-9
6,5934000E-1	1,2000000E+0	4,9057747E+1	1,7994360E-9
6,6667000E-1	1,2244900E+0	4,8587818E+1	1,8020121E-9

6,7416000E-1	1,2500000E+0	4,8287172E+1	1,8109820E-9
6,8182000E-1	1,2766000E+0	4,7882016E+1	1,8161911E-9
6,8966000E-1	1,3043500E+0	4,7486084E+1	1,8218842E-9
6,9767000E-1	1,3333300E+0	4,7050718E+1	1,8261468E-9
7,0588000E-1	1,3636400E+0	4,6727816E+1	1,8349564E-9
7,1429000E-1	1,3953500E+0	4,6274548E+1	1,8388070E-9
7,2289000E-1	1,4285700E+0	4,5943582E+1	1,8476362E-9
7,3171000E-1	1,4634100E+0	4,5518901E+1	1,8528922E-9
7,4074000E-1	1,5000000E+0	4,5081308E+1	1,8577261E-9
7,5000000E-1	1,5384600E+0	4,4651719E+1	1,8630256E-9
7,5949000E-1	1,5789500E+0	4,4281662E+1	1,8709637E-9
7,6923000E-1	1,6216200E+0	4,3858937E+1	1,8768679E-9
7,7922000E-1	1,6666700E+0	4,3413028E+1	1,8819130E-9
7,8947000E-1	1,7142900E+0	4,3067143E+1	1,8914771E-9
8,0000000E-1	1,7647100E+0	4,2581498E+1	1,8950921E-9
8,1081000E-1	1,8181800E+0	4,2232519E+1	1,9049583E-9
8,2192000E-1	1,8750000E+0	4,1816749E+1	1,9120498E-9
8,3333000E-1	1,9354800E+0	4,1424627E+1	1,9204146E-9
8,4507000E-1	2,0000000E+0	4,0997517E+1	1,9273901E-9
8,5714000E-1	2,0689700E+0	4,0639738E+1	1,9378584E-9
8,6957000E-1	2,1428600E+0	4,0195492E+1	1,9444702E-9
8,8235000E-1	2,2222200E+0	3,9835192E+1	1,9553621E-9
8,9552000E-1	2,3076900E+0	3,9392257E+1	1,9624814E-9
9,0909000E-1	2,4000000E+0	3,8972909E+1	1,9710112E-9
9,2308000E-1	2,5000000E+0	3,8597328E+1	1,9820562E-9
9,3750000E-1	2,6087000E+0	3,8161368E+1	1,9902819E-9
9,5238000E-1	2,7272700E+0	3,7807187E+1	2,0031064E-9
9,6774000E-1	2,8571400E+0	3,7393453E+1	2,0131385E-9
9,8361000E-1	3,0000000E+0	3,6978924E+1	2,0234691E-9
1,0000000E+0	3,1578900E+0	3,6523348E+1	2,0318422E-9
1,0169500E+0	3,3333300E+0	3,6125208E+1	2,0437574E-9
1,0344800E+0	3,5294100E+0	3,5674934E+1	2,0530743E-9
1,0526300E+0	3,7500000E+0	3,5233471E+1	2,0632438E-9
1,0714300E+0	4,0000000E+0	3,4788822E+1	2,0735901E-9
1,0909100E+0	4,2857100E+0	3,4391952E+1	2,0872051E-9
1,1111100E+0	4,6153800E+0	3,3952666E+1	2,0986998E-9
1,1320800E+0	5,0000000E+0	3,3519024E+1	2,1109982E-9
1,1538500E+0	5,4545500E+0	3,3060505E+1	2,1221605E-9
1,1764700E+0	6,0000000E+0	3,2594406E+1	2,1332576E-9
1,2000000E+0	6,6666700E+0	3,2193907E+1	2,1491876E-9
1,2244900E+0	7,5000000E+0	3,1825665E+1	2,1679642E-9
1,2500000E+0	8,5714300E+0	3,1392426E+1	2,1830027E-9
1,2766000E+0	1,0000000E+1	3,0932859E+1	2,1968191E-9
1,3043500E+0	1,2000000E+1	3,0518934E+1	2,2145367E-9
1,3333300E+0	1,4285700E+1	3,0057854E+1	2,2295387E-9
1,3636400E+0	1,5384600E+1	2,9558693E+1	2,2423549E-9
1,3953500E+0	1,6666700E+1	2,9143679E+1	2,2622829E-9
1,4285700E+0	1,8181800E+1	2,8700905E+1	2,2809539E-9
1,4634100E+0	2,0000000E+1	2,8205332E+1	2,2962365E-9

1,5000000E+0	2,222200E+1	2,7747387E+1	2,3154358E-9
1,5384600E+0	2,5000000E+1	2,7288882E+1	2,3355617E-9
1,5789500E+0	2,8571400E+1	2,6800071E+1	2,3540935E-9
1,6216200E+0	3,3333300E+1	2,6338169E+1	2,3760417E-9
1,6666700E+0	4,0000000E+1	2,5850079E+1	2,3967950E-9
1,7142900E+0	5,0000000E+1	2,5359234E+1	2,4184650E-9
1,7647100E+0	6,6666700E+1	2,4877120E+1	2,4422653E-9
1,8181800E+0	1,0000000E+2	2,4380841E+1	2,4660674E-9
1,8750000E+0	2,0000000E+2	2,3903752E+1	2,4933700E-9
1,9354800E+0	1,0526300E+0	2,3380857E+1	2,5174944E-9
2,0000000E+0	1,0714300E+0	2,2866327E+1	2,5441680E-9
2,0689700E+0	1,0909100E+0	2,2361028E+1	2,5737440E-9
2,1428600E+0	1,1111100E+0	2,1834883E+1	2,6029393E-9
2,222200E+0	1,1320800E+0	2,1293762E+1	2,6324421E-9
2,3076900E+0	1,1538500E+0	2,0779525E+1	2,6676722E-9
2,4000000E+0	1,1764700E+0	2,0233091E+1	2,7014247E-9
2,5000000E+0	1,2000000E+0	1,9676374E+1	2,7365567E-9
2,6087000E+0	1,2244900E+0	1,9113733E+1	2,7738888E-9
2,7272700E+0	1,2500000E+0	1,8565670E+1	2,8168138E-9
2,8571400E+0	1,2766000E+0	1,7994548E+1	2,8601700E-9
3,0000000E+0	1,3043500E+0	1,7403584E+1	2,9045531E-9
3,1578900E+0	1,3333300E+0	1,6828589E+1	2,9564061E-9
3,3333300E+0	1,3636400E+0	1,6226078E+1	3,0089243E-9
3,5294100E+0	1,3953500E+0	1,5618107E+1	3,0665489E-9
3,7500000E+0	1,4285700E+0	1,4991098E+1	3,1274048E-9
4,0000000E+0	1,4634100E+0	1,4365403E+1	3,1966655E-9
4,2857100E+0	1,5000000E+0	1,3723741E+1	3,2720103E-9
4,6153800E+0	1,5384600E+0	1,3070212E+1	3,3559036E-9
5,0000000E+0	1,5789500E+0	1,2404029E+1	3,4502626E-9
5,4545500E+0	1,6216200E+0	1,1727072E+1	3,5585077E-9
6,0000000E+0	1,6666700E+0	1,1017744E+1	3,6775902E-9
6,6666700E+0	1,7142900E+0	1,0330232E+1	3,8312317E-9
7,5000000E+0	1,7647100E+0	9,5916038E+0	4,0019521E-9
8,5714300E+0	1,8181800E+0	8,8436336E+0	4,2169981E-9
1,0000000E+1	1,8750000E+0	8,0516520E+0	4,4792405E-9
1,2000000E+1	1,9354800E+0	7,2298246E+0	4,8264564E-9
1,4285700E+1	2,0000000E+0	6,3591091E+0	5,0537900E-9
1,5384600E+1	2,0689700E+0	6,2866571E+0	5,3805339E-9
1,6666700E+1	2,1428600E+0	6,0198929E+0	5,5815879E-9
1,8181800E+1	2,222200E+0	5,7458419E+0	5,8117903E-9
2,0000000E+1	2,3076900E+0	5,4635455E+0	6,0788852E-9
2,222200E+1	2,4000000E+0	5,1763222E+0	6,3992303E-9
2,5000000E+1	2,5000000E+0	4,8720815E+0	6,7760085E-9
2,8571400E+1	2,6087000E+0	4,5590087E+0	7,2463837E-9
3,3333300E+1	1,1764700E+0	4,2316291E+0	7,8470295E-9
4,0000000E+1	1,2000000E+0	3,8816669E+0	8,6376905E-9
5,0000000E+1	1,2244900E+0	3,5083601E+0	9,7587357E-9
6,6666700E+1	1,2500000E+0	3,0971649E+0	1,1486631E-8
1,0000000E+2	1,2766000E+0	2,6275633E+0	1,4617482E-8

2,0000000E+2	1,3043500E+0	2,0799619E+0	2,3142207E-8
--------------	--------------	--------------	--------------

Les mesures diélectriques de la montmorillonite échangée par le nitrobenzène

Fréquence	Epsil 1	Epsil 2	Sigma
1,2000000E-2	2,1066192E+2	6,5473725E+2	4,3708679E-10
1,2050000E-2	2,1438144E+2	6,5472092E+2	4,3889704E-10
1,2100000E-2	2,1237552E+2	6,4965672E+2	4,3730928E-10
1,2150000E-2	2,1088368E+2	6,4762378E+2	4,3774224E-10
1,2200000E-2	2,1536928E+2	6,4696932E+2	4,3909946E-10
1,2240000E-2	2,1221424E+2	6,4725343E+2	4,4073259E-10
1,2300000E-2	2,1163968E+2	6,4296135E+2	4,3995612E-10
1,2350000E-2	2,0637792E+2	6,4080344E+2	4,4026198E-10
1,2400000E-2	2,0896848E+2	6,3463727E+2	4,3779082E-10
1,2450000E-2	2,0645856E+2	6,3630528E+2	4,4071138E-10
1,2500000E-2	2,0571264E+2	6,3441778E+2	4,4116875E-10
1,2550000E-2	2,0516832E+2	6,2945641E+2	4,3946953E-10
1,2610000E-2	2,0743632E+2	6,2790974E+2	4,4048558E-10
1,2660000E-2	2,0371680E+2	6,2500314E+2	4,4018505E-10
1,2710000E-2	2,0056176E+2	6,2535157E+2	4,4216990E-10
1,2770000E-2	2,0221488E+2	6,2120411E+2	4,4131085E-10
1,2820000E-2	2,0141856E+2	6,2016775E+2	4,4229964E-10
1,2880000E-2	2,0079360E+2	6,1603476E+2	4,4140827E-10
1,2930000E-2	2,0048112E+2	6,1948666E+2	4,4560481E-10
1,2990000E-2	1,9989648E+2	6,1468168E+2	4,4420026E-10
1,3040000E-2	2,0131776E+2	6,1442180E+2	4,4572151E-10
1,3100000E-2	1,9900944E+2	6,1314808E+2	4,4684413E-10
1,3160000E-2	1,9741680E+2	6,1278175E+2	4,4862255E-10
1,3220000E-2	1,9756800E+2	6,0791674E+2	4,4708998E-10
1,3270000E-2	1,9669104E+2	6,0836539E+2	4,4911215E-10
1,3330000E-2	1,9664064E+2	6,0722630E+2	4,5029809E-10
1,3390000E-2	1,9671120E+2	6,0390338E+2	4,4984969E-10
1,3450000E-2	1,9511856E+2	6,0350171E+2	4,5156490E-10
1,3510000E-2	1,9446336E+2	5,9933608E+2	4,5044851E-10
1,3570000E-2	1,9417104E+2	6,0367776E+2	4,5572664E-10
1,3640000E-2	1,9420128E+2	6,0105296E+2	4,5608574E-10
1,3700000E-2	1,9631808E+2	6,0230387E+2	4,5904536E-10
1,3760000E-2	1,9398960E+2	6,0194973E+2	4,6078469E-10
1,3820000E-2	1,9385856E+2	6,0309398E+2	4,6367366E-10
1,3890000E-2	1,9390896E+2	5,9976041E+2	4,6344631E-10
1,3950000E-2	1,9616688E+2	5,9811282E+2	4,6416961E-10
1,4020000E-2	1,9215504E+2	6,0221390E+2	4,6969742E-10
1,4080000E-2	1,9299168E+2	5,9808122E+2	4,6847045E-10
1,4150000E-2	1,9215504E+2	5,9856295E+2	4,7117871E-10
1,4220000E-2	1,9416096E+2	6,0442307E+2	4,7814543E-10
1,4290000E-2	1,9278000E+2	5,9877468E+2	4,7600887E-10
1,4350000E-2	1,9345536E+2	5,9913125E+2	4,7829216E-10
1,4420000E-2	1,9341504E+2	5,9881296E+2	4,8036996E-10

1,4490000E-2	1,9552176E+2	6,0240254E+2	4,8559540E-10
1,4560000E-2	1,9331424E+2	5,9908083E+2	4,8525071E-10
1,4630000E-2	1,9321344E+2	6,0089380E+2	4,8905920E-10
1,4710000E-2	1,9461456E+2	6,0369437E+2	4,9402529E-10
1,4780000E-2	1,8858672E+2	6,0253457E+2	4,9542257E-10
1,4850000E-2	1,9307232E+2	6,0296486E+2	4,9812443E-10
1,4930000E-2	1,9149984E+2	6,0494799E+2	5,0245507E-10
1,5000000E-2	1,9302192E+2	6,0319350E+2	5,0334678E-10
1,5080000E-2	1,8918144E+2	6,0651570E+2	5,0881836E-10
1,5150000E-2	1,9153008E+2	6,0102139E+2	5,0654957E-10
1,5230000E-2	1,9298160E+2	6,0383943E+2	5,1161204E-10
1,5310000E-2	1,9298160E+2	6,0345346E+2	5,1397070E-10
1,5380000E-2	1,9001808E+2	6,0007710E+2	5,1343181E-10
1,5460000E-2	1,9078416E+2	5,9982540E+2	5,1588598E-10
1,5540000E-2	1,9075392E+2	6,0240088E+2	5,2078204E-10
1,5630000E-2	1,9229616E+2	6,0073320E+2	5,2234808E-10
1,5710000E-2	1,9382832E+2	5,9892951E+2	5,2344527E-10
1,5790000E-2	1,9307232E+2	6,0161335E+2	5,2846835E-10
1,5870000E-2	1,9309248E+2	6,0283472E+2	5,3222414E-10
1,5960000E-2	1,9237680E+2	6,0252414E+2	5,3496667E-10
1,6040000E-2	1,9242720E+2	5,9998801E+2	5,3538515E-10
1,6130000E-2	1,9321344E+2	5,9954130E+2	5,3798834E-10
1,6220000E-2	1,8874800E+2	5,9700992E+2	5,3870597E-10
1,6300000E-2	1,9105632E+2	5,9972579E+2	5,4382568E-10
1,6390000E-2	1,8809280E+2	5,9644227E+2	5,4383450E-10
1,6480000E-2	1,8889920E+2	5,9767707E+2	5,4795285E-10
1,6570000E-2	1,8818352E+2	5,9202535E+2	5,4573549E-10
1,6670000E-2	1,8673200E+2	5,9100678E+2	5,4808441E-10
1,6760000E-2	1,8679248E+2	5,9063782E+2	5,5069946E-10
1,6850000E-2	1,8534096E+2	5,8956959E+2	5,5265534E-10
1,6950000E-2	1,8693360E+2	5,9071018E+2	5,5701070E-10
1,7050000E-2	1,8619776E+2	5,8521956E+2	5,5508898E-10
1,7140000E-2	1,8321408E+2	5,8115506E+2	5,5414348E-10
1,7240000E-2	1,8326448E+2	5,7948229E+2	5,5577219E-10
1,7340000E-2	1,8333504E+2	5,7915539E+2	5,5868059E-10
1,7440000E-2	1,8114768E+2	5,7804225E+2	5,6082252E-10
1,7540000E-2	1,7968608E+2	5,7553451E+2	5,6159127E-10
1,7650000E-2	1,7969616E+2	5,7143379E+2	5,6108675E-10
1,7750000E-2	1,8045216E+2	5,6734159E+2	5,6022485E-10
1,7860000E-2	1,7971632E+2	5,6412953E+2	5,6050524E-10
1,7960000E-2	1,7901072E+2	5,6227267E+2	5,6178831E-10
1,8070000E-2	1,7527104E+2	5,5911462E+2	5,6205444E-10
1,8180000E-2	1,7835552E+2	5,5878784E+2	5,6514542E-10
1,8290000E-2	1,7532144E+2	5,5401575E+2	5,6370930E-10
1,8400000E-2	1,7530128E+2	5,4992012E+2	5,6290721E-10
1,8520000E-2	1,7161200E+2	5,4898679E+2	5,6561675E-10
1,8630000E-2	1,7091648E+2	5,4727457E+2	5,6720168E-10
1,8750000E-2	1,6867872E+2	5,4483227E+2	5,6830762E-10
1,8870000E-2	1,7017056E+2	5,4148272E+2	5,6842856E-10

1,8990000E-2	1,6788240E+2	5,3755944E+2	5,6789866E-10
1,9110000E-2	1,6634016E+2	5,3361923E+2	5,6729839E-10
1,9230000E-2	1,6636032E+2	5,3102214E+2	5,6808235E-10
1,9350000E-2	1,6643088E+2	5,2991592E+2	5,7043652E-10
1,9480000E-2	1,6635024E+2	5,2516771E+2	5,6912328E-10
1,9610000E-2	1,6488864E+2	5,2352143E+2	5,7112536E-10
1,9740000E-2	1,6245936E+2	5,1727060E+2	5,6804708E-10
1,9870000E-2	1,5924384E+2	5,1786097E+2	5,7244060E-10
2,0000000E-2	1,5653232E+2	5,1358254E+2	5,7142552E-10
2,0130000E-2	1,5463728E+2	5,1092157E+2	5,7215988E-10
2,0270000E-2	1,5506064E+2	5,0906408E+2	5,7404454E-10
2,0410000E-2	1,5435504E+2	5,0736502E+2	5,7608015E-10
2,0550000E-2	1,5310512E+2	5,0264411E+2	5,7463465E-10
2,0690000E-2	1,5125040E+2	5,0063882E+2	5,7624133E-10
2,0830000E-2	1,5120000E+2	4,9729680E+2	5,7626776E-10
2,0980000E-2	1,5234912E+2	4,9513464E+2	5,7789399E-10
2,1130000E-2	1,4960736E+2	4,9086175E+2	5,7700300E-10
2,1280000E-2	1,4842800E+2	4,8773441E+2	5,7739684E-10
2,1430000E-2	1,4882112E+2	4,8560331E+2	5,7892619E-10
2,1580000E-2	1,4772240E+2	4,8349542E+2	5,8044782E-10
2,1740000E-2	1,4813568E+2	4,8158910E+2	5,8244587E-10
2,1900000E-2	1,4655312E+2	4,7820283E+2	5,8260693E-10
2,2060000E-2	1,4491008E+2	4,7385596E+2	5,8152882E-10
2,2220000E-2	1,4570640E+2	4,7208874E+2	5,8356210E-10
2,2390000E-2	1,4616000E+2	4,7063520E+2	5,8621629E-10
2,2560000E-2	1,4344848E+2	4,6721170E+2	5,8637060E-10
2,2730000E-2	1,4263200E+2	4,6398190E+2	5,8670509E-10
2,2900000E-2	1,4319648E+2	4,6367020E+2	5,9069603E-10
2,3080000E-2	1,3997088E+2	4,5882454E+2	5,8911738E-10
2,3260000E-2	1,4023296E+2	4,5519619E+2	5,8901684E-10
2,3440000E-2	1,3808592E+2	4,5402650E+2	5,9204975E-10
2,3620000E-2	1,3841856E+2	4,5110609E+2	5,9275874E-10
2,3810000E-2	1,3655376E+2	4,4871566E+2	5,9436059E-10
2,4000000E-2	1,3702752E+2	4,4739485E+2	5,9734002E-10
2,4190000E-2	1,3646304E+2	4,4295903E+2	5,9609957E-10
2,4390000E-2	1,3534416E+2	4,4068058E+2	5,9793655E-10
2,4590000E-2	1,3398336E+2	4,3598185E+2	5,9641194E-10
2,4790000E-2	1,3104000E+2	4,3413552E+2	5,9871651E-10
2,5000000E-2	1,3157424E+2	4,2972147E+2	5,9764934E-10
2,5210000E-2	1,3185648E+2	4,2655571E+2	5,9822973E-10
2,5420000E-2	1,2998160E+2	4,2412996E+2	5,9978263E-10
2,5640000E-2	1,2753216E+2	4,2009094E+2	5,9921230E-10
2,5860000E-2	1,2859056E+2	4,1714778E+2	6,0011964E-10
2,6090000E-2	1,2923568E+2	4,1678507E+2	6,0493069E-10
2,6320000E-2	1,2750192E+2	4,0953617E+2	5,9964958E-10
2,6550000E-2	1,2500208E+2	4,0813179E+2	6,0281540E-10
2,6790000E-2	1,2553632E+2	4,0410141E+2	6,0225785E-10
2,7030000E-2	1,2416544E+2	3,9993688E+2	6,0139095E-10
2,7270000E-2	1,2341952E+2	3,9753427E+2	6,0308580E-10

2,7520000E-2	1,2188736E+2	3,9479316E+2	6,0441806E-10
2,7780000E-2	1,2019392E+2	3,9111102E+2	6,0443788E-10
2,8040000E-2	1,1806704E+2	3,8702376E+2	6,0371924E-10
2,8300000E-2	1,1986128E+2	3,8391568E+2	6,0442396E-10
2,8570000E-2	1,1974032E+2	3,8065448E+2	6,0500724E-10
2,8850000E-2	1,1694816E+2	3,7481885E+2	6,0157064E-10
2,9130000E-2	1,1638368E+2	3,7359161E+2	6,0542031E-10
2,9410000E-2	1,1196864E+2	3,6949651E+2	6,0453960E-10
2,9700000E-2	1,1313792E+2	3,6486979E+2	6,0285622E-10
3,0000000E-2	1,0924704E+2	3,6335566E+2	6,0641867E-10
3,0300000E-2	1,0935792E+2	3,5858462E+2	6,0444066E-10
3,0610000E-2	1,0972080E+2	3,5527595E+2	6,0499046E-10
3,0930000E-2	1,0832976E+2	3,5207172E+2	6,0580164E-10
3,1250000E-2	1,0681776E+2	3,4961453E+2	6,0779746E-10
3,1580000E-2	1,0459008E+2	3,4316005E+2	6,0287634E-10
3,1910000E-2	1,0510416E+2	3,3938133E+2	6,0246822E-10
3,2260000E-2	1,0336032E+2	3,3571432E+2	6,0249523E-10
3,2610000E-2	1,0199952E+2	3,3272243E+2	6,0360422E-10
3,2970000E-2	1,0127376E+2	3,2913972E+2	6,0369646E-10
3,3330000E-2	9,9620640E+1	3,2346822E+2	5,9977218E-10
3,3710000E-2	9,9429120E+1	3,2125549E+2	6,0246066E-10
3,4090000E-2	9,8390880E+1	3,1622829E+2	5,9971803E-10
3,4480000E-2	9,8340480E+1	3,1350945E+2	6,0136380E-10
3,4880000E-2	9,6586560E+1	3,0994627E+2	6,0142611E-10
3,5290000E-2	9,5114880E+1	3,0417739E+2	5,9716998E-10
3,5710000E-2	9,4913280E+1	3,0305810E+2	6,0205357E-10
3,6140000E-2	9,4217760E+1	2,9744547E+2	5,9801887E-10
3,6590000E-2	9,2514240E+1	2,9308511E+2	5,9658943E-10
3,7040000E-2	9,2171520E+1	2,9024812E+2	5,9808068E-10
3,7500000E-2	9,0155520E+1	2,8669455E+2	5,9809490E-10
3,7970000E-2	8,8744320E+1	2,8256191E+2	5,9686156E-10
3,8460000E-2	8,7020640E+1	2,7829201E+2	5,9542820E-10
3,8960000E-2	8,7877440E+1	2,7408974E+2	5,9406109E-10
3,9470000E-2	8,5800960E+1	2,7138844E+2	5,9590613E-10
4,0000000E-2	8,4641760E+1	2,6780653E+2	5,9593726E-10
4,0540000E-2	8,3905920E+1	2,6455537E+2	5,9665008E-10
4,1100000E-2	8,1567360E+1	2,6052615E+2	5,9567932E-10
4,1670000E-2	8,0912160E+1	2,5689611E+2	5,9552557E-10
4,2250000E-2	8,0942400E+1	2,5367348E+2	5,9624008E-10
4,2860000E-2	7,8714720E+1	2,4999795E+2	5,9608474E-10
4,3480000E-2	7,9067520E+1	2,4589999E+2	5,9479516E-10
4,4120000E-2	7,7928480E+1	2,4329271E+2	5,9715077E-10
4,4780000E-2	7,6456800E+1	2,3953915E+2	5,9673291E-10
4,5450000E-2	7,5942720E+1	2,3519460E+2	5,9467629E-10
4,6150000E-2	7,4934720E+1	2,3177309E+2	5,9505088E-10
4,6880000E-2	7,5418560E+1	2,2980035E+2	5,9931849E-10
4,7620000E-2	7,5005280E+1	2,2456581E+2	5,9491156E-10
4,8390000E-2	7,3463040E+1	2,2016873E+2	5,9269416E-10
4,9180000E-2	7,1033760E+1	2,1764744E+2	5,9547218E-10

5,0000000E-2	6,8181120E+1	2,1381599E+2	5,9474332E-10
5,0850000E-2	7,0630560E+1	2,1273925E+2	6,0180801E-10
5,1720000E-2	6,6870720E+1	2,0863665E+2	6,0030021E-10
5,2630000E-2	6,6144960E+1	2,0584312E+2	6,0268322E-10
5,3570000E-2	6,7213440E+1	2,0150589E+2	6,0052181E-10
5,4550000E-2	6,6155040E+1	2,0005284E+2	6,0709809E-10
5,5560000E-2	6,5630880E+1	1,9722079E+2	6,0958508E-10
5,6600000E-2	6,3836640E+1	1,9361653E+2	6,0964673E-10
5,7690000E-2	6,3937440E+1	1,8919088E+2	6,0718374E-10
5,8820000E-2	6,3524160E+1	1,8644341E+2	6,1008654E-10
6,0000000E-2	6,1488000E+1	1,8421805E+2	6,1489762E-10
6,1220000E-2	6,0520320E+1	1,8113732E+2	6,1690834E-10
6,2500000E-2	5,9905440E+1	1,7791916E+2	6,1861738E-10
6,3830000E-2	5,9109120E+1	1,7508121E+2	6,2170417E-10
6,5220000E-2	5,8645440E+1	1,7101010E+2	6,2047166E-10
6,6670000E-2	5,7718080E+1	1,6836364E+2	6,2445068E-10
6,8180000E-2	5,7758400E+1	1,6461144E+2	6,2436190E-10
6,9770000E-2	5,6619360E+1	1,6170489E+2	6,2764095E-10
7,1430000E-2	5,4996480E+1	1,5871984E+2	6,3071224E-10
7,3170000E-2	5,4401760E+1	1,5602425E+2	6,3510355E-10
7,5000000E-2	5,4149760E+1	1,5226913E+2	6,3531996E-10
7,6920000E-2	5,2869600E+1	1,4866932E+2	6,3617999E-10
7,8950000E-2	5,2385760E+1	1,4563241E+2	6,3963109E-10
8,1080000E-2	5,0984640E+1	1,4275699E+2	6,4391792E-10
8,3330000E-2	5,0672160E+1	1,3934844E+2	6,4598566E-10
8,5710000E-2	4,9734720E+1	1,3572605E+2	6,4716362E-10
8,8240000E-2	4,9240800E+1	1,3260547E+2	6,5094806E-10
9,0910000E-2	4,7708640E+1	1,2976750E+2	6,5629181E-10
9,3750000E-2	4,6509120E+1	1,2650481E+2	6,5977779E-10
9,6770000E-2	4,6529280E+1	1,2288383E+2	6,6153810E-10
1,0000000E-1	4,5984960E+1	1,2025067E+2	6,6897039E-10
1,0345000E-1	4,4946720E+1	1,1699631E+2	6,7332084E-10
1,0714000E-1	4,4089920E+1	1,1344336E+2	6,7616101E-10
1,1111000E-1	4,3323840E+1	1,0982593E+2	6,7885566E-10
1,1538000E-1	4,2850080E+1	1,0643960E+2	6,8320832E-10
1,2000000E-1	4,1086080E+1	1,0271520E+2	6,8570189E-10
1,2500000E-1	4,0632480E+1	9,9468311E+1	6,9169421E-10
1,3043000E-1	3,9977280E+1	9,5825540E+1	6,9530949E-10
1,3636000E-1	3,9049920E+1	9,2274961E+1	6,9998744E-10
1,4286000E-1	3,8021760E+1	8,8742788E+1	7,0528249E-10
1,5000000E-1	3,7366560E+1	8,4934191E+1	7,0875021E-10
1,5789000E-1	3,6207360E+1	8,1213108E+1	7,1334586E-10
1,6667000E-1	3,5400960E+1	7,7811310E+1	7,2147211E-10
1,7647000E-1	3,4534080E+1	7,3695727E+1	7,2349007E-10
1,8750000E-1	3,3919200E+1	6,9873552E+1	7,2884215E-10
2,0000000E-1	3,2991840E+1	6,6280607E+1	7,3745556E-10
2,1429000E-1	3,1893120E+1	6,2414836E+1	7,4406200E-10
2,3077000E-1	3,1147200E+1	5,8556736E+1	7,5175374E-10
2,3438000E-1	3,0935520E+1	5,8622810E+1	7,6437517E-10

2,3529000E-1	3,0784320E+1	5,7505110E+1	7,5271278E-10
2,3622000E-1	3,0653280E+1	5,7321634E+1	7,5327683E-10
2,3715000E-1	3,0471840E+1	5,7012813E+1	7,5216822E-10
2,3810000E-1	3,0602880E+1	5,6737740E+1	7,5153777E-10
2,3904000E-1	3,0623040E+1	5,6744493E+1	7,5459459E-10
2,4000000E-1	3,0623040E+1	5,6285148E+1	7,5149213E-10
2,4096000E-1	3,0199680E+1	5,6201604E+1	7,5337821E-10
2,4194000E-1	3,0522240E+1	5,5794655E+1	7,5096493E-10
2,4291000E-1	3,0371040E+1	5,5518261E+1	7,5024073E-10
2,4390000E-1	3,0209760E+1	5,5314071E+1	7,5052784E-10
2,4490000E-1	3,0270240E+1	5,5031296E+1	7,4975249E-10
2,4590000E-1	3,0068640E+1	5,4785062E+1	7,4944553E-10
2,4691000E-1	2,9836800E+1	5,4541670E+1	7,4918056E-10
2,4793000E-1	3,0098880E+1	5,4328478E+1	7,4933498E-10
2,4896000E-1	2,9856960E+1	5,3891813E+1	7,4640021E-10
2,5000000E-1	2,9907360E+1	5,3564082E+1	7,4496018E-10
2,5105000E-1	2,9715840E+1	5,3488512E+1	7,4703359E-10
2,5210000E-1	2,9625120E+1	5,3147465E+1	7,4537494E-10
2,5316000E-1	2,9715840E+1	5,2715900E+1	7,4243100E-10
2,5424000E-1	2,9554560E+1	5,2488899E+1	7,4238763E-10
2,5532000E-1	2,9584800E+1	5,2069248E+1	7,3958063E-10
2,5641000E-1	2,9534400E+1	5,1921475E+1	7,4063012E-10
2,5751000E-1	2,9463840E+1	5,1767967E+1	7,4160832E-10
2,5862000E-1	2,9423520E+1	5,1373466E+1	7,3912920E-10
2,5974000E-1	2,9252160E+1	5,1074271E+1	7,3800687E-10
2,6087000E-1	2,9181600E+1	5,1009437E+1	7,4027665E-10
2,6201000E-1	2,9211840E+1	5,0478060E+1	7,3576632E-10
2,6316000E-1	2,9171520E+1	5,0262529E+1	7,3584035E-10
2,6432000E-1	2,8929600E+1	5,0106067E+1	7,3678322E-10
2,6549000E-1	2,8990080E+1	4,9833948E+1	7,3602547E-10
2,6667000E-1	2,9060640E+1	4,9693694E+1	7,3721614E-10
2,6786000E-1	2,8828800E+1	4,9354906E+1	7,3545749E-10
2,6906000E-1	2,8889280E+1	4,9053997E+1	7,3424826E-10
2,7027000E-1	2,8778400E+1	4,8836945E+1	7,3428679E-10
2,7149000E-1	2,8687680E+1	4,8625618E+1	7,3440961E-10
2,7273000E-1	2,8738080E+1	4,8509879E+1	7,3600792E-10
2,7397000E-1	2,8506240E+1	4,8004508E+1	7,3165176E-10
2,7523000E-1	2,8738080E+1	4,7848903E+1	7,3263412E-10
2,7650000E-1	2,8717920E+1	4,7614311E+1	7,3240623E-10
2,7778000E-1	2,8435680E+1	4,7544457E+1	7,3471727E-10
2,7907000E-1	2,8496160E+1	4,7303626E+1	7,3439036E-10
2,8037000E-1	2,8465920E+1	4,7168029E+1	7,3569645E-10
2,8169000E-1	2,8274400E+1	4,6935504E+1	7,3551630E-10
2,8302000E-1	2,8234080E+1	4,6727402E+1	7,3571253E-10
2,8436000E-1	2,8365120E+1	4,6518797E+1	7,3589587E-10
2,8571000E-1	2,8536480E+1	4,6343244E+1	7,3659922E-10
2,8708000E-1	2,8143360E+1	4,6098824E+1	7,3622772E-10
2,8846000E-1	2,8072800E+1	4,6011319E+1	7,3836257E-10
2,8986000E-1	2,8022400E+1	4,5704534E+1	7,3699911E-10

2,9126000E-1	2,8163520E+1	4,5793884E+1	7,4200649E-10
2,9268000E-1	2,7931680E+1	4,5500707E+1	7,4085049E-10
2,9412000E-1	2,7992160E+1	4,5207338E+1	7,3969534E-10
2,9557000E-1	2,7982080E+1	4,5135095E+1	7,4215411E-10
2,9703000E-1	2,7921600E+1	4,4897933E+1	7,4190115E-10
2,9851000E-1	2,7851040E+1	4,4784472E+1	7,4371361E-10
3,0000000E-1	2,7790560E+1	4,4520477E+1	7,4301991E-10
3,0151000E-1	2,7669600E+1	4,4382038E+1	7,4443769E-10
3,0303000E-1	2,7790560E+1	4,4131409E+1	7,4396552E-10
3,0457000E-1	2,7760320E+1	4,4055628E+1	7,4646234E-10
3,0612000E-1	2,7609120E+1	4,3981328E+1	7,4899588E-10
3,0769000E-1	2,7578880E+1	4,3767683E+1	7,4918025E-10
3,0928000E-1	2,7578880E+1	4,3464315E+1	7,4783203E-10
3,1088000E-1	2,7528480E+1	4,3412413E+1	7,5080317E-10
3,1250000E-1	2,7457920E+1	4,2999103E+1	7,4753030E-10
3,1414000E-1	2,7447840E+1	4,2983317E+1	7,5117747E-10
3,1579000E-1	2,7296640E+1	4,2773835E+1	7,5144284E-10
3,1746000E-1	2,7397440E+1	4,2575622E+1	7,5191612E-10
3,1915000E-1	2,7286560E+1	4,2348741E+1	7,5189075E-10
3,2086000E-1	2,7205920E+1	4,2196382E+1	7,5319977E-10
3,2258000E-1	2,7195840E+1	4,1908789E+1	7,5207636E-10
3,2432000E-1	2,7205920E+1	4,1625058E+1	7,5101388E-10
3,2609000E-1	2,6853120E+1	4,1461217E+1	7,5214040E-10
3,2787000E-1	2,7205920E+1	4,1407410E+1	7,5526461E-10
3,2967000E-1	2,6994240E+1	4,1139222E+1	7,5449243E-10
3,3149000E-1	2,7044640E+1	4,0864451E+1	7,5359062E-10
3,3333000E-1	2,6974080E+1	4,0595990E+1	7,5279535E-10
3,3520000E-1	2,6913600E+1	4,0478054E+1	7,5481935E-10
3,3708000E-1	2,6732160E+1	4,0365562E+1	7,5694334E-10
3,3898000E-1	2,6712000E+1	4,0094712E+1	7,5610230E-10
3,4091000E-1	2,6681760E+1	3,9782504E+1	7,5448610E-10
3,4286000E-1	2,6661600E+1	3,9752446E+1	7,5822842E-10
3,4483000E-1	2,6591040E+1	3,9540876E+1	7,5852643E-10
3,4682000E-1	2,6611200E+1	3,9251520E+1	7,5732100E-10
3,4884000E-1	2,6530560E+1	3,8999923E+1	7,5684930E-10
3,5088000E-1	2,6742240E+1	3,9016928E+1	7,6160726E-10
3,5294000E-1	2,6540640E+1	3,8908578E+1	7,6395122E-10
3,5503000E-1	2,6530560E+1	3,8681556E+1	7,6399124E-10
3,5714000E-1	2,6379360E+1	3,8408348E+1	7,6310361E-10
3,5928000E-1	2,6510400E+1	3,8307528E+1	7,6566105E-10
3,6145000E-1	2,6339040E+1	3,8112591E+1	7,6636575E-10
3,6364000E-1	2,6349120E+1	3,7784638E+1	7,6437470E-10
3,6585000E-1	2,6409600E+1	3,7660090E+1	7,6648524E-10
3,6810000E-1	2,6157600E+1	3,7379210E+1	7,6544735E-10
3,7037000E-1	2,6208000E+1	3,7215360E+1	7,6679172E-10
3,7267000E-1	2,6218080E+1	3,7046147E+1	7,6804535E-10
3,7500000E-1	2,6006400E+1	3,6799056E+1	7,6769256E-10
3,7736000E-1	2,6006400E+1	3,6591005E+1	7,6815628E-10
3,7975000E-1	2,6026560E+1	3,6463211E+1	7,7032160E-10

3,8217000E-1	2,5855200E+1	3,6223135E+1	7,7012641E-10
3,8462000E-1	2,6006400E+1	3,6122890E+1	7,7291856E-10
3,8710000E-1	2,5875360E+1	3,5811498E+1	7,7119650E-10
3,8961000E-1	2,5824960E+1	3,5638445E+1	7,7244617E-10
3,9216000E-1	2,5663680E+1	3,5492869E+1	7,7432591E-10
3,9474000E-1	2,5764480E+1	3,5374631E+1	7,7682365E-10
3,9735000E-1	2,5633440E+1	3,5066546E+1	7,7514972E-10
4,0000000E-1	2,5613280E+1	3,4910901E+1	7,7685583E-10
4,0268000E-1	2,5562880E+1	3,4612140E+1	7,7536803E-10
4,0541000E-1	2,5431840E+1	3,4612734E+1	7,8063811E-10
4,0816000E-1	2,5482240E+1	3,4350060E+1	7,7996896E-10
4,1096000E-1	2,5431840E+1	3,4154961E+1	7,8085920E-10
4,1379000E-1	2,5260480E+1	3,4000606E+1	7,8268324E-10
4,1667000E-1	2,5300800E+1	3,3928373E+1	7,8645640E-10
4,1958000E-1	2,5391520E+1	3,3491415E+1	7,8174959E-10
4,2254000E-1	2,5250400E+1	3,3482030E+1	7,8704398E-10
4,2553000E-1	2,5119360E+1	3,3258033E+1	7,8731065E-10
4,2857000E-1	2,5109280E+1	3,3018703E+1	7,8722915E-10
4,3165000E-1	2,5038720E+1	3,2825762E+1	7,8825357E-10
4,3478000E-1	2,5099200E+1	3,2729357E+1	7,9163760E-10
4,3796000E-1	2,4917760E+1	3,2268499E+1	7,8619920E-10
4,4118000E-1	2,5028640E+1	3,2261917E+1	7,9181800E-10
4,4444000E-1	2,4917760E+1	3,2019322E+1	7,9167084E-10
4,4776000E-1	2,4857280E+1	3,1867033E+1	7,9379125E-10
4,5113000E-1	2,4796800E+1	3,1715107E+1	7,9595273E-10
4,5455000E-1	2,4726240E+1	3,1451777E+1	7,9532794E-10
4,5802000E-1	2,4816960E+1	3,1194919E+1	7,9485459E-10
4,6154000E-1	2,4645600E+1	3,1028810E+1	7,9669824E-10
4,6512000E-1	2,4615360E+1	3,0867661E+1	7,9870817E-10
4,6875000E-1	2,4635520E+1	3,0621951E+1	7,9853421E-10
4,7244000E-1	2,4514560E+1	3,0398054E+1	7,9893571E-10
4,7619000E-1	2,4454080E+1	3,0225243E+1	8,0069931E-10
4,8000000E-1	2,4383520E+1	3,0089264E+1	8,0347466E-10
4,8387000E-1	2,4312960E+1	2,9856315E+1	8,0368208E-10
4,8780000E-1	2,4292800E+1	2,9637216E+1	8,0426392E-10
4,9180000E-1	2,4272640E+1	2,9442712E+1	8,0553743E-10
4,9587000E-1	2,4141600E+1	2,9259619E+1	8,0715305E-10
5,0000000E-1	2,4171840E+1	2,9006208E+1	8,0682686E-10
5,0420000E-1	2,4081120E+1	2,8873263E+1	8,0987519E-10
5,0847000E-1	2,4020640E+1	2,8728685E+1	8,1264426E-10
5,1282000E-1	2,4020640E+1	2,8416417E+1	8,1068784E-10
5,1724000E-1	2,4000480E+1	2,8248565E+1	8,1284526E-10
5,2174000E-1	2,3919840E+1	2,8081892E+1	8,1507934E-10
5,2632000E-1	2,3778720E+1	2,7844881E+1	8,1529472E-10
5,3097000E-1	2,3798880E+1	2,7654299E+1	8,1686825E-10
5,3571000E-1	2,3728320E+1	2,7548580E+1	8,2100982E-10
5,4054000E-1	2,3647680E+1	2,7265775E+1	8,1990790E-10
5,4545000E-1	2,3677920E+1	2,7063863E+1	8,2122869E-10
5,5046000E-1	2,3536800E+1	2,6784878E+1	8,2022845E-10

5,5556000E-1	2,3577120E+1	2,6689300E+1	8,2487385E-10
5,6075000E-1	2,3446080E+1	2,6494070E+1	8,2648953E-10
5,6604000E-1	2,3425920E+1	2,6260456E+1	8,2693005E-10
5,7143000E-1	2,3385600E+1	2,6074944E+1	8,2890700E-10
5,7692000E-1	2,3375520E+1	2,5923452E+1	8,3200859E-10
5,8252000E-1	2,3264640E+1	2,5707427E+1	8,3308409E-10
5,8824000E-1	2,3234400E+1	2,5488137E+1	8,3408830E-10
5,9406000E-1	2,3173920E+1	2,5329095E+1	8,3708462E-10
6,0000000E-1	2,3083200E+1	2,4999106E+1	8,3443999E-10
6,0606000E-1	2,3002560E+1	2,4750755E+1	8,3449445E-10
6,1224000E-1	2,3052960E+1	2,4597508E+1	8,3778427E-10
6,1856000E-1	2,2982400E+1	2,4453274E+1	8,4146920E-10
6,2500000E-1	2,2962240E+1	2,4317012E+1	8,4549222E-10
6,3158000E-1	2,2800960E+1	2,4146217E+1	8,4839255E-10
6,3830000E-1	2,2750560E+1	2,3888088E+1	8,4825342E-10
6,4516000E-1	2,2750560E+1	2,3706084E+1	8,5083751E-10
6,5217000E-1	2,2730400E+1	2,3503234E+1	8,5272269E-10
6,5934000E-1	2,2639680E+1	2,3273591E+1	8,5367430E-10
6,6667000E-1	2,2639680E+1	2,3092474E+1	8,5644752E-10
6,7416000E-1	2,2579200E+1	2,2917888E+1	8,5952193E-10
6,8182000E-1	2,2538880E+1	2,2629036E+1	8,5833173E-10
6,8966000E-1	2,2428000E+1	2,2495284E+1	8,6306977E-10
6,9767000E-1	2,2347360E+1	2,2300431E+1	8,6553111E-10
7,0588000E-1	2,2296960E+1	2,2011559E+1	8,6437274E-10
7,1429000E-1	2,2236480E+1	2,1834000E+1	8,6761541E-10
7,2289000E-1	2,2186080E+1	2,1658051E+1	8,7098561E-10
7,3171000E-1	2,2176000E+1	2,1430886E+1	8,7236556E-10
7,4074000E-1	2,2024800E+1	2,1236312E+1	8,7511330E-10
7,5000000E-1	2,2085280E+1	2,1053897E+1	8,7844212E-10
7,5949000E-1	2,1944160E+1	2,0796480E+1	8,7868111E-10
7,6923000E-1	2,1843360E+1	2,0635422E+1	8,8305745E-10
7,7922000E-1	2,1843360E+1	2,0419173E+1	8,8515153E-10
7,8947000E-1	2,1752640E+1	2,0129893E+1	8,8409001E-10
8,0000000E-1	2,1762720E+1	2,0021702E+1	8,9106703E-10
8,1081000E-1	2,1712320E+1	1,9834204E+1	8,9465020E-10
8,2192000E-1	2,1611520E+1	1,9590843E+1	8,9578143E-10
8,3333000E-1	2,1561120E+1	1,9370510E+1	8,9800233E-10
8,4507000E-1	2,1510720E+1	1,9172505E+1	9,0134473E-10
8,5714000E-1	2,1409920E+1	1,8979894E+1	9,0503408E-10
8,6957000E-1	2,1309120E+1	1,8692360E+1	9,0424907E-10
8,8235000E-1	2,1319200E+1	1,8530649E+1	9,0960093E-10
8,9552000E-1	2,1238560E+1	1,8284276E+1	9,1090367E-10
9,0909000E-1	2,1147840E+1	1,8085633E+1	9,1466061E-10
9,2308000E-1	2,1097440E+1	1,7875861E+1	9,1796409E-10
9,3750000E-1	2,1026880E+1	1,7662579E+1	9,2118060E-10
9,5238000E-1	2,0986560E+1	1,7462917E+1	9,2522302E-10
9,6774000E-1	2,0916000E+1	1,7245242E+1	9,2842617E-10
9,8361000E-1	2,0885760E+1	1,7021894E+1	9,3142998E-10
1,0000000E+0	2,0774880E+1	1,6842195E+1	9,3695360E-10

1,0169500E+0	2,0764800E+1	1,6620146E+1	9,4027268E-10
1,0344800E+0	2,0643840E+1	1,6387080E+1	9,4306812E-10
1,0526300E+0	2,0603520E+1	1,6192306E+1	9,4820849E-10
1,0714300E+0	2,0543040E+1	1,5943453E+1	9,5031062E-10
1,0909100E+0	2,0432160E+1	1,5759325E+1	9,5641399E-10
1,1111100E+0	2,0381760E+1	1,5522748E+1	9,5950018E-10
1,1320800E+0	2,0341440E+1	1,5306934E+1	9,6401702E-10
1,1538500E+0	2,0301120E+1	1,5110124E+1	9,6992188E-10
1,1764700E+0	2,0160000E+1	1,4882112E+1	9,7401313E-10
1,2000000E+0	2,0089440E+1	1,4645202E+1	9,7767833E-10
1,2244900E+0	2,0069280E+1	1,4510089E+1	9,8842727E-10
1,2500000E+0	2,0018880E+1	1,4335520E+1	9,9687992E-10
1,2766000E+0	1,9968480E+1	1,4139681E+1	1,0041852E-9
1,3043500E+0	1,9837440E+1	1,3886208E+1	1,0076210E-9
1,3333300E+0	1,9817280E+1	1,3652124E+1	1,0126451E-9
1,3636400E+0	1,9726560E+1	1,3459432E+1	1,0210473E-9
1,3953500E+0	1,9635840E+1	1,3238483E+1	1,0276395E-9
1,4285700E+0	1,9595520E+1	1,3023183E+1	1,0349945E-9
1,4634100E+0	1,9494720E+1	1,2792435E+1	1,0414505E-9
1,5000000E+0	1,9434240E+1	1,2560349E+1	1,0481233E-9
1,5384600E+0	1,9323360E+1	1,2328304E+1	1,0551372E-9
1,5789500E+0	1,9283040E+1	1,2109749E+1	1,0637092E-9
1,6216200E+0	1,9182240E+1	1,1877643E+1	1,0715162E-9
1,6666700E+0	1,9081440E+1	1,1677841E+1	1,0827584E-9
1,7142900E+0	1,9000800E+1	1,1409980E+1	1,0881495E-9
1,7647100E+0	1,8910080E+1	1,1183421E+1	1,0979117E-9
1,8181800E+0	1,8819360E+1	1,0971687E+1	1,1097615E-9
1,8750000E+0	1,8748800E+1	1,0739313E+1	1,1202041E-9
1,9354800E+0	1,8648000E+1	1,0510013E+1	1,1316479E-9
2,0000000E+0	1,8537120E+1	1,0276979E+1	1,1434439E-9
2,0689700E+0	1,8446400E+1	1,0021929E+1	1,1535194E-9
2,1428600E+0	1,8355680E+1	9,8111110E+0	1,1695839E-9
2,2222200E+0	1,8275040E+1	9,5742935E+0	1,1836224E-9
2,3076900E+0	1,8174240E+1	9,3106632E+0	1,1953015E-9
2,4000000E+0	1,8053280E+1	9,0807998E+0	1,2124246E-9
2,5000000E+0	1,7962560E+1	8,8645234E+0	1,2328629E-9
2,6087000E+0	1,7841600E+1	8,6121403E+0	1,2498406E-9
2,7272700E+0	1,7730720E+1	8,3724460E+0	1,2702812E-9
2,8571400E+0	1,7619840E+1	8,1544620E+0	1,2961230E-9
3,0000000E+0	1,7488800E+1	7,9014398E+0	1,3187026E-9
3,1578900E+0	1,7357760E+1	7,6599795E+0	1,3456868E-9
3,3333300E+0	1,7236800E+1	7,4152714E+0	1,3750698E-9
3,5294100E+0	1,7105760E+1	7,1792875E+0	1,4096226E-9
3,7500000E+0	1,6974720E+1	6,9188959E+0	1,4434025E-9
4,0000000E+0	1,6833600E+1	6,6711557E+0	1,4845009E-9
4,2857100E+0	1,6672320E+1	6,4138415E+0	1,5291863E-9
4,6153800E+0	1,6511040E+1	6,1520135E+0	1,5795891E-9
5,0000000E+0	1,6339680E+1	5,8904546E+0	1,6384689E-9
5,4545500E+0	1,6148160E+1	5,6195597E+0	1,7052207E-9

6,0000000E+0	1,5956640E+1	5,3470701E+0	1,7847875E-9
6,6666700E+0	1,5785280E+1	5,0986454E+0	1,8909635E-9
7,5000000E+0	1,5543360E+1	4,8184416E+0	2,0104221E-9
8,5714300E+0	1,5301440E+1	4,5185152E+0	2,1546088E-9
1,0000000E+1	1,5019200E+1	4,2083798E+0	2,3411774E-9
1,2000000E+1	1,4696640E+1	3,8799130E+0	2,5901363E-9
1,4285700E+1	1,4313600E+1	3,5225770E+0	2,7995060E-9
1,5384600E+1	1,4253120E+1	3,5048422E+0	2,9996740E-9
1,6666700E+1	1,4132160E+1	3,3973713E+0	3,1500106E-9
1,8181800E+1	1,3991040E+1	3,2808989E+0	3,3185557E-9
2,0000000E+1	1,3849920E+1	3,1647067E+0	3,5211364E-9
2,2222200E+1	1,3686624E+1	3,0384305E+0	3,7562609E-9
2,5000000E+1	1,3513248E+1	2,9053483E+0	4,0407092E-9
2,8571400E+1	1,3322736E+1	2,7618032E+0	4,3897889E-9
3,3333300E+1	1,3110048E+1	2,6115216E+0	4,8427418E-9
4,0000000E+1	1,2868128E+1	2,4423707E+0	5,4348925E-9
5,0000000E+1	1,2587904E+1	2,2570112E+0	6,2780259E-9
6,6666700E+1	1,2249216E+1	2,0431692E+0	7,5776176E-9
1,0000000E+2	1,1822832E+1	1,7876122E+0	9,9447231E-9
2,0000000E+2	1,1274480E+1	1,4859765E+0	1,6533367E-8

Les mesures diélectriques de la bentonite échangée par le toluène

Fréquence	Epsil 1	Epsil 2	Sigma
1,2000000E-2	2,4320250E+3	7,4565886E+3	4,9778387E-9
1,2050000E-2	2,3240250E+3	7,1998295E+3	4,8264592E-9
1,2100000E-2	2,2836600E+3	7,0428074E+3	4,7407884E-9
1,2150000E-2	2,2437000E+3	6,9307893E+3	4,6846631E-9
1,2200000E-2	2,2148100E+3	6,8349037E+3	4,6388637E-9
1,2240000E-2	2,1888900E+3	6,7352145E+3	4,5861921E-9
1,2300000E-2	2,1643200E+3	6,6596126E+3	4,5569416E-9
1,2350000E-2	2,1398850E+3	6,5951256E+3	4,5311602E-9
1,2400000E-2	2,1232800E+3	6,5184696E+3	4,4966255E-9
1,2450000E-2	2,1049200E+3	6,4515798E+3	4,4684285E-9
1,2500000E-2	2,0915550E+3	6,3959752E+3	4,4477070E-9
1,2550000E-2	2,0694150E+3	6,3365487E+3	4,4240079E-9
1,2610000E-2	2,0547000E+3	6,2873820E+3	4,4106675E-9
1,2660000E-2	2,0360700E+3	6,2324103E+3	4,3894401E-9
1,2710000E-2	2,0221650E+3	6,1837806E+3	4,3723912E-9
1,2770000E-2	2,0028600E+3	6,1387659E+3	4,3610529E-9
1,2820000E-2	1,9990800E+3	6,1031912E+3	4,3527567E-9
1,2880000E-2	1,9772100E+3	6,0502626E+3	4,3352034E-9
1,2930000E-2	1,9593900E+3	6,0094491E+3	4,3226749E-9
1,2990000E-2	1,9468350E+3	5,9631556E+3	4,3092797E-9
1,3040000E-2	1,9399500E+3	5,9284872E+3	4,3007170E-9

1,310000E-2	1,9246950E+3	5,8953408E+3	4,2963494E-9
1,316000E-2	1,9147050E+3	5,8570826E+3	4,2880182E-9
1,322000E-2	1,8975600E+3	5,8198165E+3	4,2801613E-9
1,327000E-2	1,8863550E+3	5,7835644E+3	4,2695872E-9
1,333000E-2	1,8750150E+3	5,7506710E+3	4,2644994E-9
1,339000E-2	1,8646200E+3	5,7169249E+3	4,2585569E-9
1,345000E-2	1,8547650E+3	5,6922738E+3	4,2591943E-9
1,351000E-2	1,8424800E+3	5,6545711E+3	4,2498579E-9
1,357000E-2	1,8296550E+3	5,6261891E+3	4,2473061E-9
1,364000E-2	1,8230400E+3	5,5967328E+3	4,2468638E-9
1,370000E-2	1,8083250E+3	5,5642160E+3	4,2407624E-9
1,376000E-2	1,7953650E+3	5,5351103E+3	4,2370550E-9
1,382000E-2	1,7878050E+3	5,4992882E+3	4,2279896E-9
1,389000E-2	1,7759250E+3	5,4716249E+3	4,2280289E-9
1,395000E-2	1,7679600E+3	5,4417809E+3	4,2231319E-9
1,402000E-2	1,7562150E+3	5,4056298E+3	4,2161271E-9
1,408000E-2	1,7491950E+3	5,3787746E+3	4,2131351E-9
1,415000E-2	1,7312400E+3	5,3426066E+3	4,2056103E-9
1,422000E-2	1,7200350E+3	5,3183482E+3	4,2072251E-9
1,429000E-2	1,7109900E+3	5,2869591E+3	4,2029823E-9
1,435000E-2	1,7030250E+3	5,2538321E+3	4,1941840E-9
1,442000E-2	1,6877700E+3	5,2236482E+3	4,1904297E-9
1,449000E-2	1,6795350E+3	5,1931222E+3	4,1861647E-9
1,456000E-2	1,6661700E+3	5,1651270E+3	4,1837119E-9
1,463000E-2	1,6560450E+3	5,1337395E+3	4,1782800E-9
1,471000E-2	1,6447050E+3	5,1035196E+3	4,1763977E-9
1,478000E-2	1,6322850E+3	5,0731418E+3	4,1712942E-9
1,485000E-2	1,6259400E+3	5,0420399E+3	4,1653560E-9
1,493000E-2	1,6155450E+3	5,0081895E+3	4,1596802E-9
1,500000E-2	1,6009650E+3	4,9790011E+3	4,1548263E-9
1,508000E-2	1,5924600E+3	4,9509581E+3	4,1534595E-9
1,515000E-2	1,5789600E+3	4,9137235E+3	4,1413576E-9
1,523000E-2	1,5662700E+3	4,8851961E+3	4,1390559E-9
1,531000E-2	1,5616800E+3	4,8552631E+3	4,1353031E-9
1,538000E-2	1,5479100E+3	4,8263834E+3	4,1295006E-9
1,546000E-2	1,5483150E+3	4,7951316E+3	4,1241020E-9
1,554000E-2	1,5273900E+3	4,7685116E+3	4,1224295E-9
1,563000E-2	1,5165900E+3	4,7438935E+3	4,1248988E-9
1,571000E-2	1,5126750E+3	4,7240840E+3	4,1286986E-9
1,579000E-2	1,5028200E+3	4,6993181E+3	4,1279684E-9
1,587000E-2	1,4939100E+3	4,6744444E+3	4,1269225E-9
1,596000E-2	1,4868900E+3	4,6599133E+3	4,1374247E-9
1,604000E-2	1,4748750E+3	4,6384819E+3	4,1390399E-9
1,613000E-2	1,4720400E+3	4,6192615E+3	4,1450169E-9
1,622000E-2	1,4619150E+3	4,6064942E+3	4,1566242E-9
1,630000E-2	1,4519250E+3	4,5866311E+3	4,1591138E-9
1,639000E-2	1,4520600E+3	4,5739890E+3	4,1705512E-9
1,648000E-2	1,4440950E+3	4,5647843E+3	4,1850134E-9
1,657000E-2	1,4350500E+3	4,5448033E+3	4,1894498E-9

1,6670000E-2	1,4291100E+3	4,5317078E+3	4,2025887E-9
1,6760000E-2	1,4191200E+3	4,5170590E+3	4,2116198E-9
1,6850000E-2	1,4161500E+3	4,5005247E+3	4,2187369E-9
1,6950000E-2	1,4112900E+3	4,4850796E+3	4,2292100E-9
1,7050000E-2	1,4073750E+3	4,4754525E+3	4,2450296E-9
1,7140000E-2	1,3973850E+3	4,4604529E+3	4,2531350E-9
1,7240000E-2	1,3913100E+3	4,4424528E+3	4,2606854E-9
1,7340000E-2	1,3875300E+3	4,4303833E+3	4,2737566E-9
1,7440000E-2	1,3774050E+3	4,4118282E+3	4,2804010E-9
1,7540000E-2	1,3734900E+3	4,3979150E+3	4,2913685E-9
1,7650000E-2	1,3655250E+3	4,3833352E+3	4,3039655E-9
1,7750000E-2	1,3585050E+3	4,3648766E+3	4,3101235E-9
1,7860000E-2	1,3513500E+3	4,3432389E+3	4,3153354E-9
1,7960000E-2	1,3464630E+3	4,3302250E+3	4,3264948E-9
1,8070000E-2	1,3404690E+3	4,3149697E+3	4,3376578E-9
1,8180000E-2	1,3334625E+3	4,2977496E+3	4,3466471E-9
1,8290000E-2	1,3272390E+3	4,2737096E+3	4,3484862E-9
1,8400000E-2	1,3164120E+3	4,2638585E+3	4,3645552E-9
1,8520000E-2	1,3102695E+3	4,2426526E+3	4,3711715E-9
1,8630000E-2	1,3023585E+3	4,2300604E+3	4,3840834E-9
1,8750000E-2	1,2952305E+3	4,2094991E+3	4,3908751E-9
1,8870000E-2	1,2891690E+3	4,1923776E+3	4,4010031E-9
1,8990000E-2	1,2860235E+3	4,1705742E+3	4,4059565E-9
1,9110000E-2	1,2810555E+3	4,1557440E+3	4,4180321E-9
1,9230000E-2	1,2709710E+3	4,1382816E+3	4,4270936E-9
1,9350000E-2	1,2618450E+3	4,1186621E+3	4,4336001E-9
1,9480000E-2	1,2544740E+3	4,0946031E+3	4,4373139E-9
1,9610000E-2	1,2474405E+3	4,0778830E+3	4,4486859E-9
1,9740000E-2	1,2410955E+3	4,0546590E+3	4,4526737E-9
1,9870000E-2	1,2275280E+3	4,0397946E+3	4,4655663E-9
2,0000000E-2	1,2188340E+3	4,0197145E+3	4,4724407E-9
2,0130000E-2	1,2137040E+3	4,0003684E+3	4,4798466E-9
2,0270000E-2	1,2064140E+3	3,9799598E+3	4,4879894E-9
2,0410000E-2	1,1971260E+3	3,9588957E+3	4,4950699E-9
2,0550000E-2	1,1908620E+3	3,9381806E+3	4,5022214E-9
2,0690000E-2	1,1838825E+3	3,9139155E+3	4,5049640E-9
2,0830000E-2	1,1725830E+3	3,8941481E+3	4,5125406E-9
2,0980000E-2	1,1671290E+3	3,8713669E+3	4,5184471E-9
2,1130000E-2	1,1592990E+3	3,8500320E+3	4,5256735E-9
2,1280000E-2	1,1519280E+3	3,8290087E+3	4,5329127E-9
2,1430000E-2	1,1439090E+3	3,8057852E+3	4,5371782E-9
2,1580000E-2	1,1366460E+3	3,7861678E+3	4,5453851E-9
2,1740000E-2	1,1302335E+3	3,7648078E+3	4,5532525E-9
2,1900000E-2	1,1220930E+3	3,7399360E+3	4,5564611E-9
2,2060000E-2	1,1131155E+3	3,7189189E+3	4,5639576E-9
2,2220000E-2	1,1038140E+3	3,6922578E+3	4,5641033E-9
2,2390000E-2	1,0971045E+3	3,6676203E+3	4,5683340E-9
2,2560000E-2	1,0889370E+3	3,6446721E+3	4,5742189E-9
2,2730000E-2	1,0815525E+3	3,6177931E+3	4,5746993E-9

2,2900000E-2	1,0733310E+3	3,5945855E+3	4,5793484E-9
2,3080000E-2	1,0625850E+3	3,5649727E+3	4,5773213E-9
2,3260000E-2	1,0555785E+3	3,5382991E+3	4,5785045E-9
2,3440000E-2	1,0458450E+3	3,5098558E+3	4,5768457E-9
2,3620000E-2	1,0360980E+3	3,4823254E+3	4,5758168E-9
2,3810000E-2	1,0277955E+3	3,4585319E+3	4,5811083E-9
2,4000000E-2	1,0187640E+3	3,4271221E+3	4,5757280E-9
2,4190000E-2	1,0083825E+3	3,3992574E+3	4,5744544E-9
2,4390000E-2	1,0006200E+3	3,3720894E+3	4,5754126E-9
2,4590000E-2	9,9179100E+2	3,3443193E+3	4,5749425E-9
2,4790000E-2	9,8131500E+2	3,3158634E+3	4,5729088E-9
2,5000000E-2	9,7332300E+2	3,2869118E+3	4,5713812E-9
2,5210000E-2	9,6458850E+2	3,2564508E+3	4,5670603E-9
2,5420000E-2	9,5501700E+2	3,2289125E+3	4,5661608E-9
2,5640000E-2	9,4462200E+2	3,1975455E+3	4,5609377E-9
2,5860000E-2	9,3486150E+2	3,1682456E+3	4,5579205E-9
2,6090000E-2	9,2443950E+2	3,1384721E+3	4,5552450E-9
2,6320000E-2	9,1528650E+2	3,1101435E+3	4,5539232E-9
2,6550000E-2	9,0772650E+2	3,0790083E+3	4,5477310E-9
2,6790000E-2	8,9661600E+2	3,0484944E+3	4,5433637E-9
2,7030000E-2	8,8696350E+2	3,0183368E+3	4,5387173E-9
2,7270000E-2	8,7683850E+2	2,9882656E+3	4,5333967E-9
2,7520000E-2	8,6602500E+2	2,9574754E+3	4,5278179E-9
2,7780000E-2	8,5888350E+2	2,9236394E+3	4,5183039E-9
2,8040000E-2	8,4813750E+2	2,8938451E+3	4,5141157E-9
2,8300000E-2	8,3884950E+2	2,8638322E+3	4,5087213E-9
2,8570000E-2	8,3128950E+2	2,8355285E+3	4,5067518E-9
2,8850000E-2	8,2012500E+2	2,8040074E+3	4,5003299E-9
2,9130000E-2	8,1135000E+2	2,7715716E+3	4,4914438E-9
2,9410000E-2	8,0106300E+2	2,7428397E+3	4,4876072E-9
2,9700000E-2	7,9008750E+2	2,7100001E+3	4,4775985E-9
3,0000000E-2	7,7980050E+2	2,6832935E+3	4,4782550E-9
3,0300000E-2	7,7008050E+2	2,6529273E+3	4,4718514E-9
3,0610000E-2	7,6283100E+2	2,6210873E+3	4,4633835E-9
3,0930000E-2	7,4946600E+2	2,5916534E+3	4,4593980E-9
3,1250000E-2	7,4154150E+2	2,5620259E+3	4,4540278E-9
3,1580000E-2	7,3381950E+2	2,5324111E+3	4,4490339E-9
3,1910000E-2	7,2172350E+2	2,5014937E+3	4,4406403E-9
3,2260000E-2	7,1469000E+2	2,4706833E+3	4,4340525E-9
3,2610000E-2	7,0625250E+2	2,4401024E+3	4,4266811E-9
3,2970000E-2	6,9383250E+2	2,4096803E+3	4,4197505E-9
3,3330000E-2	6,8777100E+2	2,3796877E+3	4,4123978E-9
3,3710000E-2	6,7559400E+2	2,3497159E+3	4,4064972E-9
3,4090000E-2	6,6752100E+2	2,3216380E+3	4,4029210E-9
3,4480000E-2	6,5747700E+2	2,2913073E+3	4,3951124E-9
3,4880000E-2	6,4916100E+2	2,2610278E+3	4,3873447E-9
3,5290000E-2	6,3914400E+2	2,2325300E+3	4,3829685E-9
3,5710000E-2	6,3005850E+2	2,2007943E+3	4,3720860E-9
3,6140000E-2	6,2183700E+2	2,1714548E+3	4,3657446E-9

3,6590000E-2	6,1349400E+2	2,1435480E+3	4,3632994E-9
3,7040000E-2	6,0381450E+2	2,1157660E+3	4,3597140E-9
3,7500000E-2	5,9688900E+2	2,0855302E+3	4,3507801E-9
3,7970000E-2	5,8585950E+2	2,0581244E+3	4,3474201E-9
3,8460000E-2	5,7919050E+2	2,0294835E+3	4,3422437E-9
3,8960000E-2	5,7102300E+2	2,0002936E+3	4,3354289E-9
3,9470000E-2	5,5902150E+2	1,9711098E+3	4,3281004E-9
4,0000000E-2	5,5140750E+2	1,9431600E+3	4,3240225E-9
4,0540000E-2	5,4129600E+2	1,9145640E+3	4,3179043E-9
4,1100000E-2	5,3327700E+2	1,8856675E+3	4,3114794E-9
4,1670000E-2	5,2591950E+2	1,8580736E+3	4,3073067E-9
4,2250000E-2	5,1733350E+2	1,8303259E+3	4,3020409E-9
4,2860000E-2	5,0618250E+2	1,8050468E+3	4,3038787E-9
4,3480000E-2	5,0136300E+2	1,7783346E+3	4,3015244E-9
4,4120000E-2	4,9280400E+2	1,7533966E+3	4,3036313E-9
4,4780000E-2	4,8555450E+2	1,7266318E+3	4,3013344E-9
4,5450000E-2	4,7727900E+2	1,7010224E+3	4,3009391E-9
4,6150000E-2	4,7106900E+2	1,6765346E+3	4,3043106E-9
4,6880000E-2	4,6060650E+2	1,6489713E+3	4,3005112E-9
4,7620000E-2	4,5146700E+2	1,6239268E+3	4,3020477E-9
4,8390000E-2	4,4572950E+2	1,5992774E+3	4,3052544E-9
4,9180000E-2	4,4131500E+2	1,5724053E+3	4,3020200E-9
5,0000000E-2	4,3335000E+2	1,5509597E+3	4,3140968E-9
5,0850000E-2	4,2697800E+2	1,5298622E+3	4,3277548E-9
5,1720000E-2	4,1335650E+2	1,5037909E+3	4,3267855E-9
5,2630000E-2	4,0743000E+2	1,4822303E+3	4,3397874E-9
5,3570000E-2	4,0292100E+2	1,4569623E+3	4,3419954E-9
5,4550000E-2	3,9583350E+2	1,4341048E+3	4,3520615E-9
5,5560000E-2	3,8878650E+2	1,4109062E+3	4,3609365E-9
5,6600000E-2	3,8222550E+2	1,3878608E+3	4,3700029E-9
5,7690000E-2	3,7434150E+2	1,3663465E+3	4,3851128E-9
5,8820000E-2	3,6830700E+2	1,3413741E+3	4,3892905E-9
6,0000000E-2	3,5986950E+2	1,3203612E+3	4,4072064E-9
6,1220000E-2	3,5421300E+2	1,2953569E+3	4,4116614E-9
6,2500000E-2	3,4753050E+2	1,2730042E+3	4,4261818E-9
6,3830000E-2	3,3964650E+2	1,2498991E+3	4,4383259E-9
6,5220000E-2	3,3361200E+2	1,2273585E+3	4,4531942E-9
6,6670000E-2	3,2748300E+2	1,2051374E+3	4,4697828E-9
6,8180000E-2	3,2112450E+2	1,1804537E+3	4,4773941E-9
6,9770000E-2	3,1363200E+2	1,1573021E+3	4,4919493E-9
7,1430000E-2	3,0677400E+2	1,1338367E+3	4,5055784E-9
7,3170000E-2	2,9983500E+2	1,1108887E+3	4,5219211E-9
7,5000000E-2	2,9411100E+2	1,0870343E+3	4,5354865E-9
7,6920000E-2	2,8613250E+2	1,0629822E+3	4,5486725E-9
7,8950000E-2	2,7969300E+2	1,0390595E+3	4,5636459E-9
8,1080000E-2	2,7236250E+2	1,0156398E+3	4,5811322E-9
8,3330000E-2	2,6624700E+2	9,9203632E+2	4,5988404E-9
8,5710000E-2	2,6028000E+2	9,6772104E+2	4,6142494E-9
8,8240000E-2	2,5297650E+2	9,4334937E+2	4,6308152E-9

9,0910000E-2	2,4660450E+2	9,1934158E+2	4,6495181E-9
9,3750000E-2	2,3949000E+2	8,9425566E+2	4,6639336E-9
9,6770000E-2	2,3255100E+2	8,6997329E+2	4,6834517E-9
1,0000000E-1	2,2667850E+2	8,4732423E+2	4,7137768E-9
1,0345000E-1	2,1996900E+2	8,2180418E+2	4,7295327E-9
1,0714000E-1	2,1373200E+2	7,9679290E+2	4,7491565E-9
1,1111000E-1	2,0682000E+2	7,7143860E+2	4,7684134E-9
1,1538000E-1	2,0011050E+2	7,4581183E+2	4,7871738E-9
1,2000000E-1	1,9344150E+2	7,2037615E+2	4,8090573E-9
1,2500000E-1	1,8670500E+2	6,9435590E+2	4,8284921E-9
1,3043000E-1	1,7984700E+2	6,6831145E+2	4,8492635E-9
1,3636000E-1	1,7343450E+2	6,4222795E+2	4,8718688E-9
1,4286000E-1	1,6683300E+2	6,1578060E+2	4,8939107E-9
1,5000000E-1	1,5982650E+2	5,8959996E+2	4,9200338E-9
1,5789000E-1	1,5317100E+2	5,6259708E+2	4,9416444E-9
1,6667000E-1	1,4647500E+2	5,3580555E+2	4,9680279E-9
1,7647000E-1	1,3987350E+2	5,0899967E+2	4,9969818E-9
1,8750000E-1	1,3351500E+2	4,8198915E+2	5,0275676E-9
2,0000000E-1	1,2688650E+2	4,5526876E+2	5,0654407E-9
2,1429000E-1	1,2035250E+2	4,2785314E+2	5,1005383E-9
2,3077000E-1	1,1349450E+2	4,0029510E+2	5,1390047E-9
2,3438000E-1	1,1213100E+2	3,9571030E+2	5,1596149E-9
2,3529000E-1	1,1145600E+2	3,9210221E+2	5,1324195E-9
2,3622000E-1	1,1099700E+2	3,9026545E+2	5,1285685E-9
2,3715000E-1	1,1074050E+2	3,8781323E+2	5,1164076E-9
2,3810000E-1	1,1001150E+2	3,8526027E+2	5,1030874E-9
2,3904000E-1	1,0932300E+2	3,8263050E+2	5,0882630E-9
2,4000000E-1	1,0874250E+2	3,8070749E+2	5,0830227E-9
2,4096000E-1	1,0822950E+2	3,7847856E+2	5,0734762E-9
2,4194000E-1	1,0797300E+2	3,7617793E+2	5,0631451E-9
2,4291000E-1	1,0720350E+2	3,7392581E+2	5,0530107E-9
2,4390000E-1	1,0681200E+2	3,7202620E+2	5,0478299E-9
2,4490000E-1	1,0597500E+2	3,7017067E+2	5,0432463E-9
2,4590000E-1	1,0586700E+2	3,6799369E+2	5,0340589E-9
2,4691000E-1	1,0535400E+2	3,6621050E+2	5,0302418E-9
2,4793000E-1	1,0465200E+2	3,6408431E+2	5,0216961E-9
2,4896000E-1	1,0434150E+2	3,6237803E+2	5,0189263E-9
2,5000000E-1	1,0368000E+2	3,6070272E+2	5,0165924E-9
2,5105000E-1	1,0354500E+2	3,5888697E+2	5,0123028E-9
2,5210000E-1	1,0293750E+2	3,5709019E+2	5,0080672E-9
2,5316000E-1	1,0268100E+2	3,5527626E+2	5,0035779E-9
2,5424000E-1	1,0237050E+2	3,5369008E+2	5,0024890E-9
2,5532000E-1	1,0214100E+2	3,5228431E+2	5,0037721E-9
2,5641000E-1	1,0168200E+2	3,5029449E+2	4,9967503E-9
2,5751000E-1	1,0112850E+2	3,4889333E+2	4,9981139E-9
2,5862000E-1	1,0077750E+2	3,4707771E+2	4,9935364E-9
2,5974000E-1	1,0033200E+2	3,4574407E+2	4,9958911E-9
2,6087000E-1	1,0018350E+2	3,4413032E+2	4,9942062E-9
2,6201000E-1	9,9670500E+1	3,4276685E+2	4,9961569E-9

2,6316000E-1	9,9292500E+1	3,4126832E+2	4,9961474E-9
2,6432000E-1	9,8779500E+1	3,4009782E+2	5,0009586E-9
2,6549000E-1	9,8509500E+1	3,3867566E+2	5,0020905E-9
2,6667000E-1	9,8050500E+1	3,3699957E+2	4,9994576E-9
2,6786000E-1	9,7618500E+1	3,3580764E+2	5,0040060E-9
2,6906000E-1	9,7267500E+1	3,3411386E+2	5,0010710E-9
2,7027000E-1	9,6943500E+1	3,3290398E+2	5,0053703E-9
2,7149000E-1	9,6822000E+1	3,3142171E+2	5,0055773E-9
2,7273000E-1	9,6363000E+1	3,3033236E+2	5,0119118E-9
2,7397000E-1	9,6147000E+1	3,2872659E+2	5,0102251E-9
2,7523000E-1	9,5607000E+1	3,2754958E+2	5,0152456E-9
2,7650000E-1	9,5458500E+1	3,2599078E+2	5,0144099E-9
2,7778000E-1	9,4851000E+1	3,2448527E+2	5,0143581E-9
2,7907000E-1	9,4635000E+1	3,2317852E+2	5,0173573E-9
2,8037000E-1	9,4324500E+1	3,2192952E+2	5,0212486E-9
2,8169000E-1	9,4135500E+1	3,2006070E+2	5,0156032E-9
2,8302000E-1	9,3474000E+1	3,1865287E+2	5,0171183E-9
2,8436000E-1	9,3271500E+1	3,1730964E+2	5,0196237E-9
2,8571000E-1	9,2920500E+1	3,1592970E+2	5,0215210E-9
2,8708000E-1	9,2677500E+1	3,1408405E+2	5,0161233E-9
2,8846000E-1	9,2191500E+1	3,1280576E+2	5,0197227E-9
2,8986000E-1	9,1759500E+1	3,1124822E+2	5,0189695E-9
2,9126000E-1	9,1381500E+1	3,1033157E+2	5,0283581E-9
2,9268000E-1	9,1152000E+1	3,0809376E+2	5,0164367E-9
2,9412000E-1	9,0679500E+1	3,0631535E+2	5,0120190E-9
2,9557000E-1	9,0423000E+1	3,0481593E+2	5,0120732E-9
2,9703000E-1	9,0072000E+1	3,0327242E+2	5,0113256E-9
2,9851000E-1	8,9505000E+1	3,0136334E+2	5,0045921E-9
3,0000000E-1	8,9127000E+1	2,9991235E+2	5,0053563E-9
3,0151000E-1	8,8816500E+1	2,9833462E+2	5,0040860E-9
3,0303000E-1	8,8762500E+1	2,9673304E+2	5,0023136E-9
3,0457000E-1	8,8141500E+1	2,9500960E+2	4,9985341E-9
3,0612000E-1	8,7804000E+1	2,9344097E+2	4,9972588E-9
3,0769000E-1	8,7142500E+1	2,9192737E+2	4,9969798E-9
3,0928000E-1	8,6913000E+1	2,9037633E+2	4,9961151E-9
3,1088000E-1	8,6845500E+1	2,8841391E+2	4,9880221E-9
3,1250000E-1	8,6373000E+1	2,8658561E+2	4,9822302E-9
3,1414000E-1	8,5846500E+1	2,8501038E+2	4,9808482E-9
3,1579000E-1	8,5563000E+1	2,8321353E+2	4,9754430E-9
3,1746000E-1	8,5333500E+1	2,8151522E+2	4,9717613E-9
3,1915000E-1	8,4631500E+1	2,7979174E+2	4,9676286E-9
3,2086000E-1	8,4442500E+1	2,7832248E+2	4,9680190E-9
3,2258000E-1	8,4010500E+1	2,7673059E+2	4,9660832E-9
3,2432000E-1	8,3592000E+1	2,7510127E+2	4,9634736E-9
3,2609000E-1	8,3470500E+1	2,7361630E+2	4,9636235E-9
3,2787000E-1	8,3092500E+1	2,7229412E+2	4,9666017E-9
3,2967000E-1	8,2674000E+1	2,7042665E+2	4,9596189E-9
3,3149000E-1	8,2377000E+1	2,6887853E+2	4,9584500E-9
3,3333000E-1	8,1985500E+1	2,6735472E+2	4,9577159E-9

3,3520000E-1	8,1418500E+1	2,6599424E+2	4,9601593E-9
3,3708000E-1	8,1229500E+1	2,6456448E+2	4,9611677E-9
3,3898000E-1	8,0838000E+1	2,6312769E+2	4,9620372E-9
3,4091000E-1	8,0487000E+1	2,6158275E+2	4,9609886E-9
3,4286000E-1	8,0190000E+1	2,6037693E+2	4,9663658E-9
3,4483000E-1	7,9906500E+1	2,5889706E+2	4,9665127E-9
3,4682000E-1	7,9528500E+1	2,5743375E+2	4,9669411E-9
3,4884000E-1	7,9407000E+1	2,5600817E+2	4,9682047E-9
3,5088000E-1	7,9177500E+1	2,5503073E+2	4,9781790E-9
3,5294000E-1	7,8853500E+1	2,5375056E+2	4,9822703E-9
3,5503000E-1	7,8583500E+1	2,5225304E+2	4,9821963E-9
3,5714000E-1	7,8151500E+1	2,5094447E+2	4,9858075E-9
3,5928000E-1	7,7895000E+1	2,4973137E+2	4,9914362E-9
3,6145000E-1	7,7638500E+1	2,4813265E+2	4,9894368E-9
3,6364000E-1	7,7328000E+1	2,4706296E+2	4,9980279E-9
3,6585000E-1	7,6963500E+1	2,4551356E+2	4,9968687E-9
3,6810000E-1	7,6720500E+1	2,4412463E+2	4,9991573E-9
3,7037000E-1	7,6356000E+1	2,4296479E+2	5,0060886E-9
3,7267000E-1	7,6113000E+1	2,4165877E+2	5,0100999E-9
3,7500000E-1	7,5667500E+1	2,4009298E+2	5,0087587E-9
3,7736000E-1	7,5289500E+1	2,3866772E+2	5,0103599E-9
3,7975000E-1	7,5046500E+1	2,3714694E+2	5,0099650E-9
3,8217000E-1	7,4682000E+1	2,3592044E+2	5,0158154E-9
3,8462000E-1	7,4371500E+1	2,3441897E+2	5,0158438E-9
3,8710000E-1	7,4155500E+1	2,3299658E+2	5,0175546E-9
3,8961000E-1	7,3629000E+1	2,3171046E+2	5,0222130E-9
3,9216000E-1	7,3561500E+1	2,3010037E+2	5,0199570E-9
3,9474000E-1	7,3197000E+1	2,2852103E+2	5,0183010E-9
3,9735000E-1	7,2792000E+1	2,2718383E+2	5,0219227E-9
4,0000000E-1	7,2657000E+1	2,2589061E+2	5,0266374E-9
4,0268000E-1	7,2171000E+1	2,2423530E+2	5,0232341E-9
4,0541000E-1	7,1887500E+1	2,2270747E+2	5,0228318E-9
4,0816000E-1	7,1496000E+1	2,2120862E+2	5,0228693E-9
4,1096000E-1	7,1199000E+1	2,1979131E+2	5,0249236E-9
4,1379000E-1	7,0861500E+1	2,1832428E+2	5,0257562E-9
4,1667000E-1	7,0402500E+1	2,1669889E+2	5,0230594E-9
4,1958000E-1	7,0213500E+1	2,1548523E+2	5,0298111E-9
4,2254000E-1	6,9741000E+1	2,1375616E+2	5,0246505E-9
4,2553000E-1	6,9498000E+1	2,1238589E+2	5,0277680E-9
4,2857000E-1	6,9174000E+1	2,1091153E+2	5,0285349E-9
4,3165000E-1	6,8877000E+1	2,0952383E+2	5,0313504E-9
4,3478000E-1	6,8580000E+1	2,0793456E+2	5,0293936E-9
4,3796000E-1	6,8296500E+1	2,0673351E+2	5,0369159E-9
4,4118000E-1	6,7945500E+1	2,0492363E+2	5,0295281E-9
4,4444000E-1	6,7567500E+1	2,0358088E+2	5,0334934E-9
4,4776000E-1	6,7149000E+1	2,0211849E+2	5,0346667E-9
4,5113000E-1	6,6892500E+1	2,0081128E+2	5,0397525E-9
4,5455000E-1	6,6528000E+1	1,9931789E+2	5,0401948E-9
4,5802000E-1	6,6244500E+1	1,9787232E+2	5,0418379E-9

4,6154000E-1	6,6109500E+1	1,9634521E+2	5,0413756E-9
4,6512000E-1	6,5731500E+1	1,9502536E+2	5,0463282E-9
4,6875000E-1	6,5286000E+1	1,9363828E+2	5,0495407E-9
4,7244000E-1	6,5083500E+1	1,9219158E+2	5,0512678E-9
4,7619000E-1	6,4557000E+1	1,9057226E+2	5,0484650E-9
4,8000000E-1	6,4327500E+1	1,8918718E+2	5,0518718E-9
4,8387000E-1	6,4003500E+1	1,8778627E+2	5,0548924E-9
4,8780000E-1	6,3693000E+1	1,8649310E+2	5,0608558E-9
4,9180000E-1	6,3490500E+1	1,8501132E+2	5,0618143E-9
4,9587000E-1	6,3153000E+1	1,8371208E+2	5,0678637E-9
5,0000000E-1	6,2788500E+1	1,8221223E+2	5,0683536E-9
5,0420000E-1	6,2532000E+1	1,8090508E+2	5,0742631E-9
5,0847000E-1	6,2194500E+1	1,7936894E+2	5,0737838E-9
5,1282000E-1	6,1951500E+1	1,7817251E+2	5,0830578E-9
5,1724000E-1	6,1438500E+1	1,7675856E+2	5,0861827E-9
5,2174000E-1	6,1209000E+1	1,7524137E+2	5,0863958E-9
5,2632000E-1	6,1006500E+1	1,7392953E+2	5,0926354E-9
5,3097000E-1	6,0723000E+1	1,7269621E+2	5,1011980E-9
5,3571000E-1	6,0304500E+1	1,7126478E+2	5,1040768E-9
5,4054000E-1	5,9980500E+1	1,6986478E+2	5,1079961E-9
5,4545000E-1	5,9670000E+1	1,6862742E+2	5,1168481E-9
5,5046000E-1	5,9359500E+1	1,6709699E+2	5,1169808E-9
5,5556000E-1	5,8995000E+1	1,6565796E+2	5,1199140E-9
5,6075000E-1	5,8914000E+1	1,6437006E+2	5,1275674E-9
5,6604000E-1	5,8671000E+1	1,6316405E+2	5,1379632E-9
5,7143000E-1	5,8131000E+1	1,6166231E+2	5,1391490E-9
5,7692000E-1	5,7874500E+1	1,6019662E+2	5,1414820E-9
5,8252000E-1	5,7645000E+1	1,5881198E+2	5,1465177E-9
5,8824000E-1	5,7267000E+1	1,5748425E+2	5,1536042E-9
5,9406000E-1	5,6929500E+1	1,5598683E+2	5,1551064E-9
6,0000000E-1	5,6673000E+1	1,5460394E+2	5,1604931E-9
6,0606000E-1	5,6322000E+1	1,5319584E+2	5,1651386E-9
6,1224000E-1	5,5971000E+1	1,5179335E+2	5,1700392E-9
6,1856000E-1	5,5714500E+1	1,5048486E+2	5,1783815E-9
6,2500000E-1	5,5377000E+1	1,4901951E+2	5,1813452E-9
6,3158000E-1	5,5080000E+1	1,4744916E+2	5,1807192E-9
6,3830000E-1	5,4823500E+1	1,4615945E+2	5,1900451E-9
6,4516000E-1	5,4432000E+1	1,4468026E+2	5,1927341E-9
6,5217000E-1	5,4094500E+1	1,4318814E+2	5,1950204E-9
6,5934000E-1	5,3892000E+1	1,4178985E+2	5,2008456E-9
6,6667000E-1	5,3473500E+1	1,4042141E+2	5,2079119E-9
6,7416000E-1	5,3338500E+1	1,3910681E+2	5,2171191E-9
6,8182000E-1	5,2987500E+1	1,3766152E+2	5,2215771E-9
6,8966000E-1	5,2636500E+1	1,3617063E+2	5,2244173E-9
6,9767000E-1	5,2312500E+1	1,3480931E+2	5,2322601E-9
7,0588000E-1	5,2015500E+1	1,3331573E+2	5,2351803E-9
7,1429000E-1	5,1759000E+1	1,3193369E+2	5,2426356E-9
7,2289000E-1	5,1381000E+1	1,3040498E+2	5,2442788E-9
7,3171000E-1	5,1165000E+1	1,2903813E+2	5,2526255E-9

7,4074000E-1	5,0719500E+1	1,2761026E+2	5,2586078E-9
7,5000000E-1	5,0436000E+1	1,2619087E+2	5,2651238E-9
7,5949000E-1	5,0125500E+1	1,2481250E+2	5,2735068E-9
7,6923000E-1	4,9801500E+1	1,2345792E+2	5,2831696E-9
7,7922000E-1	4,9477500E+1	1,2201152E+2	5,2890820E-9
7,8947000E-1	4,9153500E+1	1,2052438E+2	5,2933417E-9
8,0000000E-1	4,8910500E+1	1,1909707E+2	5,3004219E-9
8,1081000E-1	4,8600000E+1	1,1770920E+2	5,3094421E-9
8,2192000E-1	4,8276000E+1	1,1624861E+2	5,3154091E-9
8,3333000E-1	4,7898000E+1	1,1476361E+2	5,3203548E-9
8,4507000E-1	4,7533500E+1	1,1331986E+2	5,3274345E-9
8,5714000E-1	4,7317500E+1	1,1195320E+2	5,3383578E-9
8,6957000E-1	4,6953000E+1	1,1043346E+2	5,3422548E-9
8,8235000E-1	4,6710000E+1	1,0902114E+2	5,3514441E-9
8,9552000E-1	4,6291500E+1	1,0762774E+2	5,3619022E-9
9,0909000E-1	4,6062000E+1	1,0617291E+2	5,3695759E-9
9,2308000E-1	4,5724500E+1	1,0475483E+2	5,3793869E-9
9,3750000E-1	4,5360000E+1	1,0333008E+2	5,3891147E-9
9,5238000E-1	4,5036000E+1	1,0187143E+2	5,3973684E-9
9,6774000E-1	4,4779500E+1	1,0048520E+2	5,4097871E-9
9,8361000E-1	4,4388000E+1	9,8985240E+1	5,4164253E-9
1,0000000E+0	4,4091000E+1	9,7573383E+1	5,4281364E-9
1,0169500E+0	4,3848000E+1	9,6158664E+1	5,4401066E-9
1,0344800E+0	4,3470000E+1	9,4677660E+1	5,4486511E-9
1,0526300E+0	4,3213500E+1	9,3254733E+1	5,4609225E-9
1,0714300E+0	4,2768000E+1	9,1780128E+1	5,4705608E-9
1,0909100E+0	4,2511500E+1	9,0379449E+1	5,4850173E-9
1,1111100E+0	4,2214500E+1	8,8988166E+1	5,5005827E-9
1,1320800E+0	4,1890500E+1	8,7509255E+1	5,5112548E-9
1,1538500E+0	4,1539500E+1	8,6069844E+1	5,5248406E-9
1,1764700E+0	4,1215500E+1	8,4697853E+1	5,5433544E-9
1,2000000E+0	4,0918500E+1	8,3187310E+1	5,5533841E-9
1,2244900E+0	4,0581000E+1	8,1851877E+1	5,5757497E-9
1,2500000E+0	4,0338000E+1	8,0433972E+1	5,5933103E-9
1,2766000E+0	3,9987000E+1	7,8974325E+1	5,6086734E-9
1,3043500E+0	3,9676500E+1	7,7527881E+1	5,6256336E-9
1,3333300E+0	3,9352500E+1	7,6068382E+1	5,6423655E-9
1,3636400E+0	3,9001500E+1	7,4648871E+1	5,6629452E-9
1,3953500E+0	3,8664000E+1	7,3152288E+1	5,6784585E-9
1,4285700E+0	3,8340000E+1	7,1772480E+1	5,7039914E-9
1,4634100E+0	3,7948500E+1	7,0318571E+1	5,7247357E-9
1,5000000E+0	3,7705500E+1	6,8887948E+1	5,7484915E-9
1,5384600E+0	3,7354500E+1	6,7387518E+1	5,7674662E-9
1,5789500E+0	3,7017000E+1	6,5927277E+1	5,7909912E-9
1,6216200E+0	3,6679500E+1	6,4409202E+1	5,8105387E-9
1,6666700E+0	3,6328500E+1	6,2993619E+1	5,8407089E-9
1,7142900E+0	3,5977500E+1	6,1485548E+1	5,8637672E-9
1,7647100E+0	3,5626500E+1	5,9995026E+1	5,8899008E-9
1,8181800E+0	3,5329500E+1	5,8540982E+1	5,9212890E-9

1,8750000E+0	3,4951500E+1	5,7040848E+1	5,9498584E-9
1,9354800E+0	3,4587000E+1	5,5581309E+1	5,9846237E-9
2,0000000E+0	3,4249500E+1	5,4114210E+1	6,0208902E-9
2,0689700E+0	3,3858000E+1	5,2581474E+1	6,0521034E-9
2,1428600E+0	3,3507000E+1	5,1098175E+1	6,0914204E-9
2,2222200E+0	3,3156000E+1	4,9535064E+1	6,1237742E-9
2,3076900E+0	3,2778000E+1	4,8085326E+1	6,1731868E-9
2,4000000E+0	3,2413500E+1	4,6578200E+1	6,2188964E-9
2,5000000E+0	3,2062500E+1	4,5079875E+1	6,2696327E-9
2,6087000E+0	3,1657500E+1	4,3529062E+1	6,3171740E-9
2,7272700E+0	3,1279500E+1	4,2039648E+1	6,3783242E-9
2,8571400E+0	3,0928500E+1	4,0547263E+1	6,4448447E-9
3,0000000E+0	3,0523500E+1	3,8978510E+1	6,5052781E-9
3,1578900E+0	3,0118500E+1	3,7437296E+1	6,5768941E-9
3,3333300E+0	2,9700000E+1	3,5877600E+1	6,6530545E-9
3,5294100E+0	2,9308500E+1	3,4290945E+1	6,7328812E-9
3,7500000E+0	2,8849500E+1	3,2686484E+1	6,8189712E-9
4,0000000E+0	2,8417500E+1	3,1060327E+1	6,9117084E-9
4,2857100E+0	2,7972000E+1	2,9426544E+1	7,0158683E-9
4,6153800E+0	2,7526500E+1	2,7801765E+1	7,1383727E-9
5,0000000E+0	2,7040500E+1	2,6140051E+1	7,2710282E-9
5,4545500E+0	2,6541000E+1	2,4470802E+1	7,4255139E-9
6,0000000E+0	2,6041500E+1	2,2762875E+1	7,5979731E-9
6,6667000E+0	2,5542000E+1	2,1069596E+1	7,8142005E-9
7,5000000E+0	2,4988500E+1	1,9303616E+1	8,0541428E-9
8,5714300E+0	2,4381000E+1	1,7486053E+1	8,3380494E-9
1,0000000E+1	2,3746500E+1	1,5622822E+1	8,6911827E-9
1,2000000E+1	2,3058000E+1	1,3712593E+1	9,1541960E-9
1,4285700E+1	2,2275000E+1	1,1723332E+1	9,3169120E-9
1,5384600E+1	2,2167000E+1	1,1551224E+1	9,8862955E-9
1,6666700E+1	2,1910500E+1	1,0946486E+1	1,0149478E-8
1,8181800E+1	2,1640500E+1	1,0331175E+1	1,0449752E-8
2,0000000E+1	2,1370500E+1	9,7064811E+0	1,0799688E-8
2,2222200E+1	2,1066750E+1	9,0671292E+0	1,1209242E-8
2,5000000E+1	2,0744100E+1	8,4158814E+0	1,1704665E-8
2,8571400E+1	2,0398500E+1	7,7412308E+0	1,2304414E-8
3,3333300E+1	2,0017800E+1	7,0462656E+0	1,3066423E-8
4,0000000E+1	1,9592550E+1	6,3283936E+0	1,4082276E-8
5,0000000E+1	1,9105200E+1	5,5768079E+0	1,5512260E-8
6,6667000E+1	1,8526050E+1	4,7815735E+0	1,7733693E-8
1,0000000E+2	1,7795700E+1	3,9132744E+0	2,1770063E-8
2,0000000E+2	1,6831800E+1	2,9657632E+0	3,2997865E-8

Intitulé : CARACTERISATION PAR RELAXATION DIELECTRIQUE D'UNE MATRICE ARGILEUSE A BASE DES COMPOSES ORGANIQUES.

Description du sujet :

Le développement de nouvelle classe de matériaux très performants par une simple modification, nécessite impérativement une maîtrise et un contrôle de la structure par des méthodes spectroscopiques.

L'objectif de ce travail, est d'élaborer une matrice argileuse par des composés organiques par un procédé d'organo-modification., l'investigation de cette matrice argileuse par la technique de spectroscopie diélectrique est un moyen puissant qui permet d'avoir accès à des informations importantes liée aux phénomènes criés entre l'argile et les composés organiques piégés dans le volume interlamellaire des feuillets du minéral argileux.

La caractérisation par des méthodes spectroscopiques IR et DRX nous a permis de confirmer réellement l'insertion des molécules organiques dans l'espace inter lamellaire. L'apparition de nouvelles bandes d'absorption par rapport aux spectres d'argile naturelle indique qu'il y a des changements du réseau cristallin.

L'interprétation des mesures de propriétés diélectrique en fonction de la fréquence pour des matrices argile/matière organique est rendue complexe par le fait que plusieurs phénomènes contribuent à la permittivité diélectrique, pour cela, dans une dernière partie, nous étudierons l'évolution des ces propriétés à savoir la conductivité, la constante diélectrique ou la permittivité (réelle et imaginaire) en fonction de fréquence et nous discuterons les changements observés dans le comportement diélectrique dans la gamme du fréquence appliquée et les mécanismes de polarisation.

Mots clés : matrice argileuse; Toluène; Nitrobenzène; relaxation diélectrique.