

Activation et caractérisation d'une Zéolithe HY utilisée en qualité d'adsorbant.

H. Cherifi-Naci (1.2)*

1. Laboratoire de recherche en Technologies Douces, Valorisation, physico-chimie des Matériaux Biologiques et Biodiversité. (LTDVPMBB), Faculté de Sciences, Université de Boumerdes, Boumerdes 35000.Algérie.
2. Département de Chimie, Faculté de Sciences, Université de Boumerdes, Boumerdes 35000.Algérie.

*Corresponding author: cherifi1ch@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT/RESUME
<p>Article History : Received : 10/05/2018 Accepted : 11/07/2018</p> <hr/> <p>MotsClés : Activation ; Caractérisation ; C.E.C ; Microporosité, Zéolithe HY; Indice d'acidité.</p> <hr/> <p>Key words: Activation; Characterization ; C.E.C ; Microporosity ; HY Zeolite ; Acid number.</p>	<p>Résumé : L'article traite la préparation des matériaux zéolithiques activés dotés d'un pouvoir adsorbant très important dans le domaine de l'environnement. Nous avons procédé à la caractérisation physico-chimique et à la détermination des conditions optimales d'Activation (Concentration : 5M à la température $T=90^{\circ}\text{C}$, Temps d'activation= 4h, Quantité d'H_2SO_4 adsorbée=1,75meq/g d'argile, Capacité d'échange cationique : $\text{CEC}=70\text{meq}/100\text{g}$ d'argile, Surface spécifique=950 m^2/g) en vue d'obtenir des zéolithes HY activées très performantes utilisées en qualité d'adsorbants. Les zéolithes HY activées ont été caractérisées par les techniques suivantes : Fluorescence X (pourcentage atomique), Diffraction des rayons X, le Microscope électronique à balayage et par des analyses physico-chimiques (Capacité d'échange cationique, la masse volumique, l'indice d'acidité, la surface spécifique et le diamètre moyen des pores). D'après les résultats des diffractogrammes RX, les zéolithes HY activées ne subissent aucunes modifications chimiques ni la destruction de leur réseaux cristallins et la création d'une structure cristalline plus uniforme. Les diamètres moyen des pores des zéolithes activées : Zéolithe HY à 5M/70°C, Zéolithe HY à 5M/90°C, Zéolithe HY à 7M/70°C sont de l'ordre de 14,74 ; 15,02 et 17,01 Å, respectivement et leurs surfaces spécifiques sont de l'ordre de 650 ; 950 et 995 m^2/g, respectivement. Les propriétés physiques des matériaux zéolithiques étudiés montrent une augmentation de la surface spécifique, la masse volumique et la porosité (diamètre moyen des pores) après traitement de la zéolithe HY par différentes concentrations à l'acide sulfurique, ces résultats confirment l'amélioration de la structure microporeuse et la création d'un réseau de tamis moléculaire plus développé. Avec les propriétés structurales et texturales déterminées, on peut conclure que les zéolithes activées ainsi obtenues sont des matériaux très réactifs et peuvent être utilisés dans des processus de dépollution des eaux usées industrielles.</p> <p>Abstract: The article deals the preparation of activated zeolite materials with a very important adsorbent power in the field of the environment. We carried out the physico-chemical characterization and the determination of the optimal conditions of Activation (concentration: 5M at temperature $T=90^{\circ}\text{C}$, activation time = 4h, quantity of adsorbed $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1,75\text{meq}/\text{g}$ of clay, Cation exchange capacity: $\text{CEC}=70\text{meq}$</p>

/100g of clay, Specific surface area = 950 m²/g) in order to obtain high efficiency activated HY zeolite used as adsorbents. Activated zeolites have been characterized by the following techniques: X-ray fluorescence in Atomic percentage (%), X-ray diffraction, scanning electron microscope and by physico-chemical analyzes (cation exchange capacity, density, acid number, Specific surface area and average pore diameter). From the results of X-ray diffractograms, Activated zeolites undergo no chemical modifications or the destruction of their crystal lattices and the creation of a more uniform microporous structure. The average pore diameters of the activated zeolites: HY zeolite at 5M/70 ° C., HY zeolite at 5M/90 ° C., HY zeolite at 7M/70 ° C are of the order of 14,74 ; 15,02 and 17,01 Å, respectively and their specific surfaces are of the order of 650 ; 950 and 995 m²/g, respectively. The physical properties of the zeolite materials studied show an increase in the specific surface area, the density and the porosity (average pore diameter) after treatment of the HY zeolite with different concentrations of sulfuric acid, these results confirm the improvement of the microporous structure and the creation of a more developed molecular sieve network. With the structural and textural properties determined, it can be concluded that the activated zeolites thus obtained are very reactive materials and can be used in processes of depollution of industrial wastewater.

I. Introduction

De nos jours, les utilisations des minéraux argileux deviennent de plus en plus croissantes au vue de nombreux résultats issus des récentes recherches. En fonction de leur minéralogie, de leurs propriétés physico-chimiques et même de la nature des minéraux non-argileux (impuretés) qui leur sont associées, les minéraux argileux sont utilisées seuls ou en additifs dans de nombreuses applications industrielles [1, 2]. Ces applications sont liées aux propriétés des différentes classes des minéraux argileux, les zéolithes et les Smectites sont des minéraux argileux naturels très diversifiés dont les propriétés physico-chimiques, minéralogiques et texturales sont largement utilisées dans plusieurs domaines de l'activité humaine, depuis le simple concassage du matériau jusqu'à son traitement approfondi [3,2].

Les zéolithes sont des matériaux microporeux cristallisés en générale de type aluminosilicates qui présentent des propriétés physico-chimiques particulières qui leur permettent de trouver des applications, dans des secteurs d'activité très variés (échange ionique, séparation, adsorption, catalyse), dues à leur porosité contrôlée et à la présence de cations de compensation échangeables ainsi qu'à leurs résistance hydrothermique élevée [4,5].

La FAU-Y (la Faujasite Y) est l'une des zéolithes acide à larges pores qui possède des propriétés d'adsorption et d'échange ionique remarquables. Elle a connu de larges applications et a été utilisée dans de nombreux procédés industriels. La zéolithe HY possède un faible rapport Si/Al allant de (1,5 à

3,5). L'acidité d'une zéolithe se distingue par le nombre, la nature, la force et la distribution des différents sites acides. De nombreuses corrélations ont été établies entre l'acidité et l'activité catalytique et adsorptive des solides zéolithiques [6].

Ces minéraux argileux, dits gonflants et possédant des propriétés adsorbantes ou absorbantes présentent, à cet effet, des grandes capacités d'échanges de l'ordre de 60 à 100 meq/100g ainsi que de grandes surfaces spécifiques pouvant atteindre 1000 m²/g et jouent un rôle essentiel comme charge minérale active, ils ont un effet abrasif très doux. Leurs propriétés d'adsorption et d'échange autorisent leur association à de nombreux éléments actifs, notamment des colorants, des parfums, des huiles essentielles ou des huiles végétales et oligoéléments [7,8].

Toutes les argiles n'ont pas un pouvoir décolorant susceptible d'être amélioré par traitement acide. Seuls quelques types, en particulier les bentonites (argiles contenant 50% au moins de fraction smectitique) peuvent être activées pour produire des adsorbants de haute efficacité. D'autres types d'argiles tels que la glauconite, la nontronite, l'attapulgitite, la sépiolite et la zéolithe Y ont pu être activées à l'acide, mais les terres obtenues sont d'une bonne efficacité que celles préparées à partir des montmorillonites calciques [8].

Dans tout procédé chimique ou physique de raffinage des huiles végétales, la décoloration est une étape critique et déterminante. Elle a pour but principal l'élimination des pigments tels que les carotènes, les chlorophylles et d'autres composés comme les phospholipides, les acides gras, les

produits d'oxydation (peroxyde), les colorants organiques, les métaux en traces (fer, cuivre) et les composés phosphorés présents dans l'huile brute [9,10]. L'adsorption reste donc le procédé approprié d'élimination de ces impuretés dans lequel les Argiles zéolithiques et smectitiques activées à diverses concentrations d'acides (acide sulfurique et chlorhydrique) jouent le rôle d'adsorbants. Ce traitement augmente la charge sur les particules d'argile, et les rend plus efficace dans la décoloration des huiles végétales, minérales et animales. L'utilisation industrielle de ces matériaux dans la décoloration et le raffinage des huiles végétales et le traitement des eaux, est donc liée à leurs propriétés d'adsorption et de leur réactivité [11,12,13].

Afin d'améliorer les propriétés de surfaces des argiles zéolithiques, il a été procédé à l'activation acide qui est un traitement chimique généralement employé pour optimiser la capacité d'adsorption de ce type de matériau, en vue de son utilisation comme adsorbant pour le traitement des eaux usées industrielles et la décoloration des huiles végétales. L'objectif de ce travail est de traiter une argile de type Zéolithe HY par Activation Chimique dans le but de modifier sa structure en expansant le plus possible sa microporosité et d'augmenter sa surface spécifique et de créer une structure cristalline sous forme de tamis moléculaire pour enfin aboutir à un matériau original qui sera appliqué comme adsorbant décolorant.

II. Matériels et méthodes

II.1. Caractéristiques des réactifs utilisées

La zéolithe commerciale (LZY82 d'Union Carbide) de type Faujasite HY est une zéolithe synthétique, a été choisie car elle possède des caractéristiques différentes du point de vue structure ; sa charpente cristalline configure des tailles de pores différents, ce qui influera sur l'adsorption. La substitution de l'atome de silicium par l'atome de l'aluminium dans un site tétraédrique génère une charge négative stabilisée par des cations non structuraux qui donne un caractère acide à la zéolithe, plus la présence des ions H^+ issus par échange d'ions qui donne un caractère acide aux propriétés de surface de la zéolithe HY et qui favorise mieux le phénomène d'adsorption.

La formule chimique a été établie sur la base des données de la fluorescence X, $SiO_2/Al_2O_3 = 3,5$; Ce type de zéolithe est acide à larges pores se distingue par rapport aux autres zéolithes par la force et la distribution des différents types de sites acides (de Bronsted et de Lewis) qui favorisent mieux les propriétés d'adsorption et d'échange ionique. La formule chimique de la maille

élémentaire, ayant un rapport Si/Al global de 3,5 est: $H_{42,6}(Al_{42,6} Si_{149,4} O_{384})$.

II.2. Activation acide de la zéolithe HY

La zéolithe HY est activée par une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4 , Aldrich) dans un ballon posé sur un bain marie muni d'un réfrigérant sous un système de refroidissement, dont la concentration varie de 5 mol/L à 9 mol/L, et à la température $70^\circ C$ et $90^\circ C$, dans les proportions de 10 g de zéolithe pour 1000 ml de solution, pendant 4 h. Le mélange argile/acide est ensuite séparé par centrifugation. La phase solide est lavée deux fois à l'eau distillée chaude pour éliminer l'excès d'acide sulfurique imprégnant sa surface externe, calcinée pendant 3 heures à $300^\circ C$ et broyée sous forme de poudre ensuite mis dans un dessiccateur pour usage ultérieur. L'activation acide suivie par la calcination à $300^\circ C$ de la zéolithe HY a pour effet de rendre celle-ci adsorbante grâce à l'augmentation de sa surface spécifique et une répartition microporeuse plus grande.

II.3. Caractérisation physico-chimique des zéolithes activées

- La composition chimique des zéolithes activées a été déterminée par la Spectrométrie de Fluorescence X (Princeton Game Technology). Les modifications structurales des zéolithes activées ont été identifiées par :

- La Diffraction des rayons X : Les diffractogrammes de R.X ont été enregistrés sur un diffractomètre automatique à anticathode de cuivre excitée sous la tension 40 KV, de marque Philips.

- La morphologie des matériaux argileux modifiés a été déterminée sur un MEB de marque Philips L20 de la série XL 20 équipé d'un appareil photographique de Marque PENTAX.

Les propriétés physico-chimiques des zéolithes activées ont été déterminées par les techniques suivantes :

- La capacité d'échange cationique par l'adsorption du complexe aminé du cuivre; (l'éthylène diamine du cuivre, Prolabo) ;

- L'acidité de surface par l'adsorption d'une solution de (n-buthylamine, Fluka), prise en excès réagit et le reste de la solution est dosé en retour par $HClO_4$;

- La détermination des surfaces spécifiques, le diamètre moyen des pores a été effectuée par la méthode BET sur un appareil de type Coultronics. La masse Volumique apparente (ρ) par la méthode du pycnomètre.

III. Résultats et discussions

III.1. Résultats de l'Activation acide de la zéolithe HY

L'activation par l'acide sulfurique est généralement réalisée dans des conditions d'attaque très sévères (température pouvant atteindre jusqu'à 90°C, concentration de la solution acide allant jusqu'à 10M et une durée d'attaque très longue arrivant jusqu'à 10heures). Afin de limiter la destruction du réseau cristallin de la zéolithe HY, nous avons choisi de travailler dans un domaine de concentration d'acide sulfurique variant de 5

mol/L à 9 mol/L, dans un intervalle de température allant de 70°C à 90 °C, la durée de l'activation est fixée à 4 heures.

Une partie de l'acide sulfurique, adsorbée à la surface du solide, assure l'échange des cations structuraux des zéolithes contre les protons H⁺ avec la formation de sulfates métalliques qui sont solubles dans la solution d'attaque, ce processus fait diminuer la Capacité d'échange cationique des zéolithes activées, et aussi fait augmenter leurs surfaces spécifiques, ces résultats concordent avec les données de la littérature [8,9,10]. Pour valider ce mécanisme nous avons déterminé les compositions chimiques des zéolithes HY activées par fluorescence X (voir résultats du tableau 1).

Tableau 1. Analyse chimique élémentaire (en pourcentage(%) atomique) par Fluorescence X des zéolithes HY activées à différentes concentrations d'acide sulfurique et à différentes températures

Conditions d'activations	Composition chimique élémentaire						C.E.C[Meq/100g d'argile]
	S	Al	Si	O	Ca	Na	
Zéolithe HY	-	7,2	38,2	46,1	1,2	1,4	95
Zéolithe HY à 5M/70°C	8,9	7,2	38,2	46,1	0,9	0,34	85
Zéolithe HY à 5M/90°C	9,9	7,2	38,2	46,1	0,2	0,1	70
Zéolithe HY à 7M/70°C	10,5	7,2	38,2	46,1	-	-	65
Zéolithe HY à 7M/90°C	13,7	7,1	38,2	46,1	-	-	54
Zéolithe HY à 9M/90°C	15,9	7,1	38,2	46	-	-	52

D'après les résultats du tableau 1, on remarque la présence du soufre dans toutes les zéolithes activées, ce qui confirme le processus d'adsorption, la composition chimique du soufre augmente avec l'augmentation de la concentration de l'acide sulfurique et de la température. La diminution dans la composition chimique des cations structuraux (Ca⁺ et Na⁺) des zéolithes activées est due au lavage plusieurs fois à l'eau distillée pour éliminer les ions sulfates. Dans ces conditions les zéolithes activées ne subissent aucunes modifications chimiques très profondes conduisant généralement à la destruction de leur réseaux cristallins qui sera mieux confirmé par la diffraction des RX des zéolithes activées.

III.2. La Diffraction des RX des zéolithes HY activées

Les modifications structurales subies par ces matériaux activés à 5 M/ T= 90° C et 7M/T=70° C, ont été suivies par diffraction des rayons X (Figure 1 et 2), l'activation à l'acide sulfurique ne provoque aucune dissolution du réseau cristallin des zéolithes activées, la structure est nettement cristalline des zéolithes activées et ne subit aucune modification. Le caractère non-structural des cations échangeables offre des possibilités plus simples de leur remplacement par des ions positifs tels que les protons (H⁺). Ces résultats coïncident avec les données de la littérature [9,10]. Les diffractogrammes RX sont comparés à celui du type

structural de la Fau-Y étalon [4,6], les pics situés à la position 2theta de 8,5° ; 13,5° ; 19,89° ; 20,1° ; 22,7° ; 24,5° ; 28,08° ; 28,5° sont caractéristiques de la zéolithe HY et apparaissent nettement sur les diffractogrammes RX de la figurelet 2 avec un taux de cristallinité élevé [4,6]. Nous remarquons aussi la présence des pics à 2théta entre 40°-68° et 35°-65°, il en résulte que les zéolithes activées contiennent des impuretés comme le quartz, la dolomite, la sépiolite, l'albite et l'illite ; Sont dues probablement à la présence de petites quantités de la zéolithe HY naturelle qui présentent en générale des minéraux non-argileux (impuretés) qui leur sont associées.

représentées sur les photos des Figures 3 et 4 ;montrent la morphologie externe des particules de chacun des matériaux zéolithiques activées ; la zéolithe HY activée à 5M/ T=90°C, et la zéolithe activée HY à 7 M/ T=70°C. Il est clairement observé que les zéolithes activées ont acquis probablement une structure microporeuse plus uniforme et homogène à l'échelle 100 µm (Figure 3 et 4), ce qui confirme le traitement chimique acide de ses particules qui présentent une agglomération des macros et microstructures est beaucoup plus importante. Ces résultats concordent avec les données de la littérature [4-6].

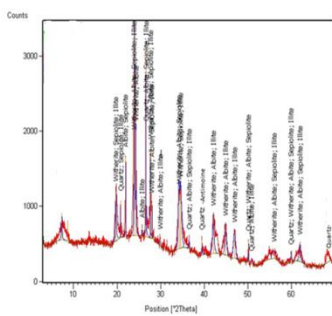


Figure 1. Diffractogramme de rayons X de la zéolithe HY activée à 5M/T=90°C

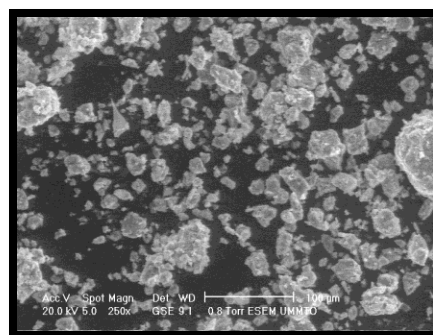


Figure 3.Imagerie par le M.E.B du matériau zéolithique HY activée 5M /T=90°C

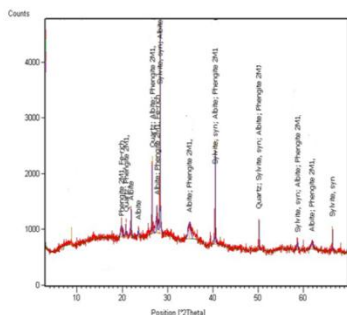


Figure 2. Diffractogramme de rayons X de la zéolithe HY activée à 7M/T=70°C

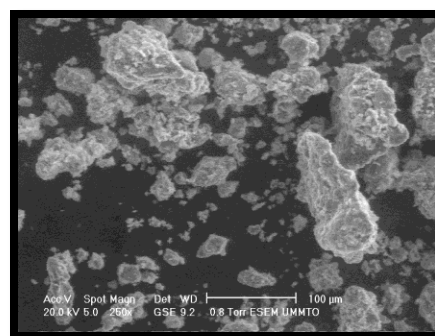


Figure 4.Imagerie par le M.E.B du matériau zéolithique HY activée 7M /T=70°C.

III.3. Caractérisation des Zéolithes HY activées au Microscope électronique à balayage

Les Zéolithes HY activées ont été étudiées par le microscope électronique à balayage et sont

III.4. Détermination des propriétés physiques et texturales des zéolithes HY activées

Tableau 2 .Résultats de la capacité d'échange cationique, l'indice d'acidité, la masse volumique, la surface spécifique et le diamètre moyen des pores des échantillons zéolithiques activés

Echantillons	Masse volumique Apparente [g/cm ³]	C.E.C [meq/100g d'argile]	Indice d'acidité [meq/g d'argile]	Surface spécifique [m ² /g]	Diamètre moyen des pores [Å°]
Zéolithe HY	2,43	95	1,45	150	47,6
Zéolithe HY à5M/70°C	2,63	85	1,70	650	74,74
Zéolithe HY à5M/90°C	2,81	70	1,75	950	84,02
Zéolithe HY à7M/70°C	2,95	65	1,80	995	88,98

D'après les résultats du tableau 2, on remarque une bonne acidité ; La surface argileuse présente une certaine acidité qui est due à la grande partie aux sites acides de Bronsted et de Lewis et augmente au fur et a mesure que la concentration en acide sulfurique augmente ; ceci étant dû à un effet additionnel des acidités promues successivement par: le traitement à l'acide sulfurique, ces résultats prouvent l'activité d'adsorption. On remarque une bonne C.E.C, mais diminue au fur et à mesure que la concentration en acide augmente, cela est due à l'échange cationique des cations non structurales contre les protons H⁺, les résultats texturales de l'indice d'acidité et la capacité d'échange cationique coïncident bien avec ceux de certains auteurs [4,9].

Les propriétés physiques des matériaux zéolithiques du tableau 2, montre une augmentation de la surface spécifique, la masse volumique et la porosité (diamètre moyen des pores) après traitement de la zéolithe HY par différentes concentrations graduelles à l'acide sulfurique, ces résultats montrent et confirment l'amélioration de la structure microporeuse des matériaux étudiés et la création d'un réseau de tamis moléculaire plus développé. La calcination à 300°C des adsorbants zéolithiques activés est dans le but d'augmenter la stabilité thermique et mécanique du réseau cristallin des adsorbants étudiés selon certains auteurs [9,10]. Avec les propriétés physico-chimiques déterminées, on peut conclure que les matrices zéolithiques activées sont des nouveaux adsorbants très efficaces et performants appliqués dans le domaine de traitements des eaux usées.

IV. Conclusion

- L'objectif de notre étude est la caractérisation physico-chimique et la détermination des conditions optimales d'Activation en vue d'obtenir des Zéolithes activées très performantes dotées d'un pouvoir d'adsorption très élevé.

-Les propriétés physiques et texturales des matériaux zéolithiques étudiés montre une augmentation de la surface spécifique, la masse volumique et la porosité (diamètre moyen des pores) après traitement de la zéolithe HY par différentes concentrations à l'acide sulfurique, ces résultats confirment l'amélioration de la structure microporeuse des matériaux zéolithiques et la création d'un réseau de tamis moléculaire plus développé.

-La capacité d'échange cationique diminue au fur et à mesure que la concentration en acide augmente, cela est due à l'échange cationique des cations non structurales contre les protons H⁺.

-La surface des zéolithes activées présente une acidité totale qui est due à la grande partie aux sites acides de Bronsted et de Lewis, cette acidité augmente au fur et a mesure que la concentration en acide sulfurique augmente ,ces résultats prouvent l'activité d'adsorption et l'échange ionique.

-La calcination à 300°C pendant 3 heures des adsorbants zéolithiques activés est dans le but d'augmenter la stabilité thermique et mécanique du réseau cristallin des adsorbants étudiés.

-d'après les résultats des imageries du MEB, les zéolithes activées ont acquis probablement une structure microporeuse plus uniforme et homogène à l'échelle 100 µm , ce qui confirme le traitement chimique acide de ses particules qui présentent une agglomération des macros et microstructures .

-D'après les résultats des diffractogrammes RX, les zéolithes HY activées ne subissent aucunes

modifications chimiques ni la destruction de leur réseaux cristallins et la création d'une structure nettement cristalline plus uniforme.

-Avec les caractéristiques physico-chimiques déterminées, on peut confirmer que nos matrices zéolithiques activées sont des nouveaux adsorbants très efficaces et performants dans le domaine de traitements des eaux usées industrielles. La modification des zéolithes serait utile pour la préparation de nouveaux adsorbants dans l'objectif de traiter des eaux chargées en métaux lourds toxiques ou d'autres micropolluants organiques, biologiques et radioactifs.

V. References

1. Amokrane, S.; Nibou, N. Using Algerian clay for the treatment of polluted aqueous solutions by Nickel. *Fifth. Inter. Congr. Renew. Ener. Env.* Sousse Tunisia Novem (2010) 04-06.
2. Simonot-Grange, M.H. Propriétés physico-chimiques de l'eau adsorbée dans les Zéolithes 13X et 4A: Capacités thermiques de l'eau Adsorbée du système zéolithe-eau et de La zéolithe Anhydre. *Journal thermo chimica Acta* 01 (1986) 217-230.
3. Bouna, L. Synthesis, characterization and Photocatalytic material of natural origin Clay Based Beidellite functionalized TiO₂. *Open. Arch. Toulouse. Open. Arch. (OATAO). Mate. Tech. tes. Flig* 100(3) (2012) 241-252.
4. Halliche, D.; Cherifi, O.; Auroux, A. Etude de l'acidité des zéolithes Y modifiées par différents cations: Application à la réaction de reformage sec du méthane. *Journal Thermo chimica Analytical Calorimetric* 68(2002)997-1002.
5. Daimei, C. Characterization of Anion-cationic surfactants modified montmorillonite and its Application for the removal of Methyl orange. *Chemical Engineering journal* 17(2011) 1150-1158.
6. Halliche, D.; Cherifi, O. Microcalorimetric studies of methane reforming by CO₂ on Ni-based Zeolite catalysts. *Journal Thermo chimica Acta* 434(1-2)(2005)125.
7. Halliche, D.; Cherifi, O. Catalytic reforming of Methane by carbon dioxide over nickel-exchanged Zeolite catalysts. *Journal of Kinetics and Catalyst* 49/5(2008)667.
8. Jahouache, W. Décoloration des Huiles végétales sur des Argiles: Etude de la stabilité Physico-chimique Des Huiles décolorées. *Thèse de doctorat* (2002). Université de Sfax.
9. Mache, J. R. Influence of acid on the physico-chemical, mineralogical and textural treatment Clays of Bana and Sabga: *Physicochemical and Engineering Aspect. J. Coll. Surf. Cited in Doctorat Thesis* (2013). University of Liège. Faculty of Science.
10. Mache, J.R. Activation of Smectite Clays from Cameroon Fagel; Effect Acid on physico-chemical and mineralogical properties: Physicochemical and Engineering Aspects. *J. Coll. Surf. Cited in Doctorat Thesis* (2013). University of Liège. Faculty of Science.
11. Mohellbi, F. Study of Purification Used Oil Type Motor in the Middle of montmorillonite clay. *Oil. Gas. Sci. Techn-Rev. IFP* 54 (3)(1999)403-418.
12. Nibou, D.; Mekatel, H.; Amokrane, S.; Barkat, M.; Trari, M. Adsorption of Zn²⁺ ions onto NaX and NaA zeolites: Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Journal of Hazardous Materials* 173 (2010) 637-646.
13. Nibou, D.; Khemaïssia, S.; Amokrane, S.; Barkat, M.; Chegrouche, S.; Mellah, A. Removal of UO₂²⁺ onto Synthetic NaA Zeolite: Characterization, Equilibrium and kinetic studies. *Chemical Engineering journal* 172(2011) 296-305.
14. Guiza, S.; Bagane, M. Kinetic Study of The Adsorption of Congo red on Local Bentonite. *Journal of Water Science* 11 (26) (2013) 39-50.
15. Akyol, S.; Aslani, M.A.A.; Olmez Aytas, S. Distribution of Uranium on zeolite X and investigation of thermodynamic parameters for this system. *Journal of Alloys and Compounds* 271-273(1998) 769-773.

Please cite this Article as:

Cherifi-Naci, H. Activation et caractérisation d'une Zéolithe HY utilisée en qualité d'adsorbant, **Algerian J. Env. Sc. Technology**, 4:2 (2018) 33-39