

Adsorption du Phenol par les Argiles Brute et Fine Prelevees dans la Localite de Mouyndzi

Kouhounina Banzouzi Merline Lady

Docteur, Attaché technique d'enseignement et de recherche

Faculté des Sciences Appliquées, Université DENIS SASSOU N'GUESSO,
Brazzaville, République du Congo

Ifo Grace Mazel, Docteur, Assistant

Laboratoire de chimie minérale et appliquée,
Faculté des Sciences et Techniques,

Université Marien N'GOUABI, Brazzaville, République du Congo

Diamouangana Mpissi Zita Flora, Docteur, Maitre-Assistant

Laboratoire de Chimie Minérale et Appliquée, Département des Sciences
Exactes, Ecole Normale Supérieure, Université Marie N'GOUABI,
Brazzaville, République du Congo

Bibila Mafoumba Jean Claude, Docteur, Assistant

Faculté des Sciences Appliquées, Université DENIS SASSOU N'GUESSO,
Brazzaville, République du Congo

[Doi: 10.19044/esipreprint.10.2023.p444](https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2023.p444)

Approved: 16 October 2023

Posted: 18 October 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kouhounina B.M.L., Ifo G.M., Diamouangana M.Z.F. & Bibila M.J.C. (2023). *Adsorption du Phenol par les Argiles Brute et Fine Prelevees dans la Localite de Mouyndzi*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2023.p444>

Résumé

L'environnement est de plus en plus pollué par de nombreux types de polluant, parmi lesquels on peut citer les polluants organiques et inorganiques. Pour pallier à ce problème plusieurs études sont entreprises. Le Congo, pays producteur du pétrole peut donner avec le raffinage de ce dernier des produits chimiques en l'occurrence le phénol. Ce polluant peut s'exprimer en termes de demande chimique dans la fabrication du papier ou encore des plastiques. Il existe en outre, des risques que les eaux de surface, les sols et les nappes phréatiques soient sérieusement pollués par les fuites, les déversements des matières premières ou de produits divers. C'est dans cette optique que cette étude s'inscrit dans l'adsorption du phénol par un sol

argileux prélevé au Congo Brazzaville dans département de la Bouenza, précisément au village Nzaou dans le district Mouyondzi. La capacité d'adsorption de deux matrices à savoir la fraction fine et l'argile brute est évaluée. Pour atteindre le but de ce travail, plusieurs études ont été faites à savoir la cinétique d'adsorption, les isothermes d'adsorptions et la modélisation de ces isothermes. L'argile de Mouyondzi bien qu'étant constitué en majorité de la kaolinite adsorbe le phénol, et la fraction fine possède une capacité d'adsorption légèrement supérieure à la brute. Une activation améliorerait les propriétés d'adsorption de cette argile.

Mot-cles: Adsorption, phénol, argile, Mouyondzi

Adsorption of Phenol by Raw and Fine Clays Collected in the Locality of Mouyondzi (Republic of Congo)

Kouhounina Banzouzi Merline Lady

Docteur, Attaché technique d'enseignement et de recherche

Faculté des Sciences Appliquées, Université DENIS SASSOU N'GUESSO,
Brazzaville, République du Congo

Ifo Grace Mazel, Docteur, Assistant

Laboratoire de chimie minérale et appliquée,
Faculté des Sciences et Techniques,

Université Marien N'GOUABI, Brazzaville, République du Congo

Diamouangana Mpissi Zita Flora, Docteur, Maitre-Assistant

Laboratoire de Chimie Minérale et Appliquée, Département des Sciences
Exactes, Ecole Normale Supérieure, Université Marie N'GOUABI,
Brazzaville, République du Congo

Bibila Mafoumba Jean Claude, Docteur, Assistant

Faculté des Sciences Appliquées, Université DENIS SASSOU N'GUESSO,
Brazzaville, République du Congo

Abstract

At Architecture Schools, it is commonly observed that they develop projects which are rather unengaged and isolated from the community, thus generating disconnection between educational practices and the population. In this article, a Project Development Methodology is proposed linking the community with development of projects framed within University Social Responsibility. Using descriptive and transversal methodology, the current situation of project methodologies and social responsibility are studied through the analysis of background information, theories, and approaches of a number of authors. Additionally, by means of a mixed method including

surveys and interviews, engagement between relevant parties of the educational process and the community is assessed. The findings confirm there is a low level of engagement between the population and project methodologies, as these latter fulfill their pedagogical function, but producing no contribution of social value. The goal is to present a Project Development Methodology proposal, engaged to the University Social Responsibility, oriented to offering solutions to the needs of the population and thus generate a positive impact over the community. The results obtained have been methodologically validated and considered relevant for their application in the field of research, social responsibility, and project development.

Keywords: Social responsibility, Development programmes, Research projects, Higher education, Architecture, Building design

1. Introduction

Les phénols font parties des produits de fabrication industriels comme par exemple la fabrication du papier, des plastiques, des colorants ou des produits pharmaceutiques et agrochimiques. Ils sont présents dans les effluents de raffineries, de cokeries, de pétrochimie etc. Reconnus toxiques pour l'homme et l'environnement, leur saveur et leur odeur posent d'importants problèmes même à de très faibles concentrations et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale (Achour et al., 2005). Afin de protéger la santé humaine contre les effets toxiques potentiels causés par l'exposition au phénol, il est donc indispensable de l'éliminer dans les différents effluents industriels ou de réduire leur quantité en dessous des seuils admissibles définis par les normes avant de les rejeter dans le milieu naturel. L'adsorption sur les matériaux naturels est une méthode permettant de répondre à cet objectif. Les méthodes physico-chimiques se sont avérées coûteuses et présentent des inconvénients inhérents en raison de la formation de matières secondaires toxiques telles que les phénols chlorés. Pour cette raison, les recherches se sont orientées vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels, facilement exploitable et peu coûteux (Ovadyahu et al., 1998). Diverses études ont montré que l'adsorption sur les argiles est un procédé de traitement efficace pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans l'environnement (Bouras, 2003). Dans ce travail nous nous sommes intéressés à évaluer la capacité d'adsorption vis-à-vis du phénol d'une argile prélevée au Congo Brazzaville dans le département de la Bouenza. La diffraction des rayons X a révélé la kaolinite très abondante dans cette argile (Moutou et al., 2018). Bien que les espèces argileuses 1:1 dispose d'une capacité d'échange cationique faible, leur abondance dans la contrée nécessite de nombreuses applications (Moutou et

al., 2012 ; Moutou et al., 2019 ; Makosso et al., 2021 ; Moutou et al., 2018).
 Quelle est alors la capacité d'adsorption des argiles brute et fine sur l'élimination du phénol?

2. Materiel et méthodes

2.1 Description et localisation du site de prélèvement

L'argile utilisée dans cette étude a été prélevée dans le département de la Bouenza plus précisément au village Nzaou dans le district Mouyondzi. Le département de la Bouenza est limité au nord par le département de la Lekoumou, au sud par la République Démocratique du Congo, a l'est par le département du Pool et a l'ouest par le département du Niari. Le tableau I représente les coordonnées géographiques du site de prélèvement.

Tableau 1. Coordonnées géographiques

Echantillon	Latitude	Longitude	Altitude
Mouyondzi	9554532	0382155	410 m

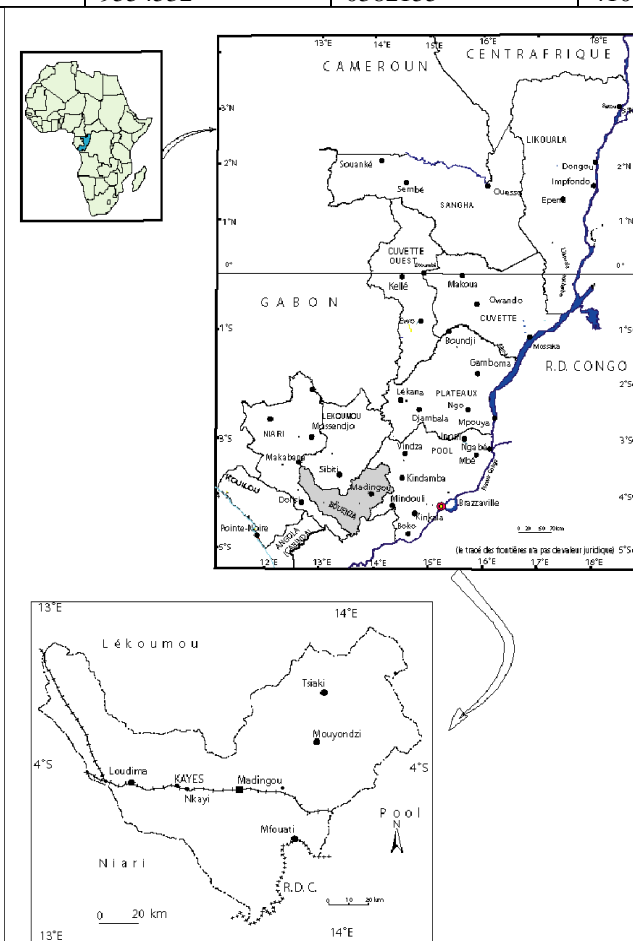


Figure 1. Situation du département de la Bouenza dans l'espace congolais (congo, 1993)

- Les espèces argileuses dominantes dans ce sol sont la kaolinite et l'illite, l'impureté principale est le quartz (Moutou et al., 2018).
- Les données numériques déduites de l'isotherme d'adsorption /désorption de N₂ révèlent que l'argile de Mouyondzi a un volume poreux assez important (Kouhounina, 2021)

2.2. Produits utilisés

Dans notre étude, l'acide chlorhydrique a servi à la destruction des carbonates pour permettre la mise en suspension des particules argileuses, l'acide oxalique est utilisé pour éliminer les oxydes de fer et l'eau oxygénée pour détruire la matière organique car comme les carbonates, ces substances agglomèrent aussi les particules argileuses ce qui les empêche d'être dispersées. Les essais d'adsorption ont été réalisés avec le phénol qui est un produit de commerce d'origine PROLABO. La structure chimique, la masse molaire et les caractéristiques physico-chimiques du polluant choisi sont récapitulés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Les caractéristiques physico-chimiques du phénol

Nom chimique	phenol
Formule moléculaire	C ₆ H ₆ O
Masse molaire(g)	94,11
Point d'ébullition	181,75°C
Point de fusion	40,8°C
Solubilité dans l'eau	8,2 g /100ml
Point d'eclair	82°C
Densité relative	1,07g /cm ³ à 25°C

2.4 Purification puis extraction de la fraction fine (2µm)

La méthode utilisée pour cette opération est celle décrite par Thierry Holtzapffel (Holtzapffel, 1985). La séparation des argiles a été basée sur une série de décantation successive. Pour cela, après délitage, la suspension obtenue est d'abord traitée dans le but d'éliminer les ciments accompagnant les argiles dans le sol. L'élimination des carbonates a été réalisée par l'acide chlorhydrique dilué (N/5). Le *H* est contrôlé tout au long de l'attaque, à l'aide de papier *H* universel. Lorsque celui-ci vire au rose, indiquant que les carbonates sont dissous, l'attaque est arrêtée, puis les suspensions sont diluées dans de l'eau distillée. La destruction de la matière organique a été effectuée à l'aide de l'eau oxygéné (20 volumes) mL par mL au bain-marie, à une température inférieure à 60°C. Ce traitement est arrêté lorsque le dégagement de bulles a diminué et que la couleur s'est éclaircit. L'élimination des oxydes de fer a été réalisée par l'acide oxalique à 20%, a chaud (<60°C) dans un bain-marie. Une fois la coloration dans l'erenmeyer devenu verdâtre, le traitement est arrêté, les suspensions sont ensuite lavées par centrifugation jusqu'à disparition de cette coloration verdâtre qui traduit

la présence des ions ferreux. L'extraction de la fraction fine a été faite par sédimentométrie.

Tableau 3. Temps de sédimentation nécessaire au prélèvement

fraction granulométrique prélevée	profondeur de prélèvement	
	1 cm	2cm
2 μ m	48mim	1h35mim

2.5. Verification de la loi de beer-lambert

Pour effectuer l'étalonnage nous avons préparé par dilution, différentes solutions de phénol de concentration décroissante à partir d'une solution mère du phénol de concentration 753 mg/l. Celles-ci sont, par la suite analysées par spectrophotométrie UV-visible de marque ZUZI. Ceci permet d'établir la droite d'étalonnage représentant la densité optique au maximum de la bande d'adsorption en fonction de la concentration.

2.6. Cinétique d'Adsorption

Cette étude a pour but de déterminer le temps nécessaire pour une meilleure adsorption. La concentration en phénol est 10^{-3} mol/L, les masses des adsorbants sont identiques (0,5 g) ; les suspensions sont agitées à différent temps puis centrifugées pendant 30 minutes à 6000 tr/min ensuite le surnageant est immédiatement dosé au spectrophotomètre UV-visible à une longueur d'onde de 270 nm. La quantité adsorbée est déterminée par la relation suivante :

$$Q = \frac{(C_0 - C_t).V}{m}$$

Q: la quantité fixée de polluant en mg par gramme d'adsorbant,
 C_0 et C_t : sont respectivement les concentrations initiales et instantanée du polluant (mg/l),

V : le volume de la solution (L),

m : la masse de l'adsorbant utilisé (g).

2.7. Essais d'Adsorption

La méthode utilisée est la méthode batch. A partir du temps d'équilibre obtenu, l'adsorption est réalisée en prenant 0,5g d'adsorbant et 10mL de la solution du phénol à différentes concentrations (94 ; 47 ; 24 ; 12 et 6 mg/l), le tout est mis sous agitation au préalable pendant trente (30) minutes. Après centrifugation, les surnageant sont ensuite dosés par spectroscopie UV-visible à une longueur d'onde de 270nm.

3. Resultats et discussion

3.1 Courbe d'Étalonnage du phenol

La figure 2 nous montre le tracé de la courbe d'étalonnage qui a été réalisé en portant l'absorbance en fonction de la concentration pour vérifier la loi de Beer-Lambert.

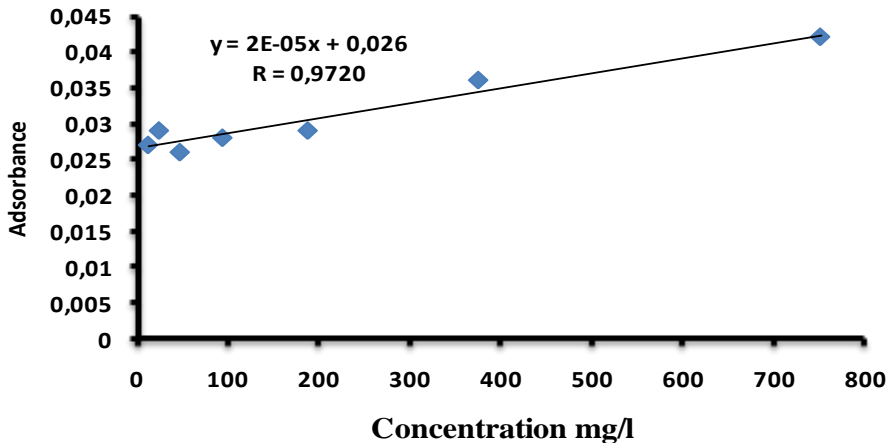


Figure 2. Courbe d'étalonnage du phénol

Cette courbe est linéaire avec un coefficient de corrélation ($R=0,9720$) proche de 1. Le domaine des concentrations choisit vérifie bien la loi de Beer-Lambert.

3.2 Cinétique d'adsorption du phénol sur l'argile brute et fine de mouyondzi

Pour la cinétique d'adsorption du phénol, les figures 3 et 4 nous donnent respectivement les courbes de la cinétique d'adsorption du phénol de l'argile brute et de la fraction fine.

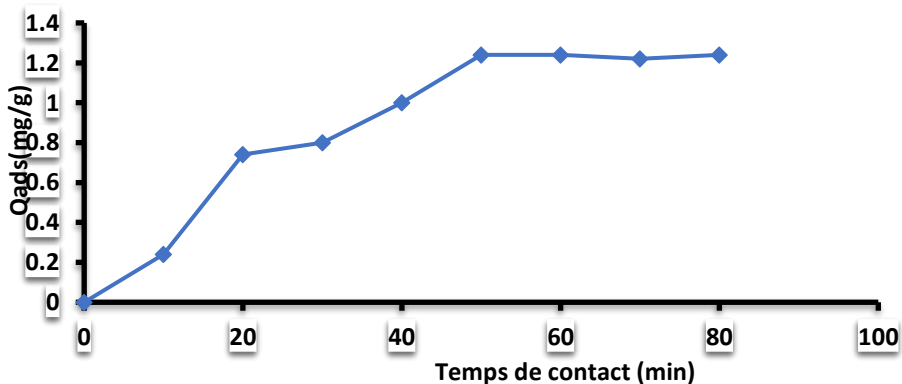


Figure 3. Cinétique d'adsorption du phénol sur l'argile brute de Mouyondzi

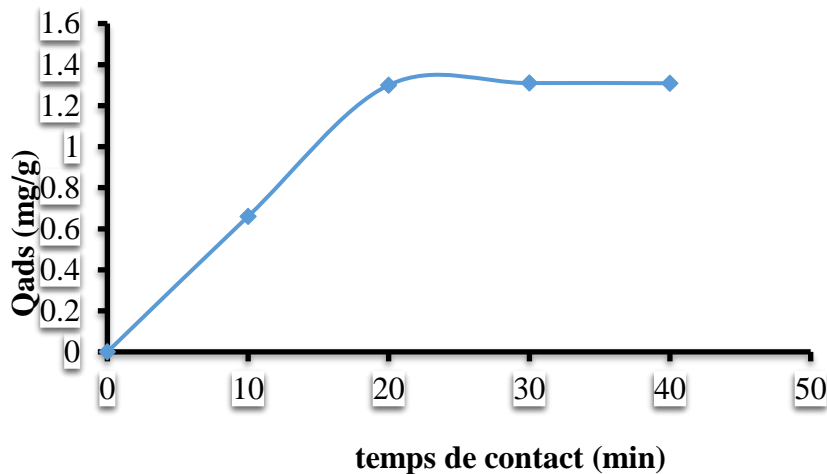


Figure 4. Cinétique d'adsorption du phénol sur la fraction fine de Mouyondzi

L'observation de la courbe de la cinétique d'adsorption du phénol sur l'argile brute de Mouyondzi présente une allure caractérisée par une forte adsorption du phénol dès les premières minutes de la réaction ; ce qui pourrait s'expliquer par la disponibilité des sites actifs vacants (Diamouangana, 2019). Le temps nécessaire pour atteindre cet équilibre est de 50 minutes avec une quantité maximale adsorbée de 1,24mg/g. L'allure de la courbe de cinétique d'adsorption de la fraction fine de Mouyondzi (Fig.3) montre une affinité entre l'adsorbat et l'adsorbant dès les premiers temps de contact. Ce phénomène peut s'expliquer par l'existence des sites d'adsorption facilement accessibles avant d'atteindre l'équilibre ou tous les sites deviennent occupés (Boualla et al., 2011). L'équilibre est atteint à 20 minutes pour une quantité adsorbée de 1,31mg/g. Ce temps de contact est plus faible que celui obtenu avec l'argile brute, en effet la fraction fine dispose d'une grande quantité de particules argileuses comparée à l'argile brute qui contient beaucoup du sable car l'extraction de la fraction fine par sédimentométrie ne laisse pas passer plus de 10 % des particules supérieures à 2 microns.

3.3 Isotherme d'adsorption par l'argile brute et fine de mouyondzi

Pour les isothermes d'adsorption du phénol, les figures 5 et 6 nous donnent les isothermes d'adsorption du phénol respectivement pour l'argile brute et la fraction fine de Mouyondzi.

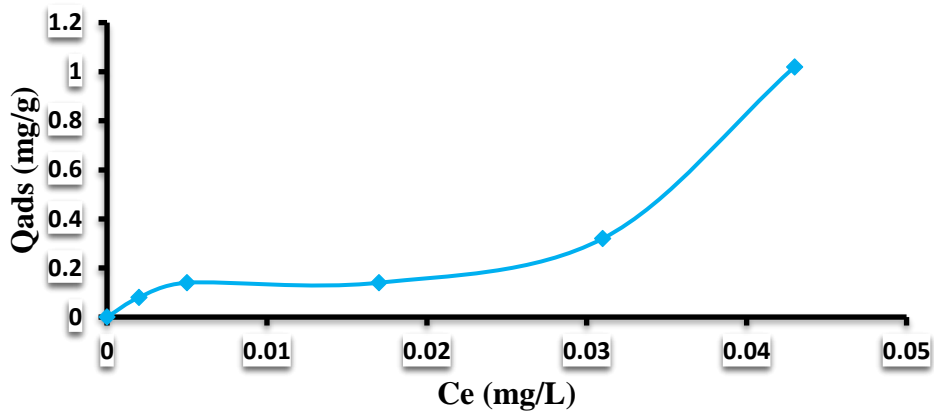


Figure 5. Isotherme d'adsorption du phénol sur l'argile brute de Mouyondzi

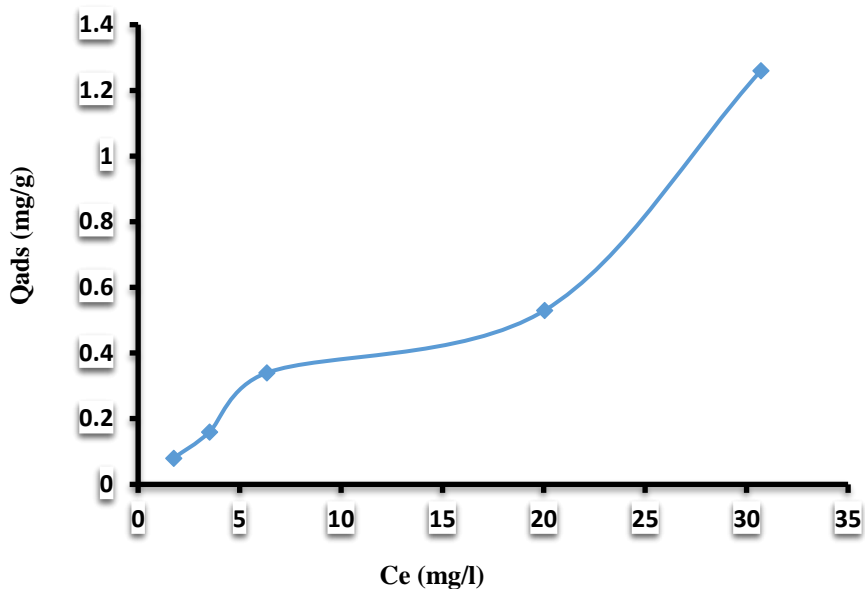


Figure 6. Isotherme d'adsorption du phénol sur la fraction fine de Mouyondzi

En traçant la quantité adsorbée Q_{ads} (mg/g) en fonction de la concentration à l'équilibre C_e (mg/l), on remarque que l'adsorption du phénol augmente avec la concentration jusqu'à atteindre pratiquement un palier, ce qui indique la formation d'une monocouche. Il y a apparition d'une augmentation brusque de la rétention du phénol, preuve de l'existence d'une deuxième couche. Les isothermes obtenues sont de type S pour les deux matériaux (Zahaf, 2017), ce qui traduirait d'une part une adsorption verticale comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition

d'adsorption forte avec le solvant. Le même constat a été fait dans les travaux réalisés par Henni-Chebra Fatma El Batoul sur l'élimination des polluants industriels par des hydroxydes doubles lamellaires (HDL) (El Batoul, 2015). Les quantités adsorbées sont faibles, 1,26 mg/g pour la fraction fine et 1,02 pour la brute. Rappelons que l'argile de Mouyondzi est à dominance kaoliniques (Moutou et al., 2018). Les kaolinites sont des espèces argileuses possédant un espace interfoliaire invariable ce qui induit une faible capacité d'échange cationique et donc ces espèces sont en mesure d'adsorber des faibles quantités de polluant comparées aux espèces argileuses 2 :1. Aussi, la faible élévation de la quantité d'adsorption avec la fraction fine peut s'expliquer par la purification de l'argile (Holtzapffel, 1985).

Pour évaluer les résultats de l'adsorption, deux (2) modèles ont été choisis, celui de Langmuir et Freundlich.

3.4 Modèle de Langmuir

Les formes linéarisées de Langmuir des isothermes d'adsorption du phénol sur Mouyondzi brute et fine sont données par les figures 7 et 8.

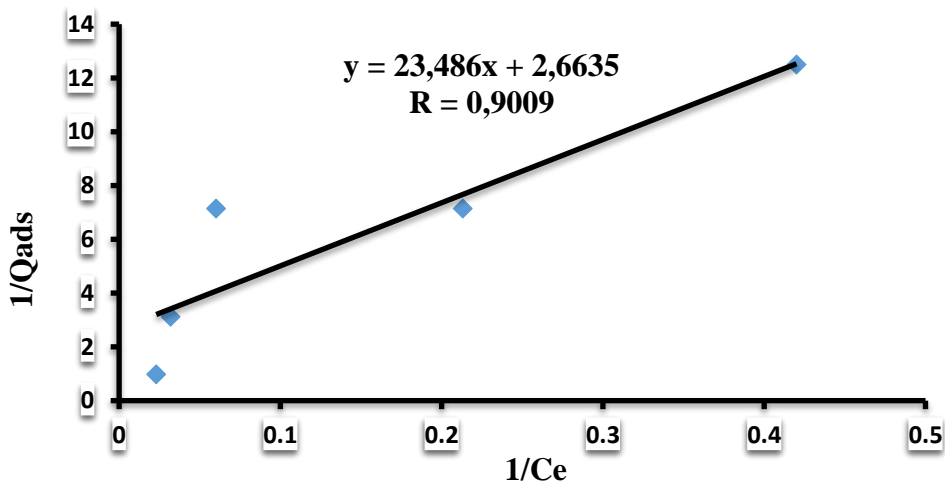


Fig.7. Application du modèle de Langmuir pour l'isotherme d'adsorption du phénol par l'argile brute de Mouyondzi

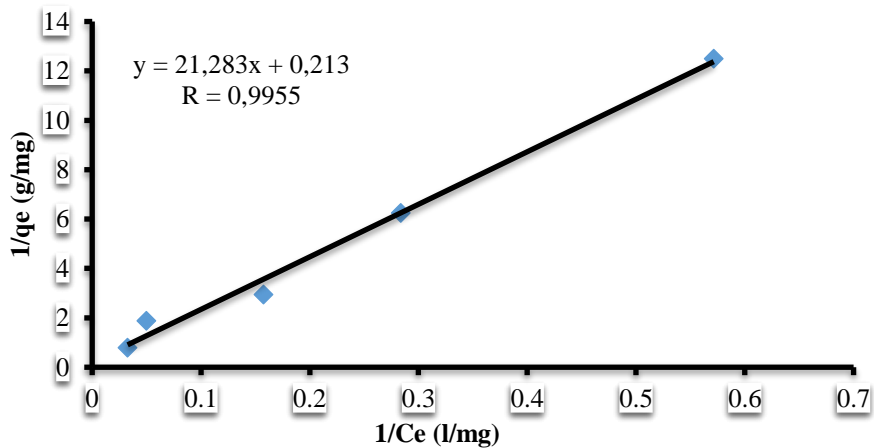


Figure 8. Application du modèle de Langmuir pour l'isotherme d'adsorption du phénol par la fraction fine de Mouyondzi

Les différents coefficients déterminés à partir de ces droites sont regroupés dans le tableau 4.

Tableau 4. Différents coefficients de Langmuir obtenus à partir des résultats expérimentaux, pour le phénol sur les argiles de Mouyondzi brute et fine

Adsorbant	Paramètres de Langmuir			
	Phénol			
	Q_{max} (mg/g)	R	R_L	K_L (L/mg)
argile brute de Mouyondzi	0,375	0,9009	0,086	0,11
fraction fine de Mouyondzi	4,69	0,9955	0,515	0,010

Les coefficients de corrélation linéaire (R) sont proches de 1 pour les deux adsorbants. Ces valeurs prouvent une affinité entre le phénol et les différents adsorbants. La valeur de la quantité maximale pour Mouyondzi brute ($Q_{max}=0,375$ mg/g) est inférieure à celle de Mouyondzi fine ($Q_{max}=4,69$ mg/g). L'adsorption est fonction donc à la fois de la nature de l'adsorbant et celle du matériau adsorbant. La forme de l'isotherme de Langmuir est indiquée par un terme adimensionnel R_L dit facteur de séparation ou paramètre d'équilibre définit par :

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \times C_0}$$

- K_L : la constante thermodynamique de l'équilibre d'adsorption caractéristique d'adsorbant, dépendant de la température et des conditions expérimentales (en l.mg-1)
- C_0 , la concentration de la solution du phénol (phénol, 2005).

Pour les deux adsorbants utilisés dans ce travail, ce facteur est compris entre 0 et 1, ce qui traduit une adsorption favorable.

3.5 Modèle de Freundlich

Les figures 9 et 10 nous montrent le tracé du modèle de Freundlich respectivement pour Mouyondzi brute et fine.

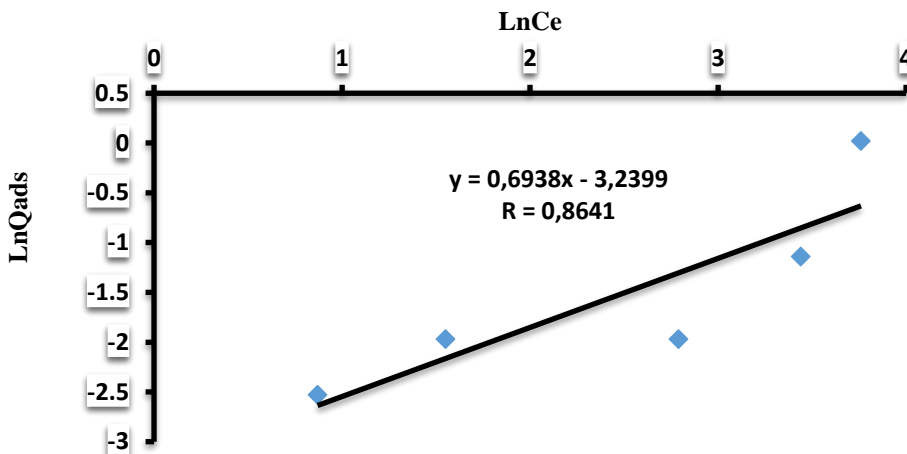


Fig.9. Application du modèle de Freundlich pour l’isotherme d’adsorption du phénol par l’argile brute de Mouyondzi

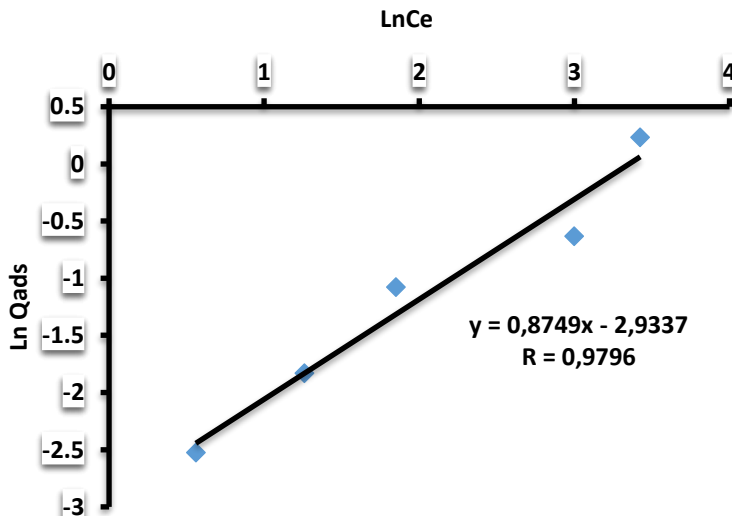


Figure 10. Application du modèle de Freundlich pour l’isotherme d’adsorption du phénol par la fraction fine de Mouyondzi

De même pour Freundlich, les différents coefficients déterminés à partir de ces droites sont regroupés dans le tableau 5.

Tableau 5. Différents coefficients de Freundlich obtenus à partir des résultats expérimentaux, pour le phénol sur les argiles brute et fine de Mouyondzi

Adsorbant	Paramètres de Freundlich		
	Kf	1/n	R
Argile de Mouyondzi brute	0,039	0,694	0,8641
Fraction fine de Mouyondzi	0,05	0,8749	0,9796

Les courbes indiquent une bonne corrélation avec ce modèle. Les valeurs du paramètre d'intensité, $1/n$ indiquent la déviation de l'isotherme d'adsorption de la linéarité (Limousin et al., 2007). La valeur de n est pratiquement égale à 1 pour les deux matrices, ce qui indique que l'adsorption est linéaire, ce qui pourrait montrer que les sites d'adsorption sont homogènes et qu'il n'y a pas d'interaction entre les espèces adsorbées. La valeur de $1/n < 1$ pour Mouyondzi brute et purifiée nous permet de dire que l'adsorption est favorable.

En tenant compte des deux modèles, l'adsorption du phénol est mieux décrite par l'isotherme de Langmuir.

Conclusion

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer la capacité d'adsorption des argiles brute et fine de Mouyondzi vis à vis du phénol. Nous avons étudié la cinétique et les isothermes d'adsorption. Deux modèles ont été choisis pour la modélisation. La cinétique d'adsorption a montré que la fraction fine adsorbe plus vite que l'argile brute de Mouyondzi. Les quantités d'adsorption des argiles fines et brute sont respectivement de 1,26 mg/g et 1,02 mg/g. Ces différentes valeurs permettent de confirmer que la fraction fine adsorbe plus que la brute. La modélisation du phénomène d'adsorption selon les deux modèles (Langmuir et de Freundlich) a permis de constater que le processus d'adsorption est mieux représenté par Langmuir. Nous avons donc démontré à travers cette étude qu'il est possible d'agir favorablement sur les propriétés de surface des matériaux argileux. Bien que la kaolinite soit une espèce argileuse 1:1, elle peut aussi bien éliminer les polluants. L'utilisation des argiles dans le cadre de la dépollution va nous permettre non seulement de contribuer à la préservation de l'environnement mais aussi de réduire le coût par rapport à d'autres méthodes de dépollution utilisées. Pour augmenter sa capacité d'adsorption une activation sera envisagée.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Achour S., Guesbaya N. (2005), Coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques. Larhyss Journal, 04, 153-168, Biskra, Algérie.
2. Ovadyahu, D., Yariv, S., Lapidés, I.(1998). Mechanochemical Adsorption of Phenol by Tot Swelling Clay Minerals. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 51, (431–447)p <https://doi.org/10.1007/BF03340183>.
3. Bouras O. (2003).Propriétés adsorbantes d'argiles pontées organophiles : synthèse et caractérisation, thèse de doctorat Université de Limoges France, 162p.
4. Moutou J. M., Foutou P. M., Matini L., Banzouzi Samba V., Diamouangana Z. F., Mpissi, Loubaki R., (2018), Characterization and Evaluation of the Potential Uses of Mouyondzi Clay, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 6: (119-138)p
5. Moutou J.M., Mbedi R., Elimbi A., Njopwouo D., Yvon J., Barres O. and Ntekela, (2012). Mineralogy and Thermal Behaviour of the Kaolinitic Clay of Loutété, Research Journal of Environmental and Earth Sciences 4(3), (316-324)p.
6. Moutou J.M., Loubaki R., Nsongo T. and Foutou M.P. (2019).Characterization and technological properties of two clay soils in Republic ofResearch Journal of Material Sciences.Vol. 7(1) (1-10)p.
7. Makosso Voula R., Diamouangana Mpissi F.Z., Moutou J.M., Banzouzi Samba V.I., Foutou M.P. and Ngoma J.P.(2021). Characterization and Valuation of a Clay Soil Sampled in Londéla-Kayes in the République of Congo, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engeneering.9 (117-133)p.
8. Moutou J.M., Bibila Mafoumba C., Matini L., Ngoro Elenga F. and Kouhounina L. (2018). Characterization and evaluation of the adsorption capacity dichromateof ions by a clay soil of Impfondo.Research Journal of ChemicalSciences, 8(4) (1-14)p.

9. Congo.(1993).Carte générale du Congo au 1/1.000.000, Centre d'Etude et de Recherche Géographique et de Production Cartographique, Paris, IGN –France
10. Kouhounina Banzouzi M. L., Diamouangana Mpissi F.Z., Ifo G.M., Bibila Mafoumba J.C., and Moutou J.M. (2021).Study of the adsorption of glycine by two local clays of Congo Brazzaville, International Research Journal of Environmental Sciences, Vol. 10(2), (52-63)p, April, <http://iscajournals.com/IJENS/v10i2.php>
11. Holtzapffel T.(1985).Les minéraux argileux, Préparation, Analyse diffractométrique et détermination, Société géologique du Nord, Publication (1) 136p.
12. Diamouangana Mpissi Z.F, Moutou J.M, Matini L., Mongo Oladzou M.C.F, Kouhounina L.M. (2019). Synthesis of an inorgano-clay complex from Loukolela clay and application in the adsorption of humic matter. International Research Journal of environmental Sciences, 8(3), (12-20)p.
13. Boualla N., Benziane A.(2011). Etude expérimentale sur l'élimination des nitrates par adsorption sur les argiles activées et non activées de la sebkha d'Oran, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, U.S.T.O.M.B, BP1505 EL MNAOUER ORAN, Algérie, Afrique SCIENCE 07(2), (56 – 73)p.
14. Zahaf F.(2017). Etude Structurale des argiles modifiées appliquées à l'adsorption des polluants. Thèse de Doctorat de l'Université de MUSTAPHA STAMBOULI DE MASCARA, Maroc, 243p.
15. El Batoul H.C. F. (2015) Synthèse, caractérisation des hydroxydes doubles lamellaires (HDL) et leur application dans l'élimination des polluants industriels. Mémoire de Master de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef, République Algérienne Démocratique et Populaire, 114p
16. Phenol.(2005).Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Verneuil en halatte: ineris, (www.ineris.fr), 17p.
17. Limousin,G., gaudet J-P., Charlet ,L., Szenknet,S., Barthèse,V., Krimissa , M.(2007). Sorption isotherms : a review on physical bases, modeling and measurement, Applied Geochemistry, 22, (294-275)p