



Sud Sciences & Technologies

Semestriel N°17 / juin 2009

Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso

Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des sables du paléocène et de l'éocène dans la région du Gorgol (Mauritanie)

Amélioration de la productivité de l'igname par l'utilisation d'urine humaine comme fertilisant

Modèle Multi-Agents pour la simulation de la dynamique de carbone à l'échelle du terroir villageois

Echangeur de chaleur air/terre pour la climatisation passive de locaux : étude de cas réalisée au Burkina Faso

Valorisation de résidus de biomasse en charbons actifs - Tests d'efficacité sur des bactéries et dérivés de pesticides

www.2ie-edu.org

Valorisation de résidus de biomasse en charbons actifs - Tests d'efficacité sur des bactéries et dérivés de pesticides

Biomass residue valorisation into activated charcoal - Efficiency tests on bacteria and pesticides

Résumé

Le développement des activités de recherche sur les charbons actifs en Afrique, entre dans le cadre de la valorisation de la biomasse pour produire de nouveaux matériaux, et permet d'accompagner scientifiquement les processus de dépollution et le développement industriel. Les charbons actifs (CA) sont des matériaux carbonés obtenus suite à des étapes de pyrolyse et d'activation qui leur confèrent de bonnes capacités d'adsorption sur des polluants. Le développement et la vulgarisation des CA utilisés seuls ou en complément, dans une chaîne de dépollution des eaux est une piste prometteuse pour l'Afrique qui les a jusqu'ici peu exploités malgré la disponibilité de matières premières nécessaires à leur fabrication. Ce examen présente dans une première étape, la méthode développée au Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants (LBEB) pour synthétiser de nouveaux CA issus de résidus de biomasse comme les coques d'arachide et les coques de coco. Dans une deuxième étape, l'article présente les protocoles mis en place pour caractériser et analyser les porosités et les surfaces spécifiques des CA, à l'origine de l'adsorption des polluants. Enfin, des résultats d'essais sur des dérivés proches des pesticides et des bactéries de type E. coli sont effectués pour tester l'efficacité des charbons actifs synthétisés.

Sido-Pabyam M.¹;
Guèye M.¹;
Blin J.^{1,2};
Somé E.¹

¹Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants (LBEB), Rue de la Science 01 BP594 Ouagadougou 01 Burkina-Faso, E-mail : mariam.sido@2ie-edu.org, Tél. : (+226) 50 49 28 67, Fax : (+226) 50 49 28 01

²CIRAD-PERSYST, UPR Biomasse Energie, TA B-42/16, 73 Avenue J.-F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Mots clés : charbons actifs, pyrolyse, biomasse, porosité, surface d'adsorption.

Abstract

The development of research activities on activated carbons in Africa, is part of the biomass energy valorization and can accompany scientific decontamination processes and industrial development. Activated carbons (AC) are carbon materials derived from adequate pyrolysis / activation technique, which gives them adsorption performances on a broad spectrum of pollutants. The development and extension of CA used alone or in addition, in a string of water decontamination is a promising way for Africa which has so far not explored them, and which

is full of raw materials needed to manufacture them.

This work first presents, the method developed by LBEB to synthesize CA from waste biomass such as peanut and coconut shells. The second stage examines the protocols established to characterize and analyze the porosity and specific surfaces area of CA, necessary for pollutants adsorption. Tests on by-products similar to pesticides and E. coli-type bacteria are carried out to test the effectiveness of synthesized activated carbon.

1. Introduction

Selon un rapport commun OMS/UNICEF de juillet 2010, environ 884 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et salubre et plus de 2,6 milliards n'ont pas accès à des services d'assainissement. Près de 1,5 million d'enfants âgés de moins de 5 ans meurent chaque année du fait de maladies d'origine hydrique ou liées à l'absence de services d'assainissement». Selon l'Organisation Météorologique Mondiale, « une grave pénurie d'eau risque de se produire d'ici 50 ans », conséquence d'une mauvaise gestion des réserves, de la pollution et de la poussée démographique [1]. Si la situation mondiale est loin d'être encourageante, celle de l'Afrique, et en particulier des pays sahéliens, est encore plus grave : 47% seulement ont un accès à l'eau potable contre une moyenne mondiale de 71% (rapport Association pour le Contrat Mondial de l'Eau : ACME 2008). Aux problèmes d'une pénurie déjà annoncée dans certaines régions, s'ajoutent l'insuffisance, voire, l'inexistence de procédés de dépollution efficaces et appropriés, alors que pesticides, bactéries, engrais et autres déchets industriels polluent durablement les nappes phréatiques, accentuant davantage les problèmes socio-économiques, sanitaires et environnementaux d'origine hydrique [2]. Malheureusement, dans la plupart des cas, les eaux souterraines africaines n'ont que très rarement fait l'objet d'études qualitatives, et les données sur leur traitement, en particulier par charbons actifs/charbons actifs imprégnés sont rares, voire inexistantes. Les unités de production de CA sont quasi-inexistantes, malgré la disponibilité de la matière première (coques de coco, coques d'arachide, bois, ...) et le fait que les techniques de fabrication soient simples, facilement adaptables et décentralisables [3]. Le paradoxe est que c'est le continent où le problème de dépollution des eaux, en

particuliers des eaux usées industrielles et minières reste le plus crucial. D'où l'intérêt des laboratoires de recherche africains à étudier et à envisager des solutions adaptées au contexte local.

Le laboratoire LBEB, à travers son axe de recherche « transformation thermo-chimique de la biomasse », étudie et développe de nouvelles voies de synthèse de charbons actifs simples et charbons actifs imprégnés de sels de métaux à propriétés antiseptiques, jusqu'ici peu explorée en Afrique. Seront présentés à travers cet article, la méthode développée pour synthétiser localement les CA simples et CA imprégnés de sels de métaux ; les protocoles élaborés pour les analyser et les caractériser ; et enfin les essais expérimentaux mis en place pour tester leurs performances sur des dérivés proches des pesticides comme l'EDTA, et certains types de bactéries comme le E. Coli, responsables d'énormes problèmes de santé publique au Burkina.

2. Matériel et méthodes

2.1 Biomasses et agents activant utilisés

Deux types de biomasses ont été retenus dans le cadre de cette étude : les coques d'arachide et les coques de coco. Leur choix s'explique non seulement par la variabilité de leur structure poreuse et leur disponibilité dans la sous-région, mais aussi par leur non compétitivité par rapport aux produits alimentaires. Ces biomasses d'abord préalablement séchées, sont broyées puis tamisées de façon à obtenir une granulométrie comprise entre 0.8 et 1 mm, avant un séchage à l'étuve de 24h.

Dans le cadre de cette étude, une activation de type chimique a été adoptée, car, moins lourde et moins coûteuse que l'activation physique. Selon le type de charbons actifs à synthétiser, ces biomasses sont imprégnées avec :

- un agent activant de concentration appropriée (sont présentés ici, les résultats obtenus avec l'acide

orthophosphorique H_3PO_4 à différentes concentrations, comme mentionnées sur le tableau 1) [4],[5]. Ce qui permet d'obtenir des charbons actifs dits CA simples ;

- un sel de métaux à propriétés reconnues antiseptiques (sont présentés ici, les résultats obtenus avec le nitrate d'argent $AgNO_3$ à 1 mole) et ceci pour obtenir des charbons à propriétés antiseptiques dits CAPA.

- Un ratio biomasse/solution d'imprégnation de 3,5g /20ml a été appliqué, selon le protocole de Diao et al. [4].

2.2 Conditions opératoires

La synthèse des charbons actifs est effectuée dans un four à moufle suivant les conditions opératoires décrites dans le tableau 1. Les paramètres et processus expérimentaux de pyrolyse/activation de nos CA sont détaillés dans le tableau ci dessous.

Le choix d'un palier de température de $450^\circ C$ pour les coques d'arachide, a été retenu, car les différents tests effectués au LBEB, montrent qu'au delà de $450^\circ C$, la surface spécifique des CA se dégrade. Ce qui peut s'expliquer par la texture des coques d'arachide, plus friable, que les coques de coco.

Tableau 1 : Paramètres d'activation et de pyrolyse

Echantillons de biomasses	Agent activant (ou sel métaux)	Température de pyrolyse ($^\circ C$)	Taux d'imprégnation	Vitesse de chauffe ($^\circ C/nm$)	Activation
Arachide Coco	$AgNO_3$	450 600	1M	2	1h 30 mn
Arachide Coco	H_3PO_4	450 600	25% et 35%	2	1h 30 mn

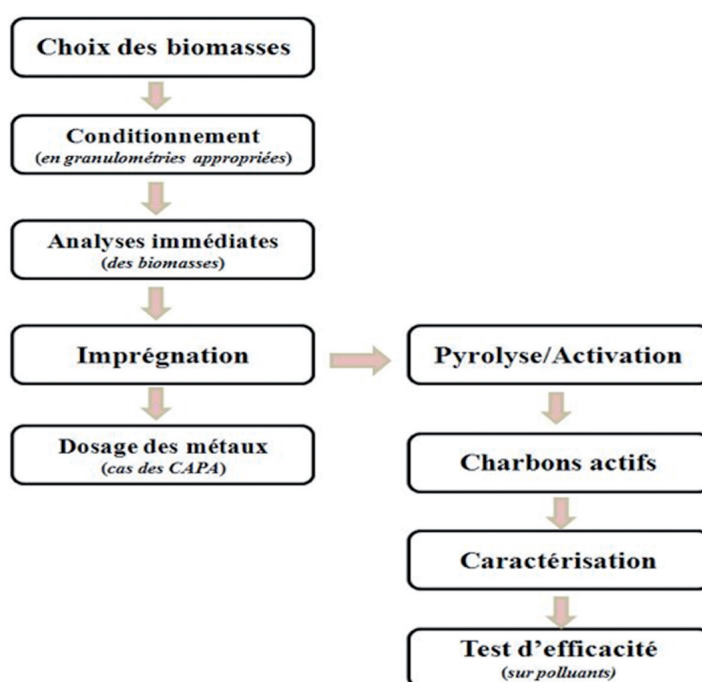


Figure 1: Mode opératoire adopté

2.3 Caractérisation approchée de la porosité des charbons actifs

Pour dépolluer efficacement par application de charbons actifs, il est indispensable de connaître la nature du polluant (macromolécule, micromolécule, teneur, ...), afin de lui affecter le type de CA de porosité adaptée. La caractérisation de la porosité [3], [6] et donc, de la surface spécifique des CA est une donnée incontournable. Au laboratoire LBEB, nous utilisons des méthodes de caractérisation approchée décrites ci-dessous.

2.3.1 Microporosité approchée par le test de l'indice d'iode

L'indice d'iode (en mg/g) est la quantité en milligramme d'iode adsorbé par gramme de charbon dans une solution aqueuse dont la normalité en iode est 0,02 N. L'indice d'iode ou la quantité d'iode adsorbée (mg/g) par 1g de charbon actif est donné par la relation suivante [12]:

$$Q_{I_2} = \frac{\left[C_o - \frac{C_n V_n}{2V_{I_2}} \right] * M_{I_2} * V_{abs}}{m_{CA}}$$

V_n : le volume de thiosulfate de sodium (en ml)
 C_n : la concentration de thiosulfate de sodium (0,1 mol /l)
 C_o : la concentration de la solution initiale d'iode (0,02 mol/l)
 V_{I_2} : le volume d'iode dosé (10ml)
 M_{I_2} : la masse molaire de l'iode (253,81 g/mol)
 V_{abs} : le volume d'adsorption (20ml)
 m_{CA} : masse de charbon actif (en g)

2.3.2 Macroporosité approchée par le test du bleu de méthylène

L'indice de bleu de méthylène (MB) (en mg/g) peut être mesuré pour quantifier les mésopores et les macropores. Il est synonyme d'une capacité d'adsorption forte pour de grosses molécules. L'indice de bleu est défini comme étant le volume, en millilitre, de solution standard de bleu de méthylène décoloré par 0,1 g de charbon anhydre.

L'indice de bleu de méthylène ou la capacité d'adsorption du charbon actif est calculé à l'aide de la relation ci-après [13].

$$Q_{BM} = \frac{(C_i - C_e).V.M_{BM}}{m_{CA}}$$

C_i : concentration initiale de la solution de bleu de méthylène (BM).
 C_e : concentration résiduelle de la solution de BM
 V : volume de la solution de BM
 m_{CA} : masse du charbon actif utilisée.

2.3.3 Détermination de la surface spécifique approchée SBM

L'estimation de la surface spécifique d'un adsorbant est conventionnellement fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption pour un soluté donné. Il suffit à cet effet de déterminer la valeur de la capacité d'adsorption de la monocouche à partir de l'isotherme d'adsorption. Pour la détermination des surfaces spécifiques SBM (en m²/g), on écrit l'équation de Langmuir sous la forme linéaire [11]:

En utilisant les données expérimentales, on peut

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q^{oo}} + \frac{K^{-1}}{Q^{oo} C_e}$$

déduire à partir de la pente et l'ordonnée à l'origine des courbes $1/Q = f(1/C_e)$. La connaissance de Q^{oo} conduit à la détermination de la surface S_{BM} par la relation:

$$S_{BM} = \frac{Q^{oo} . s . N_A}{M_{BM}}$$

Q^{oo} : capacité ultime d'adsorption (mg/g)
 s est l'aire occupée par une molécule de BM (175 Å²)
 N_A : nombre d'Avogadro
 M_{BM} : masse molaire du bleu de méthylène

3. Résultats et discussion

3.1 Analyses immédiates des biomasses utilisées

La valorisation de la biomasse par transformation thermo-chimique dépend de sa nature, ainsi que de ses propriétés. Les analyses immédiates (taux d'humidité, taux de cendre, taux de matières volatiles et carbone fixe) permettent de déterminer et d'analyser les propriétés des biomasses utilisées et de prévoir certains comportements dans les procédés de pyrolyse.

Les conditions opératoires de séchage étant sensiblement les mêmes, on retrouve tout logiquement des valeurs du taux d'humidité proches pour toutes les biomasses (Figure 2). Le bilan des analyses immédiates montre que les coques d'arachide présentent un taux de matières volatiles plus bas, et un taux de carbone fixe plus élevé, que les autres biomasses. Ce qui devrait présager d'un meilleur rendement en charbons.

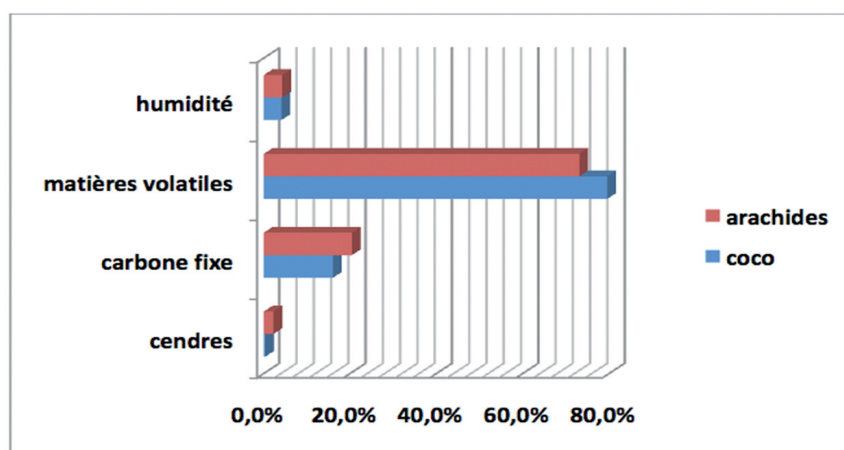


Figure 2 : Bilan des analyses immédiates

3.2 Tests de caractérisation des charbons actifs synthétisés

Afin de pouvoir cibler quels charbons actifs tester en fonction des types de polluants, il est indispensable de caractériser la porosité des CA issus des différentes biomasses. Le type de porosité qui en résulte renseignera sur le choix du CA à appliquer pour dépolluer une catégorie de polluants donnés. Ainsi, pour adsorber des polluants macromoléculaires, des CA de type macropores et/ou mésopores sont plus indiqués, alors que les CA à tendance micropore sont plus adaptés pour traiter les particules fines.

3.2.1 Cas des charbons actifs à propriétés antiseptiques

Les charbons actifs à propriétés antiseptiques (CAPA) sont des matériaux issus d'une pyrolyse/activation de biomasses préalablement imprégnées de sels de métaux connus pour leurs propriétés antiseptiques. Nous testons dans un premier temps, le cas d'une imprégnation au nitrate d'argent. Les travaux présentés ici, concernent deux types de biomasses (coques d'arachide et coques de coco) imprégnées à 1 mole. Les résultats sont représentés à travers les figures ci-dessous.

L'objectif de ces différents tests de caractérisation vise non seulement à évaluer le taux de métal qui a pu s'imprégner dans les échantillons de biomasses, et donc, de s'assurer du caractère antiseptique dû à la présence des métaux dans les CA mis au point, mais aussi d'analyser la porosité approchée, pouvant permettre d'effectuer un choix

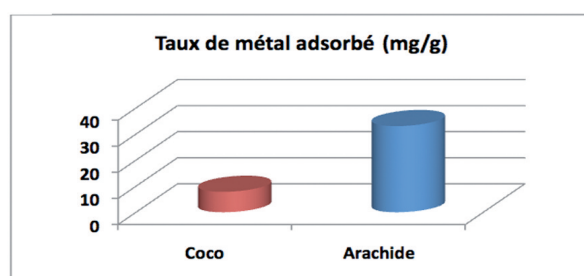


Figure 3 : Quantité de métal (argent) adsorbée en fonction des biomasses

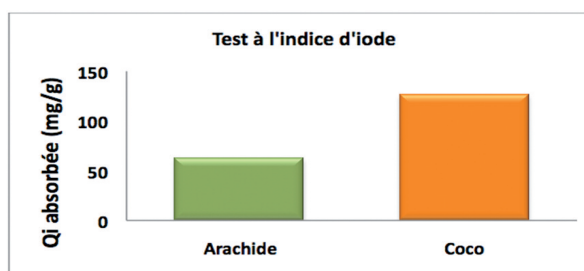


Figure 4 : Microporosité approchée : test à l'indice d'iode

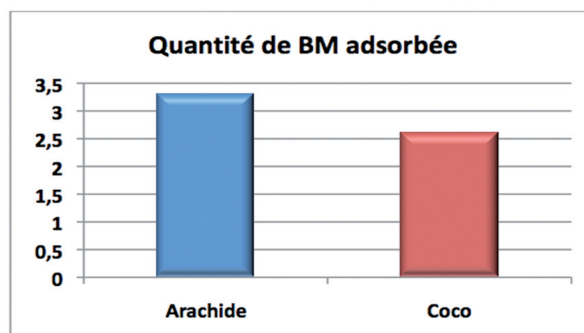


Figure 5 : Macroporosité approchée : test au bleu de méthylène

adapté lors de leur application dans les procédés de dépollution.

Les résultats obtenus après minéralisation puis dosage au spectrophotomètre d'adsorption atomique, montrent que les coques d'arachide présentent un taux d'adsorption du métal argent, quatre fois supérieur aux coques de coco (Figure 3). Ce qui peut s'expliquer par la structure ligno-cellulosique et la porosité naturelle des coques d'arachide qui présentent d'ailleurs, lors de l'imprégnation, un caractère plus hydrophile que les coques de coco [7].

Pour une meilleure interprétation de ces résultats, une analyse plus poussée sur la sélectivité et les interactions des ions métalliques (ici les ions argent), avec les différentes biomasses reste à faire.

Les tests de caractérisation à l'indice d'iode (Figure 4), montrent une microporosité plus affichée chez les CAPA à base de coques de coco, alors qu'avec les coques d'arachide, la tendance est plus macroporeuse (Figure 5). Pour une dépollution plus efficace des polluants de type bactéries, le choix des CAPA à base de coques d'arachide sera donc, plus adapté, car les résultats laissent présager d'une capacité d'adsorption (macropores) et de dévitalisation (incrustation plus importante des métaux).

3.2.2 Cas des charbons actifs simples

Les charbons actifs dits simples sont ceux issus de biomasses préalablement imprégnées dans une solution d'agent activant, puis rincés et séchés, avant d'être soumises à l'étape de pyrolyse/activation.

Les charbons actifs que nous caractérisons dans cette partie, ont été synthétisés à partir de deux biomasses (coques d'arachide et coques de coco), soumises à un traitement chimique à base d'acide orthophosphorique (à 25% et à 35%), puis admises dans un four pour les étapes pyrolyse/activation. Les porosités approchées des CA synthétisés sont par la suite déterminées selon le protocole opératoire décrit dans la partie 'matériels et méthodes'. Les résultats obtenus sont représentés sur les figures

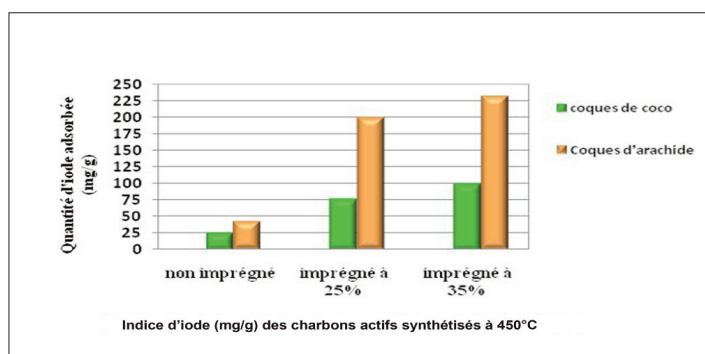


Figure 6 : Analyse de la microporosité approchée

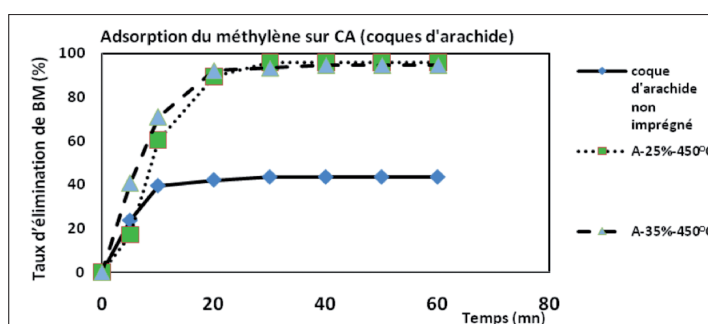


Figure 7 : Analyse de la macroporosité approchée pour la biomasse coques d'arachide

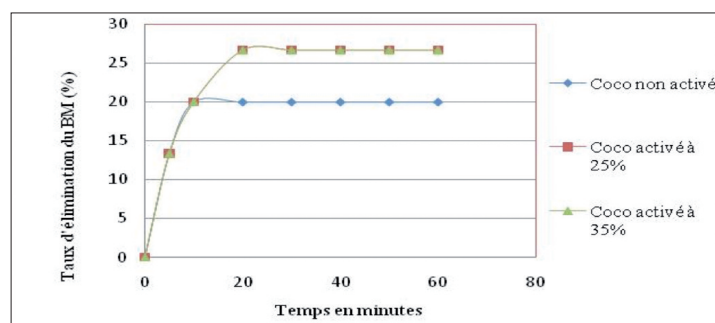


Figure 8 : Analyse de la macroporosité approchée pour la biomasse coques de coco

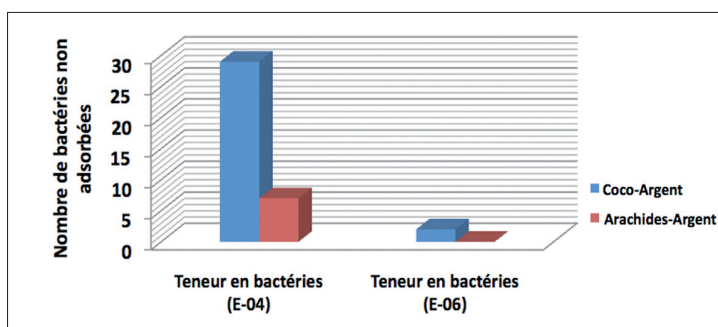


Figure 9 : Tests d'efficacité de différents types de CAPA sur des bactéries

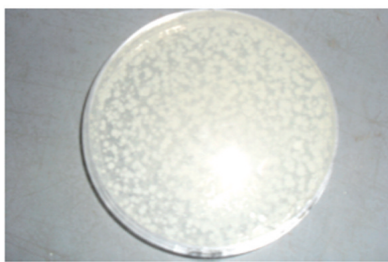
Les résultats affichés sur les figures 6, 7, 8, (cas CA simples) indiquent la même tendance que celle obtenue avec les CAPA. La macroporosité est plus marquée avec les charbons actifs à base de coques d'arachide (Figure 7) que ceux à base de coques de coco (Figure 8). Les résultats obtenus pour les différents taux d'imprégnation de l'acide orthophosphorique utilisé (Figure 6 à 8) montrent que les concentrations de l'agent activant jouent un rôle important dans les critères de formation/répartition des pores [8],[9] et donc, des surfaces d'adsorption. Des simulations expérimentales que nous avons effectuées par ailleurs, montrent que pour synthétiser des charbons actifs performants, une optimisation de plusieurs paramètres s'impose : température et vitesse de pyrolyse, type et concentration d'agents activant, choix des biomasses en fonction des types de polluants, etc. Des études sont en cours pour proposer par catégorie de biomasses, les valeurs et types de paramètres adaptés.

3.3 Tests d'efficacité sur des polluants

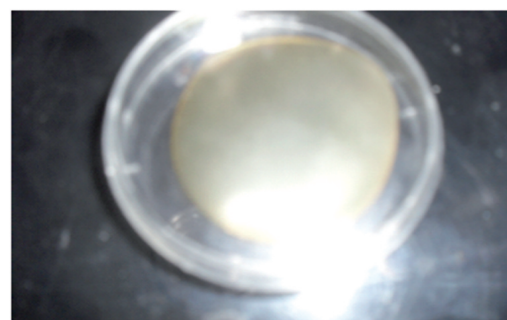
La caractérisation de la porosité des CA et CAPA étant effectuée, nous procédons dans ce qui va suivre, à l'analyse de leur efficacité sur deux catégories de polluants : des polluants de type bactéries et des dérivées proches des pesticides.

3.3.1 Cas des charbons actifs de type CAPA

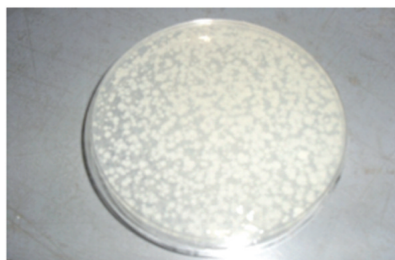
Le traitement des polluants de type bactéries [10] se fera avec des charbons actifs à propriétés antiseptiques qui sont dotés d'un double pouvoir : adsorption et dévitalisation. Nous porterons notre choix sur des bactéries de type Gram-, en particulier le E. Coli, fréquemment rencontrés au Burkina Faso et responsables d'énormes problèmes de santé publique. Les résultats obtenus montrent que les CAPA à base de coques d'arachide traitent plus efficacement les E. Coli que ceux à base de coco, et ceci, quelle que soit la teneur en polluants et le temps de contact. Ce résultat est tout à fait logique, vu les conclusions émises dans le paragraphe 3.2 : meilleure imprégnation dans la biomasse coques d'arachide, du métal argent (connu pour ses propriétés antiseptiques), donc, fort taux de dévitalisation ; meilleure macroporosité qui permet une adsorption plus efficace des macromolécules comme les E. Coli. Des tests comparatifs utilisant des CA simples et des CAPA, sur un même échantillon d'eau polluée, récupérée du bassin de la STEPE du 2iE, montrent que les charbons de type CAPA ont des performances plus remarquables sur les E. Coli que les CA simples. Ceci s'explique par leur capacité de dévitalisation due à l'incrustation d'agents bactéricides dans leur structure poreuse, en plus de la capacité d'adsorption.



E coli observées sur le témoin



Elimination totale d'E coli après mise en contact avec CAPA



E coli observées après mise en contact avec CA simple

Figure 10 : Tests d'efficacité sur un échantillon d'eau de la STEPE du 2iE

3.3.2 Cas des charbons actifs dits simples

Le polluant testé dans ce cas est l'EDTA, jugé de part sa constitution, proche des pesticides de type

carbamate. L'EDTA présente une structure macro moléculaire. D'où le choix des CA à base de coques d'arachide pour les tests d'adsorption.

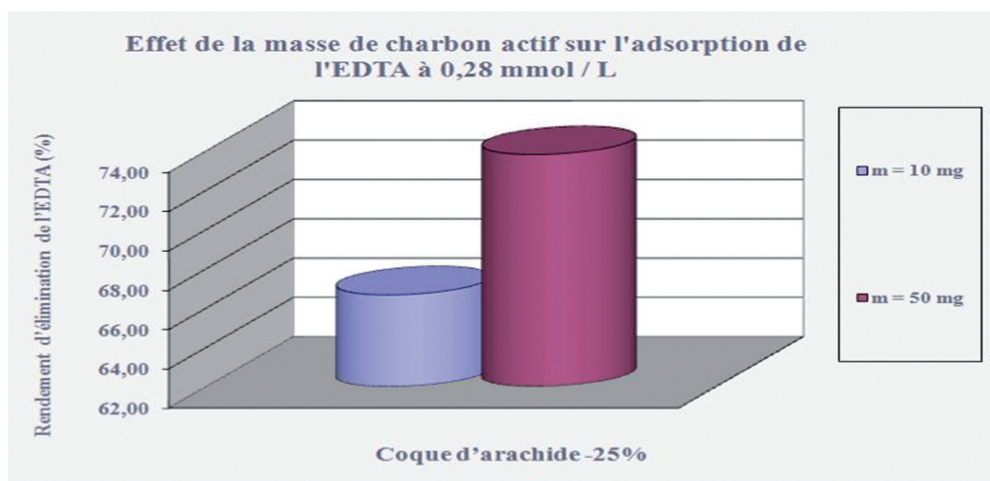


Figure 11 : Analyse de l'adsorption de l'EDTA par des charbons actifs

Les résultats obtenus sur ces dérivées sont encourageants. Pour améliorer les performances des CA simples utilisés, il faudrait optimiser les paramètres de synthèse. Ce qui permettrait d'améliorer les porosités et surfaces d'adsorption, et donc, d'augmenter la capacité de dépollution.

Conclusion

Les polluants de l'eau sont par nature très variés, allant de micropolluants aux macropolluants. Leur dépollution par charbons actifs nécessite un choix adapté de la structure poreuse qui assure le transport et l'adsorption des polluants.

Ce travail a porté sur la synthèse de plusieurs types de charbons actifs, et l'analyse de leur performance par des tests d'efficacité. Une attention particulière

a été portée sur la structure des pores qui dépend de la matière première utilisée, des paramètres liés à l'imprégnation, pyrolyse et activation. Il en résulte que les charbons à base de coques de coco ont peu de pores de transport et conviennent peu au traitement de l'eau. En revanche, ceux à base de coques d'arachide présentent des résultats intéressants. D'où l'intérêt d'une étude plus poussée pour optimiser les paramètres liés à leur synthèse et application.

L'excellente capacité de dévitalisation et d'adsorption affichée par les CAPA, lors des essais sur les bactéries, est une piste prometteuse à explorer, surtout que peu de données sont rencontrées dans la littérature.

Bibliographie

- [1] Rapport de l'UNESCO – disponible sur <http://www.unesco.org/courier/2001-10/fr>.
- [2] Biney C., Amuzu A.T., Calamari D., Kaba N., 'Etude des métaux lourds' disponible sur <http://www.fao.org/docrep/005/v3640f/V3640F04.htm#ch4>.
- [3] KHEZAMI L., 'Production et caractérisation des charbons actifs à partir du bois et autres déchets végétaux: Application en traitement des eaux.' Thèse, 2005: p. 101-102.
- [4] Diao Y., Walawender W.P., and Fan L.T., 'Activated carbons prepared from phosphoric acid activation of grain sorghum.' *Bioresour Technol*, 2002. 81(1): p. 45-52
- [5] E. Gonzalez-Serrano, T., J.R.-M. Cordero, L., and J.J.R. Cotoruelo, 'Removal of water pollutants with activated carbons prepared from H₃PO₄ activation of lignin from kraft black liquors.' *Water Research*, 2003. 38 (2004): p. 3043-3050
- [6] Rodriguez-Reinoso, F., 'Preparation and caractérisation of activated carbon from eucalyptus fraft lignin.' *Carbon* 1993. 31(1): p. 87-9
- [7] DIANA C.S. Azevedo, et al., 'Microporous activated carbon prepared from coconut shell using chemical activation with zinc chlorie.' *Microporous and Mesoporous Materiels*, 23 March 2007. 100(1-3).
- [8] Idriss Ahmed Hared, et al., 'Pyrolysis of wood impregnated with phosphoric acid for the production of activated carbon: Kinetics and porosity development studies.' *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 2007. 79: p. 101-105.
- [9] Gergova, K., Petrov N., and Eser S., 'Adsorption Proprieties and Microstructure of Activated Carbons Produced from Agricultural By-products by Steam Pyrolysis.' *Carbon*. 4(1994): p. 693-702.
- [10] Venkata K. K. Upadhyayula, Shuguang Deng, Martha C. Mitchell, Geoffrey B. Smith, Vinod K. Nair and Soumitra Ghoshroy, 'Adsorption kinetics of Escherichia coli and Staphylococcus aureus on single-walled carbon nanotube aggregates.' *Water Science & Technology - WST*, 2008, Vol. 58.1.
- [11] Valix, M., W.H. Cheung, and G. McKay, 'Roles of the textural and surface chemical properties of activated carbon in the adsorption of acid blue dye.' *Langmuir*, 2006. 22(10): p. 4574-82.
- [12] Jean François MAREC : fabrication et caractérisation d'un charbon actif rustique issu de la biomasse ; Université de Technologie de Compiègne - option Génie des Procédés Industriels – Année 1995/1996 ; (p 29 – 32).
- [13] Kifuani Kia Mayeko, Mukana Wa Muanda: Adsorption de bleu de méthylène en solution aqueuse sur charbon actif obtenu a partir des sciures végétales ; *Revue Congolaise des Sciences Nucléaire*, Vol. 20 N°1/ 2 Juin-Décembre 2004

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

International Institute for Water and Environmental Engineering

Rejoignez l'élite

Institut bilingue • Eau, Énergie, Environnement et Génie civil



AG Partners

www.2ie-edu.org

Le 2iE, Institut bilingue français - anglais, un pôle d'excellence à Ouagadougou.

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2iE, offre de nombreuses opportunités de formations supérieures diplômantes conformes au **standard international** (Bachelor/Master/Doctorat) dans les domaines de l'Eau, de l'Énergie, de l'Environnement et du Génie Civil.

Le 2iE dispose d'une **plateforme scientifique de 110 hectares** équipée de matériels pédagogiques et scientifiques de pointe, des **enseignants chercheurs** et des **professeurs associés** issus de plus de 20 pays du Sud et du Nord. Il a développé des partenariats avec de grandes entreprises qui lui permettent d'assurer un **emploi à 90% des étudiants** dans les six mois qui suivent l'obtention de leur diplôme.

Le 2iE est **Centre d'excellence de l'UEMOA**, de la **CEDEAO** et du **NEPAD** et est **membre de la Conférence des Grandes Ecoles** (France). Le 2iE est le seul établissement de formation supérieure du continent africain dont les diplômes, accrédités par la **Commission française des Titres d'Ingénieur (CTI)**, sont reconnus dans l'espace européen.



Pour un avenir professionnel brillant
Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

