

Valorisation des déchets solides naturels pour la filtration des effluents liquides industriels

Khaled Mnaouer¹, Hafsa Ezahraoui², Mahmoud El Mouden¹

¹Laboratory of Engineering Sciences for Energy (LabSIPE), National School of Applied Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco.

²Laboratoire de physique de la matière condensée.

Equipe de physique de l'environnement, département de physique, Faculté des Sciences, UCD, El Jadida, Maroc.

Abstract

VALORIZATION OF NATURAL SOLID WASTE FOR FILTRATION INDUSTRIAL LIQUID EFFLUENTS

The objective of this study is to recover different natural wastes by using them as filter matrices for the purification of industrial liquid effluents in the city of El Jadida. The main physicochemical parameters studied in this work are pH, conductivity, suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), total phosphorus, chloride ions (Cl⁻), ammonium ions (NH₄⁺) and orthophosphate ions (PO₄³⁻). The results obtained showed the effectiveness of the media used to reduce the pollution generated by the industrial wastewater studied, with a removal percentage exceeding 88% for all the physicochemical parameters studied.

L'objectif de la présente étude est de valoriser différents déchets naturels en les utilisant comme matrices filtrantes pour la purification des effluents liquides industriels de la ville d'El Jadida. Les principaux paramètres physicochimiques étudiés dans le présent travail sont pH, la conductivité, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), le phosphore total, les ions chlorures (Cl⁻) les ions ammonium (NH₄⁺) et les ions orthophosphates (PO₄³⁻). Les résultats obtenus ont montré l'efficacité des supports utilisés pour réduire la pollution présente dans les eaux usées industrielles étudiées, avec un pourcentage d'élimination dépassant les 88 % pour tous les paramètres physicochimiques étudiés.

INTRODUCTION :

Les effluents liquides industriels, représentent l'ensemble des rejets issus des différents procédés de transformation des matières premières en produits industriels. Leur quantité et leur qualité varient selon leur source, l'activité industrielle ainsi que le procédé mis en œuvre [1]. Ces rejets présentent un large spectre de polluants chimiques à l'état solide ou dissout : matières organiques et minérales, solvants, polymères, métaux lourds, hydrocarbures, huiles, graisses, sels, des polluants biologiques, bactéries, virus etc. [2,3]. Cette grande diversité requiert une approche spécifique pour chaque type d'effluents afin d'ajuster les solutions à chaque problématique. Les techniques de filtration des eaux usées sont multiples. La filtration percolation sur sable constitue un modèle très intéressant par la simplicité de sa mise en œuvre et par son coût faible d'exploitation ainsi que par ses performances en termes de rendement d'épuration [4].

Le présent travail vise à valoriser différents produits pour le traitement des eaux usées industrielles par filtration-percolation, et à déterminer l'efficacité d'autres supports naturels pour la réduction de la pollution. Ces produits naturels qui se trouvent en grande quantité dans la nature peuvent être valorisés et utilisés avec succès comme matériaux efficaces et à faible coût pour la filtration des eaux usées. Lors de ces essais au laboratoire, nous avons étudié différents paramètres physicochimiques à savoir le pH, la conductivité, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), le phosphore total, les ions chlorures (Cl⁻) les ions ammonium (NH₄⁺).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les matériaux que nous avons utilisés comme adsorbants sont composés de produits naturels tels que le sable marin prélevé du littoral de la ville d'El Jadida au Maroc, le sol agricole très argileux, le kaolin, le phosphogypse, et les

SPÉCIALISTE EN TECHNOLOGIE MODULAIRE DE TRAITEMENT DE L'EAU



Nos cuves modulaires sont disponibles en plusieurs tailles standardisées, chacune pouvant contenir une technologie de traitement d'eau différente. Les cuves se combinent entre elles, ce qui permet de concevoir simplement et rapidement votre procédé de traitement personnalisé !

 **COMPACT ET MODULAIRE**

 **PERFORMANCES ÉLEVÉES**

 **SUR MESURE**

 **ROBUSTE**

 **CONTAINERISABLE**

 **FACILE À EXPLOITER**



EAU POTABLE

Des skids complets incluant le dosage des produits et la centrale polymère pour alimenter les technologies suivantes :

- Déferrisation
- Coagulation Floculation
- Décantation
- Filtre à sable
- Désinfection



ASSAINISSEMENT

Traitement biologique en boues activées ou MBBR pour l'élimination de la DCO et DBO5, l'azote et les MES :

- Tamisage
- Prétraitement
- Nitrification et dénitrification
- Décantation et désinfection
- Filtration



AQUACULTURE

Amélioration de la qualité des eaux recirculées avec nos packages et ces procédés :

- Filtre à tambour
- Traitement biologique MBBR
- Désinfection
- Pompage
- Dégazage

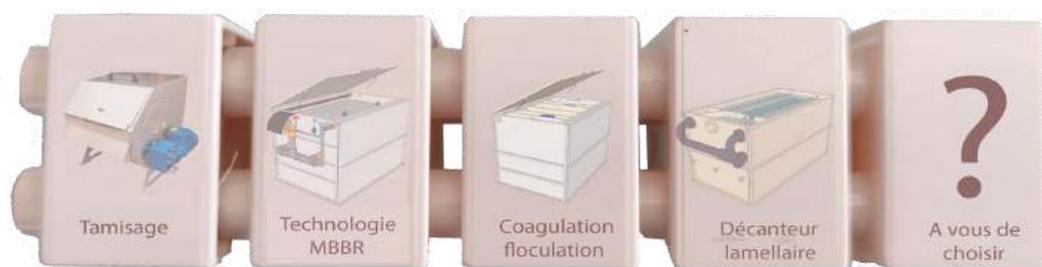


SKID REUT

La gamme de skids compacts et simples d'utilisation couvre des débits de 1 à 45 m³/h. Créez facilement un réseau d'eau réutilisée avec une pression d'environ 3 bars grâce :

- Pompage
- Filtration 20μ
- Désinfection
- Régulation

EMPILEZ VOS BRIQUES TECHNOLOGIQUES STANDARDISÉES ET CRÉEZ VOTRE PROCÉDÉ SUR MESURE!



1h2o3 , ZI de la gare, 29410 Saint Thégonnec

www.1h2o3.com

+33 6 87 19 32 88

nicolas@1h2o3.com

SePem® 351

Logger de bruit pour la
sectorisation acoustique des fuites sur
vos réseaux d'eau potable



- Capteur acoustique extrêmement sensible
- Protocole de communication LoRaWAN®
- Mesure et communication quotidienne
- Très longue autonomie (> 10 ans)



cendres volantes. Le kaolin est une argile blanche, friable et réfractaire, composée principalement de kaolinite, soit des silicates d'aluminium avec un peu de quartz libre et certains minéraux d'argile et de feldspath, ayant une surface spécifique importante et une grande capacité d'adsorption et de rétention de différents polluants organiques et minéraux [5-7]. Des travaux récents ont étudié la faisabilité de l'utilisation de différentes argiles minérales et synthétiques telles que la kaolinite et la montmorillonite et ont démontrés leur efficacité pour l'élimination des métaux lourds et différents polluants toxiques des eaux usées [8-10]. Le phosphogypse, appelé aussi sulfate de calcium hydraté, est un sous-produit issu de la production de l'acide phosphorique et de la fabrication des engrais phosphatés. Il s'agit d'un précipité solide de sulfate de calcium hydraté produit par réaction avec l'acide sulfurique en milieu aqueux. Le phosphogypse utilisé dans ce travail de recherche a été rapporté du complexe industriel de Jorf Lasfar. Il est constitué généralement de phosphogypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de différentes impuretés telles que les phosphates et les fluorites qui adhèrent à la surface des cristaux du phosphogypse ou peuvent les substituer dans la matrice [11-13].

Les cendres volantes sont les particules non combustibles entraînées par les fumées lors de la combustion du charbon pulvérisé utilisé dans les centrales thermiques. Leur composition

minéralogique est variée et dépend des différents types de matières combustibles présentes dans le charbon. D'une façon générale, elles sont constituées d'aluminosilicates vitrifiés de calcium, fer, magnésium, potassium, et sodium, associées à des phases de quartz, de silicate d'aluminium et magnétite. Des travaux récents ont montré l'efficacité des cendres volantes pour la réduction et l'élimination de différents polluants organiques et minéraux dans l'air (NO_x , SO_x) et dans l'eau par phénomène d'adsorption [14].

Les eaux usées industrielles étudiées proviennent du collecteur général situé à l'entrée de la station de prétraitement. Ces prélèvements sont stockés à 5°C à l'abri de la lumière pour éviter toute modification physico-chimique.

Le dispositif expérimental que nous avons utilisé dans ce travail (figure 1), est composé d'une micro-colonne en verre de 2,5 cm de diamètre et de 50 cm de longueur.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus avant et après filtration des eaux usées sur colonne formée de différents supports naturels utilisés dans cette étude.

LE PH

La détermination du pH constitue une mesure très importante car la valeur du pH conditionne un grand nombre de réactions biologiques et chimiques dans les eaux naturelles, donc toute modification du pH peut causer des déséquilibres physicochimiques des milieux récepteurs [20]. Les eaux usées industrielles étudiées ont un caractère acide avec des valeurs qui varient entre 5,4 et

5,5 degré pH. La filtration de ces rejets liquides à travers une colonne composée de différents supports naturels a permis leur neutralisation. Cette neutralisation peut être expliquée par le caractère basique des supports filtrants, c'est le cas du kaolin et de la chitine, qui est un polysaccharide fortement basique capable de complexer des polyanions, de chélater et éliminer les ions métalliques [21-24]. Une étude a démontré que la sorption des ions métalliques par les supports utilisés impliquerait un processus d'échange d'ions entre les métaux alcalins et alcalino-terreux des matrices filtrantes et les ions métalliques (Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}), ainsi qu'un processus de complexation de surface entre les sites silanol (SiOH) et aluminol (AlOH) et les ions métalliques par échange de proton hydrogène, ce qui tend ainsi à élever un peu le pH de la solution [25].

LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

Les effluents industriels étudiés présentent une très forte conductivité électrique qui traduit le degré de minéralisation globale [26], avec une valeur dépassant les $14 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Cette conductivité très élevée est due aux sels dissous dans ces rejets. Le passage de ces eaux usées étudiées à travers les différents supports filtrants a permis la rétention des sels dissous dans l'eau par adsorption et/ou par phénomène de diffusion ionique dans les feuillets argileux constituant la colonne de filtration ce qui se traduit par une réduction de la conductivité [27].

LES MATIÈRES EN SUSPENSION (MES)

Les matières en suspension regroupent l'ensemble des particules fines, insolubles, colloïdales, de nature organique

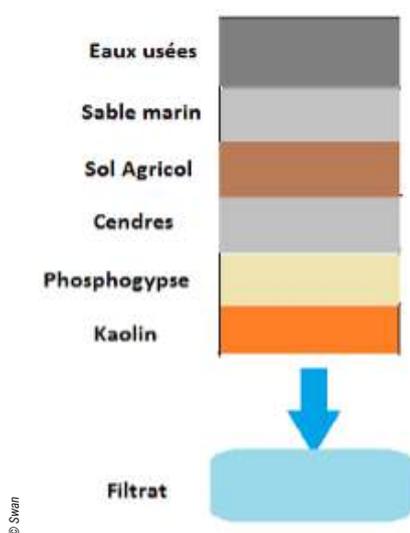


Figure 1: Montage expérimental utilisé pour la filtration des eaux usées industrielles.

Tableau 1: Les paramètres physico-chimiques des eaux usées étudiées avant et après filtration.

Paramètres	Avant	Après
pH	6,44	7,11
Conductivité (mS/cm)	15,46	1,08
MES (mg/l)	580	11
DCO (mg d'O ₂ /l)	12300	670
Chlorures (mg/l)	2123	450
Ammonium (mg/l)	129	13
Phosphore (mg/l)	47	17

TRAITEMENT EFFICACE CONTRE LES MICRO-POLLUANTS (UTEP et STEP)

CARBOCYCLE®

CARBOCYCLE®, brevet exclusif Sources, permet l'élimination des pesticides, micropolluants, métabolites et PFAS dans un réacteur à lit fluidisé de charbon actif en micrograin.



Goulottes de sortie d'eau traitée

Blocs lamellaires pour éviter toute fuite de charbon

Lit de charbon actif en suspension

Alimentation en fond en eau à traiter

UN PROCÉDÉ ROBUSTE ET ÉVOLUTIF

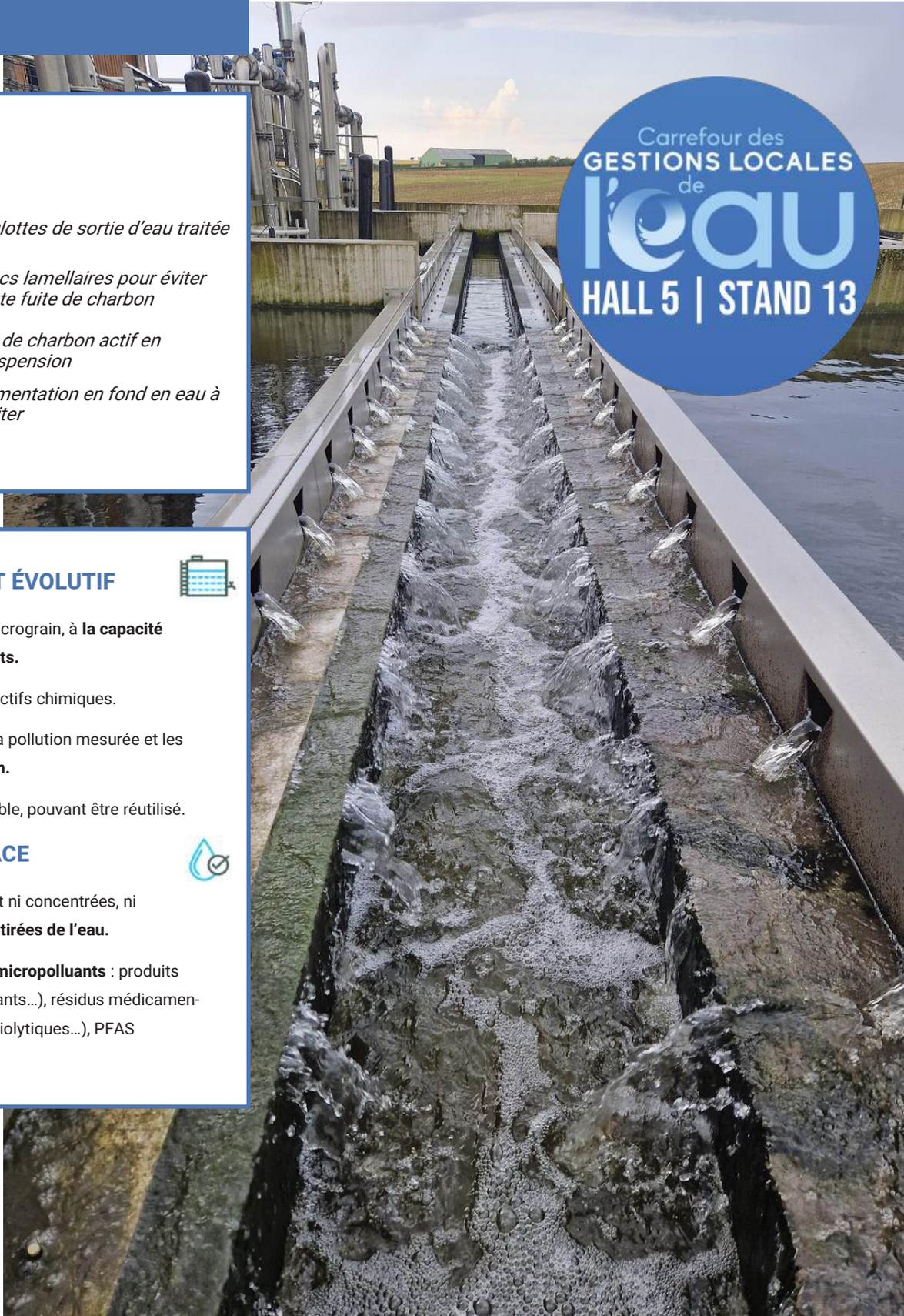


- ✓ Mise en œuvre de charbon actif micrograin, à la **capacité d'adsorption élevée en micropolluants**.
- ✓ Pas de nécessité d'injection de réactifs chimiques.
- ✓ Dose de charbon **ajustable** selon la pollution mesurée et les **évolutions futures de réglementation**.
- ✓ Charbon actif micrograin régénérable, pouvant être réutilisé.

UNE ÉLIMINATION EFFICACE



- ✓ Les molécules indésirables ne sont ni concentrées, ni transformées **mais définitivement retirées de l'eau**.
- ✓ **Élimination d'un large spectre de micropolluants** : produits phytosanitaires (pesticides, désherbants...), résidus médicamenteux (anti-épileptique, hormones, anxiolytiques...), PFAS (polluants éternels).



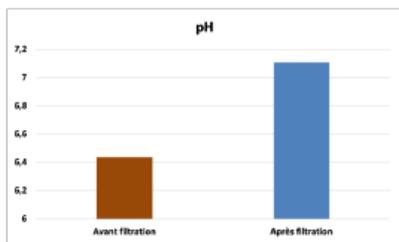


Figure 2: Variation du pH avant et après filtration.

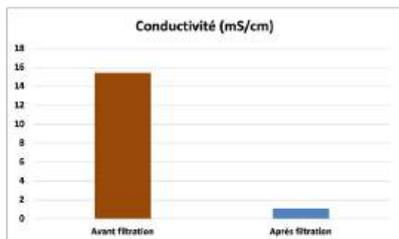


Figure 3: Variation de la conductivité avant et après filtration.

ou minérale, biodégradables ou non [28,29]. Ces particules augmentent la turbidité des eaux, empêchent la pénétration de la lumière et réduisent le phénomène de photosynthèse, causant ainsi un appauvrissement en oxygène dissous au niveau des milieux récepteurs [30,31]. Les eaux usées industrielles étudiées sont chargées en matière en suspension, avec des valeurs dépassant les 400 mg par litre. Le passage des ces eaux usées à travers les différents filtres étudiés a permis une élimination quasi totale de ces matières en suspension (figure 4).

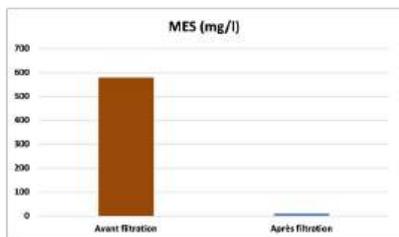


Figure 4: Variation de la MES avant et après filtration.

LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO)

La pollution organique représente l'ensemble des matières organiques biodégradables et non biodégradables, qui peuvent générer différents problèmes au niveau des milieux récepteurs : mauvaises odeurs, consommation d'oxygène, dégradation de la faune et la flore et

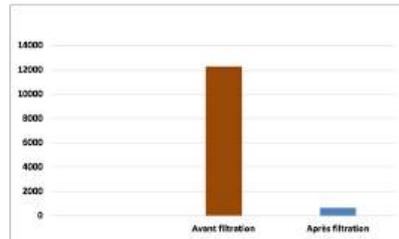


Figure 5: Variation de la DCO avant et après filtration.

perturbation des écosystèmes [32]. Il a été rapporté que différentes matrices argileuses telles que la kaolinite, la montmorillonite et l'illite possèdent des propriétés multifonctionnelles telles que la capacité de rétention et d'adsorption de différents polluants organiques, inorganiques et des métaux lourds [33-36] (figure 5).

La majeure partie de la matière organique soluble et particulaire contenue dans les eaux usées industrielles étudiées a été retenue par les différents supports utilisés, avec un taux d'abattement dépassant les 85 %. Cette réduction de la charge organique dissoute indique qu'une bonne assimilation bactérienne prend place dans le lit filtrant. Ceci est lié probablement à une meilleure oxygénation de ce dernier permettant aux bactéries aérobies de proliférer et d'assurer en conséquence une meilleure minéralisation ou oxydation de la matière organique. L'abattement et l'élimination de la DCO fait intervenir des phénomènes physiques de sédimentation et de filtration ainsi que des phénomènes biologiques de dégradation et de décomposition de la matière organique particulaire et dissoute associés à la flore bactérienne du lit filtrant.

LES IONS CHLORURE

Les rejets industriels étudiés sont également trop chargés en ions chlorures avec des valeurs dépassant les 2400 mg par litre. L'élimination des

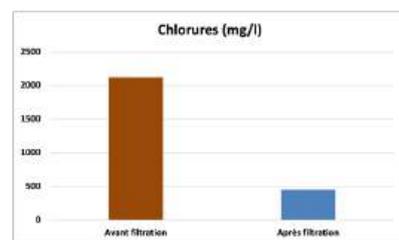


Figure 6: Variation des ions chlorure avant et après filtration.

anions chlorures (figure 6) peut être expliquée par la présence des cations contenus dans les différentes matrices filtrantes utilisées et qui piègent ces ions par adsorption ou par échange d'ions [37]. C'est le cas des cendres volantes et des argiles qui sont connues comme des matériaux naturels présentant une bonne capacité d'échanges d'ions et un pouvoir d'adsorption et d'élimination de plusieurs polluants de l'eau [38,39].

LES IONS AMMONIUM

Habituellement la présence des ions ammonium dans l'eau traduit un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Les eaux usées industrielles étudiées présentent une forte concentration en ions ammonium dépassant les 150 mg/L. En excès, ces ions peuvent avoir un impact sur la faune et la flore des milieux récepteurs [40-42]. Après passage sur colonne composée de sable, cendres et différents matrices argileuse nous avons constaté un taux d'élimination des ions ammonium dépassant les 89 %. Différentes argiles gonflantes telles que les smectites, la bentonite, la montmorillonite, la zéolite, l'illite et la kaolinite présentent une bonne capacité d'échange et de sorption des ions ammonium [43-45].

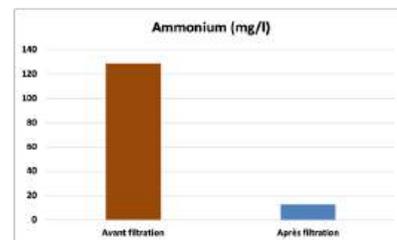


Figure 7: Variation des ions ammonium avant et après filtration.

LES IONS ORTHOPHOSPHATES

Le phosphore est l'un des principaux éléments nutritifs qui provoquent l'eutrophisation, phénomène qui se traduit par une prolifération excessive des algues et des cyanobactéries toxiques dans les milieux aquatiques. Plusieurs formes de phosphore sont rencontrées dans les eaux usées, mais les orthophosphates sont les espèces de phosphore les plus abondants [46,47]. Les eaux usées industrielles étudiées présentent de fortes charges en orthophosphates dont les valeurs dépassent la norme marocaine d'un rejet avant déversement dans



5-6 février 2025
salon PARC EXPO Nantes

INSCRIVEZ-VOUS !
POUR UNE ENTRÉE GRATUITE

l'événement → Biotransition

le rendez-vous
bioénergie
biochar
bioéconomie
ccu/s &
défossilisation



biohydrogène



biogaz



biométhane



biomatériaux



biochar



bois énergie



défossilisation



carbone renouvelable



beccus



carburants

450 exposants
5000 professionnels

200 conférenciers
45 pays

www.bio360expo.com
suivez @bio360expo sur

SOUTENU PAR



PARTENAIRE



SPONSOR OR



ORGANISATEUR



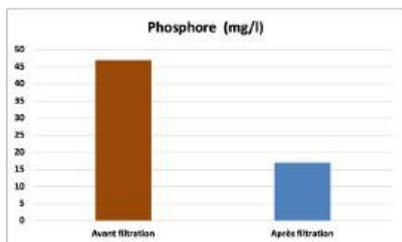


Figure 8 : Variation des orthophosphates avant et après filtration.

le milieu récepteur (10 mg/l en orthophosphates) [48].

Après filtration sur les différentes matrices argileuses nous avons noté un taux d'élimination dépassant les 75%.

Tableau 2: Le pourcentage d'abattement des paramètres physicochimiques analysés après filtration.

Elément	CE	MES	DCO	Cl ⁻	NH ⁴⁺	PO ₄ ³⁻
Rendement (%)	88,04	98,06	92,62	79,62	89,17	75,78

Ceci peut être expliqué par l'adsorption du phosphore sur les argiles utilisées ou sa précipitation avec le fer, le calcium ou l'aluminium, éléments constituant les feuilles des matrices argileuses composant le lit filtrant [49]. D'autres études ont suggéré que l'adsorption du phosphate peut être attribuée à la dissolution de la surface de la kaolinite, qui libère certains ions solubles, tels qu'Al₃⁺, qui forment un complexe avec le phosphore [50].

Le tableau ci-dessous résume les pourcentages d'élimination obtenus pour les paramètres physico-chimiques étudiés.

CONCLUSION

L'étude menée au laboratoire porte sur la dépollution des eaux usées industrielles par filtration sur colonne composée d'une couche de sable marin, sol agricole, cendres volantes, phosphogypse, et le kaolin.

Les résultats obtenus nous ont permis de déduire, dans des conditions précises, que les supports étudiés présentent un pouvoir efficace pour réduire la charge polluante organique et minérale présente dans les eaux usées industrielles étudiées, avec un taux de réduction de la pollution moyen dépassant les 75% pour tous les paramètres physicochimiques analysés.

En utilisant ce procédé de filtration, nous avons obtenu des eaux usées filtrées qui répondent aux limites normalisées pour les rejets liquides dans les milieux récepteurs (lacs, rivières, océans... etc.). Ces eaux filtrées peuvent être recyclées et utilisées en agriculture et pour l'irrigation des espaces verts. ●



Références bibliographiques

- H. HAFDAD**; I.T. Lancar.; M. Bakasse, L'Eau, l'Industrie, les Nuisances 375, 2014
- KAIMOUSSI A., CHAFIK A., MOUZDAHIR A., BAKKAS S.** Impact de la pollution industrielle sur la zone côtière du Jorf Lasfar: la moule comme indicateur de la contamination métallique. Earth and Planetary Science. 2001, Vol 333, pp. 337-341.
- HENNO J.** Mieux recycler les eaux usées pour lutter contre la pénurie. Les Echos, Vol30, pp.23
- BAIOUMY H.** Source and origin of sedimentary kaolin deposits in Egypt, Meeting of the Clay Minerals Society, Montana, June 2009, pp. 5-11.
- ABDEL-KHALEK N.** The Egyptian kaolin: an outlook in the view of the new climate of investment. Applied Clay Science, vol. 15, 1999, pp. 325-336.
- ABD-ALLAH S, MAHDY R.** Characterization of some clay sediments in Egypt for safe environmental applications. Basic and Applied Sciences, 2007, Vol. 4, pp. 813-823.
- RASHED M.N. AND SOLTAN M.E.** Removal of heavy metals from urban wastewater using aeration, alum and kaolin. 2001. Hydrology\No.45, UNESCO, Paris,
- BHATTACHARYYA KG; GUPTA SS.** Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite. Colloid Interface Sci. Aug 2008. Vol 5, pp.14-31.
- SUSMITA S G AND KRISHNA G.** Adsorption of heavy metals on kaolinite, montmorillonite. Physical chemistry. 2012, pp.12
- MULLINS G AND MITCHELL C.** Wheat forage response to tillage and sulfur applied as phosphogypsum, Orlando, publication FIPR .1990, Vol 1, pp. 361-375.
- MOUTAOUAKIL A, PINEAU J.L, LAHLOU K.** « La recherche d'un procédé viable de valorisation d'un phosphogypse provenant de l'industrie phosphatière marocaine », Dechets sciences et techniques, 2003, Vol 29, pp. 31-35.
- KOULOHERIS A. P.:** chemical nature of phosphogypsum as produced by various wet phosphoric acid processes. First International Symposium on phosphogypsum, publication, Florida, 1980, pp.5-7.
- MARIA V, LUMINITA I, ANCA D .** Fly ash adsorbents for multi-cation wastewater treatment. Applied Surface Science 258 .2012. p. 6345- 6352.
- MUZZARELLI R.** CHITIN nanostructures in living organisms. In Chitin Formation and Diagenesis. Gupta, S.N., Ed.; Springer, 2010: New York, USA.
- SANDFORD, P.A.** Chitin and Chitosan: Physical Properties and Applications. Elsevier Applied Science, 1989, p. 51-69.
- KNORR D.** Dye binding properties of chitin and chitosan. J. Food. Sci., 1983, pp.36-41.
- KIM, C. Y., CHOI, H. M., CHO, H. T.,** 1997. Effect of deacetylation on sorption of dyes and chromium on chitin. J. Appl. Polym. Sci. 63, 725-736.
- NO K., LEE K, AND MEYERS P.** Correlation between physical chemical characters and binding capacity of chitosan products. J. Food. Sci. 2000, Vol 65, 1134-1137.
- BREMOND R. ET VUICHARD R.** Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, 1973, pp. 179
- YUSOF, N.L.; LIM, L.Y.; KHOR, E.** Flexible chitin films: structural studies. Carbohydr. Res. 2004, Vol 339, pp.2701-2711.
- ACOSTA N, ARANAZ I, PENICHE C, HERAS A. TRAMADOL** Release from a delivery system based on alginate-chitosan microcapsules. Macromol. Biosci. 2003, 3, p.546-551.
- PENICHE C, PENICHE H, ACOSTA N.** 2003. Chitosan: An Attractive Biocompatible Polymer for Microencapsulation. Macromol. Biosci, 3, p.511-520.
- BHATNAGAR A, SILLANPAA, M.** Applications of chitin- and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater. Colloid Interface Sci. 2009, p.26-38.
- ABIDIN KAYA, ALI HAKAN OREN.** 2005. Adsorption of zinc from aqueous solutions to bentonite. Journal of Hazardous Materials. B125, p.183-189.
- EL GOUMRI Y.** Etude de la qualité physicochimique des eaux usées rejetées dans le lac Fouarat. Africain des Sciences de l'environnement, 2006, pp.53-60.
- REVIL A., LEROY P., AND K. TITOV.** 2005. Characterization of transport properties of argillaceous sediments. Journal of Geophysical Research, Vol 110, B06202.
- SANTE CANADA** 2003. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: la turbidité. Comité fédéral provincial territorial sur l'eau potable, Ottawa, pp.36.
- SCHNITZER M., S.H. KAHN.** 1972. Humic substances in the environment, Marcel Dekker, New York, N.Y, pp. 204.
- CHAPMAN, D.** Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 1992. Londres, Angleterre.
- COBB, D.G AND FLANNAGAN J.** Effects of discharge and substrate stability on density and species composition of stream insects. J. Sci. Halieutiques.1996, pp.1788-1795.
- RODIER J.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème éd. Denod, Paris, 1996, Vol 1, pp.1383.
- ZH H M, WANG B.** Multifunctional micronized modified kaolin and its application in wastewater treatment. Hazardous Materials, 2006, pp. 365-370.
- ESSA M, FARRAGALLAH M.** Clay minerals and their interaction with heavy metals and microbes of soils irrigated by various water resources. Envir. Res. 2006, pp.73-90.
- SHEN Y.H.** Phenol sorption by organoclays having different charge characteristics. Physicochem. 2004, Vol 232, pp. 143-149.
- GUPTA .K, MOHAN D.** Utilization of bagasse fly ash for the removal and recovery of phenol and p-nitrophenol from wastewater. Biotechnol.1998, Vol 71, pp.180-186.
- HEDGE R AND MCLELLAN M.** ARCHAEOMETRY, 1976, Vol 18, pp.203.
- WEI-SHENG C, FANG-CHIH C, YUN-HWEI S, MIN-SHING T, CHUN-HAN K.** Removal of chloride from MSWI fly ash. Hazardous Materials, 2012, pp.116-120
- MAHMOUD M. AND AHMED M. I.** Abatement of free chlorine from water using kaolinite. Environ. Res. 2004, Vol 7, pp. 237-238.
- ERICKSON E., AFFARTH K., HENZE M., A. LEDIN.** 2002. Characteristics of grey wastewater, Urban Water, 4, p. 85- 104.
- UDERT K AND GUJER W.** Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. Water Res, 2003, pp.2571-2582.
- BONTE S L, PONS M, POTIER O AND ROCKLIN P.** Relation between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater. Journal of Water Science, 2008, Vol. 21, pp. 429- 438.
- PIVATO A.** Tests for the evaluation of ammonium attenuation in MSW landfill leachate by adsorption into bentonite. Waste Management. 2006, Vol 26, pp. 123-132.
- WEBER M, AND WESTFALL D.** Ammonium adsorption by a zeolite in a static and a dynamics system. J.Environ. Qual. 1983, Vol 12, p.549-552.
- BURAGOHAIN D, SREDEEP S, AND SAIYOURI N.** A study on the Adsorption of ammonium in Bentonite and Kaolinite. JCEBS, 2013, pp. 2320-4087.
- HAMMER, M.J., HAMMER, JR.,** 2005. Water and wastewater technology, 4th Edition. Prentice Hall of India, New Delhi.
- DUCHAUFOR P.** Abrégé de pédologie: sol, végétation et environnement. 5ème. édition, 1997, Masson.
- COMITE NORMES ET STANDARDS.** 1994. Ministère de l'environnement du Maroc. Rabat.
- FURUMAL H, KHAKI S.** Adsorption-desorption of phosphate by lake sediment under anaerobic conditions. Wat. Res. 1989, Vol 23, pp.677-683.
- WIELAND E, STUMM W.** Dissolution kinetics of kaolinite in acidic aqueous solutions at 25 °C. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, Vol 56, pp.3339-3355.
- XIAOMIN L, YANRU T, XIUJU C, DANDAN L, FANG L, WENJING S.** Preparation and evaluation of orange peel cellulose adsorbents for effective removal of Cd, Zn, Co and Ni, Colloids and Surfaces. 2008, Vol 317, pp.512-521.
- SUANTAK K, S. SURESH, C.B. MAJUMDER AND S. CHAND,** "Characterization of banana and orange peels: biosorption mechanism", Sci Technology & Management. 2011, Vol 2.
- MAFRA S.** Humic acids from hydromorphic soils of the upper Negro river basin, Amazonas: Chemical and spectroscopic characterization. 2006.
- ALLAHVERDI A., KANI N.E., YAZDANIPOUR M.,** Effects of blast-furnace slag on natural pozzolan-based geopolymer cement. Ceramics. 2011, Vol 55, pp.68-78.
- TCHAKOUTE K AND NJOPWOUO D.** The effect of adding alumina-oxide to metakaolin and volcanic ash on geopolymer products. Construction and Building Materials. 2012, Vol 35, pp.960-969.
- HASSEN S., ANNA Z., ELALOU E. E, BELGACEM M, MAURET E.** Study of the valorization of phosphogypsum as filler in paper. Sci and Engineering.2012. Vol 27.
- SEHCHI M., MASARU M., REIKICHIAND I., SUSUMU Y.** Journal of Applied Polymer Sciences.1983, Vol 28, pp. 1909-1917.
- SHAOJIE, L., S. XUEFENG, DEYONG, C., YIPING C., & KANGDE Y.** Preparation of water-soluble chitosan. Polymer Science. 2003, Vol. 91, no. 6, pp. 3497 -3503.
- GOW N, GOODAY G, RUSSELL G, WILSON J.** Infrared and X-ray diffraction data on chitins of variable structure. Carbohydr. Res. 1987, Vol 165, pp.105-110.
- PENICHE C., ARGUELLES-MONAL W., DAVIDENKO N., SASTRE R., GALLARDO A., SAN ROMAN.,** Journal of Biomaterials. 1999, Vol 20, pp. 1896.
- JUN Z, YOULING Y, JIAN S, SICONG L.** European Polymer. 2003, Vol 39, pp. 847-850.
- KASSAI. M. R.** Several reported procedures to determine the degree of N-acetylation for chitin and chitosane using IR. Carbohydrate Polymers. 2008, Vol 71, pp.497-508.
- CRINI G, BADOT M. CHITINE ET CHITOSANE.** Préparation, propriétés et principales applications. Presses universitaires de Franche-Comté. 2009, pp. 19-54.
- EL HARMOUDI H., EL GAINI L., DAOUDI E., RHAZI M., BOUGHALEB Y, EL MHAMMEDI M, MIGALSKA A , BAKASSE M.** Removal of 2, 4-D from aqueous solutions by adsorption processes using two biopolymers: chitin and chitosan and their optical properties. Optical Materials. 2014, Vol 36, pp. 1471-1477.
- JEMAI S., BEN HAJ AMARA A., BEN BRAHIM BEN J., PLANÇON A.,** Etude structurale par RX et IR des hydrates de kaolinite. Applied Crystallography. 1999, pp.968-976.
- MING H.,** Modification of kaolinite by controlled hydrothermal deuteration – a DRIFT spectroscopic study. Clay Minerals. 2004, Vol 39, pp.349-362.
- QTAITAT A M, AL-TRAWNEH N. I.** Characterization of kaolinite of the Baten EL-Ghoul region/south Jordan. Spectrochimica Acta Part A. 2005, Vol 61, pp.1519-1523.
- SAIKIA J.B. AND PARTHASARATHY G.** FOURIER transform infrared spectroscopic characterization of kaolinite. Modern Physics. 2010, pp.206-210.
- BEN FREDJ I. & MIHOUBI D.** Séchage par Infrarouge de la bentonite et du kaolin. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger .2008, pp.79-88.