

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688
Open Access Journal

Volume (viii) - Issue 3 - December 2023

Water - **D**rought - **C**limate'2023



Reuse of Treated WasteWater in Agriculture

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

*Scientific and Technical Association for Water and the
Environment in Tunisia (ASTEETunisie)*

International Scientific Committee (ISC-WDC'2023)

<i>Noureddine Gaaloul</i>	<i>Prof. University of Carthage – IRESA - INRGREF (Tunisia)</i>
<i>Hamadi Habaieb</i>	<i>Prof. University of Carthage – IRESA -IN.AT (Tunisia)</i>
<i>Zouhaier Nasr</i>	<i>Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)</i>
<i>Mohamed Hachicha</i>	<i>Prof. University of Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisia)</i>
<i>Zouhaier Hlaoui</i>	<i>Prof. University of Tunis - Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (Tunisia)</i>
<i>Adel Kharroubi</i>	<i>Prof. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)</i>
<i>Rachid Boukchicha</i>	<i>M.Conf. University of Gabès – ISSTEG (Tunisia)</i>
<i>Noureddine Hamdi</i>	<i>Prof. Université de Gabès – ISSTEG (Tunisia)</i>
<i>Taoufik Hermassi</i>	<i>M.Conf. University of Carthage – IRESA -INRGREF (Tunisia)</i>
<i>Mohamed Habib Sellami</i>	<i>M.Conf. University of Jendouba – IRESA- ESIM (Tunisia)</i>
<i>Hechmi Belaid</i>	<i>M. Assistant, University of Jendouba -IRESA- ESIM (Tunisia)</i>
<i>Rim Katlane</i>	<i>M.Conf. University of Manouba - Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités (Tunisia)</i>
<i>Ibrahim Amadou Traoré</i>	<i>Expert Hydrogeologist</i>
<i>Mohamed Meddi</i>	<i>Prof. ENSH, (Algeria)</i>
<i>Azzedine Hani</i>	<i>Prof. Univ. Annaba (Algeria)</i>
<i>Larbi Djabri</i>	<i>Prof. Univ. Annaba (Algeria)</i>
<i>Salah Eddine Ali Rahmani</i>	<i>Prof. University Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (Algeria)</i>
<i>Saadane Djorji</i>	<i>Prof. University of Annaba (Algeria)</i>
<i>Mohammed Achite</i>	<i>Prof. University of Chlef (Algeria)</i>
<i>Abdelhalim Yahiaoui</i>	<i>Prof. University of Bechar (Algeria)</i>
<i>Mohamed Bessenasse</i>	<i>Prof. University of Saad Dahlab- Blida (Algeria)</i>
<i>Benadjji Noury</i>	<i>Prof. University of Tlemcen (Algeria)</i>
<i>Abdessamad Merzouk</i>	<i>Prof. University of Tlemcen (Algeria)</i>
<i>Beloulou Laroussi</i>	<i>Prof. University Badji Mokhtar, Annaba (Algeria)</i>
<i>Abdelhalim Yahiaoui</i>	<i>M.Conf. Univ. Bechar (Algeria)</i>
<i>Gnergazji Saadia</i>	<i>M.Conf. University of Biskra (Algeria)</i>
<i>Gwendouze Abdelhamid</i>	<i>M.Conf. University of Blida1 (Algeria)</i>
<i>Khoaldia Wacila</i>	<i>M.Conf. University of Souk-Abras (Algeria)</i>
<i>Belkacem Bekkoussa</i>	<i>M.Conf. University Mustapha Stambouli de Mascara (Algeria)</i>
<i>Ali Essablaoui</i>	<i>Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)</i>
<i>El Ouali Abdelhadi</i>	<i>Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)</i>
<i>Abdellah El Hmairi</i>	<i>Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)</i>
<i>Imad Manssouri</i>	<i>Prof. University Moulay Ismail Meknes (Morocco)</i>
<i>Abdelmajid Mounem</i>	<i>Prof. University Nador (Morocco)</i>
<i>Mbumed Amyay</i>	<i>Prof. University of Fès (Morocco)</i>
<i>Abdelaziz Abdallaoui</i>	<i>Prof. University Moulay Ismail (Morocco)</i>
<i>Nadia Lablou</i>	<i>M.Conf. University Mohamed V Rabat (Morocco)</i>
<i>Amadou Thierno Gaye</i>	<i>Prof. University of Cheikh Anta Diop, Dakar, (Senegal)</i>
<i>Sousou Sambou</i>	<i>Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)</i>
<i>Diop Ngom Fatou</i>	<i>Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)</i>
<i>Abdoulaye Faty</i>	<i>Prof. Univ. Cheikh Diop UCAD FST (Senegal)</i>
<i>Soro Nagnin</i>	<i>Prof. UFR STRM (Ivory Coast)</i>
<i>Gnamba Franck Maxime</i>	<i>Prof. UFR STRM (Ivory Coast)</i>
<i>Soro Nagnin</i>	<i>Prof. UFR STRM (Ivory Coast)</i>
<i>Cish Ngonzo Lawesi</i>	<i>Prof. Univ. Dem. Rep. (Congo)</i>
<i>Koussoubon A. Leonard</i>	<i>Prof. FLLAC/ UAC (Congo)</i>
<i>Koumassi Dègla Hervé</i>	<i>Prof. LACEEDE/ UAC (Benin)</i>
<i>Hamma Yaacoub</i>	<i>Prof. 2IE (Burkina Faso)</i>
<i>Harouna Karambiri</i>	<i>Prof. 2IE (Burkina Faso)</i>
<i>Lienou Gaston</i>	<i>Prof. Univ. Yaoundé (Cameroun)</i>
<i>Gnandi Kissao</i>	<i>Prof. Univ. Lomé (Togo)</i>
<i>Hamadoun Bokar</i>	<i>Prof. Univ. ENI-abt (Mali)</i>
<i>Salina Sanou</i>	<i>Pan African Climate Justice Alliance (Kenya)</i>
<i>Saeid Eslamian</i>	<i>Prof. University of. Isfahan (Iran)</i>
<i>Amadou Gaye</i>	<i>Prof. CR4D (Ethiopia)</i>
<i>Richard Anyah</i>	<i>Prof. CR4D (Ethiopia)</i>
<i>Benjamin Lamptey</i>	<i>Prof. CR4D (Ethiopia)</i>
<i>Aqeel Al-Adili</i>	<i>Prof. Univ. Technology (Iraq)</i>
<i>Mountaz Razack</i>	<i>Prof. University of Poitiers (France)</i>
<i>Lucila Candella</i>	<i>Prof. Univ. Catalonia (Spain)</i>
<i>Fotis K. Pliakas</i>	<i>Prof. Univ. Thrace (Greece)</i>
<i>Andreas Kallioras</i>	<i>Prof. Univ. Athens (Greece)</i>
<i>Christoph Schüth</i>	<i>Prof. Tech.Univ. Darmstrad (Germany)</i>
<i>Jean-François Deléage</i>	<i>Prof. University of Liège (Belgium)</i>

Preface



W

ater – at the center of the climate crisis

Climate change is exacerbating both water scarcity and water-related hazards (such as floods and droughts), as rising temperatures disrupt precipitation patterns and the entire water cycle. Water and climate change are inextricably linked. Climate change affects the world's water in complex ways. From unpredictable rainfall patterns to shrinking ice sheets, rising sea levels, floods and droughts – most impacts of climate change come down to water water (UN Water). Climate change is exacerbating both water scarcity and water-related hazards (such as floods and droughts), as rising temperatures disrupt precipitation patterns and the entire water cycle (UNICEF). Get more facts on climate and water below.

Water scarcity: *About two billion people worldwide don't have access to safe drinking water today (SDG Report 2022), and roughly half of the world's population is experiencing severe water scarcity for at least part of the year (IPCC). These numbers are expected to increase, exacerbated by climate change and population growth (WMO). Only 0.5 per cent of water on Earth is useable and available freshwater – and climate change is dangerously affecting that supply. Over the past twenty years, terrestrial water storage – including soil moisture, snow and ice – has dropped at a rate of 1 cm per year, with major ramifications for water security (WMO). Water supplies stored in glaciers and snow cover are projected to further decline over the course of the century, thus reducing water availability during warm and dry periods in regions supplied by melt water from major mountain ranges, where more than one-sixth of the world's population currently live (IPCC). Sea-level rise is projected to extend salinization of groundwater, decreasing freshwater availability for humans and ecosystems in coastal areas (IPCC). Limiting global warming to 1.5°C compared to 2°C would approximately halve the proportion of the world population expected to suffer water scarcity, although there is considerable variability between regions (IPCC). Water quality is also affected by climate change, as higher water temperatures and more frequent floods and droughts are projected to exacerbate many forms of water pollution – from sediments to pathogens and pesticides (IPCC). Climate change, population growth and increasing water scarcity will put pressure on food supply (IPCC) as most of the freshwater used, about 70 per cent on average, is used for agriculture (it takes between 2000 and 5000 liters of water to produce a person's daily food) (FAO).*

Water-related hazards: *Climate change has made extreme weather events such as floods and droughts more likely and more severe (IPCC). Rising global temperatures increase the moisture the atmosphere can hold, resulting in more storms and heavy rains, but paradoxically also more intense dry spells as more water evaporates from the land and global weather patterns change. (World Bank). Drought and flood risks, and associated societal damages, are projected to further increase with every degree of global warming (IPCC). The frequency of heavy precipitation events will very likely increase over most areas during the 21st century, with more rain-generated floods. At the same time, the proportion of land in extreme drought at any one time is also projected to increase (IPCC). Water-related disasters have dominated the list of disasters over the past 50 years and account for 70 per cent of all deaths related to natural disasters (World Bank). Since 2000, flood-related disasters have risen by 134 per cent compared with the two previous decades. Most of the flood-related deaths and economic losses were recorded in Asia (WMO). The number and duration of droughts also increased by 29 per cent over this same period. Most drought-related deaths occurred in Africa (WMO).*

Water solutions: *Healthy aquatic ecosystems and improved water management can lower greenhouse gas emissions and provide protection against climate hazards (Water and Climate Coalition). Wetlands such as mangroves, seagrasses, marshes and swamps are highly effective carbon sinks that absorb and store CO₂, helping to reduce greenhouse gas emissions (UNEP). Wetlands also serve as a buffer against extreme weather events (UNEP). They provide a natural shield against storm surges and absorb excess water and precipitation. Through the plants and microorganisms that they house, wetlands also provide water storage and purification. Early warning systems for floods, droughts and other water-related hazards provide a more than tenfold return on investment and can significantly reduce disaster risk: a 24-hour warning of a coming storm can cut the ensuing damage by 30 per cent (WMO). Water supply and sanitation systems that can withstand climate change could save the lives of more than 360,000 infants every year (New Climate Economy report). Climate-smart agriculture using drip irrigation and other means of using water more efficiently can help reduce demand on freshwater supplies (UNEP).*

Nouredine Gaaloul

Professor of higher education and full Researcher in the National Institute of Research in Rural Engineering of Water and Forestry (University of Carthage- IRESA- INRGREF-Tunis).
Founder and Chief Editor International Journal Water Science and Environment Technologies
President of Scientific and Technical Association for Water and the Environment in Tunisia (ASTEE ^{Tunis})
www.iistee.org



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE)

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688

Open Access

08 Volumes, 27 Issues, (404 Papers) and 1 Book



Book (01): *Why green water saving is not fully rewarded by farmers in mount kenya region*
A research frontier of pure: applied sciences and engineering, 120 pages. August 2022

Volume (viii): 4 Issues (27 Papers) Water -Drought-Climate'2022

Issue 1 – March 2023 (6 Papers) *Water Scarcity, Rising Temperatures. Facing Climate Change, from the Fight to Adaptation?*

Issue 2 – December 2023 (11 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Integrated Water Resources Management*

Issue 3 – December 2023 (6 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Reuse of treated wastewater in agriculture*

Issue 4 – December 2023 (4 Papers) *Water -Drought-Climate'2023 Climate Change and Adaptation*

Volume (vii): 4 Issues (32 Papers) Water -Health-Climate'2022

Issue 1 – March 2022 (7 Papers) *Climate change: What effects on our health?*

Issue 2 – June 2022 (10 Papers) *Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health*

Issue 3 – September 2022 (7 Papers) *Water, Climate, Health, Disparities: Solutions*

Issue 4 – December 2022 (8 Papers) *Climate Changes Health: Water Quality and Accessibility*

Volume (vi): 4 Issues (31 Papers) Water -Agriculture-Climate'2021

Issue 1 – April 2021 (11 Papers) *Faced with climate and food issues: Reinventing Water-Agriculture-Climate relations*

Issue 2 – June 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories?*

Issue 3 – September 2021 (6 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems*

Issue 4 – December 2021 (8 Papers) *Climate Change, Water and Agriculture: What Strategies?*

Volume (v): 2 Issues (27 Papers) Water -Climate'2020

Issue 1 – September 2020 (14 Papers) *Water Resources and Climate Change.*

Issue 2 – Décembre 2020 (13 Papers) *Integrated Water Resources Management and Climate Change*

Volume (iv): 2 Issues (68 Papers) Water -Energy-Climate'2019

Issue 1 – December 2019 (56 Papers) *Integrated Water Resources Management*

Issue 2 – December 2019 (12 Papers) *Renewable Energies and climate change*

Volume (iii): 3 Issues (103 Papers) Water -Environnement-Climate'2018

Issue 1 – April 2018 (62 Papers) *Water Resources Management*

Issue 2 – August 2018 (34 Papers) *Environmental Earth Sciences*

Volume (ii): 5 Issues (53 Papers) Water -Society-Climate'2017

Issue 1 – February 2017 (17 Papers) *Qualitative and quantitative characterization of water resources.*

Issue 2 – April 2017 (8 Papers) *Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change*

Issue 3 – June 2017 (9 Papers) *Vulnerability of Water Resources to Climate Change.*

Issue 4 – August 2017 (8 Papers) *Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources*

Issue 5 – October 2017 (11 Papers) *Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology*

Volume (i): 3 Issues (36 Papers) Water -Climate'2014

Issue 1 – April 2014 (17 Papers) *Surface Water Resources in the Mediterranean Region.*

Issue 2 – August 2014 (8 Papers): *Ground Water Resources in the Mediterranean Region*

Issue 3 – December 2014 (11 Papers) *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2022 – Jistee Tous droits réservés



Table of Contents

Ladaidi Aicha (Université de Khemis Miliana- Algérie): <i>Hannachi Noura and Abassi Mourad</i> : Etude de L'impact de l'utilisation des rejets piscicoles en agriculture (Cas de la ferme de Mekhateria)	5
Makhoukhi Benamar , (Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen - Algérie) <i>Benguella Belkacem</i> : Adsorption de colorants Bezathren hydro soluble par une bentonite sodique	13
Hacini Zineb (University Kasdi Merbeh Ouargla - Algérie), <i>Ameri Shobir, Kabarache Karima</i> : Follow-up of the physical and chemical properties of treated wastewater using an adsorbent column Made of gravel, sand and charcoal	17
Nacéra Zabab (Laboratory of Organic Synthesis-Modeling and Optimization of Chemical Processes, Department of Process Engineering, Faculty of Engineering, Badji Mokhtar-Annaba University- Algérie), <i>Navel Nedjah</i> : Synthèse d'un nano-composite environnemental (α P2W15Mo2Co) commecatalyseur pour la dégradation d'un colorant diazoïque	24
Larbi Hammadi (Laboratory of Rheology, Transport and Treatment of the ComplexFluids, University of Science and Technology, Mohamed Boudiaf, Oran, - Algérie) : Effet des traitements physico-chimiques sur les caractéristiques des boues activées	31
Belkacem Benguella (Laboratoire du Chimie Inorganique et Environnement, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Tlemcen Algérie) <i>Benamar Makboukbi</i> : Valorisation des argiles Algériennes : Application à l'adsorption des colorants textiles en solution	40

www.jistee.org

jistee@inesa.agrinet.tn

jistee@yahoo.com

Etude de l'impact de l'utilisation des rejets piscicoles en agriculture (Cas de la ferme de Mekhateria)

Ladaidi Aicha¹, Hannachi Noura¹ et Abassi Mourad¹

(1) Université de Djilali Bounaama, Département d'Ecologie et d'Environnement, Wilaya de Ain Defla – Algérie

Résumé

Au cours des dernières décennies, l'aquaculture a connu un développement important dans le monde, comme de nombreuses autres activités humaines qui utilisent l'eau, elle génère des débits liquides et solides qui, s'ils sont mal gérés, peuvent nuire à l'environnement. La gestion des ressources en eau pour l'utilisation actuelle et future devrait être un appel pour chaque utilisateur de cette précieuse source (agriculteur, pisciculteur...), et cela nécessite des stratégies de gestion intelligentes face au climat qui doivent être respectées. L'aquaculture intelligente face au climat nécessite l'utilisation d'espèces de poissons respectueuses de l'environnement tout en garantissant la durabilité des avantages futurs et présents. Par conséquent, les technologies qui tentent de réutiliser les ressources en eau dans une économie circulaire et utilisent également de l'énergie propre se sont révélées être des technologies intelligentes face au climat qui atténuent le changement climatique et améliorent les moyens de subsistance des populations. Cette étude a été réalisée pour évaluer et caractériser les rejets d'une ferme aquacole de tilapia rouge située dans la région d'Ain Defla (Algérie) d'une part et d'autre part la valorisation de ces rejets à travers une agriculture durable. Les résultats obtenus lors du suivi des rejets piscicoles et de leur réutilisation en irrigation (pour les cultures de pommes de terre, tomates et agrumes) montrent que les teneurs en nutriments (Nitrate (NO₃-), Nitrite (NO₂-), Ammonium (NH₄+), Phosphate (PO₄- 3) et également en minéraux (K⁺ , Ca²⁺ ,Na⁺) sont satisfaisants et répondent aux normes nationales et internationales pour les eaux destinées à l'irrigation, quant au sol, on a observé une augmentation de la teneur en certains nutriments comme le phosphore et le potassium. Cet enrichissement du sol en minéraux et engrais organo-minéraux apportés par les débits solides et liquides a permis d'augmenter le rendement agricole de 17% à 31% et d'améliorer la qualité des légumes et de gagner du temps pour la maturité de certains légumes comme par exemple la tomate. Dans la présente étude, la ferme aquacole de Mekhateria s'est avérée être un exemple concret en aquaculture, représentant d'une part un moyen potentiel rentable et durable de production de poisson tout en économisant une source précieuse en grandes quantités d'eau afin de la réutiliser efficacement dans l'irrigation grâce à ce qu'est appelée aquaculture intégrée à l'agriculture pour obtenir des rendements bien meilleurs par rapport aux systèmes d'irrigation non intégrés à l'aquaculture.

Mots clés : Algérie, l'Aquaculture intégrée à l'agriculture, Tilapia, Environnement, Sol, Eau, Irrigation, Durabilité, Efficacité.

Study of the impact of the use of fish waste in agriculture (Case of the Mekhateria farm)

Abstract:

In recent decades, aquaculture has experienced significant development in the world, like many other human activities that use water, it generates liquid and solid waste which, if poorly managed, can harm the environment. Managing water resources for present and future use should be a call for every user of this most precious source (farmer, fish farmer...), and it requires climate-smart management strategies that must be adhered to. Climate-smart aquaculture requires the use of environmentally friendly fish species while ensuring sustainability for future and present benefits. Therefore, technologies that attempt to reuse water resources in a circular economy and also use clean energy have proven to be climate-smart technologies that mitigate climate change and improve people's livelihoods. This study was carried out to evaluate and characterize the discharges of a red tilapia aquaculture farm located in the region of Ain Defla (Algeria) on the one hand and on the other hand the valuation of these discharges through sustainable agriculture. The results obtained during the monitoring of fish waste and their reuse in irrigation (for potato, tomato and citrus crops) show that the levels of nutrients (Nitrate (NO₃-), Nitrite (NO₂-), Ammonium (NH₄+), Phosphate(PO₄- 3), Nitrogen(N) in water and Total Organic Carbon (TOC) and Total Nitrogen (TN) are satisfactory and meet national and international standards for water intended for irrigation, as for the soil, we have observed an increase in the content of certain nutrients such as phosphorus and potassium. This enrichment of the soil with minerals and organomineral fertilizers provided by solid and liquid waste has increased agricultural yield from 17% to 31% and improved the quality of vegetables and saved time required for the maturity of certain vegetables like tomatoes. In the present study the aquaculture farm of Mekhateria proved to be a concrete example in aquaculture, representing a potential profitable and sustainable way of fish production on the one hand and saving a precious source in large quantities of water by using it efficiently in irrigation through what is called integrated aquaculture with agriculture to achieve much better yields compared to non-integrated irrigation systems with aquaculture.

Key Words: Algeria, Integrated aquaculture-agriculture, Tilapia Environment, Soil, Water, Irrigation, Sustainability, Efficiently.

¹ Corresponding author: ladaidi14@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Le changement climatique est devenu actuellement une menace réelle pour l'humanité et toute vie sur la biosphère, pour limiter ses conséquences dramatiques tel que la sécheresse, les inondations et les vagues de chaleur connue depuis quelques années, il est urgent de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre résultantes de tout type de pollution de l'air, de l'eau ou de sol, en limitant notamment l'utilisation des énergies fossiles et à entreprendre des actions préventives ou correctives visant à limiter le changement climatique et à améliorer la qualité de l'air, de l'eau bref la vie sur cette planète. Ce défi exige la participation d'un grand nombre de secteurs d'activité y compris l'aquaculture. La production piscicole dans le monde a augmenté constamment depuis 10 ans, et de façon plus importante, dans les 5 dernières années. Pour rentabiliser leur production, les pisciculteurs ont dû intensifier leur production, ce qui a amené une augmentation des rejets dans l'environnement. Le développement de la pisciculture nécessite l'étude de l'impact environnemental de ses rejets (positif ou négatif) et ce pour estimer la rentabilité de cette activité. Les rejets piscicoles sont généralement liés aux poissons et ou au système d'élevage. Par ailleurs, en fonction de la composition de l'aliment et de sa digestibilité par les poissons, une partie sera non digérée, une partie sera excrétée sous forme solide et une autre partie sous forme dissoute liée au métabolisme du poisson [1]. Le déversement de ces rejets peut amener des changements dans les écosystèmes naturels, particulièrement l'eutrophisation des milieux aquatiques. Plusieurs travaux ont été rapportés dans la littérature sur la caractérisation et l'évaluation des rejets aquacoles et leur impact sur le milieu naturel aquatique (lac, rivière ou estuaire), à savoir le travail de C. Garidou, en 1994 [2] sur la quantification des rejets d'une ferme piscicole de loup, et celui publié par R. D'Orbcastel Emmanuelle [3] sur l'élevage des salmonidés. Tous ces travaux ont démontré que l'évacuation des rejets piscicoles entraîne un déséquilibre écologique à travers le phénomène de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Notamment, ce phénomène peut conduire à des blooms phytoplanctoniques, une diminution de la concentration en oxygène dissous, divers problèmes d'esthétique et d'odeurs, la perte ou la modification d'un habitat, la mortalité des poissons, le déplacement des espèces, la perte d'usage récréo-touristiques et la perte d'évaluation des propriétés riveraines [4]. Est-ce le cas pour les milieux terrestres ? Dans cette optique s'inscrit notre étude dont l'objectif principal est l'évaluation de l'impact des rejets piscicoles (négatives ou positives) engendrées par une ferme aquacole située dans la commune de Mekhateria sur le milieu récepteur (dans notre cas des terres agricoles avoisinantes de la ferme en question). Pour réaliser notre étude on s'est penché sur deux volets : le premier volet concerne l'eau d'irrigation issue de l'élevage de tilapia et le deuxième volet concerne le milieu récepteur c'est à dire le sol agricole avoisinant la ferme aquacole. En premier lieu On s'est intéressé à la caractérisation de l'eau destinée à l'élevage, ensuite au suivi de la qualité des rejets issues des différents bassins. En second lieu on s'est focalisé au devenir de ces rejets piscicoles, il s'agit d'évaluer l'état du sol agricole irrigué par ce type des eaux.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Lieu d'étude

Notre étude a été conduite pendant la période allant du 23 /03 au 07 juillet 2023 dans la ferme de Mekhateria située dans la commune de Mekhateria à 16 km de la région d'Ain Defla (région à vocation agricole par excellence (figure 1), ses coordonnées géographiques sont :

- ✓ Altitude 455 ; Latitude 36°17'37" Nord ; Longitude 1°56'41" Est



Fig.1. Localisation de la zone d'étude (commune de Mekhateria) sur la carte géographique de l'Algérie et sur Google Maps.

La région de Mekhateria se caractérise par un climat semi-aride sec et chaud avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'Août. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an.

2.2. Matériel animal

La ferme contient deux espèces : tilapia rouge (*Oreochromis sp*) et tilapia de Nil gris (*Oreochromis niloticus*) réparties sur six bassins. Sachant que la Tilapia est l'une des poissons le plus largement élevé en Algérie et dans le monde et sa production augmente à un rythme élevé : 400 000 t en 1990, 1 800 000 t en 2004 [5]. Il est connu pour son adaptabilité constatée à tous les systèmes d'élevage, lié à cela sa période de ponte étalée sur toute l'année. De même cette espèce est connue par sa résistance vis à vis des pathogènes, et sa capacité à supporter les situations de stress et les différentes manipulations associées à l'aquaculture [6]. Outre les avantages précités, *Oreochromis Niloticus* possède un taux de croissance très intéressant, voire même unique par rapport aux autres espèces de la famille des cichlides, en plus d'un bon taux de conversion alimentaire associé à une excellente aptitude à accepter l'aliment artificiel [7,8].

2.3. Description des systèmes d'élevage et d'irrigation de production étudiés

Il s'agit d'un système d'élevage traditionnel à circuit ouvert qui renferme six bassins en bétons. L'eau circule dans tous les bassins à travers des petites ouvertures quant aux tilapias leur déplacement est restreint aux bassins N° 3,4,5 et 6. Les tilapias dans les six bassins sont nourris deux fois par jours à 8h00 et 14h00. L'aliment contient 32% de protéines et distribué à différents calibres selon le cycle la taille de l'espèce (poudre fine ou des granulés à 2mm de diamètre). La gestion de l'eau au sein des bassins a consisté au renouvellement du volume d'eau rejetée et utilisée en irrigation, une à deux fois par semaine durant l'essai, par pompage d'eau du forage à proximité et à raison de 10 litre d'eau /seconde. On a rassemblé dans les tableaux des données concernant le système d'élevage.

Tableau 1- Caractéristiques du Système d'Elevage Etudié à La Ferme Mekhateria.

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3	Bassin 4	Bassin 5	Bassin 6
Nombre du poisson	6000	4500	3000	8000	2000	1000
Durée du Cycle (âge de poisson en mois)	7	2-3	2-7	4	2-6	2-7
Catégorie du poisson	Homogène gris	Homogène Rouge	Hétérogène Rouge	Homogène Rouge	Hétérogène Rouge	Hétérogène Rouge
Longueur du bassin (m)	6	7	8	6	7	6
Largeur du bassin (m)	5	7	12	8	6	5
Densité du poisson (individu(poison)/m²)	200	9	31	166	47	33
Taux de mortalité du poisson(%)	/	/	0.13	0.15	/	/

Quant au deuxième tableau on a regroupé quelques données agricoles du site de plantation étudié

Tableau 2 - Données Agricoles Des Sites De Plantation Etudies.

Variété cultivée	Pommes de terre	Tomates
	Spunta	Ercole
La superficie de la terre cultivée	5 hectares	3 hectares
Engrais utilisé	Urée 46% (1.5 q) NPK (15*15*15) 1.5q	2.5q NPK (15*15*15) 1.5q
Volume d'irrigation	115 m ³ /h	112 m ³ /h
Mode d'irrigation	Par aspersion	Goutte à goutte

2.4. Conduite des essais

Notre étude comporte deux volets, le premier volet est réservé à la caractérisation des eaux de rejet quant au deuxième volet est réservé au devenir de ces rejets dans le milieu récepteur (sol agricole).

2.4.1. Analyse des eaux d'élevage et des rejets piscicoles

L'eau est le facteur clé de la pisciculture, il peut jouer plusieurs rôles dans l'élevage, pour la caractérisation des eaux d'élevage et de rejets, des mesures in situ ont été faites notamment la température, le pH, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissous à l'aide d'un multi paramètres HACH (SL1000), pour le reste des paramètres physico-

chimiques, des prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués à l'aide de bouteilles en plastique. Ces bouteilles sont emballées dans du papier aluminium et transportées dans une glacière à 4°C au laboratoire pour les autres analyses caractérisant la pollution tel que les matières en suspension, la turbidimétrie, la demande biologique en oxygène DBO₅, la demande chimique en oxygène les nitrates, les nitrites NO₂, l'orthophosphate (PO₄³⁻) et l'ammonium (NH₄⁺) ainsi que le dosage de quelques minéraux (Mg⁺², Na⁺, K⁺). Les mesures ont été effectuées une fois par mois en utilisant les méthodes conventionnelles soit spectrophotométrique ou volumétriques.

2.4.2 Analyse du sol agricole

Pour évaluer l'impact des rejets piscicoles Il nous est apparu intéressant de caractériser le sol adjacent de la ferme aquacole siège de différent culture (pomme de terre, tomate, blé et agrumes) et ce pour avoir une idée la qualité du sol nu d'une part et d'autre part le sol cultivé et irriguée par ces rejets, car selon Boileau, 2007 [9] l'état de santé du sols se répercute inévitablement sur la santé des écosystèmes et sur la productivité des espèces cultivées .Dans notre étude on s'est limité au suivi des caractéristiques du sol cultivé en pomme de terre (E1) , au sol cultivé en tomate (E2) et au sol de référence (E0) sol nu ou il n'Ya pas de plantation durant 4 mois. Les échantillons du sol des parcelles maraîchères et du sol nu ont été prélevés à une profondeur de 0,3 m à l'aide d'une tarière de chaque parcelle. Les échantillons collectés ont été emballés dans des sacs en plastique ensuite acheminés au laboratoire et analysés en triple en termes de pH, conductivité, la matière organique, calcaire, l'azote total (NT) et le phosphate total (PT) et la teneur en minéraux (Na⁺ et K⁺).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Qualité des eaux d'élevage et des rejets piscicoles

Généralement les caractéristiques des rejets d'une activité humaine dépendent de type de l'activité en question et du volume des effluents régénérés, en aquaculture les rejets piscicoles dépendent du type de système d'élevage mis en jeu .Il a été rapporté selon plusieurs auteurs [10-14] que quel que soit le système d'élevage(que ce soit à circuit ouvert, semi-ouvert ou encore re-circulé) , les rejets peuvent être regroupés en trois types : ponctuels (solides, particuliers, dissous), diffus (principalement sous forme dissoute) et gazeux. Leur quantité et qualité dépendent du système d'élevage, de l'usage d'un aliment et de sa composition (digestibilité), ainsi que des conditions physiques et climatiques du milieu [15]et sans négliger l'espèce en question et la durée du stockage de ces rejets avant leur évacuation dans le milieu récepteur. Les résultats obtenus du suivi de la qualité physico-chimiques des eaux d'élevage et des rejets sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 3 - Résultats Du Suivi Des Différents Paramètres Physico-Chimiques De L'eau De Forage (Destinée Pour L'élevage De Tilapia) Et Des Rejets Piscicoles.

Type d'eau	Paramètre	pH	T°C	CE (µS/cm)	Turbidité é (NTU)	Salinité é (%)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
EF	$\bar{x} \pm \sigma$	7.52±	22.13±	1228.16±	8.99±	0.64±	138.22±	32.67±	72.4±	2.04±
		0.42	4.23	91.08	6.01	0.006	11.5	5.17	3.57	0.21
ER	$\bar{x} \pm \sigma$	7.69±	22.92±	1238.19±	15.94±	0.64±	139.77±	30.54±	71.34±	2.07±
		0.39	4.18	63.9	6.78	0.008	11.62	2.75	9.02	0.11
Normes	Algériennes (JORA2012)	6.5	- /	3	/	/	/	/	/	/
	OMS2006 /	8.5	-		/	/	400	60.75	960	2
	FAO2012	8.5	≤30	≤3	/	/				

X; Valeur moyenne, σ; Ecart type

Tableau 4 - Résultats Du Suivi Des Différents Paramètres De Pollution De L'eau De Forage Et Des Rejets Piscicoles Respectivement.

Paramètre	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	PT (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	MO (%)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SAR
$\bar{x} \pm \sigma$	0.02± 0.02	6.93± 0.47	0.02± 0.003	0.71± 0.05	209.30± 10.11	0.03± 0	3.1± 1.66	17.10± 2.79	17.5± 3.41	4.01± 2.32	5.58± 0.24
$\bar{x} \pm \sigma$	0.09± 0.05	5.09± 0.31	0.08± 0.03	1.47± 0.22	210.88± 7.76	0.03±0	3.43 ±2.6 3	30.2±14. 85	75.5±5.66	20±4.14	5.47±0. 44
Normes Algériennes (JORA2012)	<2	30	/	/	/	/	/	30	90	30	/
Normes OMS 2006 / FAO2012	/	10	/	/	500	/	/	<100	/	<400	<8

SAR=Na/√((Ca+Mg) / 2) ; EF ; eau de forage ; ER ; eau de rejet

Au première vue des résultats du tableau ci-dessus on note que les eaux de forage et les eaux de rejets sont sensiblement identiques en terme des paramètres physique tel le pH, la conductivité, la salinité et la température et sont quasi semblables point de vue bilan ionique (des teneurs presque identiques ont été enregistrées en entrée (eau de forage destinée à l'élevage) et à la sortie des bassins d'élevage (eau des rejets piscicole) en terme de certains minéraux tel que le potassium K⁺, Mg⁺². on cite par exemple, une valeur maximale de l'ordre de 2.25 mg/l a été repérée dans l'eau de forage et de l'ordre de 2.18 mg/l. Cette invariabilité signifie que ces éléments n'ont pas subi d'échange entre les poissons et le milieu d'élevage. Concernant les éléments nutritifs, ces rejets apportent une charge moyenne non négligente : soit 8.44 mg/l en azote totale, 1.47 mg/l en Phosphore, 30.2 mg/l en MES, 3.45 mg/l en MO, 75,5 mg/l en DCO et 20 mg/l en DBO₅. Ces charges sont à l'origine des aliments et augmentent particulièrement en fonction de séjour de ces matières dans les bassins d'élevage.

Comme ces rejets sont destinés à l'irrigation on a déterminé la concentration de sodium dans l'eau d'irrigation estimée par le ratio d'absorption du sodium (RAS). Le RAS obtenu se situe entre 0 et 6, en se référant aux normes d'irrigation ces rejets peuvent être généralement utilisés sur tout type de sol [16]. Ces eaux sont classées en C2 selon la Classification basée sur la concentration totale en sels, [17].

L'étude de la qualité des rejets a révélé qu'il s'agit des effluents très dilués par rapport à d'autres champs d'activités, pour une charge de 32 kg poissons / m³, il y a un déversement de 1,87g MES /kg poissons, de 0, 26 g NT/ kg poissons et 0, 04 g PT /kg poissons. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Cripps en 1994[18] et Ouellet en 1998[19]. Si on les compare à des rejets urbains, les rejets aquacoles sont caractérisés par une extrême dilution des polluants dissous et particulaires mais aussi par une concentration en oxygène dissous généralement proche de la saturation [20]. Beaucoup moins concentrés en matières en suspension (MES), leur demande en oxygène (demande chimique en oxygène DCO calculée à partir de la concentration en carbone organique total COT est de quelques dizaines de mg/l, donc 10 à 20 fois moins importante qu'un effluent urbain standard dont la DCO se situe entre 500 et 1 000 mg/l [21,22].

3.2. Qualité du sol

Les résultats concernant de la caractérisation du sol et le suivi des nutriments issus des rejets piscicoles dans les sols étudiés sont présentés et discutés dans la section suivante

3.2.1. Texture et Caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental

Le sol du site nu avant essai est minéralogiquement constitué de : 34% d'argile, 34.2% de sable et 31.8% de limon, il s'agit d'un sol limon argileux. Ce type de sol a une texture fine et relativement fertile. Il a une bonne rétention d'eau, ce qui peut être bénéfique pour la croissance des plantes. Selon les normes, un sol limoneux argileux est considéré comme favorable à l'agriculture et à la culture des plantes.

3.2.2. Impact des rejets piscicoles sur les sols agricoles adjacents

La caractérisation physicochimique du sol de référence (sol nu) avant l'application des rejets résumée dans le tableau 4 révèle qu'il s'agit d'un sol :

- ✓ Non salé D'après les normes élaborées par Aubert en 1978 [23],
- ✓ Peu calcaire car il ne dépasse pas 5% [24] et avec pH neutre, selon la classification de Baize, 2000 [25], et qui est favorable pour l'assimilation des micros nutriments aux plantes

- ✓ Qui renferme un taux de matière organique faible, selon Morand, 2001[26].
- ✓ Présentant des teneurs moyennement pourvu en éléments nutritifs en azote [27], et en phosphore [28] et teneurs faible en carbone [29].
- ✓ Dont les teneurs du potassium et du sodium sont très élevées (sol excessivement riche en K+)

Tableau 5 - Propriétés Physico-Chimiques du Sol Avant et Après Application des Rejets Piscicoles Pour Les Parcelles de Pommes de Terre E1 et de Tomates E2 Comparés au Sol Nu E0.

E	pH	CE μS/Cm	Humidité %	%calcaire	N(‰)	%C	%MO	P (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)
E0	7.26	307	2	4.15	1.02	0.61	1.05	178.5	213.85	535.80
E1	7.95	371	5	2	1.7	5.23	9	419.83	285.14	401.85
E2	7.98	707	13	9	1.5	1.6	2	357.24	570.28	736.73

Les résultats du suivi de l'apport des éléments nutritifs contenus dans les eaux de rejets piscicoles aux terres agricoles adjacentes révèlent que l'irrigation par les rejets piscicoles a conduit à des variations en termes de certains paramètres et en termes de teneurs en éléments nutritifs, une augmentation de la conductivité dans les deux sols a été enregistrée pour atteindre une valeur maximale de l'ordre de 371 μS/Cm pour le sol E1 et de 707 μS/Cm pour le sol E2 comparée au sol nu avec une conductivité de l'ordre de 307 μS/Cm, cette augmentation est probablement peut être expliquée par le cumul dû à l'apport des différents anions et cations (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻...etc.) contenus dans ces rejets, quant aux éléments nutritifs on a noté des teneurs importantes en terme d'azote et en phosphore dans les deux sols, on a repéré une teneur en azote de l'ordre de 1.7(‰) et de 1.5(‰) pour les sols E1 et E2 respectivement et des teneurs de l'ordre de 419.83 et 357.24 ppm en phosphore, concernant le troisième élément nécessaire à la croissance des solanacées étudiées ainsi que toutes plantes, les résultats indiquent que les sols sont enrichis en potassium et présentent des teneurs qui dépassent 400 ppm pour les deux sols. Ces teneurs sont à l'origine des rejets piscicoles riches en phosphores, potassium et en azote et également de l'apport des engrais appliqués (urée 46% et l'engrais composé NPK). Notons que ces variations enregistrées sont influencées par le mode d'irrigation, le volume d'eau irriguée, les besoins de chaque culture et les anciennes pratiques de plantation. Concernant le pH des sols cultivés étudiés, les résultats révèlent que la neutralité des sols est légèrement affectée par ces apports, les deux sols E1 et E2 présentent le même profil et gardent le caractère neutre sauf pour la période en 07 avril ou on a enregistré un pH alcalin qui oscille entre 8.15 et 8.26, cette augmentation est peut-être expliquée par l'apport élevé en terme de carbonate issue de l'eau d'irrigation. Les pommes de terre préfèrent les sols ayant un pH de 5,5 à 7,0 et une faible salinité. Cependant, dans la pratique, les pommes de terre sont cultivées dans des sols dont le pH varie entre 4,5 et 8,5, ce qui a un impact certain sur la disponibilité de certains nutriments. Quant à la tomate, elle tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant [30], des pH plus bas ou plus élevés peuvent induire des carences minérales ou des toxicités [31]. Il a été rapporté par Merdaci et Atia, 2006 [32]. que le rendement varie peu avec la variation du pH, cependant, elle peut être cultivée sur des sols à pH basique, qui sont d'ailleurs les plus rencontrés en Algérie. Les stocks des sols en nutriments fertilisants tel que l'azote, le phosphore et la matière organique, dépendent bien entendu de l'élément considéré et du cycle culturel de l'espèce cultivée, du climat et du sol et sa capacité à retenir ces éléments issus de l'eau des rejets piscicoles. A noter que Les quantités d'eau consommées varient en cours de végétation, elles sont faibles au début, très élevées au moment de la formation des stolons et des tubercules (50 à 60 jours après plantation) et minimales lors de la maturation. On a décelé une augmentation de la teneur en matière organique pour les deux sols E1 et E2 du 23/03 au 02/04, alors qu'en période du 02/04 au 17/04 on a enregistré une chute qui correspond à une forte activité des sols en question, ce que nous avons pu conclure de tout ce qui précède que l'utilisation des rejets liquides provenant des six bassins d'élevage de tilapia pour l'irrigation des légumes sous divers régimes de fertilisation avait un impact significatif sur la qualité du sol en couvrant les besoins des espèces cultivées et en assurant par conséquence des rendements satisfaisants en ces légumes comme le montre le tableau 6

Tableau 6 - Données Rassemblant Quelques Résultats Concernant Le Rendement et Les Caractéristiques de Chaque Culture

	Variété de pommes de terre	Variété de tomate
	Spunta	Ercole
Date de Récolte	27 Mai	07 juillet
Le rendement%	450 q/ha avec gain de 31%	800 q/ha avec gain de 17%
La durée de cycle végétatif	6 mois	4 mois

L'analyse de ce tableau nous donne un aperçu sur l'impact positif de ces rejets sur les espèces cultivées point de vue :

- Rendement, des rendements considérables et élevés (17% à 31%) ont été obtenus par rapport à ceux irrigués par l'eau de forage dans les années précédentes.
- Qualité : une amélioration gustative remarquable et significative des légumes récoltés a été constatée
- Gain de temps d'un mois de récolte et en matière d'engrais chimique (gain de 53%).

CONCLUSION

Au terme de cette étude, les conclusions que nous avons pu dégager sont les suivantes :

la ferme aquacole de Mekhateria s'est avérée être un exemple concret de la complémentarité entre l'aquaculture et l'agriculture, représentant un moyen potentiel rentable et durable de production de poisson d'une part tout en économisant une source précieuse en grandes quantités d'eau afin de la réutiliser efficacement dans l'irrigation et obtenir des rendements bien meilleures en terme de goût et de qualité des plantes cultivées par rapport aux systèmes d'irrigation non intégrés à l'aquaculture d'autre part, en revanche. Comme toute activité humaine, la pisciculture peut avoir des impacts sur le milieu récepteur. Cependant, lorsqu'on évacue ces rejets dans les sols agricoles, ils présentent un effet positif, l'étude que nous avons menée confirme que ces rejets sont riches en éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la majorité des plantes, cette richesse est à la base des eaux de rejet d'élevage contenant la matière fécale et une partie non consommée par les poissons riches en phosphore, en azote, en matière organique et en oligoélément. Si on compare cette activité à d'autres, la pisciculture n'est pas particulièrement polluante bien au contraire elle est bénéfique avec un impact positif sur le milieu terrestre récepteur, elle représente un haut potentiel fertilisant.

Une gestion optimale de l'alimentation des poissons est la façon la plus efficace qui peut aider au pilotage de ces rejets dans l'environnement. La pisciculture en plus d'être un élément de sécurisation alimentaire et de diversification des revenus, elle joue un rôle écologique au travers le recyclage des rejets d'élevage et des sous-produits. L'aquaculture intégrée à l'agriculture est l'une des solutions novatrices actuellement proposées pour assurer le recyclage des rejets piscicoles, ainsi qu'une gestion écosystémique des Systèmes aquacoles. Pour promouvoir ce système d'aquaculture il serait souhaitable de réaliser plusieurs essais concernant la gestion de ces rejets en termes de teneur du phosphore et de l'azote et d'autres éléments nutritifs selon les besoins nutritionnels de la plante à cultiver et d'étudier l'interaction de la qualité d'eau d'élevage et la qualité de rejets pour pouvoir modéliser ces rejets pour les utiliser plus efficacement. Il s'avère donc primordial que l'aquaculture s'accompagne dorénavant de méthodes d'élevage plus respectueuses de l'environnement.

REFERENCES

- [1] H. Ackefors, M. Enell, Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio*, 19(1990)28-35.
- [2] C. Gardou, Quantification des rejets d'une ferme piscicole de loup (*Dicentrarchus labrax* L.). Bilan de masse : N, P et C. Mémoire de fin d'études, IFREMER, [en ligne], <http://archimer.ifremer.fr/doc/1994/rapport-1752.pdf>
- [3] R. D'Orbecastel Emmanuelle, Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse 2008
- [4] Ouellet, G. Les rejets des stations piscicoles et leurs impacts environnementaux, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de l'innovation et des technologies, Québec, 1999.
- [5] J. Lazard, : Aquaculture et espèce introduites : exemple de la domestication, ex des *Tilapia*. *Cahiers Agricultures*, vol, 16n°2, 2007, pp.123-124.
- [6] A. Mary, Infestation of Ectoparasites on Nile *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*) in aquaculture production in the Ashanti region, Ghana., Master of Science in International Fisheries management, University of Tromsø 2006.

- [7] M. Azaza S, F. Mensi, A. Abdelwaheb, M. Kraiem, Elaboration d'aliments secs pour Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud Tunisien, 32 (2005) 23-30.
- [8] M. Azaza S, Optimisation de l'élevage intensif du Tilapia de Nil *Oreochromis niloticus*(L., 1785), dans les eaux géothermales de Sud Tunisien : Effet de l'alimentation et de la température sur les performances de croissance. Thèse de doctorat, Université Tunis 2009.
- [9] Boileau. (-Diminuer les dommages au sol, Une question de productivité forestière, 2007, pp. 30- 31.
- [10] [D. Jamu M, O. Msiska V.Chaulage des étangs de pisciculture au Malawi : étude comparative des étangs chaulés et non chaulés, In Pulli, R.S.V., Lazard J., Legendre M, 1996.
- [11] D. Jamu M, R. Piedrahita H, Aquaculture pond modeling for analysis of integrated Aquaculture/Agriculture systems : Fishpond Organic Matter and Nitrogen dynamics,1997.
- [12] D. Jamu M, R. Piedrahita H, An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I model development and calibration. *Environmental modelling& Software*, 17(2002),571-582.
- [13] D. Jamu M, R. Piedrahita H, An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I model development and calibration. *Environmental modelling& Software*, 17(2002)583-592.
- [14] M. Verdegem C.J, Nutrient balance in ponds. In: Van der Zijp A.J., Verreth J.A.J., Le Quang Tri, Van Mensvoort M.E.F., Bosma R.H., Beveridge M.C.M. (Eds), Fish ponds in farming systems, Wageningen Academic Publishers, Wageningen (Netherlands), 2007, pp.71-75.
- [15] H. Ackefors, M. Enell., The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *Journal of Applied Ichthyology*, 10 (1994) 225-241
- [16] D. Maynard N, G. Hochmuth J, Knott's Handbook for Vegetable growers,1997, pp. 582.
- [17] R. Ayers S, D. Westcot W, Water quality for agriculture – Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nation. FAO irrigation and drainage paper (1976) 29.
- [18] S. Cripps J, Minimizing outputs: treatment. *Journal of Applied Ichthyology*, 102 (1994) 84-294.
- [19] G. Ouellet., Caractérisation des effluents de stations piscicoles québécoises. Document de travail :Agriculture, Pêcheries et Alimentation ,Québec, 1998, pp. 38.
- [20] Pagand, Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage à haut rendement algal. Thèse de doctorat, Université de Montpellier,1999.
- [21] B. EL Hamoury, J. Jellal, H. Outabiht, B. NEBRI, K. Khallayoune, A. Benkerroum, A. Hatli, R. Firadi, The performance of a high rate algal pond in the marrocan climate. *Wat. Sci. Tech*, 31 (1995), 67-74.
- [22] M. Abissy, L. Mandi, Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du Roseau. *Rev. Sci. Eau*, 12(1999), 285-316.
- [23] G. Aubert, Méthodes d'analyses des sols. 2ème Edition, Centre régional de Documentation Pédagogique, CRDP Marseille, 1978, pp.191.
- [24] J. Lambert, Analyse des sols et des végétaux. Laboratoire d'agriculture. Manuel,1975.
- [25] D.Baize, ,Guide des analyses en pédologie, 2ème Ed. France, INRA Editions, 2000, pp. 257.
- [26] [26] D. Morand T., Soil landscape of the woodburn 1:100000 sheet. Department of land, 2001.
- [27] G. Calvet, P. Villemin, Interprétation des analyses de terre. SCPA (Ed.), 1986, pp. 24-25.
- [28] S. Olsen, R. C. Cole V, F. Watanabe S, L. Dean A, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dept. of Agric. Circ*, 1954, pp.939.
- [29] D. Baize, Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Editions Paris, 1988, pp. 172
- [30] N. Shankara, J. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, B. van Dam, La culture de la tomate production, transformation et commercialisation, 2005,pp.105.
- [31] V. Der Vossen H, R. Nono-Womdim , Messiaen CM, *Lycopersicon esculentum* Mill. In *Prota 2: Végétales/Légumes*, Grubben, GJH, Denton OA (eds). *Prota: Wageningen, Pays Bas*, 2004.
- [32] A. Merdaci, S. Atia., L'étude de la fertilisation organique ovine et ses impacts sur la production de la tomate sous serre en milieu salin, Mémoire Ing, université Biskra 2006.

Adsorption de colorants Anthraquinoniques hydro soluble par une bentonite naturelle

Makhoukhi Benamar¹, Benguella Belkacem²

¹ Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen

² Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen

Résumé

Le but de ce travail était d'étudier l'adsorption de colorants textiles synthétiques (Bezathren-Bleu, Bezathren-Vert et Bezathren-Rouge) par une bentonite sodique (Bt-Na⁺). Des expériences d'adsorption ont été réalisées selon un procédé discontinu pour évaluer la performance de notre bentonite dans l'adsorption des colorants Bezathren. Plusieurs paramètres ont été étudiés, par exemple : la concentration initiale de colorants, le pH de la solution, le temps de contact et la température. Selon les résultats, l'absorption des colorants Bezathren par Bt-Na⁺ était rapide et les meilleurs rendements ont été obtenus à pH faible. Les capacités d'absorption maximales (qm) pour Bezathren-Bleu, Bezathren-Vert et Bezathren-Rouge étaient respectivement de 35,08 mg.g⁻¹, 32,88 et 48,52 mg.g⁻¹. Différents types d'isothermes d'adsorption et de modèles cinétiques ont été utilisés pour décrire le comportement d'adsorption des colorants. Les résultats suggèrent que notre bentonite convient comme matériau adsorbant pour la récupération des colorants Bezathren à partir de solutions aqueuses.

Key Words: Bentonite, Colorants textiles, Adsorption, Cinétique, Isotherme

Adsorption of Anthraquinones dyes onto Natural Bentonite from aqueous solutions

Abstract

The aim of the present work was to investigate the adsorption of synthetic textile dyes, such as Bezathren-Blue, Bezathren-Green and Bezathren-Red onto sodium bentonite (Bt-Na⁺). Adsorption experiments were performed under batch process, to assess the performance of Bt-Na⁺ for the removal of Bezathren-dyes, using initial dyes concentrations, pH of solution, contact time and temperature as variables. According to results, the uptake of Bezathren-dyes by Bt-Na⁺ was rapid and the maximum sorption was observed at lowest pH. The maximum uptake capacities (qm) for Bezathren-Blue, Bezathren-Green and Bezathren-Red were 35.08 mg.g⁻¹, 32.88 and 48.52 mg.g⁻¹ respectively. Different types of adsorption isotherms and kinetic models were used to describe the Bezathren-dyes adsorption behavior. The results suggested that Bt-Na⁺ is suitable as a sorbent material for recovery and adsorption of Bezathren dyes from aqueous solutions.

Mots clés: Bentonite, Dyes, Isotherms, Kinetic, Adsorption, Waste-water

¹ Corresponding author: benamarmakh@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Industrial waste water contains many contaminating organic and inorganic materials, such as aromatic compounds, heavy metals and dyes. Colored dyes are important water pollutants which are generally present in the effluents of the textile, leather, printing, laundry, tannery, rubber, plastic, painting and other industries [1]. The presence of very low concentrations of these dyes generates colored wastewater which produces toxicological and technical problems and environmental pollution [2]. Untreated disposal of this colored water into receiving water body causes severe damages to human bodies and to aquatic life [3].

The various physical, chemical and biological processes have been used for the removal of dye from aqueous solutions; such as adsorption, chemical precipitation, ion exchange, membrane processes, biological degradation, chemical oxidation and solvent extraction [4]. However, all these conventional methods have some disadvantages such as high consumption of reagent and energy, low selectivity, high operational cost and generation of secondary pollutants [5]. In contrast, adsorption could be the most cost-effective for metal removal due to easy operation, high efficiency over a wide concentration range and low secondary pollution with suitable regeneration operation.

Bentonite is the clay mineral that was chosen for this study. It is clay mainly composed of montmorillonite which is a 2:1 type aluminosilicate, that is, its crystalline structure presents an alumina octahedral layer between two tetrahedral layers of silica which, by isomorphous substitutions, require cations, denominated exchange cations, to compensate the negative charges of their laminar edges. Bentonite has the capacity to exchange these cations with the ones present in aqueous solutions of organic or inorganic salts. This property is mainly responsible for the great adsorbent power of bentonite, especially toward ions in solution.

The aim of the present work is to investigate the possibility of Bt- Na^+ as an adsorbent for removal of Bezathren dyes, which is, namely Red, Blue and Green, from aqueous solution by adsorption. Effects of pH and temperature on the adsorption process are also investigated. The adsorption capacity of Bezathren dyes with Bt- Na^+ was carried out using two kinetic models, which are the pseudo-second order and pseudo-first order. Finally, the experimental data were compared using two isotherm equations, which are Langmuir and Freundlich.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Bentonite sample

The natural bentonite used in this study was obtained from deposits in the area of Maghnia, Algeria. The chemical composition was found to be as follows: 62.48% SiO_2 , 17.53% Al_2O_3 , 1.23% Fe_2O_3 , 3.59% MgO , 0.82% K_2O , 0.87% CaO , 0.22% TiO_2 , 0.39% Na_2O , 0.04% As , 13.0% loss on ignition at 950°C. The mineralogical analysis showed that the native crude clay mineral contains preponderantly Montmorillonite (86 wt%); The clay composition also includes Quartz (10%), Cristoballite (3.0%) and Beidellite (less than 1%) [6]. The cation-exchange capacity (CEC) of bentonites was determined according to the ammonium acetate saturation method and was found to be 70 meq per 100 g of dry natural-Bt and 98 meq per 100 g of dry Bt- Na^+ [7]. The BET specific surface area increase from 50 m^2/g in natural-Bt to 95 m^2/g in Bt- Na^+ .

2.2. Adsorption and procedure

The method of adsorption used for this study, was carried out by a mixture of 10 mL of Blue and Green dyes solutions of known concentration ($C_0=50$ ppm), and 0.05 g of our Bt- Na^+ and 15 mL of Red dye solution with 0.03 of Bt- Na^+ in Erlenmeyer with stopper, under vigorous stirring (700 rpm) at room temperature ($20 \pm 2^\circ C$). Both liquid and solid phases were separated by centrifugation; the liquid phase was measured by the UV-visible spectrometer. These compounds absorbed at wavelength (λ_{max}) 600.0 nm for Bezathren-Bleu, 630.0 nm for Bezathren-Green and 510.4 nm for Red. The amount of adsorbed dyes at equilibrium times (q_t , mg/g) was calculated using following relationship:

$$q_t \text{ (mg / g)} = \frac{C_i - C_t}{W} \times V \quad (1)$$

The percentage removal of dyes was calculated by the following equation. (Eq. 2):

$$\text{Adsorption (\%)} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

Where C_i , C_t and C_e (mg/L) are the initial, time t and equilibrium dyes concentrations, respectively; V and W are the liquid volume (L) and the weight of dried used adsorbent (g).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characteristic results of *Bt-Na*⁺

The IR spectrum of *Bt-Na*⁺ (Fig. 1) reveal the presence of characteristic absorption bands of clay such as bands corresponds to Si-O, Si-O-M, and M-O-H (M = Al, Fe or Mg) existing between anions and cations located in octahedral and tetrahedral sheets, and OH groups. For example, bands between (3620-3640 cm⁻¹) can be associated to stretching vibrations of O-H groups coordinated to Al and Mg atoms (3640 cm⁻¹) or two Al atoms (3620 cm⁻¹) in octahedral sheets of bentonite; For the band centered at 1027 cm⁻¹, it characterizes the Si-O stretching vibrations; The stretching vibrations bands of Si-O-M^{VI} (M= Al, Mg, and Fe) located in octahedral sheets appears at 400-550 cm⁻¹ range [8,9]. For M^{VI}-OH bands (M^{VI} = Al, Mg, et Fe): Al^{VI}-OH vibrations occur at 920 cm⁻¹, sharing of the OH group between Fe and Al in octahedral sheets can move this peak until about 815-915 cm⁻¹, in the case of our sample of *Bt-Na*⁺, the peak appears at 913 cm⁻¹. The X-ray diffraction pattern of *Bt-Na*⁺ was compared to that of the natural bentonite, as illustrated by (Fig. 1). It clearly appears that the clay mineral crystallinity of *Bt-Na*⁺ was not diminished upon purification. The XRD pattern of natural bentonite and *Bt-Na*⁺ was exhibiting the reflection peak occurred at 6.1° and 6.7°, respectively. The interlayer spacing distance was found to be 14.5 Å and 13.2 Å, respectively.

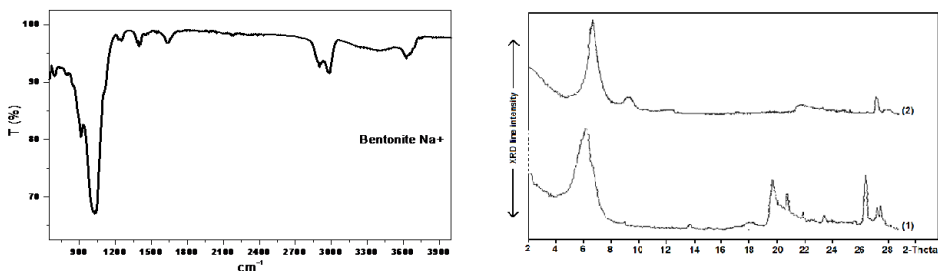


Fig. 1 - FTIR spectrum of *Bt-Na*⁺ and XRD patterns for bentonites before (1) and after (2) purification

3.2. Dye adsorption over *Bt-Na*⁺

The kinetic of adsorption that describes the solute uptake rate governing the residence time of the sorption reaction is one of the important characteristics that define the efficiency of sorption. The adsorption of dyes on *Bt-Na*⁺ was studied as a function of contact time and results are shown in Fig. 2. As seen, the adsorption of dyes increases rapidly with increasing time. The time needed for sodic bentonite to adsorb the maximum of Bezathren-Blue is 15 minutes (47.80%, 5.334 mg.g⁻¹) and 45 minutes to adsorb the maximum of Bezathren-Green (29.40%, 2.94 mg.g⁻¹) and Bezathren-Red (11.53%, 2.86 mg.g⁻¹), and then tended to keep constant after this time.

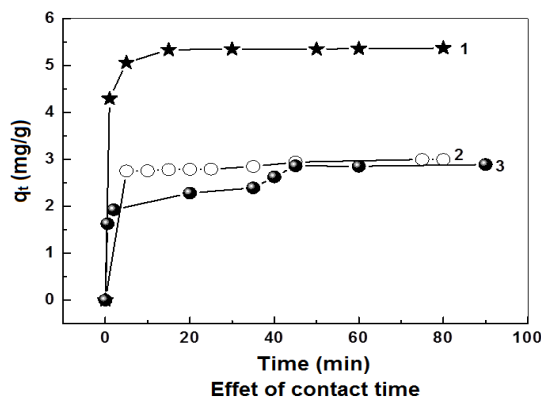


Fig. 2 - Adsorption of Bezathren-Dyes onto *Bt-Na*⁺ (1: Blue dye; 2: Green dye; 3: Red dye)

In an attempt to express the mechanism of dyes adsorption onto the Bt- Na^+ , the pseudo-first order model (PFO) and pseudo-second order model (PSO) kinetic model equations are used to analyze the adsorption experimental data for determination of the related kinetic parameters. The values of rate constants and correlation coefficients for each model were shown in Table 1. It was observed that the pseudo-second order model agreed with the experimental data better than the pseudo-first order model for the adsorption of dyes, High correlation coefficients are obtained when employing the pseudo-second order model ($R^2 \geq 0.9995$) and the calculated equilibrium sorption capacity is similar to the experimental data, and this indicated that the adsorption of Bezathren-dyes onto Bt- Na^+ is controlled by chemical adsorption (chemisorption) involving valence forces through sharing or exchange electrons between sorbent and sorbate. In chemical adsorption, it is assumed that the adsorption capacity is proportional to the number of active sites occupied on the adsorbent surface.

Table 1 - Pseudo-first order and pseudo-second order models for adsorption onto Bt- Na^+

	q_c (exp.)	Pseudo-first order	Pseudo-second order
Bezathren-Blue	5.33 mg.g ⁻¹	$R^2 = 0.854$	$R^2 = 0.999$
		$q_c(\text{calc}) = 3.249 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_1 = 5.194 \text{ min}^{-1}$	$q_c(\text{calc}) = 5.385 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_2 = 0.761 \text{ min}^{-1}$
Bezathren-Green	2.94 mg.g ⁻¹	$R^2 = 0.527$	$R^2 = 0.999$
		$q_c(\text{calc}) = 0.675 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_1 = 0.0685 \text{ min}^{-1}$	$q_c(\text{calc}) = 3.039 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_2 = 0.225 \text{ min}^{-1}$
Bezathren-Red	2.86 mg.g ⁻¹	$R^2 = 0.802$	$R^2 = 0.999$
		$q_c(\text{calc}) = 1.542 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_1 = 0.042 \text{ min}^{-1}$	$q_c(\text{calc}) = 2.942 \text{ mg.g}^{-1}$ $K_2 = 0.108 \text{ min}^{-1}$

CONCLUSION

The research carried out in this study showed that Bt- Na^+ is effective adsorbent for the removal and recovery of Bezathren-dyes from aqueous solutions. The adsorption of Bezathren-Blue reaches equilibrium within 15 min and 45 min for both Bezathren-Green and Bezathren-Red. The optimum pH for the effective adsorption of dyes was founded as 1.4 for Bezathren-Red, 1.5 for Bezathren-Green and 2.35 for Bezathren-Blue. The adsorption equilibrium follows Freundlich isotherms model and the maximum adsorption capacities were calculated to be 35.08 mg.g⁻¹, 32.88 and 48.52 mg.g⁻¹ for Bezathren-Blue, Bezathren-Green and Bezathren-Red respectively. The adsorption kinetics followed the pseudo-second order kinetic model for all three dyestuffs. The results show that sodic bentonite could be employed as low-cost material for the removal of bezathren dyes from effluents.

References

- [33] M.A. Didi, B. Makhoukhi, A. Azzouz, D. Villemin, Colza oil bleaching through optimized acid activation of bentonite- A comparative study, *Appl. Clay Sci.* 42 (2009) 336–344.
- [34] B. Makhoukhi, M.A. Didi, D. Villemin, Modification of bentonite with diphosphonium salts: Synthesis and characterization, *Mater. Lett.* 62 (2008) 2493–2496.
- [35] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Preparation, characterization and thermal stability of bentonite modified with bis-imidazolium salts, *Mater. Chem. Phys.* 138 (2013) 199–203.
- [1] B. Makhoukhi, M.A. Didi, D. Villemin, A. Azzouz, Acid activation of Bentonite for use as a vegetable oil bleaching agent, *Int. J. Fats.* 60 (2009) 343–349.
- [2] B. Makhoukhi, M.A. Didi, H. Moulessehoul, A. Azzouz, D. Villemin, Diphosphonium ion-exchanged montmorillonite for Telon dye removal from aqueous media, *Appl. Clay Sci.* 50 (2010) 354–361.
- [3] B. Makhoukhi, M.A. Didi, H. Moulessehoul, A. Azzouz, Telon dye removal from Cu(II)-containing aqueous media using p-diphosphonium organo-montmorillonite, *Med. J. Chem.* 2 (2011) 44–55.
- [4] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Synthesis of bisimidazolium-ionic liquids: Characterization, thermal stability and application to bentonite intercalation, *J. Taibah Univ. Sci.* 10 (2016) 168–180.
- [5] B. Makhoukhi, M. Djab, M.A. Didi, Adsorption of Telon dyes onto bis-imidazolium modified bentonite in aqueous solutions, *J. Env. Chem. Eng.* 3 (2015) 1384–1392.
- [6] I. Belbachir, B. Makhoukhi, Adsorption of Bezathren dyes onto sodic bentonite from aqueous solutions, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 75 (2017) 105–111.

Follow-up of the physical and chemical properties of treated wastewater using an adsorbent column Made of gravel, sand and charcoal

Hacini Zineb¹, Ameri Shohir², Kaharache Karima³

1. University Kasdi Merbeh Ouargla Water and environmental engineering laboratory in the desert center (GEEMS).

2.3 University Kasdi Merbeh Ouargla

Abstract:

The purpose of this study is to identify the absorptive capacity of a column consist of two layers of gravel and sand, in addition to one layer of charcoal to purify sewage. By the physiochemical analysis of water after treatment, we obtained the following results as they reached 94.53% for DCO, 93.08% for DBO5, 99.49% for MES and 98.21% for phosphorous. The treated water apply to the Algerian and International (OMS) standards for wasted water.

Key Words: waste water, treated, physical and chemical properties, gravel, sand, charcoal.

Suivi des propriétés physiques et chimiques des eaux usées traitées à l'aide d'une colonne adsorbante composée de graviers, sable et charbon de bois

Résumé

Le but de cette étude est d'identifier la capacité d'absorption d'une colonne constituée de deux couches de gravier et de sable, en plus d'une couche de charbon de bois pour épurer les eaux usées. Par l'analyse physico-chimique de l'eau après traitement, nous avons obtenu les résultats suivants puisqu'ils atteignent 94,53% pour le DCO, 93,08% pour le DBO5, 99,49% pour le MES et 98,21% pour le phosphore. Les eaux traitées répondent aux normes Algériennes et Internationales (OMS) relatives aux eaux usées.

Mots clés : eaux usées, traitées, propriétés physiques et chimiques, gravier, sable, charbon de bois.

متابعة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة باستخدام عمود ماص مصنوع من الحصى والرمل والفحم

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة القدرة الإدمصاصية لعمود مكون من طبقتين من الحصى والرمل و طبقة واحدة من الفحم على تنقية المياه الملوثة. من خلال التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه بعد المعالجة تحصلنا على نتائج حيث بلغت و 98,21% بالنسبة للفسفور. المياه المعالجة MES لـ 99,49% DBO5, بالنسبة 93,08% DCO, 94,53% بالنسبة الخاصة بالمياه المستعملة. وهذا يدل على فاعلية هذا النظام. فهو صديق للبيئة (OMS) تلبى المعايير الجزائرية والعالمية واقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي.

الكلمات المفتاحية: المياه مستعملة، المياه المعالجة، خواص فيزيائية وكيميائية، الحصى، الرمل، الفحم

¹ Corresponding author: zn.hacini@gmail.com

1. INTRODUCTION

Water is at the heart of sustainable development, it is essential for socioeconomic development such as energy, food production, ecosystem integrity and mankind survival. Add to that water also at the core of climate change adaptation process, as it play a link between society and environment.

Water is a fundamental requirement in life, through which it depends on it in all life forms, as well as, men (*mankind/ human*) fate connection to it. According to the Almighty saying ‘ and we made every living thing of water’, despite that, the human did not operated correctly that resulted in irrational consumption in agricultural activities and industrial, a long with its daily needs, which lead to its pollution. Thus, water pollution has become the most important subject that interests the researchers.

Water pollution is defined as the occurrence of physical or chemical change in the quality of water in direct or indirect way, that affects the living organism negatively, and make it unfit for use. Plus water pollution impact significantly the individual life like family and society. Therefore water is an essential requirement for human and all living things. Besides water pollution could cause end of life. So in this article we will introduce you to a traditional methods used by the pharaohs to purify water, yet the science has not proven its effectiveness.

2. Methods and materials

2.1. Samples and area of study

The sample of this study (*sand and gravel*) was taken from the south of Algeria in a far region about 2.000 Km labeled Djanet. And I chose this late due to its sand qualification in terms of purity and quality, as for polluted water it taken from Touggourt region. And the analysis of this study was conducted by: laboratory of the national office of disinfection with ONA in Touggourt (*physiochemical analysis*).

2.2. The components of gravel and its physical and chemical properties

Use fine gravel with a diameter between 2-5 mm. The following table shows its components, the physiochemical properties.

Table I: the components of gravel and its physical and chemical properties (%)

Insoluble	27.83
Sulfur trioxide (SO_3)	0.33
Gypse ($CaSO_4, 2H_2O$)	1.82
Carbonates (C_3SO_3)	70
Chloride (Cl)	0.011
Sodium Chloride ($NaCl$)	0.019
Cleanliness for aggregate	0.74

2.3. The components of sand and its physical and chemical properties

The sand used is fire sand (*pyrocastic sables*) of desert sand with red color.

Table II: sand composition

de	l_2	$:O_3$	$:O_3$	gO	CO_3	ther materials
	8	6.4	1.4	.08	.86	~ 5.0

Table III: Some of the physiochemical properties of sand

Chemical formula	SiO_2
Molar mass (g/mol)	60.086
Molar volume (cm^3)	22.688

Melting	Insoluble
Solidity	7
Density (g/cm^3)	2648
Crystallization	Hexagonal triangle
Sparkle	Vitreous-waxy
Transparency	Translucent to almost opaque
Refractive index	1.543 - 1.554
Electrical resistance (μm)	$4 \times 10^{12} - 2 \times 10^{16}$
Melting point ($^{\circ} C$)	1703 - 1713

2.4. Charcoal

The coal utilized is pulverized activated carbon (CAP), in the form of particles with dimensions ranging between 10-50 μm .

2.5. Experimental gear used

The experimental gear consisted of a column containing two layers of sand and gravel and one layer of coal. We took 147 grams of sand, 147 grams of gravel and 22 grams of coal for each layer of the column. These values were determined based on the study conducted by Hacini and others [1]



Figure 1: Experimental hardware used

2.6. Physicochemical analyzes

2.6.1. Determination of suspended matter MES by centrifugation

We take 100 ml of the sample and divide it into two tubes of 50 ml from a centrifuge, leave it for 10 minutes until we get a precipitate. Weigh a clean crucible (Capsule) and record its weight as M0.

We pour the precipitate into the extruder and then put it in a desiccator at a temperature of 105 $^{\circ} C$ until we get a dry precipitate. Take out the crucible from the dryer and let it cool down. Weigh the crucible with the dry sediment and record its weight M1.

Calculation of the result: MES concentration is calculated from the following relationship:

$$MES = (M1 - M0) \times 1000 / V$$

MES: suspended matter concentration (mg/l).

M0: Weight of the crucible before use (mg).

M1: Weight the crucible with the deposit after use (mg).

2.6.2. Determination of DCO oxygen chemical demand

The DCO value is determined by (3900 HACH, DR/) device, through using a capsule containing a prepared commercial reagent.

In order to blend the precipitate, the capsule containing reagents should be mixed well. With a clean pipette, we take 2ml of the sample and pour it on the inner wall of the capsule that carry the reagents, so that the capsule is tilted. We close the capsule tightly and shake it well. We put the capsule for 120 minutes at 150 °C inside a Thermo-reacteur thermogen. We remove the capsule from the thermo-reacteur and let it cool on a stand for 20 minutes on a normal temperature.

After the cooling time ends, we set the capsule inside the device HACH, DR/3900.

We read the DCO value from the device directly, for a period the results.

2.6.3. Determine the biochemical oxygen demand DBO5

With a graduated flask we measure the amount of sample needed for analysis. We put the magnetic rod inside the flask clean and then pour the sample needed for analysis into the incubation flask. Clean her Nitrification Inhibitor Activator 3 drops. With tongs clean 3 NaOH tablets in the inner cap of the vial, and close the vial in a tight manner. We put the flask on the shaking device at a temperature of 20 °C and leave it for 5 days, making sure of its equilibrium stability before closing the refrigerator, after 5 days we read the result obtained.

Score Calculation:

We calculate the true DBO5 value by the following relationship.

$$DBO5 (mgO2 / l) = \text{reading value} \times \text{coefficient.}$$

Reading value: It is the value obtained from the device.

Parameter: It is determined through the table below, which links the volume required for measuring DBO5 and the resulting biochemical oxygen demand value

[1-4].

2.6.4. Determine the amount of phosphate PO_4^{2-}

Phosphate was quantified by HACH; DR / 3900.

-A capsule containing the reactants is supplied well in order to mix the precipitate.

With a clean pipette, we take 5 ml of the sample and pour it on the inner wall of the tube (capsule) that contains the reaction so that the capsule is tilted. We close the capsule tightly and shake it slightly.

We leave the capsule for 10 minutes, then put it inside the device and read the result directly in mg / L [1-4].

2.6.5. Measuring the amount of dissolved oxygen Odiss

The dissolved oxygen inside the sample was measured by the Oxymétrie device. Rexi HQ30d. We open the device, wash the electrode of the device with distilled water. We take 100 ml of the sample and put it inside a bischer cup, dip the electrode of the device in the bischer and leave it until it settles. We record from the device the results (the amount of dissolved oxygen in the water, the temperature). When fixed, you read it directly from the device [1-4].

2.6.6. PH measurement

PH measured with a pH meter (HACH; *senion1*).

Turn on a pH meter, washing the electrode with distilled water. We take 100 ml of the sample and put it inside a beaker cup, dip the electrode of the device in the bischer and leave it until it settles, then we read the result directly from the device [1-4].

2.6.7. Temperature measurement

In measuring the temperature, we used the Oxymétrie device. A conductivity meter or a pH meter can also be used. We turn on the device, and we dip the electrode of the device into the sample. We read directly the temperature as it stabilizes on the device .

2.6.8. Measurement of electrical conductivity, salinity and TDS

The electrical conductivity, salinity, and TDS were measured by a multi-parametric analyzer (HACH; *senion5*). Turn on the device, wash the electrode with distilled water. Insert the electrode into the beaker cup that contains the sample. We read the value of the electrical conductivity directly from the device when it is stabilized by pressing the Sel or TDS button, and we read a value directly from the device [1-4].

2.7. Calibration

In the framework of processing polluted water and for the sake of knowing the absorbing capacity of a column consists of gravel, sand and coal, we titrated through using a NaOH and H₂SO₄ sulfuric acid solution depending on the following process .

- we prepare a solution of sulfuric acid H₂SO₄ with a concentration of 0.1 mol / L

- we prepare a solution of NaOH 0.1 mol / L

- we empty a H₂SO₄ sulfuric acid solution and place it in a beaker with closure on the column for certain period, and calibrate with shaking by Agitateur utilizing Phenolphthalein as a colored reagent.

- After obtaining a pink color ,we stop the calibration, we register the volume of the valence that we applied in titrating the sulfur acid.

After the closing period is done, we open the column and wait until we get 10 ml of the extract and calibrate it.

The above process is repeated till the equal concentration is fixed.

3. Results and discussion

3.1. Physiochemical analysis results

Throught the physiochemical treatment, we obtained the following results listed in the table below:

Table IV: physiochemical analysis results before and after treatment

Properties	Before treatment	After treatment
The color	Black	colorless
The smell	ill is very unpleasant, similar to the smell of ammonia	odorless
temperature	29.1	23.2
PH	7.45	7.74
Electrical conductivity	6.50	6.48
salinity	3.5	3.5
Dissolved oxygen Odissou	0.12	1.65
Suspended matter MES	11	8
chemical oxygen requirement DCO	201	11
DBO5	130	9
phosphate	8.77	0.157

According to the results mentioned in the above table, and with the simple observation from the human senses (sight and smell) we noted that the water before treatment was black then after treatment became colorless which indicates that there is an enormous lack of contaminated materials. As for the smell changed from unpleasant smell to odorless and this due to tremendous lack of chemical or organic decomposing substances, or to the lack of the bacteria that emit H₂S (the source of unpleasant odor). furthermore, we spotted out a clear decrease in pollution parameters DCO, DBO5, phosphate and MES that are shown in the above table (III).

By calculating the coefficient K in the column we attained $K < 1.5$, which is computed by the following formula (relationship):

$$K = \text{DCO} / \text{DBO} \quad K$$

K: is an index of biodegradability in a liquid of liquid waste medium, and the rate of K in domestic wastewater ranges from 1.5 to 2.5, where:

$K < 1.5$ Sewage is biodegradability

$1.5 < K < 2.5$ sewage is moderately degradable.

$K > 2.5$ Sewage is non- biodegradable

The inference

At last, according to the physiochemical analysis results, we figured that the column (gravel, sand and coal) has a better ability at removing pollutants in comparison to the Algerian standards for sewage drainage and

the world organization for Health OMS. In contemplation of studying the capacity of column on adsorbing the H₂SO₄ solution through titrating the solution extracted from the column with hydroxide sodium NaOH.

3.2. Calibration results

Table V: calibration results

T _{tit} s	V _{H2SO4} ml	V _{NaOH} ml	C _{cc} mol	C _{eq}	R=(C ₀ -C _{eq})/C ₀ x100
1	10	0.0	0.00	0.0	99.5
2	10	0.0	0.00	0.0	99.5
5	10	0.1	0.00	0.0	99
8	10	0.2	0.00	0.0	97.5
10	10	0.4	0.00	0.0	96
12	10	0.6	0.00	0.0	94
16	10	0.8	0.00	0.0	92
18	10	1	0.0	0.	90
22	10	1.2	0.01	0.1	88
24	10	1.4	0.01	0.1	86
28	10	1.4	0.01	0.1	86
30	10	1.4	0.01	0.1	86

Based on the table results (indicated in the table above), we have drawn the following two curves

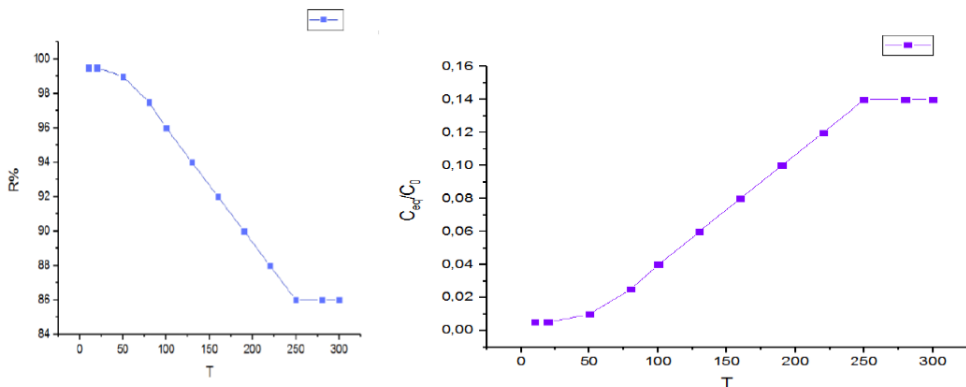


Figure 2: study the capacity of column to adsorb H₂SO₄ solution.

The nature of the adsorbent materials impact the process of adsorption, in which these materials (gravel, sand and coal) have proven their efficiency in removing pollutants dissolved in water. That could be traced back to their porosity. As gravel has the ability to detach large-sized solids materials from water, while the sand has competence on absorbing pollutants and small solid materials in water since it contains silicates. Regarding activated carbon (charcoal), it has the capacity to absorb (odor, color, remove bacteria, toxic gases and vapors). But in terms of time according to the yield curve, we noticed that within an hour the yield was

large 99.5% and gradually decreases to stabilization at 86%, whereas we marked an increase in the concentration H_2SO_4 in the extracted solution, this is due to the saturation of the adsorbent surface with solution.

4. Conclusion

The sewage treatment process aims to remove pollutants resulting from the increase in population growth, industrial and agricultural activity. In the light of the increased need for hydro resources treating wast-water became essential, in order to reduce problem of the environmental pollution and diseases spread. Through removing the organic and inorganic materials suspended and dissolved in water. And also by eliminating of pathogenic organisms (bacteria).

Through this work, we studied the capacity of a column consisting of gravel, sand and coal on treating and absorbing pollutant sewage for a chosen city, that is based on observing the international pollution standards (MES, DBO_5 , DCO, PO_4 -3). In addition to some physical and chemical factors such (temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen... etc.). therefore the results obtained confirmed the efficacy of this method in sewage treatment via the special adsorption ratio DCO, DBO_5 , phosphate and MES that are estimated respectively as DCO 94.53%, DBO_5 = 93.08%, MES = 99.49% and phosphate 98.21%. pursuing the adsorption capacity of column , firstly by changing the mass of its components (sand, gravel and coal), secondly by changing its size.

References

- [1] Hacini.Z., Kafi.N., Habib.I and Bousseba.W. "Treatment of tougourt waste water by bildet omar clay"; Scholars International Journal of Biochemistry ISSN 2616-8650 (2019).
- [2] Tchobanoglous.G., Burton,F.L., and Stensel. H.D." Wastewater Engineering" (Treatment Disposal Reuse) / Metcalf & Eddy, Inc (4th ed.). McGraw-Hill Book Company. ISBN 0-07-041878-0 (2003).
- [3] Yang.D., Renzun.Z. "Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment". *Current Pollution Reports*. 1 (3): 167–176 (2015).
- [4] Sperlger, M.. "Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal". *Water Intelligence Online*. 6: 9781780402086 (2015).

Synthèse d'un nano-composite environnemental (α P2W15Mo2Co) comme catalyseur pour la dégradation d'un colorant diazoïque

Nacéra Zabab¹ and Nawel Nedjab²

¹Laboratory of Organic Synthesis-Modeling and Optimization of Chemical Processes, Department of Process Engineering, Faculty of Engineering, Badji Mokhtar-Annaba University, Annaba, Algeria,

²Physical Metallurgy and Materials Properties Laboratory, National Higher School of Technology and Engineering ENSTI, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, Annaba, Algeria

Résumé

L'objectif de ce travail, consiste à la dégradation d'un colorant diazoïque susceptible de se trouver dans les eaux usées par l'application d'un procédé d'oxydation catalytique en phase homogène, en utilisant un matériau nanopolyoxometallate (nanoPOM) synthétisé, de type Dawson (α P2W15Mo2Co)8- comme catalyseur, vis à vis de la dégradation du rouge Congo en présence d'un oxydant le peroxyde d'hydrogène (H2O2). Les paramètres optimaux favorisant le contrôle de cette réaction d'oxydation sont comme suit : pH initial de la solution aqueuse, masse du catalyseur, concentration de l'oxydant, concentration initiale du colorant, effet de la température et de la nature du catalyseur. Dans ces conditions l'efficacité de décoloration atteint 91,93%.

Mots clés : Oxydation catalytique, H2O2, nano-(POM)s, Pollution des eaux, Colorant Diazoïque.

Synthesis of an environmental nano-composite (α P2W15Mo2Co) as a catalyst for the degradation of a disazo dye

Abstract:

The objective of this work is the degradation of a diazo dye likely to be found in wastewater. And this by the application of a process of catalytic oxidation in homogeneous phase, by using a material with character nanopolyoxometallate (nanoPOM) synthesized of the Dawson type (α P2W15Mo2Co)8- as catalyst, with respect to the degradation of Congo red in presence of an oxidant hydrogen peroxide (H2O2). The optimum parameters favoring the control of this oxidation reaction are as follows: initial pH of the aqueous solution, mass of the catalyst, concentration of the oxidant, initial concentration of the dye, effect of the temperature and the nature of the catalyst. Under these conditions, the bleaching efficiency reaches 91.93%.

Key Words: Catalytic oxidation, H2O2, nano-(POM)s, water pollution, diazo dye.

¹ Corresponding author: zababnassira@yahoo.fr

INTRODUCTION

Polyoxometallates (POMs) constitute a very extensive family of inorganic clusters with metal-oxygen bonds, the first polyoxometallate of which was synthesized in 1826 by Berzelius [1]. With the development of X-ray diffraction techniques, Keggin provided definitive evidence for the structural composition of an acid form polyoxometallate [2]. Since that time, the research intensity in the field of POM chemistry has grown rapidly, with ongoing research all over the world. It is possible to establish rational methods for the stereospecific synthesis of compounds substituted by transition metals starting from suitable vacancy compounds [3]. These substituted compounds are notable for their diversity in molecular and electronic structure and their importance in a variety of disciplines. For example, medicine [4], materials science and catalysis [5]. This last area is considerably the most developed.

In recent years, interest has focused on the synthesis of nano-composites and their applications. In this sense, POMs have attracted much attention as building blocks of functional composite materials due to their interesting nanometers structures [6]. This property is exploited in green chemistry [7] and in particular in catalytic oxidation reactions for the degradation of organic compounds such as dyes. The synthetic dyes contained in industrial effluents from textiles, cosmetics, leather, paper and pharmaceuticals... cause water pollution [8], due to their toxicity. Most synthetic dyes are carcinogenic and mutagenic, posing a serious threat to the environment and human health [9]. These pollutants are ubiquitous and persistent; they are difficult to remove by conventional techniques such as adsorption [10] and membrane filtration [11], as these methods have a high operating cost [12]. New technologies based on chemical oxidation have been developed to reduce these recalcitrant pollutants, in particular, advanced oxidation methods (AOPS) [13] that are currently one of the best technologies for the destruction of these dyes, in particularly azo dyes, which are not biodegradable by aerobic treatment processes [14]. Advanced oxidation processes (AOP) are based on the generation of highly reactive hydroxyl ($\bullet\text{OH}$) radicals which have an unpaired electron and are very strong oxidants [15]. However, the catalysts used for these oxidation reactions can lead to new pollution, which leads to the discharge of a large amount of Fe^{2+} and Fe^{3+} sludge [16]. Polyoxometallates (POMs) used as catalysts in the oxidation of dyes, can provide an alternative approach to solve this problem, due to their stability, separability, their harmlessness to the environment and their oxido-redox properties [17].

They are known as good catalysts for the oxidation of organic compounds. They can also be used in the degradation of azo dyes [18]. For this reason, a cobalt-substituted $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co})^{8-}$ Dawson-type tungstophosphomolybdic nanocomposite catalyst was used in this study to accelerate the oxidation reaction of a disazo dye Congo red (RC) by H_2O_2 in aqueous solution. The advantage of this system used $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co} / \text{H}_2\text{O}_2)$ is that the reaction by-products are weakly toxic [7].

2. EXPERIMENTAL METHODE

2.1. Synthesis of catalysts (POMs)

The catalyst $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co})^{8-}$ was prepared by adding cobalt chloride to the vacancy compound $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{O})^{10-}$ according to the method described in the literature [19].

The vacancy heteropolyanion $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{O}_61)^{10-}$ was obtained by reaction of the addition of two molybdates MoO_4^{2-} to the trivalent compound $(\text{P}_2\text{W}_{15}\text{O}_56)^{12-}$. The compounds $(\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{O}_61)^{10-}$, and $(\text{P}_2\text{W}_{15}\text{O}_56)^{12-}$ were prepared respectively according to the methods described in the literature [20,21].

Les différentes structures de ces hétéropolyanions sont présentées sur la Fig.1.

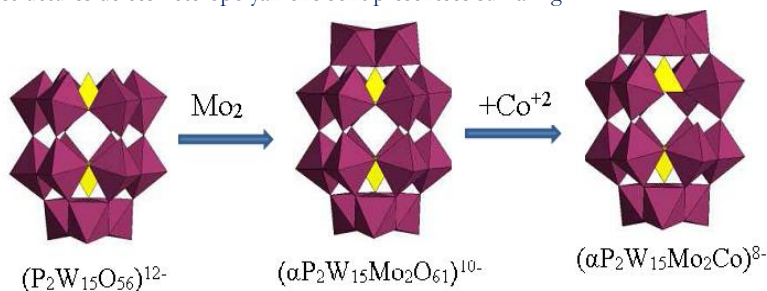


Fig1: structures des polyoxométalates

2.1. Procedure for the oxidation of Congo red by H₂O₂ in the presence of (αP₂W₁₅Mo₂Co)⁸⁻

In all experiments, a 100mL solution of RC containing appropriate amounts of catalyst (αP₂W₁₅Mo₂Co)⁸⁻ and oxidant H₂O₂ were magnetically stirred at room temperature. The pH of the solution was adjusted using 0.1N H₂SO₄ or NaOH in aqueous solutions.

The study of the degradation of Congo red by H₂O₂ using (αP₂W₁₅Mo₂Co)⁸⁻ as a catalyst is influenced by the following parameters: initial pH of the aqueous solution, mass of the catalyst, concentration of the oxidant, initial concentration of the dye, effect of the temperature and the nature of the catalyst. To optimize these parameters, the bleaching efficiency was monitored. All parameters were kept constant, except for the parameter to be optimized. The bleaching efficiency is given according to the following equation:

$$ED = (C_i - C_f / C_i) \times 100 \quad (1)$$

Where ED, C_i, C_f are the decolorization efficiency, the initial concentration and the final concentration of Congo red.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effet of pH

To study the effect of pH on the kinetics and efficiency of discoloration of congo red (RC), a series of experiments was carried out from a value of pH=3 to pH=8. The results obtained in figure.2 show that the oxidation reaction of RC by H₂O₂ in the presence of (αP₂W₁₅Mo₂Co)⁸⁻ as a catalyst is not favored in acidic and basic environments. On the other hand the natural environment (PH= 6.86) is the most favorable to the realization of this reaction. Hence its kinetics is faster comparing to that of acidic pH and basic which is very slow, therefore the pH = 6.86 represents the best efficiency of decolorization (ED= 55.56%). This result is consistent with what was observed in the study of the oxidation of azo dyes by the advanced oxidation system, where the reaction is favored at natural pH [22].

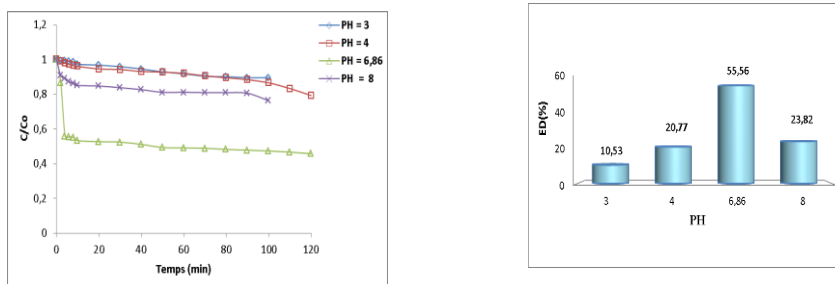


Fig.2. Effect of pH on the oxidation of RC by the system (αP₂W₁₅Mo₂Co/H₂O₂) (C₀=10ppm; C_{H2O2}=12,5mM; m_{catal}= 0.01g; T=25°C)

3.2. Effect of catalyst mass

To find the optimum catalyst mass giving the best decolorization efficiency, a series of experiments were performed at different catalyst masses ranging from 0.005g to 0.08g. The results are shown in Fig.3. It can be seen that without a catalyst (m=0), the oxidation reaction is very slow, hence ED=18.66%. As soon as a quantity of catalyst is added, the bleaching efficiency increases. So, increasing the mass of the catalyst leads to an improvement in the decolorization efficiency of Congo red up to a value equal to 0.03 g where the kinetics are clearly fast at this mass. The excess of the catalyst does not seem to play a positive role in the degradation process of Congo red, using the system (αP₂W₁₅Mo₂Co/H₂O₂). This phenomenon can be explained by the fact that the excess catalyst causes side reactions consuming hydroxyl radicals [23]. The best bleaching efficiency is 76.22% for a mass of 0.03g.

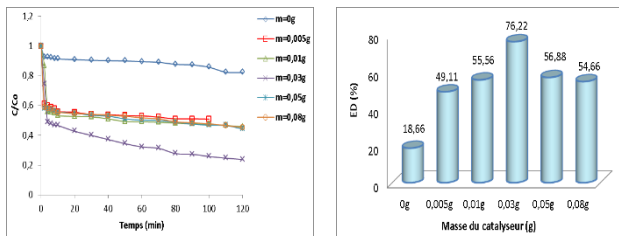


Fig.3. Effect of Catalyst mass on RC Oxidation by System (αP₂W₁₅Mo₂Co/H₂O₂) (PH=6.86; C₀=10ppm; C_{H2O2}=12,5mM; T=25°C).

3.3. Effect of H_2O_2 concentration

To investigate the decolorization efficiency of Congo red dye as a function of H_2O_2 concentration, a series of solutions at different H_2O_2 concentrations were made. The results presented in figure.4, indicate that the oxidation reaction of Congo red depends on the concentration of H_2O_2 . Indeed, the increase in the concentration of H_2O_2 causes an increase in the bleaching efficiency up to a value of H_2O_2 equal to 10 mmol. Beyond this concentration, there is a decrease in bleaching efficiency. This is due to the excess of H_2O_2 , which favors the recombination between the hydroxyl radicals on one side and the reaction between the hydroxyl radicals and H_2O_2 on the other side, as it is described according to the literature [24]. The optimum concentration of H_2O_2 is 10mM giving a decolorization efficiency of 80.95%.

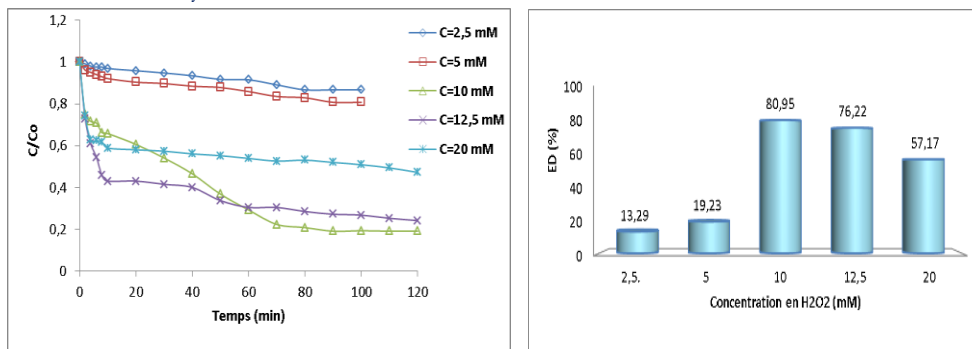


Fig.4. Effect of H_2O_2 concentration on RC oxidation by the system ($\alpha P_2W_{15}Mo_2Co/H_2O_2$)
($PH=6.86$; $C_0=10ppm$; $m_{cat}=0.03g$; $T=25^\circ C$)

3.4. Effect of the initial concentration of Congo red

To study the effect of the initial concentration of Congo red on the kinetics and the bleaching efficiency, a series of experiments were carried out at different concentrations (5ppm-25ppm). The results obtained are shown in Fig. 5, it can be seen that the kinetics of RC degradation is slow when the initial concentration of the dye is increased. This phenomenon can be explained by the fact that the increase in the initial concentration of the Congo red dye leads to an increase in the number of Congo red molecules, while the number of hydroxyl radicals remains constant (the concentration of H_2O_2 and the mass of catalyst are kept constant, thus causing a decrease in the kinetics of the degradation reaction as well as in the decolorization efficiency [25]. The best decolorization efficiency is 91.93% for a minimum concentration of 5ppm in RC.

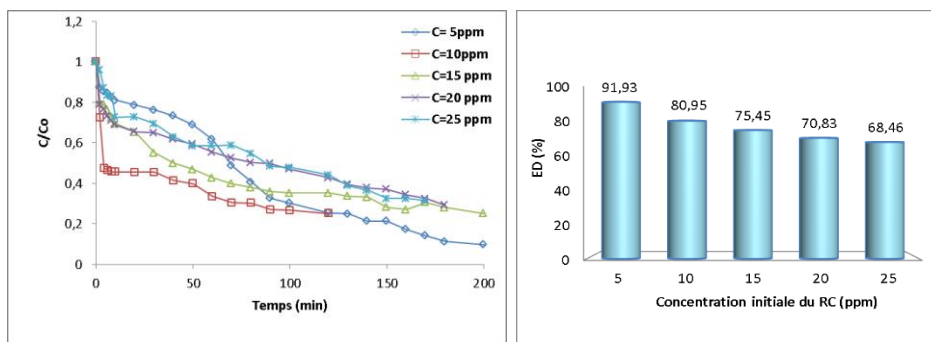


Fig.5. Effect of Initial Dye Concentration on System Oxidation ($\alpha P_2W_{15}Mo_2Co/H_2O_2$).
($PH=6.86$; $m_{cat}=0.03g$; $C_{H_2O_2}=10mM$; $T=25^\circ C$)

3.5. Effect of temperature

Knowing that the temperature is an important factor to accelerate a chemical reaction, for this purpose, the temperatures chosen for the oxidation reaction of the RC are between 25 and 40 °C.

From Figure 6, it was found that increasing the temperature slightly increases the decolorization efficiency of Congo red; therefore, it does not have an apparent influence on the kinetics of this reaction. This is probably due to the bleaching efficiency value which was already sufficiently high at 5ppm (ED=91.93%). It is preferable in this case to work at ambient temperature ($T=25^{\circ}\text{C}$), which is considered as an energy gain for the system studied ($\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{RC}$) [26].

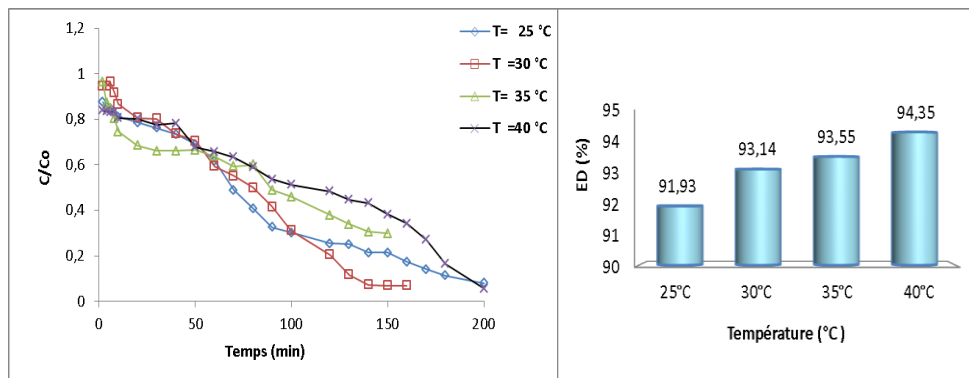


Fig.6 Effect of temperature on system oxidation of RC ($\alpha\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co}/\text{H}_2\text{O}_2$)
($\text{PH}=6.86$; $C_0=5\text{ppm}$; $C_{\text{H}_2\text{O}_2}=10\text{mM}$; $m_{\text{cat}}=0.03\text{g}$).

3.6. Effect of the nature of catalyst

To study the effect of the nature of the catalyst on the oxidation of RC, we tested the catalytic activity of a series of POMs prepared according to the procedure already described in the literature. The experiments were carried out under previously determined optimal conditions.

The POMs used are: P_2W_{18} , $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2$, $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Ni}$, $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Fe}$ and $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Pb}$ and $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co}$. On Figure 7, it appears that the RC discoloration efficiency is very low (ED=18.66%), in the absence of the POM type catalyst. However, the presence of the catalyst (P_2W_{18}) which is the mother molecule saturation significantly improves the decolorization efficiency of RC (ED=53.63%), also the presence of the monovacant mixed lacunar species ($\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2$) considerably improves ED (75.8%). On the other hand, for the addition compounds ($\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Ni}$, $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Fe}$ and $\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Pb}$) in turn improve this oxidation reaction, but in a varied way, and this according to the nature of the transition metals substituted with the vacancy compound, however the compound studied in this work ($\text{P}_2\text{W}_{15}\text{Mo}_2\text{Co}$)* represents the best bleaching efficiency (ED=91.93%) [27].

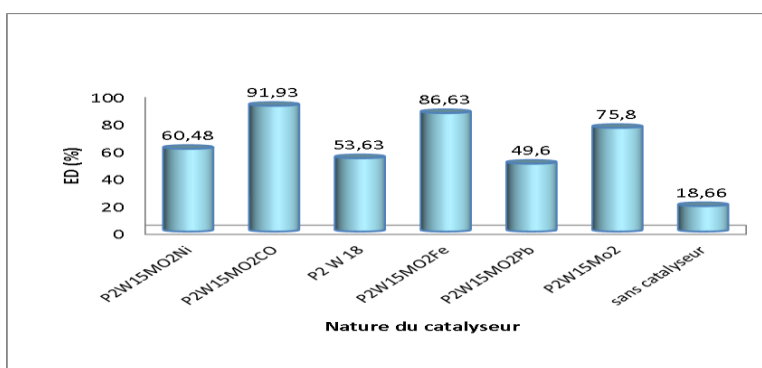


Fig.7. Variation in decolorization efficiency depending on the nature of the catalyst.
($\text{PH}=6.86$; $C_0=5\text{ppm}$; $C_{\text{H}_2\text{O}_2}=10\text{mM}$; $m_{\text{cat}}=0.03\text{g}$; $T=25^{\circ}\text{C}$).

CONCLUSION

The elimination of congo red in aqueous medium by a catalytic oxidation process, using H_2O_2 as oxidant and catalyzed by a synthesized nano-material ($P_2W_{15}MO_2Co$)⁸⁻ has been successfully carried out under normal conditions (ambient temperature and normal pH) .

The optimal conditions favoring this reaction led to the following results:

- Ph of the initial solution = 6.86
- Mass of catalyst = 0.03g
- Concentration of H_2O_2 = 12.4 Mm
- Dye concentration (RC) = 5ppm

Under these conditions, the discoloration efficiency of the RC reaches (91.93%).

Tests of the catalytic activity of dawson-like nano-polyoxometallates ($\alpha_2P_2W_{18}$, $\alpha_2P_2W_{15}MO_2$, $\alpha_2P_2W_{15}MO_2Ni$, $\alpha_2P_2W_{15}MO_2Fe$ AND $\alpha_2P_2W_{15}MO_2Pb$ and $\alpha_2P_2W_{15}MO_2Co$) on the rc oxidation reaction showed that the cobalt-substituted nano-polyoxometallate catalyst ($\alpha_2P_2W_{15}MO_2Co$)⁸⁻ is the most active compared to other catalysts.

This study presents a homogeneous catalysis approach for the degradation of a diazo dye by means of oxidation. This system ($\alpha_2P_2W_{15}MO_2Co/H_2O_2/RC$) then constitutes a simple, effective and non-polluting method compared to those previously reported for the oxidation of diazo dyes [22].

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Ministry of Higher Education and Scientific Research, Algeria for the financial support through the PRFU project (N°: A16N01UN230120180001).

Références

- [1] J. Berzelius. Beitrag zur näheren Kenntniss des Molybdäns Pogg. Ann, 6 (1826) 369-375
- [2] J.F. Keggin, The Structure and Formula of 12-Phosphotungstic Acid. Proc. R. Soc. London, A, 144 (1934) 75-100
- [3] J.P. Ciabrini, R. Contant. Mixed heteropolyanions. Synthesis and formation constants of Cerium (III) and Cerium (IV) complexes with lacunary tungstophosphates. J. Chem. Research, 391 (1993) 2720-2744
- [4] J.T Rhule, C.L. Hill, D.A. Judd, Polyoxometalates in medicine. Chem. Rev, 98 (1988) 327-357
- [5] S. Omwomaa, W. Chen, R. Tsunashima, Y-F. Son, Recent advances on polyoxometalates intercalated layered double hydroxides: From synthetic approaches to functional material applications. Coord. Chem. Rev, 258-259 (2014) 58-71
- [6] R.N. Biboum, B. Keita, S. Franger, C.P. Njiki, G. Zhang, J. Zhang, T. Liu, I-M. Mbomekalle, L. Nadjjo, Pd@Polyoxometalate Nanostructures as Green Electrocatalysts: Illustrative Example of Hydrogen Production. Materials, 3 (2010) 741-754
- [7] N.M. Mahmoodi, M. Oveisi, M.A. Asli, M.A. Rezvani, A. Valipour, Bi-amino surface functionalized polyoxometalate nanocomposite as an environmentally friendly catalyst. synthesis and dye degradation, 75 (2017) 2381-2389
- [8] P. Vendevivere, C. Bianchir, R. Verstraetew. Traitement and creuse from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies. J.Chem.Techn.Biotechn,72 (1998) 289-468
- [9] M.A. Brown, S.C. De Vito, Predicting azo dye toxicity. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 23 (1993) 249-324
- [10] A.S Özcan., B. Erdem, A. Ozcan, Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto Na-bentonite and DTMA-bentonite. J. Colloid Interf. Sci, 280 (2004) 44-54
- [11] E. Alventosa-Delara, S. Barredo-Damas, E. Zuriaga-Agusti, M.I. Alcain Amiranda, M.I. Iborra-Clar, Ultrafiltration ceramic membrane performance during the treatment of model solutions containing dye and salt. Sep Purif Technol, 129 (2014) 96-105
- [12] T. Robinson, G. McMullan, R. Marchand, P. Nigam, Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology, 77 (2001) 247-255
- [13] C. Comninellis, A. Kapalka, M. Malato, S.A. Parsons, I. Poullos, D.Mantzavinos, Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 83 (2008) 769-776
- [14] U. Pagga, D. Drown, The degradation of dye-stuffs. Part II. behaviour of dyes tuffs in aerobic biodegradation tests. Chemosphere, 15 (1986) 479-491

- [15] M. Qiu, C. Huang, A comparative study of degradation of the azo dye C.I. Acid Blue 9 by Fenton and photo-Fenton oxidation. *Desalination and Water Treatment*, 24 (2010) 273-277
- [16] J.Gong, J.Wang, W. Xie, W.Cai, Enhanced degradation of aqueous methyl orange by contact glowdischarge electrolysis using Fe^{2+} as catalyst. *J. Appl. Electrochem*, 38 (2008) 1749-1755
- [17] A. Troupis, T.M. Triantis, E. Gkika, A. Hiskia, E. Papaconstantinou, Photocatalytic reductive-oxidative degradation of Acid Orange 7 by polyoxometalates. *Appl.Catal. B. Environ*, 86 (2009) 98-107
- [18] M. Cao, J. Lin, J. Lu, Y. You, T. Liu, R. Cao, Development of a polyoxometallate-based photocatalyst assembled with cucurbit [6] uril via hydrogen bonds for azo dyes degradation. *Journal of Hazardous Materials*, 186 (2011) 948-951
- [19] R. Contant, M. Abbessi, J. Canny, A. Belhouari, B.Keita, L. Nadjo, Iron-Substituted Dawson-Type Tungstodiphosphates: Synthesis, Characterization, and Single or Multiple Initial Electronation Due to the Substituent Nature or Position. *Inorganic Chemistry*, 36 (1997) 4961-4966
- [20] M. Abbessi, R. Contant, R. Thouvenot, G. Hervé, Dawson Type Heteropolyanions. 1. Multinuclear ($^{31}P, ^{51}V, ^{183}W$) NMR Structural Investigations of Octadeca (molybdotungstovanado) diphosphates $\alpha 1,2,3-[P_2MM_2W_{15}O_{62}]^n$ (M,M=Mo,V,W): Syntheses of New Related Compounds, *Inorganic Chemistry*. 30 (1991) 1695-1702
- [21] R. Contant, Potassium Octadecatungstodiphosphates (V) And Related Lacunary Compounds. *Inorganic Syntheses*, 27 (1990) 104-111
- [22] S.A. ABO-FARHA, Comparative Study of Oxidation of Some Azo Dyes by Different Advanced Oxidation Processes: Fenton, Fenton-Like, Photo-Fenton and Photo-Fenton-Like, *Journal of American Science*, 6 (2010) 128-142
- [23] F. Ji, C. Li, J. Zhang, L. Deng, Efficient decolorization of dye pollutants with $LiFe(WO_4)_2$ as a reusable heterogeneous Fenton-like catalyst, *Desalination*, 269 (2011) 284-290
- [24] H.J. Fanb, S.T. Huanga, W.H. Chung, J.L. Janb, W.Y. Linc, C.C. Chena, Degradation pathways of crystal violet by Fenton and Fenton-like systems: Condition optimization and intermediate separation and identification. *J. Hazardous Materials*, 171 (2009) 1032-1044
- [25] S.H. Tian, Y.T. Tu, D.S. Chen, X. Chen, Y. Xiong, Degradation of Acid Orange II at neutral pH using $Fe_2(MoO_4)_3$ as a heterogeneous Fenton-like catalyst, *Chemical Engineering Journal*, 169 (2011) 31-37
- [26] D. Wu, O. Feng, L. Ma, Oxidation of Azo Dyes by H_2O_2 in Presence of Natural Pyrite. *Water Air Soil Pollut*, 224 (2013) 1407
- [27] A. Troupis, T.M. Triantis, E. Gkika, A. Hiskia, E. Papaconstantinou, Photocatalytic reductive-oxidative degradation of Acid Orange 7 by polyoxometalates. *Appl. Catal. B. Environ*, 86 (2009) 98-107

Effect of physicochemical treatments on the characteristics of activated sludge

Larbi Hammadi¹

¹ Laboratory of Rheology, Transport and Treatment of the Complex Fluids, University of Science and Technology, Mohamed Bouiaf, B.P. 1505, El M'Naour, Oran 31000, Algeria Telephone: +213772657927, adresse E-mail: or.larbi.hammadi@univ-usto.dz

Abstract:

The treatment of wastewater in sewage plants usually results in the formation of a large amount of sludge. These appear at the outlet of the treatment plant as a viscous fluid loaded with a high concentration of dry matter. This sludge production presents environmental, ecological and economic risks. That is why it is necessary to find many solutions for minimizing these risks. In the present article, the effect of hydrogen peroxide, thermal treatment and quicklime on the characteristics of the activated sludge produced in urban wastewater plant were evaluated in order to avoid any risk in the plants. The study shows increasing of the dose of H₂O₂ from 0 to 0.4 g causes an increase in the solubilization rate of COD from 12% to 45% and a reduction in the organic matter content of sludge (VM/SM) from 74% to 36%. The results also show that the optimum efficiency of the heat treatment corresponds to a temperature of 80 °C for a treatment time of 40 min is 47% and 51.82% for a temperature equal to 100 °C and 76.30 % for a temperature of 120 °C, and 79.38% for a temperature of 140 °C. The treatment of sludge by quicklime gives the optimum efficiency of 70.62 %. It was shown the increasing of the temperature from 80°C to 140°C, the pH of sludge was increased from 7.12 to 9.59. The obtained results showed that with increasing the dose of quicklime from 0 g/l to 1g/l in activated sludge led to an increase of their pH from 7.12 to 12.06. The study shows the increasing the dose of quicklime from 0 g/l to 1g/l causes also an increase in the solubilization of COD from 0% to 70.62 %

Key Words: Activated sludge, hydrogen peroxide, thermal treatment, quicklime, COD, mineral matter, pH..

Effet des traitements physico-chimiques sur les caractéristiques des boues activées

Résumé

Le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration conduit généralement à la formation d'une grande quantité de boues. Celles-ci se présentent à la sortie de la station d'épuration comme un fluide visqueux chargé à forte concentration en matière sèche. Cette production de boue présente des risques environnementaux, écologiques, sociaux, juridiques et économiques. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver de nombreuses solutions pour minimiser ces risques. Dans le présent article, l'effet du peroxyde d'hydrogène, du traitement thermique et de la chaux vive sur les caractéristiques des boues activées produites dans les stations d'épuration urbaines a été évalué afin de minimiser la production des boues. L'étude montre que l'augmentation de la dose de H₂O₂ de 0 à 0,4 g provoque une augmentation du taux de solubilisation de la DCO de 12% à 45% et une réduction de la teneur en matière organique des boues (VM/SM) de 74% à 36%. Les résultats montrent également que l'efficacité optimale du traitement thermique correspond à une température de 80°C pour un temps de traitement de 40 min soit de 47% et 51,82% pour une température égale à 100°C et 76,30% pour une température de 120°C, et 79,38% pour une température de 140°C. Il a été montré que l'augmentation de la température de 80°C à 140°C le pH des boues a été augmentée de 7,12 à 9,59. Le traitement des boues par chaux vive donne une efficacité optimale de 70,62%. Les résultats obtenus ont montré qu'en augmentant la dose de chaux vive de 0 g/l à 1 g/l dans les boues activées provoque une augmentation de leur pH de 7,12 à 12,06. L'étude montre que l'augmentation de la dose de chaux vive de 0 g/l à 1 g/l provoque également une augmentation de la solubilisation de la DCO de 0 % à 70,62 %.

Mots clés : Boues Activées, Peroxyde d'hydrogéné, Chaux vive, DCO, Matière minimale, pH

¹ Corresponding author: hammadi7280@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Wastewater from various urban activities cannot be discharged as such which in the environment, because they contain various organic pollutants and minerals. They must therefore undergo, before their release into the natural environment, a treatment of purification which drives the production of sludge [1-3]. The sludge produced on the water supply chain is composed of water and materials containing mineral and organic substances. This sludge presented an environmental, ecological and economic risks [4-6]. For this reason many solutions proposed to reduce the production of sludge by treatment and valorisation. But the treatment and valorisation of sludge are dependent on the cost of installation, origin of sludge and the impact of treatment on the environment. For example the cost of treatment and disposal of an excess sludge by conventional treatment requires for approximately 50 to 70% of the whole operation cost of a wastewater treatment plants [7,8]. However the methods of the elimination of sludge by incineration causes pollution problems and the incineration plant is quite expensive [9,10]. According to Wójcik et al [11] the using the sludge in agriculture has a positive impact on fertilization of soils due to their wealth in organic matter, nitrogen, phosphorus and other microelements. But using the sludge in agriculture is now restricted in Algeria. Therefore, giving importance to methods to reduce the volume and mass of excess sludge has been increased by various studies that reported the use of different physical, chemical and biological processes to reduce a sewage sludge production. Several disintegration methods have been investigated such as mechanical treatment using ultrasounds [12-14].

2. SAMPLING AND METHODS

2.1. Sampling of activated sludge

The sludge sample was collected from the secondary settling tank of a municipal wastewater treatment plant located in Mostaganem (Algeria) after activated sludge treatment process (Fig.1). The samples were stored at 4°C in a refrigerator. They were then transported to the laboratory within 10 min and put them in the freezer at -20°C in order to avoid changes in the characteristics of the sludge.



Fig.1- Sampling of activated sludge for treatment.

2.2 Experimental set up

2.2.1. Treatment the sludge by hydrogen peroxide

The hydrogen peroxide is generally used for the treatment of organic wastes (agricultural residues, sludge of different origins, organic acids, aromatic compounds, etc.) The hydroxyl radical ($\bullet\text{OH}$) is a very reactive chemical species in aqueous solution in the presence of Fe^{+2} , this reaction are efficient in acid solution [15]. For this reason we adapted the following experimental conditions:

- 1000 ml of activated sludge is introduced in glass beaker

- The initial pH of the solution was adjusted to 3 by sulfuric acid
- 0.137 g/l of Fe^{+2}
- The dose of hydrogen peroxide range between 0 and 0.45 g/l
- The time of agitation 60 min at 120 rpm
- Ambient temperature and pressure

2.2.2. Thermal treatment of the sludge

The thermal treatment of the sludge was carried out in batch using a magnetic induction plate (Figure 2), adapted with a borosilicate glass beaker of one liter capacity with a cover comprising two orifices, the first one is to measure the temperature of the treated sludge and the second one is to collect the treated sludge. The sludge was agitated mechanically at a speed of 300 rpm and kept at the set temperature for 1 hour. The sludge is placed in the treatment beaker when the set temperature is reached on the plate. A 100 ml of treated sludge are then withdrawn every ten minutes with a syringe and the chemical oxygen demand (COD), the pH, the ratio between volatile matter (VM) and suspended matter (SM) are determined.

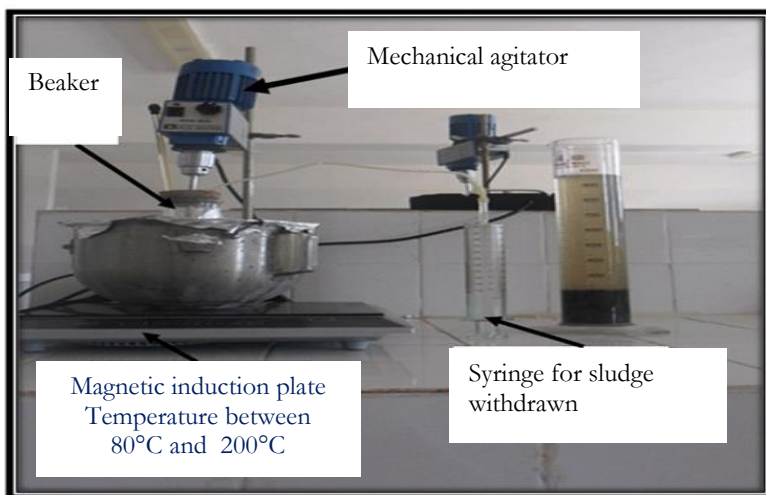


Fig.2- Mounting used for the heat treatment of activated sludge.

2.2. Treatment the sludge by quicklime

The sludge sample was poured into ten separate beakers of one litre and quantity of 0 to 1 grams of quicklime (CaO) per litre of sludge was added. Then the samples were mixed for an hours by magnetic agitation at 200 rpm in ambient temperature and pressure.

2.3. Determination of mineral matter

The mineral matter contained in the various fractions was determined according to standardized method N° 90.105. A volume of liquid (V_e) sample was centrifuged for 10 min at 4000 rpm. The pellet was recovered, transferred to a porcelain capsule (W_1) and then placed in a drying oven at 105°C for 24 hours in order to obtain the suspended matter. This dried sample was cooled at room temperature, and then placed in desiccators, before being weighed (W_2). Subsequently, it was heated in a furnace for 2 hours to burn the volatile matter in suspension. After cooling, the sample was again weighed (W_3). The suspended matter (SM) is related to the volatile matter (VM) by:

$$SM = \frac{W_1 - W_2}{V_e} \quad (1)$$

$$VM = SM - \frac{W_2 - W_3}{V_e} \quad (2)$$

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effect of hydrogen peroxide on COD of sludge

3.1.1. Effect of hydrogen peroxide dosage on COD of sludge

Fig. 3 shows the variation of COD as a function of dose of hydrogen peroxide in sludge. We observed a decrease in COD as a function of hydrogen peroxide dosage on sludge. This can be explained by the solubilization of organic matter in the form of CO_2 and H_2O [16]. The stability of COD at high dose of hydrogen peroxide could be explained by interaction of hydroxyl radical with sludge organic matter. Also at high dose of hydrogen peroxide, the hydrogen peroxide decomposing to molecular oxygen decreases the potential of hydroxyl radical oxidation caused the stability of COD [17].

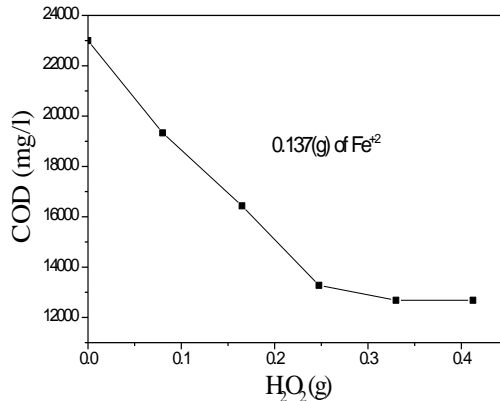


Fig.3 -Effect of hydrogen peroxide dosing on COD of activated sludge.

Fig. 4 shows the effect of hydrogen peroxide dosing on the abatement of COD of sludge. The results obtained show that the optimal hydrogen peroxide dose corresponds to 0.35g. The abatement rate of COD is in the range of 45%. According to Mahdad et al ([18] the increase of efficiency of treatment is occurred due to oxidation of H_2O_2 to O_2 and hydroxyl radical recombination by H_2O_2 .

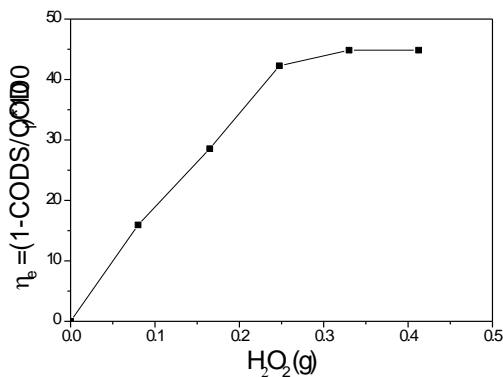


Fig. 4 -Effect of hydrogen peroxide dosage on efficiency of sludge.

3.1.2. Effect of hydrogen peroxide dosage on mineral matter of sludge

Figure 5 shows the evolution of the MV/SM ratio as a function of the dose of hydrogen peroxide in sludge. From the figure we can see that the more the dose of peroxide increases, the more the MV/SM ratio decreases. This decrease in MV/SM ratio can be explained by the increase in the solubilization of the particulate matter. The addition of H_2O_2 will oxidize the organic matter in the form of CO_2 and H_2O , so the amount of organic matter has been reduced.

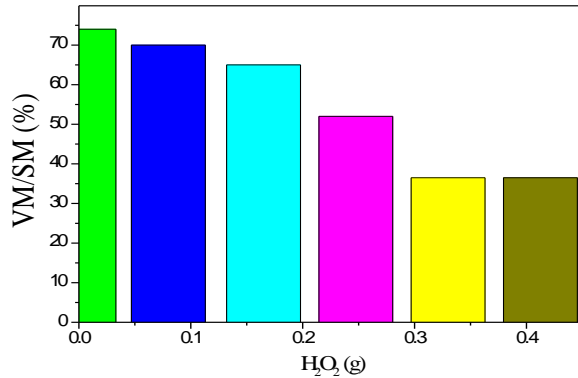


Fig. 5- Effect of hydrogen peroxide dosage on mineral matter of sludge.

3.2. Effect of thermal treatment

3.2.1. Effect of thermal treatment on COD of sludge

The effect of thermal treatment on total COD is shown in fig.6. We observed in fig 6 solubilisation of total COD depending on the treatment on temperature and time of treatment. Thus, for a temperature of 140°C, it remained constant after 40 min of treatment whereas for the other temperatures there was a consistent reduction in the COD within time. According to Biswal et al [19] this decreasing of the COD can be explained by solubilisation of organic materials of sludge by temperature.

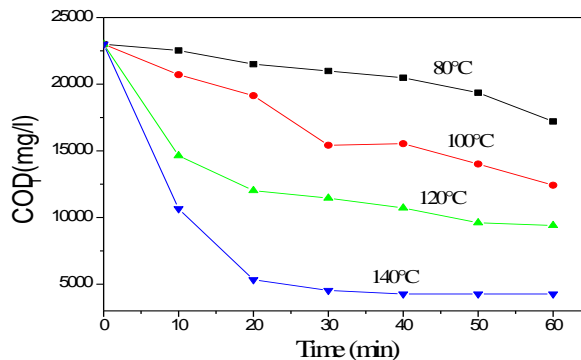


Fig.6- Effect of thermal treatment on COD of activated sludge.

Fig. 7 shows the removal efficiency of the COD of the sludge by thermal treatment. It is clearly determined that the efficiency of thermal treatment dependant on time of treatment and the temperature. We observed in fig 7 the efficiency increased with increasing of time and temperature and this efficiency stabilized after 40 min of treatment for temperature of 140°C. According to Kim et al [20] the stability of COD is happened due to a transformation of organic particles in sludge into carbohydrates, lipids and proteins.

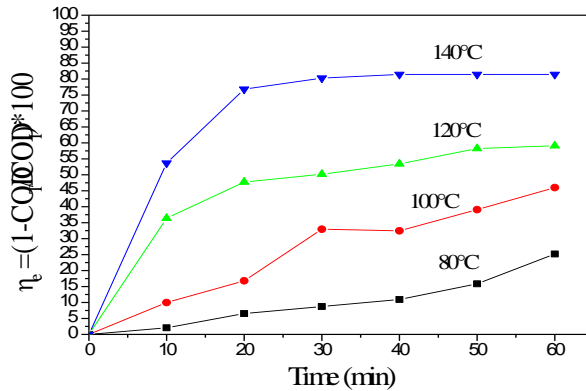


Fig.7- Efficiency the reduction of COD in activated sludge as a time function of thermal treatment at different temperatures (80°C, 100°C, 120°C and 140°C).

3.2.2. Effect of thermal treatment on pH of sludge

For these tests, pH was not measured during heat treatment of the sludge but rather before and after treatment at room temperature. Whatever the temperature of heat treatment is, the pH increases with time (Fig.8). However this increase is much softened for the highest temperature (140°C). Morgan et al [21] explained this increase of pH by protein desorption, which results in the ionization of carboxyl groups. Also the increase of pH by temperature could be explained by acidic compounds volatilisation or CO_2 [22].

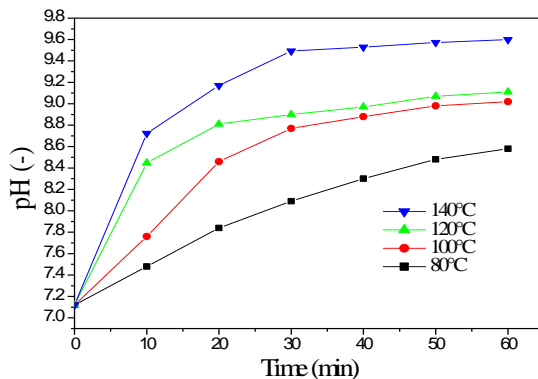


Fig.8- Variation of pH of activated sludge as a function of the time of thermal treatment at different temperatures (80°C, 100°C, 120°C and 140°C).

3.2.3. Effect of thermal treatment on mineral matter of sludge

To characterize the evolution of the mineral and organic fractions of the sludge, we analysed the time evolution of the ratio of volatile matter (VM) in suspension by suspended matter (SM) computed from equations (1) and (2) respectively for the different temperatures of heat treatment. The results are shown in Fig. 9.

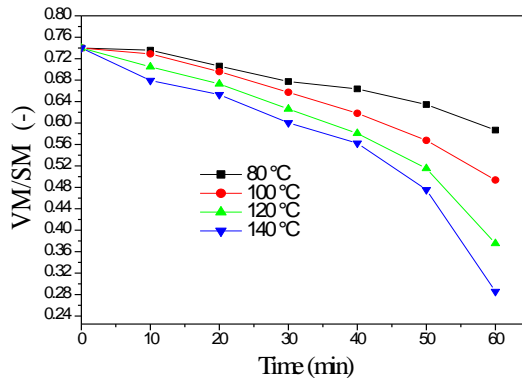


Fig.9-Variation of the ratio VM/SM of activated sludge as a function the time of thermal treatment at different temperatures (80°C, 100°C, 120°C and 140°C).

The ratio VM/SM was approximately 0.74 for the initial sludge, in which the percentage of mineral matter is high, during the thermal treatment, the ratio VM/SM decreases to 0.28, so the thermal treatment gave a great advantage for solubilisation of the mineral matter in sludge.

3.3. Effect of quicklime

3.3.1. Effect of quicklime on pH of sludge

Figure 10 shows the increase in pH of the sludge as a function of the dose of added quicklime, it is clearly shown that the increase of lime in the sludge caused the increase of their pH, this increase of pH can explain by the conversion of CaO to CaCO_3 . In fact, up to a dose of quicklime transferred from 0.8 g per litre of activated sludge the pH is almost constant. The stability of pH is possibly due to the reaction of calcium ions with atmospheric carbon dioxide. According Bina et al [(23)] the increasing of pH by the quicklime caused elimination of pathogenic microorganisms and microbiological quality on sludge. The increase of pH caused the transformation of HCO_3^- to CO_3^{2-} this transformation blocks biological activity of sludge so improve their stability [24]. It is noted the high pH lead to the increase of alkalinity in sludge this results a problem of use the sludge in agriculture [25].

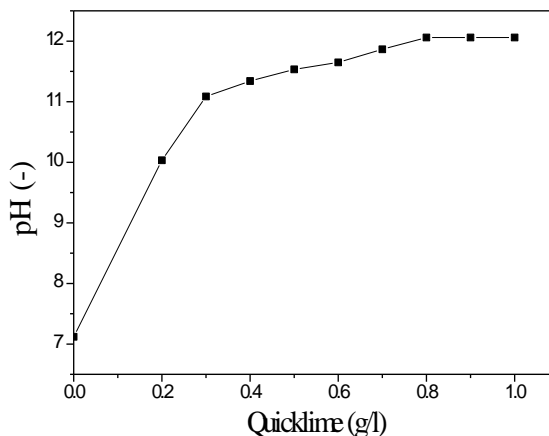


Fig.10- Effect of quicklime on pH of activated sludge.

3.3. Effect of quicklime on COD of sludge

The figure 11 shows the decrease in COD with the increase in dose of quicklime, this decrease in COD stabilized for doses of lime higher than 0.8 g / l. This stability of the COD can be explained by the adsorption of organic matter on the quicklime which causes saturation of the specific surfaces of the quicklime.

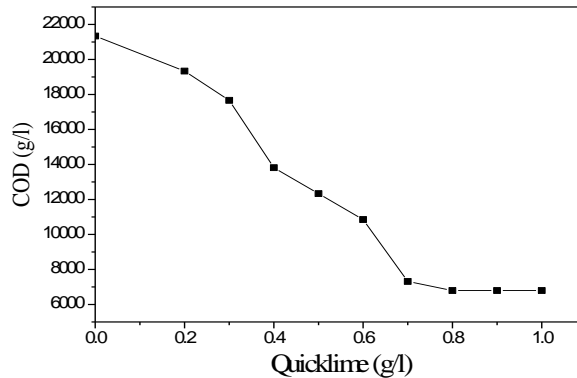


Fig.11- Effect of quicklimedosing on COD of activated sludge

Fig. 12 shows the efficiency of the treatment of the sludge by quicklime. It is clearly the efficiency of reduction of COD dependant of quantity of quicklime added to sludge. The increase of the quicklime dose in sludge causes a COD solubilization rate from 10% to 68% and then it stabilizes.

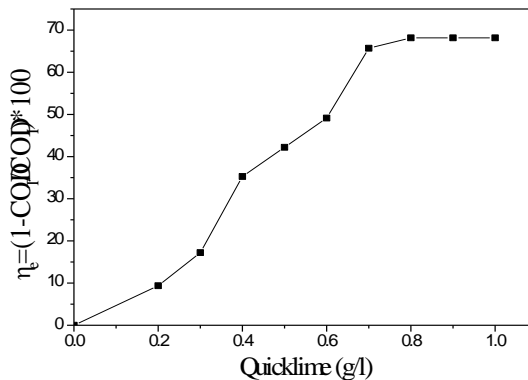


Fig.12- Efficiency the reduction of COD as a function of quicklime dose in activated sludge.

CONCLUSION

In order to find a solution to the problem caused by sludge from sewage treatment plants, we studied the effect of three physicochemical treatments on the characteristics of activated sludge from the Mostaganem sewage treatment plant. We have demonstrated that thermal treatment, the addition of lime, and hydrogen peroxide lead to a decrease in chemical demand of chemical oxygen demand (COD) associated with a decrease in mineral matter (ration volatile matter/ suspended matter) and increase in pH of activated sludge. The results obtained, showing that the reduction in COD is significant in the case of heat treatment (79.38%), then comes that of treatment with quicklime (68%) and finally that of treatment with hydrogen peroxide (45%). Finally, the quicklime treatment is the effective process, the economic from of cost and the best chemical sludge stabilizer.

Références

- [1] B. D.Tripathi, S. C. Shukla, Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants, *Environmental Pollution*, 69 (1991) 69-78.
- [2] P. N.Egbuikwem, J. C.,Mierzwa, D. P. Saroj, Assessment of suspended growth biological process for treatment and reuse of mixed wastewater for irrigation of edible crops under hydroponic conditions, *Agricultural Water Management*, 231(2020) 106034.
- [3] Y. V. Nancharaiah, M.Sarvajith, Aerobic granular sludge process: A fast growing biological treatment for sustainable wastewater treatment, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 12 (2019) 57-65.
- [4] F.Nkinahamira, F. Suanon, Q. Chi, Y. Li, M. Feng, X. Huang, Q. Sun, Occurrence, geochemical fractionation, and environmental risk assessment of major and trace elements in sewage sludge, *Journal of environmental management*, 249 (2019) 109427
- [5] C.Yang, X.Z. Meng, L. Chen, S. Xia, Polybrominateddiphenyl ethers in sewage sludge from Shanghai, China: possible ecological risk applied to agricultural land, *Chemosphere*, 85(2011) 418-423.
- [6] L. Hammadi, A. Ponton, M. Belhadri, Effects of heat treatment and hydrogen peroxide (H₂O₂) on the physicochemical and rheological behavior of an activated sludge from a water purification plant, *Procedia engineering*, 33(2012) 293-302.
- [7] X.Zhou , QL. Wang , GM Jiang , P.Liu , ZG. Yuan , A novel conditioning process for enhancing dewaterability of waste activated sludge by combination of zero-valent iron and persulfate., *BioresourTechnol*, 18 (2015)416–420 .
- [8] J. Xiao, H. Yuan, X. Huang, J. Ma, N. Zhu, Improvement of the sludge dewaterability conditioned by biological treatment coupling with electrochemical pretreatment, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 96 (2019) 453-462.
- [9] B. Bian, Y.Shen, X.Hu, G.Tian, L. Zhang, Reduction of sludge by a biodrying process: Parameter optimization and mechanism, *Chemosphere*, 248 (2020) 125970.
- [10] X. Lin, X.Li, S. Lu, F. Wang, T. Chen, J. Yan, Influence of organic and inorganic flocculants on the formation of PCDD/Fs during sewage sludge incineration., *Environmental Science and Pollution Research*, 19 (2015) 14629-14636.
- [11] M. Wójcik, F. Stachowicz, A. Masłoń, The use of wood biomass ash in sewage sludge treatment in terms of its agricultural utilization, *Waste and Biomass Valorization*, 11 (2020) 753-768.
- [12] P.Zhang, T. Wan, G. Zhang, Enhancement of sludge gravitational thickening with weak ultrasound, *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 5 (2012) 753-760.
- [13] S. Na, Y.U. Kim, J. Khim, Physicochemical properties of digested sewage sludge with ultrasonic treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14 (2007) 281-285.
- [14] H. Wang, S.C. Yang, W. Cai, W. Liu, A. Wang, A. (2019). Enhanced organic matter and nutrient release from waste activated sludge using ultrasound and surfactant synergetic pre-treatment, *Bioresource Technology Reports*, 6(2019) 32-38.
- [15] M.Tokumura, M. Sekine, M. Yoshinari, H.T. Znad, Y.Kawase, Photo-Fenton process for excess sludge disintegration, *Process Biochemistry*, 42 (2007) 627-633.
- [16] Kabdaşlı, I., Arslan, T., Arslan-Alaton, I., Ölmez-Hancı, T., &Tünay, O. (2010).Organic matter and heavy metal removals from complexed metal plating effluent by the combined electrocoagulation/Fenton process. *Water Science and Technology*, 61, 2617-2624.
- [17] Ma, X. J., & Xia, H. L. (2009). Treatment of water-based printing ink wastewater by Fenton process combined with coagulation. *Journal of hazardousmaterials*, 162(1), 386-390.
- [18] F.Mahdad, H. Younesi, N. Bahramifar, M.Hadavifar, Optimization of Fenton and photo-Fenton-based advanced oxidation processes for post-treatment of composting leachate of municipal solid waste by an activated sludge process, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20 (2016) 2177-2188.
- [20] J. Kim, C. Park, T.H. Kim, M. Lee, S. Kim, S.W. Kim, J. Lee, Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge, *Journal of bioscience and bioengineering*, 95 (2003) 271-275.
- [21] J. W. Morgan, C. F.Forster, L. Evison, A comparative study of the nature of biopolymers extracted from anaerobic and activated sludges, *Water research*, 24 (1990) 743-750.
- [22] C.Bougrier, J.P. Delgenès, H. Carrère, Effects of thermal treatments on five different wasteactivated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion, *Chemical Engineering Journal*, 139(2008) 236-244.
- [23] B. Bina, H. Movahedian, I. Kord, The effect of lime stabilization on the microbiological qualityof sewage sludge, *Iranian J Env Health SciEng1*, (2004) 34-38.
- [24] W. Ren, Z. Zhou, L.M. Jiang, D. Hu, Z. Qiu, H. Wei, L. Wang, A cost-effective method for the treatment of reject water from sludge dewatering process using supernatant from sludge lime stabilization.*Separation and Purification Technology*, 142 (2015)123-128.
- [25] R.Canet, F. Pomares, B. Cabot, C. Chaves, E. Ferrer, M. Ribo, M.R. Albiach, Composting olive mill pomace and other residues from rural southeastern Spain, *Waste management*, 28 (2008) 2585-2592.

Valorisation des argiles Algériennes : Application à l'adsorption des colorants textiles en solution

Belkacem Benguella¹, Benamar Makhoukhi¹

¹Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Tlemcen Algérie

Abstract:

La demande accrue en eau, ces dernières années, dans la consommation domestique et dans le développement de diverses industries, a donné naissance à de grandes quantités d'eaux résiduaires souvent toxiques, accidentellement ou volontairement, par certains produits chimiques (polluants) d'origine industrielle (colorants hydrocarbures, , métaux lourds...) qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Depuis une trentaine d'années, de nombreux laboratoires de différents horizons s'intéressent à la recherche de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels ; parmi ces adsorbants, figure les argiles. Les travaux réalisés ont pour but de tester trois argiles : la bentonite de Maghnia, le kaolin de Mila et l'argile de Djabel Debbagh de Ain Berbar dans le cadre d'éliminer trois colorants acides : le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine qui sont souvent rencontrés dans les effluents de l'industrie textile de Tlemcen. La bentonite est sélectionnée comme le matériau argileux qui présente une capacité élevée pour l'adsorption des colorants utilisés. L'étude est suivie par des modifications de la structure de la bentonite une amélioration dans les performances de l'adsorption de la bentonite est obtenue avec une bentonite traitée en milieu acide et intercalée avec un tensioactif cationique le bromure d'hexadécyltriméthylammonium.

Ce travail est clôturé par l'application des différentes bentonites pour une adsorption des rejets résiduaires de l'industrie textile, les résultats obtenus ont montré l'intérêt pratique de l'utilisation des argiles dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les colorants

Key Words: adsorption, argile, bentonite, colorants textiles

Valuation of Algerian clay: Application to adsorption textiles dyes in solution

Résumé

The increased demand for water in recent years, both for domestic consumption and for the development of various industries, has given rise to large quantities of wastewater, often accidentally or deliberately contaminated by certain chemicals (pollutants) of industrial origin (hydrocarbon dyes, heavy metals, etc.), which is a source of environmental degradation. Over the past thirty years, many laboratories from different horizons have been looking for new adsorbents based on natural materials, including clays. The aim of this project is to test three clays: bentonite from Maghnia, kaolin from Mila and Djabel Debbagh clay from Ain Berbar, with a view to eliminating three acid dyes: Bezanyl Yellow, Bezanyl Red and Nylomine Green, which are often found in effluents from the Tlemcen textile industry. Bentonite is selected as the clay material with the highest adsorption capacity for the dyes used. The study was followed by modifications to the bentonite structure, and an improvement in bentonite adsorption performance was obtained with an acid-treated bentonite intercalated with the cationic surfactant hexadecyltrimethylammonium bromide.

The work concluded with the application of various bentonites for the adsorption of textile industry wastewater.

The results obtained demonstrated the practical value of using clays to clean up water contaminated by dyes.

Mots clés : adsorption, clay, bentonite, textile dyes

¹ Corresponding author: belkacem_71@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Actuellement, les rejets de l'industrie du textile sont lourdement chargés en colorants. Ces derniers sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture ; de ce fait les eaux de rejet se trouvent fortement concentrées en colorants dont la faible biodégradabilité rend les différents traitements difficilement applicables, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Pour le grand public, un effluent coloré est obligatoirement pollué et dangereux [1]. Le danger des colorants réside dans leur accumulation dont résultent des conséquences graves sur les écosystèmes et par la suite sur la santé de l'homme [2]. La Wilaya de Tlemcen possède trois complexes de textiles (Tlemcen, Nédroma et Sebdo), leurs rejets colorés constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine. L'élimination des colorants à partir des rejets industriels est très souvent réalisée par des traitements chimiques classiques tels que : la décantation, coagulation-floculation, oxydation,... Les eaux résiduaires traitées par ce procédé contiennent encore des colorants et sont chargées du fait du nombre de réactifs ajoutés. Dans la plupart des cas, ces procédés sont très onéreux. Il est nécessaire de réfléchir à des techniques d'efficacité importante et de coût moins élevé. Les techniques d'adsorption ont été couronnées de succès dans l'abattement des espèces organiques colorées. Actuellement, le charbon actif est l'adsorbant le plus communément employé grâce à son pouvoir adsorbant qui est très important vis-à-vis des colorants, mais l'inconvénient est que le charbon actif coûte cher à cause de sa préparation qui demande des grands investissements (oxydation, broyage, tamisage, activation, conditionnement...) [3]. Les recherches se sont alors orientées vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux. Depuis un demi-siècle, de nombreux laboratoires de différents horizons s'intéressent à la recherche de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels; parmi ces adsorbants, figure les argiles utilisées dans le domaine de traitement des eaux colorées. C'est dans ce contexte que nous nous sommes proposé de tester des adsorbants compétitifs au charbon actif à base d'argiles disponibles en grande quantité dans notre pays du fait de son exploitation facile et peu coûteuse. Le présent travail a pour but de tester trois argiles de différentes régions de l'Algérie : la bentonite de Maghnia, le kaolin de Mila et l'argile de Djabel Debbagh de Ain Berbar dans le cadre d'éliminer trois colorants acides : le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine qui sont souvent rencontrés dans les effluents de l'industrie textile de Tlemcen. Modifier la structure de la bentonite par activation acide et intercalation par un tensioactif afin d'améliorer son utilisation dans le domaine de traitement des eaux colorées. Utilisation des différentes bentonites pour une application sur des rejets résiduaires réels de l'industrie textile. Cette technique présente certains avantages dont la simplicité, l'efficacité et un procédé de traitement de faible coût.

2-Matériel et méthode

La connaissance des mécanismes d'adsorption ou de rétention des adsorbats par les solides passe avant tout par une bonne connaissance des propriétés structurales et texturales des adsorbants utilisés. Pour cela, les argiles naturelles ont été caractérisées par différentes méthodes d'analyses physico-chimiques à savoir la composition chimique, la diffraction des rayons X, la mesure des surfaces spécifiques, et la mesure de la capacité d'échange cationique. Notre étude concerne trois argiles naturelles : la bentonite, le kaolin et l'argile de Djabel Debbagh utilisées pour l'adsorption des colorants acides d'industrie textile. La bentonite utilisée au cours de notre travail est extraite du gisement de Hammam-Boughrara à Maghnia (Tlemcen). Elle nous a été fournie à l'état finement broyé par la société (ENOF), des bentonites de Maghnia (Tlemcen). Le kaolin utilisé provient du gisement de Tamazert (Mila). Il nous a été fourni par l'entreprise de la céramique de Ghazaouet (Tlemcen) à l'état finement broyé. L'argile Djabel Debbagh est extraite du gisement de Ain Barbar (Guelma) fournie par l'entreprise de la céramique de Ghazaouet (Tlemcen) à l'état finement broyé.

Tableau 1 : Les valeurs de la composition chimique des argiles utilisées.

% massique	Bentonite	Kaolin	Argile Djabel Debbagh
SiO ₂	65.2	49.3	45.23
Al ₂ O ₃	17.25	33.5	38.31
Na ₂ O	3	0.09	0.66
CaO	5	0.08	0.21
K ₂ O	1.7	2.75	0.08
MgO	3.10	0.4	0.06
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	3.78	1.47	1.18

Pour les trois argiles, les valeurs des surfaces mesurées avec la méthode BET (Brunauer, Emmett et Teller) [4] sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : les surfaces spécifiques des argiles utilisées.

Argile	Surface spécifique (m ² /g)
Bentonite	23.76
Kaolin	22.71
Djabel Debbagh	49.69

Les mesures de la capacité d'échange cationique (CEC) des différentes argiles montrent une grande divergence des valeurs de CEC obtenues indiquées sur le tableau 3.

Tableau 3 : Les valeurs de la capacité d'échange cationique des argiles utilisées.

Argiles	CEC (meq/100g)
Bentonite	80
Kaolin	5.2
Argile Djabel Debbagh	13.8

Nous nous sommes intéressés à l'élimination de trois colorants: le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine. Ce sont des colorants acides sous forme de sel (poudre très fine) appartenant à la catégorie des colorants solubles dans l'eau. Ils nous ont été fournis par la société de production de soie artificielle (SOITEX) de Tlemcen. Ces colorants sont destinés à la teinture des textiles et surtout pour les fibres polyamides.

3-Résultats et discussions

3.1-cinétique d'adsorption

Comme l'illustre la figure 1 qui représente l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps. On remarque que les cinétiques d'adsorption des colorants sur les argiles utilisées présentent les mêmes allures caractérisées par une forte adsorption du colorant sur l'argile dès les premières minutes de contact colorant-argile, suivie d'une augmentation lente jusqu'à atteindre un état d'équilibre. Notons que pour les deux colorants nous avons les mêmes allures pour cela on représente seulement les cinétiques d'adsorptions concernant le Jaune Bezanyl.

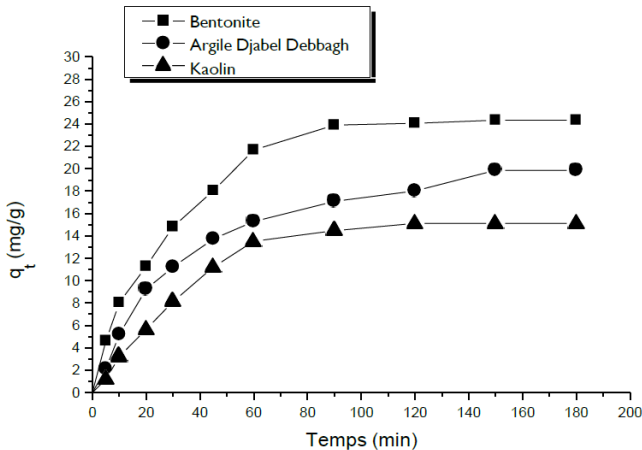


Figure 1 : Cinétiques d'adsorption du Jaune Bezanyl sur les argiles utilisées.

A l'état d'équilibre, la bentonite fixe davantage ces trois colorants que l'argile Djabel Debbagh et le kaolin. Le vert Nylomine est le colorant le moins adsorbé quelque soit l'argile utilisée. Pour expliquer les résultats ainsi obtenus,

et les relier à la caractérisation physico-chimique des trois argiles, nous avons constaté en premier lieu que la bentonite présente une capacité d'échange cationique très importante par rapport à l'argile de Djabel Debbagh et le kaolin qui peut être responsable de cette grande affinité pour ces colorants étudiés. Le second critère est la distance interfoliaire de la bentonite qui est supérieure aux autres.

Le temps d'équilibre est presque identique pour toutes les cinétiques réalisées et varie entre 120 et 150 minutes. Les résultats obtenus concernant les quantités fixées à l'équilibre en (mg/g) sont représentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Les valeurs des quantités fixées des colorants à l'équilibre par les différentes argiles en (mg/g).

	Jaune Bezanyl	Rouge Bezanyl	Vert Nylomine
Bentonite	24.33	22.05	10.64
Argile Djabel Debbagh	19.86	17.23	8.18
Kaolin	15.12	14.08	6.83

3.2-Activation et intercalation de la bentonite

Dans notre travail, l'échantillon de la bentonite a été sélectionné comme matériau argileux qui présente une capacité élevée pour l'adsorption des colorants utilisés. L'intérêt de cette partie est d'effectuer une activation acide de la bentonite en utilisant de l'acide sulfurique [5] et une intercalation qui porte sur un échange cationique par l'utilisation d'un tensioactif cationique [6] dans le but d'améliorer son pouvoir adsorbant des colorants.

Le tensioactif que nous avons utilisé dans notre travail est le Bromure d'hexadécyltriméthylammonium : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Br}^-$ noté (HDTMA).

Nous avons effectué l'intercalation de deux quantités du tensioactif HDTMA (0.24 et 0.55 mmole).

D'après les résultats obtenus indiqués sur le tableau 5, on remarque que la bentonite intercalée présente un pouvoir adsorbant légèrement supérieur à celui de la bentonite activée et supérieur à celui de la bentonite naturelle vis-à-vis des trois colorants, à l'exception du Vert Nylomine où la bentonite activée et intercalée avec 0.24 mole de HDTMA ont presque la même quantité fixée à l'équilibre. On constate aussi que l'adsorption des colorants augmente avec l'augmentation de la quantité de HDTMA intercalée.

Tableau 5 : Résultats de la quantité adsorbée à l'équilibre des colorants sur les bentonites utilisées.

	Jaune Bezanyl	Rouge Bezanyl	Vert Nylomine
Bentonite Naturelle	$q_e = 24.33 \text{ mg/g}$	$q_e = 22.05 \text{ mg/g}$	$q_e = 10.64 \text{ mg/g}$
Bentonite active par H_2SO_4 (0.1N)	$q_e = 27.13 \text{ mg/g}$	$q_e = 26.41 \text{ mg/g}$	$q_e = 14.78 \text{ mg/g}$
Bentonite intercalée avec 0.24 mmole de HDTMA	$q_e = 31.66 \text{ mg/g}$	$q_e = 29.6 \text{ mg/g}$	$q_e = 14.21 \text{ mg/g}$
Bentonite intercalée avec 0.55 mmole de HDTMA	$q_e = 37.81 \text{ mg/g}$	$q_e = 33.16 \text{ mg/g}$	$q_e = 17.38 \text{ mg/g}$

-3 Application pour un rejet industriel réel

L'objectif de cette partie est de donner une démonstration de l'efficacité de la méthode dans le domaine du traitement des eaux résiduaires textile de l'unité SOITEX de Tlemcen et à toutes les unités industrielles utilisant

des colorants organiques. Dans cette étude, nous tenons en compte les résultats de quelques paramètres indicateurs de la pollution des eaux comme la demande chimique d'oxygène, la turbidité et la conductivité.

Pour cela, nous avons pris un rejet réel (constitués du mélange des trois colorants que nous avons utilisé à savoir le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine mais avec des pourcentages différents). Pour étudier les cinétiques de traitement de rejet par adsorption sur les différentes bentonites, la procédure suivie consiste à mettre en contact la solution de rejet avec une quantité de bentonite, le protocole opératoire adopté est le même que celui utilisé pour les cinétiques d'adsorption des colorants utilisés précédemment. Pour cela, nous avons suivi la concentration du rejet en fonction du temps jusqu'à ce que l'absorbance soit devenue constante ce qui correspond à la concentration finale du rejet. D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que cette méthode est aussi efficace avec les eaux résiduaires qu'avec les solutions de colorants préparées au laboratoire à partir de l'eau distillée. Le temps de contact est très court de l'ordre de quelques minutes. L'adsorption sur les argiles n'est pas spécifique seulement pour l'élimination des colorants mais aussi pour les autres paramètres indicateurs d'une pollution, comme on remarque bien sur l'effet sur l'odeur, la D.C.O et la turbidité du rejet.

CONCLUSION

D'un point de vue général, ce sujet se situe à l'intersection de trois disciplines : chimie des matériaux (l'utilisation des argiles), génie des procédés (la mise en œuvre d'un procédé d'adsorption) et environnement (traitement des eaux colorées). Les résultats obtenus lors de cette étude à l'échelle laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation des argiles dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les colorants. Les cinétiques d'adsorption des colorants utilisés sur les différentes argiles, ont permis de sélectionner la bentonite comme meilleur adsorbant vis-à-vis des colorants étudiés. L'obtention de résultats encourageants sur bentonite nous a poussés à poursuivre ce travail en effectuant des modifications sur ce matériau. Une certaine amélioration dans les performances de l'adsorption de la bentonite vis-à-vis des colorants est obtenue avec une bentonite traitée en milieu acide. Nous nous sommes intéressés ensuite à l'intercalation de la bentonite par un tensioactif le bromure d'hexadécyltriméthylammonium, il ressort de cette étude une augmentation du pouvoir adsorbant de la bentonite. Les résultats montrent qu'il est préférable de réaliser l'intercalation avec 0.55 mmole du tensioactif. Enfin, l'utilisation des différentes bentonites pour une application sur des rejets résiduaires de colorants textile a montré leurs efficacité et cela d'après les résultats des paramètres indicateurs d'une pollution obtenus considérés très encourageants à l'échelle industrielle.

Références

- [1] M. Mazet, O. Dusart, M Roger, D. Dussoubs-Marimer, Elimination de colorants de l'industrie textile par des sciures de bois, *Revue des Sciences de l'Eau*, 3 (1990) 129-149.
- [2] Y.S.Choi, J.H. Cho, Color removal dyes from wastewater using vermiculite, *Environmental Technology*, 17 (1996) 1169-1180.
- [3] S.Souabi, Traitement des rejets de l'industrie textile par charbon actif, *Techniques sciences méthodes*, 3 (1996) 181-185.
- [4] S. Brunauer, P.H. Emmet, E. Teller, Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, 60 (1938) 309-319.
- [5] A.G.Espantaléon, J.A. Nieto, M.Fernandez, A.Marsal, Use of activated clays in the removal of dyes and surfactants from tannery waste waters. *Applied Clay Science*, 24 (2003) 105-110.
- [6] L.Yang, L. Jiang, Z.Z. Yuangao Chen, X.Wang X, The sedimentation capabilities of hexadecyltrimethylammonium-modified montmorillonites. *Chemosphere*, 48 (2002) 461-466.



REPUBLIC OF TUNISIA



International Conference-Training (EDC'2023)
From 25 to 30 November 2023 Hammamet (Tunisia)

Water resources,
Drought and Climate Change



E_{water} D_{rrought} C_{Climate} '2023

If you have any questions, don't hesitate to Contact Pr.
Noureddine GAALOUL
E-mail: eauclimat@yahoo.com
eauclimat@iresa.agrinet.tn



2023

Colloque-Formation Internationale



E_{au} - S_{écheresse} - C_{limat}'2023

Ressources en Eau, Sécheresse et Changement Climatique

20 au 25 Novembre 2023 Hammamet (Tunisie)

www.jistee.org

E_{au} - S_{écheresse} - C_{limat}'2023

Pour plus d'informations veuillez contacter
Pr. Naoureddine GAALOUIL
E-mail: eauclimat@iresa.agrinet.tn
eauclimat@yahoo.com



International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET)

Journal International Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE)



ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688 Open Access
08 Volumes, 27 Numéros, (404 Articles) et 1 Livre
08 Volumes, 27 Issues, (404 Papers) and 1 Book

www.jistee.org

jistee@iresa.agrinet.tn / jistee@yahoo.com

VOLUME (VIII) : 4 Numéros (27 Articles) / 4 Issues (27Papers)

Eau-Sécheresse-Climat'2023 / Water-- Drought -Climate'2023

Numéro 1 – Mars 2022 (6 Articles) Pénurie d'eau, hausse des températures... Face au changement climatique, de la lutte à l'adaptation ??

Numéro 2 – Décembre 2023 (11 Articles) Eau-Sécheresse-Climat'2023 Gestion intégrée des ressources en eau

Numéro 3 – Décembre 2023 (6 Articles) Eau-Sécheresse-Climat'2023 Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

Numéro 4 – Décembre 2023 (4 Articles) Eau-Sécheresse-Climat'2023 Changement climatique et adaptation

VOLUME (VII) : 4 Numéros (32 Articles) / 4 Issues (31. Papers)

Eau-Santé-Climat'2022 / Water-- Health -Climate'2022

Numéro 1 – Mars 2022 (7 Articles) Changement Climatique : Quels effets sur notre santé ? / *Climate change : What effects on our health ?*

Numéro 2 – Juin 2022 (10 Articles) Impacts du Changement Climatique sur l'Eau, les Ecosystèmes et la Santé Humaine / *Impacts of Climate Change on Water, Ecosystems and Human Health*

Numéro 3 – Septembre 2022 (7 Articles) Eau, Climat, Santé, Inégalités : Quelles Solutions / *Water, Climate, Health, Disparities: Solutions*

Numéro 4 – Décembre 2022 (8 Articles) Changements climatiques Santé : Qualité de l'eau et accessibilité / *Changements climatiques Santé : Qualité de l'eau et accessibilité*

VOLUME (VI) : 4 Numéros (31 Articles) / 4 Issues (31Papers)

Eau-Agriculture-Climat'2021 / Water--Agriculture-Climate'2021

Numéro 1 – Avril 2021 (11 Articles) Face aux enjeux climatiques et alimentaires : Réinventer les relations Eau-Agriculture-Climat / *Faced with climate and food issues : Reinventing Water-Agriculture-Climate relations*

Numéro 2 – Juin 2021 (6 Articles) Changement climatique, eau, agriculture - Quelles trajectoires ? / *Climate Change, Water, Agriculture - What trajectories ?*

Numéro 3 – September 2021 (6 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture Vers des Systèmes Résilients / *Climate Change, Water and Agriculture Towards Resilient Systems*

Numéro 4 – Décembre 2021(8 Articles) Changement Climatique, Eau et Agriculture : Quelles Stratégies ? / *Climate Change, Water and Agriculture : What Strategies ?*

VOLUME (V) 2 Numéros (27 Articles) / 2 Issues (27 Papers)

Eau-Climat'2020 (EC-2020) / Water-Climate'2020 (EC-2020)

Numéro 1 – Septembre 2020 (14 Articles) Ressources en Eaux et Changements Climatiques / *Water Resources and Climate Change.*

Numéro 2 – Décembre 2020 (13 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eau et Changement Climatique / *Integrated Water Resources Management and Climate Change*

VOLUME (IV) : 2 Numéros (68 Articles) / 2 Issues (68 Papers)

Eau-Énergie-Climat'2019 (2EC-2019) /Water-Energy-Climates'2019 (E'C-2019)

Numéro 1 – Décembre 2019 (56 Articles) Gestion Intégrée des Ressources en Eaux / *Integrated Water Resources Management*

Numéro 2 – Décembre 2019 (12 Articles) Énergies Renouvelables Et changements climatiques / *Renewable Energies and climate change*

VOLUME (III) : 3 Numéros (103 Articles) / 3 Issues (103 Papers)

Eau-Environnement-Climat'2018 (E'C-2018) /Water-Environnement-Climate'2018

Numéro 1 – Avril 2018 (62 Articles) Gestion des Ressources en Eau / *Water Resources Management*

Numéro 2 – Août 2018 (34 Articles) Sciences de l'Environnement / *Environmental Earth Sciences*

VOLUME (II) 5 Numéros (53 Articles) / 5 Issues (53 Papers)

Eau-Société-Climat'2017 (ESC-2017) / Water-Society-Climate'2017 (ESC-2017)

Numéro 1 – Février 2017 (17 Articles) Caractérisation qualitative et quantitative des ressources en eau / *Qualitative and quantitative characterization of water resources.*

Numéro 2 – Avril 2017 (8 Articles) Évaluation des ressources en eau sous les pressions de l'humanité et des changements climatiques / *Assessment of water resources under pressure from humanity and climate change*

Numéro 3 – Juin 2017 (9 Articles) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques / *Vulnerability of Water Resources to Climate Change.*

Numéro 4 – Août 2017(8 Articles) Modélisation de l'impact des changements anthropiques et climatiques sur les ressources en eau / *Modeling the impact of anthropogenic and climatic changes on water resources*

Numéro 5 – Octobre 2017(11 Articles) Modélisation Numérique en Hydraulique, Hydrologie et Hydrogéologie / *Numerical Modeling in Hydraulics, Hydrology and Hydrogeology*

VOLUME (I) 3 Numéros (36 Articles) / 3 Issues (36 Papers)

Eau-Climat'2014 (EC-2014) /Water-Climate'2014 (EC-2014)

Numéro 1 – Avril 2014 (17 Articles) Ressources en Eaux de Surface en Région Méditerranéenne / *Surface Water Resources in the Mediterranean Region.*

Numéro 2 – Août 2014 (8 Articles) : Ressources en Eaux Souterraines en Région Méditerranéenne / *Ground Water Resources in the Mediterranean Region*

Numéro 3 – Décembre 2014 (11 Articles) Changements Climatiques en Région Méditerranéenne / *Climate Change in the Mediterranean Region*

Copyright © 2023 – Jistee Tous droits réservés

International Journal Water Sciences and Environment Technologies (IJWSET/JISTEE)

©2023 by the authors | Open Access Journal | ISSN Online: 1737-9350, ISSN Print: 1737-6688

V (viii), Issue 3 –December 2023 - jistee.org/volume-viii-2023/

INTERNATIONAL JOURNAL

Water Sciences and Environment Technologies

ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688
Open Access Journal

Volume (viii) - Issue 3 - December 2023

Water - **D**rough - **C**limate'2023



Reuse of Treated WasteWater in Agriculture

Editor-in-Chief: Pr Nouredine Gaaloul

Published by:

*Scientific and Technical Association for Water and the
Environment in Tunisia (ASTEETunisie)*