



SUIVI DE LA COAGULATION-FLOCCULATION DES EAUX DU BARRAGE DE DJORF-TORBA (BECHAR) PAR AJOUT D'ARGILE ET DE CHAUX, ETUDE COMPARATIVE

COAGULATION FLOCCULATION TEST OF DJORF TORBA'S WATER DAM (BECHAR) USING CLAY AND LIME: A COMPARATIVE STUDY

BENAICHATA M.^{1*}, BOUKERROUI A.², ASSOULI M.¹

¹ Département génie civil et hydraulique, Faculté des Sciences et Technologie,
Université Tahri Mohamed Bechar

² Laboratoire de Technologie des Matériaux et de Génie des Procédés (LTMGP)
université de Bejaia

rimalika.2007@gmail.com

RESUME

L'objectif de la présente étude s'intéresse à l'influence des ajouts d'argiles sur le processus de coagulation-flocculation des eaux de barrage de Djorf-Torba alimentant l'agglomération de Bechar (Sud-Ouest Algérien). Des essais jar test au sulfate d'aluminium et adjuvant de chaux d'abord puis additionné de deux types d'argiles, l'une provenant du gisement d'oued Khodir (sud algérien) et l'autre du gisement de Hammam Boughrara près de Maghnia (nord-ouest algérien) ont été menés sur les eaux brutes du barrage. Le suivi de la turbidité de l'eau brute ayant subie les deux types d'opérations de coagulation-flocculations a donné des effets encourageants sur l'abattement de la turbidité. En effet, les résultats obtenues ont montrés que l'ajout de doses d'argile comprises entre 7 et 9 mg/ l i conduisent à des abattements importants de la turbidité ce qui permet d'atteindre le but de notre étude qui est une substitution de la chaux par l'argile. C'est la dose de 7 mg/l d'argile qui s'avère la meilleure et le calcul de rendement pour cette dose dans l'élimination de la turbidité a atteint une valeur supérieure à 96 % alors qu'il n'est que de 95.3 % en présence de chaux.

Mots clés : Coagulation, Flocculation, turbidité, eaux de barrage, chaux.

ABSTRACT

The aim of this study is interested in the influence of clay addition to the coagulation-flocculation process of Djorf-Torba's water dam situated near Bechar region (South West Algeria).

The Jar test trials with aluminum sulphate were conducted on the raw water using lime adjuvant and clay. The operations of flocculation-coagulation process were conducted with lime alone, lime +clay (Maghnia clay and Oued Khodir clay) and add clay without lime. The results show that the turbidity value of raw water was decreased with amount of clay adjuvant used alone. Indeed, the obtained results showed that the addition of clay doses in interval 7 - 9 mg/l give significant reductions of turbidity. However, the best amount of clay is 7 mg/l and the yield calculated at this concentration is equal at 96 %, highest value, then it is only 95.3% in the presence of lime alone.

INTRODUCTION

La faible pluviométrie a fait que l'Algérie est classée sur la liste des pays pauvres en eaux, et le danger de pénurie ne cesse de nous getter au fil des temps risquant de provoquer une sécheresse qui pourrait menacer l'équilibre écologique de la région. A cet effet, la gestion et le traitement des ressources en eaux superficielles doivent être un souci majeur. Pour y remédier à ce problème majeur de manque en eau, plusieurs études ont été consacrées à cet effet (Achour, 1997 ; Achour et Moussaoui, 1993 ; Afoufou et Achour, 2003 ; Zemmouri et al., 2012).

Depuis de longues années, les autorités politiques du pays se sont orientées vers la construction de barrages qui sont parfois situés dans les zones sud – désertiques- du pays. C'est le cas de notre étude qui concerne les eaux du barrage de Djorf-Torba. Ce barrage est construit à une soixantaine de kilomètres de la ville de Béchar (sud-ouest de l'Algérie). Il est destiné à la production d'eau potable alimentant l'agglomération de Bechar. Les eaux alimentant le barrage charrient tout le long de leur traversée des substances diversifiées contenant à des degrés diverses de concentrations, des composés organiques (macromolécules). Au cours du temps, ceux-ci engendrent des problèmes représentés par une détérioration de la qualité organoleptique de ses eaux et un

développement bactérien provoquant entre autre le phénomène de la corrosion dans les conduites du réseau de distribution (Clark et al., 1993 ; Le Chevalier, 1990), en plus d'une consommation importante de chlore qui au cours du temps peuvent aboutir à la formation de composés organo-halogénés potentiellement toxiques (Achour et Moussaoui, 1993).

Pour garantir une bonne potabilité des eaux de barrage, plusieurs méthodes conventionnelles de clarification de ses eaux existent et les plus communes sont basées sur le procédé de coagulation–floculation utilisant le sulfate d'aluminium comme coagulant (Bazer-Bachi et al., 1990 ; Freitas et al., 2015 ; Wei et al., 2015 ; Fiessinger et Bersillon, 1977). Certains travaux utilisent des coagulants naturels jugés plus écologique (Freitas et al. 2015). Pour activer le processus de coagulation-floculation certains adjuvants sont ajoutés au système (Fiessinger et Bersillon, 1977). Plusieurs études ont inspirés certains auteurs qui préconisaient comme adjuvant des matériaux mixtes argile-chitosane ou hybride (Assaad et al., 2007 ; Jin et al., 2013 ; Lee et al., 2012) ou de charbon actif (Khelili, 2010). Pour éliminer efficacement les macromolécules de l'eau de barrage, une optimisation des conditions physicochimiques du traitement de clarification est souvent nécessaire (Achour, 1997 ; Bazer-Bachi, 1990 ; Jin et al., 2013).

Le système de la coagulation-floculation à base de sulfate d'aluminium additionné de chaux est le procédé de clarification habituellement utilisé dans le traitement des eaux du barrage de Djorf-Torba. Notre étude, tout en gardant comme souci majeur le respect des critères de potabilité de l'eau produite, est une contribution à l'optimisation du procédé de floculation qui sera fonction des conditions inhérentes à la phase liquide (pH, force ionique, nature des ions, température,...), mais aussi à la nature de l'adjuvant qui pourrait éventuellement être substitué par deux argiles localement disponible, provenant pour l'une du gisement de Ouled Khodeir (AOK) et pour l'autre du gisement de Hammam Boughrara (BM). Si pour le matériau BM plusieurs travaux lui sont déjà consacrés (Abdelouhab et al., 1988, Boukerroui, 2002), pour AOK, à notre niveau de connaissance, aucune étude n'a été publiée sur ce matériau. Ces deux matériaux argileux présentent communément ; un double avantage pour leur coût relativement bas et leur large disponibilité due à la grande réserve de leurs gisements respectifs existant en Algérie. Sans doute, les performances du matériau AOK seront comparées à celles de l'argile provenant du gisement bentonitique de Hammam Boughrara (Maghnia), matériaux connus pour ces propriétés de clarification et largement étudié par certains auteurs ayant investis le domaine (Achour et Seghairi, 2002, Kacha et al., 1997).



Figure 1 : Situation géographique des deux gisements d’argiles étudiés (BM près de Tlemcen et AOK d’Adrar) et du barrage de Djorf Torba (Bechar)

PROCEDURE EXPERIMENTALE

Matériels utilisés

Les matériaux argileux utilisés dans notre étude, proviennent des gisements d’Ouled Khodeir (noté AOK) situé à 400 Km au sud de Béchar (sud-ouest algérien) et le second de Hammam Boughrara (noté BM), nord-ouest algérien (voir la situation géographique des deux gisements sur la carte de la Figure 1). Des études antérieures ont montré que BM est une bentonite de type smectite dont le composé majeur est de la montmorillonite [Boukerroui A., 2002]. Les échantillons d’argiles ont subi séparément au niveau de notre laboratoire des opérations de purification de concassage, de broyage et de tamisage par voie

sèche en vue d'obtenir la fraction inférieure à 80 µm conformément à la norme française «NF94-056». Cette tranche granulométrique subira plusieurs opérations de sédimentation successives dans l'eau distillée. La fraction argileuse de 2 µm de diamètre récupérée après sédimentations et centrifugation à 10000 tours par minute a été séchée à l'étuve pendant plusieurs heures. Elle a servi à tous les travaux effectués durant cette étude. La méthode de sédimentation pour BM et qui a été aussi appliquée à AOK, a été plus clairement détaillée dans une étude antérieure [Boukerroui et Ouali, 2000].

Tous les essais de coagulation-floculation ont été conduits sur des eaux brutes du barrage. Les prélèvements ont été effectués durant la période allant de Mars à Avril 2015, la matinée (08H) et à une profondeur de 6 à 7 m de la surface de l'eau du barrage à l'aide d'une pompe submersible et avec le concours des services de l'Algérienne des Eaux (ADE) (antenne locale) qui est l'organe de gestion et de distribution des eaux du barrage. La qualité des eaux prélevées est identique à celle des eaux brutes qui alimentent la station de traitement. Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire a été effectué le même jour comme exigées par les recommandations contenus dans la littérature [Rodier et al., 2009].

Le coagulant utilisé est le sulfate d'aluminium (SA) de formule $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Une solution mère de 5 g/l est préparée régulièrement dans l'eau distillée.

L'adjuvant de chaux $Ca(OH)_2$ est une solution mère à 2 g/l préparée régulièrement dans l'eau distillée, avant chaque essai.

Tous les adjuvants sont ajoutés après une minute d'agitation à 200 tours/min.

Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux

Les résultats sont obtenus sur les appareils et selon les protocoles normalisés [Rodier et al., 2009] et décrits comme ci-dessous.

- Le pH est mesuré par un pH-mètre digital (HANNA 2210), muni d'une électrode en verre combinée.
- La turbidité est obtenue à l'aide d'un turbidimètre " HACH 2100 N".
- Le titre hydrotimétrique TH et le titre alcalimétrique complet TAC, sont déterminés respectivement par complexométrie à l'EDTA et par acidimétrie.

- La conductivité est mesurée en utilisant un conductimètre électrique de type HACH.
- Le dosage des chlorures est effectué par la méthode de Mohr.
- Le reste des éléments minéraux sont dosés selon les protocoles normalisés contenus dans la littérature (Rodier et al., 2009).
- L'analyse granulométrique de détermination de la distribution pondérale de la taille des particules du sol provenant du gisement AOK (argile, limon et sable) a été menée par la méthode de sédimentation du tamisât de 0.08 mm diamètre. Le protocole est suivi conformément à la norme française « NFP 94-057 » et les travaux de la littérature dans le domaine [Aubert, 1978].

Essais de coagulation - floculation

Les essais sont menés selon le protocole général bien connu du "Jar-test" (Achour et Guesbaya, 2005). Le matériel d'essai est constitué par un flocculateur à 4 agitateurs (Flocumatic) avec une vitesse de rotation individuelle variant entre 0 et 200 tr/min. Cet appareil permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de 04 béchers remplis chacun de 1000 ml d'eau brute de barrage de turbidité moyenne variant de 6.3 à 32.6 NTU.

Les conditions d'agitation que nous avons adoptées sont :

- 3 minutes d'agitation rapide avec une vitesse égale à 200 tours /min.
- 20 minutes d'agitation lente avec une vitesse égale à 40 tours / min.
- 30 minutes de décantation.

La quantité fixe de coagulant SA a été ajoutée au début de l'opération et les adjuvants (chaux et argiles) après une minute d'agitation à 200 tours/minute.

Le pourcentage d'abattement de la turbidité lors des essais est évalué par le rendement exprimé en % d'élimination de la turbidité déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{TUR_0 - TUR}{TUR_0} * 100$$

Où TUR_0 en NTU est la Turbidité de l'eau brute du barrage et TUR en NTU la Turbidité de l'eau ayant subis les opérations de coagulation-floculation

Les produits chimiques utilisés sont de qualité RP.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractérisation physicochimique de l'argile AOK

Les paramètres physicochimiques les plus essentielles caractérisant l'argile AOK sont regroupés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques physicochimiques des argiles (AOK)

Paramètre	CaCO ₃ (%)	SO ₄ ²⁻ (%)	Cl ⁻ (%)	Insolubles MgO, Al ₂ O ₃ ,CaO, Fe ₂ O ₃ (%)	pH (20 °C)	Cond (µS/cm)
Argile (AOK)	27,00	traces	0,8	72,19	9,67	0,18

D'après les résultats d'analyses physicochimiques enregistrés dans le tableau 1, on observe que :

- la valeur du pH (9.67) montre que l'argile AOK est basique.
- les insolubles constituant la fraction la plus importante dans la composition de l'argile, ont atteint des valeurs de 72,19 %.
- Les teneurs en chlorures, en sulfates et la conductivité sont très faibles.
- Le taux de carbonates CaCO₃ dans l'argile (AOK) est élevé (27 %). Donc l'argile (AOK) est une « Argile calcique ».

Résultat d'essai d'analyse de l'argile AOK par sédimentation

Les résultats d'analyse granulométrique par la méthode de sédimentation de l'argile (AOK) sont tracés dans la Figure 2. Le graphe obtenu illustre les fractions du sol qui composent l'échantillon d'argile AOK.

D'après les résultats des pourcentages de tamisât cumulé en fonction des diamètres équivalents, illustrés dans la figure 2 nous remarquons que les échantillons d'argile AOK contiennent entre 15 % à 18% d'argile, la grande fraction c'est du limon et entre 10 % à 20% de sable. Ce qui indiquerait que le matériau de AOK peut être classée entre les sols limoneux et les sols argileux (Aubert, 1978).

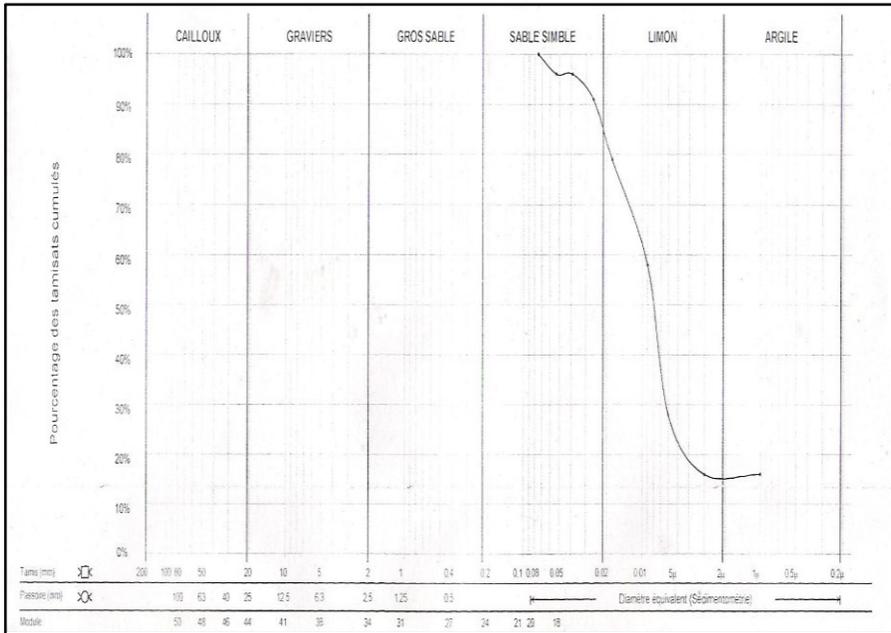


Figure 2 : Composition de l'argile d'Ouled Kodeir (AOK) en (%) en fonction des phases minéralogiques du sol.

Analyses physicochimiques des eaux brutes du barrage BDT

Les eaux brutes du barrage prélevées selon les dates sus indiquées sont analysées au niveau du laboratoire par le suivi des paramètres physicochimiques les plus importants et les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 1.

Tableau 2 : Résultats des analyses des eaux brutes du « BDT »

Paramètre	Valeur moyenne
Température (°C)	19
pH	8,1
Conductivité (µS/cm)	531
TDS (mg/l)	312,5
Salinité	0.32
TH (°F)	25,4
TAC (°F)	1,45
Chlorure (mg/l)	236
Sulfates (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	130,5
Turbidité (NTU)	16,08

L'analyse des résultats du tableau 2 nous montrent que certains paramètres physicochimiques de Salinité, de Température et du pH, mesurés sur les eaux brutes du barrage sont conformes aux normes internationales (Rodier et al., 2009).

Pour la dureté d'après les résultats du TH obtenus on peut conclure que les eaux du barrage Djorf Torba sont légèrement dures mais restent dans l'intervalle de conformité vis-à-vis des normes [Rodier et al., 2009].

La valeur moyenne de la conductivité de l'eau du barrage pendant la période d'échantillonnage est de 531 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ce qui nous indique que l'eau du barrage satisfait à une minéralisation moyenne (Rodier et al., 2009). Pour l'alcalinité, on observe qu'elle est bicarbonatée car le pH de la plupart des échantillons analysés est inférieur à 8,3.

Pour les Chlorures et les Sulfates : les résultats montrent des teneurs élevées en chlorures pour la majorité des échantillons. Les valeurs moyennes enregistrées pour les sulfates sont de l'ordre de 130 mg/l. Les teneurs élevées en chlorures et sulfates pourraient éventuellement provenir de la forte présence de terrains salés (sols sablonneux) dans la région environnante du barrage, additionné à la forte utilisation des pesticides dans l'agriculture. Ces diverses substances seraient charriées au fil du temps par les eaux pluviales jusqu'au barrage.

Détermination de la dose optimale du coagulant

Influence de la dose de Sulfates d'Aluminium seul

Pour déterminer la dose optimale de SA nous avons réalisé des essais de Jar-Test sur les eaux brutes du barrage avec des doses croissantes en sulfates d'aluminium (SA) fixées à 20, 35, 50 et 65 mg/l, intervalle de doses de SA utilisé par certains auteurs (Afoufou et Achour, 2003). Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 3.

Les résultats du tableau 3 montrent que l'augmentation des doses de SA influe légèrement sur certains paramètres tels que la température, la conductivité et la salinité. Toutefois la valeur de TH augmente légèrement tandis que les valeurs de TAC, de chlorure et de sulfate diminuent avec l'augmentation de la dose de SA. La valeur du pH reste stable pour les doses de 20 et 35 mg/l de SA. Cependant elle diminue légèrement avec l'augmentation de la concentration de SA. Certains auteurs préconisent que pour des pH compris entre 6 et 8 lors de l'hydrolyse du sulfate d'aluminium, il se produit une forte précipitation des

hydroxydes d'aluminium ($\text{Al}(\text{OH})_3$). En outre ce précipité est de solubilité minimale pour des pH variant dans l'intervalle 5,5-7 (Youcef et Achour, 2005). D'autres auteurs activant dans le même domaine, rapportent que des éléments minéraux en présence dans l'eau peuvent apporter des changements au processus de floculation par leur effet positive (tels que le calcium ou le magnésium) ou avoir un effet inhibiteur (tel que les sulfates) (Hecini et Achour, 2014; Achour et Guesbaya, 2006). En outre, la présence des ions sulfates augmentent l'insolubilité de l'hydroxyde d'aluminium (Fiessinger et Bersillon, 1977). Dans notre cas le TAC a donc joué un effet promoteur par le biais de liaison de pontage entre les éléments calcium ou magnésium et le SA. C'est pour cela que sa valeur a tendance à diminuer. De plus, la diminution de l'alcalinité (TAC) avec l'augmentation de la dose de sulfate d'aluminium a pour explication suivantes : lors de l'utilisation du sulfate l'aluminium, chaque Al^{3+} nécessite pour passer à l'état $\text{Al}(\text{OH})_3$ de 3OH^- provenant des bicarbonates et de l'eau. Des protons H_3O^+ sont ainsi libérés et par conséquent le pH baisse.

Tableau 3 : Influence de la dose de SA sur les paramètres de potabilisation de l'eau

Paramètres	Eau brute	Doses de sulfates d'Al (mg/l)			
		20	35	50	65
Température (°C)	21,9	22,5	22,4	22,6	22,3
Cond (µs/cm)	576	570	571	567	569
TDS (mg/l)	311	296	299	298	298
Salinité	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
TH (°F)	24,8				26,5
TAC (°F)	1,4				0,9
pH	7,8	7,8	7,7	7,5	7,4
Chlorures (Cl^-)	230,42				219,79
Sulfates (SO_4^{2-})	203				83
TUR (NTU)	9,8	1,9	1,7	1,5	1,4
Rendement (%)		80,61	82,65	84,69	85,71

La taille et la forme des floes formés après la coagulation sont relatives à la concentration en aluminium qui détermine quelque peu l'efficacité coagulante de ce dernier (Fiessinger et Bersillon, 1977). C'est ce qui aurait influé sur la décantation des floes. D'après la littérature, « L'utilisation d'un seul coagulant ne permet pas, dans tous les cas, d'obtenir un bon processus de coagulation-

floculation (Fiessinger et Bersillon, 1977). L'utilisation d'un aide-coagulant permet d'améliorer les performances du procédé de coagulation floculation et aussi de décantation (Fiessinger et Bersillon, 1977).

On observe aussi (tableau 3) que les valeurs de turbidité diminuent avec l'augmentation de la dose de SA. La valeur de rendement a tendance à se stabiliser à partir de 50 mg/l de SA. C'est ce que prévoient les travaux de la littérature (Afoufou et Achour, 2003 ; Fiessinger et Bersillon, 1977).

Influence de l'ajout de la chaux

Dans cet essai de Jar Test on a fixé la dose de coagulant de SA à 50 g/l à laquelle on rajoute des quantités fixe de 3, de 5, de 7 et de 9 mg/l de chaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Evolution des paramètres en fonction de la dose de chaux

Paramètres	Eau brute	dose de chaux (mg/l)			
		3	5	7	9
Température (C°)	24,5	24	24	24	24
PH	8,3	8	7,7	7,6	7,5
Cond (µs/cm)	595	593	597	1123	1050
TDS (mg/l)	296	297	298	568	531
Salinité	0,3	0,3	0,3	0,6	0,5
TH (°F)	29	/	/	29,8	/
TAC (°F)	1,2	/	/	1,4	/
Chlorures (Cl ⁻)	212,7	/	/	233,97	/
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	40,5	/	/	0	/
TUR (NTU)	21,4	4,2	2,5	1,5	1,7
Rendement (%)		80,37	88,31	92,99	92,05

A la lumière des résultats obtenus (tableau 4), on constate que l'utilisation du sulfate d'aluminium combiné avec de la chaux a amélioré les résultats de turbidité. En effet, les résultats du tableau 4 montrent une nette amélioration du rendement d'élimination de la turbidité et l'ajout de la chaux est d'un grand apport. On observe que la turbidité diminue avec l'augmentation de la dose de chaux et le calcul du rendement a donné des valeurs en nette croissances. En effet, le rendement qui était de 85 % sans la chaux, augmente jusqu'à 92,99 %.

C'est la valeur optimale de rendement correspondant à une dose de chaux de 7 mg/l.

Pour le reste des paramètres, les résultats regroupés dans le tableau 4 exhibent une relative stabilité des valeurs de température et de TH, une augmentation de TAC, de la salinité, des chlorures, de la conductivité et de TDS, une diminution du pH et l'élimination par la chaux de la quasi-totale des sulfates.

Influence des doses d'argile sur le processus de coagulation-floculation

Pour tester l'efficacité des adjuvants naturels (argiles) dans le procédé de «coagulation-floculation», nous avons réalisé deux types d'essais de coagulations -floculations. Le premier a été réalisé avec le SA (50 mg/l) et l'argile à des doses croissantes de 3, 5, 7 et 9mg/l (BM ou AOK.). Dans le second et en gardant les mêmes conditions, il lui a été rajouté 7 mg/l de chaux.

L'évolution de la turbidité et du rendement d'abattement de celle-ci en fonction des doses d'argiles sont suivis et les résultats obtenus sont mentionnées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Effet de l'ajout de l'argile sur le processus de floculation

Paramètres	Eau brute	Dose injectée d'argile (mg/l)			
		3	5	7	9
TUR (NTU) (SA + BM)	32,6	1,9	1,4	1,3	1,2
Rendement (%)		94,17	95,71	96,01	96,32
TUR (NTU) (SA+AOK)	32,6	2,3	2,8	2,0	2,0
Rendement (%)		92,94	91,41	93,87	93,87
TUR (NTU) (SA+BM+chaux)	32,6	1,9	2,1	1,5	2,5
Rendement (%)		94,17	93,56	95,40	92,33
TUR (NTU) (SA+AOK+Chaux)	32,6	2,9	2,1	1,8	2
Rendement (%)		91,10	93,56	94,48	93,87

Les résultats du tableau 5 montrent que la turbidité diminue après un ajout d'argile. En effet on observe que l'utilisation de l'argile provoque un abattement de la turbidité de 32.6 à 1.2 NTU pour BM et de 32.6 à 2 NTU pour AOK. Donc l'argile de Maghnia (BM) est de meilleure efficacité que l'argile AOK. Cette

efficacité pourrait être expliquée par les propriétés de présence chez l'argile BM d'une grande capacité d'échange, de large surface spécifique et d'une bonne colloïdalité (Boukerroui, 2002, Boukerroui and Ouali, 2000) Les valeurs de rendements aussi varient selon la même allure c'est-à-dire que leur croissance est proportionnelle à la dose d'argile. Toutefois les valeurs de rendement sont meilleures avec l'argile BM ou on enregistre des valeurs de rendement d'élimination de la turbidité supérieur à 96 %.

Dans le second essai, l'utilisation de la chaux a donné des résultats analogues d'abattement de la turbidité. Toutefois les résultats obtenus sont légèrement inférieurs (rendement < 95 %) à ceux du premier essai c'est-à-dire sans utilisation de chaux. Donc l'utilisation de l'argile dans le traitement des eaux brutes pourrait être un bon substitut à la chaux — dans le traitement des eaux de barrage. De plus, les gisements d'argile sont abondants en Algérie et de moindre coût. Et leurs utilisation génèrent des décharges de boues d'argile facilement valorisables dans l'agriculture, comme amendement des sols sablonneux. La chaux, outre qu'elle modifie le pH, elle augmente le volume de la charge des rejets sous forme de boues difficilement valorisables.

Les résultats du tableau 2 montrent aussi que les eaux du barrage de Djorf-Torba contiennent une forte teneur en sulfate et en chlorure. Les travaux de la littérature ont mis en évidence l'inhibition du processus de floculation par les anions chlorure et sulfates (Hecini et Achour, 2014). Ils forment des ligands concurrents aux ions hydroxydes et qui interfèrent sur le phénomène de précipitations des hydroxydes d'aluminium, par conséquent ils modifient la formation des flocons (flocons de faibles volumes) [Hecini et Achour, 2014]. En effet, l'argile apportent des cations calciums qui eux inhibent l'action des sulfates et chlorures, donc facilitent l'effet promoteur du processus de floculation.

CONCLUSION

Les essais exposés au cours de cette étude montrent que les eaux du barrage de Djorf-Torba présentent une minéralisation moyenne, un pH légèrement basique, une turbidité moyennement élevée et une forte présence de chlorure et de sulfate qui pour ces derniers inhibent le processus de coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium. L'utilisation d'adjuvant de chaux est inévitablement une technique qui active le processus de coagulation-floculation, néanmoins l'utilisation de biomatériaux à base d'argiles, localement disponibles donne des résultats d'abattement de la turbidité tout aussi comparables. En outre,

l'utilisation de matériaux argileux provenant de Maghnia ou de Ouled Khodeir est moins polluant et génèrent des déchets de boues largement valorisables dans l'agriculture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELOUHAB C., AIT AMAR H., OBRETENOV T.Z., GAID A., (1988). Caractéristiques physico-chimiques et structurales de quelques argiles bentonitiques du nord-ouest algérien, *Analisis*, 16 (5), 292-299.
- ACHOUR S. (1997). Optimisation des étapes de clarification au cours du traitement des eaux de surface algériennes, *Tribune de l'Eau (Cebedeau)*, 587, 3, 35-39.
- ACHOUR S., MOUSSAOUI K. (1993). La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation de composés organohalogénés, *Environmental Technology* 14, 885-890.
- ACHOUR S., SEGHAIRI N. (2002). Possibilités de rétention de substances humiques par adsorption sur la bentonite, *Larhyss Journal*, 01, 129-138.
- ACHOUR S., GUESBAYA N. (2006). Essais de flocculation de substances humiques en milieu aqueux minéralisés, *Larhyss Journal*, 05, 170-178.
- AFOUFOU F., ACHOUR S. (2003). Application du procédé combiné preoxydation coagulation-post-chloration à l'eau de barrage d'Aïn Zada – Setif, *Larhyss Journal*, 2, 91-103.
- ASSAAD E., AZZOUZ A., NISTOR D., URUSU A.V., SAJIN T., MIRON D.N., MONETTE F., NIQUETTE P., HAUSLER R. (2007). Metal removal through synergic coagulation–flocculation using an optimized chitosan–montmorillonite system, *Applied Clay Science*, 37, 258–274.
- AUBERT G. (1978). *Méthodes d'analyse des sols*. Ed. Centre National de Documentation Pédagogique, Marseille, France.
- BAZER-BACHI A., PUECH-COSTE E., BEN AIM R., PROBST J. L. (1990). Mathematical modeling of optimal coagulant dose in water treatment plant, *Revue des Sciences de l'Eau*, 3(4) 377-397.
- BOUKERROUI A. (2002). Etude d'une nouvelle méthode d'activation chimique des bentonites - Mise en évidence et applications. Thèse de Doctorat, U.S.T.O. Oran (Algérie).
- BOUKERROUI A., OUALI M. S. (2000). Activation d'une bentonite par un sel d'ammonium: évolution de la capacité d'échange et de la surface spécifique, *Annales de Chimie, Science des Matériaux*, 25, 583-590.
- CLARK R.M., GOODRICH J. A., WYMER L. J. (1993). Effect of the distribution system on drinking water quality, *J. Water SRT-Aqua*, 42, 1, 30-38.

- FIESSINGER F., BERSILLON J. L., (1977). Prépolymérisation de l'hydroxyde d'aluminium pour la coagulation des eaux, Tribune du CEBEDEAU, 399, 51-68.
- FREITAS T.K.F.S., OLIVEIRA V.M., DE SOUZA M.T.F., GERALDINO H.C.L., ALMEIDA V.C., FÁVARO S.L., GARCIA J.C. (2015). Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant, Ind. Crops Prod., 76, 538–544.
- HECINI L., ACHOUR S. (2014). Coagulation-floculation au sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et effet de sels de calcium et de magnésium, Revue des Sciences de l'Eau, 27(3) , 271-280.
- KACHA S., OUALI M.S., ELMALEH S., 1997. Élimination des colorants textiles par la bentonite et les sels d'aluminium. Revue des Sciences de l'Eau, 2, 233-248.
- KHELILI H., ACHOUR S., REZEG A. (2010). Efficacité du sulfate d'aluminium et du charbon actif face à des polluants organiques aromatiques, Larhyss Journal, 9, 99-110.
- LEE K. E., MORAD N., TENG T. T., POH B. T. (2012). Development, characterization and the application of hybrid materials, in coagulation/flocculation of wastewater: A review, Chemical Engineering Journal, 203, 370–386.
- LE CHEVALIER M. W. (1990). Coliform regrowth in drinking water: a Review, J. Am. Water Works Assoc., 82, 11, 74-86.
- LI J., JIAO S., ZHONG L., PAN J., MA Q. (2013). Optimizing coagulation and flocculation process for kaolinite suspension with chitosan, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 428, 100– 110.
- MAZET M., ANGBO L., SERPAUD B. (1990). Adsorption of humic acids onto preformed aluminium hydroxide flocs, Water Research Vol., 24, 12, 1509-1518.
- RODIER J., B. LEGUBE et N. MERLET (2009). L'analyse de l'eau. 9ème édition, DUNOD (Éditeur), Paris, France.
- YOUCEF L., ACHOUR S. (2005). Elimination des phosphates par des procédés physicochimique, Larhyss J., 4, 129-140.
- WEI Y., DONG X., DING A., XIE D. (2015). Characterization and coagulation-flocculation behavior of an inorganic polymer coagulant-Poly-ferric-zinc-sulfate, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.
- ZEMMOURI H, DROUCHE M., SAYEH A., LOUNICI H., MAMERI N. (2012). Coagulation Flocculation Test of Keddara's Water Dam Using Chitosan and Sulfate Aluminium, J. Pro. Eng., 33, 254 – 260.