

Chloration des Eaux de Surface Enrichies par des Substances Humiques en Eau Minéralisées

Yahiaoui Khemissi⁽¹⁾, Guergazi Saadia⁽²⁾, et Achour Samia⁽³⁾

^{1,2,3} Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface – LARHYSS –
Université de Biskra, B.P. 145, R.P. Biskra, Algérie

E-mail :

⁽¹⁾ khemissiy@yahoo.com

⁽²⁾ sguergazi@rocketmail.com

⁽³⁾ samia.achour@Larhyss.net

RESUME : Le présent travail a pour but de donner une contribution à la connaissance de la réactivité du chlore sous forme d'hypochlorite de sodium vis-à-vis de deux types d'eaux de surface algériennes de la région de Biskra enrichies par les substances humiques de type humate de sodium. Il s'agit d'une eau du barrage de Foum El Gherza et celui de Fontaine des Gazelles. Nous nous intéressons également à la détermination du potentiel de consommation en chlore, de l'évaluation du chlore consommé en fonction de la variation du temps de contact et de la présentation des courbes de break point. Les différents résultats obtenus ont montré que les deux eaux de surface testées dopées par les substances humiques (SH) présentent une réactivité très importante et que les cinétiques se présentent en deux étapes distinctes. Une étape rapide suivie par une autre lente. En ce qui concerne l'évolution du chlore résiduel en fonction du chlore introduit a donné une courbe connue dans le domaine du traitement des eaux sous la dénomination de la courbe de break-point.

Mots clés : Eaux de surface, substances humiques, chloration, taux de chloration, cinétique

I. INTRODUCTION

En Algérie les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations en eau potable et l'industrie. Cependant, ces eaux sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles telles que les substances humiques qui représente souvent une part non négligeable de la charge organique totale des eaux de surface notamment dans le cas des eaux de barrage soit 60 à 90 % du carbone organique total. Ces substances exigent d'être éliminées car elles peuvent détériorer la qualité organoleptique de l'eau et conduisent par chloration à des composés organohalogénés souvent toxiques [1]-[2].

L'emploi de la chloration est fondamental aussi bien dans le traitement des eaux souterraines que des eaux de surface. Bien qu'il existe plusieurs désinfectants, les spécialistes en traitement de l'eau continuent de privilégier le chlore pour

purifier notre eau [3]. En raison de ses propriétés germicides, de sa persistance, de son faible coût de sa facilité de mise en œuvre et de son pouvoir rémanent [4]-[5]-[6].

L'objectif de notre travail est donc d'examiner l'action du chlore sous forme d'hypochlorite de sodium sur deux types d'eaux de surface algériennes de la région de Biskra. Il s'agit des eaux des barrages de Foum El-Gherza et Fontaine des Gazelles, qui nous avons enrichies par les substances humiques. Nous nous proposons de déterminer les potentiels de consommation en chlore des eaux testées tout en contrôlant certains paramètres réactionnels (temps de contact et taux de chloration).

II. PROCEDURE EXPERIMENTALE

II.1. Echantillonnage

Les eaux de surface utilisées tout au long de cette étude sont l'eau du barrage de Fontaine des Gazelles situé à 40 km à l'est de la ville de Biskra. Ce barrage est alimenté par Oued El-Hai. Il est destiné essentiellement à l'irrigation de la plaine d'El Outaya et l'eau du barrage de Foum El-Gherza destinée à l'irrigation de la région de Sidi Okba. Il est situé à 20 Km de la ville de Biskra. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques physico-chimiques de ces deux types d'eaux de surface.

Ces différents paramètres sont déterminés selon les méthodes analytiques qui sont décrites par Rodier [7] ou par les catalogues de l'appareillage utilisé au niveau du laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface

Tableau 1 : Principales caractéristiques physico-chimiques des eaux testées.

	Fontaine des gazelles	Foum El Gherza
Conductivité (µs/cm)	1230	770
TH (°F)	90	71
TAC (°F)	7,8	6,10
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,33	0,33
Br ⁻ (mg/l)	0,31	0,05
SO ₄ ⁻² (mg/l)	850	590
Cl ⁻ (mg/l)	128,226	47,71
SH(mg/l)	8,24	5,25
Oxydabilité au KMnO ₄ (mg O ₂ /l)	48	36,80

II.2. Préparation des solutions d'eau de javel

Les solutions de chlore utilisées sont des solutions diluées au 1/10 ou 1/100 d'eau de javel (hypochlorite de sodium NaOCl) dans l'eau distillée. Le dosage du chlore actif est effectué par la méthode iodométrique à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃, 5H₂O) N/10 pour les solutions concentrées.

II.3. dosage du chlore résiduel

Le chlore résiduel est déterminé par iodométrie à un milieu très acide La teneur en chlore résiduel est donnée par :

$$\text{Cl}_2 \text{ résiduel (mg/l)} = 35,5 \cdot 103 \cdot (\text{N1V1} / \text{V2})$$

N1 : normalité de thiosulfate de sodium.

V1 : Volume de thiosulfate de sodium (ml).

V2 : Volume de la prise d'essai =10 ml.

II.4. Description des essais de chloration

La chloration des eaux de surface testées est réalisée à température ambiante, par ajout des micros volumes d'eau de javel diluée au 1/10. Après agitation, les fioles sont maintenues à l'obscurité. Le chlore consommé est déduit par la différence entre le chlore introduit et le chlore résiduel.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. potentiel de consommation en chlore

La chloration des eaux de surface dopées par 2 mg/l et 5 mg/l de substances humiques respectivement pour les eaux de barrage de Fontaine des Gazelle et celles de Foum El Gherza est effectuée par une dose de chlore introduit de 40 mg/l et un temps de réaction de 24 heures. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Potentiel de consommation en chlore des eaux de surface testées dopées par les substances humique. Chlore

introduit = 40 mg/l, Temps de contact = 24 heures ; pH = pH du milieu

Eaux de surfaces	Fontaine des Gazelle + 2 mg/l de SH	Foum El Gherza + 5 mg/ l de SH
P.C .C (mg/l)	16,45	20

Ces résultats indiquent clairement que les potentiels de consommation en chlore sont très importants et sont liés directement avec les caractéristiques physico chimiques des eaux et notamment avec la teneur en matière organique rajouté et le taux de bromure, chlorures, sulfates et même l'azote ammoniacal.

On aurait pu s'attendre à ce que le potentiel soit plus important en présence de l'eau de barrage de Fontaine des Gazelles qui contienne une concentration importante en substances humiques naturelles, en matières organiques oxydables et en sels minéraux (tableau 1). Mais nos résultats conduisent à une inversion de l'ordre d'accroissement des potentiels comme le montre l'ordre de réactivité suivant :

P.C.C F-El Gherza + 5mg/l SH OP.C.C FDG +2 mg/l de SH.

Cette différence de réactivité pourrait s'expliquer par la présence des chlorures, des sulfates et bromure en quantité importante dans l'eau du barrage Fontaine des Gazelles. Nos résultats est en parfait accord avec les travaux d'Achour et Guergazi [8]-[9], ils ont montré que la minéralisation n'est pas le seul paramètre à prendre en considération mais plutôt sa composante et ses principaux constituants minéraux.

III.2. Cinétique de chloration

Le suivi de la variation de la consommation en chlore en fonction de la variation du temps de contact est réalisé sur les eaux du barrage de Fontaine des Gazelles dopées par 2 mg/l de substances humiques commerciales et celles du barrage de Foum-El-Gherza enrichies par 5 mg/l de substances humiques commerciales. La quantité du chlore introduit est de 40 mg/l, le pH du milieu réactionnel et celui des eaux testées.

Les résultats obtenus sont présentés sur les courbes de la figure 1.

En se basant sur les courbes de la figure 1 nous pourrions dire que l'évolution de la consommation en chlore en fonction de la variation du temps de contact suit :

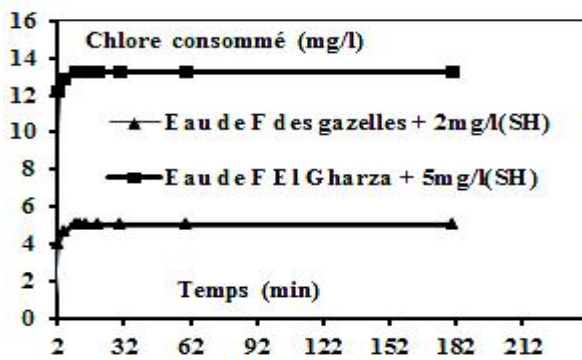


Figure 1 : Evaluation de la consommation en chlore des eaux des barrages dopés par des SH en fonction de la variation du temps de contact.

- Une phase très rapide pendant les dix premières minutes quelque soit le type d'eau de surface testée au cours de laquelle la consommation initiale en oxydant représente la plus grande partie de la demande totale en chlore. Ceci pourrait résulter des réactions du chlore sur l'azote ammoniacal, fer, manganèse présents initialement dans ces milieux et sur la matière organique en présence.
- Une seconde phase de consommation beaucoup plus lente qui se prolonge jusqu'à plusieurs heures de réaction de chloration. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'introduction du chlore dans ces eaux engendre plusieurs réactions chimiques se déroulant simultanément et que tous les espèces participant à la consommation rapide (par exemple l'azote ammoniacal, composés azotés, composés aromatiques substitués par des groupements donneurs d'électrons ...) sont négligeables sous leur structure initiale. Nos résultats sont par ailleurs comparables à ceux obtenus par certains travaux [8]-[9]-[10].

III.3. Influence de la variation du taux de chlore sur l'évolution du chlore résiduel

Nous avons suivi l'évolution du chlore résiduel en fonction de la variation des doses du chlore introduites à des eaux de surface enrichies par des teneurs constantes en substances humiques commerciales. Signalant, que la méthode consiste à ajouter à un même volume d'eau des doses croissantes du chlore dans une série de flacons contenant l'eau à examiner. Après un temps de réaction de 1 heure on contrôle le chlore résiduel total. Le break-point correspond à la dose du chlore nécessaire à la disparition des chloramines. Notons que la concentration en azote ammoniacal des eaux de surface testées est de l'ordre de 0.33 mg/l. Les résultats obtenus sont illustrés sur les figures 2 et 3.

Nos résultats montrent qu'après un temps de contact de 1 heure, nous avons une courbe nommée dans le domaine du traitement des eaux sous la dénomination courbe de break-

point. Ce qui correspond à l'oxydation complète de l'azote ammoniacal et l'apparition du chlore libre dans le milieu quelque soit la qualité d'eau de barrage testée. Ces courbes présentent plusieurs zones :

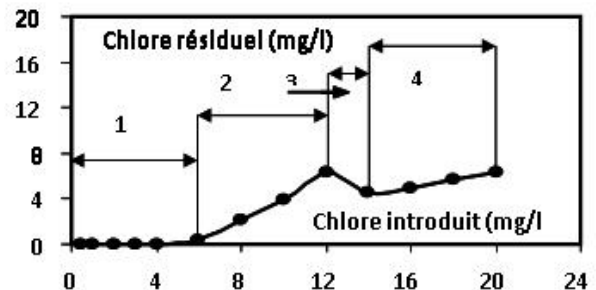


Figure 2 : Evolution du chlore résiduel en fonction de la variation doses du chlore introduit pour l'eau de barrage de F des Gazelles dopée par 2mg/l(SH)

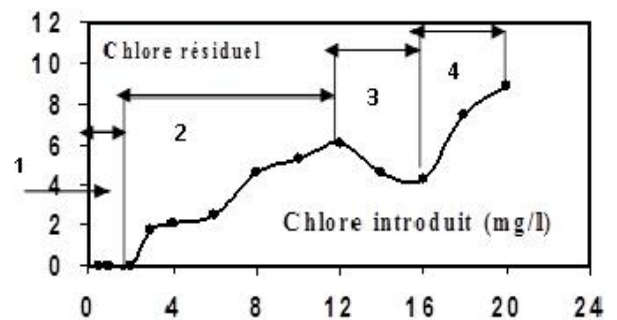


Figure 3 : Evolution du chlore résiduel en fonction de la variation doses du chlore introduit pour l'eau de barrage de Fom El Gharza dopée par 5mg/l(SH)

- Zone 1 : Nous constatons globalement que pour les faibles taux de chloration tout le chlore introduit est consommé par les éléments très réactifs vis-à-vis du chlore tels que le fer et manganèse, bromures et même la présence d'autres composés organiques tels que les acides aminés, phénol, etc.
- Zone 2 : Après la zone I, il y a une augmentation dans le chlore résiduel. C'est-à-dire le chlore introduit se combine à l'ammoniaque, la plus grande partie du chlore résiduel que l'on observe est sous forme de chloramines minérales et organiques très réactives et notamment des monochloramines.
- Zone 3 : destruction des chloramines et apparition du chlore libre. Nous pouvons dire que les doses du chlore introduites assurent la destruction des chloramines qui sont formées. Il est important de noter que les chloramines qui sont formées sont très stables, leur destruction nécessite une

dose de chlore assez importante, ce qui expliquerait le déplacement du break-point vers les forts taux de chlore supérieur au break-point théorique qui est de 7,6. Les résultats publiés par Achour et Guergazi, [8]-[9] ont mis en évidence que la détermination de ce point dans une eau naturelle pourra dépendre non seulement de la teneur en azote ammoniacal mais aussi de la réactivité des composés organiques en présence ainsi que celle d'entités minérales prépondérantes dans la matrice minérale de l'eau.

- Zone 4 : Cette zone apparaît après le point critique (break-point), indique que le chlore est sous forme libre.

IV.CONCLUSION

L'application du procédé de chloration à des eaux de surface algériennes dopées par les substances humiques commerciales les eaux de barrage testées (Fontaine des Gazelles et celles de Foum-El-Gherza), nous a permis de constater que les potentiels de consommation en chlore sont très importantes. Ceci montre que ces potentiels sont influencés non seulement par la quantité de des substances humiques rajoutés, mais également par leur origine et par les caractéristiques du bassin versant d'où ils proviennent. Le suivi de la consommation en chlore en fonction du temps de contact présente deux étapes distinctes, une étape rapide où la quantité maximale en chlore est consommée, suivie par une autre lente. De même, l'évolution du chlore résiduel en fonction du chlore introduit a donné une courbe connue dans le domaine du traitement des eaux sous la dénomination de la courbe de break-point. Ce point enregistre un déplacement vers les fortes doses du chlore introduit a cause de la stabilité des chloramines formées et qui nécessitent une dose de chlore assez importante pour qu'elles se dégradent.

REFERENCES

- [1] Meier J.R. (1988). Genotoxic activity of organic chemicals in drinking water, *Mutat. Res.*, 118, 25-41.
- [2] Achour S., Guergazi S. (2002). Incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis-à-vis du chlore, *Rev. Sci. Eau*, 15, 3, 649-668.
- [3] OMS (1997). « Désinfection », dans : WHO seminar pack for drinking water quality, Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/S13.pdf; consulté le 10 février 2006).
- [4] CIRC (1991). Chlorinated drinking water; chlorinated by-products; some other halogenated compounds; cobalt and cobalt compounds. IARC Monoger. Eval.Carcinogen. Risks Him, 52, 45-359.
- [5] Connell G.F. (1996). Water disinfection series: The chlorination/chlorination handbook. American Water Works Association, Denver, CO.
- [6] White G.C. (1999). Handbook of chlorination and alternative disinfectants, 4nd Ed, John Wiley et Sons, New York,.
- [7] Rodier. (2009). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 9e édition, Dunod. Paris.
- [8] Achour S. (2001). Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et

minéraux des eaux naturelles, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tizi-Ouzou.

- [9] Achour S., Guergazi S. (2006). Présence du fer et du manganèse dans les eaux naturelles. Effet de la chloration, Séminaire international sur les géosciences au services du développement durable, Tebessa, 26-28. Novembre.
- [10] Jadas Hécart A. (1989). Contribution à l'étude de la demande en chlore à long terme d'une eau potable. Modélisation et identification de précurseurs organiques. Thèse de doctorat, Université de Poitiers, n° d'ordre 282.