



## Impact du procédé de la chloration sur la qualité des eaux de surface algériennes (Impact of the chlorination process on the quality of Algerian surface Waters)

S. Guergazi<sup>1</sup>, K. Yahiaoui<sup>1</sup>, D. Amimeur<sup>2</sup>, S. Achour<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Génie Civil et d'Hydraulique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Mohamed Khider Biskra, B.P. 145 (07000) Biskra, Algérie

<sup>2</sup>Université d'Abderrahmane mira de Bejaïa, Algérie

Received 15 September, Revised 10 October 2014, Accepted 25 October 2014

\*Corresponding Author. E-mail: [sguergazi@rocketmail.com](mailto:sguergazi@rocketmail.com); Tel: (+213772033668)

### Résumé

La chloration est apparue comme le procédé le moins coûteux et le plus répandu à travers le monde, et notamment en Algérie où il constitue le seul moyen de désinfection. Cependant, la composition physico-chimique de l'eau peut influencer la désinfection ou la chloration, voire la perturber. Toutefois, depuis une trentaine d'années, le perfectionnement des techniques analytiques a permis de mettre en évidence de très nombreux composés organohalogénés en tant que sous-produits de la chloration et notamment les trihalométhanes (THM), bien qu'en faible concentration, pouvaient présenter une toxicité chronique tels que des effets mutagènes et cancérogènes. De ce fait, l'optimisation de la chloration est nécessaire. Dans ce contexte, le but principal de notre travail est de : Déterminer la qualité physico-chimique de quatre types d'eaux de surface algériennes, il s'agit également des eaux de barrages de Kherrata et Tichy Haf (Nord Est de l'Algérie) et des eaux de barrages de Foum El Gherza et Fontaine des Gazelles (Sud Est de l'Algérie). Donner une contribution à la connaissance de la réactivité du chlore vis-à-vis de ces quatre types d'eaux de surface algériennes. Des paramètres tels que le temps de contact, taux de chlore et la concentration de la matière organique de type humique peut également conditionner la réactivité du chlore et de même l'efficacité du procédé de la chloration.

*Mots clés* : Eau de Surface, Qualité physico-chimiques, Chloration, Trihalométhanes

### Abstract

The chlorination has appeared as the process of the least expensive and most widespread around the world, including in Algeria, where it is the only means of disinfection. However, the physico-chemical composition of the water can affect the disinfection or chlorination and to disrupt it. During the last thirty years, the developments of analytical techniques have highlighted numerous organohalogen compounds as by-products of chlorination including trihalomethanes (THMs), although the low concentrations, could exhibit chronic toxicity such as mutagenic and carcinogenic effects. Therefore the optimization of chlorination is necessary. In this context, the main goal of our work is to: Determine the physical and chemical quality of four Algerians types of surface water; it is the waters dams of Kherrata and Tichy Haf (North East of Algeria) and the waters dams of Foum El Gherza and Fontaine des gazelles (South East of Algeria). Give a contribution to the knowledge of the reactivity of chlorine through these four types of Algeria water surface. The parameters such as the contact time, the chlorine levels and the organic matter concentration of humic type may also condition the reactivity of chlorine and even the efficiency of the chlorination process.

*Keywords*: Surface water, physico-chemical quality, Chlorination, Trihalomethanes

### Introduction

Les eaux de surface sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de

ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique [1]. Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat. Afin de potabiliser une eau, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires, notamment dans le cas des eaux de surface. Parmi les procédés utilisés, la désinfection est universellement appliquée et empêche la propagation de maladies en inactivant des microorganismes pathogènes [2]. Dans les pays en développement, les maladies à transmission hydrique tels que le choléra, la typhoïde ou la dysenterie constituent encore un problème majeur.

La chloration apparaît alors comme un procédé de désinfection justifié du fait que le chlore présente un bon pouvoir biocide et oxydant, que sa mise en œuvre est relativement simple. Il possède aussi un effet rémanent. Cependant, la composition physico-chimique de l'eau peut influencer la désinfection, voire la perturber. En effet, le chlore est un oxydant puissant pouvant réagir avec de nombreux composés minéraux (ammoniac, bromures, fer,...) ou organiques (substances humiques, acides aminés, pesticides,...) présents dans l'eau. Avant toute désinfection, le chlore sera consommé par toutes ces substances (demande en chlore de l'eau), ce qui rend indisponible une partie de la dose de chlore introduite. Des paramètres tels que le pH, la température ou la turbidité peuvent également conditionner la réactivité du chlore et par la même l'efficacité de la désinfection [3; 4].

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est d'étudier l'impact de la qualité physico chimiques de quatre types d'eaux de surface algériennes sur la réactivité du chlore.

## **2. Matériels et méthodes**

### *2.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques des eaux brutes testées*

Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par Rodier [5] ou dans les catalogues de l'appareillage utilisé. Elles sont aussi bien volumétriques, colorimétriques, spectrophotométries que potentiométriques.

La matière organique est évaluée selon le cas par l'oxydabilité au permanganate de potassium à chaud, en milieu acide et par l'évolution de la concentration en substances humiques. Le dosage des substances humiques a été effectué par la méthode des ajouts dosés à une longueur d'onde de 254 nm grâce à des courbes d'étalonnage de l'absorbance en fonction des concentrations en mg/l de substances humiques ajoutées pour chaque eau.

### *2.2. Description des essais de la chloration*

La chloration des eaux de surface testées est effectuée par le chlore sous forme d'eau de javel. Le chlore consommé a été déduit de la mesure du chlore résiduel par iodométrie. L'analyse des trihalométhanes (THM) ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ,  $\text{CHClBr}_2$  et  $\text{CHBr}_3$ ) a été effectuée par la méthode du « Head Space », en chromatographique en phase gazeuse.

## **3. Résultats et Discussion**

### *3.1 Paramètres globaux de qualité*

#### *3.1.1. pH*

Les eaux de surface testées sont caractérisées par des pH qui varient entre 8,57 et 8,68. Elles sont voisines de la neutralité avec un léger caractère alcalin.

#### *3.1.2. Conductivité*

Les conductivités enregistrées se situent entre 1527 et 2260  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour les barrages Foum El Gherza, Fontaine des gazelles et Tichy-Haf, elles sont très fortes et dépassent 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  [4]. Ces fortes conductivités correspondent à une minéralisation importante de ces eaux. En effet, ces conductivités et /ou minéralisations provoquent une augmentation dans le taux de la salinité de ces eaux [4]. Tandis que, l'eau du barrage de Karrata présente une conductivité de l'ordre de 828  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

#### *3.1.3. Dureté et alcalinité*

Les eaux de barrages de Foum El Gherza et Fontaine des Gazelles sont très dures avec des TH supérieurs à la norme de 50°F, alors que les eaux de barrage de Tichy-Haff et de Kherrata sont dans les normes de l'OMS [6] (Fig.1). En ce qui concerne l'alcalinité (titre alcalimétrique complet (TAC) de nos échantillons, les valeurs sur les histogrammes montrent qu'ils sont compris entre 7,8 et 12,4 °F (Fig. 1). Ces valeurs sont tous inférieures à la dureté. Nous pouvons dire que les eaux testées sont non bicarbonatées.

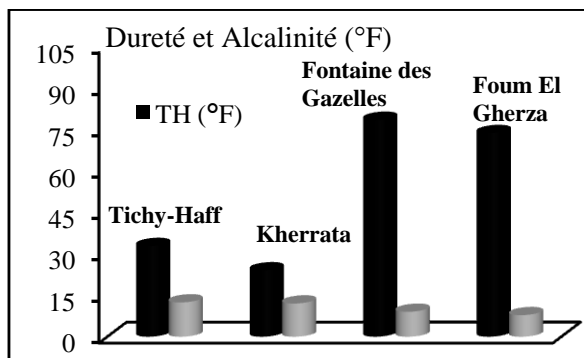


Figure 1: Dureté et alcalinité des quatre eaux de surface testées.

### 3.1.4 Chlorures et sulfates

Les résultats présentés par les histogrammes de la figure 2 montrent une forte concentration en chlorure pour l'eau de barrage de Fontaine de Gazelles dépassant 200 mg/l, par contre les trois autres types d'eaux de surface testées, la concentration en chlorures reste inférieure à la norme et elle varie entre 59 et 139,95 mg/l. En ce qui concerne les teneurs en sulfates les résultats (figure 2) montrent une très forte concentration en sulfates dépassant les normes de l'OMS [6] à l'exception dans l'eau de barrage de Kherrata nous avons enregistré une concentration quasi égale à la norme.

L'analyse physico-chimique de nos échantillons indique une concentration forte en azote ammoniacal varie entre 0,33 et 0,555 mg/l.

Les valeurs enregistrées pour le fer sont très faibles, Tandis que, le manganèse varie entre 0 à 2,10 mg/l. Il a pour origine la lixiviation des terrains traversés, ou une pollution industrielle.

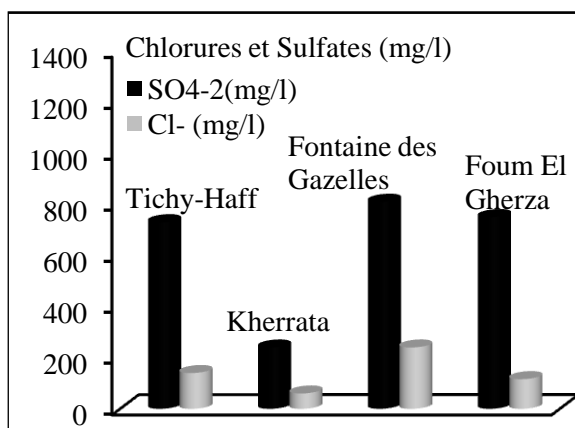


Figure 2: Concentration de chlorures et de sulfates des quatre eaux de surface testées

### 3.2 Paramètres organiques

Deux méthodes permettant d'évaluer la quantité en matière organique présente dans les eaux de surface testées sont : l'oxydabilité au permanganate de potassium et la concentration en substances humiques. La charge organique que nous avons obtenue par l'oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$  varie entre 2,24 et 5,44  $\text{mgO}_2/\text{l}$  comme le montre la Figure 3, ces valeurs montrent que nos échantillons sont plus au moins chargés en matière organique oxydable.

Parallèlement à la matière organique oxydable, nous avons pu déterminer la concentration en substances humiques des eaux testées. A travers la Figure 3, nous avons enregistré que les valeurs des substances humiques sont remarquables, elle varie entre 2,58 et 8,5 mg/l. Cette charge organique dans les eaux de surface testées pourrait être due à une pollution naturelle (due à la végétation en décomposition) mais aussi à une pollution d'origine exogène provoquée par les rejets urbains, industriels et les pratiques agricoles.

En se référant aux travaux de Achour et al [7], nous pourront dire que la matière organique était en grande partie non biodégradable. Cette hypothèse est appuyée par les valeurs de la densité optique UV à 254 nm, souvent indicatrice de la présence de composés aromatiques réfractaires au non biodégradation.

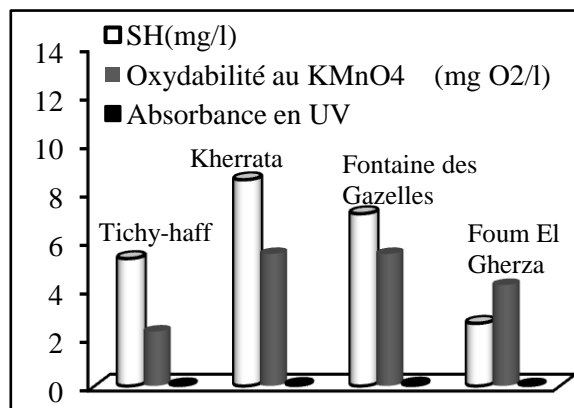


Figure 3: La charge organique des eaux de surface testées.

### 3.3 Chloration des eaux de surface testées

#### 3.3.1 Potentiels de consommation en chlore des eaux de surface testées

La chloration des eaux de surface testées est effectuée par une dose de chlore introduit de 20 mg/l et un temps de réaction de 24 heures. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1 indiquent que les potentiels de consommation en chlore sont très importants.

Tableau 1 : Potentiel de consommation en chlore (P.C.Cl<sub>2</sub>) des eaux de surface testées.

Eau de barrage	P.C.Cl <sub>2</sub> (mg/l)
Foug El Gherza	14,75
Fontaine des Gazelles	10,25
Tichy Haf	16,75
Kharrata	12,45

Au regard des résultats que nous avons présenté dans le tableau 1, nous pouvons dire que :

Les potentiels de consommation en chlore pour les quatre types d'eaux des barrages testées sont appréciables. Ceci est corrélé à la concentration et à la nature de la matière organique naturelle de type humique ou non humique qui pourrait être très réactive vis-à-vis du chlore et même à la présence des éléments minéraux spécifiques ayant une réactivité prépondérante vis à vis du chlore tel que l'azote ammoniacal, bromures, fer et manganèse.

On aurait pu s'attendre à ce que le potentiel soit plus important en présence de l'eau de barrage de Fontaine des Gazelles et Kharrata qui contiennent une concentration importante en substances humiques naturelles et matières organiques oxydables (Figure 3). Mais nos résultats conduisent à une inversion de l'ordre d'accroissement des potentiels comme le montre l'ordre de réactivité suivant :

$$P.C.Cl_2 \text{ Foug El Gherza} > P.C.Cl_2 \text{ Fontaine des Gazelles} \\ P.C.Cl_2 \text{ TichyHaff} > P.C.Cl_2 \text{ Kharrat}$$

Cette observation, nous a permis de déduire que la conductivité ou la minéralisation totale soit seule ou par le biais des éléments minéraux en présence a une influence notable sur la réactivité du chlore vis-à-vis des eaux de barrages testées. Si on se réfère aux travaux d'Achour et Guergazi [8] et Guergazi [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 d'une part. D'autre part les teneurs en chlorures et en sulfates pourraient donc jouer un rôle inhibiteur dans la réaction de chloration induisant des potentiels de consommation plus faibles [8 ; 9].

#### 3.3.2 Formation de trihalométhanes (THM) des eaux de surface testées

Les résultats obtenus (tableau 2) sur les eaux de surface chlorées montrent que les potentiels de formation de THM sont très importants et dépassent largement 100µg/l [7]. Ces potentiels peuvent être reliés

principalement à la nature et teneurs en précurseurs organiques en particulier les substances humiques. Nos résultats montrent qu'il y'a une corrélation linéaire entre la quantité de THM formés et la teneur initial en matière organique (type humique). La composition de la matière organique est aussi un facteur important intervenant dans la production des THM. Le rôle clé des substances humiques, riche en noyaux aromatiques responsables de la réactivité vis-à-vis du chlore, est confirmé par l'observation que la consommation en chlore et la formation des THM s'accompagnent d'une diminution de l'absorbance en U.V. (tableau 2).

**Tableau 2:**Trihalométhanes des eaux de barrage testées. Chlore introduit = 20 mg/l ; Temps = 24 heures

Eaux de Barrages	Sud Est Algérie	Nord Est Algérie
CHCl <sub>3</sub> (µg/l)	120 à 150	140 à 180
CHCl <sub>2</sub> Br (µg/l)	45 à 60	35 à 49
CHClBr (µg/l)	8,5 à 18	21 à 35
CHBr <sub>3</sub> (µg/l)	5,42 à 15	37 à 40
Abattement UV (%)	55 à 83,33	52,50 à 77,77

### Conclusion

Notre étude a permis de montrer que ces eaux sont caractérisées par une conductivité importante supérieure à 1000µs/cm, une dureté excédant très largement 50°F avec une dureté permanente élevée qui correspond à des teneurs en chlorures et sulfates considérables. La charge organique globale (oxydabilité au KMnO<sub>4</sub>, absorbance UV) est apparue comme très importante du fait d'une pollution exogène provoquée par les rejets urbains, industriels et les pratiques agricoles.

Nous pouvons dire que ces eaux sont caractérisées par une qualité médiocre, elles nécessitent un traitement poussé avant qu'elles soient distribuées.

Au cours de l'oxydation de ces eaux par le chlore, nous avons pu établir que les potentiels de consommations en chlore sont considérables. Cette consommation est corrélable aux caractéristiques physico-chimiques. Cette réactivité est accompagnée par une charge non négligeable de composés organohalogénés en particulier les trihalométhanes (THM). Ceci montre que la réactivité du chlore est influencée non seulement par la quantité de précurseurs, mais également par leurs origines et par les caractéristiques du bassin versant d'où ils proviennent.

### Références

1. Beaudry, J.P., Traitement des eaux, Edition le Griffon d'argile, Québec (1984).
2. Degrémont, Mémento technique de l'eau. 10<sup>ème</sup> Ed. Degrémont-Suez, (2005).
3. Doré M., Chimie des oxydants- Traitement des eaux. Lavoisier, (1989), Paris.
4. Achour S., Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tizi-Ouzou (2001), Algérie.
5. Rodier J., l'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod. (2009), Paris.
6. OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 3<sup>e</sup> éd., Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse (2004).
7. Achour S., Harrat N., Guergazi S., L'état des ressources en eau au Maghreb en 2009, Chapitre 14 : Pollution organique des eaux de barrage de l'est algérien et effet de la chloration, 241-256, Ed. GEB-Environnement, Maroc.
8. Achour S., Guergazi S., *Rev. Sci. Eau*, 15, 3, (2002) 649.
9. Guergazi S., Thèse de Doctorat en Sciences en Hydraulique, Université de Biskra, (2006), Algérie.

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>