



ETUDE DES ETAPES D'OXYDATION/DESINFECTION DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX D'AIN TINN (MILA, EST ALGERIEN)

STUDY OF OXIDATION/DISINFECTION STEPS OF TREATMENT PLANT OF AIN TINN (MILA, EASTERN ALGERIA)

ACHOUR S., CHABBI F.

Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface -LARHYSS
Faculté des Sciences et de la Technologie - Université de Biskra –
B.P. 145 R.P, 07000, Algérie

samia.achour@larhyss.net

RESUME

La désinfection/oxydation représente un procédé indispensable à la production d'une eau potable, sans danger pour la santé des consommateurs. L'objectif de cette étude est une description et une mise au point sur les étapes d'oxydation/désinfection dans la filière de traitement de la station d'Ain Tinn (Wilaya de Mila, Est algérien).

Cette station a pu bénéficier de techniques d'oxydation variées (ozone, permanganate,...) en plus de la chloration finale.

Les essais sur les eaux brutes alimentant la station à partir du barrage Beni Haroun ont révélé que la qualité de ces eaux était souvent moyenne à médiocre, en particulier concernant la pollution d'origine anthropique.

Les essais sur les eaux traitées filtrées avant désinfection finale ont mis en évidence que des paramètres comme la matière organique, l'ammoniaque ou les bromures ont semblé peu éliminés par les prétraitements et la phase de clarification.

Au cours des essais de chloration, de fortes demandes en chlore ont été observées indiquant une composition complexe tant minérale qu'organique des

eaux testées. Toutefois, a chloration des eaux filtrées aboutit à des consommations en chlore moindres et indique que les traitements de clarification précédant la désinfection finale devraient être plus optimisés afin de minimiser la réaction chlore/matière organique.

Mots-clés : Désinfection ; Oxydation ; Station d'Ain Tinn ; Qualité d'eau ; chloration.

ABSTRACT

Disinfection / oxidation is an essential process for the production of drinking water, safe for the health of consumers. The aim of this study is a description and focuses on the oxidation / disinfection steps in the treatment plant at Ain Tinn (Wilaya of Mila, East of Algeria).

This treatment plant has benefited from various oxidation techniques (ozone, permanganate ...) in addition to the final chlorination.

Tests on the raw water supplied to the station from the Beni Haroun dam revealed that the quality of the water was often average to poor, particularly with regard to anthropogenic pollution.

Tests on filtered treated water before final disinfection showed that parameters such as organic matter, ammonia or bromide appeared to be little eliminated by pretreatment and the clarification phase.

During the chlorination tests, high chlorine demands were observed indicating a complex mineral and organic composition of the waters tested. However, chlorination of filtered water results in lower chlorine consumption and indicates that the clarification treatments prior to final disinfection should be more optimized in order to minimize the chlorine / organic matter reaction.

Keywords: Disinfection; oxidation; Ain Tinn Plant; water quality; chlorination

INTRODUCTION

L'accès durable à une eau potable et en quantité suffisante demeure une priorité importante en Algérie. La gestion des ressources en eau reste ainsi au centre des préoccupations du pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse (Bouchemal et Achour, 2015). La croissance de la demande en eau a été multipliée par quatre en quarante ans, notamment

dans le Nord du pays et dans les zones urbaines. Cette situation pourrait être amplifiée par les effets du changement climatique qui sont susceptibles d'être plus prononcés dans la région méditerranéenne (Mozas et Ghosn, 2013).

Etant donné les besoins grandissants et l'insuffisance des réserves souterraines, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années. Cependant, les insuffisances existantes dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de ces eaux et à l'augmentation de certains micropolluants indésirables dans les eaux destinées à la consommation (Afoufou et Achour, 2004).

Il est donc impératif de traiter ces eaux afin de se conformer d'une part aux normes de potabilité et d'éviter d'autre part tout risque sanitaire à plus ou moins long terme.

Dans ce domaine, le choix d'une technique de désinfection/oxydation constitue une opération très importante qui peut être assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore, l'ozone ou le permanganate de potassium. Toutes ces méthodes ont des caractéristiques et des mises en œuvre très diversifiées.

Ainsi, cette étude a pour but de décrire l'oxydation/désinfection dans une station de traitement d'eaux algériennes destinées principalement à la consommation. Il s'agit de la station d'Ain Tinn, dans la wilaya de Mila (Nord-Est Algérien) qui a la particularité d'utiliser également des procédés alternatifs à la chloration. A travers la description des techniques utilisées pour le traitement des eaux alimentant cette station et l'étude expérimentale de la qualité des eaux brutes puis traitées, il s'agit surtout de mettre en exergue la nécessité d'optimiser ces traitements par le contrôle de divers paramètres liés d'une part à la qualité de l'eau et d'autre part à la nature et aux doses de réactifs désinfectants.

DESCRIPTION GLOBALE DE LA STATION DE TRAITEMENT D'AIN TINN (MILA)

Présentation de la station (Document de la station d'Ain Tinn, Wilaya de Mila, 2015)

Dans le cadre du programme algérien d'aménagement des ressources en eau et dans le cadre des transferts, le ministère des ressources en eau a signé un contrat avec l'entreprise de traitement des eaux françaises Degrémont pour la construction de stations de potabilisations avec des techniques avancées de traitement notamment l'oxydation et la désinfection par l'ozone.

La station de traitement d'Ain Tinn est située sur les marges septentrionales des hautes plaines au Nord Est de l'Algérie à une dizaine de kilomètres à l'Est de la ville de Mila. Elle s'inscrit dans le cadre de projet du transfert des eaux du barrage de Beni Haroun, en permettant de produire suffisamment d'eau potable pour toute l'agglomération de Mila et ses communes, et d'approvisionnement en eau potable des villes de Mila, Constantine et les régions avoisinantes à partir du transfert de Beni Haroun.

La station d'Ain Tinn est alimentée gravitairement en eau brute à partir du barrage de Beni Haroun située à environ 20 kilomètres en amont de la station.

La capacité nominale de la station est de 64 500 m³/j basé sur un approvisionnement en eau brute de 67 725 m³/j et un débit d'eau de lavage recyclé maximal de 5%.

La conduite d'eau brute arrive à l'entrée du brise charge de la station de traitement Ain Tinn en passant par une vanne de régulation de pression DN 800, et le réservoir d'eau traitée est d'une capacité de 22000 m³, réalisé juste à l'aval de la station de traitement.

Description des filières de traitement (d'après le manuel d'exploitation de la station)

La chaîne de traitement de la station Ain Tinn est constituée par les étapes suivantes (Figure 1) :

Prétraitement simple : Aération pour l'oxygénation de l'eau brute et avec possibilité d'ajout de Permanganate de potassium pour la précipitation du manganèse.

Une préoxydation avec l'ozone : Sur deux bassins de pré-ozonation.

Clarification : Un mélange rapide avec possibilité d'ajout d'acide sulfurique pour la régulation du pH et de sulfate d'aluminium pour la coagulation des particules colloïdales ; ensuite un mélange lent avec possibilité d'ajout d'un adjuvant à la coagulation ou polymère. L'eau circule sous trois chambres de répartition du débit vers trois décanteurs de type PULSATOR.

Filtration biologique : A l'aide de 6 filtres nitrificateurs en cultures fixées (Biofiltration), où les bactéries sont fixées sur un matériau adapté comme support, la Biolite de type (BIOFOR N).

Post-Ozonation : Sur deux bassins pour oxyder les matières organiques résiduelles non oxydées lors des phases précédentes avec un temps de contact suffisant pour assurer une désinfection totale des eaux nitrifiées.



Figure 1 : Les procédés de traitement dans la station d'Ain Tinn. (Source : document de formation de la station, 2015)

Filtration sur charbon actif en grains (Adsorption) : Sur six filtres à charbon gravitaires de type CARBAZUR pour l'élimination des matières en suspension et des matières organiques biodégradables, adsorption de micropolluants (pesticides, hydrocarbures, solvants chlorés...) et amélioration du goût et élimination des odeurs.

Désinfection au chlore : Sur deux cuves de contact permettant une désinfection finale au chlore gazeux ou à l'hypochlorite de sodium (fabrication à partir de l'unité d'électrochloration).

REACTIFS OXYDANTS UTILISES DANS LA STATION D'AIN TINN

Dans les stations de traitement l'étape d'oxydation peut se situer à deux niveaux : en préoxydation avant l'étape de clarification et en post oxydation avant distribution des eaux aux consommateurs.

A l'échelle nationale, l'utilisation des procédés d'oxydation chimique tels que la chloration, l'ozonation ou permanganate de potassium sont essentiels et varient d'une station à l'autre selon les besoins, soit pour viser la destruction des germes pathogènes ou pour permettre des actions complémentaires dans la

destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et dans la destruction des couleurs.

Permanganate de potassium : Dans la station d'Aïn Tinn, le permanganate de potassium (Figure 2) est un oxydant utilisé en prétraitement dans le but de permettre la précipitation du manganèse et du fer contenus dans l'eau brute à une concentration résiduelle inférieure à la norme dans l'eau traitée. Le permanganate de potassium est également reconnu comme un oxydant efficace contre la prolifération des algues (Doré, 1989 ; Degrémont, 2005).

Ozone : En ce qui concerne le procédé d'ozonation, parmi les stations algériennes, les stations d'Oued Athmenia et Aïn Tinn dans la wilaya de Mila sont dotées de ce procédé. Le gaz ozoné produit in situ à partir de l'air (Figure 3) est injecté en deux points dans la station : préozonation et postozonation.



Figure 2 : Système de préparation du permanganate de potassium dans la station d'Aïn Tinn

Préozonation : Il faut signaler que l'eau du barrage Beni Haroun est caractérisée par une demande en chlore élevée (Harrat et Achour, 2007 ; Achour et al, 2009 ; Achour et al, 2014), car l'eau de ce barrage contient des concentrations élevées en composés consommateurs de chlore (tels que les matières organiques, l'ammoniaque et les bromures). En effet, des études (Achour et al, 2009 ;Guerraiche, 2017) indiquent que l'eau brute qui alimente la station d'Aïn Tinn de la wilaya de Mila à partir du barrage de Beni Haroun est parfois polluée et de mauvaise qualité.

De ce fait, il est intéressant de constater que, dans la station d'Aïn Tinn, la préchloration est remplacée par une préozonation. Ainsi, le procédé d'ozonation

seul est appliqué en préoxydation (Préozonation), en début de traitement, avec un taux de traitement de $1,5\text{g}/\text{m}^3$.

Ce qui peut éviter de former des sous produits chlorés notamment les trihalométhanes (THM). Lorsque l'eau brute contient une forte teneur en matières organiques, d'autres composés organiques chlorés ou non chlorés peuvent être des (sous produits de la chloration (SPC) à des teneurs diverses dans les eaux et sous forme aromatique ou aliphatique (USEPA, 2011).

L'ozone agit principalement sur l'oxydation des matières organiques, du fer et du manganèse, et la destruction des algues, planctons et autres organismes aquatiques. L'utilisation d'ozone peut également dans certains cas conduire à une amélioration de la coagulation-floculation et à un fonctionnement amélioré de la décantation (Degrémont, 2005 ; Baig et Mouchet, 2010).

Post-ozonation : Au cours de cette étape de traitement, l'ozone agit en aval de la filière, sur l'oxydation des matières organiques résiduelles non oxydées lors des phases précédentes à l'origine de la couleur, du goût et odeur, ainsi que certains pesticides et toxines algales. Le temps de contact en post-ozonation est supérieur à celui de la pré-ozonation (10 minutes environ contre 3 minutes en pré-ozonation), et cela pour assurer une désinfection totale de l'eau. Le taux de traitement est de $2,5\text{g}/\text{m}^3$.



Figure 3 : Générateur d'ozone utilisé dans la station d'Aïn Tinn

Bien que l'eau post-ozonée soit désinfectée (résiduel mesuré dans la station supérieure à 0.2 ppm), l'injection de chlore au niveau du réservoir d'eau traitée est nécessaire pour s'assurer de l'absence totale d'éléments pathogènes et s'assurer de l'effet rémanent du désinfectant.

Chloration des eaux de la station

Au niveau des stations de traitements algériennes, la désinfection finale est réalisée dans tous les cas par injection de chlore dans un canal de contact situé à la sortie ou en aval des filtres et en amont des réservoirs d'eau traitée. Les conditions de traitement sont différentes d'une station à l'autre.

La chloration s'effectue à l'aide de chlore gazeux notamment dans les grandes stations alimentant les villes importantes d'Algérie ou de dérivés chlorés comme l'eau de Javel ou l'hypochlorite de calcium (Achour et Chabbi, 2014).

Pendant la période de cette étude, il a été procédé à la visite des installations du chlore gazeux dans différentes stations de potabilisation. Celle d'Aïn Tinn était en arrêt et dans ce cas le chlore gazeux a été remplacé par l'hypochlorite de sodium.

Le chlore liquide est, surtout sous la forme d'hypochlorite de sodium le plus utilisé dans les stations de traitements algériennes (Achour et al, 2014). Pour des raisons de sécurité et de stockage, l'utilisation de l'hypochlorite de calcium est peu pratiquée. Car l'utilisation de ce dernier dans le cas où il n'est pas bien dissous, engendre un dysfonctionnement dans le traitement de l'eau par colmatage de la conduite d'injection de la pompe doseuse.

Système de fabrication d'hypochlorite de sodium (NaClO) in Situ

Dans le cadre de la présente étude, nous avons pu constater que la production de l'hypochlorite de sodium se faisait In Situ dans le cas de la station de traitement d'Aïn Tinn. Le système en place permet de produire de l'hypochlorite de sodium, que l'on appelle communément eau de javel, par électrolyse de l'eau et du sel industriel (NaCl) livré par la société algérienne SPA ENASEL, qui est un produit facilement accessible et peu coûteux.

L'eau adoucie est produite par passage à travers des résines retenant le calcaire de l'eau dure contre les ions sodium qu'elles contiennent. L'ensemble eau adoucie et sel forment une solution saturée appelée saumure et conductrice d'un courant direct puissant dans la cellule d'électrolyse. En raison de ce courant, les ions chlorures (qui sont originaires du sel dissous dans l'eau) sont transformés en di chlore (Cl_2). Ainsi, la cellule d'électrolyse travaille de façon continue et produit de l'hydrogène et du NaClO dont la teneur en chlore actif est de 6 à 8g/l selon le taux de dosage de la saumure.

La figure 4 montre l'installation de l'électrolyseur dans la station d'Ain Tinn et qui est complétée par les équipements périphériques nécessaires à son bon fonctionnement.



Figure 4 : Unité d'électrolyseur standard de 5 Kg/h, et les bacs de stockage d'hypochlorite de sodium produit dans la station d'Ain Tinn

QUALITE DES EAUX BRUTES ET TRAITEES

Après la description des procédés d'oxydation/désinfection utilisés dans la station d'Ain Tinn, la connaissance des paramètres physico-chimiques et microbiologiques à l'entrée et à la sortie de la station est importante. En effet, l'ensemble de ces informations doivent être à la disposition des gestionnaires de la production et la distribution d'eau potable afin de prendre des décisions d'actions d'un part et afin d'évaluer l'efficacité du traitement d'autre part.

Données de la station sur la qualité microbiologique des eaux

Dans l'eau brute, habituellement les coliformes totaux et fécaux sont un indice de contamination fécale, leur absence indique l'efficacité de traitement et le respect des conditions des analyses.

Les résultats obtenus à partir des analyses effectuées sur *Escherichia coli* dans l'eau traitée et l'eau brute montrent l'absence totale de *E. coli* dans l'eau traitée avec une faible présence ou nulle dans certain cas dans l'eau brute.

De plus la désinfection au moyen de chlore et dans la plupart des cas sous la forme d'hypochlorite de sodium a été bien effectuée car les analyses microbiologiques indiquent une absence totale de germes pathogènes. Le chlore résiduel dont la valeur après traitement est $> 0,4\text{mg/l}$ a joué à la fois un effet

bactériostatique contre les reviviscences bactériennes et un effet bactéricide contre des pollutions faibles et ponctuelles survenant dans le réseau. L'eau de la station étudiée est par conséquent une eau potable, sur le plan microbiologique, que l'on peut boire sans risque pour la santé.

Etude de la qualité physico-chimique des eaux

Procédure expérimentale

- ***Echantillonnage***

Tous les essais sont réalisés au niveau du laboratoire LARHYSS (Université de Biskra). Ce sont des échantillons d'eau de surface brute, et traités non chlorés prélevés au niveau de la station de traitement d'eau potable et alimentée par le barrage Beni Haroun au cours de la période du mois d'Avril 2015.

Les points de prélèvement des différentes eaux sont répartis comme suit :

- Pour les eaux de brutes : à l'entrée de la station de traitement depuis le tuyau d'amenée jusqu'à au laboratoire
- Pour les eaux traitées : à partir de l'eau du débit total sortant des filtres, avant la désinfection par le chlore.

- ***Méthodes d'analyses physico-chimiques***

Les méthodes de dosage utilisées au cours de notre travail sont décrites par Rodier (2009) et Tardat et Beaudry (1984), ou par les catalogues de l'appareillage utilisé.

- ***Principaux paramètres physico-chimiques de qualité***

Le tableau 1 récapitule les valeurs des paramètres mesurés en laboratoire dans le cas de l'eau brute et traitée de la station d'Ain Tinn.

Au vu de ces résultats, l'eau alimentant la station apparaît comme légèrement alcaline et avec une minéralisation assez importante puisque la conductivité dépasse $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ et une salinité liée à des teneurs appréciables en chlorures et sulfates. L'eau brute contient de la matière organique à une concentration moyenne mais la proportion sous forme de matériel humique est assez faible, comparée à d'autres eaux du Nord du pays (Achour et al, 2009).

La filière de traitement avant la chloration finale semble avoir assez peu contribué à l'abatement de la matière organique mais les étapes d'oxydation en amont ont permis l'élimination totale du fer et diminué fortement le taux en ions ammonium. Toutefois, l'utilisation du permanganate a pu induire une augmentation du manganèse dans les eaux traitées filtrées. L'ozonation a pu transformer une partie de la matière organique en molécules de plus faibles dimensions mais qui contribuent encore à l'absorbance UV. De même, lors du traitement de l'eau brute par ozonation dans la station, le bromure peut se transformer en bromate, ce qui n'est pas souhaitable puisque le bromate est potentiellement cancérigène (Santé Canada, 1999 ; Doré, 1989).

Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau brute et filtrée de la station d'Ain Tinn (Mila)

Paramètre	Eau brute	Eau traitée
pH	8,03	7,77
Cond (mS /cm)	1,24	1,25
TH (°F)	33	35
TAC (°F)	14	15
Cl ⁻ (mg/l)	212	209
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	200	200
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,38	0,15
Fe ²⁺ (mg/l)	0,15	0,0
Mn ²⁺ (mg/l)	0,10	0,12
Br ⁻ (mg/l)	0,06	0,08
Abs UV (λ= 254nm)	0,080	0,056
Substances humiques (mg SH/l)	3,33	2,70

CONSOMMATION EN CHLORE PAR LES EAUX DE LA STATION D'AIN TINN

Description des essais de chloration

Durant nos essais de chloration, on utilise une solution concentrée d'hypochlorite de sodium NaClO (eau de javel) d'environ 25 à 35 degrés chlorométriques qu'on dilue dans l'eau distillée.

Le dosage du chlore résiduel est effectué par la méthode iodométrique (Rodier, 2009). Le chlore résiduel est calculé par la relation suivante :

$$Cl_2 \text{ résid (mg/l)} = \frac{N_{\text{thio}} * V_{\text{thio}}}{V_{\text{ech}}} * 35,5 * 1000$$

Cl₂resid : Chlore résiduel (mg/l)

N_{thio} : Normalité de thiosulfate de sodium.

V_{thio} : Volume de thiosulfate de sodium versé en ml.

V_{ech} : Volume de la prise d'essais.

Le chlore consommé est déterminé par la différence entre le chlore introduit et le chlore résiduel.

L'évolution de la matière organique aromatique, dont les substances humiques, est suivie par l'absorbance en UV à 254 nm.

Potentiels de consommation en chlore

Le potentiel de consommation en chlore ou demande en chlore ($PCCl_2$) est la capacité maximale de réactivité des eaux vis-à-vis du chlore. Pour notre eau de surface le ($PCCl_2$) est déterminé pour une dose de chlore introduite de 20 mg/l et un temps de contact de 24 heures de façon à satisfaire au maximum la demande en chlore.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2 et montrent les valeurs des potentiels exprimés en $mgCl_2/l$ de chaque type d'échantillon d'eau de la station ainsi que les abattements U.V, représentatifs de la dégradation de la matière organique et comparant les absorbances UV des eaux chlorées aux eaux non chlorées.

Tableau 2 : Potentiels de consommation en chlore et abattements UV des eaux chlorées d'Ain Tinn

	$PCCl_2$ (mg/l)	Abat UV (%)
Eau brute	10,77	43,18
Eau traitée filtrée	7,57	14,28

Nous pouvons constater qu'après 24 heures de temps de contact, les demandes en chlore sont considérables avec toutefois des valeurs plus faibles de consommation en chlore pour les eaux traitées.

Pour l'eau brute chlorée, l'importance de la demande en chlore dans ce cas est liée directement avec les caractéristiques physico-chimiques de l'eau qui alimente la station et notamment les constituants minéraux (ammoniaque, Fer, Manganèse, Bromures, nitrites,..) et organiques (substances humiques) qui peuvent présenter une réactivité appréciable en présence du chlore (Achour et al, 2014 ; Achour et Guergazi, 2002).

Dans le cas des eaux filtrées en station, les étapes de clarification ainsi que les traitements d'oxydation préalables à la chloration ont pu éliminer une partie des composés réactifs vis-à-vis du chlore et notamment la matière organique.

Ceci est confirmé par le suivi de l'évolution de l'absorbance en U.V, caractéristique de l'aromaticité, et qui indique qu'une fraction de la matière organique des eaux testées a pu être dégradée en structures aliphatiques.

Toutefois, l'abattement de ces absorbances n'aboutit pas dans tous les cas à des valeurs élevées, ce qui laisse penser que la chloration peut aboutir aussi à des composés organochlorés sous forme aromatique. Ce qui peut faire supposer que l'eau de la station d'Ain Tinn contient de la matière organique de structures complexes, en plus du matériel humique.

Cet aspect laisse présager que le chlore en réagissant avec certains composés organiques crée des sous-produits toxiques ou écotoxiques, dont les trihalométhanes (THM) et qui doivent donc être surveillés dans les réseaux d'eau potable.

CONCLUSION

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés à une station de potabilisation située dans les hauts plateaux, dans l'Est algérien. Le schéma de la filière complète de traitement est apparu comme plus complexe et parfois moins conventionnel que celui des filières de la majorité des stations de traitement algériennes.

Pour cette station d'Ain Tinn, nous avons décrit en particulier les étapes de préoxydation et de désinfection en précisant les procédés et les réactifs utilisés dans cette station.

L'objectif a ensuite été d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux brutes puis traitées en station. Nous nous sommes appuyés d'une part sur les données des stations, et d'autre part sur nos propres déterminations analytiques.

L'eau brute du barrage Beni Haroun qui alimente la station a présenté globalement une qualité moyenne avec certains paramètres à des teneurs assez importantes. Alors que certains paramètres ont semblé être en grande partie corrigés par le traitement en station, d'autres paramètres tels que la matière organique, l'ammoniaque ou les bromures ont semblé moins bien influencés par le traitement des eaux en station.

Du point de vue de la qualité microbiologique et notamment les germes pathogènes d'origine fécale, la désinfection a semblé éliminer tout risque pour la santé tout en maintenant un résiduel en chlore acceptable pour l'effet rémanent dans les réseaux de distribution.

Nos essais sur la chloration des eaux de la station brutes et traitées confirment que la réactivité des eaux de surface peut être corrélée à leurs caractéristiques physico-chimiques et leur composition tant en composés organiques que minéraux.

Une demande en chlore plus élevée est ainsi enregistrée pour les eaux brutes caractérisées par des concentrations élevées en composés consommateurs de chlore.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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*, Vol. 15, N° 3, pp 641-660.
- ACHOUR S., GUERGAZI S., HARRAT N. (2009), Pollution organique des eaux de barrage de l'Est algérien et effet de la chloration. « L'état des ressources en eau au Maghreb en 2009 », Partie IV, Chapitre 14, Ed. UNESCO et GEB-Environnement, Rabat, Maroc.
- ACHOUR S., CHABBI F. (2014), Disinfection of drinking water. Constraints and optimization perspectives in Algeria, *Larhyss Journal*, N°19, Septembre, pp 193-212.
- ACHOUR S., CHABBI F., GUERGAZI S.(2014), Drinking water chlorination and adverse public health outcomes in Algeria, *Advanced Materials Research*, Vol. 1030-1032, pp 501-508.
- AFOUFOU F., ACHOUR S. (2004), Incidence du procédé combiné préchloration-floculation sur l'élimination des substances humiques, *Larhyss Journal*, n°03, 63-73.
- BAIG S., MOUCHET P.(2010), Oxydation et réduction appliquées au traitement de l'eau-Ozone-Autres oxydants-Oxydation avancée- Réducteurs ,Techniques de l'ingénieur, W2702
- BOUCHEMAL F., ACHOUR S. (2015), Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra, *LARHYSS Journal*, N° 22, Juin, pp 197-212.
- DEGREMONT (2005), *Mémento technique de l'eau*, 10 ème édition, Ed. Lavoisier, Paris

- DORE M. (1989), Chimie des oxydants- Traitement des eaux, Ed. Lavoisier, Paris.
- GUERRAICHE Z. (2017), Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du Grand Constantinois. Thèse de Doctorat en Hydraulique, Université de Biskra, Algérie.
- HARRAT N., ACHOUR S. (2007), Pollution des eaux de barrage de Béni Haroun et impact sur leur traitement, 21 au 23 Novembre, 1^{er} Colloque International de Chimie CIC-1, 21 au 23 Novembre, Université de Batna.
- MOZAS M., GHOSN A. (2013), État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, Etudes et Analyses, Rapport IPEMED, 25p.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R. (2009), L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer: Analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod, Paris, 1600p.
- SANTE CANADA (1999), Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Le bromate. Document Technique, 14p, Canada
- TARDAT-HENRY M., BEAUDRY J.P. (1984), Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec. Canada.
- USEPA (2011), Water Treatment Manual: Disinfection, Office of Environmental Enforcement, Environmental Protection Agency Ed., USA, 187 P.