



CHLORATION DE LA CYTOSINE ET DE LA GUANINE EN PRESENCE DE SELS MINERAUX

M. BACHA, S. ACHOUR, S. GUERGAZI

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface - LARHYSS
Université de Biskra, BP 145 RP, 07000, Algérie
E-mail : info@larhyss.net

INTRODUCTION

Dans la chaîne de traitement des eaux naturelles ou résiduaires, la désinfection représente un procédé nécessaire à la préparation d'une eau salubre. Elle consiste à éliminer et/ou inactiver les microorganismes tels les virus, les bactéries et les protozoaires, susceptibles de transmettre de graves maladies (Desjardins, 1997). Plusieurs procédés et produits chimiques sont utilisés pour obtenir une désinfection des eaux, mais le désinfectant chimique le plus couramment utilisé pour l'eau potable est le chlore.

En Algérie, la chloration constitue l'unique procédé d'oxydation et de désinfection sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou plus rarement de chlore gazeux (Achour, 2001). Bien que la réaction chimique du chlore avec les matières organiques présentes dans l'eau conduit à la formation de sous produits organohalogénés (Norwood et Christman, 1987 ; Achour et Moussaoui, 1993) potentiellement toxiques (Le Curieux et al., 1996), la chloration demeure le procédé d'oxydation et de désinfection préféré à cause de sa relative simplicité, de son coût modique, de son efficacité et de son effet rémanent. Le mode d'inhibition de microorganismes serait essentiellement l'attaque par le chlore de molécules vitales organiques constituant l'ADN et l'ARN de ces germes (Block, 1982 ; Dukan et Touati, 1996). Ainsi les bases purique et pyrimidiques peuvent constituer des sites privilégiés de réactivité (Scott, 1975 ; Benabdesselam et al., 1987).

L'objectif de ce travail est donc d'examiner l'action du chlore sous forme d'hypochlorite de sodium sur des bases puriques et pyrimidiques présentes dans la structure de l'ADN et l'ARN des organismes vivants et d'apporter une contribution à la connaissance de l'effet de la minéralisation totale sur la chloration de ces composés organiques. Nous nous proposons de déterminer les potentiels de consommation en chlore des composés organiques étudiés dissous dans des milieux de minéralisation variable tout en contrôlant certains paramètres réactionnels (taux et temps de chloration, pH).

MATERIELS ET METHODES

Réactifs et solutions

Solutions de composés organiques

Le choix des composés organiques s'est porté sur les bases azotées de grande importance biologique. Nous avons utilisé pour les besoins de notre étude une base purique (Guanine C₅H₅N₅O) et une base pyrimidique (Cytosine C₄H₅N₃O), produits commercialisés par Aldrich.

Les solutions synthétiques de composés organiques sont préparées par dissolution dans différents milieux de dilution. Les eaux de dilution sont d'une part l'eau distillée (conductivité de 3 à 5 µs/cm, pH = 5,28 à 6,68) et d'autre part des eaux de sources minéralisées (Tableau 1). Une solution mère de 10⁻² mole/l de chaque composé organique est préparée.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de dilution

Paramètres	Conductivité (µs/cm)	pH	TH (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
Youkous	350	7,82	26	11,2	42	25	0,11
Drauh	1140	7,67	76	12,5	124	520	0,07

Solution en chlore actif

Les solutions de chlore utilisées sont des solutions diluées d'eau de javel dont nous dosons la teneur en chlore actif avant chaque série d'essais par la méthode iodométrique (Rodier, 1996) à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃, 5H₂O) N/10.

Méthodes de dosage

Le chlore résiduel est déterminé par iodométrie. La teneur en chlore résiduel est donnée par :

$$Cl_{2\text{ résid}} \text{ (mg/l)} = \frac{N_1 V_1}{V_2} \times 35,5 \cdot 10^3$$

où V₁ est le volume de thiosulfate de sodium versé, N₁ est la normalité de la solution de thiosulfate et V₂ est le volume de la prise d'essai (10ml).

Les paramètres physico-chimiques des eaux de dilution sont déterminés par les méthodes standard d'analyse (Rodier, 1996) ou par les méthodes décrites par les catalogues de l'appareillage utilisé.

Description des essais de chloration

La chloration des composés organiques est réalisée à température ambiante, par ajout de microvolumes d'eau de javel diluée au 1/10 et à un taux de chloration molaire (r). Celui-ci est défini comme étant le rapport entre la masse molaire du chlore introduit et la masse molaire du composé organique.

Le chlore consommé est déterminé par la différence de chlore introduit et le chlore résiduel mesuré par iodométrie. Le tableau 2 permet de récapituler les conditions de chloration des bases azotées testées.

Tableau 2 : Récapitulatif des conditions expérimentales de chloration des bases azotées testées

Concentration des bases azotées (mole/l)	10 ⁻⁵
Taux de chloration (r)	20
Temps de contact (heures)	0-24
pH	4 ; 7 ; 9

RESULTATS ET DISCUSSION

Potentiels de consommation en chlore

Les composé organiques étudiés (Guanine, Cytosine) présentent des demandes en chlore (D) importantes quelle que soit la minéralisation totale du milieu de dilution (Tableau3).

Tableau 3 : Demandes en chlore des bases azotées dans différents milieux de dilution

Milieux de dilution	Conditions expérimentales	D (mole/mole)	
		Guanine	Cytosine
Eau distillée	pH = 7; t = 24 heures; r = 20	15	14
Eau de Youkous	pH = 7,82; t = 24 heures; r = 20	17,5	17
Eau de Drauh	pH = 7,67; t = 24 heures; r = 20	16	17,5

La réactivité de ces composés organiques est due à leur structure aromatique comportant des électrons délocalisés, ce qui confère au cycle une réactivité nucléophile (Lalande et Le Meur, 1997). De plus, la fonction amine (NH₂) libre portée par l'hétérocycle azoté active en général le cycle et rend les substitutions électrophiles plus faciles (Arnaud, 1983).

Il est intéressant de signaler que les potentiels de consommation en chlore dans les eaux minéralisées dépassent ceux obtenus dans l'eau distillée. Cette observation permet de suggérer que la minéralisation totale et donc la force ionique pourraient affecter la réaction du chlore avec les bases puriques et

pyrimidiques. Cela peut être expliqué soit par la consommation du chlore par les éléments minéraux de l'eau, soit par la complexation des éléments minéraux avec le composé organique, ce qui aboutirait à des composés pouvant réagir plus énergiquement avec le chlore.

Influence du pH et du temps de contact sur la consommation en chlore

Les essais de chloration des bases azotées sont réalisés pour trois pH différents et pour différents milieux de dilution. Les consommations en chlore sont suivies au cours d'un temps de contact de 4 heures (Figures 1 et 2).

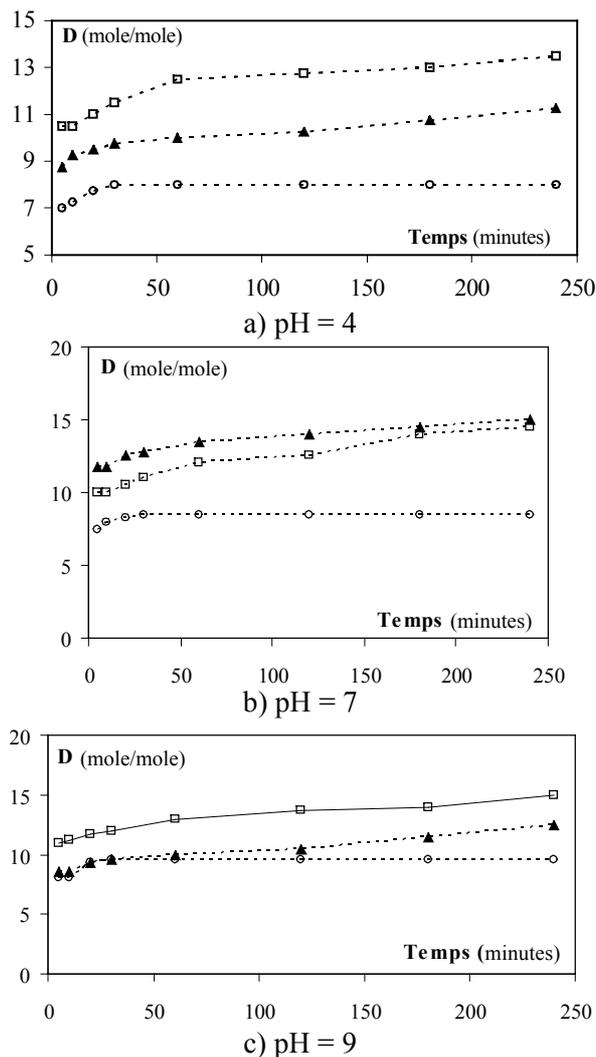


Figure 1 : Influence du pH et du temps de contact sur la chloration de la cytosine. (□) Eau de Youkous, (▲) Eau de Drauh, (o) Eau distillée

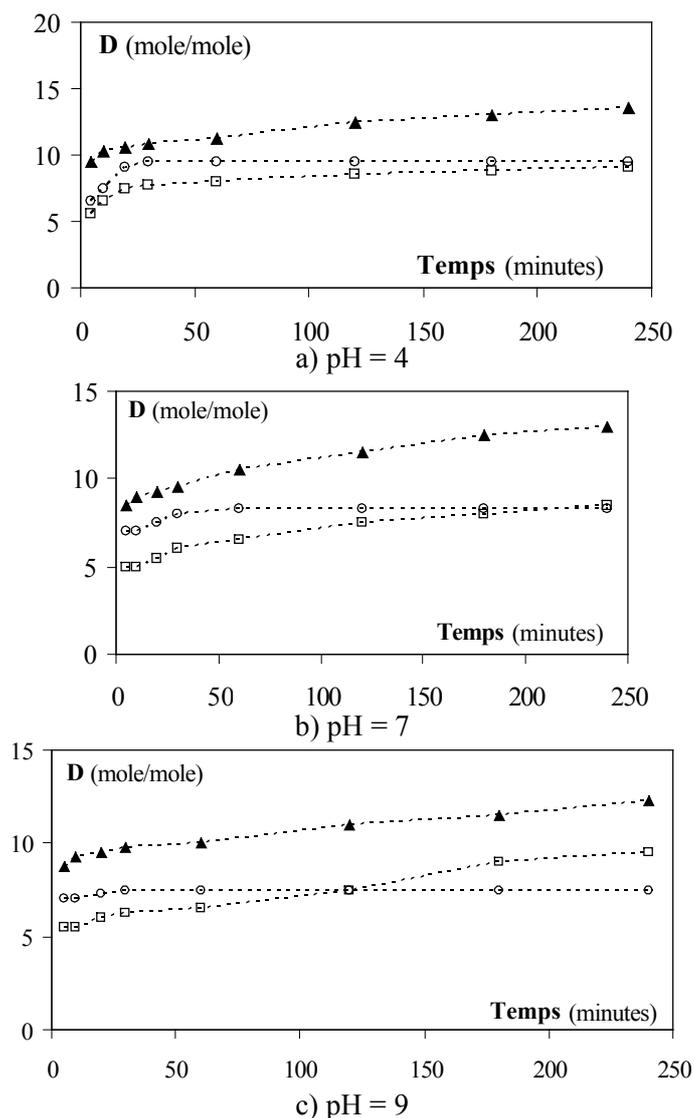


Figure 2 : Influence du pH et du temps de contact sur la chloration de la Guanine, (□) Eau de Youkous, (▲) Eau de Drauh, (○) Eau distillée

Au regard de nos résultats présentés sur les figures 1 et 2, nous pouvons dire que le pH représente un paramètre important dans la réactivité des bases azotées vis-à-vis du chlore. Ces résultats montrent également que la consommation en chlore, quelle que soit la valeur du pH et la minéralisation du milieu de dilution, s'effectue toujours en deux étapes. Une étape rapide au cours de la première heure de la réaction suivie d'une étape plus lente où la consommation en chlore augmente progressivement jusqu'au temps de 24 heures.

Ceci peut être expliqué par le fait que l'introduction du chlore dans l'eau engendre plusieurs réactions simultanément. La vitesse de ces réactions dépend d'une part de la forme du chlore en présence (HClO ou ClO⁻) et d'autre part des variations de la structure du composé organique en fonction du pH. La composante minérale des eaux de dilution pourrait également introduire des effets variables sur le pH (Croué, 1987 ; Achour, 2001; Achour et Guergazi, 2002).

CONCLUSION

La désinfection des eaux par le chlore permet de réduire ou d'éliminer la présence de microorganismes à l'origine de maladies graves ou mortelles, comme le choléra et la fièvre typhoïde. Parmi les molécules organiques susceptibles d'être ciblées pour l'inactivation des microorganismes, les bases puriques et pyrimidiques peuvent constituer des structures sensibles ou vitales dont la destruction ou la modification entraînera l'inactivation irréversible du microorganisme.

Les résultats obtenus au cours de cette étude mettent en évidence que les bases azotées étudiées présentent une réactivité importante vis-à-vis du chlore. De même, la minéralisation du milieu de dilution des composés organiques semble accroître leur réactivité. Cependant, l'influence du pH du milieu s'est traduite différemment selon le composé organique et le milieu de dilution. Mais quelle que soit le pH, la cinétique de la réaction d'oxydation présente deux étapes, une étape rapide et une étape lente.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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'état en Sciences Hydrauliques, Université de Tizi-ouzou, Algérie.
- ACHOUR, S., MOUSSAOUI, K. (1993). La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation des composés organohalogénés, *Environ. Technol.*, 14, 885-890.
- 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.
- ARNAUD, P. (1983). Cours de chimie organique, Ed. Bordas, 3e Edition, Paris.
- BEAUDRY, J-P., 1984. Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'Argile, INC, Québec.
- BENABDESSELAM, H.L., PONCIN, J., MARTIN, G. (1987). Inactivation of E.coli suspension by chlorine: *chemisty, Environmental Impact and Health Effects*, 6, 783-794.

- BLOCK, J.C. (1982). Mécanismes d'inactivation des microorganismes par les oxydants, *T.S.M. L'eau*, 11, 521-523.
- CROUE, J.P. (1987). Contribution à l'étude de l'oxydation par le chlore et l'ozone d'acides fulviques naturels extraits d'eaux de surface, Thèse de Doctorat d'université, N°89, université de Poitiers, France.
- DESJARDINS, R. (1997). Le traitement des eaux, 2^e Edition, Ed. Ecole Polytechnique de Montréal, Quebec.
- DUKAN, S., TOUATI, D. (1996). Hypochlorous acid stress in *Escherichia coli*: Resistance, DNA damage, and comparison with hydrogen peroxide stress, *J. Bacteriol.*, 178, 6145-6150.
- LALANDE, J., LEMEUR, M. (1997). Chimie organique. Cours avec exercices résolus, Ed. Masson, Paris.
- LE CURIEUX, F., MARZIN, D., BRICE, A., ERB, F. (1996). Utilisation de trois tests de génotoxicité pour l'étude de l'activité génotoxique de composés organohalogénés, d'acides fulviques chlorés et d'échantillons d'eau en cours de traitement de potabilisation, *Rev. Sci. Eau*, 9(1), 75-95.
- NORWOOD, D.L., CHRISTMAN, R.F. (1987). Structural characterization of aquatic humic materiel phenolic content and its relationship to chlorination mechanism in an isolated aquatic fulvic acid, *Environ. Sci. Technol.*, 21, 791-798.
- RODIER, J. (1996). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 8^e Edition, Paris.
- SCOTT, D.B. (1975). The effect of ozone on nucleic acids and their derivatives, workshop on « Aquatic applications of ozone », I.O.I., Boston, Mass.