

EFFET DE LA CHLORATION SUR DES BASES ORGANIQUES AZOTEES PRESENTEES DANS LES EAUX

M.BACHA, S.ACHOUR

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface LARHYSS

Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur, Université de Biskra

Info@larhyss.net, Info@larhyss.org, Tel/Fax: (+213) 33 74 08 54

INTRODUCTION

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux à visée de potabilisation. Elle est toujours incluse en fin de la filière au niveau de la désinfection (Cardot, 1999). Ce traitement permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes, susceptibles de transmettre des maladies, en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides (Desjardins, 1997). Le produit chimique qui demeure le plus utilisé pour l'eau potable est le chlore (Santé Canada, 2002) à cause de son pouvoir oxydant et désinfectant puissant, de sa mise en œuvre facile et de son coût modique.

L'ajout de chlore à l'eau potable a permis de réduire sensiblement les risques de transmission de maladies par l'eau. Toutefois, le chlore réagit également avec les matières organiques d'origine naturelle présentes dans l'eau, telles les substances organiques azotées résultant de la décomposition des matières vivantes. Cette réaction chimique produit une famille de composés appelés sous-produits de la chloration (Achour et Moussaoui, 1993 ; Glaze et al, 1993) potentiellement toxiques (Moris et al, 1992 ; Reif et al, 2000).

Dans ce cadre, l'objectif de ce travail est d'étudier la réactivité du chlore vis-à-vis de quelques bases organiques azotées présentes dans la structure des acides nucléiques des organismes vivants (ADN et ARN) et d'examiner l'effet de la minéralisation totale sur la chloration de ces composés.

Nous nous proposons de déterminer les potentiels de consommation en chlore de deux bases pyrimidiques (uracile et cytosine) dissoutes dans des milieux de minéralisation variable, sous des conditions contrôlées (PH, taux et temps de contact).

PROCEDURE EXPERIMENTALE

Préparation des solutions

Les solutions synthétiques de composés organiques sont préparées en utilisant comme milieux de dilution l'eau dessillée et des eaux minéralisées (tableau 1). Une solution mère de 10^{-2} mole/l de chaque composé organique est préparée.

La solution de chlore est utilisée sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel). Son titre chlorométrique est vérifié avant chaque essai par la méthode iodométrique (Rodier, 1996) à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium (N/10).

Tableau. 1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de dilution

Paramètres	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH	TH ($^{\circ}\text{F}$)	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
Youkous	350	7,82	26	11,2	42	25	0,11
Biskra	3700	7,73	124	15	1280	830	0,02

Méthodes de dosage

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux étudiées sont déterminées par les méthodes standard d'analyse (Rodier, 1996) ou par les méthodes décrites par les catalogues de l'appareillage utilisé. Le chlore résiduel est déterminé par iodométrie (Rodier, 1996)

Description des essais de chloration :

La chloration des composés organiques se fait par ajout de micro quantités d'eau de javel diluée au 1/10 et à un taux de chloration molaire (m). Ce dernier 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 en solution mesuré par iodométrie. Les conditions expérimentales de chloration des solutions synthétiques de bases organiques azotées sont récapitulées dans le tableau 2.

Tableau 2. Conditions expérimentales de chloration de bases organiques azotées

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

RESULTATS ET DISCUSSION

Réactivité de bases organiques azotées vis-à-vis du chlore en eau distillée

Les résultats des essais de chloration des composés organiques étudiés (uracile et cytosine) en eau distillée à pH=7 et un taux de chloration m=20 sont représentés dans le tableau 3. Ces valeurs montrent que, pour un temps de contact de 24 heures, les bases organiques testées représentent une grande réactivité vis-à-vis du chlore exprimée par des potentiels de consommation en chlore (P.C.C) très élevés.

Ceci peut être expliqué par la réactivité nucléophile des composés à cause de leur structure aromatique stable, ce qui facilite l'attaque du noyau par des réactifs électrophiles (Lalande et Le Meur, 1997).

D'après Doré (1989), les réactions de substitution électrophile sont les plus caractéristiques de la chloration dans ce cas.

Tableau 3. Potentiels de consommation en chlore de bases organiques azotées en eau distillée

Composé organique	Conditions expérimentales	PCC (mole Cl ₂ /mole composé)
Cytosine	pH=7, temps=24 heures	14
Uracile	pH=7, temps=24heures	13,5

Effet de la minéralisation totale sur la réactivité de bases organiques vis-à-vis du chlore en eaux minéralisées

Les milieux de dilution sont constitués par deux eaux souterraines exemptes initialement de matière organique et de chlore. Il s'agit d'une eau moyennement minéralisée (eau de Youkous) et une eau de minéralisation élevée (eau de Biskra). Les essais de chloration sont réalisés aux pH des milieux naturellement tamponnés et à un taux de chloration m=20.

Comme l'indiquent les résultats des essais de chloration en eaux minéralisées rassemblés dans le tableau 4, les potentiels de consommation en chlore accusent des variations notables par

rapport à ceux obtenus en eau distillée, ce qui montre que les substances aromatiques testées dissoutes dans les différentes eaux minéralisées restent réactives vis-à-vis du chlore. Cette réactivité est exprimée par des demandes en chlore importantes quelle que soit la minéralisation totale et donc la force ionique du milieu de dilution.

Tableau 4. Demandes en chlore de bases organiques azotées dans différents milieux de dilution

Milieu de dilution	Conductivité (µs/cm) et pH	Minéralisation (mg/l)	D (moles Cl ₂ /mole composé)	
			Uracile	cytosine
Eau Youkous	350 et pH=7,82	250,57	15,5	17,5
Eau Biskra (El Alia)	3700 et pH=7,73	2806,61	16,75	17

Par ailleurs, les fortes demandes en chlore dans les eaux minéralisées pourraient s'expliquer par la présence d'éléments minéraux réducteurs et réactifs vis-à-vis du chlore tels que le Fe²⁺, le Mn²⁺, les NO₃⁻ et le NH₄⁺.

Influence du pH sur la consommation en chlore en milieux de dilution

Les essais de chloration sont réalisés pour trois pH différents (pH=4, 7, 9) et pour différents milieux de dilution. Les consommations en chlore sont suivies au cours d'un temps de contact de 24 heures.

A travers les résultats illustrés dans le tableau 5, nous pouvons constater que les composés organiques testés restent réactifs vis-à-vis du chlore quelle que soit le pH et la minéralisation du milieu de dilution. Cependant, cette réactivité est plus favorisée à pH neutre. Ceci peut être expliqué d'une part par la spéciation du chlore notamment par la prépondérance d'acide hypochloreux (HOCl) pour des pH voisins de la neutralité et d'autre part par les variations de la structure de composé organique en fonction du pH (Achour et Guergazi, 2002). Nous pouvons dire que le pH exerce une incidence non négligeable sur le déroulement des réactions de chloration.

Tableau 4. Influence du pH sur les demandes en chlore de bases organiques azotées dans différents milieux de dilution

Composé organique	Demandes en chlore (mole Cl ₂ /mole composé)					
	Uracile			Cytosine		
pH	4	7	9	4	7	9
Eau Youkous	15	15,5	14	16	17,5	17
Eau Biskra (El Alia)	16	16,25	16,5	15,75	17	16

CONCLUSION

Bien qu'il existe d'autres désinfectants, les spécialistes continuent de privilégier le chlore à cause de son efficacité contre presque tous les microorganismes et de son effet rémanent qui assure la protection de l'eau jusqu'au robinet du consommateur, ce qui permet d'éviter toute recontamination par les microorganismes entre l'usine de traitement et l'utilisateur.

Les résultats obtenus au cours de cette étude mettent en évidence que les bases organiques azotées testées (uracile, cytosine) présentent une réactivité importante vis-à-vis du chlore quelle que soit la minéralisation totale du milieu de dilution. Cette réactivité est due essentiellement à la structure aromatique des composés qui leur confère une réactivité nucléophile. Cependant, le pouvoir d'oxydation s'est exercé plus énergiquement à pH voisin de la neutralité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Achour, S. ; Moussaoui, K. (1993), La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation des composés organohalogénés, Environ. Tech., 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.

Cardot, J. (1999), Les traitements de l'eau: Procédés physico-chimiques et biologiques, Ellipses Edition Marketing S.A, Paris.

Desjardins, R. (1997), Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Ed. de l'école polytechnique de Montréal.

Doré, M. (1989), Chimie des oxydants et traitement des eaux, Ed Lavoisier, Paris.

Glaze, W.H ; Andelman, J.B ; Bull, J.R ; Conlly, R.B ; Hertz, C.D ; Hood, R.D ; Pegram, R.A (1993), Determining health risks associated with disinfectants and disinfection by-products :Research needs, Journal Water Works Association, Vol. 85, No. 3.

Lalande, J., Le Meur, M. (1997), Chimie organique: Cours avec exercices résolus, SPEPC, Série Jean Le Hir, Masson, Paris.

Morris, R.D.; Audet, A.M.; Angelillo, I.F. (1992), Chlorination, chlorination by-products and cancer: A meta-analysis, Am. J. Public Health, 82, 7, 955-963.

Reif, J.S. ; Bachand, A.; Andersen, M. (2000), Effets des sous-produits de la désinfection sur la reproduction et le développement, Department of Environmental Health, Colorado State University, Canada.

Rodier, J. (1996), L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Ed. DUNOD., Paris.

Santé Canada (2002), Votre santé et vous: Chloration de l'eau potable, <http://www.hc-sc.gc.ca/français/vsv/environnement/chloration.html>