

UNIVERSITÉ DE CRANFIELD (Royaume-Unie)

ÉCOLE DES SCIENCES DE L'EAU

Thèse De Maîtrise de Recherche

Année universitaire 1995 - 1996

JOANNA ELIZABETH STARMER

Traitement magnétique de l'eau de piscine pour l'amélioration de l'oxydation et la désinfection chimique.

Superviseur : Dr. Simon A. Parsons

Septembre 1996

Cette thèse est déposée en vue d'obtenir le diplôme de maîtrise de recherche.

RÉSUMÉ

Le traitement magnétique de l'eau apporte potentiellement de grands avantages pour les piscines en termes de réduction de l'utilisation des produits chimiques oxydants dans le traitement de l'eau. Le traitement magnétique a montré diverses fois sa faculté de stabiliser le pH, d'éliminer la corrosion des matériaux et de réduire le temps d'arrêt du système pour le nettoyage. En plus de la réduction des coûts de fonctionnement, le traitement d'eau physique est généralement vu comme plus acceptable au niveau environnemental ; réduisant l'utilisation des puissants produits chimiques oxydants conventionnés employés pour la désinfection.

Cette étude détermine l'efficacité d'un dispositif de traitement magnétique sur l'inactivation d'un modèle de micro-organisme (*Escherichia coli*), sur la consommation de chlore et des sous-produits analogues générant la désinfection de l'eau de piscine. L'effets du traitement magnétique de l'eau sur des paramètres physiques tels que le dépôt de calcaire ; la conductivité et le pH sont rapportés, ainsi que les clés déterminantes tels que les taux de consommation de chlore, d'inactivation des micro-organismes et de la formation du trihalométhane (THM). Un dispositif de traitement magnétique disponible dans le commerce (le Magnetizer) a été utilisé pour tous les essais.

Il a été constaté que dans tous les cas la perte de chlore était plus rapide dans l'échantillon témoin que dans l'eau traitée par magnétisme. L'efficacité bactéricide du chlore libre était inchangée, et le taux de mortalité de *E. coli* pour une dose désinfectante donnée a été augmenté en moyenne de 25% grâce à ce conditionnement physique. En outre, on a constaté que la génération du THM a été réduite avec le traitement magnétique quelque soit le niveau de chlore libre.

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier les représentants de Magnetizer au Royaume Uni pour leur soutien à ce projet.

Je voudrais également remercier mon directeur de thèse, le Dr. Simon Parsons, et aussi le Dr. Simon Judd pour leur aide.

TRAITEMENT MAGNÉTIQUE DE L'EAU DE PISCINE POUR L'AMÉLIORATION DE L'OXYDATION ET LA DÉSINFECTION CHIMIQUE.

1) INTRODUCTION

1.1 Contexte

Beaucoup d'industries, y compris les fabricants de piscines, sont invitées par les organismes de normalisation tels que le PWTAG afin d'influencer les groupes pour employer des procédés de traitement non chimique dans la mesure du possible (Gosling, 1996). PWTAG place également la pression sur les opérateurs des piscines en Angleterre pour utiliser l'option la "moins dangereuse" en termes de salubrité et sûreté et aux niveau environnementale (Gosling, 1996). Les contaminants de l'eau de piscine sont principalement urine, sueur et micro-organismes introduits par les nageurs. Le désinfectant principal utilisé dans le traitement d'eau de piscine est l'hypochlorite de sodium qui a une action bactéricide pouvant être supprimée dans une certaine mesure par interaction avec d'autres contaminants chimiques (Black, 1996). La réaction à ces contaminants organiques ont comme conséquence la génération de Désinfection par Produits (DBP), le plus simple étant les trihalométhanes (THM). La nature de ces produits et la proportion de leur existence se repose sur les conditions physiques et chimiques en vigueur (PWTAG, 1995). Cependant, ils sont généralement indésirables, comme ils sont tous au moins suspectés cancérigènes, tératogènes et mutagènes (Gosling, 1996).

1.2 Traitement Magnétique de l'Eau (MWT)

1.2.1 Effet chimique

L'application du traitement magnétique d'eau a une longue histoire, et a été employée la plupart du temps pour enlever et contrôler le dépôt de calcaire (Donaldson, 1988 ; Baker et Judd, 1995). On estime que le tartre de carbonate de calcium coûte à l'industrie autour de 1,4 milliard d'€ par an (Darvill, 1993). Les avantages du traitement magnétique d'eau sont de prétendre l'économie d'énergie et de l'eau incluant une série de bénéfices comme prolonger la vie des éléments du système et par conséquent la vie du système lui-même. Le traitement magnétique a été montré comme stabilisateur de pH, élimine la corrosion, réduit le temps d'arrêt d'intervention, les coûts d'entretien, de nettoyage et enlève les risques liés à la manipulation des détergents chimiques tels que l'hypochlorite de sodium utilisé dans le traitement d'eau de piscine (Ifill, 1994). Le traitement magnétique a été réalisé avec succès sur divers équipements comprenant des échangeurs de chaleur industriels, des tours de refroidissement, des installations de traitement des effluents ou dans l'utilisation domestique (Baker et Judd, 1995), et peut s'avérer utile dans le secteur industriel du loisir pour réduire les dépenses de chauffage et de désinfection, propre à la gestion des piscines. En plus ce traitement physique de l'eau est plus acceptable au niveau environnemental que l'utilisation des produits chimiques à forte oxydation.

1.2.2 Effets biologiques

L'eau est le composant principal des cellules bactériennes et le contenu d'ion dissous dans l'eau intracellulaire est la source de nutrition pour la cellule. Un rapport prouve que le traitement magnétique de l'eau peut augmenter la solubilité des ions dans l'eau, et indique que ceci est le mécanisme par lequel les champs magnétiques affectent les systèmes biologiques (Lin et Yotvat, 1990). Il présente aussi que le magnétisme puisse affecter la polarité d'ion, augmenter la perméabilité des membranes et par conséquent la quantité de chlore qui entre dans une cellule, augmentant de ce fait ses propriétés de désinfection (Ayrapetyan et autres, 1994). Un certain nombre de rapports existent, étudiant les mécanismes par lesquels l'eau traité par magnétisme affecte les cellules et les micro-organismes, et les effets observés changent apparemment d'un état stimulé à un état d'inhibition selon la force du champ et la fréquence du champ magnétique (Chizhov, 1975 ; Goodman et autres, 1976 ; Moore, 1979 ; Berg, 1993). De nombreux rapports s'intéressent à la nature du milieu dans lequel les micro-organismes existent (Berg, 1993 ; Okuno et autres, 1993). On constate que les champs magnétiques forts augmentent la croissance de la bactérie modèle *Escherichia coli* cultivé sur divers milieu de croissance (Okuno et autres, 1993), mais par contre, des champs faibles alternatifs et pulsés ont montrés une inhibition de la croissance (Smith et autres, 1993).

1.3 Traitement magnétique de l'eau de piscine

Ces dernières années, il s'est développé des dispositifs de traitement magnétiques (MTD) pour, entre autres, des applications dans le traitement d'eau des piscines. Les fournisseurs revendiquent que de tels dispositifs ont un certain nombre d'effets bénéfiques dont :

- La réduction de dépôts
- La suppression de la volatilisation du chlore
- L'inhibition de la croissance microbienne

Tout particulièrement et en conséquence directe de ce qui est cité ci-dessus, la surface du filtre chargé ou encrassé. L'encrassement des filtres de sable dans le traitement de piscine peut être en grande partie attribué à l'obstruction à la surface du filtre par les matières organiques, et son rinçage devient nécessaire bien avant même d'avoir atteint sa pleine capacité. Ainsi on pourrait attendre de l'application d'un champ magnétique par l'intermédiaire du dispositif de traitement magnétique indiqué, de réduire l'encrassement des filtres par :

- a) l'inhibition de la croissance biologique et/ou,
- b) l'augmentation de la destruction des matières organiques dus au maintien à des niveaux plus élevés du chlore dans l'eau

Ces deux phénomènes principaux forment la base de l'étude.

Un des principes importants du PWTAG est que "moins de désinfectant et autres produits chimiques soient requis pour maintenir la bonne qualité de l'eau, le mieux c'est", et à cela, l'autre principe établi étant : "le seul produit chimique que l'on devrait utiliser, c'est beaucoup d'eau" (*Gosling, 1996*). En plus de ces principes de base, une désinfection améliorée serait d'un grand avantage en termes de coûts. A l'époque au R.U., les piscines coûtaient en moyenne £500 (740€) de désinfectants par an. Si 25% d'économie énoncée seraient possible, les 1600 piscines dans ce pays économiseraient un total de £2 millions (3000000€) en coûts de désinfectants par an (Ifill, 1994).

2) ÉTUDE LITTÉRAIRE

Pour évaluer l'ampleur de l'avantage que le MWT pourrait avoir sur le traitement de l'eau de piscine, l'étude littéraire a couvert les domaines suivants :

- 1) Maintenance et normes des piscines
- 2) Désinfection des piscines *
- 3) Contamination chimique des piscines
- 4) Contamination biologique des piscines
- 5) Facteurs agissant sur la désinfection
- 6) Traitement magnétique de l'eau
- 7) les effets des champs magnétiques sur l'activité biologique
- 8) les effets des champs magnétiques sur l'activité chimique

* Où "désinfection" est définie comme l'inactivation consciente des organismes et des virus pathogènes.

2.1 Maintenance et normes des piscines

Le guide sur l'eau de piscine du PWTAG (Pool Water Treatment Advisory Group's) de 1995 a décrit les directives et les grandes lignes de la législation assurant la qualité de l'eau et par la même, la sécurité publique. Les règlements contrôlent les températures de l'eau, l'ajout de produits de traitements chimiques et le nombre de baigneurs afin d'assurer leur sécurité et une bonne qualité de l'eau. Le traitement de l'eau est obligatoire par la loi de septembre 1991 4 (1) sur les piscines en Grande-Bretagne, et sur le continent par une autre législation européenne telle que la norme DIN 19 643 en Allemagne. Les directives du PWTAG donnent le nombre maximum de baigneurs au nombre de 1 tous les 2,5m² pour la sécurité, tandis que le département de l'environnement (DOE) emploie la formule ci-dessous afin de maintenir la qualité de l'eau. Le PWTAG fixe des directives strictes sur la

qualité de l'eau de piscine en termes de corps solides en suspension et dissous aussi bien que sur les propriétés physiques de l'eau (voir tableau 1).

(...)

Les matériaux

L'étude a été entreprise sur une échelle de laboratoire. Le dispositif a été essayé sur l'eau d'une piscine de composition chimique et microbiologique connue, en employant les spécifications du PWTAG sur les recommandations des gammes de concentration (tableau 8). Les essais ont été limités aux eaux relativement dures où les dépôts calcaires sont les plus visibles, bien que les quantités d'entartrage n'aient pas été rigoureusement mesurées. La bactérie coliforme fécale a été utilisée comme contaminant microbiologique au cours de l'étude, et des analogues humains d'urine et de sueur ont été ajoutés (indiqué dans le tableau A1, annexe A). Tous les essais ont été effectués en utilisant l'hypochlorite de sodium de la catégorie des Spectrosol, avec 12% de chlore de disponible (w/v) comme désinfectant, et le bicarbonate de calcium pour représenter la dureté de 200 ppm comme le CaCO₃, qui encouragerait l'entartrage, en restant dans les directives du PWTAG.

Valeurs limites des paramètres physicochimiques

Composant	Bas	Haut	Référence
Hypochlorite de Sodium (mg/l)	0.42	1.40	1.05
Chlore disponible (mg/l)	0.50	1.50	1.00
Bicarbonate de Sodium (mg/l)	168.00	336.00	336.00
Chlorure de Calcium (mg/l)	55.00	222.00	222.00
Sodium Humain (mg/l)	0.00	0.02	0.01
Chlorure de Sodium (mg/l)	0.00	2000.00	0.00
Sulfate de Sodium (mg/l)	0.00	1500.00	0.00
PH	7.20	7.80	7.80
Température (°C)	28.00	32.00	32.00
* Simulant de fluide du corps (ml/l)	0.00	0.05	0.05

* Analogue simple d'urine et de sueur humaine : Tableau A1.

(...)

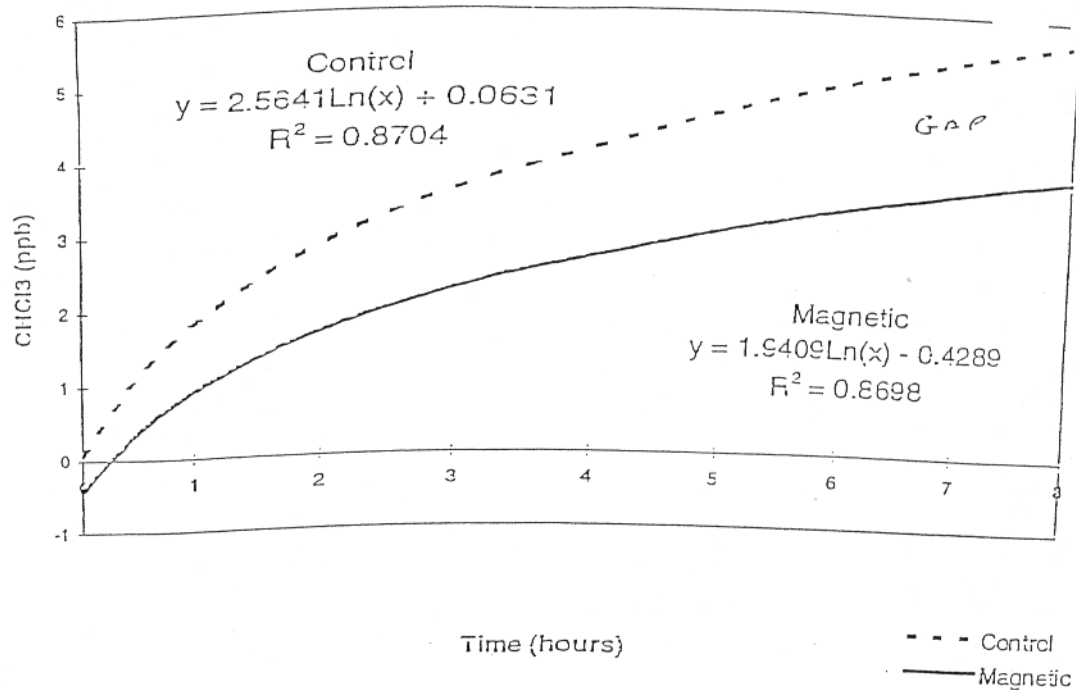
3) OBJECTIFS

La recherche s'est concentrée sur la suppression de la désorption du chlore, et l'augmentation de l'action bactéricide. Les précédents travaux au sein de la School of Water Sciences (Ifill, 1994) ont indiqué que le traitement magnétique a un léger mais significatif effet sur la conservation du chlore libre, et aussi sur l'entartrage de carbonate de calcium. Il a été prévu que d'autres travaux soient menés à bien pour vérifier les tendances observées dans l'étude précédente, et déterminer le point auquel la rétention observée du chlore affecte la formation de sous-produits THM. En outre, l'influence directe des forces magnétiques sur la viabilité des bactéries sera étudiée.

Le but du travail était d'examiner l'efficacité d'un dispositif de traitement magnétique (le Magnetizer) sur le conditionnement de l'eau de piscine afin d'augmenter la désinfection chimique. À cet effet, l'effet du traitement magnétique sur l'activité microbiologique et chimique devait être mesuré.

Il a été prévu que l'évaluation finale quantitative ou semi-quantitative de l'effet du MTD sur le niveau du chlore libre, sur le niveau du chlore combiné, sur la formation de sous-produit désinfectant, avec la référence spécifique aux trihalométhanes et les capacités de désinfection pour la coliforme fécale serait fournie, et que les résultats se rapporteraient à des conditions chimiques simulant ceux persistant dans une piscine normale.

(...)



Concentrations moyennes en chloroforme après une première dose de chlore libre de 0,4 ppm

ANCOVA des concentrations moyennes en chloroforme à la dose initiale de 0,4 ppm

Source de variation	Somme des carrés	DF	Carré moyen	F	Sig of F
Variables					
Chlore combiné (ppm)	1.090	1	1.090	0.307	0.058
Chlore libre (ppm)	0.976	1	0.976	0.275	0.601
PH	0.190	1	0.190	0.053	0.818
Température (°C)	1.769	1	1.769	0.507	0.479
Temps (heures)	75.514	1	75.514	21.298	0.000
Effet principal					
Présence du MTD	20.429	1	20.429	5.660	0.000
Expliqué	120.415	6	20.069	19.000	0.000
Residuel	283.651	80	3.546		
Total	404.006	86	4.698		

Sommaire des effets du MWT

- 1) *Le pH des solutions d'eau de piscine simulée a augmenté quand les composés organiques étaient présents et diminué quand ils étaient absents.*
- 2) *Aucun changement de la conductivité de la solution n'a été trouvé.
Commentaire de Magnetizer : Ce doit être prévu puisqu'il n'y avait aucune perte d'eau par évaporation.*
- 3) *Pas de calcaire n'a été formée, ainsi aucun résultat concluant n'a été obtenu.
Commentaire de Magnetizer : Avec pratiquement aucune eau complétée ou perdue, le dépôt ne pourrait pas être significatif.*
- 4) *La turbidité des solutions a augmenté d'une quantité non déterminée.
Commentaire de Magnetizer : Si un filtre avait été utilisé dans le banc d'essai, les particules aurait pu être filtrées dehors.*
- 5) *Aucun effet de biocide direct n'a été observé.
Commentaire de Magnetizer : L'essai a été seulement exécuté en 8 heure.*
- 6) *Le taux de mortalité de cellules de E coli a été sensiblement augmenté dû au chlore aqueux accru.*
- 7) *Les concentrations du chlore libre dans la solution ont été sensiblement augmentées par le MWT aux doses de 0.8 ppm et 1.2 ppm.*
- 8) *Les concentrations du chlore combiné dans la solution ont été sensiblement augmentées par le MWT à 1.2 ppm.*
- 9) *La destruction des cellules a été améliorée à 0.4, 0.8 et 1.2 ppm des doses de chlore libre initiale*
- 10) *La production de chloroforme a été supprimée à 0.4 et 1.2 ppm des doses de chlore libre initiale ; à 0.4 ppm c'était significatif.*