

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU DE PROCESS À LA SOCIÉTÉ BÉNINOISE DES BRASSERIES (SOBEBRA)

R. G. JOSSE*, P. DOSSOU YOVO**, E. SAGBO**, K. J. DALOHOUN*, S. BASSA*, N. TOPANOU*** & J. FATOMBI***

*Laboratoire d'Analyses Physico-chimiques des Milieux Aquatiques (LAPMIA/FAST/CHIMIE/UAC) 01 BP 526 Cotonou - Bénin

**Laboratoire Central de la Société Béninoise des Brasseries (SOBEBRA) de Cotonou

***Laboratoire d'Expertise et de Recherche en Chimie de L'Eau et de l'Environnement (LERCEE/FAST/CHIMIE/UAC) 01 BP 526 Cotonou - Bénin

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'un système de traitement de l'eau de distribution adapté aux conditions financières et techniques des entreprises agro-alimentaires du Bénin. A la SOBEBRA, l'eau de distribution (eau de la société nationale des eaux du Bénin) est traitée par un système mixte en trois temps : la désinfection par le chlore, la floculation-coagulation-décantation par le sulfate d'aluminium et la filtration avec un filtre à sable et un filtre à charbon actif. Les résultats des analyses physico-chimiques ont révélé que l'eau traitée (eau de process) est plus stable que l'eau de distribution. La turbidité de l'eau traitée est en moyenne 0,1 NTU ; la teneur en chlore libre, en chlore totale et en aluminium est 0,0 mg/L ; le TAC, le TH, le pH, et la conductivité sont régulés et maintenus à des valeurs recommandées par les normes internationales. Les analyses microbiologiques de l'eau traitée révèlent une absence totale des coliformes totaux et *Escherichia coli*, des streptocoques fécaux et des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Mots clés : eau de process, coagulation-floculation-décantation, filtre à sable, filtre à charbon actif.

PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF WATER OF PROCESS IN THE BENINESE SOCIETY OF BREWERIES (SOBEBRA)

ABSTRACT

The objective of this study is to test the efficiency of a system of treatment of the water supply suitable for the financial and technical conditions of the food-processing companies in Benin. In the SOBEBRA, the water supply from National Company of Waters is treated by a mixed system by three ways: the disinfection by chlorination, the flocculation-coagulation-decantation by the sulfate of aluminum and the filtration by a filter made of sand and with an activated charcoal. The results of the physico-chemical analyses revealed that the treated water (water of process) was more stable than the supply of water. The turbidity of the treated water was on average of 0.1 NTU; the content in free chlorine, and total chlorine and aluminum is 0.0 mg / L; the TAC, the TH, the pH, and the conductivity were settled and maintained in values recommended by the international standards. The

microbiological analyses of the treated water revealed a total absence of the total coliforms *E.coli*, faecal streptococci and spores of sulphite producer clostridia.

Keywords : water of process, coagulation-flocculation-decantation, filter made of sand, activated charcoal filter.

INTRODUCTION

L'eau est la matière première de l'industrie agro-alimentaire qui mérite le plus de contrôle (OMS Genève-Suisse, 2000). L'industrie alimentaire doit prendre toutes les mesures possibles pour assurer l'innocuité de l'eau utilisée pour la production et la transformation de la nourriture selon l'agence canadienne d'inspection des aliments (2001). Au Bénin, la plupart des industries agro-alimentaires s'approvisionnent en eau de distribution.

Même si l'eau est inodore, incolore et sans saveur, certains paramètres physico-chimiques et microbiologiques peuvent la rendre impropre à la production des aliments. De nos jours, les normes internationales sont très exigeantes et rigoureuses sur la qualité des eaux de process (OMS Genève-Suisse 2000, afnor 2001, Décret n°2001-094 du 20 Février 2001 République du Bénin). Il se pose alors l'épineuse question du traitement efficace de l'eau entrant directement dans la transformation et dans la production des aliments.

Afin de donner cette assurance à l'industrie alimentaire, plusieurs techniques de traitement de l'eau dans l'industrie agro-alimentaire ont été développées : l'ozonation, le chauffage, la chloration, la filtration sur sable, la décantation, la filtration biologique, la filtration sur membrane, la filtration sur charbon actif, la stérilisation par rayonnement UV, etc. Les nouveaux systèmes de traitement de l'eau combinent plusieurs de ces techniques pour plus d'efficacité selon Meghzili *et al.* (2003).

Les techniques de traitement accessibles aux pays en voie de développement (chloration, chauffage, décantation, filtration) ne répondent plus aux exigences normatives ; la présence de résidus du chlore et de l'aluminium, les valeurs élevées de la turbidité, les paramètres microbiologiques médiocres et les tendances incrustantes des eaux de process constituent des insuffisances. Nos industries ne disposent pas toujours de moyens techniques et financiers pour accéder aux nouvelles techniques de traitement coûteuses mais très efficaces. Pour faire face à

ces problèmes, des systèmes d'adaptation sont de plus en plus utilisés dans nos industries agro-alimentaires.

Dans le souci de trouver un système de traitement efficace et bien adapté aux conditions financières et techniques des entreprises de nos pays en voie de développement, nous nous sommes intéressés à étudier l'efficacité du système de traitement mixte (chloration, floculation-décantation, filtration sur sable, filtration sur charbon actif) utilisé pour la production de l'eau de process à la société béninoise des brasseries (SOBEBRA) de Cotonou.

Les objectifs de cette recherche portent sur :

- La détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de distribution et de l'eau traitée (eau de process).
- la comparaison des résultats obtenus aux normes internationales sur l'eau de process.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La Société Béninoise des Brasseries située à Cotonou, à PK 2.5, route de Porto-Novo au Benin, est une usine de fabrication de boissons (eaux minérales de Possotomé, boissons gazeuses et bières). L'usine de Cotonou s'approvisionne en eau de distribution de la ville de Cotonou. Elle dispose d'un système pour le traitement de l'eau directement utilisée dans la production (eau de process). Ce système comporte trois phases : la désinfection, la clarification et la filtration. La désinfection se fait par injection d'une solution d'hypochlorite de sodium dans l'eau à traiter. La clarification se fait par injection de sulfate d'aluminium suivi d'un temps de décantation. La filtration se fait d'abord sur le filtre à sable puis sur le filtre à charbon actif (Avom *et al.*, 2009 ; Reungoat *et al.*, 2007 ; Achour & Guesbaya, 2005) (Figure 1).

Afin d'évaluer l'influence du traitement sur certains paramètres physico-chimiques de l'eau de process, une campagne de mesures a été effectuée pendant huit (08) jours, du 10 au 17 juin 2009.

L'eau de distribution et l'eau traitée ont été prélevées à la SOBEBRA respectivement à l'entrée et à la sortie du système de traitement au niveau de deux points critiques pour le contrôle (CCP1 et CCP2) (Figure1).

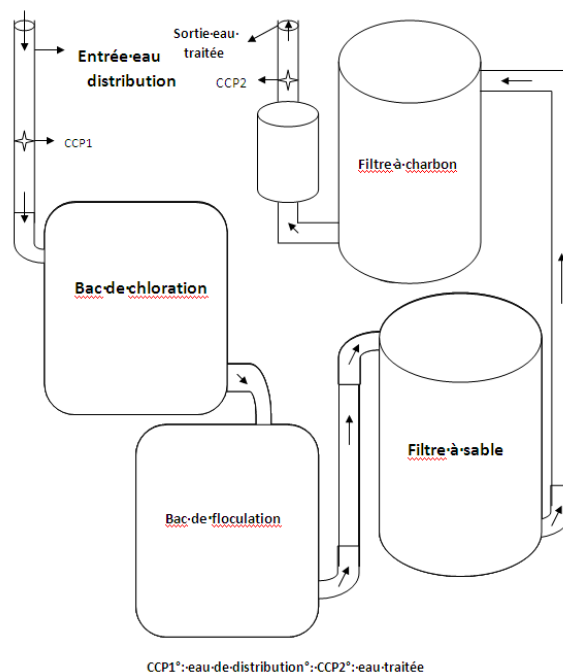


Figure 1. Dispositif de traitement des eaux de process de la SOBEBRA

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons sont prélevés toutes les deux heures au cours de la production (9 échantillons par point de prélèvement et par jour).

Pour les analyses microbiologiques les échantillons sont prélevés une fois par jour au niveau de chaque point (Bonney *et al.*, 2003).

Le pH, la température, la conductivité et la turbidité ont été mesurés respectivement par le pH-mètre WTW LF 340 MERCK, le conductimètre WTW LF 320 MERCK et le turbidimètre HACH 2100 AN Turbidimeter (Plusquellec, 2000).

Le Titre Alcalimétrique (TA), le Titre Alcalimétrique Complet (TAC), le Titre Hydrotimétrique (TH) ont été déterminés par titrimétrie (Plusquellec, 2000).

Les ions chlorures ont été dosés également par titrimétrie.

L'aluminium a été dosé par colorimétrie à l'aide du comparateur LOVIBOND 2000 avec les pilules Aluminium ALU1 et ALU2 (Apha *et al.*, 2005).

Le chlore libre et le chlore total ont été aussi dosés par colorimétrie à l'aide du comparateur LOVIBOND 2000 avec les pilules DPD1 et DPD3 (Apha *et al.*, 2005).

Le fer a été également dosé par colorimétrie avec la méthode du thyoglycolate d'ammonium.

La recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli*, a été faite par la méthode présence/absence avec le milieu de culture Colilert selon la méthode Ecctmi 1.0 Edition : 2004-09-10 Révision : 2006-10-25 du centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Les streptocoques fécaux ont été dénombrés par la méthode de filtration sur membrane avec le milieu de SLANETZ et BARTLEY (Bonney *et al.*, 2003) et USEPA, Méthode 1604 (2002).

Les germes aérobies mésophiles ont été dénombrés par la méthode de l'incorporation à la gélose avec le milieu de culture Plate Count Agar (PCA).

Les spores de clostridium sulfite réducteurs ont été dénombrés avec le milieu viande-foie supplémenté avec du sulfite de sodium à 2,5 % et de l'aluminium de fer (quelques gouttes) après une pasteurisation de l'échantillon à 80°C pendant 10 minutes. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (Bonney *et al.*, 2003).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Afin d'apprécier l'influence du traitement de l'eau de distribution sur certains paramètres physico-chimiques et microbiologiques, une série d'analyses a été effectuée pendant huit jours. Pour ce faire, huit paramètres physico-chimiques ont été déterminés et neuf prélèvements par jour sont réalisés au niveau de chacun des deux points.

Le Tableau 1 et le Tableau 2 présentent les résultats des deux premiers jours d'analyse.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques de l'eau de distribution et de l'eau traitée (premier jour)

Paramètres	Eau de distribution	Eau traitée
pH	5,1±0,12	5,4±0,21
TAC (°F)	17±0,03	15±0,16
TH (°F)	18±0,15	19±0,13
TDS (mg/L)	95±0,15	110±0,15
Conductivité (µS/cm à 20°C)	130±0,31	155±0,12
Fer (mg/L)	0,015±0	0,01±0
Chlorure (mg/L)	67,5±0,21	42,6±0,21
Turbidité (NTU)	1,2±0,15	0,1±0

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques de l'eau de distribution et de l'eau traitée (deuxième jour)

Paramètres	Eau de distribution	Eau traitée
pH	4,7±0,21	5,2±0,33
TAC (°F)	13±0,13	13±0,21
TH (°F)	14±0,17	17±0,1
TDS (mg/L)	90±0,21	105±0,30
Conductivité (µS/cm à 20°C)	130±0,12	160±0,15
Fer (mg/L)	0,13±0,0	0,01±0
Chlorure (mg/L)	67,5±0,14	40,6±0,13
Turbidité (NTU)	1,5±0,13	0,3±17

L'analyse des résultats des deux jours montre que la variation des paramètres est faible pendant une période de 24 heures. Nous avons donc utilisé les moyennes journalières pour la suite de l'étude.

Les valeurs de la conductivité et du Total des Solides Dissous (TDS) de l'eau traitée obtenues sont relativement plus élevées que celles de l'eau de distribution (Figure 2 et Figure 3). Ces valeurs sont en accord avec celles des normes internationales.

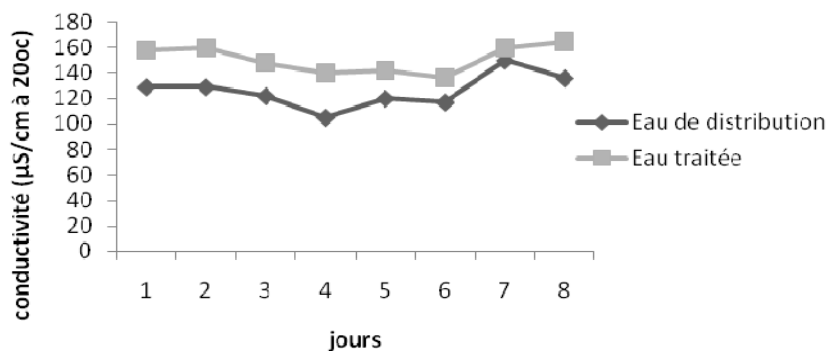


Figure 2. Variation de la conductivité de l'eau de distribution et de l'eau traitée.

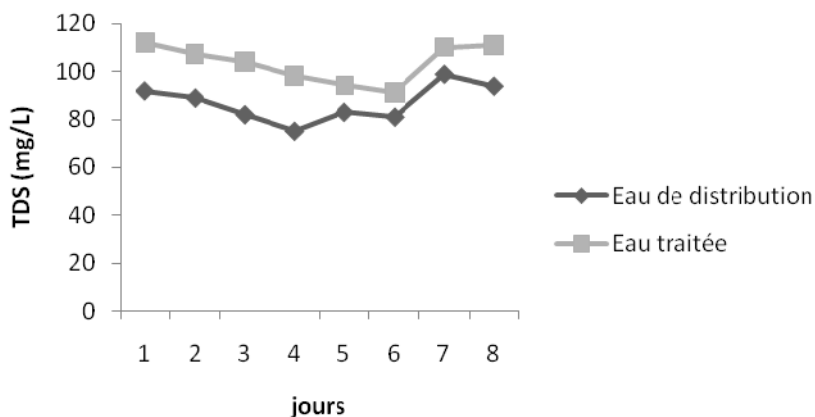


Figure 3. Variation du TDS de l'eau de distribution et de l'eau traitée.

La conductivité d'une eau est la mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. Elle varie en fonction de la température et est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes (TDS) de l'échantillon. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition aux matières organiques et colloïdales qui conduisent peu. Dans le cas des eaux chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge (Degremont, 2005). Dans notre étude, l'augmentation de la conductivité et du TDS de l'eau traitée s'explique par l'élimination des matières organiques par adsorption sur le charbon actif.

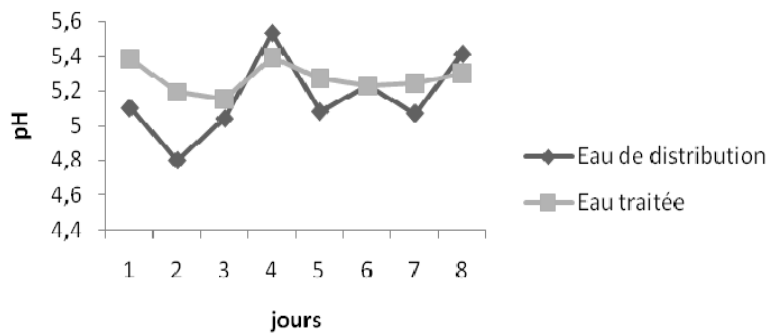


Figure 4. Variation du pH de l'eau de distribution et de l'eau traitée

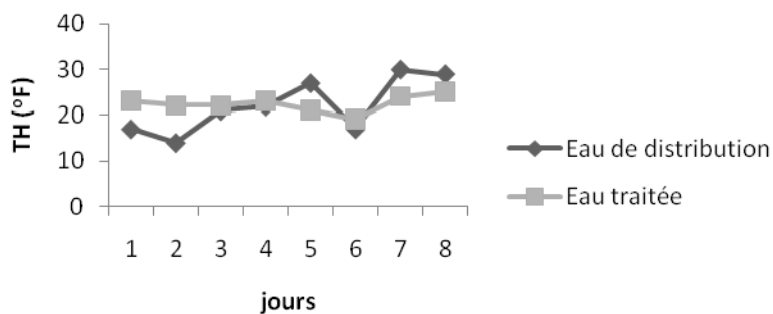


Figure 5. Variation du TH de l'eau de distribution et de l'eau traitée

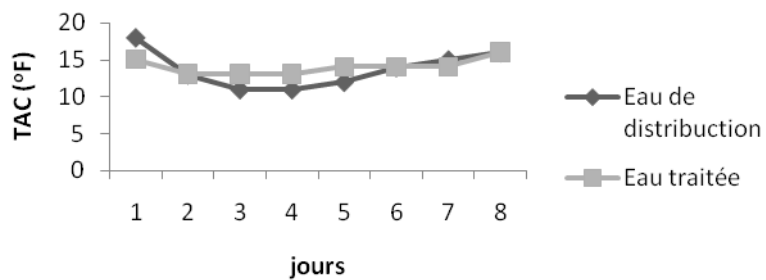


Figure 6. Variation du TAC de l'eau de distribution et de l'eau traitée

Selon les figures 4, 5 et 6, le pH de l'eau de distribution a varié de 5,1 à 4,8 puis à 5,5 le quatrième jour ; cette rapide variation en dents de scie laisse entrevoir une évolution vers la basicité qui préjuge de l'activité des matières organiques qu'elle pourrait contenir du fait de leur teneur en CO₂ dissout (Avom *et al*, 2001). Mais contrairement à l'eau de distribution, la variation du pH de l'eau traitée n'a pas connu trop de fluctuation et est passée de 5,4 à 5,2 pour se stabiliser à 5,3. L'équilibre physico-chimique d'une eau étant lié à l'équilibre des bicarbonates de calcium en solution, plusieurs chercheurs ont montré que ce dernier est influencé par les teneurs en CO₂, en calcium (Ca), par sa basicité, son acidité, pour les sels dissous et la température selon les auteurs (Dia *et al*, 2006 ; Avom *et al*, 2001). Par ailleurs, d'autres ont montré que l'eau est en équilibre physico-chimique (disparition de toute tendance incrustante ou agressive) si la valeur de son pH correspond à un équilibre physico-chimique parfait des bicarbonates de calcium qu'elle contient (Rodier *et al*, 2009).

Le TH de l'eau traitée garde une tendance à la stabilité en affichant un titre hydrotimétrique relativement stable de l'ordre de 25°F, alors que celui de l'eau de distribution a fluctué de 20°F à environ 30°F. Le TAC de l'eau traitée a légèrement chuté de 15°F à 12,5°F, pour se stabiliser encore à 15°F. De même celui de l'eau de distribution a chuté de 17,5°F à environ 11°F et est remonté pour se stabiliser à 15°F. Dans notre étude, la fluctuation remarquable des valeurs de TH, de pH et de TAC de l'eau de distribution est sans doute due à la présence des matières organiques et colloïdales en suspension, source de déséquilibre physico-chimique d'une eau. La régulation ou le maintien des valeurs de TH, de pH et de TAC à des valeurs moins fluctuantes pour l'eau traitée dénote de l'établissement de l'équilibre physico-chimique constaté. Nous pouvons alors dire que le système de traitement a éliminé toute la tendance incrustante de l'eau brute.

Les valeurs de la teneur en fer, de la teneur en chlorure et de la turbidité de l'eau de distribution sont relativement plus élevées que celles de l'eau traitée. (Figure 7, Figure 8 et Figure 9)

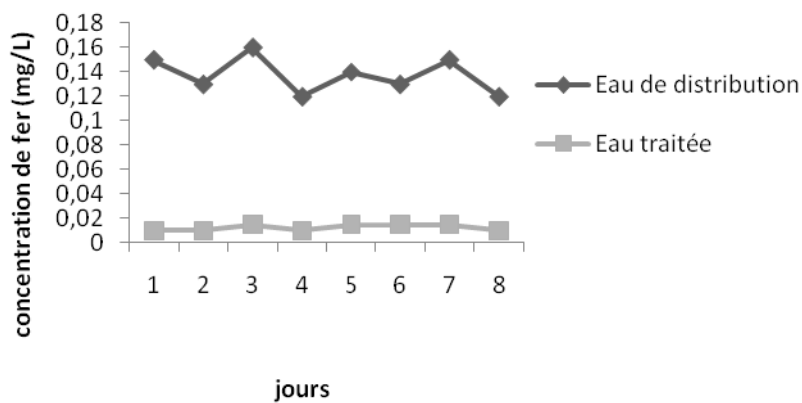


Figure 7. Variation de la teneur en fer de l'eau de distribution et de l'eau traitée

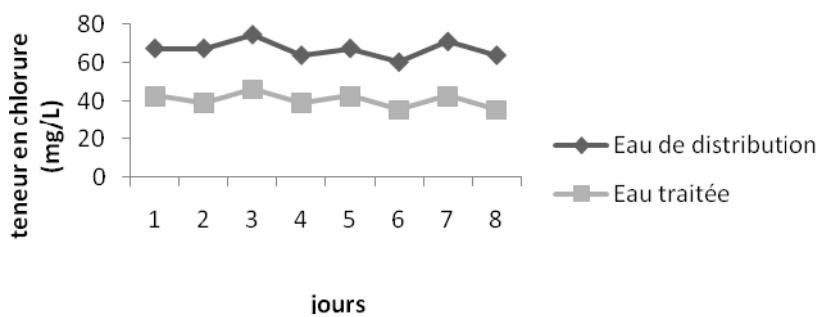


Figure 8. Variation de la teneur en chlorure de l'eau de distribution et de l'eau traitée

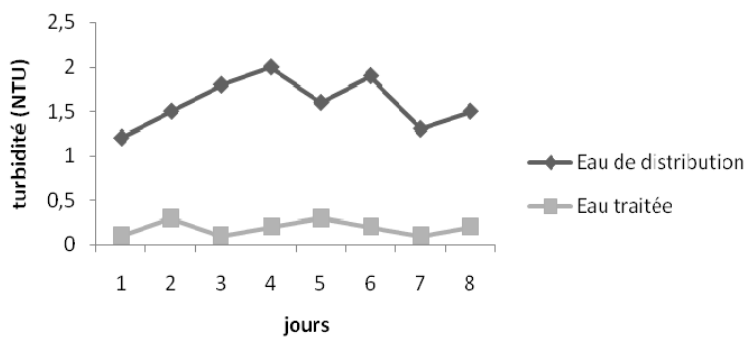


Figure 9. Variation de la turbidité de l'eau de distribution et de l'eau traitée

Sur la Figure 7, la concentration de l'eau traitée en fer varie peu au voisinage de zéro ; ce qui est rassurant en matière de santé publique (Chantrel, 2001). Celle de l'eau de distribution est en dents de scie et dans une moyenne de 0,13mg /L, ce qui est relativement trop élevée. La figure 8 présente une teneur en chlorure de l'eau traitée de l'ordre de 40mg/L, ce qui est inférieur à celle de l'eau de distribution qui avoisine 70mg/L. Sur la figure 9, nous notons une turbidité de l'eau de distribution dont la charge colloïdale a brusquement évolué avec une courbe qui évolue en dents de scie. La turbidité de l'eau traitée est de l'ordre de zéro NTU. L'élimination de ces micropolluants par la clarification (coagulation-floculation-décantation) et la filtration sur sable expliquerait la diminution considérable de la turbidité et de la teneur en fer de l'eau traitée. De même, la diminution de la teneur en chlorures s'explique par l'adsorption des chlorures sur le charbon actif.

Notre étude s'est intéressée à l'effet des produits chimiques (chlore et sulfate d'aluminium) utilisés dans le traitement sur la qualité finale de l'eau traitée. La qualité des eaux traitées serait fortement dégradée s'il y avait la présence de résidus des produits chimiques utilisés dans l'eau traitée. Les résidus d'aluminium sont dangereux pour la santé (Guy et *al.*, 2007). Or les résultats obtenus prouvent une absence quasi-totale du chlore et de l'aluminium dans l'eau traitée (Tableau 3).

Tableau 3. Teneur en aluminium, en chlore total et en chlore libre dans l'eau traitée

Paramètres	Moyenne	Ecart-type	Nombre d'échantillons
Aluminium mg/L)	0	0	72
Chlore libre (mg/L)	0	0	72
Chlore total (mg/L)	0	0	72

Lors de la clarification, l'ion aluminium s'associe avec les particules en suspension pour former des agrégats de molécules qui sont facilement éliminées par la décantation. Le filtre à sable élimine ensuite les molécules libres de l'aluminium (Achour & Guesbaya, 2005). Le chlore et les chlorures sont éliminés par adsorption sur le charbon actif.

L'eau utilisée pour l'alimentation ou par l'industrie alimentaire doit être autant que possible exempte d'indicateurs de pollution fécale et de germes pathogènes (OMS, 2000 ; Hospitalier-Rivillon *et al.*, 2008). Comme il est difficile de mettre en évidence la présence des germes pathogènes, on procède plutôt à la recherche de germes banals, faciles à identifier et connus pour être accompagnés, dans les milieux où ils sont abondants, par des germes pathogènes. Ces germes banals sont appelés germes-tests de contamination fécale. Les germes tests recommandés pour l'eau de consommation sont les *Escherichia coli*, les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, les sulfite-réducteurs et les germes aérobies mésophiles. Le Tableau 4 montre les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de distribution et de l'eau traitée.

Tableau 4. Paramètres microbiologiques de l'eau de distribution et de l'eau traitée

Paramètres	Eau de distribution	Eau traitée	Nombre d'échantillons
coliformes fécaux et E-coli (UFC/100mL)	2 ± 1	0	8
Streptocoques totaux (UFC/50mL.)	2 ± 1	0	8
Spores de <i>Clostridium</i> Sulfite réducteurs (UFC/20mL.)	2 ± 1	0	8
Germes aérobies mésophiles à 37°C (UFC/1mL)	8 ± 3	2 ± 1	8

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles permet de recenser un groupe relativement varié d'espèces de bactéries sans égard à leur pathogénicité. La concentration maximale admissible pour une eau de consommation est de 10UFC/mL selon les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin (2001). Les résultats des analyses ont montré que dans l'eau de distribution nous avons obtenu des valeurs légèrement supérieures à la norme alors que l'eau traitée est conforme aux exigences normatives (Tableau 4) (Apha *et al.*, 2005).

Une eau bien traitée et convenablement protégée ne doit pas contenir de coliformes totaux, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé (normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin 2001). Le Tableau 4 montre une absence totale de coliformes totaux et d'*Escherichia coli* dans l'eau traitée.

Le dénombrement des streptocoques totaux et fécaux est un indicateur privilégié pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau notamment à

cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (Apha *et al.*, 2005). Une eau traitée doit être exempte de streptocoques fécaux. On observe une absence totale des streptocoques totaux et fécaux dans l'eau traitée (Tableau 4).

Lors de la coagulation, le sulfate d'aluminium sert à éliminer les matières en suspension (algues et particules colloïdales). Cette phase élimine les microparticules qui constituent un support pour les bactéries ; c'est ce qui explique l'absence totale des spores de clostridium sulfito-réducteurs qui sont des germes telluriques.

L'absence quasi-totale des microorganismes dans l'eau traitée s'explique par l'action conjuguée de la chloration et de la coagulation au début de la chaîne de traitement. Cette absence est confirmée par la faible valeur de la turbidité de l'eau traitée (Figure 9).

CONCLUSION

Les résultats obtenus au cours de ces travaux montrent que le système de traitement étudié élimine toute tendance incrustante ou agressive de l'eau traitée en établissant l'équilibre physico-chimique. Les produits chimiques utilisés dans le traitement et leurs dérivés sont absents dans l'eau traitée. L'eau traitée est exempte de coliformes totaux, d'*Escherichia coli*, de streptocoques fécaux et de spores de clostridium sulfito-réducteurs. Les qualités physico-chimiques et microbiologiques de l'eau traitée satisfont aux normes internationales de l'eau de consommation. Le système de traitement des eaux de process étudié est efficace, et répond mieux aux conditions techniques et financières des industries agro-alimentaires du Bénin.

Dans la suite de cette étude, on procédera à l'étude d'un système de production de vapeur alimentaire pour les petites et moyennes entreprises agro-alimentaires et à l'étude d'un système de traitement et de recyclage des eaux usées dans l'industrie agro-alimentaire dans nos pays en voie de développement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHOUR S & GUESBAYA N. 2005. Coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques Larhyss Journal, n° 04, pp.153-168.
- AFNOR 2001. Eaux, méthodes d'essai. Recueil de normes françaises, Association de normalisation 6ème éd, 360 p.
- Agence canadienne d'inspection des aliments. www.inspection.gc.ca/francais/fssa/invenq/inform/20001025f.shtml
- APHA, AWWA & WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 21th Edition. Québec - Canada.
- AVOM J., MBADCAM J., MATIP M. R. L. & GERMAIN P. J. 2009. De nouveaux développements dans l'utilisation du charbon actif en poudre pour le traitement de l'eau potable: Eau, Industries, les Nuisances », J. Chim. Phys. 108 (9) : 73-84.
- AVOM J, MBADCAM J. K, MATIP M. R.L. & GERMAIN P. 2001. Adsorption isotherme de l'acide acétique par des charbons d'origine végétale African Journal of Science and Technology (AJST) Science and Engineering Series Vol. 2, No. 2, pp. 1-7.
- BONNEFOY C., GUILLET F. & LEYRAL G. 2003. Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires, Editions Doin France.
- BOUCHARD C. & SERODES J. 2002. Production d'eau potable. Notes de cours, Université Laval, Canada ; 188 p.
- CHANTREL P. Office internationale de l'eau, pers. Comm. 2001, France.
- DECRET n°2001-094 du 20 Février 2001, fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin.
- DEGREMONT – 2005. Mémento technique de l'eau dixième édition. France.
- DIA M. A., LO S. M., PONTIÉ M., BAGAN H., DIAWARA C. K., RUMEAU M. 2006. Study of the feasibility of a novel household water-softening process based on ion exchange. Comptes Rendus Chimie, 9(10) : 1260-1267.
- GUY L. & VIERLING E. 2007. toxicité des métaux et de l'arsenic dans Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité. Editions Doin France- Page 270
- HOSPITALIER-RIVILLON J. & POIRIER R. 2008. L'eau destinée à la consommation humaine , Archives des maladies professionnelles et de l'environnement 69 (3) 496-505
- MEGHZILI B., MARSZA Z. & M. MEDJRAM S. 2003. Optimisation des étapes de clarification de la station de traitement de l'eau potable de la ville de SKIKDA. Sciences & Technologie A – N°27 B, 71-78
- OMS Genève-Suisse. 2000. Direction de la qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène, documentation à l'appui. 2ème Ed : Vol 2 ; 1050 p.
- PLUSQUELLEC. 2000. Les eaux. Dans Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. (3e éd). APRIA. France 327-334.
- REUNGOAT J., PIC J. S., MANERO M. H. & DEBELLEFONTAINE H. 2007. Traitement avancé de micropolluants organiques dans l'eau par couplage entre adsorption sur charbon actif et

ozonation catalysée. In : 11th Congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Saint-Etienne, France.

RODIER J., LEGUBE B. & MERLET N. 2009. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 9^{em} éd Dunod France.

USEPA, Method 1604. Total coliforms and Escherichia coli in Water by membrane Filtration Using a Simultaneous Detection Technique (MI Medium) USEPA, 2002, 821-R02-024.