



CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX D'ALIMENTATION DE LA VILLE DE BISKRA. PRATIQUE DE LA CHLORATION

S. GUERGAZI, S. ACHOUR

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface
LARHYSS, Université de Biskra B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie

INTRODUCTION

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit elle-même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique. La fabrication d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger. Dans le cas des eaux souterraines de bonne qualité, une simple étape de traitement est nécessaire, la chloration.

Il est bien connu que la chloration a pour objectif l'élimination des germes pathogènes, l'oxydation de la matière organique et quelques éléments minéraux, mais également le maintien d'un résiduel désinfectant capable d'assurer la protection micro biologique de l'eau pendant son transport dans le réseau de distribution (Claude, 1999).

Le chlore sous forme d'eau de javel (hypochlorite de sodium) ou le chlore gazeux est l'oxydant chimique le plus utilisé dans le monde et en particulier en Algérie. A Biskra, l'hypochlorite de sodium est systématiquement utilisé pour traiter les eaux destinées à l'alimentation en eau potable.

Notons que la ville de Biskra est alimentée en eau de consommation à partir de forages dans la nappe alluviale du champ captant d'oued Biskra et dans la nappe des calcaires du champ captant d'El Magloub qui refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs. A cela s'ajoute l'injection directe de plusieurs eaux de forage dans le réseau de distribution.

Dans un premier temps, nous présenterons donc une brève synthèse sur l'état du système d'alimentation en eau potable de la ville de Biskra.

Dans un second temps, nous nous intéresserons aux résultats des analyses physico-chimiques que nous avons réalisées sur les échantillons d'eaux prélevés au niveau des différents réservoirs ainsi qu'à différents points du réseau, au robinet du consommateur.

Enfin, nous examinerons les modalités de la pratique de la chloration des eaux de la ville de Biskra ainsi que ses conséquences sanitaires.

DONNEES SUR LE SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE BISKRA

Actuellement, le réseau de la ville de Biskra est divisé en 6 grandes zones de distribution, la configuration générale de ce réseau est de type mixte :

1. Centre ville, Rivière Nord, Lotissement Ferhat, Lotissement Khobzi et Star. M'louk, cette zone a un réseau type mixte (maillé et ramifié).
2. Rivière Sud, Zone Sud, (Vieux Biskra), le réseau est ramifié.
3. Zhun Ouest, le réseau est mixte.
4. 1000 logements, le réseau est ramifié.
5. Haï El Moudjahidine, le réseau est maillé.
6. El Alia Nord, El Alia Sud (Zhun Est), le réseau est mixte (maillé et ramifié).

En ce qui concerne l'état actuel du réseau et selon l'enquête qui a été faite par l'entreprise de gestion des eaux et de la direction d'hydraulique de la willaya de Biskra (DHW), les données indiquent que l'état du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Biskra est critique vu:

- L'absence de plan d'exécution ou de recollement (implantation du réseau sans une étude technique).
- Nombreux regards de vannes enterrés.
- Passages incertains des canalisations dans certains cas.
- Distribution irrégulière des eaux à l'agglomération de Biskra.
- Emplacement des conduites D'AEP à un niveau inférieur à celui de la conduite d'assainissement et surtout dans le vieux Biskra (Problème d'infiltration des eaux usées dans les conduites d'AEP).
- Certaines conduites tertiaires ont parfois été posées par des comités locaux (Vieux Biskra).
- L'absence de regards de vannes de sectionnement à certains carrefours.
- L'ordre piézométrique pour la desserte des étages supérieurs des immeubles et surtout dans la zhun Ouest.

METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

Prélèvements

Les habitants de la ville de Biskra sont alimentés à partir des forages se trouvant dans la nappe alluviale du champ captant d'oued Biskra, au nord de la ville. A l'ouest de la ville, se trouve la nappe des calcaires du champ captant El Magloub. Ces deux nappes refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs, elles constituent les ressources principales et l'essentiel des stations de pompage du système d'alimentation en eau potable.

A cet ensemble, il faudra ajouter l'injection directe de plusieurs forages dans le réseau de distribution du centre ville.

En ce qui concerne les ouvrages de stockage ou de régulation et d'après les recensements faits par la direction d'hydraulique de la wilaya de Biskra (D.H.W), il existe 09 ouvrages de stockage dont 05 seulement sont fonctionnels :

1. Deux réservoirs $2 \times 5000 \text{ m}^3$.
 - Réservoir rectangulaire 5000 m^3 (Rodary), il est hors d'état de service depuis Novembre 1999.
 - Réservoir circulaire 5000 m^3 (Baâtouche).
2. Réservoir surélevé 200 m^3 de la zone des parcs.
3. Deux réservoirs circulaires de 3000 m^3 en béton armé alimentent El alia (zhun est) et Haï el moudjahidine.
4. Le réservoir tampon de 500 m^3 du champ captant El Magloub est utilisé dans le cadre du renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Biskra. Tandis que les forages qui sont injectés directement dans le réseau sont :
Zouaka, Sûreté, Centre universitaire, Ras El gueraï 1, Ras El guearia 2, El hawza, Ecole des jeunes aveugles.

Au cours de notre étude, l'ensemble des points de prélèvement d'échantillons d'eau est au niveau de différents réservoirs ainsi qu'à différents points de réseau, au robinet du consommateur (tableau 1)

Tableau 1 : Les points de prélèvement des échantillons d’eaux de la ville de Biskra

| | Points de prélèvement des échantillons d’eaux |
|---|---|
| Champ captant El Megloub | Réservoir tampon, Haï (khobzi, El boukhari et kablouti) |
| Champ captant oued Biskra | Réservoir Haï El moudjahidine Réservoir Baâtouch, Point plus proche du réservoir, Haï El moudjahidine, Point proche du lycée Saïd ben Chaïb |
| | Réservoir El Alia Réservoir El alia, El Alia Nord et El Alia Sud |
| | Réservoir Baâtouch Haï (Bab El derb, Hakim Saâdane et La gard) |
| Forage à injection directe dans le réseau du centre ville | Ras El gueria, El hawza et Zouaka |

Méthodes d’analyses physico-chimiques

Les méthodes de dosage qui permettent la détermination de la qualité de l’ensemble des échantillons sont les suivants :

Le pH est mesuré sur un pH-mètre digital de laboratoire pH 211 HANNA et une électrode combinée (Bioblock Scientific).

Le titre hydrotimétrique TH et le titre alcalimétrique complet TAC sont déterminés respectivement par complexométrie à l’EDTA et par dosage par l’acide sulfurique (Rodier, 1984).

La conductivité est mesurée grâce à un conductimètre de type LF 315.

Les sulfates, les phosphates, le brome, et le potassium sont déterminés par colorimétrie sur un photomètre de type palintest.

Les chlorures sont déterminés par la méthode de Mohr, tandis que les nitrates, l’ammoniaque et le fer sont déterminés par colorimétrie sur un photomètre de type multi paramètres. Le fluor est déterminé par potentiométrie en utilisant une électrode spécifique Elit 8221 F⁻ (55907).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques sont présentés dans le tableau 2 et montrent d'une manière générale que :

- La température de nos échantillons est comprise entre 21 et 29 °C, elle est acceptable pour les zones arides et semi arides.

**Tableau 2 : Caractéristiques physico – chimiques
des échantillons d'eaux prélevés. R : réservoir,
RC : robinet du consommateur**

| Paramètres | Haï El Moudjahidine | Zone Sud | | El Alia | | Forages à injection directe dans le réseau |
|--------------------------------------|---------------------|----------|-----------|---------|-----------|--|
| | R. C | R | R. C | R | R. C | |
| T (°C) | 23-24 | 23,5 | 21-28 | 25,5 | 23-26 | 22-24,5 |
| pH | 7,55-7,66 | 7,33 | 7,33-7,78 | 7,33 | 6,94-7,47 | 6,9-7,44 |
| Cond.(µs/cm) | 3440-3480 | 3600 | 3740-5190 | 3380 | 3530-4890 | 4580-4760 |
| TH (°F) | 115-149 | 127 | 134-179 | 164,6 | 130-176 | 158-203 |
| TA (°F) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TAC (°F) | 4,64-4,90 | 4,50 | 4,70-4,80 | 7,12 | 1,20-6,84 | 4,60-7,04 |
| Ca ²⁺ (mg/l) | 122-188 | 142 | 107-308 | 100 | 80-200 | 60-224 |
| Mg ²⁺ (mg/l) | 231-270 | 219,6 | 189-285 | 335,04 | 192-313 | 250-451 |
| Fe ²⁺ (mg/l) | 0,09-0,18 | 0,18 | 0,09-0,15 | 0,05 | 0,07-0,18 | 0,01-0,15 |
| Cl ⁻ (mg/l) | 901-960 | 930 | 1100-1391 | 921,22 | 844-1356 | 128-1314 |
| SO ₄ ²⁻ (mg/l) | 103-720 | 220 | 93-400 | 770 | 46-770 | 193-870 |
| K ⁺ (mg/l) | 2,80-6,60 | 6,80 | 3,20-9,60 | 5,30 | 3,2-6,2 | 7,7-11 |
| NH ₄ ⁺ (mg/l) | 0,02-0,09 | 0,11 | 0,0-0,34 | 0,13 | 0,06-0,16 | 0,06-0,12 |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | 0,0-3,40 | 1,10 | 0,0-2,80 | 14,0 | 1,40-14 | 0,0-4,30 |
| PO ₄ ³⁻ (mg/l) | 0,16-1,20 | 0,34 | 0,44-3,60 | 0,28 | 0,1-0,32 | 0,06-0,46 |
| Cl ₂ rés. (mg/l) | 0,39-1,81 | 0,0 | 0,0-0,11 | 0,00 | 0,0-1,60 | 0,09-0,83 |
| Br ₂ (mg/l) | 0,24-1,64 | 0,86 | 0, 1-0, 5 | 8,0 | 0,11-0,48 | 0,03-0,49 |
| F ⁻ (mg/l) | 1,14-1,56 | 0,81 | 0,56-1,30 | 1,10 | 0,7-1,24 | 0,76-1,25 |

- Le pH est compris entre 6,90 et 7,78. Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5 les eaux de Biskra ont donc un pH voisin de la neutralité.
- La dureté de l'eau (TH) montre que les eaux de consommation sont très dures avec des TH supérieurs à la norme de 50°F. La dissolution du Ca²⁺ et du Mg²⁺ résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution est accrue par la présence dans l'eau de gaz carbonique provenant de l'atmosphère et des

couches superficielles du sol (Tardat et Beaudry, 1984). La dureté possède des propriétés gênantes telles que formation de dépôts durs dans les canalisations du réseau, gêne dans les opérations de lavage etc...

▪ Nos échantillons ont une conductivité très forte qui dépasse 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette conductivité provoque une augmentation dans le taux de la salinité des eaux. La forte conductivité des eaux, issues du champ captant d'oued Biskra, peut être due soit à la nature des couches géologiques de la nappe, soit à la présence d'éléments minéraux indésirables dans nos eaux de consommation et résultant d'une pollution exogène.

▪ Nous observons une forte concentration en chlorures et en sulfates. Ces deux éléments provoquent un goût désagréable dans nos eaux de consommation et la rendent corrosive vis-à-vis des conduites. Ils sont aussi nocifs pour les plantes. Notons, que ces deux éléments provoquent aussi l'augmentation du chlore résiduel lors de la chloration de l'eau chargée en matière organique (Achour et Guergazi, 2002).

▪ On remarque la présence d'une concentration en fluor dépassant légèrement les normes dans les eaux de Biskra du fait que cet élément est présent dans les dattes, les aliments et le thé, il peut s'accumuler et présenter un danger pour la santé des habitants et en particulier la fluorose sachant que la norme acceptable est de 0,60 à 0,80 mg/l (Achour et Youcef, 2001).

▪ On observe aussi la présence de concentrations non négligeables en ammoniacale dans certains échantillons malgré que ces eaux subissent une chloration (oxydation par le chlore). Nous pouvons dire que ces eaux sont distribuées aux consommateurs sans qu'elles subissent une oxydation complète par le chlore. Normalement, si la chloration est pratiquée d'une manière adéquate, la concentration en ammoniacale (ion ammonium) est nulle (Doré, 1989).

▪ La présence des ions brome indique que nos eaux contiennent des bromures avant chloration. Des études montrent en effet que l'oxydation des bromures par le chlore donne naissance à la formation du brome (Merlet et al, 1982).

▪ La raison principale de la présence des nitrates dans les eaux souterraines pourrait être due à la pratique agricole qui consiste à appliquer abondamment des engrais industriels ou du fumier. Sa présence excessive peut provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie.

Enfin, si on compare nos échantillons aux normes de qualité multi usages, (Bontoux, 1983), on constate qu'elles sont situées entre la 2^{ème} et la 3^{ème} classe (passable à médiocre).

En conséquence, nous pouvons dire que les eaux de la ville de Biskra nécessitent un traitement poussé pour diminuer la minéralisation avant qu'elles ne soient distribuées aux usagers.

MISE EN ŒUVRE DE LA CHLORATION DES EAUX DE BISKRA

A Biskra, la chloration des eaux de consommation est effectuée simplement en utilisant un bac de mise en solution et des pompes doseuses.

Sur la base des enquêtes sur terrain et les informations recueillies auprès des services de l'entreprise de production d'eau de Biskra, nous pouvons dire que la chloration est mal pratiquée du fait que les taux de chlore utilisés ne sont pas ajustés à la qualité de l'eau. Le dosage du chlore ne se fait pas sur la base d'essais de demandes en chlore des eaux en laboratoire. La chloration est donc un traitement rarement optimisé à Biskra et les risques sanitaires en sont la principale conséquence.

Nous avons ainsi observé que les teneurs en chlore résiduel sont très variables allant de valeurs nulles jusqu'à des valeurs dépassant 1,50 mg/l. Nous pouvons expliquer l'absence totale de chlore résiduel pour certains points par la présence dans le réseau de micro organismes et de composés organiques et minéraux réducteurs, consommant fortement le chlore. L'absence de chlore résiduel serait donc due au fait que la dose de chlore introduit est insuffisante pour que la chloration aboutisse à ses objectifs qui sont la destruction des micro-organismes et l'oxydation de divers éléments contenus dans ces eaux.

En ce qui concerne les concentrations en chlore résiduel dépassant 2 mg/l, cette valeur est largement supérieure aux normes de 0,10 à 0,20 mg/l de chlore résiduel au robinet. Ceci est dû à un surdosage de chlore. L'incidence de cette surchloration est l'apparition dans les eaux d'un goût désagréable et la formation de composés toxiques tels que les trihalométhanes (T.H.M) (Le curieux et al, 1996).

CONSEQUENCES SANITAIRES DE LA CHLORATION

La propagation des maladies à transmission hydrique (M.T.H) est liée d'une part à l'état des conduites de distribution d'eau qui sont devenues vétustes (prolifération d'algues et de bactéries) et d'autre part à l'absence de chlore résiduel. Ceci peut être confirmé par les recensements des M.T.H obtenus au niveau de la direction de la santé de la ville de Biskra (tableau 3).

Tableau 3 : Maladies à transmission hydrique de la ville de Biskra

| Maladies | Année | | | | |
|-----------------|--------------|------|------|------|------|
| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| Typhoïde | 31 | 25 | 27 | 04 | 08 |
| Dysenterie | 08 | 09 | 12 | 00 | - |

Le surdosage en chlore peut par contre mener à la formation de composés organohalogénés qui, à terme, peuvent mener à des effets mutagènes et cancérigènes.

CONCLUSION

Notre étude a permis de montrer que :

1. L'alimentation en eau potable de la ville de Biskra est assurée par le champ captant d'oued Biskra, champ captant d'El Megloub et quelques forages à injection directe dans le réseau du centre ville.
2. Selon les enquêtes qui ont été faites par les entreprises, elles montrent que l'état actuel du réseau nécessite une rénovation en tenant compte de l'extension de la ville ainsi que du développement croissant de l'agglomération de la ville de Biskra.
3. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de consommation de la ville de Biskra exigent un traitement plus au moins poussé (adoucissement par exemple) avant qu'elles ne soient chlorées et distribuées aux usagers.
4. Le suivi de la pratique de la chloration montre que l'on peut globalement distinguer deux zones dans le réseau de distribution.
 - Une zone, plus proche de la production d'eau potable (réservoir, forage à injection directe) qui est complètement sous l'influence de la chloration (taux de chlore résiduel élevé).
 - Une deuxième zone où il n'y a plus de résiduel de chloration et où les caractéristiques de l'eau peuvent évoluer rapidement. Les risques sanitaires en constituent les principales conséquences.

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*, 15,3, 649-668.
- ACHOUR S., YUCEF L (2001) Excès des fluorures dans les eaux du sahara septentrional oriental et possibilité de traitement. *E.I.N. International*, N°6, 47-54.
- BONTOUX J. (1983). Introduction à l'étude des eaux douces, partie III, *Trib. Ceb.*, 36, 241- 257.

- CLAUDE C. (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Cours et problèmes résolus. Ed. Marketing S.A. Paris.
- DORE M. (1989). Chimie des oxydants, traitement des eaux, Ed. Lavoisier, Paris.
- LE CURIEUX F., MAZIN D., 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'eaux en cours de traitement de potabilisation, Rev. Sci. Eau, 9,1, 75-95.
- MERLET N., DE LAAT J., DORE M. (1982). Oxydation des bromures au cours de la chloration des eaux de surface. Incidence sur la production de composés organohalogénés, Rev. Sci. Eau, 1, 215-231.
- O.M.S. (2004). Guidelines for drinking-water quality, third edition, Vol 1, Recommendation, Geneva.
- RODIER J. (1984). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, Paris.
- TARDAT H., BEAUDRY J. (1984). Chimie des eaux, Ed Le Griffon d'argile INC, Québec.