

ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS CERTAINES STATIONS DE CHEMIN DE FER DU NORD-EST DE LA MOLDAVIE

CORINA DĂNCESCU¹, LUCIAN NEGURĂ², DESPINA DORNEANU¹,
ADINA JURAVLE¹, ANCA NEGURĂ^{3*}

Mots-clef : eau potable, stations CF, indicateurs de qualité, ions majeurs, métaux.

Résumé : Nous nous sommes intéressés à la qualité de l'eau potable selon la législation interne STAS 1342/91, dans plusieurs stations de chemin de fer du nord-est de la Moldavie choisies aléatoirement : Banca, Crasna, Bârnova, Verești et Gura Putnei. Nous avons pris en compte pour cette étude certains indicateurs chimiques de qualité, notamment des ions majeurs (chlorures/chlore libre résiduel, sulfates/sulfures, nitrates/nitrites) et des métaux (fer, cuivre, chrome). Pour chacun de ces indicateurs, les valeurs moyennes mesurées dans l'eau potable ont été comparées aux limites normales admises par la loi 311/2004. Nous avons ainsi identifié plusieurs cas où les valeurs de certains indicateurs susmentionnés dépassaient les limites maximales autorisées.

INTRODUCTION

La dégradation du rapport entre les hommes et l'environnement par la pression exercée par les activités anthropiques affecte le rôle de l'eau en tant que facteur de l'équilibre écologique. Étant un facteur fondamental de l'environnement, l'eau confère des possibilités d'utilisation pour toutes sortes de nécessités. Les eaux naturelles sont des mélanges d'«eau pure» avec des gazes, substances minérales et organiques, microorganismes. Les sels contenus naturellement dans l'eau varient en fonction de la nature du substrat géologique.

La pollution de l'eau ne signifie pas la modification de l'«eau pure», qui n'existe pas effectivement dans le cadre naturel, mais l'introduction ou la présence dans l'eau de toute substance capable d'en altérer la qualité, aussi bien en ce qui concerne l'usage alimentaire, ménager ou économique, qu'au sujet de la flore et de la faune. Les modifications peuvent être d'ordre physique, chimique, biologique ou bactériologique. Le développement de la civilisation moderne a entraîné une pollution croissante de l'eau – phénomène pouvant même atteindre la nappe phréatique – due aux plus diverses substances, des effluents industriels et urbains jusqu'aux substances chimiques utilisées en agriculture. Les conséquences de tous ces déversements sont multiples : le goût, l'odeur et l'aspect des eaux de distribution sont dégradés, ainsi que leurs qualités sanitaires. La consommation d'eau impure entraîne divers troubles digestifs, hépatiques ou d'autre nature, parfois très graves pour la santé humaine.

La qualité de l'eau peut être définie comme un ensemble conventionnel de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques, exprimées en valeurs, permettant l'encadrement de l'échantillon dans une certaine catégorie, l'eau acquérant ainsi la propriété de servir à un certain but. Afin d'établir la qualité de l'eau, parmi la multitude des caractéristiques pouvant être analysées en laboratoire, on utilise généralement un nombre limité de tests considérés significatifs. La comparaison des valeurs obtenues avec les normes maximales admises dans la législation nous donne les indicateurs de qualité. Les indicateurs chimiques de qualité de l'eau les plus couramment utilisés sont les ions majeurs (chlorures/chlore libre résiduel, sulfates/sulfures, nitrates/nitrites) et les métaux (fer, cuivre, chrome).

Aujourd'hui, lorsque la pollution de l'environnement a atteint des degrés alarmants, le problème de la qualité des eaux naturels fait partie de nos soucis quotidiens, le sujet étant d'importance majeure pour notre vie. Par l'élaboration de cette étude, nous nous sommes proposés une comparaison entre cinq stations de chemin de fer du nord-est de la Moldavie, concernant la qualité chimique de l'eau potable comme facteur environnemental représentatif pour la santé des voyageurs. Certains des résultats obtenus ont été particulièrement pertinents et satisfaisants quant au but proposé.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour la réalisation des expériences, trois échantillons d'eau ont été prélevés de façon similaire et indépendante, durant la période 2006-2007, à partir de stations de chemin de fer (CF) du nord-est de la Moldavie choisies aléatoirement (Banca, Crasna, Bârnova, Verești et Gura Putnei). Les analyses chimiques ont été réalisées selon les méthodes décrites ci-dessous, au laboratoire de Monitorisation des Facteurs Environnementaux, Filiale régionale des Chemins de Fer, Iași, Roumanie les résultats des déterminations étant exprimés en mg/l eau, selon la loi 311/2004 pour la qualité de l'eau potable. Après calcul de la moyenne, de l'erreur standard et du coefficient de variation, les résultats ont été représentés graphiquement, en valeurs et en pourcentages.

La concentration en **chlorures (Cl)** a été déterminée titrimétriquement, selon la méthode Merck 1.11106.0001. Dans une solution nitrique, les ions Cl⁻ sont titrés avec une solution de nitrate de mercure, en obtenant de la chlorure de mercure, très peu dissociée. En fin de réaction, les ions Hg²⁺ en excès réagissent avec l'indicateur (1,5 diphénylcarbazone) en formant un complexe bleu-violet. La concentration en chlorures de l'échantillon est proportionnelle à la quantité de solution de nitrate de mercure utilisée. Le **chlore libre résiduel** (méthode Merck 1.14828)

réagit à pH 5,0, en absence d'autres ions, avec la dialcyle phénylène-diamine, formant un produit de réaction rouge, dont l'intensité est mesurée photométriquement. Les concentrations en chlorures des échantillons ont ainsi été normalisées vis-à-vis du chlore libre résiduel afin d'obtenir une valeur unique pour chaque station CF.

Pour le dosage des **sulfates** (SO_4^{2-}), nous avons utilisé la méthode Merck 1.14548.0001, basée sur la capacité des ions SO_4^{2-} à réagir en solution aqueuse avec les ions de baryum (Ba^{2+}) pour former le sulfate de baryum, peu soluble et dont la turbidité est mesurée au spectrophotomètre. Le dosage des **sulfures** (S^{2-}) se réalise (Merck 1.14779) par la réaction de l'hydrogène sulfuré (H_2S) avec le chlorhydrate de diméthyle phénylène-diamine, suivie d'une oxydation au fer trivalent (Fe^{3+}) jusqu'au bleu de méthylène.

En ce qui concerne les **nitrate** (NO_3^-), la méthode Merck 1.14773 utilise leur capacité à réagir, dans de l'acide sulfurique, avec un dérivé de l'acide benzoïque, pour former un nitrocomposé rouge mesurable photométriquement. Les **nitrites** (NO_2^-) ont été dosés par une méthode similaire, en mesurant colométriquement le composé rouge provenant d'une amine aromatique (α -naphthyl-amine) diazotée par les nitrites en milieu acide (solution acétique d'acide sulfanilique).

Pour le dosage du **fer total** (Merck 1.14761), les ions Fe^{3+} ont été d'abord réduits à des ions Fe^{2+} . Ces derniers réagissent, dans un milieu tamponné au thioglycolate, avec un dérivé de triazine, en formant un complexe rouge-violet mesurable photométriquement. Les ions de **cuivre II** (Cu^{2+}) réagissent (Merck 1.14761) en milieu ammoniacal avec la cuprizone, en formant un complexe bleu, également dosable photométriquement. Le dosage du **chrome VI**, selon la méthode Merck 1.14758, se réalise par sa réduction au chrome III, avec l'oxydation simultanée de la diphenylcarbazine jusqu'à la diphenylcarbazonne, suivie de la formation d'un complexe rouge-violet, la chrome III diphenylcarbazonne.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

I) Variation du contenu en chlorures (Cl⁻)

Les moyennes des concentrations en chlorures pour les échantillons d'eau analysés provenus des cinq stations CF sont représentées dans la figure 1. On peut observer que la quantité de chlorures a oscillé entre 6 et 54 mg/l, la plus petite valeur étant enregistrée dans la station Crasna (6 mg/l). Des valeurs semblables ont été trouvées pour les stations Banca, Bârnova et Gura Putnei, alors que la valeur maximale (54 mg/l) a été enregistrée dans la station Verești. Cependant, malgré ces oscillations, l'indicateur chlorures se trouve pour tous les cas en dessous de la limite maximale (250 mg/l) admise par la loi 311/2004. Dans toutes les stations CF prises en compte, l'eau correspond aux normes et peut être destinée à la consommation du point de vue du contenu en chlorures.

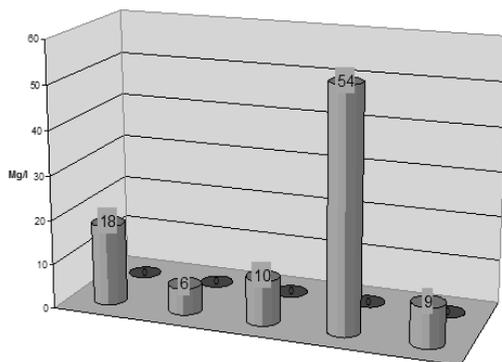


Figure 1. Variation du contenu en chlorures (mg/l), pour les 5 stations CF dans l'ordre Banca, Crasna, Bârnova, Verești et Gura Putnei

II) Variation du contenu en sulfates (SO_4^{2-}) et en sulfures (S^{2-})

Quoique les sulfates et, en moindre quantité, les sulfures sont présents naturellement dans l'environnement, l'augmentation importante de leurs concentrations est souvent due à la pollution aux déchets industriels. Les normes de potabilité de l'eau sont destinées, en tenant

compte du métabolisme humain, à prévenir l'impact de concentrations excessives de sulfates et surtout de sulfures sur la santé humaine. Nous pouvons observer dans la figure 2 a et b que dans les stations Banca et Bârnova la concentration en sulfates a enregistré la valeur la plus élevée, de 85 mg/l, ce qui représente pourtant uniquement 34% de la valeur maximale admise par la loi (250 mg/l). À l'opposé, l'eau de Verești est dépourvue de toute trace de sulfates.

Quant aux sulfures, elles peuvent provenir de la réduction bactérienne des sulfates ou bien également de la pollution industrielle. Nous pouvons constater (Figure 2b) que les stations Banca et Crasna présentent une eau dépourvue totalement de sulfures, alors qu'à Verești et Gura Putnei les traces de sulfures sont négligeables par rapport au maximum admis (0,1 mg/l).

Une situation spéciale est retrouvée à Bârnova, où les sulfures atteignent une moyenne de 12,4 mg/l, valeur 124 fois plus élevée que celle admise par la loi. Pour les trois échantillons analysés, les valeurs respectives ont été 24,8 ; 0 ; 12,4. L'absence de sulfures au deuxième prélèvement alors qu'on retrouvait 248 fois la norme admise au prélèvement précédent nous révèle une plus que certaine pollution de la nappe phréatique par un industriel local, les sulfures présents naturellement ne pouvant atteindre de telles variations. Ces contaminants ne peuvent non plus provenir de la réduction des sulfates, présents constamment en quantité faible (valeurs relatives 72, 98 et 85 mg/l). Nous pouvons conclure à un déversement industriel répétitif riche en sulfures comme cause de la forte contamination de l'eau à Bârnova.

Il est vrai également que des concentrations excessives de sulfures donnent à l'eau potable un goût et une odeur désagréables. Bien que l'ingestion de grandes quantités de sulfures puisse avoir des effets toxiques, il est peu probable qu'un individu consomme une dose nuisible de sulfures en raison du goût et de l'odeur désagréables qu'ils donnent à l'eau. Par conséquent, les normes fixées pour les sulfures dans l'eau potable visent uniquement des objectifs de qualité esthétique ou organoleptique. Cette norme est bien inférieure à la capacité de détoxication de l'organisme humain.

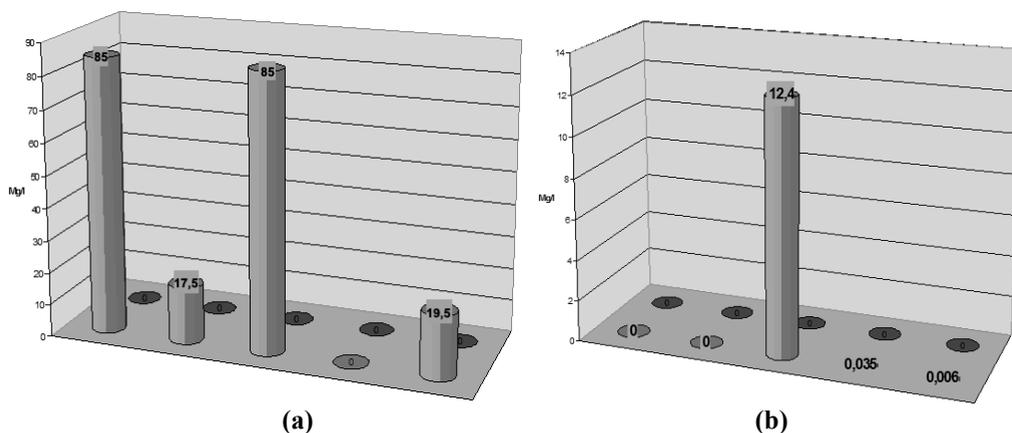


Figure 2. Variation du contenu (mg/l) en sulfates (a) et en sulfures (b), pour les 5 stations CF dans l'ordre Banca, Crasna, Bârnova, Verești et Gura Putnei

III) Variation du contenu en nitrates (NO_3^-) et en nitrites (NO_2^-)

Les deux ions azotés sont présents naturellement dans le sol et dans la nappe phréatique, suite à l'action oxydative des bactéries de type Nitrosomonas qui transforment l'ammoniaque en nitrites, et Nitrobacter, qui poursuit l'oxydation jusqu'au nitrates. Ces derniers sont absorbés par

les plantes et entrent de nouveau dans le cycle de l'azote. En même temps, les nitrates peuvent provenir des engrais chimiques azotés utilisés en agriculture. Nitrates et nitrites peuvent également être des indices d'une pollution industrielle. La figure 3 présente les concentrations de nitrates (a) et de nitrites (b) dans les échantillons d'eau.

Pour quatre des cinq stations testées, les concentrations en nitrates mesurées se sont encadrées dans les limites admises par la loi (50 mg/ml), avec une valeur minimale à Bârnova (4,8 mg/ml). Alarmante est la situation à Verești, où nous avons retrouvé une moyenne de 138,4 mg/l nitrates, presque trois fois plus élevée que la limite maximale admise par la loi. Ces chiffres dénotent une forte pollution ou une utilisation d'engrais azotés à échelle industrielle, avec passage direct des nitrates dans la nappe phréatique. En conséquence, l'eau de la station CF Verești a été interdite à la consommation publique, ne respectant pas les critères d'eau potable.

En ce qui concerne les nitrites, composés extrêmement toxiques pour l'organisme, leur concentrations a été à chaque fois en dessous des limites maximales admises par la loi (0,5 mg/l). Chose à étonner, l'eau des stations Banca et Gura Putnei ne contient aucune trace de nitrites (Figure 3 a).

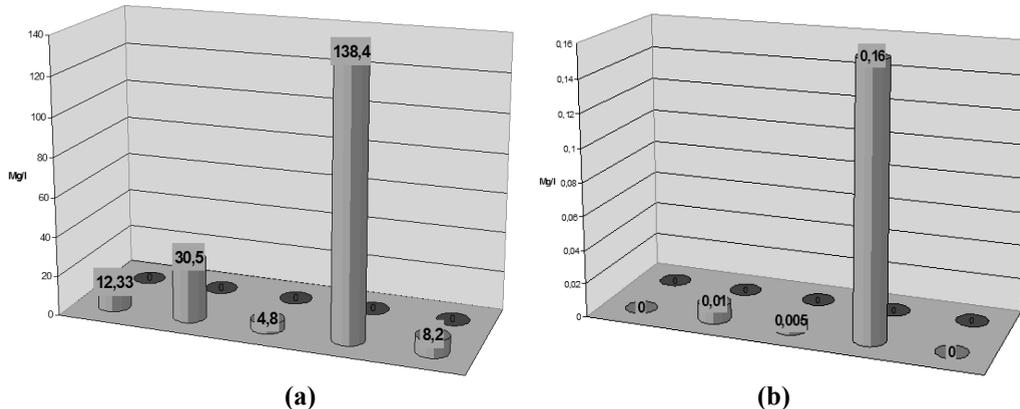


Figure 3. Variation du contenu (mg/l) en nitrates (a) et en nitrites (b), pour les 5 stations CF dans l'ordre Banca, Crasna, Bârnova, Verești et Gura Putnei

IV) Variation du contenu en métaux (Fe, Cr, Cu)

Lors des trois prélèvements indépendants dans les cinq stations CF analysées, aucune trace détectable de chrome ou de cuivre n'a été retrouvée dans l'eau, ce qui signifie un bon point pour la qualité de l'eau. En ce qui concerne le fer total, sa présence a été décelée en très faible quantité (0,015 mg/l), bien en dessous de la limite maximale admise (0,2 mg/l), et seulement dans la station Verești. Dans l'ensemble, les métaux analysés ne représentent pas des polluants des eaux de la région.

V) Variation des paramètres chimiques pour chaque station CF (en pourcentages des limites maximales admises)

Afin de centraliser et de mieux interpréter les données obtenues, nous avons représenté chaque paramètre chimique analysé en pourcentages par rapport à la valeur maximale admise par

la loi 311/2004. Nous avons procédé de la même façon pour chaque station CF testée, fait qui nous a mis en évidence les différences entre la qualité de l'eau des 5 stations. Les résultats sont assemblés dans la figure 4.

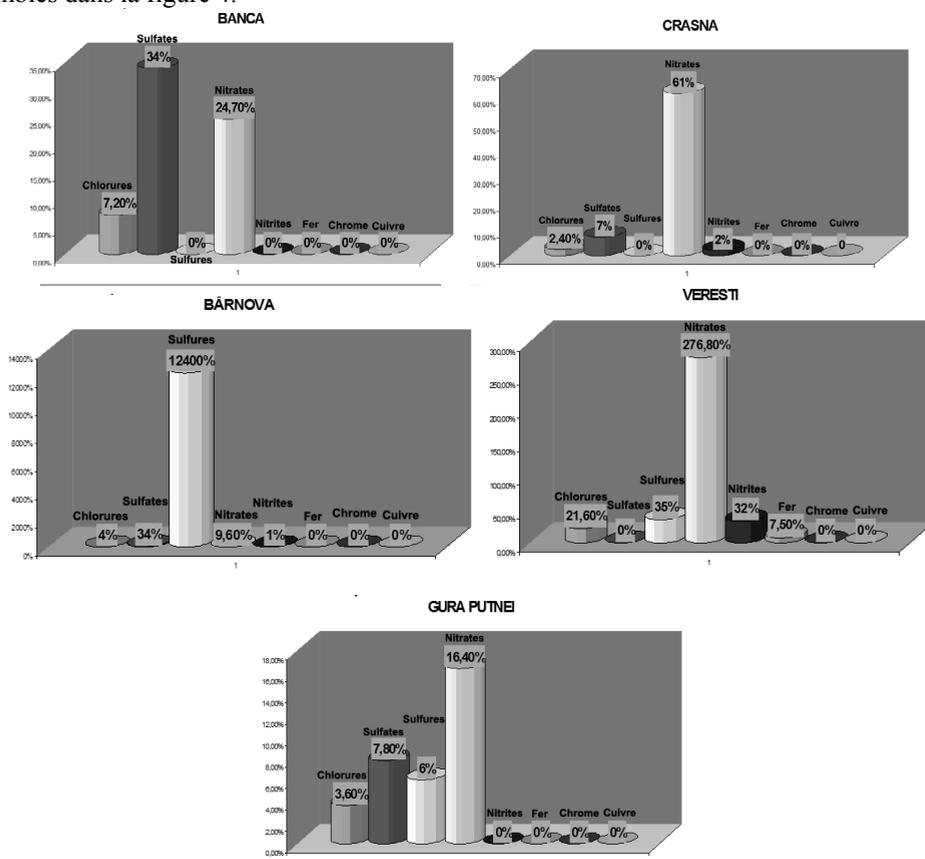


Figure 4. Variation en pourcentages des paramètres chimiques pour chaque station CF

Dans la figure 4, nous pouvons observer premièrement deux cas de forte pollution qui rendent l'eau concerné impropre à la consommation. Il s'agit des stations CF Bârnova (à cause des sulfures, 124 fois supérieures à la limite maximale admise) et Verești (à cause des nitrates, trois fois supérieurs à la limite maximale).

L'eau des autres trois stations présente une qualité propre à la consommation du point de vue chimique, avec la situation la plus favorable à Gura Putnei (les plus petites valeurs des indicateurs mesurés). À Banca, toutes les valeurs s'encadrent dans les limites admises, avec pourtant 34% sulfates et 24,7% nitrates comparativement aux normes légales. La situation à Crasna, quoique favorable du point de vue chimique (exception nitrates, avec une concentration proche de la limite admise), a été altérée par les tests bactériologiques d'une autre équipe, qui ont démontré dans des laboratoires de spécialité que l'eau était impure et impropre à la consommation. La source d'eau de la gare de Crasna a été en conséquence fermée durant les travaux de réhabilitation.

CONCLUSIONS

Dans la station CF Banca, l'eau a un contenu de 85 mg/l sulfates, 18 mg/l de chlorures et 12,33 mg/l nitrates, toutes ces valeurs s'encadrant dans les limites imposées par la STAS 1342/91. Nous pouvons conclure que, du point de vue chimique, l'eau de Banca est potable.

À Crasna, nous avons mesuré dans l'eau étudiée 30 mg/l nitrates, 17,5 mg/l sulfures et 6 mg/l chlorures. Ici aussi, les valeurs s'encadrent dans les limites admises et l'eau peut être considérée propre à la consommation du point de vue chimique. Des travaux de réhabilitation sont en marche, afin de rendre cette eau potable du point de vue bactériologique.

Dans la station Bârnova, la présence significative de l'indicateur sulfures (12,4 mg/l, pour une limite maximale admise à 0,1 mg/l) rend l'eau impropre à la consommation, même si tous les autres indicateurs pris en compte sont pratiquement insignifiants. Dans cette localité nous pouvons conclure à une forte pollution industrielle.

La qualité de l'eau est également compromise à Verești, où la teneur en nitrates est quasiment trois fois supérieure à la limite maximale admise par la loi. L'eau de Verești n'est pas autorisée pour la consommation.

Nous retrouvons la situation la plus favorable du point de vue de la qualité de l'eau dans la station CF Gura Putnei, tous les indices chimiques mesurés étant ici bien en dessous des limites légales. L'eau de Gura Putnei présente la meilleure qualité d'eau potable dans toute la région analysée

En conclusion générale, lors d'un voyage en train dans le nord-est de la Moldavie, nous vous conseillons fortement d'éviter la consommation d'eau dans les stations Bârnova et Verești, et de vous orienter plutôt vers l'eau de la station Gura Putnei, dont les caractéristiques d'eau potable sont les plus favorables du point de vue chimique.

RÉFÉRENCES

*** Legi, Hotărâri de guvern, Ordine ale ministrului, Norme de aplicare, Standarde și alte acte de reglementare privind protecția mediului

*** Catalogul standardelor române, 2001 – Editura Tehnică, Asociația de standardizare din România (ASRO)

*** Prospect Kit Merck - www.merck.ro

Mustață Gh., 2000 – *Hidrobiologie*, Ed. Universității „Al.I.Cuza”, Iași

Popa Elena, Zălaru Christina, Baciu I., 2007 – *Poluanți organici ai mediului*, Ed. Universității din București

Simionescu Claudia Maria, Stănescu Rodica, 2002 – *Poluarea și protecția mediului*, Ed. Printech, București

Varduca A., 1999 – *Monitoringul integrat al calității apelor*, Ed. HGA, București

1) Laboratoire de Monitorisation des Facteurs Environnementaux, Filiale régionale des Chemins de Fer, Iași, Roumanie

2) Université de Médecine et Pharmacie « Gr.T.Popa », Iași, Roumanie

3) Université «Alexandru Ioan Cuza», Iași, Roumanie

* abiochim@yahoo.com