

Exigences et conséquences du stockage prolongé d'eau de boisson dans un réservoir = Requirements and consequences of drinking water long term storage in a container

Autor(en): **Cominoli, André / Corvi, Claude**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 6

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-983165>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Exigences et conséquences du stockage prolongé d'eau de boisson dans un réservoir*

Requirements and Consequences of Drinking Water
Long Term Storage in a Container

Key words: Drinking water, Long term storage, Water quality, Water supply

André Cominoli et Claude Corvi
Service du chimiste cantonal, Genève

Introduction

Conserver de l'eau de boisson dans des réservoirs pendant une période relativement longue est une pratique inhabituelle non dénuée d'intérêt même si les références bibliographiques traitant de ce problème ne sont pas très nombreuses (1). En effet, après traitement et désinfection, l'eau circule presque en permanence dans les conduites jusqu'aux consommateurs et les réservoirs remplis pendant la nuit sont vidés en cours de journée. Selon la demande, les cycles remplissage/vidange peuvent même avoir lieu plusieurs fois par jour. L'eau ne séjourne ainsi que quelques heures dans les conduites et les réservoirs: les Services industriels de Genève, qui approvisionnent tout le canton en eau de boisson, estiment le temps de stockage maximum à moins de 48 heures (2).

Si les réservoirs des entreprises distributrices d'eau sont utilisés jour et nuit, il n'en va pas de même de ceux qui dépendent du service cantonal de la protection civile, lesquels sont souvent à sec. Tout au plus, les instructions techniques d'entretien données par ce service recommandent aux communes de vérifier une fois par année l'étanchéité des réservoirs. Pour cela, ces derniers sont remplis d'eau du réseau. A la fin des essais, les réservoirs sont vidés et de grands volumes d'eau potable s'écoulent en direction des stations d'épuration.

* Conférence donnée le 4 septembre 1998 à Horw lors de la 110^e Assemblée annuelle de la Société suisse de chimie alimentaire et environnementale

But du travail

Sur mandat, nous avons proposé et étudié un système simple de conservation d'eau de boisson stockée pendant plus de six mois dans un réservoir. Le but de cette étude était d'éviter de gaspiller des volumes non négligeables d'eau de boisson tout en ayant à disposition en permanence des réserves d'eau pouvant être utilisée pour la population en cas de défaillance momentanée du système habituel de distribution d'eau potable. A cette fin, nous avons élaboré un procédé de traitement de l'eau permettant de préserver sa potabilité à long terme et nous en avons vérifié l'efficacité.

Partie pratique

Réservoir

Le réservoir utilisé dans le cadre de cette analyse avait une capacité de 17 000 litres. Il était en béton, sans cloisons internes et recouvert partiellement de peinture grise dont la nature n'a pas été déterminée. Une tuyauterie fixe y amenait l'eau du réseau. Un trou d'écoulement permettant la vidange complète du réservoir était situé au centre de ce dernier. Pour les besoins de l'expérience, une pompe électrique permettait d'aspirer l'eau par le trou d'écoulement et de la rejeter au sommet du réservoir. Cette pompe a fonctionné de façon intermittente, selon le programme décrit ci-après.

Choix du traitement de l'eau

A température ambiante, toute denrée alimentaire non stérile a une durée de conservation limitée. Nous nous attendions donc à ce que les quelques germes présents dans l'eau du réseau se multiplient rapidement au cours du stockage à partir du moment où le traitement deviendrait inopérant.

La réussite de l'expérience devait dépendre de la maîtrise de la croissance des germes. Pour atteindre ce but, plusieurs méthodes sont à disposition: citons par exemple l'ozonation et l'irradiation aux rayons UV (processus onéreux et complexes), la cuisson de l'eau avant utilisation (peu pratique pour des grands volumes), le dioxyde de chlore ou le chlore gazeux (utilisation délicate), les granulés ou tablettes libérant du chlore (solubilisation parfois difficile), ainsi que l'eau de Javel (solution d'hypochlorite de sodium, NaClO) utilisée comme désinfectant universel depuis des lustres.

Le choix s'est rapidement porté sur l'eau de Javel grâce à sa facilité d'utilisation. Le programme des volumes ajoutés est donné dans la figure 1. Dans un premier temps, des ajouts de 100 ml d'eau de Javel à 13% (Fluka N° 71696, CH-9471 Buchs) ont été faits une fois par semaine. Une interruption des ajouts à la fin des semaines

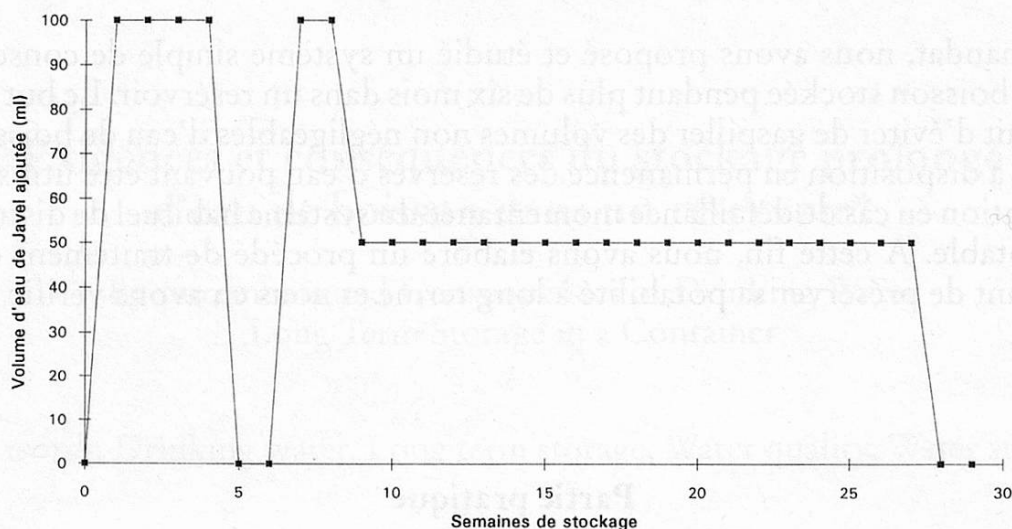


Fig. 1. Ajouts d'eau de Javel 13% au cours des semaines de stockage

5 et 6 a permis d'en constater les conséquences sur certains paramètres chimiques et microbiologiques.

Les ajouts de 100 ml ont ensuite été repris avant d'être ramenés à 50 ml, puis totalement supprimés les deux dernières semaines de l'expérience. Au total, 1550 ml d'eau de Javel à 13% ont été ajoutés aux 17 000 litres d'eau pendant les 29 semaines de stockage.

Déroulement de l'expérience

Le réservoir a tout d'abord été soigneusement nettoyé et rincé à l'eau courante. Il a été ensuite rempli d'eau du réseau au maximum de sa capacité. Pour des raisons de commodité, cette opération a eu lieu un lundi matin. Une heure après, le premier prélèvement d'eau en vue des analyses chimiques et microbiologiques a été fait (temps zéro). Puis pendant les quatre jours suivants, l'ensemble a été laissé au repos.

Le vendredi matin, la pompe électrique permettant un brassage efficace de la réserve d'eau stockée a été mise en marche. L'ajout d'eau de Javel dans le réservoir a été fait manuellement. La pompe a été maintenue en fonction jusqu'au lundi afin d'assurer une bonne répartition de la solution désinfectrice. Le lundi matin, la pompe fut arrêtée et un nouveau prélèvement d'eau effectué pour les analyses suivantes.

Puis le système a été laissé au repos jusqu'au vendredi suivant avant d'enclencher à nouveau la pompe et d'effectuer le prochain ajout d'eau de Javel. Cette procédure a été répétée toutes les semaines pendant lesquelles s'est déroulée l'expérience.

Analyses chimiques

L'eau de boisson est définie par l'article 275 de l'Ordonnance sur les denrées alimentaires du 1^{er} mars 1995 (3). En accord avec cet article, les analyses chimiques

ont été faites selon les méthodes décrites dans le chapitre 27A (Eau de boisson) du Manuel suisse des denrées alimentaires (4) d'où sont aussi tirés les critères de qualité des paramètres analysés.

Quelques paramètres physico-chimiques ont été suivis tout au long de l'expérience, à savoir la détermination du chlore libre, du pH, de la conductivité électrique spécifique, le dosage du résidu sec, la détermination des concentrations en calcium, magnésium, sodium, potassium, ammonium, nitrite, nitrate, chlorure, sulfate, la détermination de la dureté totale, la consommation en permanganate de potassium et le dosage des solvants chlorés.

Les analyses chimiques ont été faites à une cadence hebdomadaire durant les 10 premières semaines de stockage, puis toutes les deux à trois semaines jusqu'à la fin de l'expérience.

Analyses microbiologiques

L'Ordonnance sur l'hygiène du 26 juin 1995 (5) fixe les valeurs de tolérance des germes aérobies mésophiles, de *Escherichia coli* et des entérocoques d'une eau de boisson traitée dans le réseau de distribution. Ces critères d'examen ont fait l'objet d'analyses microbiologiques périodiques.

Celles-ci ont été faites selon la même fréquence que les analyses chimiques. En fin d'expérience, la croissance des germes aérobies mésophiles a été suivie régulièrement pendant deux semaines.

Résultats des analyses chimiques et commentaires

Chlore libre

Le suivi de la concentration de chlore libre dans l'eau au cours du stockage a eu une influence directe sur le déroulement de l'expérience. Selon les résultats obtenus, les ajouts hebdomadaires de 100 ml d'eau de Javel ont été jugés trop importants dans la mesure où la concentration de chlore libre risquait au bout de quelques semaines de dépasser la concentration maximale tolérée (0,1 mg/l). Interrompus à la fin des semaines 5 et 6, les ajouts ont ensuite été repris sur la même base avant d'être diminués à 50 ml tout en gardant la même cadence. La concentration du chlore libre est alors restée faible jusqu'à la fin de l'expérience (fig. 2).

pH

La valeur du pH a fluctué au cours du temps (valeur moyenne 7,6; écart-type 0,2; valeurs extrêmes 7,9–7,2). Les variations observées ne sont toutefois pas significatives.

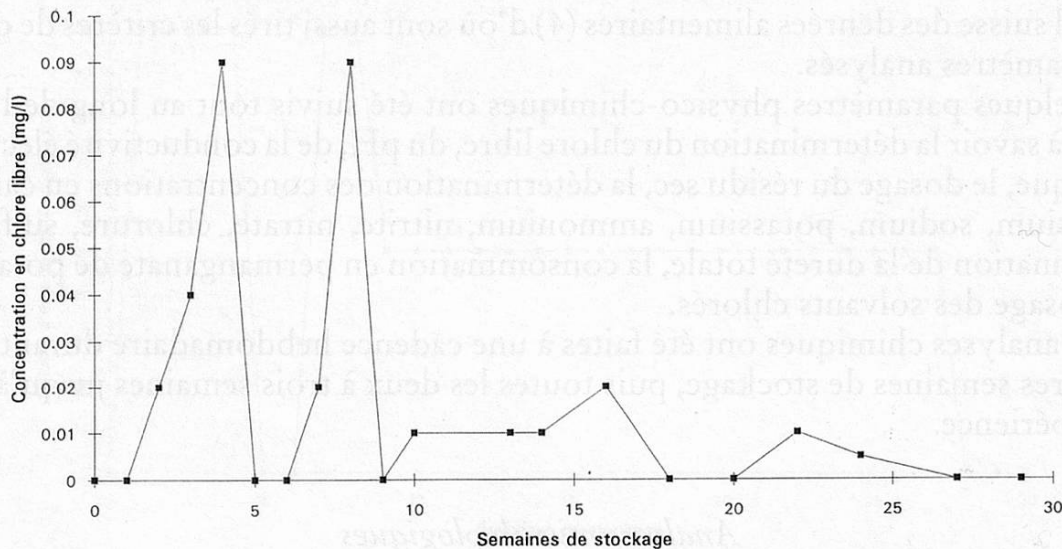


Fig. 2. Variation de la concentration en chlore libre

Calcium et magnésium

Passant de 83,5 mg/l à 47,6 mg/l, la diminution de la concentration du calcium est très prononcée au cours des 7 premières semaines de stockage. Par la suite, la concentration n'a guère varié (fig. 3). Tout en étant beaucoup moins marquée, cette observation a aussi été faite pour le magnésium. En conséquence l'eau, qualifiée au départ d'assez dure (26 °F), est devenue moyennement dure (16 °F) au cours des semaines de stockage.

On peut émettre l'hypothèse que la diminution des concentrations respectives du calcium et du magnésium provient de la précipitation partielle des ions alcalino-terreux.

Sodium et potassium

La concentration du sodium a augmenté de manière presque linéaire au cours du temps, passant de 8,6 mg/l à 25,5 mg/l (fig. 4). Cette augmentation est due en partie aux ajouts d'eau de Javel, mais aussi à la cession de sodium par le béton. La concentration finale n'atteint cependant pas la valeur maximale ne devant pas être dépassée (150 mg/l). Une constatation identique a été faite pour le potassium: la concentration augmente de 2,7 mg/l à 10,9 mg/l. A nouveau, il est vraisemblable que l'apport principal de cet élément alcalin soit dû au béton.

Anions nitrate, sulfate et chlorure

La concentration de l'ion nitrate a faiblement augmenté de 19,5 mg/l à 22,8 mg/l et celle de l'ion sulfate a évolué en dents de scie (moyenne 52,7 mg/l; écart-type 2,98; valeurs extrêmes 56,7 mg/l – 44,8 mg/l). En revanche, on a enregistré une

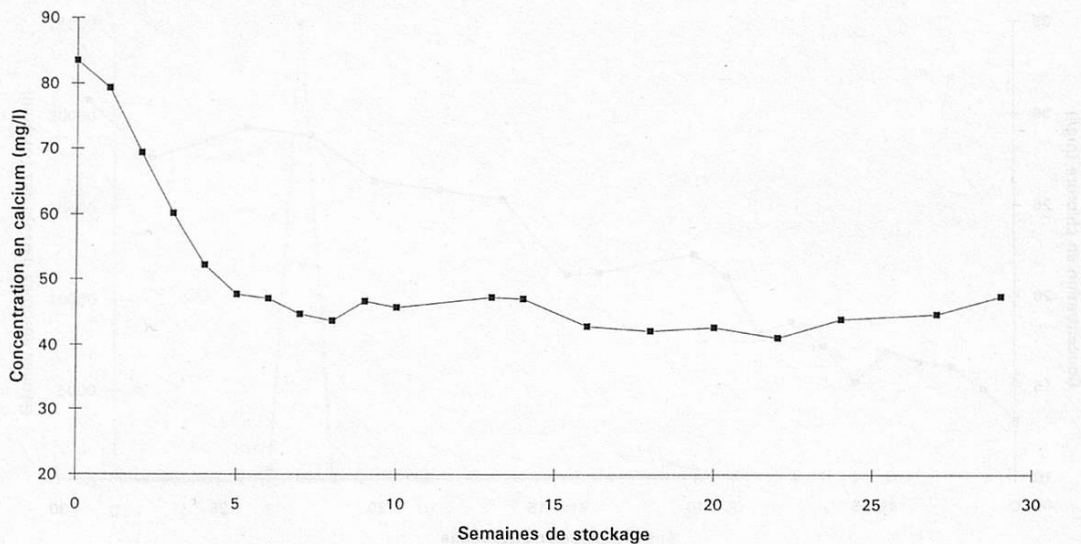


Fig. 3. Variation de la concentration en calcium

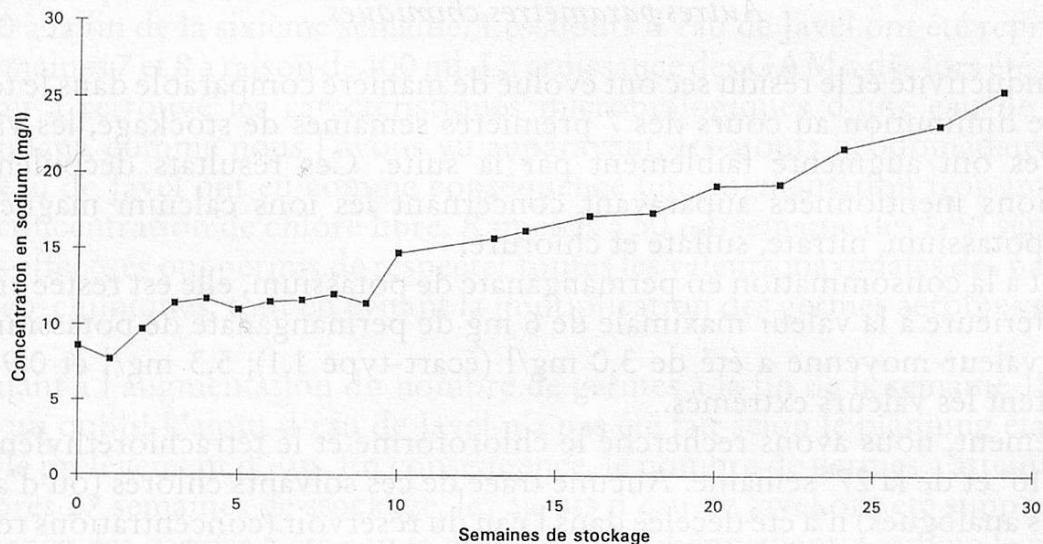


Fig. 4. Variation de la concentration en sodium

augmentation beaucoup plus importante de la concentration de l'ion chlorure (fig. 5). Cette variation de concentration est due en partie à la décomposition de l'eau de Javel, mais aussi vraisemblablement à la cession de chlorure par le béton. Il faut souligner que les critères de qualité de l'eau en ce qui concerne ces anions ont été respectés tout au long de l'expérience.

Autres ions

Nous n'avons jamais mis en évidence le cation ammonium et l'anion nitrite, dont la présence indique généralement une pollution d'origine organique.

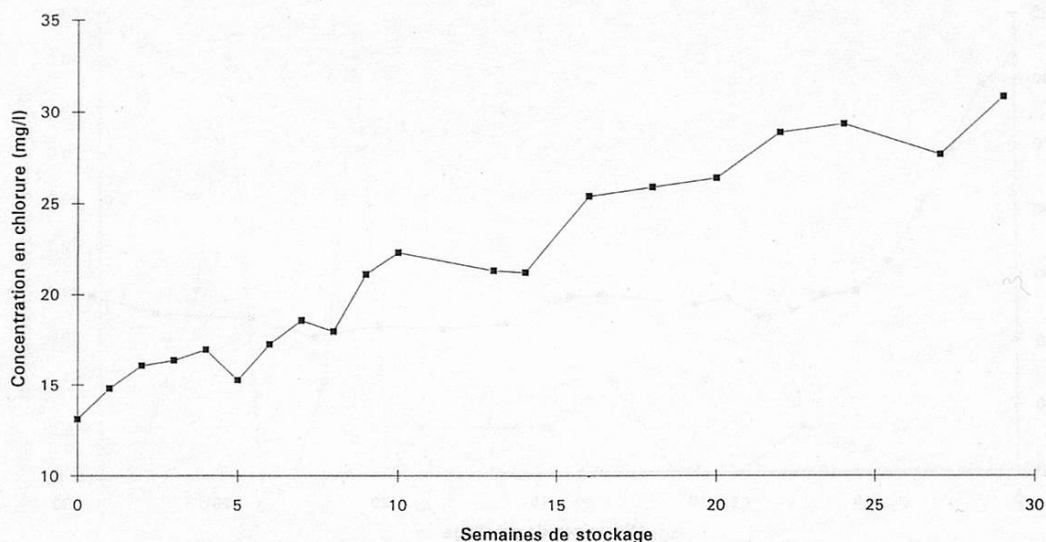


Fig. 5. Variation de la concentration en chlorure

Autres paramètres chimiques

La conductivité et le résidu sec ont évolué de manière comparable dans le temps: après une diminution au cours des 7 premières semaines de stockage, les valeurs respectives ont augmenté faiblement par la suite. Ces résultats découlent des observations mentionnées auparavant concernant les ions calcium magnésium, sodium, potassium, nitrate, sulfate et chlorure.

Quant à la consommation en permanganate de potassium, elle est restée en tout temps inférieure à la valeur maximale de 6 mg de permanganate de potassium par litre. La valeur moyenne a été de 3,0 mg/l (écart-type 1,1); 5,3 mg/l et 0,9 mg/l représentent les valeurs extrêmes.

Finalement, nous avons recherché le chloroforme et le tétrachloréthylène à la fin de la 16^e et de la 27^e semaine. Aucune trace de ces solvants chlorés (ou d'autres composés analogues) n'a été décelée dans l'eau du réservoir (concentrations respectives inférieures à 0,3 µg/l et 0,03 µg/l).

Résultats des analyses microbiologiques et commentaires

Les recherches de *Escherichia coli* et des entérocoques ont été négatives tout au long de l'expérience. En revanche, les résultats concernant les germes aérobies mésophiles (GAM) sont beaucoup plus intéressants (fig. 6). La croissance de ces germes a été bien maîtrisée pendant les 4 premières semaines de l'expérience lorsque les ajouts d'eau de Javel étaient fixés à 100 ml: la valeur de tolérance fixée à 300/ml a été respectée au cours de cette période. L'interruption momentanée des ajouts à la fin des semaines 5 et 6 n'est pas restée sans conséquences: 650 germes aérobies

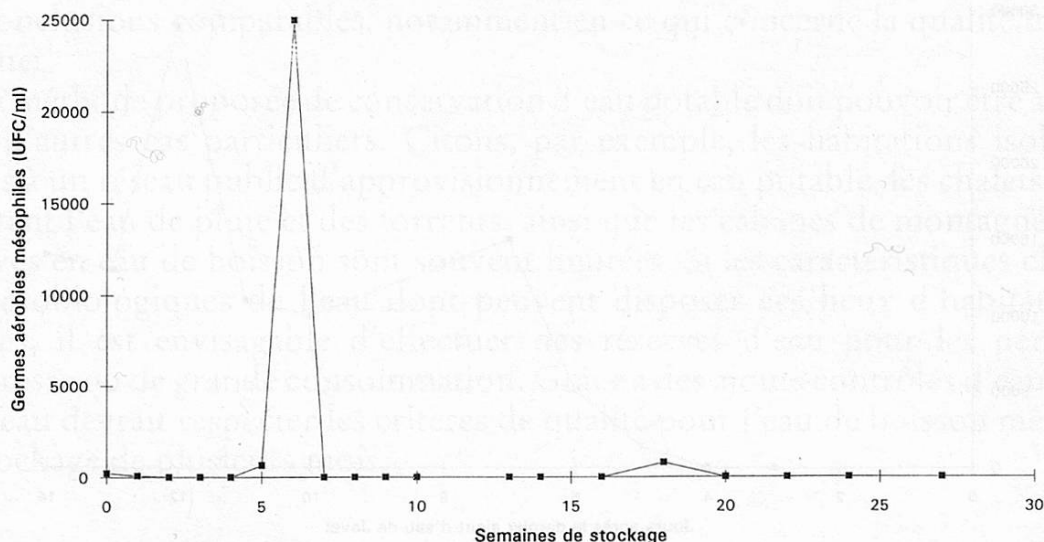


Fig. 6. Evolution du nombre de germes aérobies mésophiles

mésophiles par millilitre ont été dénombrés à la fin de la cinquième semaine et 25 000 à la fin de la sixième semaine. Les ajouts d'eau de Javel ont été repris à la fin des semaines 7 et 8 à raison de 100 ml. La croissance des GAM a dès lors été maîtrisée et l'eau a retrouvé les caractéristiques microbiologiques d'une eau de boisson. Cependant, comme nous l'avons vu auparavant, les ajouts hebdomadaires de 100 ml d'eau de Javel ont eu comme conséquence une augmentation trop importante de la concentration de chlore libre. Ramenés à 50 ml/semaine dès la 9^e semaine, les ajouts effectués ont permis de respecter toutes les valeurs maximales des paramètres physico-chimiques, tout en évitant la multiplication des germes aérobies mésophiles.

Quant à l'augmentation du nombre de germes à la fin de la semaine 18, elle est due à un oubli! L'ajout d'eau de Javel n'a pas été fait selon le planning établi, mais après le prélèvement d'eau. En conséquence, le nombre de germes a atteint 800/ml.

Après 27 semaines de stockage, les ajouts d'eau de Javel ont été supprimés et la croissance des germes a été suivie presque quotidiennement. Comme le montre la figure 7, le nombre de germes est resté conforme pendant les 4 premiers jours (50/ml). Dès le 5^{ème} jour, la valeur de tolérance a été dépassée (1400/ml à J+5) et le nombre de germes a présenté ensuite une évolution typique en dents de scie.

Conclusions et perspectives

Les analyses chimiques effectuées ont mis en évidence que le stockage pendant plus de 6 mois de 17 000 litres d'eau de boisson dans un réservoir en béton a eu une influence sur la dureté de l'eau: assez dure au début de l'expérience, l'eau est devenue moyennement dure dès la 7^e semaine de stockage.

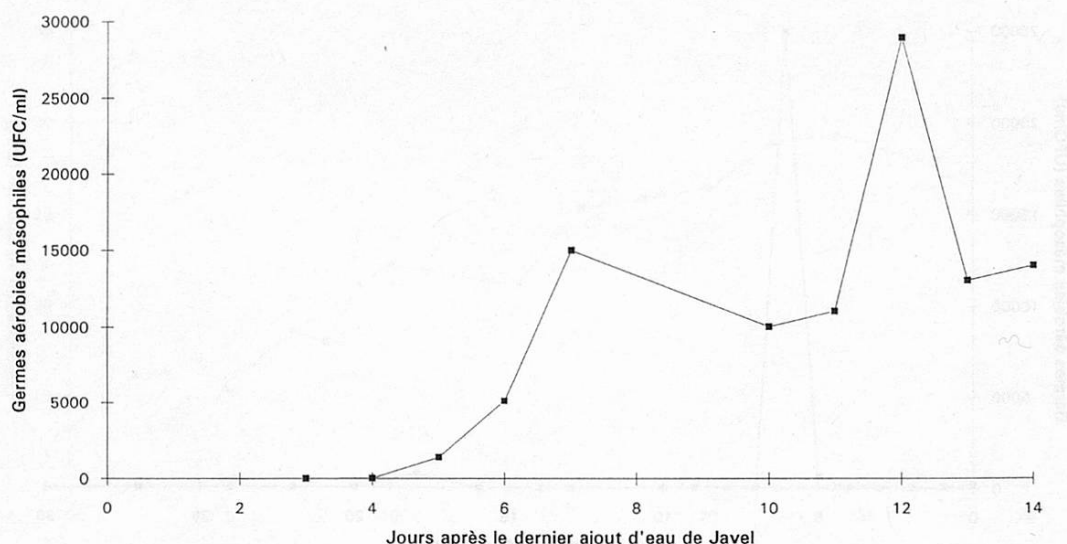


Fig. 7. Evolution du nombre de germes aérobies mésophiles en fin d'expérience

Les résultats expérimentaux ont montré que le béton a cédé à l'eau stockée principalement du sodium, du potassium et du chlorure dont l'augmentation des concentrations respectives ne s'explique pas uniquement par l'ajout d'eau de Javel.

L'ajout régulier d'eau de Javel n'a pas affecté de manière négative les paramètres physico-chimiques analysés. Jusqu'à la fin de l'expérience, ces derniers ont satisfaits aux exigences d'appréciation pour l'eau de boisson définie dans le chapitre Eau de boisson (27A) du Manuel suisse des denrées alimentaires.

En ce qui concerne la qualité microbiologique de l'eau, le dénombrement des germes aérobies mésophiles a montré qu'il est indispensable d'ajouter régulièrement un produit bactéricide à de l'eau de boisson stockée dans un réservoir afin que celle-ci conserve les caractéristiques microbiologiques légalement fixées.

Grâce à sa bonne solubilisation et sa facilité d'utilisation, l'eau de Javel à 13% s'est révélée être un réactif de choix. L'ajout dosé et régulier de cette solution bactéricide a permis de maîtriser la croissance des germes au cours du temps.

La cadence des ajouts (1 fois par semaine) est facile à maintenir pendant une longue période et les résultats microbiologiques obtenus ont permis de considérer que l'expérience était dans son ensemble concluante. Mais comme nous l'avons vu, le nombre de germes aérobies mésophiles croît rapidement dès le cinquième jour suivant le dernier ajout d'eau de Javel. Il semblerait donc préférable d'effectuer des ajouts plus faibles mais à une cadence plus rapprochée si l'on désirait disposer tous les jours d'une eau microbiologiquement pure. Tel n'était d'ailleurs pas le but premier de cette expérience qui visait principalement à tester les réservoirs du service de la protection civile, à éviter des gaspillages onéreux tout en mettant à disposition de la population en temps de crise une eau de boisson de qualité acceptable.

Les résultats analytiques obtenus au cours de cette étude concernent un réservoir particulier dont les caractéristiques lui sont propres (matériau, revêtement interne, volume, situation géographique, etc.). Des essais effectués avec d'autres réserves

d'eau et s'inspirant de la méthodologie appliquée ici devraient cependant aboutir à des conclusions comparables, notamment en ce qui concerne la qualité microbiologique.

La méthode proposée de conservation d'eau potable doit pouvoir être appliquée dans d'autres cas particuliers. Citons, par exemple, les habitations isolées, non reliées à un réseau public d'approvisionnement en eau potable, les chalets d'alpage récoltant l'eau de pluie et des torrents, ainsi que les cabanes de montagne dont les réserves en eau de boisson sont souvent limitées. Si les caractéristiques chimiques et microbiologiques de l'eau dont peuvent disposer ces lieux d'habitation sont bonnes, il est envisageable d'effectuer des réserves d'eau pour les périodes de sécheresse ou de grande consommation. Grâce à des ajouts contrôlés d'eau de Javel, cette eau devrait respecter les critères de qualité pour l'eau de boisson même après un stockage de plusieurs mois.

Remerciements

Nous remercions le service cantonal de la protection civile qui nous a donné l'occasion d'effectuer cette étude, ainsi que les laborantines du service du chimiste cantonal qui ont effectué les analyses.

Résumé

17 000 litres d'eau de boisson ont été stockés dans un réservoir en béton pendant plus de six mois. Afin de pouvoir conserver une qualité microbiologique satisfaisante, des ajouts réguliers d'eau de Javel ont été effectués.

Les résultats des analyses chimiques ont été jugés positifs: les concentrations des ions analysés et les autres paramètres physico-chimiques ont en tout temps satisfait à l'objectif de qualité pour l'eau de boisson. Les analyses chimiques ont montré que les concentrations respectives du calcium et du magnésium ont sensiblement diminué au cours du temps alors que celles du sodium, du potassium et du chlorure ont augmenté.

Les ajouts réguliers d'eau de Javel ont permis de maîtriser la croissance des germes aérobies mésophiles alors que les recherches de *Escherichia coli* et des entérocoques ont toujours été négatives. Après un stockage de plus de six mois, les exigences de l'ordonnance sur l'hygiène concernant l'eau de boisson étaient encore satisfaites.

Zusammenfassung

17 000 Liter Trinkwasser wurden in einem Betonreservoir während mehr als sechs Monaten gelagert. Um die mikrobiologischen Eigenschaften des Wassers zu erhalten, wurde regelmässig Javelwasser zugesetzt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen wurden als positiv beurteilt: die Konzentrationen der analysierten Ionen und die anderen ausgeführten physikalischen und chemischen Messungen haben immer das Qualitätsziel für Trinkwasser befriedigt. Die chemischen Analysen haben gezeigt, dass die Konzentrationen an Calcium und Magnesium im Laufe der

Zeit spürbar nachgelassen haben, in demselben Zeitraum sind aber diejenigen von Natrium, Kalium und Chlorid gestiegen.

Die regelmässigen Zusätze von Javelwasser haben erlaubt, das Wachstum der aerobischen mesophilen Keime zu beschränken. Weder *E. coli* noch Enterokokken wurden je entdeckt. Nach einer Lagerung von mehr als sechs Monaten waren die Anforderungen der Hygieneverordnung für Trinkwasser noch erfüllt.

Summary

17 000 liters of drinking water have been stocked in a reservoir with cement lining for more than six months. Javel water has been regularly added in order to maintain the satisfactory microbiological quality of the water.

The results of the chemical analysis have been judged satisfactory: the concentrations of the analysed ions and the measurements of other physical and chemical parameters were permanently in accordance with the aim of quality for drinking water. The chemical analyses showed that the concentrations of calcium and magnesium decreased during the residence time, while those of sodium, potassium and chloride grew up.

Furthermore, regular additions of Javel water allowed to control the growth of the aerobic mesophilic germs and neither *E. coli* nor enterococcus have ever been found. After a storage of more than six months, the legal requirements for drinking water were still satisfied.

Bibliographie

1. Baur, A. und Eisenbart, K.: Einfluss der Standzeit in Wasserbehältern auf die Wasserqualität. GWF, Gaz-Wasserfach : Wasser/Abwasser. 129, 109–115 (1988).
2. Ramseier, S.: Communication personnelle.
3. Ordonnance sur les denrées alimentaires du 1^{er} mars 1995 (ODAI, RS 817.02). Office central fédéral des imprimés et du matériel, Berne.
4. Manuel suisse des denrées alimentaires, chapitre 27. Eau de boisson et eaux minérales. Office central fédéral des imprimés et du matériel, Berne.
5. Ordonnance sur l'hygiène du 26 juin 1995 (OHyg, RS 817.51). Office central fédéral des imprimés et du matériel, Berne.

Dr André Cominoli
Service du chimiste cantonal
Case postale 166
CH-1211 Genève 4