Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachets vendues à Bamako (Mali) en 2025

Analysis of the physicochemical and microbiological quality of bottled drinking water sold in Bamako in 2025

Ousmane Dembélé[1,2*], Ousmane Kodio[2], Mody Cissé[1,2], Haoua Ya Koné[2], Fatoumata S. Sangaré[2], Gaoussou Coulibaly[2], Safiatou A. Ouattara[2], Fousseyni Traoré[2], Mory Sacko[2], Djeneba Garango[2], Sékou Dembélé[2], Solomane Traoré[3], Seydou M. Coulibaly[2]

1. Faculté de Pharmacie de Bamako, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali.

2. Laboratoire National de la Santé du Mali.

3. Institut National de Santé Publique.

Auteur correspondant : Ousmane Dembélé, Laboratoire National de la Santé, Email: oxmodamocles@yahoo.fr

Résumé

Introduction

La prolifération des unités de production d'eau conditionnée en sachets au Mali répond à une forte demande urbaine, mais soulève des préoccupations majeures de santé publique. L'objectif de cette étude était d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de 79 échantillons d'eau en sachets prélevés principalement à Bamako et confrontés aux normes maliennes (MALINORM MN 03-02/011:2011) et aux directives de l'OMS.

Méthodes

Analyse de 27 paramètres (physico-chimiques et microbiologiques) sur 79 échantillons représentant 21 marques commerciales. Les prélèvements ont été réalisés sur les marchés et la voie publique. Les résultats ont été interprétés selon les seuils réglementaires malien et OMS.

Résultats

Plus de la moitié des échantillons n'étaient pas conformes à au moins un paramètre critique (54,4 %) soit (43/79) des échantillons. Les non-conformités majeures concernaient les Germes Aérobies Mésophiles (GAM : 27,8 %), les nitrites (24,1 %), les coliformes totaux et thermotolérants (7,6 % chacun) ainsi que le plomb (4 échantillons). En revanche, les paramètres organoleptiques, la minéralisation et les ions majeurs respectaient globalement les normes, de même qu'Escherichia coli et les streptocoques fécaux, absents de tous les échantillons.

Conclusion

Par rapport aux normes de potabilité, l'eau en sachets vendue à Bamako est organoleptiquement acceptable, mais sa sécurité sanitaire n'est pas garantie en raison de défaillances d'hygiène, de nitrites hors spécification et de présences de plomb. Un renforcement des contrôles post-commercialisation et la mise à niveau technique des producteurs sont indispensables pour protéger la santé des consommateurs.

Mots-clés : Eau en sachets, contrôle qualité, physico-chimie, microbiologie, LNS, Mali.

Abstract

Introduction

The proliferation of sachet water production units in Mali reflects strong urban demand but raises major public health concerns. This study aimed to assess the physicochemical and microbiological quality of 79 sachet water samples collected primarily in Bamako and compare the findings with Malian standards (MALINORM MN 03-02/011:2011) and World Health Organization (WHO) guidelines.

Methods

Twenty-seven physicochemical and microbiological parameters were analyzed in 79 samples representing 21 commercial brands. Samples were collected from markets and street vendors. Results were interpreted according to Malian regulatory standards and WHO guideline values.

Results

More than half of the samples failed to meet the requirements for at least one critical parameter (54.4%, or 43/79 samples). Major noncompliance was observed for aerobic mesophilic bacteria (27.8%), nitrites (24.1%), total and thermotolerant coliforms (7.6% each), and lead (detected at concerning levels in four samples). In contrast, organoleptic parameters, mineralization, and major ions generally complied with the standards. Escherichia coli and fecal streptococci were absent from all samples.

Conclusion

Compared with drinking water standards, sachet water sold in Bamako is organoleptically acceptable, but its safety cannot be guaranteed because of hygiene deficiencies, nitrite levels exceeding specified limits, and the presence of lead in some samples. Strengthening post-market surveillance and upgrading producers' technical capacities are essential to protect consumer health.

Keywords: Sachet water, quality control, physicochemistry, microbiology, LNS, Mali.

Introduction

L'eau de boisson est définie comme toute eau destinée à la consommation humaine, qu'elle soit consommée telle quelle, utilisée pour la préparation des aliments ou conditionnée [1,2]. Elle doit être exempte de micro-organismes pathogènes et de substances chimiques à des concentrations présentant un risque pour la santé.

Au cours des dernières décennies, le Mali a connu une prolifération exponentielle des petites unités de production d'eau conditionnée en sachets plastiques, particulièrement dans les centres urbains comme Bamako. Ces sachets répondent à un besoin pratique et quotidien des consommateurs et représentent une importante source de revenus pour les vendeurs et petits commerçants. Cependant, la qualité de leur production, de leur conditionnement et de leur commercialisation soulève des préoccupations majeures en matière de santé publique [3,4] .

De nombreuses unités de production opèrent dans l'informel, échappant aux contrôles réguliers et utilisant parfois des sources d'approvisionnement douteuses ou des processus de traitement inadéquats. Ces unités sont souvent logées dans des bâtisses inadaptées, des villas, des garages ou sous des hangars avec des sources d'approvisionnement variables et des procédés de traitement parfois incomplets [5]. Des études antérieures en Afrique de l'Ouest ont documenté des non-conformités bactériologiques et physico-chimiques récurrentes exposant les consommateurs à des risques de maladies hydriques [6,7].

Sur le plan réglementaire, le secteur est encadré par le Décret n°06-259/P-RM du 23 juin 2006 instituant l'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) des denrées alimentaires, et par la norme malienne MALINORM MN 03-02/011:2011 relative à la qualité de l'eau de boisson [8,9]. Le Laboratoire National de la Santé (LNS) et le Laboratoire National des Eaux (LNE) assurent le contrôle de la qualité en s'appuyant également sur les directives de l'OMS et les normes de l'UEMOA.

C'est dans ce contexte que le LNS a mené une campagne d'analyse de 79 échantillons d'eau en sachets. L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachets commercialisées à Bamako. De façon spécifique, l'étude vise à décrire le profil hydrochimique et microbiologique des sachets ; de quantifier les non-conformités et enfin, d'identifier les principaux écarts sanitaires afin d'orienter le contrôle et la surveillance du marché.

Méthodes

Type, Il s'agissait d'une évaluation normative, analytique et descriptive, à visée de santé publique, portant sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachets vendues dans le district de Bamako.

Lieu et période d'étude

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués en 2025 sur les lots e vente dans les marchés et les voies publiques du district de Bamako. Bamako a été retenu comme site principal parce qu'il concentre l'essentiel des unités de production et de la consommation urbaine de sachets. Les échantillons de Kayes et de Koulikoro ont été ajoutés de façon opportuniste et ne sauraient constituer un échantillon représentatif de ces régions. Les analyses ont été réalisées au Laboratoire National de la Santé (LNS) sis à Darsalam, Bamako.

Population d'étude

Les échantillons étaient constitués des sachets d'eau de boisson destinés à la consommation humaine et commercialisés à Bamako, toutes marques confondues.

Critères d'inclusion et de non inclusion

Ont été inclus dans l'étude, les sachets d'eau de boisson scellés, destinés à la consommation humaine, disponibles à la vente au moment du passage de l'équipe. Étaient exclus, les sachets visiblement endommagés , les eaux minérales en bouteille.

Echantillonnage

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été réalisée façon aléatoire et aseptique dans les marchés et sur les voies publiques du district de Bamako. Soixante-dix-neuf échantillons, représentant 21 marques commerciales, ont été sélectionnés de façon aléatoire. Les échantillons prélevés ont été bien identifiés avec leur fiche de prélèvement par des codes et transportés au laboratoire dans des glacières avec accumulateur de froid.

Les points exacts de vente (nom de marché, coordonnées) n'ont pas été géocodés de façon exhaustive ; seule la répartition régionale est présentée.

Matériels et outils

Le matériel utilisé comprenait un pH-mètre, un conductimètre, un titrateur (pour la mesure de la dureté, calcium, magnésium), un spectrophotomètre UV-Visible (ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, fluorures) et un spectromètre d'absorption atomique (plomb, nickel, manganèse, fer, cuivre). La culture microbienne a été réalisée sous une hotte à flux laminaire et incubée dans des étuves selon la température de croissance optimale des différents paramètres microbiologique des eaux de boisson. Les glacières munies d'accumulateur de froid ont été utilisées pour le transport des échantillons d'eau en sachets bien étiquetés à l'origine.

Variables étudiées

Vingt-sept paramètres ont été mesurés, regroupés en :

- Paramètres physiques et organoleptiques (4) : pH, conductivité, dureté totale, solides totaux dissous (TDS) ;
- Paramètres de minéralisation et ions majeurs (7) : calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorures, sulfates, bicarbonates ;
- Pollution azotée et organique (4) : ammonium, nitrates, nitrites, phosphates ;

- Métaux, oligo-éléments et substances toxiques (7) : plomb, nickel, manganèse, fluorure, fer, cyanures, cuivre ;
- Indicateurs microbiologiques (5) : Coliformes totaux (CT), Coliformes thermotolérants (CTT), Escherichia coli(E. coli), Streptocoques fécaux, Germes Aérobies Mésophiles (GAM).

Méthodes analytiques

Les analyses ont été réalisées selon les méthodes normalisées (ISO, NF, techniques spectroscopiques et microbiologiques classiques) : électrométrie, conductimétrie, complexométrie EDTA, spectrophotométrie UV-Visible, absorption atomique, ensemencement sur milieux de culture spécifiques des germes cibles (PCA, VRBL, TBX, Bouillons de Rothe et de Litsky.). Les résultats ont été comparés aux seuils de la norme malienne MN 03-02/011:2011 et aux valeurs guides de l'OMS [2,8].

Analyse des données

Les données ont d'abord été contrôlées afin d'identifier les valeurs aberrantes, d'homogénéiser les unités et d'éliminer les doublons. Des statistiques descriptives ont ensuite été calculées pour chaque paramètre. Chaque résultat a été classé conforme ou non conforme au regard du seuil réglementaire retenu. Les taux de non-conformité ont été établis par paramètre, par groupe de paramètres et par marque. L'échantillonnage étant aléatoire, les proportions observées peuvent être interprétées comme des estimateurs des non-conformités dans la population des sachets commercialisés sur les sites de prélèvement.

Considérations éthiques

L'étude a porté exclusivement sur des produits commercialisés, sans implication de sujets humains. Cette activité faisant partie des missions du LNS, aucun conflit d'intérêts n'est à déclarer.

Résultats

Répartition géographique des échantillons

La collecte des échantillons de sachet d'eau concerne le District de Bamako (75) et les régions de Kayes (3) et Koulikoro (1) figure 1.

Mesure des paramètres physico-chimiques

- **Paramètres physiques et organoleptiques et de minéralisation**

La mesure a concerné 6 paramètres notamment le pH, la conductivité, la dureté totale, TDS, les ions majeurs, les bicarbonates. Les 79 échantillons sont conformes aux normes du pH, la conductivité, la dureté totale et les ions majeurs. Deux échantillons sur 79 soit 2,5% sont non conformes aux TDS et les bicarbonates (tableau 1).

- **Pollution azotée et organique**

Les mesures du nitrates et les phosphates sont conformes dans les 79 échantillons d'eau de sachet. L'ammonium et les nitrites sont non conformes dans 3/79 et 19/79 échantillons respectivement 3,8% des échantillons pour le l'ammonium et 24,1% pour les nitrites (tableau 2).

- **Métaux et substance toxiques**

Cent pour cent des échantillons (79/79) sont conformes au seuil autorisé pour les cyanures, le cuivre et le nickel. Les quantités de Fluorures et de plomb mesurées dans les échantillons d'eau de sachet sont non conformes dans 5/79 et 4/79 échantillons respectivement (tableau 3).

Mesure de la sécurité biologique: Indicateurs de contamination fécales

Tous les échantillons (79/79) sont conformes à E. Coli et les Streptocoques fécaux. Le résultats des 3 autres indicateurs se présente comme suit: 6/79 échantillons non conformes totaux et les coliformes thermotolérants et 22/79 échantillons non conformes pour le GAM (tableau 4).

Mesure de la conformité globale

Sur les 79 échantillons, 43 (54,4 %) est non conformes à au moins un paramètre critique. Le taux de conformité global est de 45,6 % (43/79) qui respectent l'ensemble des critères retenus.

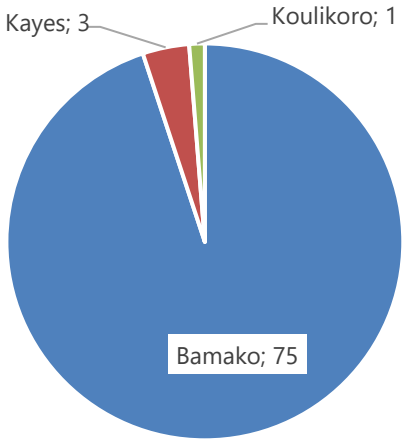


Figure 1 : Répartition géographiques de la collecte des échantillons de sachet d'eau en 2025

Tableau 1 : Répartition des échantillons selon la mesure des paramètres physiques, organoleptiques et de minéralisation au LNS en 2025

Paramètre	Unité	Médiane / profil	Conformes n(%)	Non conformes n(%)	Seuil MN / OMS
pH	—	6,84	79 (100 %)	0	6,5–8,5
Conductivité	µS/cm	67,8	79 (100 %)	0	Faible minéralisation
Dureté totale	mg/L	90	79 (100 %)	0	Eau douce
TDS	mg/L	—	77 (97,5 %)	2 (2,5 %)	≤ 1000 (OMS)
Ions majeurs (6/7)	mg/L	Conformes	79 (100 %)	0	MN / OMS
Bicarbonates	mg/L	—	77 (97,5 %)	2 (2,5 %)	MN

Tableau 2 : Répartition des échantillons selon la mesure de la pollution azotée et organique au LNS en 2025

Paramètre	Unité	Conformes (n)	Non conformes n(%)	Seuil retenu	Total
Ammonium	mg/L	76	3 (3,8 %)	MN / OMS	79
Nitrates	mg/L	79	0	50 mg/L (OMS)	79
Nitrites	mg/L	60	19 (24,1 %)	0,02 mg/L (seuil LNS/ISO)	79
Phosphates	mg/L	79	0	MN	79

Tableau 3 : Répartition des échantillons selon la mesure des Métaux et substances toxiques au LNS en 2025

Paramètre	Unité	Conformes (n)	Non conformes n(%)	Seuil OMS / MN	Total
Cyanures	mg/L	79	0	0,07 (OMS)	79
Cuivre	mg/L	79	0	2 (OMS)	79
Nickel	mg/L	79	0	0,07 (OMS)	79
Fluorures	mg/L	74	5 (6,3 %)	1,5 (OMS)	79
Plomb	mg/L	75	4	0,01 (OMS)	79

Tableau 4 : Répartition des échantillons selon les indicateurs de contamination fécale au LNS en 2025

Paramètre	Unité	Conformes (n)	Non conformes n(%)	Seuil MN / OMS	Total
E. coli	UFC/100 mL	79	0	0 UFC/100 mL	79
Streptocoques fécaux	UFC/100 mL	79	0	0 UFC/100 mL	79
Coliformes totaux	UFC/100 mL	73	6 (7,6 %)	0 UFC/100 mL	79
Coliformes thermotolérants	UFC/100 mL	73	6 (7,6 %)	0 UFC/100 mL	79
GAM	UFC/mL	57	22 (27,8 %)	Seuil LNS / MN	79

Discussions

Les résultats de cette étude mettent en évidence une discordance entre les paramètres de confort (pH, minéralisation, ions majeurs, nitrates) qui sont largement conformes et les paramètres citriques tels que l'hygiène de production, les nitrites et le plomb qui s'écartent des exigences normatives d'une eau conditionnée prête à consommer

Le profil d'eaux douces et peu minéralisées, avec un pH médian de 6,84 et une conductivité de 67,8 µS/cm, est compatible avec les exigences organoleptiques de la MN 03-02/011:2011 et des directives OMS [2,8]. Il rejoint les observations faites à Ouagadougou, où la physico-chimie des eaux préemballées était également conforme, avec une conductivité moyenne voisine de 50 µS/cm [10]. Cette similitude peut être expliquée par l'utilisation de filières comparables (réseau urbain ou forage, souvent suivi d'osmose inverse). L'absence d'E. coli et de streptocoques fécaux dans 100 % des sachets distingue cette étude de nombreuses nombreuse autres où E. coli reste l'espèce la plus fréquemment isolée [6] et la flore mésophile dépassait la norme dans 83 % des cas [7] respectivement selon des études ghanéennes et sénégalaises.

Les GAM non conformes dans 27,8 % des échantillons et les coliformes (7,6 %) restent incompatibles avec le statut d'eau conditionnée, pour laquelle la tolérance est de 0 UFC/100 mL pour les coliformes [2,8]. Ces écarts s'expliquent vraisemblablement par un entretien insuffisant des filtres, des lampes UV défaillantes, une chloration irrégulière ou une recontamination au conditionnement et à la vente (exposition au soleil, manipulation). Williams et al. avaient déjà montré que le traitement inadéquat et la récontamination post-emballage expliquent l'essentiel des dépassements des eaux emballées [3]. Nos résultats sont également moins défavorables que ceux d'une étude réalisé à Niamey, où plus de 90 % des sachets ont été jugés impropres, avec bactéries fécales, nitrites et métaux [11].

Le taux de 24,1 % de non-conformité pour les nitrites, au seuil opérationnel de 0,02 mg/L, constitue l'alerte chimique principale. Les nitrates étant tous conformes (seuil OMS 50 mg/L), le signal oriente vers une réduction bactérienne in situ (cuves, filtres colonisés) ou une source récemment contaminée, plutôt que vers une pollution agricole ancienne. Le même couple « nitrites + hygiène défaillante » a été mis en évidence dans l'étude de Niamey [11]. Pour les nourrissons, le risque de méthémoglobinémie justifie une investigation des sources et des procédés des unités concernées.
Les cinq dépassements de fluorures (6,3 % ; seuil OMS 1,5 mg/L) exposent à une fluorose en cas de consommation chronique. Les quatre détections de plomb, rapportées à la valeur guide OMS de 0,01 mg/L [2] orientent vers les matériaux au contact de l'eau (soudures, tuyauteries, pompes) plutôt que vers la nappe.

Limites de l'étude

La taille des échantillons d'eau de sachet prélevés et le faible nombre de localités choisies constituent des limités de cette étude. Le résultat obtenu n'est donc très représentatifs pour l'ensemble du territoire national.

Conclusion

Au regard des normes malienne et de l'OMS, les échantillons d'eau en sachets analysés sont globalement conformes sur le plan organoleptique et de la minéralisation, et exempte d'Escherichia coli cultivable. ils n'offrent toutefois pas les garanties attendues d'une eau de boisson conditionnée au regard de l'hygiène de production (GAM, coliformes), d'une pollution azotée récente (nitrites) et des détections de plomb.

Propositions et suggestions

Au terme de cette étude, 3 principaux axes de recommandations sont proposés :
Axe 1 – Autorités de régulation
- Appliquer la norme 0 UFC/100 mL pour E. coli et les Coliformes.
- Renforcer les contrôles inopinés des unités signalées pour le plomb et les nitrites.
- Réaliser un audit prioritaire des marques Source, Gofex, IDI, Dara et Songhay.
- Interdire les sachets pré-estampillés afin de rétablir la traçabilité et de limiter la contrefaçon.
- Exiger l'AMM pour tout producteur d'eau en sachet, conformément au décret n°06-259/P-RM et à l'arrêté n°07-2650.

Axe 2 – Producteurs
- Remplacer ou retraiter la source d'eau dans les unités chargées en composés azotés.
- Contrôler les matériaux au contact de l'eau (tuyauteries, soudures, pompes) pour éliminer le risque plomb.

Axe 3 – Distribution et vente
- Interdire l'exposition directe des sachets au soleil sur la voie publique.
- Imposer un stockage ombragé et ventilé jusqu'au point de vente.

Encadré résumé

❖ **Que sait on déjà sur le sujet ?**
En Afrique de l'Ouest surtout dans les grandes villes, l'eau en sachets supplée le réseau urbain mais est fréquemment non conforme sur le plan microbiologique (Dakar, Ghana, Ouagadougou, Niamey). Globalement, la physico-chimie est souvent acceptable.

❖ **Qu'apporte cet article ?**
À Bamako, plus de la moitié des sachets analysés en 2025 étaient non conformes à au moins un critère critique. Les GAM et les nitrites dominent ; E. coli cultivable est absent ; le plomb est détecté dans quatre échantillons. Le profil est moins défavorable qu'à Dakar ou Niamey, mais incompatible avec une eau conditionnée.

❖ **Quelles sont les implications pour la santé publique ?**
Ne pas considérer le sachet comme une eau « garantie ». Protéger les nourrissons du risque des nitrites. Conditionner la commercialisation à une autorisation de mise sur le marché (AMM), interdire les sachets pré-estampillés et retirer de la vente les lots hors norme pour le plomb et les coliformes.

Références

1. G. Hermann, B. K. A. Patience, G. S. Irène, M. A. E. Joséphine, G. N. F. Christian, et M. Pauline, « Physico-chemical and bacteriological characterization of sachet water sold in Yaounde City, Cameroon », Afr. J. Biotechnol., vol. 17, no 11, p. 343-349, mars 2018.
2. Organisation Mondiale de la Santé. Guidelines for drinking-water quality, 4th ed. Geneva : WHO ; 2022.
3. Williams AR, et al. A systematic review and meta-analysis of fecal contamination and inadequate treatment of packaged water. PLoS ONE. 2015;10(10):e0140899.
4. Stoler J. From Curiosity to Commodity: A review of the evolution of sachet drinking water in West Africa. WIREs Water. 2017;4:e1206.
5. Laboratoire National de la Santé du Mali. Rapport d'analyse des données sur la qualité des sachets d'eau de boisson. Bamako : LNS ; 2025.
6. Ahiabor WK, Donkor ES. Microbial Safety of Sachet Water in Ghana: A Systematic Review. Environmental Health Insights. 2025;19:1-11.
7. M. Dieng et al. Qualité des eaux de boisson conditionnées en sachet vendues dans la région de Dakar au Sénégal. European Scientific Journal. 2021;17(21):104.
8. AMANORM. Norme malienne MN 03-02/011:2011 – Qualité de l'eau de boisson. Bamako
9. Décret n°06-259/P-RM du 23 juin 2006 instituant l'Autorisation de Mise sur le Marché des denrées alimentaires. République du Mali.
10. Some K, et al. Physicochemical and bacteriological quality and safety of packaged drinking water in Ouagadougou, Burkina Faso. Water Supply. 2023;23(10):4346.
11. Fisher MB, Williams AR, Jalloh MF, et al. Microbiological and chemical quality of packaged sachet water and household stored drinking water in Freetown, Sierra Leone. PLoS One. 2015;10(7):e0131772.