

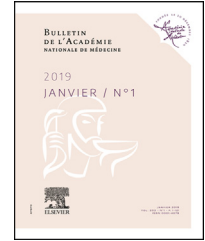


Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



RAPPORT ET RECOMMANDATIONS DE L'ANM

Rapport sur les mentions d'étiquetage des eaux conditionnées (Saisine Direction générale de la santé – DGS – du 16 juin 2021)[☆]

Report on the labeling of packaged waters

C.-F. Roques-Latrille^{a,*}, J. Hubert^a, Y. Lévi^a, J.-M. Bourre^a,
R. Ardaillou^a, C. Buffet^a, C. Gérard^a, J.-M. Hascoët^a, C. Roux^b,
D. Lecomte^a, D. Bontoux^a, P. Queneau^a, B. Charpentier^a,
B. Falissard^a, au nom de la commission 3 (Thérapies complémentaires, thermalisme, eaux minérales) de l'ANM1

^a Académie nationale de médecine, Paris, France

^b Hôpital Cochin, Paris, France

Disponible sur Internet le 7 mars 2022

MOTS CLÉS

Eau minérale naturelle ;
Eaux conditionnées ;
Eaux de source ;
Eau de boisson ;
Bicarbonate ;
Sulfate ;
Fluor

Résumé Certaines eaux conditionnées, eaux minérales naturelles (EMN, eaux de source principalement, peuvent avoir un contenu minéral à l'origine d'effets cliniques qui méritent d'être mentionnés pour l'information des consommateurs. L'effet diurétique est lié au volume d'eau et à la vitesse d'ingestion, mais les minéraux ne sont pas susceptibles de jouer un rôle concret ; il n'y a donc pas matière à mention. Les eaux bicarbonatées (à partir de 600 mg/L d'hydrogencarbonate) facilitent la digestion en agissant sur le transit gastroduodéal et les fonctions hépatobiliaires. Les eaux sulfatées (à partir de 200 mg/L chez l'adulte et 140 mg/L chez l'enfant) sont susceptibles d'accélérer le transit intestinal et d'avoir un effet laxatif qui est accru si les eaux sont riches en magnésium (à partir de 50 mg/L). Ces effets doivent faire l'objet de mentions. La carence en fluor entraîne des caries dentaires que la fluoration des eaux de consommation humaine dans les limites fixées par les recommandations internationales permet de prévenir sans effet délétère, dentaire ou osseux. Un apport fluoré excessif conduit à une altération de la structure et de la qualité des dents et du squelette. Un apport

[☆] Ce rapport a été approuvé par le Conseil d'administration dans sa séance du lundi 7 février 2022.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : cf.roques@gmail.com (C.-F. Roques-Latrille).

¹ Membres de la commission 3 : J.-C. Béani, D. Bontoux, J.-M. Bourre, J.-M. Denoix, B. Falissard, J. Hubert, D. Lecomte, Y. Lévi, J.-L. Montastruc, P. Netter, J.-P. Nicolas, J.-P. Olié, P. Queneau, C.-F. Roques-Latrille, R. Trèves, J.-L. Wemeau.

supplémentaire de fluor qui serait bénéfique à la santé osseuse n'est pas déterminé à ce jour. Les apports quotidiens ne doivent pas dépasser 0,05 mg/kg de poids corporel par jour. Les nourrissons et jeunes enfants ne doivent pas consommer une eau dont la concentration en fluor soit supérieur à 0,3 mg/L s'ils font l'objet d'une supplémentation médicale en fluor. La composition physicochimique essentielle de toutes les eaux destinées à la consommation humaine doit être communiquée aux consommateurs de manière lisible. Les boissons, préparées à partir d'eaux conditionnées et addition de nutriments d'autre nature, doivent porter une information nutritionnelle adaptée à la consommation aux divers âges de la vie. Les eaux rendues potables par traitement peuvent exposer à des carences minérales encore mal évaluées. La consommation au long cours d'une eau conditionnée, EMN en particulier, devrait être approuvée par le médecin traitant.

© 2022 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

Natural mineral water;
Packaged water;
Spring water;
Drinking water;
Hydrogenocarbonate;
Sulfate;
Fluoride

Summary Packaged waters, mainly natural mineral waters (NMW) and spring waters, may have a mineral content causing clinical effects which deserve to be mentioned for the information of consumers. The diuretic effect is related to the volume of water and the speed of ingestion, but minerals are not likely to play a concrete role; so there is nothing to mention. Bicarbonate waters (from 600 mg/L of hydrogen carbonate) facilitate digestion by acting on gastroduodenal transit and hepatobiliary functions. Sulfated waters (from 200 mg/L in adults and 140 mg/L in children) are likely to accelerate intestinal transit and have a laxative effect which is increased if the waters are rich in magnesium (from 50 mg/L). These effects must be mentioned. Fluoride deficiency leads to dental caries that fluoridation of water for human consumption within the limits set by international recommendations can prevent without dental or bone deleterious effects. An excessive intake of fluoride leads to an alteration in the structure and quality of teeth and the skeleton. An additional intake of fluoride that would benefit bone health is not determined at this time. Infants and young children should not consume water with a fluoride level greater than 0,3 mg/L if they are receiving medical fluoride supplementation. The essential physicochemical composition of all water intended for human consumption must be communicated to consumers in a legible manner. Beverages, prepared from waters (NMW, spring waters) and the addition of other nutrients, must carry nutritional information suitable for consumption at different stages of life. Water made drinkable by treatment can expose to mineral deficiencies that are still poorly assessed. Long-term consumption of packaged water, natural mineral water particularly, would not be approved by the attending physician.

© 2022 l'Académie nationale de médecine. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

L'eau est le principal constituant de l'organisme humain (60 % de la masse corporelle chez l'adulte), et un équilibre parfait entre les apports et les sorties d'eau est indispensable à la santé. L'eau ingérée provient des boissons, des aliments crus ou cuits et pour une faible part (300 ml/J, en moyenne) de l'eau endogène provenant de l'oxydation des longues chaînes lipidiques. Ce dernier type d'apport est essentiel aux animaux vivant en zone désertique (bosse des dromadaires). Les besoins varient selon les âges, les circonstances, les professions mais dans tous les cas les apports doivent assurer une hydratation correcte de l'organisme et une diurèse suffisante pour protéger les reins. Chez l'enfant il existe des règles classiques de volume hydrique à apporter selon le poids ; la quantité journalière d'eau chez les enfants de plus de 20 kilos ne doit pas dépasser 2400 mL. Chez l'adulte, l'ajustement des apports doit permettre d'assurer un volume de diurèse quotidienne idéalement de 1,5 L, en tout cas, jamais inférieur à 1 L. L'existence d'une maladie lithiasique urinaire, impose de maintenir, au fil des jours une diurèse de 2,5 L. Le volume d'eau à ingérer dépend aussi de l'importance des pertes d'eau accrues par la chaleur, une hygrométrie de l'air diminuée et l'exercice musculaire. Ces conditions environnementales déterminent des pertes d'eau

obligatoires par la peau et les voies respiratoires (polypnée thermique du chien).

Ces derniers siècles, la quantité d'eau consommée par les humains aurait diminué alors que la qualité de l'eau s'améliorait. Actuellement, le progrès technique et l'application des normes de qualité nationales [1–3]), européennes [4,5]) ou mondiales [6] font que l'eau fournie par les réseaux publics de distribution de nombreux pays n'a jamais été d'aussi bonne qualité. Paradoxalement, la consommation croissante d'eaux conditionnées (eau minérale naturelle - EMN -, eau de source, eau rendue potable par traitement) comme eaux de boisson est un fait mondial [7]. En France plus de huit milliards de litres de ces eaux sont commercialisés chaque année. Ce phénomène repose principalement sur des notions de palatabilité, de commodité, de convenance et de manque de confiance dans les eaux de réseau avec crainte de boire une eau contaminée lorsqu'elle est servie en carafe ouverte ; le bénéfice pour la santé en général et/ou spécifique à divers organes est rarement invoqué ; le contenant plastique n'est habituellement pas considéré comme nocif à la santé (il est vrai que les bouteilles d'eaux en matière plastique ne contiennent pas de bisphénol A) mais à l'environnement par l'empreinte carbone liée au

transport et l'accumulation des déchets dans les océans [8]. De nombreuses études ont examiné la composition des eaux minérales, tranquilles ou gazeuses, comme celle des eaux de réseau [2,9,10–13]. L'Académie s'est penchée, ces dernières années, sur les problèmes des eaux conditionnées [14] et, plus largement, des eaux destinées à la consommation humaine [15]. Notre propos n'est pas de reprendre ces rapports antérieurs, toujours d'actualité, mais d'apporter des réponses argumentées aux questions de la Direction générale de la santé (DGS) qui sont reproduites en [Annexe I](#) et qui concernent des mentions d'étiquetage telles que « Contient plus de 0,3 mg/L de fluor : ne convient pas aux nourrissons pour une consommation régulière en cas de supplémentation médicale en fluor. », « Stimule la digestion », « Peut favoriser les fonctions hépatobiliaires » ou une mention similaire, « Peut être laxative », « Peut être diurétique ».

Généralités

Les eaux conditionnées

Il s'agit, *stricto sensu*, outre les eaux minérales naturelles (EMN) ([Annexe II](#)), des eaux de source et des eaux rendues potables. Il faut également prendre en considération les EMN distribuées librement en buvette publique dans certaines stations thermales et emportées, souvent en grande quantité, par des consommateurs et les eaux aromatisées et supplémentées, le plus souvent préparées à partir d'EMN. Les EMN embouteillées et vendues dans les circuits de distribution sont aussi concernées par la saisine, elles sont les seules à faire l'objet d'études susceptibles d'identifier les bénéfices cliniques comme les évènements indésirables, liés à la présence d'éléments minéraux dont la quantité est mesurée sur le résidu sec obtenu après chauffage à 180 °C. Ce sont ces effets qui méritent d'être mentionnés dans l'information due au consommateur et dont le principal support est l'étiquetage.

Les eaux minérales naturelles

Les eaux minérales naturelles (EMN) sont des eaux d'origine souterraine, de composition physico-chimique stable, exemptes de contamination (microbienne, physique, chimique, ...). Elles font l'objet de mesures légales de protection notamment du périmètre de captage des sources. Elles sont utilisées en établissement thermal ; certaines d'entre elles, sont distribuées en buvette publique. Elles peuvent être embouteillées en vue de la vente avec un étiquetage faisant mention ou non d'un bénéfice pour la santé. Les propriétés thérapeutiques de ces dernières ont fait l'objet d'essais thérapeutiques et de revues récentes [16,17].

Les EMN sont le produit de deux grands systèmes hydrogéologiques. Dans le système froid, des eaux météoriques et/ou de résidus marins, s'infiltrant dans les sols, y circulent par gravité, se chargent, au fil du temps, de minéraux (principalement bicarbonates, sulfates, sodium, silice, calcium, magnésium, chlorures...) et s'échauffent éventuellement au contact de la roche. Les eaux du système chaud sont des eaux d'origine magmatique, eaux primaires métamorphiques, pouvant contenir divers ions (silicium, sodium, chlorures, sulfates), des gaz (CO₂, H₂S, CH₄) et des métaux

(plomb, zinc, argent...) [18]. Les EMN utilisées comme eaux de boisson ont essentiellement une origine météorique.

La classification se fait selon leur :

- température à l'émergence ;
- la dureté évaluée par la concentration de carbonate de calcium ;
- l'importance de leur contenu minéral mesuré sur le résidu sec à 180 °C, mais il faut savoir que les eaux du robinet peuvent avoir un contenu minéral appréciable [7] ;
- la composition physicochimique fait intervenir la température, le pH, les ions calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure, sulfate, bicarbonate, sulfure, fer, manganèse, fluor..., la silice soluble exprimée en SiO₂, les gaz dissous (H₂S, CO₂, O₂), les dépôts ou les phases solides en suspension ([Tableau 1](#)).

Les eaux de source

Il s'agit d'eaux souterraines, comme les EMN, mais, en général, faiblement minéralisées et commercialisées ou non sous le nom de la source et dont la composition figure sur l'étiquetage. Elles sont souvent distribuées sous un nom de marque générique comme Aquarel® et Cristaline®. Elles proviennent alors, le plus souvent, de sources différentes dont chacune a une composition qui lui est propre ; nom de la source et composition sont identifiés sur l'étiquette. Il convient d'en examiner avec attention la composition car certaines de ces eaux peuvent présenter des concentrations de minéraux conséquentes ou bénéfiques, au contraire, d'une recommandation, notamment pour l'usage pédiatrique.

Les eaux rendues potables par traitement

Il s'agit d'eaux souterraines, parfois de réseau qui font l'objet, en vue de les « potabiliser » de traitements semblables à ceux employés pour les eaux distribuées en réseau. Certaines de ces eaux sont préparées et conditionnées par de grandes sociétés internationales mais sont peu présentes sur le marché français. Quelques réseaux publics de distribution d'eaux potables mettent en œuvre des démarches similaires. Le dessalement de l'eau de mer est une approche comparable. En cas d'usage de traitement par osmose inverse l'eau peut être trop purifiée et sa minéralisation appauvrie en dépit du rajout de minéraux. Le possible risque de carences minérales des eaux ainsi traitées n'a pas encore été complètement évalué mais le risque de carence magnésienne et calcique est soulevé depuis plusieurs années [19].

Les eaux aromatisées et supplémentées

Appelées souvent « boissons », elles sont préparées à partir d'EMN ou d'eaux de source. Elles constituent une part croissante des boissons commercialisées dans notre pays si l'on considère la taille des rayons qui leur sont dédiés dans les magasins d'alimentation. Identifiées comme des « boissons rafraîchissantes sans alcool », elles relèvent de la police de la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). C'est donc le ministère de l'Économie, et non celui de la Santé, qui en a la charge. À ce titre, leur étiquetage est celui des aliments qui fait une part importante aux proportions des divers nutriments et à l'aspect calorique qui dépend pour l'essentiel des glucides ajoutés, ce qui explique leur rôle générateur

Tableau 1 Faciès physico-chimique des principaux types d'eaux minérales.

| Qualification des eaux selon température | Eau | Eau | Eau | Eau |
|---|--|---|---|---|
| T °C à la source | Froide < 20 | Hypothermale 20–30 | Mésothermale 30–40 | Hyperthermale > 40 |
| Dureté (CaCO ₃ en mg/L) | Très douce 0–100 | Douce 100–200 | Dure 200–300 | Très dure > 300 |
| Minéralisation Totale ^a – mg/L | Très faible < 50 | Basse 50–500 | Moyenne 500–1500 | Forte > 1500 |
| Ions prépondérants mg/L | Bicarbonatée ≥ 600 Calcique ≥ 150 Sodique ≥ 200mg | Sulfatée ≥ 200 Magnésienne ≥ 50 Pauvre en sodium ≤ 20 | Chlorurée ≥ 200 Fluorée ≥ 1 Acide CO ₂ ≥ 250 mg/L | Sulfurée Présence H ₂ S Ferrugineuse Fe ⁺⁺ (0,5–5) |

^a À partir du résidu à sec obtenu après chauffage à 180 °C.

d'obésité. Les valeurs de référence qui sont mentionnées sont celles des seules personnes adultes alors qu'elles sont largement consommées par des enfants et des adolescents. En outre la composition physico-chimique des eaux à partir desquelles elles sont préparées n'est pas indiquées sur l'étiquette. Elles peuvent ainsi contenir certains minéraux dont la quantité est à même de produire des effets dont l'existence devrait faire l'objet de mentions d'étiquetage.

Le Code de la santé publique en France, traduisant une directive européenne, impose des critères de qualité, d'une part, pour les eaux « destinées à la consommation humaine » qu'elles soient distribuées en réseau ou conditionnées (eaux de source, eaux rendues potables par traitement) et, d'autre part, pour les EMN. Il existe également des normes opposables pour les eaux destinées aux nourrissons (Tableau 2).

La méthode

Le contenu de ce rapport est basé sur l'examen des données de la littérature, principalement études cliniques contrôlées, études observationnelles, revues...

La commission a également recueilli l'avis d'experts au cours de neuf auditions qui ont permis d'entendre des personnes appartenant à l'Académie (Prs Ardaillou, Bourre, Buffet, Charpentier, Gérard, Hascoët, Hubert), extérieures à l'Académie (Pr C. Roux, hôpital Cochin), médecins thermaux (Dr Faure Imbert, Châtel-Guyon ; Dr Duprat, Capvern et Dax ; Dr Guérin, Vichy ; Dr Oury, Vittel), et représentants du Conseil national des établissements thermaux (M. T. Dubois, M. C-E. Bouvier) et de la Société française de médecine thermale et hydrologie (Pr G. Kanny, Dr K. Dubourg).

Dans les lignes qui suivent la commission s'efforce d'apporter des réponses argumentées aux questions précises et concrètes posées par la DGS. Dans un dernier chapitre, elle fait part d'observations qui sont apparues au fur et à mesure de la progression de son travail et qui lui paraissent mériter d'être présentées dans ce document.

Examen des mentions soumises à l'avis de l'Académie

Mention « Peut être diurétique »

Constatations : la physiologie de la diurèse

La diurèse physiologique est aqueuse et due à l'apport d'eau. Boire a pour conséquence de diminuer l'osmolarité plasmatique et d'augmenter le volume plasmatique ce qui aboutit à une inhibition de la sécrétion de vasopressine et ainsi à une diurèse. La vasopressine, sécrétée dans l'hypothalamus, se fixe sur des récepteurs V₂ du tube contourné distal et du tube collecteur. Le 2^e messager est l'AMP cyclique qui va faire migrer les canaux à eau (aquaporines de type 2) [20] entraînant un transfert d'eau vers le plasma selon un gradient osmotique. Ce processus est inhibé en cas de diurèse aqueuse car les récepteurs V₂ ne sont plus stimulés. Il existe des situations cliniques (diabète insipide, rénal ou hypophysaire, potomanie) où la sécrétion de vasopressine est diminuée entraînant un trouble de la réabsorption de l'eau et un accroissement de la diurèse. À l'inverse, la sécrétion de vasopressine est augmentée dans le syndrome de Schwartz-Bartter des cancers bronchiques à petites cellules générant une rétention d'eau et une hyponatrémie par dilution.

La diurèse osmotique est due à une différence de pression osmotique entre l'urine et le sang des capillaires péri-tubulaires, la première dépassant la seconde. Les transferts d'eau étant passifs, l'eau présente dans l'urine, qui n'est plus réabsorbée, est excrétée. Ainsi, le glucose filtré à son niveau maximum (T_m) n'est plus réabsorbé, par défaut de co-transporteur sodium-glucose dans le néphron distal ; il s'écoule alors dans l'urine, entraînant une diurèse osmotique à l'origine de la polyurie du diabète sucré. On observe également une diurèse osmotique après administration de substances filtrées et non réabsorbées (mannitol).

Tableau 2 Limites de qualité des eaux – principaux paramètres chimiques.

| Substance | Taux (UE 2020) ^a | EMN ^b | Nourrissons ^c |
|-------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|
| Aluminium | 200 µg/L | | 200 µg/L |
| Antimoine | 10 µg/L | 5 µg/L | 5 µg/L |
| Arsenic | 10 µg/L | 10 µg/L | 10 µg/L |
| Baryum | 1 mg/L | 1 mg/L | 0,7 mg/L |
| Bore | 1,5 mg/L | | 0,3 µg/L |
| Bromates | 10 µg/L | | 3 µg/L |
| Cadmium | 5 µg/L | 3 µg/L | 3 µg/L |
| Calcium | NA | | 100 mg/L |
| Chlorures | 250 mg/L | | 250 mg/L |
| Chrome | 25 µg/L | 50 µg/L | 5 µg/L |
| Cuivre | 2 mg/L | 1 mg/L | 0,2 mg/L |
| Cyanures | 50 µg/L | 70 µg/L | 10 µg/L |
| Fer | 200 µg/L | NA | NR |
| Fluor | 1,5 mg/L | 5 mg/L | 0,5/0,3 si supplémentation F |
| Magnésium | NA | NA | 50 mg/L |
| Manganèse | 50 µg/L | 500 µg/L | 50 µg/L |
| Mercure | 1 µg/L | 1 µg/L | 1 µg/L |
| Nickel | 20 µg/L | 20 µg/L | 2 µg/L |
| Nitrates | 50 mg/L | 50 µg/L | 10 mg/L |
| Nitrites | 0,5 mg/L | 0,1 mg/L | 0,05 mg/L |
| Plomb | 5 µg/L | 10 µg/L | 10 µg/L |
| Sélénium | 20 µg/L | 10 µg/L | 10 µg/L |
| Sodium | 200 mg/L | | 200 mg/L |
| Sulfates | 250 mg/L | | 140 mg/L |
| Uranium | 30 µg/L | | |
| Zinc | NA | | 0,10 mg/L |
| Pesticides totaux | 0,50 µg/L | | 0,1 µg/L |

^a Eaux destinées à la consommation humaine : eaux de source et eaux rendues potables par traitement conditionnées (UE 2020).

^b Eau minérale naturelle. On présente les taux opposables dans notre pays (France, arrêté du 14 mars 2007, version juin 2021 ; UE, 2009).

^c France 2015 (Annexe IV de l'arrêté du 14 mars v2007, version en vigueur en juin 2021).

Un effet de nature osmotique, lié à un minéral particulier, ne pourrait s'observer qu'avec une eau minérale contenant une concentration très élevée de sels minéraux, peu ou non ré-absorbables, ce qui n'est pas le cas des EMN et autres eaux conditionnées utilisées comme eaux de boisson. Par ailleurs la diminution de la sécrétion d'aldostérone après ingestion d'eau bicarbonatée, observée par certains auteurs [21,22], ne semble pas avoir été confirmée. Il apparaît donc que la diurèse liée à l'ingestion d'une eau conditionnée (minérale, de source...) est aqueuse et liée aux volumes de liquide absorbé et, en partie, au cycle nyctéméral de la sécrétion d'AVP. Ces diverses données [23,24] confortent les connaissances antérieures [25].

En conclusion, les diverses eaux minérales embouteillées entraînent donc une diurèse aqueuse. À ce titre, toutes ces eaux sont « diurétiques » par le volume de liquide apporté.

Préconisations

Les EMN et autres eaux conditionnées génèrent des conditions de diurèse aqueuse. L'apposition d'une mention « peut être diurétique » à un faciès particulier d'eau minérale naturelle, d'eau de source ou d'autres eaux conditionnées, n'est pas fondée par les données actuelles de la physiologie de la diurèse.

Mention concernant le fluor : « Contient plus de 0,3 mg/L de fluor : ne convient pas aux nourrissons pour une consommation régulière en cas de supplémentation médicale en fluor »

Constatations

L'affinité du fluor pour les tissus calcifiés (os et dents) s'explique par le fait qu'il peut se substituer à l'hydroxyle de l'hydroxyapatite aboutissant à une molécule de fluoroapatite [26]. Le fluor joue un rôle fondamental, dans la prévention des caries dentaires [27], sous forme d'ions fluorures, lors de la formation de calcium fluoroapatite au niveau de l'émail dentaire et de l'os pour une bonne qualité.

Par voie locale (dentifrice, gel fluoré), le fluor favorise la minéralisation de l'émail, diminue la quantité de plaque dentaire par action inhibitrice de la reproduction des bactéries cariogènes. Le fluor, dans certains cas, par application locale, peut diminuer les hypersensibilités dentaires, et stopper les lésions carieuses en stimulant la reminéralisation. Mais sont nuisibles :

- l'ingestion de dentifrice chez l'enfant ne sachant pas se rincer la bouche ;
- le surdosage systématique par dentifrices hyperfluorés ;
- la multiplication de sources alimentaires mal contrôlées.

Les lésions dentaires ont été décrites tôt [28] mais, en 2010, l'OMS en a fait un problème majeur de santé publique : « le fluor fait partie des dix produits chimiques posant un problème majeur de santé publique Aux côtés d'autres substances toxiques comme l'amiante ou l'arsenic ». L'excès de fluor chez l'enfant provoque l'apparition de taches sur l'émail des dents, de couleur blanchâtre ou marron. Il n'existe pas de traitement pour soigner cette affection [29–31] qui est rare pour des concentrations de fluor dans l'eau inférieures à 2 mg/L (Lennon et al., 2004 ; néanmoins la tendance actuelle est de situer la limite supérieure à ne pas dépasser à 0,7 mg/L pour éviter ce type de lésions [30].

La fluorose osseuse est liée à l'accumulation excessive de fluor provoquant des changements dans la structure des os qui deviennent plus fragiles et cassants. Les lésions de fluorose se manifestent par une condensation ligamentaire et osseuse diffuse touchant la colonne vertébrale, le pelvis et le thorax et associée à des calcifications de ligaments et de membranes interosseuses. Ces éléments sont corroborés par des données observationnelles recueillies chez l'animal comme chez l'Homme.

Chez le mouton, une eau pauvre en calcium et riche en fluor diminue la masse osseuse, détériore la qualité osseuse et entraîne la survenue de fractures de fatigue [32]. Chez des rates, consommer des eaux pauvrement minéralisées sur plusieurs générations aboutissait à une altération de la qualité osseuse [33].

La fluorose osseuse humaine, avec modification de la structure et de la minéralisation osseuse, est observée pour des concentrations dans l'eau allant de 3 à 6 mg/L, mais globalement ce risque est faible en dessous de 4 mg/L selon l'OMS [34]. Des études menées en Chine et en Inde, montrent que pour une exposition à une dose de 14 mg/j, il existe un excès de risque avéré de fluorose osseuse [34]. Une augmentation significative de la prévalence des fractures osseuses est observée dans une population de 8 266 sujets chinois consommant régulièrement des eaux contenant entre 4,3 et 7,9 mg/L [35]. Il existe un risque de fluorose squelettique pour une exposition totale au fluor supérieure à 6 mg/j.

Une étude chinoise a montré que la supplémentation en fluor d'eaux qui en sont pauvres s'accompagne d'une normalisation de la concentration urinaire des fluorures, de la calcitonine et de l'ostéocalcine sériques qui s'avèrent les plus sensibles parmi les marqueurs du remodelage osseux [36]. Préalablement, on avait pu observer que la fluoration des eaux de boisson, aux États-Unis ne s'accompagnait pas d'un risque significativement accru de fracture [37]. On n'a pas pu démontrer de réduction du risque de fracture du col du fémur par la fluoration des eaux de boisson et un apport supplémentaire de fluor bénéfique à la santé osseuse est incertain à ce jour [30,38]. En outre, le fluorure de sodium administré à la dose de 10 à 20 mg par jour pendant plusieurs mois, comme traitement de l'ostéoporose, permettait d'accroître la masse osseuse mais n'avait pas d'impact sur la survenue de fractures.

Enfin le risque d'ostéosarcome un temps évoqué n'a pas été confirmé [30].

Une revue récente [39] confirme qu'au-delà des effets sur les tissus calcifiés, il convient de faire une part à l'action neurotoxique du fluor. Elle s'exerce sur les fonctions cognitives produisant des troubles de la mémoire et des

apprentissages des enfants exposés à des taux excessifs. Les phénomènes neurotoxiques sont dus au dommage inflammatoire cellulaire, par peroxydation des lipides, qu'induit le fluor en excès. Ils interviennent aussi bien durant la vie intra-utérine qu'après la naissance. La déficience intellectuelle observée est une perte moyenne de 8 points lors de la mesure du quotient intellectuel (QI), par milligramme supplémentaire de fluor contenu dans l'eau. Ces phénomènes pourraient être sous-estimés car la plupart des études épidémiologiques n'ont été réalisées que chez des sujets exposés à des fortes doses de fluor alors qu'on a pu, aussi, les observer pour des concentrations de fluor dans l'eau de 0,5 à 1 mg/L, sans qu'un seuil puisse être fixé, en raison des apports d'autre nature.

Le fluor est apporté principalement par les aliments et l'eau. L'apport alimentaire est relativement fixe, pour un adulte alors que celui de l'eau peut varier en fonction de la concentration du fluor de l'eau [40]. La concentration en fluor du lait maternel est particulièrement faible et ne peut exposer à un risque de fluorose [40]. Le fluor s'élimine principalement par les urines, aussi, dans les populations non exposées professionnellement, la concentration urinaire ne doit pas dépasser 1 mg/g de créatinine urinaire [41]. L'apport nutritionnel conseillé en fluor à partir de toutes les sources (y compris les sources non alimentaires) est de 0,05 mg/kg de poids corporel par jour pour les enfants et les adultes, y compris les femmes enceintes et les mères allaitantes [40]. La concentration à ne pas dépasser est de 1 milligramme par jour pour les enfants et 4 milligrammes par jour pour les adultes. La « Cochrane Collaboration » ne retient pas la fluoration du lait destiné aux enfants comme une solution éprouvée et sans risques [42].

En France, conformément à la réglementation européenne, la concentration en fluor ne doit pas dépasser 1,5 mg/L pour les eaux destinées à la consommation humaine, 0,5 mg/L et 0,3 mg/L pour les eaux consommées par des nourrissons et des enfants de moins de 1 an si le nourrisson et les jeunes enfants jusqu'à 12 mois font l'objet d'une supplémentation en fluor. La concentration autorisée pour les EMN est de 5 mg/L. La concentration de 0,7 mg/L s'avèrerait suffisante selon l'OMS [30], pour prévenir les effets délétères de la carence en fluor et mettre les enfants à l'abri d'une fluorose dentaire. Les pédiatres canadiens sont en faveur d'une supplémentation éventuelle si la concentration de fluor est inférieure à 0,3 mg/L (CPS : société canadienne de pédiatrie, 2021) [43]. La marge de manœuvre est donc restreinte chez les enfants.

Préconisations

En synthèse le fluor est nécessaire à la santé des dents mais peut avoir des effets hormétiques. La carence en fluor entraîne des caries dentaires que la fluoration des eaux de consommation humaine (et éventuellement du sel de cuisine) dans les limites fixées par les recommandations internationales permet de prévenir sans effet délétère, dentaire ou osseux. Un apport fluoré excessif conduit à une altération de la structure et de la qualité des dents et du squelette. Un apport supplémentaire de fluor qui serait bénéfique à la santé osseuse n'est pas déterminé à ce jour.

Le fluor en excès a également des effets délétères sur le système nerveux des enfants avec altération des capacités

cognitives et ce dès le début de la vie intra-utérine. Leur connaissance est en pleine évolution et pourrait conduire à une réévaluation à la hausse de ces effets et, par voie de conséquence, à d'éventuelles révisions des taux à respecter.

Les apports quotidiens ne doivent pas dépasser 0,05 mg/kg de poids corporel par jour.

L'apposition de la mention « Contient plus de 0,3 mg/L de fluor : ne convient pas aux nourrissons et jeunes enfants pour une consommation régulière en cas de supplémentation médicale en fluor » s'avère donc fondée sur le plan scientifique.

Mentions d'ordre digestif : « Stimule la digestion », « Peut favoriser les fonctions hépatobiliaires » ou une mention similaire, « Peut être laxative »

Constatations

Certaines eaux embouteillées chargées en sels minéraux peuvent agir sur le tube digestif (estomac, duodénum, intestin) et sur les voies biliaires. Il s'agit, en particulier, des eaux bicarbonatées et sulfatées. Le [Tableau 3](#) présente la composition physico-chimique des eaux utilisées dans les études citées dans ce chapitre.

Sur le plan clinique, en 2007 un essai clinique de type séquentiel, portant sur 39 patients, a mis en évidence une amélioration d'un score global de dyspepsie fonctionnelle chez des patients qui avaient suivi, pendant deux semaines une cure de boisson (200 à 300 ml d'eau sulfatée et bicarbonatée calcique et magnésienne à 33 °C) [44]. Plus récemment on a rapporté l'amélioration de la constipation chronique après cure de boisson d'eau sulfatée magnésienne [45,46]. L'administration, chez 106 sujets, souffrant d'une constipation fonctionnelle mais par ailleurs sains, de 300 ou 500 mL d'eau sulfatée (2000 mg/L) sodique (1600 mg/L) et magnésienne (1000 mg/L) pendant 6 semaines, comparée à la prise d'eau pétillante pauvre en minéraux mais possédant une quantité de CO₂ comparable, accroît les mouvements de l'intestin, améliore la cohérence des selles, réduit les symptômes perçus de constipation [47]. Une revue récente confirme ces différents éléments [48]. On peut faire rentrer ces eaux dans la catégorie des laxatifs osmotique, les plus utilisés en cas de constipation chronique en comparaison avec les laxatifs lubrifiants, stimulants ou de lest.

L'eau gazeuse sans contenu minéral significatif crée une impression de satiété et favorise la fonction gastrique [49]. L'eau bicarbonatée sodique accroît la sécrétion et la vidange gastriques sans modifier les qualités du mucus ni la sécrétion de gastrine [50]. Elle diminuerait la vidange vésiculaire lorsqu'elle est prise lors de la consommation d'un repas [51]. Enfin, une étude a comparé le fait de boire une eau minérale bicarbonatée calcique et phosphatée à celui de boire l'eau du robinet locale ; l'eau minérale diminuait le risque de lithiase vésiculaire et contribuait à la stabilité pondérale des patients alors qu'ils mangeaient plus que les buveurs d'eau du robinet [52]. L'eau sulfatée bicarbonatée calcique ou magnésienne aurait une action cholérétique et cholagogue et agirait sur l'hypomotilité vésiculaire [53,54] ; le caractère cholérétique est confirmé par une étude plus récente qui met en évidence une diminution de la phosphatase alcaline, de la gamma-glutamyl-transférase et de la bilirubine [55].

En synthèse, les études contrôlées permettent d'établir que la consommation d'eau bicarbonatée de 0,5 à 1 L d'eau apportant au moins 300 à 400 mg de bicarbonate en 24 h améliore la digestion en favorisant i) la vidange gastrique, ii) la sécrétion d'hormones digestives ; iii) a une action cholérétique et cholagogue. Ces eaux semblent particulièrement utiles dans les dyspepsies d'origine gastrique et/ou liées à des troubles fonctionnels des voies biliaires. Le seul effet néfaste des eaux bicarbonatées fortes est l'apport excessif de sodium chez les sujets hypertendus et insuffisants cardiaques.

L'eau sulfatée (au moins 200 mg de sulfates par L) peut classiquement avoir un effet laxatif chez le sujet exempt de troubles digestifs. Elle agit, chez l'adulte, sur le transit intestinal en augmentant la quantité d'eau dans les selles sous l'effet de phénomènes osmotiques et de leur retentissement sur les aquaporines de l'épithélium intestinal [56]. Néanmoins l'action sur le transit intestinal est peu manifeste à ces taux [57,58]. Les apports quotidiens en sulfate sont essentiellement assurés par les aliments et sont en moyenne de 500 mg [6]. La consommation d'une eau sulfatée s'ajoute à cette quantité de sulfates. La concentration de 500 mg/L est, en outre, celle du seuil moyen de détection gustative de l'ion sulfate [57]. La synthèse des études cliniques montre que l'administration quotidienne, durant un mois, de 1 litre d'eau sulfatée, réalisant un apport de l'ordre de 0,5 gr à 1,5 gr de sulfate et de 100 mg de magnésium, s'avère un traitement efficace de la constipation de l'adulte en tant que laxatif osmotique.

Si chez l'adulte les sulfates provoquent une diarrhée de nature osmotique, chez l'enfant, ce sont des phénomènes de colite et de gastro-entérite que l'on a pu observer [58,59]. On considère que pour un nourrisson une eau sulfatée est une eau dont le taux en sulfate dépasse celui du lait maternel (140 mg/L) [57].

Le magnésium stimule le péristaltisme intestinal [53] et peut provoquer la survenue de diarrhée ou de douleurs abdominales qui figurent à la rubrique événements indésirables des formes pharmaceutiques orales. Dans la mesure où son effet laxatif est toujours testé dans des eaux minérales sulfatées il est difficile de faire la part du poids respectif de chacun de ces ions dans la survenue de diarrhée ou l'amélioration de la constipation. Quoiqu'il en soit, les actions des ions sulfate et magnésium se potentialisent. Leur synergie favorise l'hydratation du bol fécal, la sécrétion de cholecystokinine et la cholérèse [53].

La purgation utilisant les sulfates nécessite habituellement l'administration de cinq grammes de sulfates chez un adulte [59]. Pour les préparations coliques, les doses purgatives administrées sont de 15 à 30 g de sulfates selon les données fournies par les notices des préparations ; elles s'avèrent plus efficaces que les préparations à base de polyéthylène glycol [60]. Atteindre ces diverses doses avec des eaux conditionnées est une éventualité peu probable.

Les eaux sulfatées bicarbonatées agissent sur les douleurs des dyspepsies gastriques [44,61] et du syndrome du côlon irritable [61], sur le risque de lithiase des voies biliaires [52] et ont une action cholérétique et cholagogue [53]. Les eaux sulfatées magnésiennes ont aussi une action sur la fonction hépatobiliaire [54].

Les eaux testées dans les études italiennes s'avèrent souvent à la fois bicarbonatées et sulfatées ([Tableau 3](#)) ; cela

Tableau 3 Eaux minérales testées dans les études cliniques citées.

| Étude (année) | pH | Minéraux (mg/L) Sec 180°C | CO2 | Na mg/L | Mg mg/L | Ca mg/L | SO4 mg/L | HCO3 mg/L | Cl mg/L | Remarques et qualification chimique |
|-----------------|------|---------------------------|----------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|---------|--|
| Dupont 2014 | 7,2 | 2600 | | 14,2 | 119 | 549 | 1530 | 383,7 | | Eau Hépar Sulfatée calcique, magnésienne |
| Naumann 2016 | | 2666 | 2652 | | 105 | | 1535 | | | Eau sulfatée magnésienne |
| Bothe 2017 | | | 3500 | 1600 | 1000 | 370 | 2000 | 7600 | | Sulfatée, bicarbonatée, calcique, magnésienne |
| Bertoni 2002 | 6 | 986 | 820 | 113,7 | 29,8 | 202 | 151 | 683,2 | 121,4 | Bicarbonatée pure |
| Corradini 2011 | 6,8 | 3280 | 537 | 41 | 180 | 840 | 1840 | 730 | 29,4 | Sulfatée, bicarbonatée, calcique, magnésienne |
| Toxqui 2012 | | | 3900 | 1102 | 9,4 | 32 | 45,3 | 2120 | 11 | Bicarbonatée sodique |
| Rocca 2007 | 6,8 | 3280 | 537 | 41 | 180 | 840 | 1840 | 730 | 29,4 | Sulfatée, bicarbonatée, calcique, magnésienne |
| Fraioli 2010 | 6,8 | 3280 | 537 | 41 | 180 | 840 | 1840 | 730 | | Aqua santa Sulfatée, bicarbonatée, calcique, magnésienne |
| Id ^e | | | 98 | 24,4 | 79,8 | 630 | 1430 | 494 | 30 | Fucoli – sulfatée calcique, magnésienne |
| Wakisaka 2012 | | | 3,25bars | 10,7 | 4,7 | 29,8 | 0 | CaCO3 94 | | Eau gazeuse non minéralisée |
| Mennuni 2014 | | | 98 | 24,4 | 79,8 | 630 | 1430 | 494 | 30 | Fucoli – sulfatée, calcique, magnésienne |
| Dore 2021 | 6,23 | 2808 | | 550 | 46 | 145 | 295 | 1305 | 339 | Sulfatée bicarbonatée |

NB : en gras les concentrations atteignant ou dépassant les normes de qualification d'un faciès particulier.

Tableau 4 Composition de quelques-unes des eaux minérales naturelles consommées en France.

| | VICHY Célestins | VALS | CHATELDON | PERRIER | BADOIT | HYDROX- YDASE | EVIAN | CONTREX | VITTEL | HÉPAR |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|-------------|---------|-------------|------------------|-------|-------------|------------|-------------|
| pH | 6,5 | 6,4 | 6,2 | 5,5 | 6 | 6,8 | 7,2 | 7,4 | 7,8 | 7,2 |
| CO ₂ | NR | NR | | NR | NR | 2747 | | | | |
| Total mg/L (résidu sec 180°C) | 3325 | 1629 | 1882 | 456 | 1100 | 9657 | 488 | 2056 | 1073 | 2600 |
| Sodium mg/L | 1172 | 381 | 240 | 9,6 | 180 | 1860 | 6,5 | 9,4 | 5,2 | 14,2 |
| Calcium mg/L | 103 | 222 | 383 | 150 | 153 | 213 | 80 | 468 | 240 | 549 |
| Magnésium mg/L | <u>10</u> | 13,5 | 49 | 3,9 | 80 | 243 | 26 | 74,5 | 42 | 119 |
| Sulfate mg/L | 138 | 45 | 20 | 25,3 | 35 | 10,8 | 14 | 1121 | 400 | 1530 |
| Chlorure mg/L | 235 | 24,6 | 7 | 19,5 | 44 | 367 | | 7,6 | | |
| Bicarbonate mg/L | 2989 | 1100 | 2075 | 420 | 1250 | 6722 | 360 | 372 | 384 | 383,7 |

NB : en gras les concentrations atteignant ou dépassant les normes de qualification d'un faciès particulier.

est moins souvent le cas en France (Tableau 4). Par ailleurs le caractère pétillant lié à la présence de gaz carbonique dans les eaux pourrait contribuer à l'amélioration du transit digestif, confirmant des faits d'observation empirique ancienne qui ont conduit à la fabrication de formes pharmaceutiques effervescentes pour l'administration de certains médicaments. Il apparaît également que les embouteilleurs français d'eaux minérales pétillantes n'indiquent habituellement pas la quantité de gaz de leurs eaux.

Préconisations

La mention « Stimule la digestion » peut s'appliquer aux eaux bicarbonatées à la concentration de 600 mg/L qui définit les eaux bicarbonatées.

La mention « Possible effet laxatif » peut se justifier pour les eaux sulfatées chez l'adulte à la concentration de 200 mg/L puisque la survenue de diarrhée à ces concentrations a été rapportée. Chez l'enfant la concentration de 140 mg/L est à retenir pour l'attribution de la mention « Possible effet laxatif chez le nourrisson et l'enfant » ; en outre, c'est le taux limite d'utilisation chez le nourrisson. L'utilisation occasionnelle d'une eau sulfatée pour traiter la constipation de l'enfant doit être impérativement prescrite par un médecin, pédiatre ou omnipraticien.

Les actions des eaux bicarbonatées, sulfatées-bicarbonatées, sulfatées magnésiennes sur le fonctionnement hépatobiliaire ont un niveau de preuve plus limité. La mention « peut favoriser les fonctions hépatobiliaires » n'est pas, actuellement, fondée sur des données robustes. Dans l'attente de preuves complémentaires on peut surseoir à l'attribution de la mention envisagée et/ou proposer une mention « pourrait favoriser les fonctions hépatobiliaires ».

Remarques d'ordre général

Le libellé des mentions

Compte tenu de l'ambiguïté du terme « peut être » facilement confondu avec « peut-être », ne serait-il pas préférable d'utiliser un terme plus univoque : « effet x possible » ou « peut occasionner un effet x ».

L'étiquetage

Toutes les eaux embouteillées (EMN, eaux de source, eaux rendues potables, eaux aromatisées) doivent faire figurer sur l'étiquette leur composition physicochimique essentielle ainsi que les mentions que certains éléments minéraux peuvent justifier en termes de bénéfice ou d'évènement indésirable. Ces informations doivent être rendues facilement lisibles par l'utilisation d'une taille de police et d'un contraste « caractères/fond » appropriés.

Il devrait en être de même pour les buvettes publiques d'EMN, en particulier celles dont l'accès est libre.

Les eaux aromatisées devraient mentionner i) la composition minérale et, le cas échéant, les mentions justifiées ; ii) le pourcentage d'apport nutritionnel recommandé non seulement pour les adultes mais aussi pour les enfants.

L'obligation d'information des consommateurs concernant la qualité des eaux destinées à la consommation humaine distribuées en réseaux justifie de rendre publique la composition physicochimique au-delà des simples paramètres de sécurité usuellement identifiés.

Les eaux destinées à être consommées par des enfants

Constatations

Les enfants, en raison de la vulnérabilité de certains de leurs organes ou appareils à des teneurs inappropriées de minéraux doivent faire l'objet d'une attention particulière qui va au-delà de la qualité des eaux pour la préparation des biberons à partir de poudre de laits maternisés.

Les textes en vigueur dans ce pays (arrêté du 9 décembre 2015, figurant en [Annexe IV](#) de l'arrêté du 14 mars 2007, version en vigueur actuellement), les normes utilisées dans d'autres pays, les normes préconisées au niveau international ou mondial, les données de la littérature permettent de mieux cerner les normes de qualité des eaux conditionnées destinées aux enfants, au-delà des mentions des concentrations de fluor et de sulfate évoquées plus haut.

Les considérations peuvent être multiples en relation avec les importants besoins en eau, l'immaturité rénale, les perturbateurs endocriniens des contenants en matières plastiques, un équilibre hydro-électrolytique fragile (sodium, calcium, phosphore...), la présence potentielle de microorganismes, de pesticides et autres intrants.

La minéralisation totale retenue par la réglementation française est de 1000 mg/L d'eau alors que le Canada a retenu, plus récemment, une minéralisation totale de 500 mg/L à ne pas dépasser [62].

Le problème du plomb est connu mais la concentration actuellement retenue en France est le double de celle retenue au Canada qui paraît préférable ; l'évolution de la réglementation dans l'Union européenne ne prévoit de mise en conformité définitive avec cette concentration qu'en 2036.

Dans les six premiers mois de la vie l'apport de fer doit être contrôlés, mais ensuite, les besoins de fer par le système hématopoïétique vont croissants de telle sorte que la concentration de 0,2 mg/L en vigueur pourrait être remplacé sans risque par un taux de 0,3 mg/L [63].

Le molybdène est un important cofacteur enzymatique de plusieurs systèmes d'oxydase (sulfites, xanthine, aldéhyde) ; les besoins quotidiens chez l'adulte sont évalués à 0,1–0,3 mg/jour [6] et la concentration à ne pas dépasser dans l'eau fixée par l'OMS [63] à 0,007 mg/L reste inchangée [6].

Les perchlorates sont à l'origine de perturbation thyroïdiennes et hypophysaires [6,64]. Leur concentration ne doit pas excéder 0,004 mg/L dans l'eau destinée à des enfants âgés de moins de six mois.

Les sulfites sont utilisés comme conservateurs et agents anti-brunissement des aliments. Ils peuvent être à l'origine de phénomènes de type allergique (asthme et urticaire notamment) [65], voire anaphylactique, de photosensibilisation, de céphalées mais aussi de neurotoxicité [66]... On n'en trouve habituellement pas dans les eaux ce qui explique qu'ils ne sont pas identifiés dans les textes de référence sur l'eau [6]. Mais on peut en rencontrer dans des jus ou sirops préparés à partir de fruits qui peuvent être utilisés pour la fabrication de boissons aromatisées. Le Canada propose une concentration de 0,05 mg/L de boisson à ne pas dépasser [62].

On doit rappeler l'absence de microorganismes pathogènes, d'intrants pesticides (total des pesticides

individualisés, détectés et quantifiés), inférieurs aux limites de détection [62].

Ainsi, les enfants ne devraient consommer que des eaux embouteillées, non gazeuses tant qu'ils sont en bas-âge, répondant aux critères de la réglementation française actuelle mais intégrant les éléments ci-après identifiés dont les taux doivent être adaptés en fonction des données de la littérature et de certaines expériences internationales ou de pays étrangers.

Préconisations

L'eau destinée aux enfants devrait intégrer les paramètres de qualité ci-après en lieu et place des critères identifiés dans la réglementation en vigueur.

Compléments : minéralisation totale à sec inférieure à 500 mg/L, Sulfites inférieurs à 0,05 mg/L, Plomb inférieur à 0,005 mg/L, Fer inférieur à 0,3 mg/L, Molybdène inférieur à 0,07 mg/L.

Microbiologie : aucun microorganisme pathogène pour 100 mL.

Intrants : absence de pesticides (total des pesticides individualisés, détectés et quantifiés), dérivés benzyls, hydrocarbures, tétra ou trichloréthylène (dans les limites de détection).

Perchlorates : taux inférieur ou égal à 0,004 mg/L.

Conclusion

Les eaux embouteillées constituent dans les pays développés une habitude de consommation d'importance croissante en dépit de l'excellence des eaux destinées à la consommation humaine qui sont distribuées par les réseaux publics.

La présence d'éléments minéraux peut être à l'origine d'effets bénéfiques et/ou délétères sur la santé des personnes qui consomment ces eaux, en particulier en cas de consommation au long cours.

Les mentions constituent une information utile pour la protection de la santé des consommateurs. Mais, chaque situation clinique étant particulière, la consommation au long cours d'une eau conditionnée, EMN en particulier, doit être approuvée par le médecin traitant.

La composition physicochimique essentielle de toutes les eaux destinées à la consommation humaine doit être communiquée aux consommateurs.

En outre, lorsque des boissons, préparées à partir d'eaux (EMN, eaux de source) sont commercialisées après addition de nutriments d'autre nature, l'information nutritionnelle doit être adaptée à la consommation aux divers âges de la vie.

Les eaux rendues potables par traitement, si elles sont trop purifiées par osmose inverse et trop peu reminéralisées, peuvent exposer à des carences minérales encore mal évaluées.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Supplément en ligne. Matériel complémentaire

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et <https://doi.org/10.1016/j.banm.2022.03.003>.

Références

- [1] AFSSA. Avis relatif à la fixation des critères de qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source embouteillées permettant une consommation sans risque sanitaire pour les nourrissons et les enfants en bas-âge, 1 vol. Paris: AFSSA; 2003, 5 p.
- [2] AFSSA. Lignes directrices pour l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire, 1 vol. Paris: AFSSA; 2008, 92 p.
- [3] Arrêté du 14 mars 2007 relatif aux critères des eaux conditionnées, aux traitements et aux mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de sources conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique. Version en vigueur au 11 juin 2021. Légifrance NOR : SANP0721398A.
- [4] Directive 2009/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2009 relative à l'exploitation et à la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles. Journal officiel de l'Union européenne du 26.6.2009 : L164/45-L164/58.
- [5] Directive 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 Décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Journal officiel de l'Union européenne du 23.12.2020 : L435/1-L435-51.
- [6] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition incorporating the first addendum, 1 vol. Geneva: WHO; 2017, 631 p.
- [7] DeGiglio O, Quaranta A, Lovero G, Caggiano G, Montagna MT. Mineral water or tap water? An endless debate. *Ann Ig* 2015;27:58–65.
- [8] Ward LA, Cain OL, Mullally RA, Holliday K, Wehman AGH, Baillie PD, Greenfield SM. Health beliefs about bottled waters. A qualitative study. *BMC Public Health* 2009;9:196, <http://dx.doi.org/10.1186/1471.2458/196>.
- [9] Morr S, Cuartas E, Alwattar B, Lane JM. How much calcium is in your drinking water? A survey of calcium concentrations in bottled and tap waters and their significance for medical treatment and drug administration. *HSSJ* 2006;2:130–5.
- [10] Ciottoli G, Guerra M. Distribution and physico-chemical data of Italian bottled natural mineral waters. *J Maps* 2016;12:917–35, <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2015.1096846>.
- [11] Stoots S, Geraghty R, Khamphuis G, Jamnadass E, Hendericks M, Ventimiglia E, Traxer O, et al. Variations in the mineral content of bottled "still" water across Europe: comparison of 182 brands across 10 Countries. *Zurich Open repository and Archive* 2021, <http://dx.doi.org/10.1089/end.2020.0677>.
- [12] Stoots S, Geraghty R, Khamphuis G, Jamnadass E, Hendericks M, Ventimiglia E, Traxer O, et al. Variations in the mineral content of "carbonated or sparkling" water across Europe: comparison of 126 brands across 10 Countries. *Cent European J Urol* 2021;74:71–5.
- [13] Vitoria I, Maraver F, Ferreira-Pégo C, Armijo F, Aznar LM, Salas-Salvado J. The calcium concentration of public drinking waters and bottled mineral waters in Spain and its contribution to satisfying nutritional needs. *Nutr Hosp* 2014;30:188–99.
- [14] Queneau P, Hubert J. Place des eaux minérales dans l'alimentation. *Bull Acad Natle Med* 2006;190:2013–21.
- [15] Pene P, Lévi Y. Les eaux de consommation humaine et la santé publique en France métropolitaine. *Bull Acad Natle Med* 2011;195:403–29.
- [16] Albertini MC, Dachà M, Teodori L, Conti ME. Drinking mineral waters: biochemical effects and health implications – the state of the art. *Int J Health* 2007;1:153–69.
- [17] Quattrini S, Pampaloni B, Brandi ML. Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. *Clin Cases Miner Bone Metab* 2016;13:173–80.
- [18] Roques C-C, Aquilina L. Hydrogéologie et origine des fluides hydrothermaux. In: Quenau P, Roques C, editors. *Médecine Thermale, données scientifiques*. Paris: John Libbey; 2018, pp. 23–30.
- [19] Kozisek F. Health risks from drinking demineralized water. In: WHO, editor. "Nutrients in drinking water". Geneva: WHO; 2005, pp. 148–163.
- [20] Su W, Cao R, Zhang X, Guan Y. Aquaporins in the kidney: physiology and pathophysiology. *Am J Renal Physiol* 2020;318:F193–203.
- [21] Schoppen S, Pérez-Granados AM, Carbajal A, Sarriá B, Navas-Carretero S, Pilar Vaquero M. Sodium-bicarbonated mineral water decreases aldosterone levels without affecting urinary excretion of bone minerals. *Int J Food Sci Nutr* 2008;59:347–55.
- [22] Toxqui L, Vaquero MP. Postprandial aldosterone inhibition by a sodium-rich mineral water in healthy men and women. *Proc Nutr Soc* 2015;74(OCE1):E114, <http://dx.doi.org/10.1017/S0029665115001299>.
- [23] Kanfer A, Kourilsky O, Peraldi MN, Combe C. *Néphrologie et troubles hydro-électrolytiques*, 1 vol, 3^e édition Paris: Elsevier-Masson; 2014, 478 p.
- [24] Koeppen B, Stanton B. *Renal physiology*, 1 vol, 6th edition Philadelphia: Mosby-Elsevier; 2018, 248 p.
- [25] Richet G, Ardaillou R, Amiel C, Paillard, Kanfer A. *Équilibre hydro-électrolytique normal et pathologique*, 1 vol, 4^e édition Paris: Baillière; 1979, 338 p.
- [26] Pazalaf MAR, Whitford GM. Fluoride metabolism. *Monogr Oral Sc* 2011;22:20–36.
- [27] Dean HT. Additional studies of the relation of fluoride domestic waters to dental caries experience in 4,425 white children aged 12 to 14 years, of 13 cities in 4 states. *Public Health Rep* 1942;57:1155–79.
- [28] Dean HT. Chronic endemic dental fluorosis (mottled enamel). *JAMA* 1936;107:1269–72.
- [29] Kanduti D, Sterbenk P, Artnik B. Fluoride: a review of use and effects on health. *Mater Sociomed* 2016;28:133–7.
- [30] O'Mullane DM, Baez RJ, Jones S, Lennon MA, Petersen PF, Rugg-Gun AJ, Whelton H, Whitford GM. Fluoride and oral health. *Community Dental Health* 2016;33:69–99.
- [31] World Health Organization. Preventing disease through healthy environments. Inadequate or excess of fluoride: a major public health concern. Geneva: WHO; 2010. Doc 5 p. <https://www.who.int/ipcs/features/fluoride.pdf>.
- [32] Simon MJK, Bell FT, Rütger W, Busse B, Koehne T, Steiner M, Pogoda P, et al. High fluoride and low calcium levels in drinking water is associated with low bone mass, reduced bone quality and fragility fractures in sheep. *Osteoporos Int* 2014;25:1891–903.
- [33] Qiu Z, Tan Y, Zeng H, Wang L, Wang D, Luo J, Zhang L, et al. Multi-generational drinking of bottled low mineral water impairs bone quality in female rats. *PLoS One* 2015, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0121995>.
- [34] Lennon MA, Whelton H, O'Mullane D, Ekstrand J. WHO guidelines for drinking water quality: Fluoride. Geneva: WHO; 2004, 1 doc 12 pp.
- [35] Li Y, Liang C, Slemendia CW, Ji R, Sun S, Cao J, Emsley CL, et al. Effect of long-term exposure to fluoride in drinking water on risks of bone fractures. *J Bone Min Res* 2001;16:932–9.

- [36] Chen S, Li B, Huang Y, Zhao X, Zhang M, Xia Y, Fang X, et al. Change of urinary fluoride and bone metabolism indicators in the endemic fluorosis areas of southern china after supplying low fluoride public water. *BMC Public Health* 2013;13:156 <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/13/156>.
- [37] Phipps KR, Orwoll ES, Mason JD, Cauley JA. Community water fluoridation, bone mineral density and fractures: prospective study of effects in older women. *BMJ* 2000;321:860–4.
- [38] Jones G, Riley M, Cooper D, Dwyer T. Water fluoridation, bone mass and fracture: a quantitative overview of the literature. *Austr NZ J Public Health* 1999;23:34–40.
- [39] Grandjean P. Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review. *BMC Environ Health* 2019;18:110, <http://dx.doi.org/10.1186/s12940-019-0551-x>.
- [40] AFSSA. Fiche 3 : évaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la référence de qualité du fluor dans les eaux destinées à la consommation humaine. In: 1 doc 11 p. Paris: AFSSA; 2005.
- [41] INRS. Base de données fiches toxicologiques – Fluor, fiche toxicologique n° 203. Paris: INRS; 2008, 1 doc 6 p.
- [42] Yeung C, Chong L, Glenny A. Fluoridated milk for preventing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;(9), <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD003876.pub4> [Art. No.: CD003876].
- [43] CPS. (Canadian peditary society). La santé des dents de vos enfants, avril 2021. 24 décembre 2021 : https://soinsdenosenfants.cps.ca/handouts/healthy-living/healthy_teeth_for_children.
- [44] Rocca G, Dioni F, Rocca N, Oliveri F, Brunetto MR, Bonino F. Thermal care of functional dyspepsia based on bicarbonate-sulphate-calcium water: a sequential clinical trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2007;4:381–91.
- [45] Dupont C, Campagne A, Constant F. Efficacy and safety of magnesium sulfate-rich natural mineral water for patients with functional constipation. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2014;12:1280–7.
- [46] Naumann J, Sadaghiani C, Alt F, Huber R. Effects of a sulfate-rich mineral water on functional constipation: a double blind, randomized, placebo-controlled study. *Forsch Komplement-med* 2016, <http://dx.doi.org/10.1159/000449436>.
- [47] Bothe G, Coh Aljaz, Aninger A. Efficacy and safety of a natural mineral water rich in magnesium and sulphate for bowel function: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Eur J Nutr* 2017;56:491–9, <http://dx.doi.org/10.1007/s00394-015-1094-8>.
- [48] Dupont C, Hebert G. Magnesium sulfate-rich natural mineral waters in the treatment of functional constipation. *Nutrients* 2020;12:2052, <http://dx.doi.org/10.3390/nu12072052>.
- [49] Wakisaka S, Nagai H, Mura E, et al. The effects of carbonated water upon gastric and cardiac activities and fullness in healthy young women. *J Nutr Sci Vitaminol* 2012;58:333–8.
- [50] Bertoni M, Oliveri F, Manghetti M, Bocolini E, Bellomini MG, Blandizzi C, et al. Effect of a bicarbonate-alkaline mineral water on gastric functions and functional dyspepsia: a preclinical and clinical study. *Pharmacol Res* 2002;46:525–31.
- [51] Toxqui L, Pérez-Granados AM, Blanco-Rojo R, Pilar Vaquero M. A sodium-bicarbonated mineral water reduces gallbladder emptying and postprandial lipaemia: a randomized four-way crossover study. *Eur J Nutr* 2012;51:607–14.
- [52] Corradini SG, Ferri F, Mordenti M, Iuliano L, Siciliano M, Burza MA, et al. Beneficial effect of sulphate-bicarbonate-calcium water on gallstone risk and weight control. *World J Gastroenterol* 2012;18:930–7.
- [53] Fraioli A, Mennuni G, Petracchia L, Fontana M, Nocchi S, Grassi M. Sulphate-bicarbonate mineral waters in the treatment of biliary and digestive tract. *Clin Ter* 2010;161:163–8.
- [54] Mennuni G, Petracchia L, Fontana M, Nocchi S, Stortini E, Romoli M, Esposito E, et al. The therapeutic activity of sulphate-bicarbonate-calcium-magnesiatic mineral water in the functional disorders of the biliary tract. *Clin Ter* 2014;165:e346–52.
- [55] Dore MP, Pes GM, Realdi G. Health properties of the Italian San Martino® mineral-rich water. *Biomed Pharmacother* 2021;138:111508, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopharma.2021.111509>.
- [56] Liao S, Gan L, Lv L, Mei Z. The regulatory roles of aquaporins in the digestive system. *Genes Dis* 2021;8:250–8.
- [57] AFSSA. Fiche 9 : évaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la référence de qualité des sulfates dans les eaux destinées à la consommation humaine. In: In 1 doc 5 p. Paris: AFSSA; 2005.
- [58] Backer LC. Assessing the acute gastrointestinal effects of ingesting naturally occurring, high levels of sulfate in drinking water. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2000;37:389–400.
- [59] Chien L, Robertson H, Gerrard JW. Infantile gastroenteritis due to water with high sulfate content. *Can Med Ass J* 1968;99:102–4.
- [60] Patel V, Nicar M, Emmett M, Asplin J, Maguirre JA, Santa Anna CA, Fordtran JS. Intestinal and renal effects of low-volume phosphate and sulfate cathartic solutions designed for cleansing the colon: pathophysiological studies in five normal subjects. *Am J Gastroenterol* 2009;104:953–65.
- [61] Gasbarrini G, Candelli M, Graziosetto RG. Evaluation of thermal water in patients with functional dyspepsia and irritable bowel syndrome accompanying constipation. *World J Gastroenterol* 2006;12:2556–62.
- [62] Health Canada. Guidelines for Canadian drinking water quality. Ottawa: Health Canada; 2020, 1 doc 25 p.
- [63] Sievers E. Nutrition minerals in drinking water: implications for the nutrition of infants and young children. In: WHO, editor. "nutrients in drinking water". Geneva: WHO; 2005, pp. 164–179.
- [64] ANSES. Avis relatif à la présence de perchlorate dans le lait infantile et dans l'eau destinée à la consommation humaine, 1 vol. Paris: ANSES; 2014, 55 p.
- [65] Ban GY, Kim MA, Yoo HS, Ye YM, Park HS. Two major phenotypes of sulfite hypersensitivity: asthma and urticaria. *Yonsei Med J* 2014;55:542–4.
- [66] Dani C, Vestri V, Bertini G, Pratesi S, Rubaltelli FF. Toxicity of corticosteroids and catecholamines for mice neuronal cell cultures: role of preservatives. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2007;20:325–33.