
PLACE DES EAUX MINÉRALES DANS L'ALIMENTATION

[Rapport de l'Académie nationale de médecine*]

Patrice QUENEAU¹, Jacques HUBERT²

Résumé

La qualité des eaux minérales consommées en France est globalement excellente. Toutefois, le consommateur doit être clairement informé de leur composition et des mises en garde dont elles peuvent faire l'objet, ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui. On distingue, pour l'essentiel : • les eaux minérales naturelles pré-emballées dont la pureté naturelle est garantie, qui ont l'avantage d'un nom commercial spécifique et d'une composition constante pour chaque source. Cependant, certaines d'entre elles comportent des concentrations d'ions trop élevées pour pouvoir être consommées sans restriction, ce qui parallèlement, leur confère d'authentiques indications thérapeutiques (eaux riches en calcium, en sulfates...) ; • les eaux de source pré-emballées dont l'équilibre physico-chimique est contrôlé selon des normes, ce qui les met à l'abri de tout excès en minéraux. Cependant, ces eaux ont un nom commercial qui n'est pas spécifique d'une source ; • les eaux de distribution publique soumises après traitement aux normes de potabilité (contrôles réguliers) qui peuvent être bues toute une vie sans inconvénient ; • des "boissons supplémentées ou aromatisées à base d'eau de source ou d'eau minérale" régies par d'autres lois.

Les eaux minérales naturelles distribuées en France présentent une grande richesse du fait de la diversité de leur origine et de leur composition, ce qui leur confère un large éventail d'utilisation. Il est préférable, pour la consommation familiale courante, d'utiliser une eau minérale naturelle peu minéralisée ou une eau de source, si l'on souhaite remplacer l'eau de distribution. Leur goût agréable en fait un précieux recours pour prévenir et traiter les pertes hydro-électrolytiques (fièvre, température extérieure élevée, traitement diurétique, diarrhée...) notamment chez les personnes âgées dont les besoins en eau sont élevés (1500 à 1700 mL/j) et qui doivent être encouragées à boire lorsque leur sensation de soif est altérée. À la différence des eaux de source dont le résidu sec doit être < à 1500 mg/L, les eaux minérales peuvent avoir des teneurs élevées en ions. Ceux-ci leur confèrent des effets bénéfiques sur la santé, telles les eaux riches en magnésium et surtout en calcium, utiles : • pour prévenir et traiter l'ostéoporose sans apport de calories • en cas d'intolérance au lactose ou de consommation insuffisante de produits laitiers (enfants, femmes enceintes, personnes âgées...). Les eaux fortement minéralisées peuvent être néfastes, notamment celles riches en sodium qui peuvent rendre inopérant un régime hyposodé. Elles sont contre-indiquées en cas d'HTA, d'insuffisance cardiaque ou rénale (d'origine glomérulaire ou vasculaire), ainsi qu'en cas d'œdèmes et lors des corticothérapies prolongées.

* Rapport [06-19] adopté à l'unanimité par l'Académie dans sa séance du mardi 14 novembre 2006

¹ Membre de l'Académie nationale de médecine. Courriel : patrice.queneau@chu-st-etienne.fr

² Service d'urologie, CHU de Nancy

La teneur en sucre des eaux supplémentées aromatisées “à base d’eau minérale naturelle” fait aujourd’hui problème dans l’optique de la lutte contre l’obésité. Une dérive plus grave encore est représentée par le développement de boissons fortement sucrées et alcoolisées, les “prémix”, amenant à d’authentiques accoutumances. D’où la nécessité : • d’améliorer notablement la lisibilité des étiquettes. Les teneurs ioniques, notamment en sodium, fluor et sulfates, doivent être indiquées en gros caractères et avec les mises en garde nécessaires si elles dépassent les limites légales. Il en est de même pour les eaux supplémentées en sucre dont la teneur doit être indiquée en équivalents de morceaux de sucre ou en g/L et non par 100 mL ; • de développer la recherche fondamentale et clinique dans le domaine des eaux minérales avec des méthodologies appropriées (études épidémiologiques...) afin d’obtenir des données fiables et conduire à des “niveaux de preuve” significatifs pour décider des indications préférentielles et édicter les mises en garde à leur utilisation chez les sujets à risques particuliers (nourrissons, femmes enceintes, personnes âgées, malades atteints d’ostéoporose, de lithiase rénale, d’affections cardio-vasculaires, d’insuffisance rénale, etc).

Mots clés : eau minéralisée, eau/composition, aromatisants, étiquetage aliments, recherche

Abstract

Mineral water as part of the daily diet

The overall quality of drinking water in France is excellent. However, the consumer needs to be provided with clear information on its precise composition and associated dangers. This is far from the case today. There are four main types of drinking water : • bottled natural mineral water, guaranteed to be originally pure. This water is marketed under a brand name. Its chemical composition is stable for a given spring. However, the mineral content of some brands may be too high for the water to be drunk *ad libitum*. On the other hand, mineral water can have therapeutic indications (e.g. calcium- or sulfate-rich water ; • bottled spring water : the physico-chemical composition of the water must comply with certain standards, meaning that it must not contain excess minerals. However, a given brand name is not linked to a specific spring ; • tap water is subject to strict controls designed to ensure that it complies with relevant standards. There are no drawbacks to drinking tap water ; • fortified and flavoured mineral or spring water-based beverages. These are covered by different legislation.

The following remarks can be made with regard to these different types of drinking water : a wide variety of natural mineral waters are sold in France. Their uses are manifold. If bottled water is chosen to replace tap water in the daily diet, it is preferable to use a natural mineral water low in minerals or bottled spring water. Because they have a pleasant taste, it is useful for the prevention and treatment of hydroelectrolytic loss (due to fever, high ambient temperatures, diuretic treatment, diarrhea, etc.). This is particularly true in the elderly as their daily fluid requirements are high (1500 to 1700 mL/j) and they may not always feel thirsty. Unlike spring water (dry residue < 1500 mg/L), natural mineral water is often rich in mineral ions such as magnesium and calcium. Because of their health benefits, these mineral water are useful : • for calorie-free prevention and treatment of osteoporosis, • for subjects with lactose intolerance and • for diets low in dairy products (for children, pregnant women, the elderly, etc.). Water with a high mineral content can be dangerous : water rich in sodium can make inefficient a low-salt diet and is contraindicated in case of hypertension, heart or kidney failure, edema and long-term steroid treatment.

The sugar content of fortified flavoured natural mineral water has become a problem in the fight against the obesity. Even more worrying is the development of high-sugar alcoholic beverages, “premix”, which can lead to addiction. The following measures should be taken : • product

labels should be easier to read. The ion content, especially in sodium, fluoride and sulfates, should be written in large characters if above legal levels. The label should carry appropriate warnings. The sugar content of fortified mineral water should be given in sugarcube equivalents and g/L (not per 100 mL) ; • experimental and clinical research on mineral water should be conducted, using appropriate methods such as epidemiological studies to collect reliable data and to obtain reliable evidence. There should be a special emphasis on the indications and on warnings, especially for at-risk individuals (newborns, pregnant women, the elderly, patients with osteoporosis, kidney stones, heart disease, kidney failure, etc).

Key words : Mineral waters, water/chemistry, flavoring agents, food labeling, research

Introduction

Boire et éliminer sont deux fonctions primordiales, largement relayées par les médias et certains slogans publicitaires. Cependant, il n'est pas toujours facile de choisir une eau de boisson. Nombre de personnes, soupçonneuses vis-à-vis des eaux de distribution publique, achètent par principe de l'eau en bouteille, de l'eau minérale naturelle ou de l'eau de source, sans bien connaître leurs différences.

Les eaux minérales naturelles ont une origine souterraine avec une préservation de l'impluvium, garante de la stabilité de leur composition pour une source donnée et les protégeant vis-à-vis des polluants. C'est là que réside leur particularité. Elles peuvent se prévaloir de propriétés favorables à la santé, même si leurs "vertus thérapeutiques" sont plus souvent alléguées que scientifiquement démontrées. D'où la nécessité de mieux préciser, par des données scientifiques fiables, leurs effets bénéfiques ou au contraire indésirables, justifiant leurs indications et leurs contre-indications. Ces propriétés justifient une place à part dans l'offre au consommateur.

Dans la deuxième édition des **Directives de qualité pour l'eau de boisson, publiée en 1994 par l'OMS**, il est indiqué (volume 1) que "les valeurs guides recommandées ont été fixées à un niveau destiné à protéger la santé de l'homme ; elles ne sont pas nécessairement adaptées à la protection de la vie aquatique. Elles s'appliquent à l'eau en bouteille et à la glace destinée à la consommation humaine, mais non aux *eaux minérales naturelles qui doivent être considérées comme des boissons plutôt que comme de l'eau potable au sens habituel du terme*. La Commission du *Codex Alimentarius* a établi des normes Codex pour les eaux minérales".

Bien que ces recommandations aient été remises en cause par de nouvelles directives, il n'est pas acceptable d'aligner sur celles de l'eau potable, les limites maximales des constituants naturellement présents dans les eaux minérales naturelles, dont le dépassement peut présenter un risque pour la santé publique. En effet, leurs *consommations journalières respectives* (dont l'évaluation est à l'origine même du calcul de ces limites maximales) sont significativement très différentes. Et on ne prépare pas le potage avec de l'eau minérale, pas plus qu'on ne s'en sert pour la cuisson des aliments !

En outre, sur le plan du rapport bénéfice/risque, l'eau minérale naturelle est encore définie par le Code de la santé publique (CSP - article R. 1321-69 du décret n° 2003-461

du 20 mai 2003), comme *possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter des propriétés favorables à la santé*. Ceci, malgré l'arrêt de la Cour de Luxembourg du 17 juillet 1997 s'opposant... "à ce qu'un État membre exige qu'une eau ait des propriétés favorables à la santé pour pouvoir être reconnue comme une eau minérale naturelle".

De plus, on peut estimer que, dans la masse d'*oligo-éléments* apportés par l'eau minérale naturelle, la toxicité de certains d'entre eux a été jugée avec une sévérité excessive. C'est notamment le cas de l'arsenic (cf autres ions).

Cependant, même si les eaux de boisson sont soumises en France et en Europe à une législation stricte garantissant leur *excellente qualité*, celle-ci reste peu connue du consommateur dont l'information repose actuellement sur une publicité à finalité commerciale, qui vante les mérites de telle eau pour son goût, ses caractéristiques minérales particulières, son prix.... Les médecins eux-mêmes, souvent peu informés, s'en tiennent le plus souvent à des conseils généraux ("buvez 1 litre par jour de telle eau riche en calcium, ou pauvre en sodium..."), sans entrer davantage dans le détail.

Les *eaux aromatisées, reconstituées, enrichies*, d'apparition plus récente sur le marché, ajoutent à cette *confusion*. En effet, l'adjonction d'éléments organiques ou nutritifs (sucre, édulcorants...) change le statut réglementaire de ces produits qui, dès lors, ne sont plus considérées comme des "eaux" mais comme des "boissons".

La mise à disposition d'eau de bonne qualité est par ailleurs un enjeu écologique majeur des prochaines décennies pour le monde entier. Les grands groupes (Danone, Neptune, Nestlé...), qui l'ont bien compris, investissent dans le rachat de différentes sources au niveau international.

Sur le plan *commercial*, le marché des eaux de boisson est considérable (9 milliards de litres d'eau en bouteille vendus en France en 2001). Une personne buvant 2 litres d'eau par jour dépense annuellement environ 2 à 3 € si elle consomme de l'eau de distribution publique, plus de 150 € si elle consomme de l'eau de source et près de 300 € si elle boit de l'eau minérale.

Le goût de l'eau

L'eau n'est pas un composé sensoriellement neutre comme le laisse supposer la terminologie chimique "*sans odeur ni saveur*". Toutes les eaux de boisson ont un goût propre. Subjective et donc très variable d'un sujet à l'autre, cette perception dépend de la composition minérale de l'eau, mais aussi de l'éventuelle présence accidentelle de contaminants. Le terme goût doit être pris ici dans son acception physiologique la plus large. Mieux désignée par le terme "français" de *flaveur*, le goût de l'eau résulte de la mise en jeu des papilles gustatives et de leur innervation ("l'appareil gustatif" à proprement parler), mais aussi de la sensibilité commune, thermique et chimique de la cavité buccale, et surtout de la mise en jeu de l'appareil olfactif stimulé par voie rétro nasale. Ainsi, le "*goût chloré*", caractéristique de nombreuses eaux de grande distribution, est plus une sensation olfactive que réellement gustative. Rappelons que la sensibilité du nez humain est si grande que cet appareil est encore souvent le seul "instrument" capable de détecter la présence de certains produits à l'état de

traces. On admet que cette sensibilité a été essentielle pour la survie des espèces vivantes, l'Homme en particulier, en permettant l'évitement des substances toxiques.

La perception du goût de l'eau dépend de plusieurs facteurs indépendants.

1. Le goût de l'eau bue est perçu par différence avec celui de la salive, composé très sapide, mais auquel on est habitué en raison de la très rapide adaptation des récepteurs sensoriels. En conséquence, il n'existe pas de référence universelle parfaitement insipide.

2. La sensibilité propre du goûteur, qui peut varier du simple au double au seuil de détection, module fortement la capacité discriminative des consommateurs.

3. Le contenu minéral de l'eau conditionne certes la perception qu'éprouve le buveur. Cependant, il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation précise entre la composition minérale des eaux et la sensation perçue. Tout au plus peut-on décrire des "communautés de goût", par exemple celui d'eaux sulfatées calciques ou d'eaux bicarbonatées sodiques, etc.

4. Les habitudes de chacun sont déterminantes pour sa perception affective (sa composante "hédonique") : telle personne préférera boire une eau faiblement minéralisée (eau de Volvic® par exemple), telle autre une eau moyennement (Evian®) ou fortement minéralisée (Hépar®, Contrexéville®...). Tout changement de l'eau "*habituelle*" est facilement détecté. L'origine physiologique de ces différences n'est pas clairement élucidée : sans doute dépend-t-elle d'un conditionnement de préférence.

5. La température de l'eau bue est aussi un important déterminant sensoriel de la préférence (donc de la quantité consommée) en plus de l'état physiologique du sujet (déshydraté ou non). À noter que des variations de 0,1°C peuvent profondément modifier le seuil de détection, tandis que les meilleures performances sont observées entre 22 et 35°C.

6. La préférence pour la boisson "eau" est aussi fortement accrue par la présence de "renforceurs" primaires, paradoxalement en solution dans l'eau (principalement sucre et/ou alcool).

Si les eaux de la distribution publique ont souvent une saveur chlorée du fait des traitements épuratifs (saveur appréciée des consommateurs si elle reste faible, car garante de la pureté de l'eau), les eaux de source embouteillées, et plus encore les eaux minérales n'ont pas (et ne doivent pas avoir) une telle saveur. La protection de l'impluvium autour du point de captage garantit toutes les qualités du produit, notamment ses qualités organoleptiques. Des panels de "goûteurs" entraînés permettent de s'en assurer et de détecter toute pollution accidentelle.

Législation des eaux de boisson

La législation actuelle est basée sur différents textes réglementaires

Réglementation européenne : Directives européennes (<http://europa.eu.int/eur-lex/fr/index.html>)

- 80/777/CEE du 15 juillet 1980
- 96/70/CE du 23 novembre 1996

- 98/83/CE du 3 novembre 1998
- 2003/40/CE du 16 mai 2003

Réglementation française (traduction en droit français des Directives européennes)
(<http://www.legifrance.gouv.fr/>)

- Code de Santé publique
 - décret 89-3 du 3 janvier 1989
 - décret 98/1090 du 4 décembre 1998
 - décret 2001/1220 du 20/12/2001
 - arrêté du 10 novembre 2004
- Avis de l'AFSSA, du Conseil supérieur d'hygiène publique

Réglementation mondiale

- Code de la Santé publique (*les recommandations AFSSA ont été transposées dans le CSP*)
- Codex (créé par l'OMS) (http://www.who.int/water_sanitation_health & http://www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp)

Les différentes catégories d'eaux

La loi distingue différentes catégories d'eaux destinées à la consommation humaine :

- les eaux minérales naturelles pré-emballées,
- les eaux de source pré-emballées,
- les eaux de distribution publique.

En outre, nous ne ferons qu'évoquer :

- les eaux supplémentées et eaux aromatisées,
- les eaux purifiées reconstituées,
- ainsi que quelques cas particuliers.

Quatre remarques préalables

Préalablement à l'analyse des caractères essentiels des différentes catégories d'eaux, nous souhaitons formaliser ces quatre remarques :

1 : une eau embouteillée n'est pas obligatoirement une eau "minérale"

La définition d'une *eau potable* est de pouvoir être bue toute une vie sans risque pour la santé. La loi définit la norme de potabilité qui doit respecter des paramètres :

- bactériologiques et parasitologiques (cryptosporidies notamment), identiques pour toutes les eaux,
- physico-chimiques (calcium, nitrates, sulfates, sodium, fluor ...), qui ne concernent que les eaux de source et de distribution (et non les eaux minérales) et qui obligent à des teneurs ioniques inférieures à des valeurs strictement définies.

2 : les eaux "minérales" ne sont pas forcément "potables", au sens physico-chimique du terme puisqu'elles ne sont pas soumises aux mêmes règles que les eaux de source.

Ces eaux minérales, qualifiées par extension de "médicaments", étaient initialement disponibles en pharmacie sur prescription médicale. Elles prétendaient faire profiter à domicile d'une partie des bienfaits d'une cure thermale.

Distribuées dorénavant dans le commerce, leur minéralisation, mal équilibrée pour certaines d'entre elles (ce qui par ailleurs explique certains effets bénéfiques sur le plan de la santé), peut exposer à certains troubles, en cas de consommation exclusive et au long cours. Quelques-unes contiennent des teneurs élevées en ions qui les contre-indiquent dans certaines maladies.

3 : les eaux en bouteille peuvent rester *stockées pendant de longues périodes* et à une température plus élevée que celle du réseau. Si elles peuvent contenir, en quantité insignifiante, *certain micro-organismes*, ceux-ci considérés comme *inoffensifs* dans la mesure où ils ne disposent, dans les eaux naturelles, que d'éléments minéraux en quantité très limitée. En effet, ces micro-organismes *ne peuvent proliférer dans les eaux en bouteille qu'en présence de nutriments* (sucres...).

4 : une nouvelle catégorie d'eaux apparaît de plus en plus dans le commerce, non régie par ces textes de loi : les "eaux reconstituées, les boissons à base d'eau de source ou d'eau minérale naturelle" (eaux supplémentées ou aromatisées).

Les différentes catégories d'eaux :

1 - *Les eaux minérales naturelles pré-emballées* (art R1321-70 à 83 CSP, décret 89-369 du 6 juin 1989)

Elles peuvent se prévaloir de propriétés favorables à la santé, bénéficiant d'une nature et d'une pureté originelles, stables dans leur composition et provenant d'un gisement souterrain dont l'impluvium est protégé de toute pollution. Elles répondent aux critères de potabilité microbiologique, mais pas obligatoirement physico-chimique. Ces eaux ne sont pas toutes "potables" sur le plan physico-chimique selon les normes CEE. Une consommation exclusive et prolongée peut entraîner des troubles du fait d'une minéralisation mal équilibrée.

Les eaux minérales naturelles pré-emballées sont classées selon leur minéralisation, mesurée par le résidu sec après dessiccation à 180°C :

- < 50 mg/L : très faiblement minéralisées,
- 50 à 500 mg/L : faiblement minéralisées,
- 500 à 1000 mg/L : moyennement minéralisées,
- > 1500 mg/L : riches en sels minéraux.

La majorité d'entre elles sont moyennement minéralisées (500 à 1000 mg/L de résidu sec).

Les eaux minérales ont l'avantage d'un nom commercial spécifique et d'une composition constante pour chaque source d'eau minérale. Ainsi, le consommateur est assuré de la stabilité de la composition de l'eau de la marque choisie.

Les différences de normes de potabilité entre les eaux minérales et les autres peuvent conduire à des situations inattendues voire aberrantes : par exemple, la concentration des sulfates (ions peu toxiques mais laxatifs et diurétiques à fortes doses) doit légalement être inférieure à 250 mg/L. Si ce chiffre est dépassé dans l'eau de consommation publique, le maire de la commune se trouve dans l'obligation d'en interdire la consommation, cependant que la ménagère pourra acheter dans le commerce des eaux minérales

plus riches encore en sulfates, telles que Vittel® (306 mg/L), Wattwiller® (540 mg/L), voire Contrex® (1187 mg/L) ou Hépar® (1500 mg/L).

2 - Les eaux de source pré-emballées (décret 89-369 du 6 juin 1989 remplacé par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001)

Il s'agit d'eaux d'origine souterraine, microbiologiquement saines et à l'abri de toute pollution, aptes à la consommation humaine sans traitement ou adjonction et répondant à des exigences de qualité :

- naturellement potables,
- résidu sec \leq à 1500 mg/L avec différentes concentrations maximales admissibles (CMA) :

Cl ⁻ \leq à 200 mg/L	SO ₄ ⁻ \leq à 250 mg/L
Na ⁺ \leq à 150 mg/L	NO ₃ ⁻ $<$ à 50 mg/L
NO ₂ ⁻ \leq à 0,1 mg/L	F ⁻ $<$ à 1,5 mg/L (décret du 20/12/2001)

À noter qu'il n'y a pas de CMA pour certains ions tels le calcium (Ca⁺⁺), le magnésium (Mg⁺⁺) et les bicarbonates (HCO₃⁻).

Du fait de ce résidu sec limité (\leq à 1500 mg/L) et des notions de CMA, une eau de source est strictement contrôlée par sa teneur en sels minéraux. Elle n'a cependant *pas obligation de stabilité* dans sa composition et *le nom commercial n'est pas spécifique d'une source* : ainsi deux indications apparaissent sur les étiquettes de ces eaux de source :

- le *nom commercial*, souvent en caractères très visibles,
 - le *nom de la source*, dont la taille typographique doit théoriquement être supérieure à celle du nom commercial, mais souvent moins bien lisible (choix d'une couleur terne).
- Ainsi, à un nom commercial identique correspondent souvent des sources différentes, de composition parfois différente, avec parfois des variations importantes (figure 1).



Figure 1 : Sur les étiquettes doit apparaître le nom commercial ainsi que le nom de la source (dont la taille typographique doit théoriquement être supérieure). Le choix des couleurs met plus ou moins en valeur l'une ou l'autre de ces indications.

À titre d'exemple, la marque Cristaline®, très répandue en France, distribue une eau provenant de plus d'une vingtaine de sources différentes, réparties sur les territoires français et étrangers (Figure 1).

La composition de l'eau d'une même marque peut donc se révéler assez différente selon la source dont elle provient. Ainsi, pour la marque citée, la concentration du calcium varie de 6,4 à 165 mg/L, celle des sulfates de 3 à 220 mg/L, et celle des nitrates de 0 à 19 mg/L. Par ailleurs, la mention "convient pour l'alimentation des nourrissons" n'est pas attribuée à toutes les sources de cette marque (tableau 1).

À l'inverse, l'eau d'une même source peut être commercialisée sous différentes marques.

Tableau 1 : Exemple de la variabilité de composition des eaux de source commercialisées sous une même marque : composition apparaissant sur les étiquettes d'eaux distribuées sous la marque Cristaline

Nom de la source (département)	Composition (en mg/L)						Eau pour les biberons*
	Ca ⁺⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	
Aurèle® (95)	98	4,1	269	43	< 2	-	oui
Arline® (08)	165	8	393	220	< 2	-	oui
Bondoire® (37)	86	17	256	7	19	-	non
Cristaline® (51)	121	11	440	52	0	-	oui
Cristal-Roc® (72)	70	4,4	200	15,3	< 2	-	oui
De la Doye® (01)	64,5	12	195	6	2,5	-	oui
Eléonore® (44)	56	21	188	21	< 1	-	oui
Fonte-Rey® (Italie)	72,2	1,7	96,4	137	< 1	< 1	oui
Grands Bois® (51)	24	11	420	60	0	-	oui
Louise® (59)	91	37	395	50	< 2	-	oui
Lucheux® (80)	96	7,2	284	5	-	-	non
Luciole® (83)	107,8	101,5	389	104,7	0	-	oui
Roxane® (Luxembourg)	90,2	2,5	229	29,5	5,2	-	non
Ste Cécile® (84)	44	23	287	3	1	-	oui
St Cyr-la-Source® (45)	71	11,2	250	< 5	1	-	oui
St Jean-Baptiste® (59)	80	8	263	13	2	-	oui
St Médard® (24)	43	44	180	6	1	-	oui
St Pierre® (27)	106	7,9	321	4,8	-	-	non
Ste Sophie® (59)	63	99	493	60	< 2	-	non
Valon® (68)	6,4	3	20	5	2,3	-	oui
Vosgia® (68)	6,4	3	20	5	4	-	oui
Zaghouan® (Tunisie)	117	46	231	204	4	-	non

* compte tenu de la variabilité des compositions, l'autorisation d'une utilisation pour l'alimentation des nourrissons (cf recommandations *infra*) est donnée **pour une source et non pour l'ensemble de la marque**. Il convient donc de ne pas se fier uniquement à la marque mais de rechercher la présence du logo "biberon" si l'on achète une eau de la même marque mais d'une autre source.

Il faut donc, pour bénéficier d'une composition constante, s'attacher **au nom de la source et non au nom commercial**.

3 - Les eaux de distribution publique (Décret N° 2001-1220 du 20 décembre 2001, remplaçant le décret 89-3 du 3 janvier 1989).

Ce sont soit des eaux souterraines provenant de sources ou de forages, soit des eaux superficielles provenant de pompage direct dans des cours d'eau, des canaux, des lacs ou des étangs. Ces eaux peuvent être traitées chimiquement (ex : chloration, particulièrement intense ces derniers mois, pour les effets du plan Vigipirate) mais doivent ensuite répondre aux différents paramètres qui définissent les normes de potabilité, identiques à celles des eaux de source.

Ces eaux de distribution sont soumises à des analyses à la source, au point de mise en distribution (sortie d'usine) ainsi qu'au point d'utilisation (robinet) dont la fréquence varie selon le débit journalier et la population desservie. Pour une agglomération de 300.000 habitants par exemple, des analyses doivent être réalisées 390 fois par an au robinet et 72 fois au point de distribution (tableau 2).

Tableau 2 : Extrait du décret N° 2001-1220 du 20 décembre 2001 : fréquences annuelles des échantillonnages et des analyses au point de mise en distribution et d'utilisation.

Population desservie (nombre d'habitants)	Débit (m ³ /j)	Analyses au point de mise en distribution	Analyses au point d'utilisation
50 à 499	10 – 99	2	3 à 4
5000 à 14999	1000 – 2999	5	12
100000 à 199999	20000 – 29999	24	150
300000 à 499999	60000 – 99999	72	390
> 625000	> 125000	144	800

Dans les grandes agglomérations, une analyse est donc réalisée de façon quotidienne, voire biquotidienne. Les *critères de potabilité au niveau de la zone de captage* sont définis par le décret N° 2001-1220 (20 décembre 2001), en ce qui concerne les caractéristiques :

- physico-chimiques (pH, Cl⁻, SO₄⁻, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺...),
- organoleptiques (saveur, odeur, couleur...),
- en substances indésirables (NO₃⁻, F⁻...),
- en substances toxiques (Pb⁺⁺, As⁺⁺⁺, borates...),
- microbiologiques,
- en micropolluants organiques (pesticides...).

La composition chimique des eaux de distribution, relativement constante, est disponible et affichée en mairie et à la DDASS. Cette information sera progressivement diffusée des usagers (avec la facture d'eau). Ce type d'eau peut être conseillé à la population générale (et le plus souvent pour les biberons, les caractéristiques physico-chimiques étant rarement inappropriées à cet usage). Le réseau privé ou les traitements appliqués au

domicile peuvent en modifier la qualité (vétusté de la tuyauterie, adoucisseurs qui enrichissent l'eau en sodium et peuvent modifier son état bactériologique, ...).

4 - "Eaux supplémentées" et "eaux aromatisées"

Il apparaît actuellement sur le marché de nouvelles variétés de *boissons "à base d'eau de source ou d'eau minérale"* :

- "eaux supplémentées" et en particulier enrichies en calcium et magnésium : Taillefine® (Ca⁺⁺ : 250 mg/L ; Mg⁺⁺ : 50 mg/L) ...

- ou "eaux aromatisées", le plus souvent sucrées.

Ces eaux relèvent de la législation des boissons rafraîchissantes sans alcool. Elles dépendent de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) et non plus de l'Afssa (sauf si elles sont enrichies en sels minéraux, ou autres substances, et assorties d'une revendication sur le plan de la santé).

Sur les étiquettes apparaît la mention "*boisson à l'eau minérale naturelle*" ou "*à l'eau de source*". L'eau d'origine est *a priori* celle de la même marque pour les eaux minérales (Contrex®, Vichy®...), mais elle n'est pas précisée pour la plupart de ces boissons, alors que c'est une obligation réglementaire, cependant loin d'être toujours observée (cf. informations portées sur les étiquettes).

Pourtant, ces boissons supplémentées et aromatisées gardent les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de base bien qu'étant toutes additionnées de sucres ou d'édulcorants :

- Contrex® pêche-fleur d'orange reste riche en sulfates,
- Vichy® abricot-pêche, pastèque-raisin-framboise... reste riche en fluor et bicarbonates...
- Taillefine® pêche-framboise, ananas-papaye, framboise-melon..., reste additionnée en Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺,
- Volvic® cassis, pêche-orange... reste peu minéralisée (109 mg/L).

Étant considérées comme des "boissons" et relevant ainsi de la législation des "aliments", la *composition physico-chimique de ces boissons n'est pas obligatoirement indiquée* sur les étiquettes car non obligatoire. Par contre, les données réglementaires conduisent à *l'obligation de fournir une information nutritionnelle complète*, comportant la teneur en sucres, mais aussi en lipides et protéines. Ce qui, *pour de telles boissons "à base d'eau"*, amène à *des informations nutritionnelles surprenantes* (taux de lipides, protides, glucides, valeur énergétique ...), voire fantaisistes (0 % calorie...) (figure 2).

Les additifs ou arômes sont de deux types, distincts réglementairement :

- les arômes :
 - *arômes naturels*, provenant certes de certains de fruits (ex : citron), mais également d'autres composés naturels, mais qui ne correspondent pas forcément au fruit dont est revendiqué le goût (cf. le goût fraise à base d'écorce d'arbre australien, le goût pêche à partir d'huile de ricin, etc.) ;
 - *arômes de synthèse*¹ ;

¹ *Arômes dans notre assiette. La grande manipulation.* Hans Ulrich Grim, Terre Vivante ed, 2004

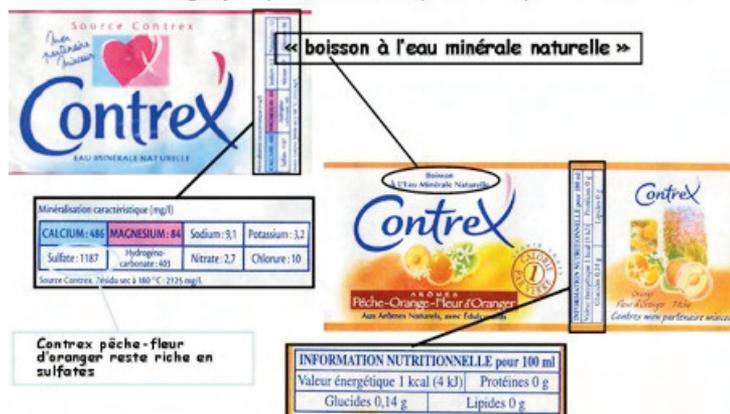


Figure 2 : Ne relevant pas de la même législation, la composition physico-chimique n'est pas indiquée sur les étiquettes car non obligatoire. Par contre apparaissent des informations nutritionnelles surprenantes pour une eau (taux de lipides, protéines, glucides, valeur énergétique ...), voire fantaisistes (0 % calorie...)

- les additifs sucrés, glucides ou édulcorants.

Les glucides sont souvent à des concentrations variables, parfois importantes, mais mentionnées sur les étiquettes de façon trompeuse (en g/100 mL) : Volvic® fraise (4,8), cassis (4), thé pêche (4) ; Thonon® pêche (3,5) ; Auchan® pêche (4,7) ; Salvetat® orange (4,7), abricot (4,7), fraise (4,7) ; Vichy® fraise (7) ; Perrier® fluo rose (5,3), Volvic® Magique fraise (5,5)... Soit environ 40 à 50 g/L de glucides, soit près de 10 morceaux de sucre ! Ces taux restent cependant inférieurs à ceux de la plupart des boissons rafraîchissantes sans alcool (BRSA) ou des sodas sucrés ou encore de certains jus de fruits (qui en contiennent jusqu'à 170 g/L). Cependant, d'autres eaux aromatisées contiennent moins de sucre (Badoit® tonique (1,7 g/L), Volvic® citron (0,6 g/L), Salvetat® citron (0 g/L)...). Mais d'autres contiennent des édulcorants et se targuent de n'apporter qu'une calorie par verre !

La politique commerciale pour ces boissons est orientée vers les enfants et les jeunes, comme en témoignent la couleur et les illustrations des étiquettes, le petit volume des bouteilles. Elle est susceptible d'intervenir dans l'obésité de l'enfant, problème de santé publique majeur. Leur consommation régulière de ces boissons doit être limitée.

5 - Eaux purifiées reconstituées

Apparaissent également, mais de façon encore anecdotique en France, des eaux produites par traitement (osmose inverse), généralement à partir d'une ressource en eau (qui peut être une eau de distribution !) puis additionnées de différents sels minéraux adaptés aux goûts et habitudes du pays considéré et distribuées en bouteilles.

Plusieurs firmes distribuent ce type de boisson de façon importante dans d'autres pays (plus de la moitié de l'eau en bouteille consommée dans le monde est de l'eau purifiée) :

- Coca-Cola® avec les marques Dasani®, Ciel®, BonAqua®,
- Pepsi Co® avec Aquafina®,
- Danone avec Aqua®, Wahaha®,
- Nestlé® avec Pure Life®.

Sur le plan légal, ces eaux bénéficient, elles aussi, d'un flou juridique et posent des problèmes similaires à ceux des eaux supplémentées et aromatisées, concernant l'information du consommateur.

Cas particuliers des “boissons hors législation”

1 - Eaux de pluie récupérées en citernes

Pendant longtemps les eaux de pluie ont constitué une ressource hydrique potentielle, notamment dans les campagnes (fermes isolées, par exemple), avant l'implantation de réseaux de distribution. Dans certains pays, elles restent la ressource principale.

Selon le Code civil (article 641), “tout propriétaire a le droit d'user et de disposer des eaux pluviales qui tombent sur son fonds”. Il peut les recueillir dans des citernes et les utiliser pour des usages agricoles, domestiques ou industriels, sous réserve de ne pas causer préjudice à autrui et de respecter les exigences relatives à chacun de ces usages.

En raison des difficultés d'approvisionnement et des coûts, se développe actuellement un intérêt nouveau pour la récupération des eaux de pluie par des particuliers.

Si ce type de ressource est le plus souvent réservé à l'arrosage ou à des utilisations ménagères, il convient cependant d'attirer l'attention sur les risques que pourrait comporter son utilisation comme eau de boisson, la loi n'imposant pas d'analyse particulière sur ces eaux (la directive européenne 98/83/CE, le décret du 20 décembre 2001 et l'article R1321-6 du CSP excluent d'un contrôle ou de la procédure d'autorisation les eaux prélevées dans le milieu naturel à l'usage personnel d'une famille).

En dépit d'une épuration biologique importante, il convient de considérer les *risques microbiens* (fientes d'oiseaux, cadavres d'animaux, etc...).

Sur le plan toxicologique, il faut insister, en fonction de la situation géographique et de l'environnement, sur les *risques de pollution* (voisinage de raffineries, d'usines d'incinération, etc...) ainsi que, dans les zones très orageuses, sur les *risques de teneurs élevées en composés oxygénés de l'azote* (oxydes nitreux et nitrique très solubles dans l'eau).

En l'absence de contrôle, il faut faire connaître l'inadaptation de cette eau à la consommation humaine et *a fortiori* à la préparation des biberons.

2 - Eaux adoucies

L'adouçissement de l'eau utilise des résines chargées en ions sodium très solubles, qui fixent les ions calcium et magnésium contenus dans l'eau en libérant leurs ions sodium. D'où une **diminution de la teneur en calcium et une augmentation de celle en sodium**. Cette dernière reste cependant modérée : par exemple, pour une réduction d'un titre hydrotimétrique de 30°F à 5°F, l'enrichissement en sodium est de 130 mg/L.

Cette augmentation de la teneur en sodium n'entraîne pas de problème de santé sauf dans les pathologies nécessitant un régime hyposodé, ainsi qu'en cas – rare - d'utilisation de cette eau pour l'hémodialyse à domicile.

Lorsque les résines sont saturées en calcium et magnésium, elles sont régénérées à l'aide d'une saumure (solution de chlorure de sodium). Les adoucisseurs ont parfois été accusés d'être des foyers de prolifération microbienne, mais la littérature ne cite que des cas exceptionnels. Dans la mesure où l'utilisateur utilise une résine agréée par le ministère de la Santé et se conforme aux recommandations du fabricant, il ne semble pas y avoir de risque particulier.

3 - Eaux des "buvettes" dans les stations thermales

La question des "buvettes" des stations thermales est régulièrement évoquée dans les avis de l'Académie, laquelle exprime parfois des réserves voire des refus **en fonction de teneurs excessives en certains éléments** : arsenic, plomb ou radioactivité jugée dangereuse (autrefois argument commercial et aujourd'hui objet d'une grande méfiance, peut-être excessive : cf. Annexe 3).

Toutefois, l'eau thermale n'est alors consommée dans ces buvettes que de façon très épisodique et uniquement pendant les 3 semaines de la cure, ce qui limite considérablement sa dangerosité potentielle.

Les "prémix" : un danger majeur

Bien qu'il ne s'agisse aucunement d'une eau de boisson, notre devoir est de mentionner les **prémix**, compte tenu de leur dangerosité majeure. Les prémix sont des **boissons rafraîchissantes, dont le caractère sucré masque la présence d'alcool**, ce qui risque de créer d'authentiques **dépendances à l'alcool**, notamment chez des populations vulnérables (adolescents...). Ces "prémix" sont aujourd'hui volontiers proposés dans certaines soirées. Il y a là un danger redoutable qui doit faire l'objet de mises en garde, d'informations explicites et réitérées de tous les publics, de mesures contraignantes et plus généralement d'une politique de prévention urgente, efficace et concrète. L'avenir de la santé physique et psychique d'un nombre considérable de nos concitoyens est en jeu.

Composition ionique des eaux de boisson

À la différence d'une eau distillée, les eaux de boisson sont chargées en ions, dont les teneurs sont variables mais doivent répondre à une norme européenne traduite en droit national (sauf pour les eaux minérales). Un certain nombre d'ions peuvent jouer un rôle thérapeutique.

1 – Calcium (cf. Annexe 1)

L'apport calcique est habituellement assuré par l'alimentation, principalement par les produits laitiers. Toutefois, les eaux minérales naturellement riches en calcium sont bénéfiques pour compléter les apports alimentaires ou médicamenteux. D'autant qu'un certain nombre d'études ont prouvé que la biodisponibilité du calcium des eaux minérales était égale, sinon supérieure, à celle des produits laitiers.

Le calcium est trouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la *dureté* de l'eau. Cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique en degrés français ($20^{\circ}\text{F} = 4 \text{ mg/L}$ de calcium).

Ces eaux dures - chargées en calcium - n'entraînent pas de conséquences néfastes pour la santé. En revanche, elles provoquent des désagréments matériels : entartrage des

canalisations et des chauffe-eau, consommation plus importante de savon lors du lavage des mains, cuisson plus longue des légumes...

Les eaux adoucies, quant à elles, sont agressives et exposent à des risques cardio-vasculaires en raison de l'excès de sodium induit par les résines échangeuses d'ions (cf. plus haut eaux adoucies). Circulant dans des tuyauteries vétustes en plomb, elles exposent aussi à un risque de saturnisme.

Il n'y a pas de CMA légale en ce qui concerne le calcium pour les eaux de source et de distribution. Ces eaux sont cependant généralement peu calciques (80 à 100 mg/L dans la région parisienne et 30 mg/L à Nancy).

Certaines eaux minérales naturelles sont riches en calcium (plus de 150 mg/L) :

- *eaux plates* : Hépar® (555 mg/L), Contrex® (486 mg/L), Wattwiller® (247 mg/L), Vittel® (202 mg/L), St-Amand® (177 mg/L)...

- *eaux pétillantes* : Salvetat® (253 mg/L), Quézac® (245 mg/L), San Pellegrino® (208 mg/L), Badoit® (190 mg/L), Arvie® (170 mg/L), Perrier® (147 mg/L)...

Les eaux de source et les eaux de distribution n'atteignent jamais ces teneurs élevées. Certaines eaux (de distribution, de source ou minérales) sont au contraire très peu calciques (moins de 10°F).

Les besoins en calcium sont variables : adulte (900 mg/j), femme enceinte (1000 mg/j), personne âgée et adolescent (1200 mg/j) ...

Une eau chargée en calcium peut apporter une part non négligeable de ces besoins, sans apport calorique. Inversement, une eau peu calcique peut être préconisée dans certaines pathologies.

2 - Bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates sont d'origines diverses. Ils n'interviennent pas directement sur la santé. En revanche, ils ont un rôle par les *cations* auxquels ils sont liés (sodium, calcium).

Il n'y a pas actuellement de CMA légale pour les eaux de source et de distribution.

Certaines eaux minérales naturelles sont riches en bicarbonates (plus de 1000 mg/L) :

- *eaux pétillantes* : St-Yorre® (4450 mg/L), Célestins® (3100 mg/L), Arvie® (2300 mg/L), Quézac® (1780 mg/L), Badoit® (1300 mg/L)...

Les eaux plates sont moins chargées en bicarbonates que les eaux pétillantes :

- *eaux plates* : Contrex® (403 mg/L), Hépar® (403 mg/L), Vittel® (402 mg/L), Thonon® (350 mg/L), St-Amand® (177 mg/L).

Les eaux riches en bicarbonates ont souvent un goût salé du fait du cation qui leur est lié ; leur absorption entraîne une alcalinisation des urines (propriété utilisée en urologie pour le traitement de certaines lithiases uriques).

3 - Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates, composés oxygénés de l'azote, sont présents dans les rejets d'eaux usées et dans les engrais. Ils sont le témoin de la dégradation de la qualité de l'eau. Du fait de leur transformation en nitrites (NO_2^-), les nitrates peuvent induire des méthémoglobinémies et également (du moins expérimentalement) de la formation de nitrosamines (cancérogènes et mutagènes...).

Les concentrations en nitrates sont réglementées : dans les eaux de source et de distribution, le décret du 3 janvier 1989 limitait leur concentration à 50 mg/L. Le décret du 20/12/2001 a autorisé jusqu'à 100 mg/L, sauf pour les eaux superficielles pour lesquelles il reste à 50 mg/L.

En outre, les taux sont plus restrictifs pour les eaux des *biberons* : la directive européenne préconise une limite à 15 mg/L (transcrit en droit français par le décret 89-369 du 6 juin 1980²). L'Afssa, dans sa directive du 2 décembre 2003, préconise même une limite à 10 mg/L pour l'eau des biberons (cf. VI-B-1). Le décret précité⁽²⁾ indique que, pour obtenir la mention "convient pour la préparation des aliments des nourrissons", l'eau doit être non effervescente, répondant aux exigences de qualité réglementaires prises (article L.25-1 du CSP) : teneur en nitrates \leq 15 mg/L et une teneur en nitrites \leq 0,05 mg/L.

Les eaux minérales ont en général une concentration en nitrates $<$ 5 mg/L. En outre, il faut noter que seulement 15 % des nitrates proviennent de l'eau contre 85 % provenant de l'alimentation : betteraves (2760 mg/kg), radis (2700 mg/kg), épinards (1500 mg/kg), jambon (350 mg/kg), carottes (120 mg/kg).

Le problème de santé essentiel réside dans la présence éventuelle de nitrites. À ce sujet, l'eau paraît très rarement poser problème.

4 - Sulfates (SO_4^-)

Naturellement présents dans les eaux, en concentration très variable (importante au contact de terrains gypseux ou proches de mines de fer), ils sont parfois le témoin d'une pollution industrielle (textile, papeterie...).

Les eaux de source et de distribution doivent avoir une teneur en sulfates \leq 250 mg/L, selon le décret du 3 janvier 1989, conformément à la directive européenne.

Les eaux minérales naturelles ne sont pas soumises au même décret ; certaines sont riches en sulfates ($>$ 250 mg/L) :

- *eaux plates* : Hépar® (1479 mg/L), Contrex® (1187 mg/L), Wattwiller® (540 mg/L), Vittel® (306 mg/L)...

- *eaux pétillantes* : San Pellegrino® (550 mg/L), St-Yorre® (174 mg/L)...

Les sulfates sont peu toxiques. Leur présence entraîne une *saveur* particulière de l'eau. Ils sont *laxatifs et diurétiques* lorsque leur concentration est $>$ 300 mg/L.

5 - Sodium (Na^+)

Le sodium est omniprésent dans les eaux marines et les gisements. Sa solubilité est très importante. C'est un élément vital, mais un apport excessif est susceptible d'aggraver l'hypertension artérielle et l'insuffisance cardiaque.

Les eaux de source et de distribution avaient leur limite supérieure fixée à 150 mg/L par le décret du 3 janvier 1989. Le décret du 20/12/2001 a fixé cette limite de qualité à 200 mg/L, suivant en cela la directive européenne (98/83/CE).

Certaines eaux minérales naturelles sont *riches en sodium* ($>$ 150 mg/L), en particulier de nombreuses *eaux pétillantes* : St-Yorre® (1708 mg/L), Célestins® (1172 mg/L), Arvie® (650 mg/L), Vals® (453 mg/L), Quézac® (256 mg/L) ;

² Annexe III du décret N° 89-369 du 6 juin 1980 (JO du 10 juin 1980)

En revanche, les *eaux minérales plates sont habituellement peu chargées en sodium* : Abatilles® (74,5 mg/L), Plancoët® (36,4 mg/L)... pour les plus sodées d'entre elles. Une concentration en sodium élevée peut avoir des conséquences néfastes dans certaines pathologies, cardio-vasculaires notamment. *Aussi, il est à regretter que la mention "tenir compte dans le cadre d'un régime hyposodé" soit rarement indiquée sur les étiquettes, et ce, lisiblement.*

6 - Magnésium (Mg⁺⁺)

Le magnésium est indispensable aux fonctions cellulaires. Il serait impliqué dans plus de 300 systèmes enzymatiques. Environ 60 % du magnésium corporel est stocké dans les os et les dents alors que 40 % sont répartis dans les différents tissus et organes (dont 25 % dans les muscles). Le magnésium présent dans les liquides extracellulaires ne représente que 1 % du pool total de magnésium de l'organisme.

La législation (décret 89-3 du 3 janvier 1989, décret du 20/12/2001, directives européennes) *ne prévoit pas de CMA pour le magnésium.*

Les apports nutritionnels conseillés (ANC), qui se situent 20 à 30 % au-dessus des besoins moyens, sont de 360 mg/jour pour les femmes et de 420 mg/jour pour les hommes, soit environ 6 mg/kg/jour. Ils sont augmentés d'environ 20 % chez le sportif, la femme enceinte et chez l'enfant en croissance. Chez la femme allaitante, les besoins sont peu augmentés (d'environ 10 %) car le lait maternel contient des quantités faibles de magnésium (en moyenne 40 mg/L).

On attribue volontiers au magnésium des effets anti-fatigue et anti-stress.

Les déficits aigus sont exceptionnels alors que les déficits chroniques, probablement plus fréquents avec les habitudes alimentaires modernes, peuvent être responsables d'hyperexcitabilité neuromusculaire, voire de façon hypothétique, de troubles immunologiques, d'atteintes cardio-vasculaires et d'anomalies gravidiques fœtales.

Des apports excessifs en cas d'insuffisance rénale peuvent entraîner des troubles cardio-respiratoires.

Certaines eaux sont riches en Mg⁺⁺ de façon naturelle ou en raison de l'adjonction de cet ion :

- *eaux pétillantes* : Rozana® (160 mg/L), Quézac® (95 mg/L), Badoit® (85 mg/L), Appolinaris® (113mg/L)...

- *eaux plates* : Hépar® (110 mg/L), Courmayeur® (67 mg/L), Vittel® (36 mg/L), Contrex® Pavillon (86 mg/L), Taillefine® (50 mg/L)...

Le magnésium est également présent en quantités importantes dans l'alimentation : cacao, sel non raffiné, fruits secs, céréales, produits laitiers, fruits de mer. Le cacao est très riche en magnésium (environ 400 mg/100 g), ce qui fait que le chocolat noir l'est aussi (200-250 mg/100 g) alors que les chocolats au lait ou contenant des additifs variés (riz, noisettes, alcool, etc) en contiennent beaucoup moins.

7 - Fluor (F⁻) (cf. Annexe 2)

Le fluor est un élément déterminant dans la prévention de la carie dentaire par son action systémique. Il est incorporé dans l'émail des dents lors de la phase de minéralisation. Il a également une action topique provoquant une reminéralisation des dents évoluées et réduisant le métabolisme des bactéries cariogènes.

Le fluor n'est naturellement présent que dans peu d'aliments (thé, poisson...), raison pour laquelle certains pays ont enrichi les eaux de distribution. On le retrouve dans le sel fluoré à usage domestique (depuis un arrêté du 31 octobre 1985) à la dose de 250 mg/kg. Il est également présent dans presque tous les dentifrices à des concentrations variables. Par ailleurs la plupart des nourrissons reçoivent une supplémentation en fluor sous forme de gouttes ou de comprimés.

L'excès d'apport de fluor peut être responsable d'une fluorose dentaire, entraînant une hypominéralisation de l'émail chez l'enfant et également d'une fluorose osseuse chez l'adulte, avec ostéosclérose (douleurs osseuses, déformations...), lorsque l'apport quotidien est supérieur à 8 mg/jour, particulièrement en cas d'insuffisance rénale. Pour éviter un effet toxique du fluor sur l'émail dentaire et la formation osseuse de l'enfant, il est fondamental de tenir compte de l'apport en fluor des eaux de boisson qui vient s'ajouter aux autres sources de fluor (médicaments, sel, dentifrices, ...).

Les eaux de source et de distribution sont soumises à une directive européenne (98/83/CE), traduite en droit français par le décret du 20/12/2001, qui limite les concentrations en fluor à moins de 1,5 mg/L pour un pays au climat tempéré tel que le nôtre.

Jusqu'il y a peu, les eaux minérales naturelles n'étaient pas soumises aux mêmes restrictions. Selon la directive européenne 2003/40/CE du 16 mai 2003, la concentration en fluor des eaux minérales doit être inférieure à 5 mg/L. En France, l'arrêté du 10 novembre 2004 reprend cette directive et place sa date d'application au 1/1/2008 pour le fluor. Cet arrêté précise également que, dès 2006, les eaux minérales naturelles et les eaux de source peuvent faire l'objet d'une séparation des composés du fer, du manganèse et du soufre ainsi que de l'arsenic à l'aide d'air enrichi en ozone, dans les conditions suivantes :

- toutes les mesures nécessaires sont prises pour garantir l'efficacité et l'innocuité du traitement,

- le processus n'entraîne pas de modification de la composition physico-chimique des eaux (sauf pour les paramètres faisant l'objet du traitement),

- la mention "*Eau soumise à une technique autorisée d'oxydation à l'air ozoné*" doit apparaître sur l'étiquette des eaux minérales (et des eaux de source quand elles comportent une telle indication),

- si la concentration en fluor est > 1,5 mg/L, il doit apparaître sur l'étiquette : "ne convient pas à l'alimentation des nourrissons et aux enfants de moins de 7 ans".

Une étude de l'Afssa portant sur 61 marques commerciales a retrouvé des concentrations en fluor comprises entre 0,5 à 1,5 mg/L pour 11 sources (dont 1 d'eau plate), entre 1,5 à 3 mg/L pour 18 sources (dont 8 d'eau plate) et supérieure à 3 mg/L pour 5 sources (dont une d'eau plate).

En 2000, l'Afssaps³ a chargé un groupe d'experts de réévaluer l'intérêt de la prescription fluorée chez le nourrisson et la femme enceinte. Il en ressort la nécessité de maîtriser les apports fluorés pour la prévention de la carie dentaire de la naissance jusqu'à 12 ans.

À cet effet il convient d'établir un bilan personnalisé des apports (eaux, sel, médicaments, dentifrice...) avant toute prescription de fluor.

³ Afssaps, communiqué de presse 1^{er} août 2002, modifié le 5/04/2004 – <http://afssaps.sante.fr/>

La dose prophylactique optimale chez le nourrisson est de 0,05 mg/kg/j. Entre 0 et 2 ans, pour la préparation des biberons, il faut utiliser de l'eau faiblement fluorée ($\leq 0,3$ mg/L en cas de supplémentation).

L'Afssa (avis du 2/12/2003) a émis la recommandation suivante : *“pour le nourrisson et l'enfant, il peut être consommé sans restriction une eau minérale naturelle présentant une teneur < 0,5 mg/L de fluor lorsqu'il n'y a pas de supplémentation médicamenteuse, et < 0,3 mg/L s'il y a supplémentation médicamenteuse associée”*.

Chez la femme enceinte, la supplémentation en fluor pendant la grossesse n'apporte aucun bénéfice pour la dentition provisoire et définitive de l'enfant.

8 – Les autres ions

L'arrêté du 10 novembre 2004 fixe les limites maximales des concentrations de 16 composants naturels des eaux minérales et précise les conditions que doivent satisfaire les traitements appliqués pour les éliminer :

- Arsenic : < 10 $\mu\text{g/L}$. Or, certaines eaux (la presque totalité de celles en provenance de terrains volcaniques) contiennent de l'arsenic à une concentration supérieure à la limite maximale de 10 $\mu\text{g/L}$ figurant dans la directive (cf. ci-dessous), comme Carola® (32 $\mu\text{g/L}$), St-Galmier® (19 $\mu\text{g/L}$), St-Yorre® (112 $\mu\text{g/L}$), Wattwiller® (23 $\mu\text{g/L}$), Volvic® (16 $\mu\text{g/L}$) ... La loi autorise l'élimination de ce composé.

Certaines eaux, non disponibles sous forme conditionnée, sont encore plus riches en arsenic ; leur découverte à la fin du XIX^e siècle a été à l'origine de l'essor de la station de La Bourboule® (7500 $\mu\text{g/L}$). Même si le terme d'arsenic a actuellement une connotation péjorative, sa toxicité a probablement été jugée avec une sévérité excessive. Cette valeur maximale de 10 $\mu\text{g/L}$ a été proposée dès 1994 par l'*Environmental Protection Agency (EPA)* américaine par utilisation d'un barème mathématique linéaire, n'autorisant pas l'existence d'un seuil de toxicité. Bien qu'il soit apparu rapidement comme responsable d'une probable sur-évaluation de la toxicité⁴, ce modèle fut rapidement généralisé, dès cette époque, à l'ensemble des substances cancérigènes, à la fois pour des raisons d'un surcroît de précaution (pouvant paraître justifié dans leur cas particulier), mais aussi pour des raisons moins nobles de facilité d'application. Or, de l'avis de nombreux toxicologues, l'utilisation d'un modèle linéaire, qui ne tient pas compte des possibilités d'élimination par l'organisme de faibles doses, n'est pas applicable à l'ensemble des substances cancérigènes, surtout quand elles ne sont pas génotoxiques. Dans le cas de l'arsenic même minéral, forme sous laquelle on le retrouve dans l'eau minérale, la fixation d'une valeur aussi basse n'est pas justifiée depuis que des travaux indiscutables ont montré que cette forme minérale, longtemps considérée comme cumulative, est rapidement méthylée dans l'organisme et éliminée par l'urine.

Enfin, il faut rappeler que l'arsenic est reconnu comme facteur de croissance et qu'il été longtemps utilisé à cette fin chez l'homme sous la forme de ses dérivés méthylés (arrhénal et cacodylate) et qu'il est encore utilisé dans ce but aux USA en alimentation animale (chez le poulet, le porc...).

- et Antimoine, Baryum, Bore, Cadmium, Chrome, Cuivre, Cyanures, Fluorures, Plomb, Manganèse, Mercure, Nickel, Nitrates, Nitrites, Sélénium.

Cet arrêté était applicable au 1/1/2006 (sauf pour le fluor et le nickel, le 1/1/2008).

⁴ Bull.Acad.Natle Méd 2001,185(8):1587-99.

Pour se conformer aux évolutions de la législation, des textes successifs en 1980, 1996 et 1998 autorisent les industriels de l'eau à appliquer certains traitements :

- séparation des éléments instables, tels les composés du fer et du soufre, par filtration ou décantation, éventuellement précédée d'une oxygénation ;
- séparation des composés du fer, du manganèse et du soufre, ainsi que de l'arsenic, à l'aide d'un traitement par l'air enrichi en ozone ;
- séparation des constituants indésirables autres que ceux spécifiés ;
- élimination du CO₂, suivie ou non de sa réincorporation.

Cependant :

- ces traitements ne doivent aucunement modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau, de même que ses constituants essentiels,
- les eaux minérales naturelles étant réglementairement définies, l'objectivité de l'information du consommateur implique que tous les traitements particuliers dont elles font l'objet soient *mentionnées sur l'étiquetage*.

- Une eau minérale "traitée" a-t-elle toujours droit au qualificatif de "naturelle" ou celui-ci doit-il être réservé aux eaux "non traitées" ?

9 – Radioactivité des eaux minérales (cf. Annexe 3)

Depuis qu'il est sur la terre, l'Homme a toujours été soumis à une radioactivité naturelle à laquelle s'ajoute celle d'origine humaine :

- l'irradiation naturelle externe (rayonnement cosmique, tellurique ...) et interne (ingestion d'aliments, d'eaux, inhalation de radon...) est en moyenne de 2,4 mSv en France, mais elle peut varier de façon importante selon les régions, en fonction de l'altitude et de la nature des sols ;

- les sources d'origine humaine proviennent du développement de l'énergie nucléaire pour les besoins de la production d'énergie, des retombées des armes et des accidents nucléaires, mais aussi de l'utilisation médicale des sources radioactives (radiologie et radiothérapie).

Au sein de ces différentes expositions, la contribution de l'eau de boisson à l'exposition totale de l'homme est très faible. Une surveillance stricte est cependant réalisée tous les jours : l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) mesure en France la radioactivité de différents types d'eau (nappe phréatique, pluie, rivière, mer, eau d'adduction, de boisson...).

L'arrêté du 12 mai 2004 (*J.O.* du 18 juin 2004) fixe les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à l'alimentation humaine.

Les stations thermales dont certaines eaux sont fortement radioactives méritent une place à part : si ces taux de radioactivité ne présentent en principe aucun danger pour les curistes (séjour de courte durée dans la station thermique), ils peuvent justifier une surveillance particulière pour les salariés travaillant dans ces établissements thermaux à longueur d'année.

Informations portées sur les étiquettes

Les étiquettes constituent la source d'information principale des consommateurs sur les qualités des eaux conditionnées. Le contrôle de ces informations et de l'étiquetage est du ressort de la Répression des fraudes qui s'appuie sur des textes réglementaires :

- Décret 98-1090 du 4 décembre 1998,
- Code de la consommation, article R112-9 modifié par le décret n°2000-705 du 20 juillet 2000 art. 4,
- Directive 2003/40/CEE et arrêté du 10/11/2004,
- Code de la Santé publique (articles R1321-69 à R1321-94).

Les étiquettes doivent en particulier comporter :

- l'indication de la nature de l'eau : eau de source ou eau minérale naturelle,
- le volume du conditionnement (l'arrêté du 9/04/1998 précise les volumes autorisés pour ce conditionnement),
- le nom commercial et le nom de la source (ce dernier en **caractères de taille au moins 1 fois et demi celle du plus grand caractère du nom commercial**. Tout est ensuite dans le jeu des couleurs et des transparences...)
- *l'agrément*, que l'industriel peut apposer de façon volontaire concernant l'utilisation possible de cette eau pour la *reconstitution des biberons*,
- sa composition (eaux minérales, eaux de source) selon le Code de la Consommation, sauf mention spécifique prévue par les directives européennes traduites en droit français.

“La commercialisation d'une eau de source déterminée sous plusieurs désignations commerciales est en principe interdite” (Décret 98-1090 du 4 décembre 1998), ce qui n'est *pas respecté actuellement*.

Les eaux supplémentées et aromatisées ne relevant pas de la même législation, mais de celle des aliments, les indications portées sur les étiquettes peuvent paraître parfois surprenantes (taux de lipides et de protéides dans de l'eau !) voire trompeuses :

- *indication du nom de la source laissant croire que la boisson sucrée présente les mêmes bienfaits que l'eau de base*,
- *taux de sucre exprimé en g/100 mL et non par litre*, ce qui est pourtant conforme à la législation puisque, s'agissant d'un étiquetage nutritionnel, il y a obligation de donner la valeur par 100 mL (ou par 100 g ou par portion).

Une clarification des informations pour ces nouvelles boissons s'impose.

Indications des eaux de boisson

Si la majorité des eaux peuvent être bues sans précaution, certaines restrictions ou au contraire indications peuvent être proposées dans les cas particuliers que constituent certains états physiologiques ou certaines pathologies.

Cas général : adultes sans pathologie connue

Toutes les boissons sont autorisées, y compris l'eau de distribution publique. On peut cependant recommander d'éviter de boire toute sa vie des eaux fortement minéralisées (> 1500 mg/L de résidu sec), des eaux sucrées, des eaux contenant un excès de fluor, de sodium ou de sulfates.

Cas particulier physiologique

1 - Nourrissons

Dans les premiers mois de la vie, les fonctions immunitaires, rénales et à moindre degré digestives, sont immatures. Chez les nourrissons qui ne bénéficient pas de l'allaitement maternel, les besoins en eau sont de 150 ml/kg/j à l'âge d'un mois pour décroître progressivement entre 1 et 12 mois à 100 ml/kg/j.

Ces besoins d'eau très importants justifient une grande rigueur dans le choix de l'eau utilisée pour la préparation des biberons. Au titre de la qualité, des critères spécifiques ont été définis (directives CEE, recommandations de l'Afssa).

Les critères légaux actuels en France pour qu'une eau embouteillée ait droit au **logo "eau pour la reconstitution des biberons"** impliquent qu'elle soit non effervescente, répondant aux exigences de qualité d'une eau destinée à la consommation humaine, avec comme exigences supplémentaires par rapport à l'eau potable : nitrates ≤ 15 mg/L, nitrites $\leq 0,05$ mg/L. En outre, une telle eau devrait être :

- faiblement minéralisée,
- pauvre en fluor (directive européenne) avec une limite de sécurité à 0,4 mg/L.

À titre d'exemple, des eaux minérales telles que Volvic®, Evian®, Valvert®, ou des eaux de source de composition analogue répondent à ces critères.

L'Afssa, dans son avis du 2/12/2003⁵, préconise les limites suivantes, pour qu'une eau "**puisse être utilisée pour l'alimentation des nourrissons**" :

- fluor $\leq 0,3$ mg/L en cas de supplémentation médicale et $\leq 0,5$ mg/L en l'absence de supplémentation,
- sulfates ≤ 140 mg/L ; calcium ≤ 100 mg/L ; magnésium ≤ 50 mg/L,
- nitrates ≤ 10 mg/L ; nitrites $\leq 0,05$ mg/L,
- taux limites pour d'autres ions (bore, cyanure, cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, chrome),
- minéralisation ≤ 1000 mg/L,
- absence de micro-organismes pathogènes, notamment de *Cryptosporidium sp.* et de *Giardia*.

Il convient de préciser qu'actuellement, en France, les préparations pour nourrisson sont vendues sous forme de *poudre* ; la reconstitution donnée sur la boîte de lait est faite à partir de l'eau distillée : en grammes ou en milligrammes pour 100 mL pour tous les éléments constitutifs du lait.

Or actuellement en France les mères reconstituent le lait avec des eaux minérales plus ou moins riches en minéraux et en oligo-éléments.

⁵ Afssa-Saisine n°2001-SA-0257 ; avis du 2 décembre 2003

Certaines mères pensent bien faire en augmentant la concentration du lait ce qui en augmente l'osmolarité de même que l'apport en protéines et en graisses.

Il serait souhaitable, comme en Amérique du nord, de vendre les laits pour nourrisson sous forme *liquide*, prêts à l'emploi, comme cela existe pour les *laits dits "de croissance"*.

2 - *Enfant et adolescent*

Le développement des fonctions immunitaires, rénales et digestives s'étant complété avec l'âge, la rigueur extrême recommandée pour l'alimentation des nouveau-nés et des nourrissons est de ce fait réduite pour cette population. Si l'on se rapproche ici de la problématique des adultes, deux recommandations s'imposent cependant :

- pendant la croissance, un apport suffisant de calcium est nécessaire pour acquérir un pic de masse osseuse correct. Compte tenu des apports journaliers conseillés en calcium (1200 mg de 10 à 19 ans) et en magnésium (280 à 410 mg/j de 10 à 19 ans), et des difficultés de les assurer chez les enfants qui refusent ou n'apprécient pas les laitages, *l'utilisation des eaux minérales riches en calcium et en magnésium* (dont la biodisponibilité est peu différente de celle du lait de vache) *est intéressante*. Il n'y a pas de bénéfice supplémentaire à attendre d'un apport calcique supérieur au besoin ;

- améliorer d'urgence l'information sur les risques graves induits par la consommation des *boissons enrichies en glucides (de 30 à 75 g/L)*, qui contribuent de façon *sournoise au développement de l'obésité*, surtout lorsque leurs appellations font référence à des eaux minérales naturelles connues.

3 - *Femmes enceintes ou allaitantes*

Au cours de la grossesse, l'organisme s'adapte aux troubles entraînés par la modification considérable de la masse hydrique : au terme de sa grossesse, la femme enceinte porte 7 à 10 litres d'eau supplémentaires. Elle ajuste ses métabolismes (dont le métabolisme de base) et majore la biodisponibilité de minéraux tels le calcium, des oligoéléments et des vitamines. Néanmoins, des recommandations particulières sont nécessaires^{6,7}.

Le besoin en eau augmente lors de la grossesse et de l'allaitement : ainsi, la prise d'eau quotidienne *doit être supérieure à 1500 mL*⁸. Un tiers de ce volume d'eau supplémentaire alimente le fœtus et entre dans la constitution du placenta et du liquide amniotique. Ceci varie selon le stade de la grossesse et le type d'allaitement exclusif ou mixte.

Parallèlement et malgré les adaptations métaboliques, *les besoins en calcium (+ 100 mg) et en magnésium (+ 40 mg)* sont majorés, particulièrement au cours du troisième trimestre de la grossesse et pendant la durée de la lactation.

Dans ces conditions, il convient d'attirer l'attention des jeunes femmes sur la nécessité *d'apports en eau renforcés* dans chacune de ces situations, *associés à des compléments limités en calcium et en magnésium*.

De nombreuses eaux minérales ou eaux de source peuvent convenir. Quant à l'eau de distribution, elle suffit généralement à la consommation quotidienne.

⁶ Rey J, Papiernik E. *L'alimentation des femmes enceintes* – Paris – Cidil 1986.

⁷ Bresson JL, Rey J. *Femmes enceintes et allaitantes*. In : AFSSA CNERNA-CNRS eds. Apports nutritionnels conseillés pour la population française 3 rd ed. Londres-Paris- New York. Tec et Doc 2001:293-305.

⁸ Lacour B, Brûeke TB. *Eau et boissons*. In : AFSSA-CNERNA CNRS eds. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3 rd ed Londres-Paris-New York. Tec et Doc 2001:109-117.

4 - Après la ménopause

Les eaux minérales naturelles peuvent contribuer au maintien d'une ration calcique suffisante (1200 à 1500 mg/j). C'est l'un des facteurs de prévention de l'ostéoporose (cf ostéoporose).

5 - Sportifs

L'activité physique s'accompagne toujours d'une augmentation des pertes d'eau par voie respiratoire et surtout par voie cutanée, en fonction du niveau et de la durée de l'exercice physique, de la pression ambiante de vapeur d'eau, de la température extérieure mais aussi du niveau d'entraînement et de préparation du sportif. Dans le même temps, l'activité physique entraîne une épargne hydrosodée au niveau rénal en liaison avec la libération par l'effort d'aldostérone et d'arginine vasopressine.

Au total :

- *un sportif adulte perd en moyenne 0,5 à 1 litre d'eau par heure d'activité,*
- *si les efforts sont prolongés (marathon, ski de fond, tennis...), la perte d'eau peut atteindre 3 à 5 litres au cours d'une compétition.*

Ces données rendent compte de l'importance de l'hydratation *au cours de la pratique sportive, pendant, mais aussi avant et après* l'exercice.

Les *recommandations* concernent la quantité d'eau, sa qualité, sa température et son rythme d'administration :

1 - sur le plan quantitatif, l'idéal est de compenser autant que faire se peut l'augmentation des pertes. Compte tenu des facteurs personnels concernant la transpiration, il faut évaluer à l'entraînement, et par une technique de double pesée avant et après l'effort, le niveau des pertes. Ce niveau horaire devra servir de base à celui de l'hydratation. Une hydratation insuffisante réduit la qualité de la performance et une perte de plus de 4 % peut entraîner un coup de chaleur ;

2 - sur le plan qualitatif, la transpiration s'accompagne d'une perte de sodium, de chlore et de calcium, mais aussi d'une réduction de leur élimination rénale. La supplémentation en sodium et en chlore dépend de la durée de l'exercice. Inutile pour les efforts de moins d'une heure, elle devient nécessaire par voie hydrique pour les efforts prolongés qui peuvent entraîner une perte de 6 à 15 g de NaCl⁹.

On peut alors proposer d'ajouter à l'eau 1,2 g/L de NaCl ou boire des eaux telles que Vichy Célestin® (1172 mg/L de Na⁺).

Une supplémentation en potassium est en règle inutile car les pertes de potassium par transpiration sont limitées. Une correction des pertes en électrolytes doit cependant se poursuivre après l'effort à l'aide d'une boisson de récupération (NaCl à 1,2 g/L) ; la présence de potassium dans la boisson de récupération n'est justifiée que pour des efforts longs et répétés ;

3 - la température de la boisson est importante à considérer car elle participe à contrôler l'élévation thermique liée à l'effort : 8 à 12° sont recommandés ;

⁹ Guillard JC, Margaritis I, Melin B, Peres G, Richalet JP, Sabatier PP. *Sportifs et sujets à activité physique intense*. In : AFSSA, CNERNA, CNRS eds. Apports nutritionnels conseillés pour la population française 3ed Londres-Paris-New York Tec & Doc ed 2001;357-94.

4 - le rythme d'administration peut être de 50 à 100 ou 150 mL toutes les 5 à 10 minutes. La réhydratation est *poursuivie après l'effort*.

6 - Personnes âgées

La déshydratation est une cause fréquente de mortalité et de morbidité chez les sujets âgés, surtout lorsqu'elle est favorisée par des *circonstances climatiques* particulières (comme la canicule de l'été 2003) mais également en cas de *fièvre élevée ou de pertes digestives*.

L'eau totale de l'organisme décroît progressivement avec l'âge pour atteindre 53 % du poids corporel à 70 ans. La majeure partie de la perte hydrique concerne le secteur extracellulaire qui diminue au-dessous de 20 % du poids corporel. La perte de la masse maigre, qui contient 73 % d'eau, est déterminante dans cette baisse du capital hydrique¹⁰. La sensation de soif diminue avec l'âge et cette augmentation du seuil de perception est responsable d'un délai plus long avant la correction de l'hyperosmolarité par la boisson. La sensation de soif chez les sujets âgés correspond déjà à un début de déshydratation¹¹. Les apports en eau comprennent l'eau contenue dans les aliments (environ 1 L/jour pour une alimentation normale), l'eau produite par l'oxydation des aliments (300 mL/jour environ), et l'eau des boissons. Toute diminution des apports alimentaires doit être compensée par une augmentation de la quantité de boissons.

La prévention de la déshydratation implique une adéquation entre les apports et les pertes d'eau. Il faut tenir compte des facteurs associés éventuels : diarrhée, fièvre, canicule, traitement diurétique.... Les troubles cognitifs, les difficultés locomotrices, la crainte de perdre ses urines sont également à prendre en considération.

Les besoins en eau des sujets âgés sont plus élevés que ceux de l'adulte car les mécanismes de régulation métabolique sont imparfaits. Ils sont estimés à 1700 mL/jour.

Il faut encourager ces personnes à boire souvent, par petites quantités, tout au long de la journée, pour vaincre la sensation de dégoût liée à l'absorption d'importantes quantités de liquides.

Une eau minérale naturelle riche en calcium est particulièrement indiquée pour compléter la ration calcique et, même, remplacer le calcium des laitages qui sont parfois mal acceptés. Il faudra s'assurer que la teneur en sodium de l'eau choisie est compatible avec l'état cardio-vasculaire et le régime conseillé.

Un risque de mortalité existe chez les personnes âgées, notamment sous diurétiques, dans trois circonstances courantes :

- une température externe élevée (été, canicule),
- une fièvre élevée,
- des pertes digestives.

Dans les trois cas, la sécurité consiste à boire (même sans soif) mais également, parfois, à réduire, voire à arrêter transitoirement, le traitement diurétique.

¹⁰ Lauque S, Vellas B, Albaredo JL. Hydratation et personnes âgées. Centre Evian pour l'eau : <http://www.centre-evian.com>

¹¹ Ferry M. Strategies for ensuring good hydration in the elderly. *Nutr Rev* 2005 Jun;63(6Pt2):S22-9.

Pathologies particulières

1 - Insuffisance cardiaque, œdèmes, HTA, insuffisance rénale

Compte tenu des recommandations actuelles visant à réduire les apports en chlorure de sodium à 5 g/jour, il paraît souhaitable d'éviter les eaux trop riches en sodium dans l'ensemble de la population (quoique l'association à des ions HCO_3^- pourrait atténuer à court terme les effets délétères des ions sodium, d'après certains travaux).

Ainsi, les eaux fortement minéralisées peuvent être dangereuses, notamment celles *riches en sodium, qui peuvent rendre inopérant un régime hyposodé*. Elles sont *contre-indiquées en cas d'insuffisance cardiaque, d'HTA, d'insuffisance rénale (associée à une hypertension artérielle ou à un syndrome néphrotique), ainsi qu'en cas d'œdèmes et lors des corticothérapies prolongées*.

La préférence doit donc être donnée indiscutablement aux eaux peu minéralisées.

2 - Lithiase rénale

Une diurèse abondante est l'élément essentiel du traitement préventif de la lithiase rénale. Elle permet de diminuer la concentration des urines en solutés lithogènes, dont la précipitation conduit à la formation de cristaux, puis de calculs. La cure de diurèse est réalisée grâce à l'ingestion d'une quantité élevée d'eau, de nature appropriée au type de lithiase en cause.

L'apport de boissons doit être tel qu'il assure un volume quotidien d'urines d'au moins 2 litres par jour. La quantité de boisson nécessaire pour atteindre cet objectif est habituellement de l'ordre de 2 litres par 24 heures, mais peut être beaucoup plus élevée chez les sujets travaillant en atmosphère surchauffée ou climatisée, ou ayant une activité physique intense. L'apport de boissons doit être bien réparti sur l'ensemble des 24 heures avec, en particulier, une prise abondante de liquides au moment du coucher et, dans les formes les plus sévères, à l'occasion de tout réveil nocturne.

La nature de l'eau de boisson doit être adaptée au type chimique de lithiase.

Dans la *lithiase calcique commune*, de loin la plus fréquente, le facteur principal à prendre en compte est la teneur de l'eau en calcium, sachant que l'apport recommandé de calcium est ici de 800 à 1000 mg/jour. En effet, un apport plus faible entraînerait un risque de déminéralisation osseuse et de majoration de l'oxalurie, tandis qu'un apport plus élevé majorerait la calciurie, souvent déjà trop élevée. L'apport en calcium provenant de l'eau de boisson doit être complémentaire de celui assuré par les produits laitiers en respectant, dans toute la mesure du possible, les goûts et les habitudes alimentaires du patient. Ainsi, un patient amateur de laitages ou de fromages consommera une eau à teneur faible ou modérée en calcium (< 150-200 mg/litre), tandis qu'un patient n'aimant pas les produits laitiers choisira une eau plus riche en calcium, mais non bicarbonatée.

Dans la *lithiase urique*, le facteur lithogène majeur est l'acidité des urines. Aussi, les eaux alcalines trouvent ici leur meilleure indication, le but cherché étant de maintenir le pH urinaire entre 6 et 6,5.

Dans la *lithiase cystinique*, une alcalinisation plus poussée est nécessaire pour assurer la solubilisation de la cystine, qui n'est effective qu'à un pH voisin de 7,5. De plus, une

diurèse d'au moins 3 litres par 24 heures est nécessaire pour avoir un effet de dilution efficace. Les eaux alcalines pourraient permettre d'atteindre ce double objectif, mais leur teneur très élevée en fluor limite leur utilisation, surtout lorsqu'il existe une insuffisance rénale.

3 - Infections urinaires

Les cystites bactériennes aiguës sont fréquentes chez la femme, volontiers récidivantes et susceptibles de se compliquer de pyélonéphrite.

Le traitement des cystites et la prévention de leurs récurrences reposent, outre le traitement antibactérien et l'application stricte de règles hygiéno-diététiques, sur la prise abondante de boissons.

Il est recommandé de maintenir une diurèse d'au moins 2 litres par jour, et des mictions fréquentes (au moins 6 fois par 24 h), de manière à chasser les germes de la vessie. Toutes les eaux de boisson conviennent pour atteindre cet objectif, à l'exception des eaux alcalines.

Chez les femmes ayant des troubles du transit à type de constipation, la pullulation microbienne intestinale qu'elle entraîne est un facteur de risque important vis-à-vis des infections urinaires. Des eaux riches en sulfates peuvent aider à régulariser le transit et apporter ainsi un effet bénéfique qui s'ajoute à celui de l'hyperdiurèse.

4 - Obésité et diabète

Diverses eaux sont largement utilisées et recommandées avec un abondant support publicitaire dans des maladies très répandues, telles l'obésité et le diabète sucré, sans que leur réelle efficacité soit démontrée par des études contrôlées.

Si les eaux de sources et la plupart des eaux minérales naturelles peuvent être consommées sans problème et sont même recommandées chez les personnes obèses ou diabétiques, il n'en est pas de même pour les nouvelles eaux supplémentées ou aromatisées.

Ces eaux sont additionnées en arômes de diverse nature et en glucides. Ces derniers peuvent être apportés en quantité importante, atteignant dans certaines eaux conditionnées 40 à 50 g/L. Les étiquettes portent des indications en g/100 mL, ce qui (bien que conforme à la législation actuelle) *peut tromper le consommateur* et lui faire croire à une *teneur en sucre 10 fois inférieure à sa teneur réelle*.

L'usage régulier de ce type d'eau doit être prohibé chez les diabétiques et les obèses.

En outre, un problème se pose chez les enfants, très attirés par des étiquettes et des bouteilles attrayantes, de volume réduit manifestement destinés à une clientèle infantine.

Ces boissons sucrées (bien que généralement moins sucrées que la plupart des sodas et jus de fruits, plus dangereux encore), peuvent *favoriser une surcharge pondérale infantile dommageable*.

5 - Ostéoporose

L'ostéoporose est devenue un problème de santé publique majeur en raison du vieillissement de la population et du risque de fractures dont le retentissement socio-économique est important. Une diététique correcte est importante pour l'acquisition et le maintien d'une masse osseuse optimale, l'os étant une structure en perpétuel renouvellement. Chaque cycle de remodelage comporte une phase de résorption suivie d'une phase de formation osseuse. Un déséquilibre négatif de cette balance osseuse aboutit à l'ostéoporose, avec fragilisation de la matrice osseuse et risque de fractures.

Ostéoporose et calcium

Le rôle du calcium dans la prévention de l'ostéoporose et du risque de fractures est encore controversé. L'ostéoporose est une maladie plurifactorielle qui ne se résume pas à un problème de supplément diététique en calcium.

Une conclusion définitive sur les différentes études publiées est actuellement impossible en raison des biais méthodologiques, mais il semble bien qu'un apport suffisant de calcium, avec vitamine D s'il y a une carence, est nécessaire pour prévenir la perte osseuse. Cette mesure simple est particulièrement importante chez les sujets âgés, notamment en institution ou relativement immobilisés.

Des besoins journaliers en calcium ont été définis chez l'adulte pour couvrir les pertes : la dose journalière conseillée chez l'adulte est de 800 à 1000 mg/jour. Elle peut être augmentée à 1500 mg/jour après la ménopause. L'apport calcique est habituellement assuré par les produits laitiers complétés éventuellement par des sels de calcium par voie orale mais, chez les sujets âgés, la consommation de produits laitiers est souvent insuffisante et l'observance de la prise de sels de calcium, dont la tolérance n'est pas toujours parfaite, très mauvaise. L'eau minérale peut alors assurer un complément nutritionnel sans apport de calories, la biodisponibilité du calcium des eaux minérales étant égale, sinon supérieure, à celle des produits laitiers. La correction d'une éventuelle carence en vitamine D est un préalable indispensable à toute administration de calcium.

Ces dernières années, l'attention a donc été attirée sur l'intérêt de certaines eaux minérales naturellement riches en calcium pour compléter les apports alimentaires ou médicamenteux.

Ostéoporose et fluor

Le fluor se fixe sur le cristal osseux et stimule les ostéoblastes, avec formation d'un os nouveau et augmentation de la densité osseuse. Pendant plusieurs années, il a été largement prescrit en France pour le traitement de l'ostéoporose avérée, jusqu'à l'apparition des bisphosphonates de deuxième génération. Malheureusement l'os ainsi formé se minéralisait mal, malgré l'apport de vitamine D et de calcium, avec de fréquentes microfractures pouvant se transformer en fractures complètes. Des études randomisées et contrôlées ont montré qu'avec des doses inférieures à 37,5 mg/jour de fluor, on observait une diminution des seules fractures vertébrales, avec seulement 30 % de répondeurs. La difficulté de distinguer la dose efficace de la dose toxique, la mauvaise tolérance générale du traitement, surtout en cas d'insuffisance rénale, la variabilité imprévisible des répondeurs au traitement et le faible nombre de ces répondeurs, font que le fluor n'est plus utilisé comme traitement de l'ostéoporose.

6 - Troubles digestifs et constipation

Les sulfates accélèrent le transit intestinal. Toutes les mamans savent qu'un ou deux biberons reconstitués avec de l'eau Hepar®, très riche en sulfates, peut suffire à *réduire une constipation* du bébé. L'utilisation au long cours est par contre déconseillée.

Chez l'adulte, une eau sulfatée peut avoir les mêmes effets bénéfiques, mais aussi les mêmes inconvénients si elle est consommée au long cours.

Les bénéfices apportés par les eaux bicarbonatées sodiques ou calciques (Vichy®, Le Boulou®, Vals®, Pougues®...) étaient autrefois retenus dans plusieurs affections

digestives : gastrites, hernies hiatales, syndromes dyspeptiques... Les eaux chloro-bicarbonatées sodiques et magnésiennes (Chatel-Guyon®, Brides®...) étaient recommandées dans le traitement des troubles fonctionnels intestinaux souvent associés à la *constipation*. Malgré les progrès de la thérapeutique moderne, les eaux minérales conservent une place réelle dans la prise en charge des troubles digestifs bénins chroniques. Si le soulagement qu'elles apportent est imprécis et insuffisamment évalué, il serait abusif de les considérer comme des placebos.

Conclusions

Les eaux de boisson : un produit alimentaire banalisé mais très surveillé

De remèdes autrefois supposés spécifiques*, les eaux minérales naturelles sont devenues un produit de consommation de masse, utilisées souvent sans discernement. En effet, la prise d'eaux minérales fait aujourd'hui en France, comme dans de nombreux pays, l'objet d'un *grand engouement*, conduisant à une certaine forme de "*banalisation*". Il apparaît cependant que le choix de telle ou telle eau minérale est *peu déterminé par sa composition et ses caractéristiques physico-chimiques*, mais bien davantage par son *goût*, ainsi que sa *disponibilité*, sa *diffusion commerciale* et sa *publicité*.

À cet effet, il faut noter que leur minéralisation confère aux eaux minérales naturelles – et à leurs dérivés – un *goût agréable* qui les différencie d'une eau distillée, seule eau véritablement pure mais assez peu agréable à boire.

Les eaux de boisson sont *le produit alimentaire le plus surveillé en France*. Aussi *la qualité des eaux consommées en France est-elle globalement excellente*, pour autant que :

- certaines précautions soient prises pour éviter une mauvaise information du consommateur, d'où l'importance de la qualité des informations figurant sur les étiquettes des bouteilles ;
- certaines clarifications légales soient mises en œuvre.

Synthèse sur les qualités des 5 principaux types d'eaux de boisson consommées en France

Outre certains cas particuliers (eaux de pluie récupérées en citerne, eaux adoucies, eaux des buvettes dans les stations thermales), il existe 5 principaux types d'eaux disponibles à la consommation (cf. législation des eaux de boisson) :

1 - Les eaux minérales naturelles pré-emballées, classées selon leur minéralisation (résidu sec après dessiccation à 180°C) :

- < 50 mg/L : très faiblement minéralisées,
- 50 à 500 mg/L : faiblement minéralisées,

* En 1850, DT Gastel, médecin à Luxeuil, écrivait : "*mais depuis que l'on a découvert leur nature et leurs propriétés par expérience, l'on peut assurer que ces eaux sont le remède le plus spécifique pour les maladies les plus chroniques et les plus invétérées, auxquelles toute la pharmacie a été obligée de céder, et qu'elles ne manquent jamais de produire leurs bons effets quand elles sont données par un médecin expérimenté*" ("Études sur les eaux minérales en général et sur celles de Luxeuil en particulier". Bernabé Aliès, 1 vol, 220 pages, J.B. Baillière Éditeur, Paris, 1850).

- 500 à 1500 mg/L : moyennement minéralisées (les plus nombreuses),
- > 1500 mg/L : riches en sels minéraux.

Ce sont des eaux *d'excellente qualité*, dont la *pureté naturelle est garantie* (bien que certains traitements soient autorisés), qui ont l'avantage d'un *nom commercial spécifique* et d'une *composition constante* pour chaque source d'eau minérale.

Cependant, *certaines comportent des concentrations d'ions trop élevées pour pouvoir être consommées sans restriction*, ce qui, parallèlement, leur confère d'authentiques *indications thérapeutiques (eaux riches en calcium, en sulfates...)*.

2 - Les eaux de source pré-emballées

D'origine souterraine, microbiologiquement saines et à l'abri de toute pollution, aptes à la consommation humaine sans traitement, ce sont également des eaux *d'excellente qualité*, dont l'équilibre physico-chimique est contrôlé selon des normes, ce qui les met à *l'abri de tout excès en minéraux*.

A contrario, ces eaux n'ont *pas d'obligation de stabilité* dans leur composition et, d'autre part, *leur nom commercial n'est pas spécifique d'une source*. Ainsi *deux indications apparaissent sur les étiquettes* de ces eaux de source :

- le *nom commercial*, souvent en caractères très visibles,
- le *nom de la source*, dont la taille typographique doit théoriquement être supérieure à celle du nom commercial, mais qui se révèle souvent moins bien lisible (choix de couleur terne). Ainsi, *à un nom commercial identique correspondent souvent des sources différentes, de compositions différentes, avec parfois des variations importantes* (figure 1). L'information du consommateur doit être impérativement améliorée.

3 - Les eaux de distribution publique

Soumises après traitement (chloration notamment) aux normes de potabilité à la fois bactériologiques et physico-chimiques (contrôles réguliers), *elles peuvent être bues toute une vie sans inconvénient, sauf en cas de pollution par des pesticides, des nitrates ou d'autres contaminants*. En cas de dépassement des seuils autorisés, une dérogation peut-être envisagée, à condition qu'il n'y ait pas de danger pour la santé. Cependant, dans certaines zones d'élevage intensif, la teneur en nitrates peut conduire :

- à interdire la consommation par les femmes enceintes et les nourrissons, dès que la teneur en nitrates dépasse 50 mg/L,
- à restreindre la consommation par tous les citoyens dès que la teneur en nitrates dépasse 100 mg/L.

4 - Autres eaux : eaux supplémentées et eaux aromatisées

D'apparition récente sur le marché, mais en pleine expansion, ces eaux ne sont pas soumises à la même législation et posent le redoutable problème de *l'addition de sucres*, qui constituent un *apport calorique supplémentaire*, parfois élevé, *facteur d'obésité de l'enfant et de l'adolescent, notamment*. Ces eaux sucrées devraient être soumises à la *même limitation que les sodas* pour leur distribution dans les établissements scolaires. Ainsi, sont commercialisées de *nouvelles variétés de boissons "à base d'eau de source ou d'eau minérale naturelle"* (selon les mentions figurant sur les étiquettes),

supplémentées en glucides voire enrichies en calcium, ainsi que des *eaux aromatisées*, le plus souvent sucrées.

Or, relevant de la législation des boissons rafraîchissantes sans alcool, ces eaux dépendent de la DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes) et non plus de l'AFSSA (sauf si elles sont enrichies en sels minéraux, ou autres substances, avec une revendication sur le plan santé).

L'eau d'origine est *a priori* celle de la même marque que pour les eaux minérales (Contrex®, Vichy®...), mais celle-ci n'est pas précisée pour la plupart de ces boissons.

5 - Eaux purifiées reconstituées

Apparaissent également, encore que de façon anecdotique aujourd'hui en France, des *eaux produites par traitement* (osmose inverse), généralement à partir d'une ressource en eau (qui peut être une eau de distribution), puis additionnées de différents sels minéraux adaptés aux goûts et habitudes du pays concerné et distribuées en bouteilles. Sur le plan légal, ces eaux bénéficient du même *flou juridique* et posent les mêmes problèmes concernant l'information du consommateur.

Place des eaux minérales naturelles dans l'alimentation

1 – Leur goût agréable en fait *un moyen utile d'hydratation et d'apport de nombreux ions*. En cas de *risque de déshydratation* – et plus encore lorsque la sensation de soif est altérée, avec dégoût de l'eau, surtout à boire en grandes quantités -, les eaux minérales naturelles sont d'un précieux secours pour prévenir et traiter les pertes hydro-électrolytiques (fièvre, température extérieure élevée, traitement diurétique, diarrhée...), notamment chez les personnes âgées dont les besoins en eau sont plus élevés que ceux de l'adulte (1500 à 1700 mL/j).

2 - Les eaux minérales naturelles distribuées en France présentent une *grande richesse* du fait de la diversité de leurs origines et de leurs compositions, ce qui leur confère un *large éventail d'utilisation*. La stabilité de leur teneur en minéraux et en oligo-éléments garantit la constance de leur composition.

3 - *La plupart des eaux minérales naturelles peuvent être consommées par toutes les catégories de la population* (hormis les nourrissons et certains malades), grâce à leur teneur modérée et équilibrée en minéraux ainsi qu'en oligo-éléments.

4 - À la différence des eaux de source, dont le résidu sec doit être inférieur à 1500 mg/L, les eaux minérales, non soumises à cette restriction, peuvent avoir des teneurs élevées en ions. Celles-ci leur confèrent des *effets bénéfiques sur la santé*, telles les *eaux riches en magnésium et surtout en calcium*, particulièrement *indiquées* :

- *pour prévenir et traiter l'ostéoporose sans apport de calories,*
- *en cas d'intolérance au lactose ou de consommation insuffisante de produits laitiers chez l'enfant, les femmes enceintes et les personnes âgées notamment.*

5 - *Contre-indications* : hormis les cas où est recherché un effet thérapeutique, plusieurs eaux minérales ont cependant une composition telle qu'elles ne devraient pas être proposées comme boissons de consommation courante. Il en est ainsi des eaux *fortement alcalines*, contenant une teneur excessive en fluor et/ou en sulfates.

6 – Dangers des eaux minérales supplémentées

• *La teneur en sucre des eaux supplémentées aromatisées “à base d’eau minérale naturelle”* fait aujourd’hui problème dans l’optique de la *lutte contre l’obésité*, notamment chez les adolescents. Une réduction de leur teneur en sucre serait hautement souhaitable.

• Une dérive *plus grave encore* est représentée par le développement de boissons *fortement sucrées et alcoolisées, amenant à d’authentiques accoutumances* : cette association est pernicieuse car le goût sucré masque celui de l’alcool : ces “*prémix*” posent aujourd’hui en France un problème de santé publique majeur, qui trouve dans “l’*ambiance des eaux minérales*” un vecteur redoutable, à combattre de toute urgence et par tous moyens appropriés.

Recommandations de l’Académie de médecine

A – Améliorer l’information du consommateur, notamment par des étiquettes précises, explicites et “lisibles”

Le plus souvent, le consommateur n’a pas conscience de la composition des eaux minérales qu’il consomme, de surcroît souvent en grande quantité (1 litre par jour voire davantage). Son information doit donc être améliorée en devenant plus précise, plus explicite et plus “lisible” (au niveau des étiquettes notamment) :

1 - *Préférer, pour la consommation familiale courante, une eau minérale naturelle peu minéralisée* si l’on souhaite remplacer l’eau de distribution.

2 - *Améliorer notablement la lisibilité de la composition des eaux minérales*. Les teneurs ioniques, notamment en *sodium, fluor* et *sulfates*, doivent être systématiquement indiquées en *gros caractères* et de manière *compréhensible avec indications explicites* concernant les *teneurs excessives en certains minéraux et oligo-éléments* (et donc “non potables” au sens réglementaire du terme). Ceci, afin de permettre au consommateur de faire un choix éclairé :

• en fonction d’*indications particulières* : par exemple, choix d’eaux riches en *calcium* chez l’enfant et chez les personnes âgées, notamment *ostéoporotiques* ; ou recours à des eaux riches en sulfates, pour lutter contre la *constipation*, notamment chez le petit enfant ou la femme enceinte (utilisation au long cours par contre déconseillée) ;

• en fonction de *contre-indications particulières* : par exemple, évitement d’eaux riches en sodium chez des malades porteurs d’HTA ou d’une autre maladie cardio-vasculaire.

3 - *Modifier les informations sur les eaux supplémentées non aromatisées “à base d’eau minérale naturelle”*. Au lieu de l’information nutritionnelle standard mentionnant l’absence de calories, de protéines, de lipides et de sucres - qui n’a *aucune pertinence concernant de l’eau* -, les teneurs en minéraux et en oligo-éléments devraient être indiquées comme pour l’eau minérale native, avec les restrictions indiquées ci-dessus.

4 - *Exprimer la teneur en sucre des eaux supplémentées aromatisées en g/L et non par 100 mL*, indication trompeuse pour le consommateur, car risquant de lui faire croire à une teneur en sucre *10 fois inférieure* à sa teneur réelle.

5 - *L'utilisation du nom de la source pour des boissons sucrées et plus encore pour les "prémix" est elle-même très discutable*, car elle laisse entendre que ladite boisson bénéficie des seules propriétés de l'eau minérale d'origine, alors qu'elle cache des *supplémentations dangereuses (boissons sucrées) voire très redoutables (boissons sucrées et alcoolisées : "prémix")*. La réglementation de ces boissons demande à être reconsidérée.

B - Développer la recherche fondamentale et clinique dans le domaine des eaux minérales

1 – *Une recherche fondamentale* doit être développée afin de mieux préciser les mécanismes d'action sur l'organisme des eaux minérales et de leurs composants. Une telle recherche doit ainsi soutenir la recherche clinique (cf. ci-dessous).

À titre d'exemple, d'autres travaux devraient être réalisés pour préciser le rôle du CO₂ sur l'absorption digestive.

2 – *Une recherche clinique* de qualité est à développer, au bénéfice de *méthodologies appropriées* (études épidémiologiques...) avec leurs difficultés et leurs limites. Cependant, des travaux ciblés, menés en toute indépendance scientifique et s'inspirant des *critères mis en place par l'Académie pour encadrer la recherche clinique thermale*, doivent permettre d'obtenir des données fiables et conduire à des *"niveaux de preuves" significatifs*.

3 – *Propositions de thèmes prioritaires* concernant :

- l'utilisation des eaux minérales chez les *personnes ou des malades à risques particuliers* : nourrissons, femmes enceintes, personnes âgées, malades atteints d'ostéoporose, de lithiase rénale, d'affections cardio-vasculaires, d'insuffisance rénale, etc...

- *les indications et les contre-indications d'eaux minérales à composition particulière* (riches en calcium, en sulfates, en magnésium...). Dans l'exemple de l'*ostéoporose*, plusieurs travaux se sont attachés à démontrer une bio-disponibilité équivalente entre le calcium de l'eau minérale et celui des laitages. Peu d'études, par contre, ont été consacrées à *son effet sur la densité osseuse* et aucune sur sa *capacité éventuelle à prévenir les fractures osseuses*. En outre, le rôle des anions, bicarbonates ou sulfates, qui accompagnent le calcium, reste controversé. De même, il y a lieu de préciser l'action de la silice (contenue dans certaines eaux) sur le métabolisme osseux.

4 - *Développer des études cliniques sur les dangers des eaux minérales supplémentées en sucre et/ou en alcool ("prémix")* (cf. ci-dessus Conclusions)

Annexes

ANNEXE 1 : Eaux minérales, calcium et os (CJ Menkès)

Le tissu osseux extra-cellulaire se compose, grossièrement, pour moitié de protéines, dont le collagène de type I et pour moitié de cristaux de phosphate de calcium. C'est dire l'importance d'une diététique correcte pour l'acquisition et le maintien d'une masse osseuse optimale car l'os est une structure en perpétuel renouvellement. Chaque cycle de remodelage comporte une phase de résorption osseuse suivie d'une phase de formation osseuse. L'équilibre entre résorption et formation est sous la dépendance de nombreux facteurs, hormones, cytokines, facteurs de croissance, activité physique, apports alimentaires. La résultante entre les quantités d'os formé et d'os résorbé est la balance osseuse qui devient négative en cas d'ostéoporose, avec une fragilisation de la matrice osseuse.

En raison du vieillissement de la population, l'ostéoporose est un problème de santé publique majeur en raison du risque de fractures et de la répercussion sur la qualité de vie des patients. L'ostéoporose se manifeste cliniquement dans des sites où il existe une proportion relativement importante d'os trabéculaire, c'est-à-dire les vertèbres (50 % d'os trabéculaire), la hanche (30 % d'os trabéculaire), le radius [Inserm1996, Heaney et coll. 2000].

De nombreux facteurs interviennent pour maintenir la solidité de l'os, mais la masse osseuse est l'un des plus importants. Une perte de 12 à 15 % de la masse osseuse double le risque de fracture. Toute diminution de la réserve en calcium du squelette entraîne une diminution de la masse osseuse avec fragilisation et risque de fracture [Heaney, 2001]. Des besoins journaliers en calcium ont été définis pour couvrir chez l'adulte les pertes par la peau, la sueur, les ongles, les urines et les sécrétions digestives, soit 4 à 8 mmol/j, en fonction de l'activité physique et des autres composants du régime, notamment du sodium. Un manque de calcium stimule la sécrétion de parathormone qui favorise la résorption osseuse [Heaney, 2000]. La dose journalière conseillée chez l'adulte, jusqu'à la ménopause, est de 25 mmol (1000 mg)/j et à partir de la ménopause de 37,5 mmol (1500 mg)/j [*Consensus Development Conference On Optimal Calcium Intake*].

Pendant la croissance, un apport suffisant de calcium est nécessaire pour acquérir un pic de masse osseuse correct, mais il n'y a pas de bénéfice supplémentaire à attendre d'un apport calcique supérieur au besoin. Il est conseillé de 2 à 8 ans : 35 mmol (1400 mg)/j et de 9 à 17 ans : 37 mmol (1500 mg)/j [Inserm 1996].

Les produits non laitiers, la viande, les légumes et les fruits, apportent environ 200 mg/jour de calcium, le complément étant assuré par les produits laitiers et les eaux minérales plus ou moins riches en calcium [Hubert et coll. 2002].

La teneur en calcium des produits laitiers (tableau I) varie de 120 mg/100 g pour les moins riches (lait entier ou demi-écrémé, fromage de Brie ou de chèvre frais) à 1200 mg pour le Beaufort et le Gruyère [Hubert et coll. 2002].

Tableau I : Teneur en calcium des principaux produits laitiers (en mg de calcium pour 100 g)**Lait et dérivés**

Lait entier ou ½ écrémé	120
Yaourts	150
Fromages frais	120
Petits-suisses	100
Crèmes glacées	130-160

Fromages

Brie	120
Chèvre frais/sec	120/200
Camembert, Pont l'Évêque	400
Roquefort	600
Beaufort, Gruyère	1200

Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires, avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau. Cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique (TH) en degrés français ($1^{\circ}\text{F} = 4 \text{ mg/L}$ de calcium).

Les eaux de source ou de distribution sont généralement peu calciques, par exemple 80 à 100 mg/L pour les eaux de distribution de la région parisienne et 30 mg/L pour la ville de Nancy [Hubert et coll. 2002].

Par contre, certaines eaux minérales sont riches en calcium avec plus de 150 mg/L :

- *eaux plates* : Talians® (596 mg/L), Contrex® (486 mg/L), Hépar® (555 mg/L), Vittel® (202 mg/L), Watwiller® (247 mg/L), Saint Amand® (230 mg/L).....
- *eaux pétillantes* : Salvetat® (253 mg/L), Quézac® (241 mg/L), San Pellegrino® (208 mg/L), Badoit® (190 mg/L), Arvie® (170 mg/L), Perrier® (149 mg/L).

Tableau II : Exemples d'eaux minérales classées selon leur richesse en calcium [Hubert et coll. 2002]

Eaux minérales pauvres en calcium		Eaux minérales riches en calcium	
<i>Source</i>	<i>Ca⁺⁺ (mg/L)</i>	<i>Source</i>	<i>Ca⁺⁺ (mg/L)</i>
Mont Roucous®	1,3	Vittel®	202
Spa® (Belgique)	3,5	Saint-Amand®	230
Celtic®	8,8	Miers-Alvignac®	436
Volvic®	9,9	Contrex®	486
Abatilles®	16,4	St-Antonin-Noble-Val®	500
Évian®	78,0	Hépar® (Vosges)	555

Le sodium augmente la calciurie et favorise la résorption osseuse mais les eaux minérales sont le plus souvent pauvres en sodium avec comme exemple d'exception l'eau de Vichy-Célestins® qui contient 1265 mg/L de sodium.

Les sulfates peuvent augmenter la calciurie chez l'animal, mais ils sont considérés comme inoffensifs chez l'homme d'autant que la concentration dans les eaux minérales dépasse rarement 1 g (Contrex 1187 mg/L).

Certaines eaux sont riches en bicarbonates qui pourraient avoir un effet freinateur sur la calciurie, surtout en association avec le potassium [Burckhardt, 2004].

Le rôle du calcium dans la prévention de l'ostéoporose et du risque de fractures a été très controversé [Kanis, 1989 ; Nordin, 1990]. Comme l'indique Heaney (2000), l'ostéoporose est une maladie plurifactorielle qui ne se résume pas à un problème de supplément diététique en calcium. Une revue générale portant sur 139 publications depuis 1975, dont 52 études randomisées et contrôlées, a montré, sauf dans deux cas, un effet positif sur l'os. Par contre les résultats des études de cohorte sont plus difficiles à interpréter en raison de la difficulté d'évaluer rétrospectivement la quantité exacte de calcium absorbé à long terme. Chez les sujets âgés de plus de 65 ans un supplément en calcium de 1300 mg à 1700 mg/j réduit la perte osseuse et le risque fracturaire, en présence de vitamine D, qui intervient dans l'absorption du calcium.

À distance de la ménopause, la privation d'œstrogènes, la carence alimentaire en calcium, la carence en vitamine D favorisent la dégradation osseuse. Chapuy et coll. (1992) ont montré que l'association de vitamine D3 et de calcium permettait de diminuer le risque de fracture du col fémoral chez des femmes âgées, en institution.

Une méta-analyse portant sur l'efficacité des suppléments en calcium pour prévenir la perte osseuse des femmes ménopausées a été publiée en 2003 par *The Cochrane Collaboration*.

L'étude a porté sur 15 publications de grande qualité, représentant 1800 femmes ménopausées traitées par placebo ou calcium, à raison de 500 mg à 2000 mg/j, avec ou sans vitamine D. L'étude de Chapuy et coll. (1992) a été écartée en raison d'une dose journalière de vitamine D dépassant les 400 UI/jour, ce qui laissait planer un doute sur la part respective du calcium et de la vitamine D, dans la prévention des fractures du col.

La mesure de la densité minérale osseuse a montré que la perte osseuse chez les femmes qui avaient pris du calcium, pendant 2 ans et plus, était moindre que celles qui étaient sous placebo.

Peu d'études ont été faites sur la prévention des fractures par les suppléments de calcium, cependant la méta-analyse montre une tendance à la réduction des fractures vertébrales et une moindre tendance à la réduction des fractures non vertébrales, en particulier, le poignet et la hanche. Les auteurs concluent sur l'importance d'un apport suffisant de calcium, avec ou sans vitamine D, selon qu'il y a ou non carence, pour prévenir la perte osseuse.

La controverse a été relancée par une publication récente mettant en cause l'intérêt du calcium dans la prévention secondaire des fractures [Record trial group, *Lancet*, 2005].

Cette étude prospective, randomisée contre placebo, a comparé chez 5292 sujets de plus de 70 ans, ayant déjà eu une fracture et non immobilisés, l'effet de 1 g/j de calcium, de 800 UI de vitamine D ou des deux associés. Avec un suivi de 24 à 62 mois, quel que soit le traitement, aucune différence dans la prévention de nouvelles fractures n'est constatée par rapport au placebo.

La discussion reste ouverte, car malgré l'importance numérique de l'étude, un certain nombre de biais méthodologiques ne permettent pas une conclusion définitive et incitent à proposer de nouvelles études [Sambrook, *Lancet*, 2005].

En cas de lithiase urinaire calcique, il convient non seulement d'assurer une diurèse quotidienne d'au moins 2 litres, mais aussi, contrairement à ce que l'on pourrait penser, un apport en calcium de 800 mg à 1000 mg par jour, pour éviter l'ostéolyse et l'aggravation de l'hypercalciurie [Hubert et coll. 2002, Curhan et coll. 1993].

Un apport suffisant de calcium est donc indispensable, un taux normal de vitamine D étant assuré, notamment chez l'enfant et les sujets de plus de 65 ans et tout spécialement chez les femmes âgées, ménopausées de longue date.

Cet apport calcique était habituellement assuré par les produits laitiers complétés éventuellement par des sels de calcium par voie orale. Ces dernières années, l'attention a été attirée sur l'intérêt des eaux minérales naturelles riches en calcium, pour compléter les apports alimentaires ou médicamenteux. Chez les sujets âgés, la consommation de produits laitiers est souvent insuffisante et l'observance de la prise régulière de sels de calcium, dont la tolérance n'est pas toujours parfaite, très mauvaise. Dans tous les cas, l'absorption du calcium est partielle et la fraction absorbée varie de façon presque linéaire avec la concentration, elle est d'autant plus faible que la concentration est élevée [Burckhardt 2004].

À partir de 1991, un certain nombre d'études se sont attachées à démontrer que la biodisponibilité du calcium des eaux minérales était aussi bonne, sinon supérieure à celle du calcium des produits laitiers. Ainsi, pour le lait, la fraction absorbée varie de 26,7 % à 31,7 % et pour les préparations pharmaceutiques, elle varie de 25 % à 35 % [Böhmer et coll. 2000].

La mesure du coefficient d'absorption du calcium de l'eau minérale comparée au calcium des produits laitiers a été faite sur de petits groupes de volontaires sains avec un double marquage par des traceurs de calcium isotopiques stables (Ca^{44} , Ca^{48}) ou instables, ces derniers utilisés pour les premières mesures (Ca^{45} , Ca^{47}). Contrairement aux traceurs radio-isotopiques qui comportent un risque de radiations ionisantes, les isotopes stables sont naturellement présents dans les tissus et les aliments. Ils doivent donc être administrés en quantité suffisante pour pouvoir être détectés. La fraction absorbée peut être calculée par différentes techniques. Le double marquage permet de comparer dans les urines l'isotope administré à la fois par voie veineuse et par voie orale. Plus récemment B Bacciottini et coll. (2004) ont utilisé un simple marquage par un isotope stable, le Ca^{44} du lait et d'une eau minérale calcique, en calculant la fraction absorbée à partir des échantillons plasmatiques obtenus après la prise orale et examinés en spectrométrie de masse. Ils ont obtenu ainsi, chez leurs 27 sujets sains, un pourcentage d'absorption de $23,15 \pm 4,06$ pour le lait et pour l'eau de $22,53 \pm 2,53$ chez les hommes, de $22,57 \pm 2,10$ chez les femmes non ménopausées et de $21,62 \pm 3,12$ pour les femmes ménopausées. Ils concluent à une biodisponibilité équivalente entre le lait et les eaux minérales riches en calcium. Couzy et coll. (1995) se sont également intéressés à l'anion sulfate associé au calcium de l'eau Contrex, de Contrexéville. Ils n'ont pas constaté d'effet calciurique lié à la forte teneur en sulfates.

Dans leur revue générale sur la biodisponibilité du calcium des eaux minérales, avec méta-analyse, Böhmer et coll. (2000) concluent que malgré le petit nombre d'études et

de sujets explorés il y a au moins équivalence avec les produits laitiers.

Tableau III : Publications sur l'absorption du calcium des eaux minérales [D'après BÖHMER et coll. 2000]

Publication	Année	N	Sujets	Résultats
Halpern et coll	1991	15	Intolérants au lactose	Équivalence
Heaney et Dowell	1994	18	Femmes saines	Équivalence
Couzy et coll	1995	9	Femmes saines	Équivalence
Van Dokkum et coll	1996	12	Jeunes femmes saines	Équivalence mais la prise avec un repas de spaghetti augmente la biodisponibilité du calcium de l'eau de 37 % à 46,1 %
Wynckel et coll	1997	12	Étudiants 8 H 4 F	Absorption comparable avec différentes concentrations de Ca (10,3 ; 78 et 467 mg/L)

Contrastant avec les travaux sur la biodisponibilité du calcium de l'eau minérale, peu d'études ont porté sur l'évaluation de la masse osseuse. Cepollaro et coll. (1996) ont suivi 45 femmes ménopausées, âgées de 48 ans à 57 ans (moyenne $52,58 \pm 1,99$ ans) randomisées en deux groupes, l'un recevant une eau riche en calcium (408 mg/L), l'autre groupe, une eau plus faiblement minéralisée (80 mg/L). La densité minérale osseuse a été mesurée par tomодensitométrie sur le radius distal, avant et après une période de 13 ± 1 mois. L'apport journalier global en calcium était différent entre les 2 groupes : 1510 ± 202 mg/j, pour l'un et 949 ± 181 mg/j pour l'autre. Au terme de l'étude, la densité minérale osseuse n'avait diminué, de façon significative, que dans le groupe qui recevait le moins de calcium.

Plus intéressants, apparaissent les résultats obtenus à partir de la cohorte française, EPIDOS [Aptel et coll. 1999]. Entre janvier 1992 et janvier 1994, 7575 femmes âgées d'au moins 75 ans ont été recrutées, sur la base du volontariat, à Amiens, Lyon, Montpellier, Paris et Toulouse pour déterminer les facteurs de risque de la fracture du col du fémur. L'étude a porté sur l'influence des eaux calciques sur la mesure de densité minérale osseuse à l'extrémité supérieure du fémur, par absorptiométrie biphotonique. Toutes les femmes ayant reçu un traitement susceptible d'interférer avec le métabolisme osseux ont été exclues de l'analyse qui a donc porté sur 4434 sujets. L'apport quotidien moyen en calcium était de 830 mg/j dont 15 % provenait de l'eau. L'eau consommée provenait pour 43 % de l'eau du robinet, pour 36 % de l'eau minérale et pour 21 % d'un mélange des deux.

Une corrélation significative a été trouvée, au col fémoral entre les apports en calcium et la densité minérale osseuse du col du fémur ($r=0,10$; $p<0,001$). Après ajustement des variables pouvant influencer la densité osseuse, l'analyse statistique a montré que

l'augmentation de 100 mg/j du calcium de l'eau de boisson augmentait de 0,5 % la densité du col fémoral, alors qu'une augmentation identique venant d'autres sources ne l'augmentait que de 0,2 %, sans que cette différence soit significative.

Un résultat identique a été rapporté par Costi et coll. (1999) sur une population de femmes italiennes, âgées de 30 ans à 70 ans. Les 255 sujets recrutés ont été divisés en 2 groupes selon la richesse en calcium de l'eau consommée. La consommation globale de calcium a seule été prise en compte, sans préciser la part revenant à l'eau minérale. La densité minérale osseuse a été mesurée par absorptiométrie biphotonique au niveau du rachis. Elle était plus élevée dans le groupe consommant habituellement une eau minérale riche en calcium (318 mg/L).

Au plan biologique, Guillemant et coll. (2002) ont montré sur 15 volontaires sains, un effet freinateur sur l'hormone parathyroïdienne et le marqueur sérique de résorption osseuse CTX (C télopeptide du collagène de type I) du calcium provenant d'une eau minérale contenant 596 mg/L de Ca, comparée à une eau pauvre en Ca (9,9 mg/L) et à 600 mg de Ca sous forme de phosphate tricalcique. Pour une même dose de 600 mg de calcium, l'effet freinateur sur le CTX était plus important après une prise fractionnée de l'eau minérale fortement calcique.

Le rôle des ions, autres que le calcium, sur l'homéostasie calcique et la résorption osseuse a également été étudié [Roux, 2004]. Chez 60 femmes de moins de 80 ans vivant en institution, on a comparé l'effet à court terme, sur les marqueurs de résorption et sur la parathormone, d'une eau calcique riche en bicarbonates (2179 mg/L et 606 mg/L de Ca) à une eau riche en sulfates (1550,5 mg/L et 559,59 mg/L de Ca). L'action de l'eau riche en bicarbonates sur les paramètres biologiques était supérieure à celle de l'eau riche en sulfates, mais cette différence pourrait également tenir à la présence notable de silice (92,4 mg/L) dans l'eau bicarbonatée. Pour Buclin et coll (2001), un régime de type alcalin avec une eau riche en bicarbonates serait moins hypercalciurique qu'un régime acide avec une moindre excrétion du C-télopeptide urinaire, sans que l'on sache si cette particularité biologique est cliniquement significative.

Conclusion et Recommandations

On peut donc considérer actuellement que :

- l'eau minérale assure un *complément nutritionnel sans apport de calories*. L'étude SU.VI.MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants) [GALAN et coll. 2002] a confirmé que 45 % des hommes et 62 % des femmes avaient une ration calcique inférieure à la dose journalière recommandée d'au moins 1200 mg, mais ceux qui consommaient régulièrement une eau minérale riche en calcium avaient un apport nettement supérieur à ceux qui prenaient des produits lactés habituels et une eau ordinaire ;
- *la consommation de produits lactés est notoirement insuffisante chez les sujets âgés* pour qui le calcium de l'eau minérale est particulièrement recommandé en raison de sa facilité d'administration en plusieurs prises qui augmentent la biodisponibilité ;
- *les sujets intolérants au lactose ou qui n'aiment pas le lait et ses dérivés*, première source de calcium, peuvent avoir recours aux eaux calciques ;

- ces eaux permettent de palier à *la mauvaise observance et à la mauvaise tolérance des suppléments calciques médicamenteux* ;
- dans tous les cas il faut rechercher et éventuellement corriger une *carence en vitamine D*, tout particulièrement chez les sujets âgés en institution et ne pas négliger les bienfaits de *l'exercice physique associé*.

Références

- INSERM *Ostéoporose. Stratégies de prévention et de traitement*. Les Éditions INSERM 1996, Paris. 1 vol. 248 p.
- Heaney RP. Calcium dairy products and osteoporosis. *J Am Coll Nutr* 2000;19:835-895.
- Heaney RP. Calcium needs of the elderly to reduce fracture risk. *J Am Coll Nutr* 2001;20:1929-1975.
- NIH Consensus Conference : optimal calcium intake. *JAMA* 1994;272:1942-1948.
- Hubert J, Hubert C, Jungers P, Daudon M, Hartemann P. Eau de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique. Quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse ? *Progrès en Urologie* 2002;12:692-699.
- Burckhardt P. Eaux minérales et santé osseuse. *Rev Méd Suisse Romande* 2004;124:101-103.
- Kanis JA, Passmore R. Calcium supplementation of the diet : not justified by present evidence. *BMJ* 1989;298:137-140.
- Nordin BEC, Heaney RP. Calcium supplementation of the diet : justified by present evidence. *BMJ* 1990;300:1056-1060.
- Chapuy MC, Arlot ME, Duboeuf F, Brun J, Crouzet JB, Arnaud S, Delmas PD, Meunier P J. Vitamin D3 and calcium to prevent hip fractures in the elderly women. *N Engl J Med* 1992;327:1637-1642.
- The Cochrane Database of Systematic Reviews (complete reviews). Calcium supplementation on bone loss in post menopausal women. *The Cochrane Library* 2003 ; issue 4. Art. n°:CD 004526.
- Record trial group. Oral vitamin D3 and calcium for secondary prevention of low trauma fractures in elderly people (Randomized Evaluation of Calcium or Vitamin D, RECORD) : a randomized placebo controlled trial. *Lancet* 2005,May 7;365(9471):1621-8.
- Sambrook P. Vitamin D and fractures : quo vadis ? *Lancet* 2005,May 7;365(9471):1599-1600.
- Curhan GC, Willet WC, Rimm EB, Stampfer MJ. A prospective study of dietary calcium and other nutrients and the risk of symptomatic kidney stones. *N Engl J Med* 1993;328:833-838.
- Böhmer H, Müller H, Resch KL. Calcium supplementation with calcium-rich mineral waters : a systematic review and meta-analysis of its bioavailability. *Osteoporosis Int* 2000;11:938-943.
- Bacciottini L, Tanini A, Falchetti A, Masi L, Franceschelli F, Pampolini B, Giorgi G, Brandi M. Calcium bioavailability from a calcium-rich mineral water, with some observations on method. *J Clin Gastroenterol* 2004;38:761-766.
- Couzy F, Kastenmayer P, Vigo M, Clough J, Munoz-Box R, Barclay D. Calcium bioavailability from a calcium and sulfate-rich water, compared with milk, in young adult women. *Am J Clin Nutr* 1995;62:1239-1244.

- Halpern G, Van de Water J, Delabroise AM. Comparative uptake of calcium from milk and a calcium-rich mineral water in lactose intolerant adults : implications for treatment of osteoporosis. *Am J Prev Med* 1991;7:379-383.
- Heaney RP, Dowell MS. Absorbability of the calcium in a high-calcium mineral water. *Osteoporosis Int* 1994;4:323-324.
- Van Dokkum W, de la Guéronnière V, Schaafsma G, Bouley C, Luten J, Latgé C. Bioavailability of calcium of fresh cheeses, enteral food and mineral water. A study with stable calcium isotopes in young adult women. *B J Nutr* 1996;75:893-903.
- Wynckel A, Hanrutel L, Wuillai A, Chanard J. Intestinal absorption from mineral water. *Miner Electrolyte Metab* 1997;23:88-92.
- Cepollaro C, Orlandi G, Gonnelli S, Ferrucci G, Arditti JC, Borracelli D, Toti E, Gennari C. Effect of calcium supplementation as a high-calcium mineral water on bone loss in early post menopausal women. *Calcif Tissue Int* 1996;59:238-239.
- Aptel I, Cance-Rouzaud A, Grandjean H for the EPIDOS study group. Association between calcium ingested from drinking water and bone mineral density in elderly women : evidence from the EPIDOS cohort. *J Bone Miner Res* 1999;14:829-833.
- Costi D, Calcaterra PG, Lori N, Vourna S, Nappi G, Passeri M. Importance of bioavailable drinking water for the maintenance of bone mass in post menopausal women. *Endocrinol Invest* 1999;22:852-856.
- Guillemant J, Accarie C, de la Guéronnière V, Guillemant S. Calcium in mineral water can effectively suppress parathyroid function and bone resorption. *J Nutr Res* 2002;22:201-210.
- Roux S, Baudoin C, Boute D, Brazier M, de la Guéronnière V, de Vernejoul MC. Biological effects of drinking water mineral composition on calcium balance and bone remodeling markers. *J Nutr Health Aging* 2004;8:380-384.
- Buclin T, Cosma M, Appenzeller M, Jacquet AF, Décosterd LA, Biollaz J, Burckhardt P. Diet acids and alkalis influence calcium retention in bone. *Osteoporosis Int* 2001;12:493-499.
- Galan P, Arnaud MJ, Czernichow S, Delabroise AM, Preziosi P, Bertrais S, Franchisseur C, Maure M, Favier A, Hercberg S. Contribution of mineral waters to dietary calcium and magnesium intake in a French adult population. *J Am Diet Assoc* 2002;102:1658-1682.

ANNEXE 2 : Eaux minérales et fluor (CJ Menkès)

Le fluor a été proposé dès 1981, par Meunier, pour traiter l'ostéoporose, en association avec le calcium et la vitamine D. Il se fixe sur le cristal osseux et stimule les ostéoblastes, avec formation d'un os nouveau et augmentation de la densité minérale osseuse.

Pendant plusieurs années, jusqu'à l'introduction des bisphosphonates de deuxième génération avec comme chef de file, l'alendronate, le fluor a largement été prescrit en France pour le traitement de l'ostéoporose avérée. Des résultats contradictoires avaient été rapportés sur la prévention des fractures vertébrales et non vertébrales parmi les populations consommant une eau riche en fluor [Meunier et coll. 1989].

Malheureusement, l'os néo-formé sous l'influence du fluor se minéralisait mal, avec l'apparition d'une ostéomalacie malgré un apport suffisant en vitamine D et calcium. Ce défaut de minéralisation se traduisait, au plan clinique, par des douleurs des extrémités,

notamment aux membres inférieurs avec une hyperfixation linéaire, à la scintigraphie osseuse au Technétium, témoignant de micro fractures pouvant se transformer en fractures complètes [Ostéoporose-Inserm 1996]. Le fluor agit, en effet, essentiellement sur l'os spongieux et peu ou pas sur l'os cortical. L'étude de Riggs et coll (1990) a comparé le placebo à 75 mg/jour de fluorure de sodium, avec un apport de 1500 mg/jour de calcium chez 202 femmes ménopausées. Après 4 ans, contrastant avec l'augmentation prévisible de la densité minérale osseuse surtout au rachis, il n'y avait pas de réduction du nombre de fractures vertébrales mais une augmentation des fractures périphériques, par rapport au groupe placebo.

Ces résultats ont été critiqués en raison de la dose relativement élevée de fluor utilisée et 4 ans plus tard Riggs et coll. (1994) ont confirmé qu'avec des doses inférieures à 37,5 mg/j de fluor, on observait une diminution du taux des seules fractures vertébrales, avec une efficacité très variable selon les sujets puisque 30 % seulement sont répondeurs. La difficulté de distinguer la dose efficace de la dose toxique, la mauvaise tolérance générale du traitement, surtout en cas d'insuffisance rénale, la variabilité imprévisible et le faible nombre de patients répondeurs, font que le fluor n'est plus utilisé comme traitement de l'ostéoporose.

Les eaux de source et de distribution sont soumises au décret du 20 décembre 2001 qui limite les concentrations de fluor à moins de 1,5 mg/L pour les régions tempérées [Hubert et coll. 2002]. Ainsi, par exemple, l'eau de distribution parisienne contient 0,17 mg/L de fluor.

Les eaux minérales naturelles ne sont pas soumises aux mêmes restrictions et certaines eaux sont particulièrement riches en fluor.

Il en est ainsi pour :

- eaux plates : Sail-les-Bains® (6,5 mg/L), Orée du Bois® (2,8 mg/L), Wattwiller® (2,4 mg/L), Saint-Amand® (2,1 mg/L)...

- eaux pétillantes : Saint-Yorre® (8,9 mg/L), Célestins® (6 mg/L), Quézac® (2 mg/L), Badoit® (1,8 mg/L)...

La pharmacocinétique du fluor apporté par l'eau de Saint-Yorre-Royale® a montré que la concentration maximale plasmatique, rapportée à la dose de fluor ingérée, est supérieure après l'ingestion d'eau minérale, comparée à un comprimé de fluorure de sodium. Il en est de même pour le moment du pic maximum qui est plus précoce avec l'eau [Chevrel et coll 1993].

La consommation régulière de l'eau de Saint-Yorre-Royale® sur plus de 5 ans a montré chez 2/3 des sujets une augmentation discrète, mais significative, de la densité minérale lombaire par rapport à un groupe témoin, ainsi qu'une fluorurie et un taux d'ostéocalcine élevés [Meunier et coll 1989] sans que la preuve d'une réduction du risque fracturaire soit apportée.

Plusieurs cas de fluorose osseuse, responsable de symptômes cliniques osseux, ont été décrits chez des personnes consommant de grandes quantités d'eau de Saint-Yorre®. Certains souffraient d'une insuffisance rénale mais d'autres, sans trouble de la fonction rénale, avaient consommé pendant de nombreuses années des quantités importantes de cette eau [Meunier et coll 1989].

Les radiographies montraient un aspect d'ostéocondensation du bassin et du rachis typique de la fluorose osseuse, confirmée par l'analyse histomorphométrique des biopsies osseuses et la mesure du fluor osseux.

Le fluor est actuellement utilisé pour la prévention de la carie dentaire chez l'enfant. Ce supplément fluoré doit être administré avec prudence car un surdosage entraîne une fluorose dentaire avec une anomalie de l'émail dentaire et des dents ayant un aspect tacheté, particulièrement disgracieux. Il convient de tenir compte de l'ensemble des apports en fluor et tout particulièrement du fluor contenu dans l'eau de boisson ou dans l'eau qui sert à préparer les biberons [Buzalaf et coll 2001].

Selon l'Afssaps, la supplémentation fluorée doit être maintenue dans la prévention de la carie dentaire de la naissance à 12 ans. La dose prophylactique optimale est de 0,05 mg de fluor/kg/jour sans dépasser 1 mg par jour, tous apports fluorés confondus, dans les régions où l'eau de distribution contient moins de 0,3 mg/L de fluor. Dans les régions où l'eau de distribution contient plus de 0,3 mg/L de fluor, les comprimés ou gouttes supplémentaires ne doivent pas être prescrits [Fourcade, *Quotidien du Médecin* 2005].

Conclusion et recommandations

- L'effet préventif sur le risque fracturaire et l'effet curatif du *fluor dans l'ostéoporose* ne sont pas démontrés.
- Une eau minérale riche en fluor, consommée en quantité excessive ou en cas d'insuffisance rénale, peut induire une *ostéose fluorée*.
- Le fluor est actuellement utilisé, uniquement, pour *la prévention de la carie dentaire* de la naissance à 12 ans.
- Pour éviter un effet toxique du fluor sur l'émail dentaire et la formation osseuse de l'enfant, il est fondamental de *tenir compte de l'apport en fluor des eaux de boisson qui vient s'ajouter aux autres sources de fluor* (médicaments, sel, dentifrices...)

Références

- Briançon D, Meunier PJ. Treatment of osteoporosis with fluoride, calcium, and vitamin D. *Orthop Clin North Am* 1981;12:629-648.
- Meunier PJ, Femenias M, Duboeuf F, Chapuy MC, Delmas PD. Augmentation de la densité minérale osseuse chez les grands buveurs d'une eau minérale riche en fluor. *Presse Méd* 1989;18:1423-1426.
- INSERM. Ostéoporose. *Stratégies de prévention et de traitement*. Les Éditions INSERM 1996, Paris ; 1 vol, 248 pages.
- Riggs BL, Hodgson SF, O'Fallon WM, Chao EY, Wahner HW, Muhs JM, Cedel SL, Melton LJ. Effect of the fluoride treatment on the fracture rate in post menopausal women with osteoporosis. *N Engl J Med* 1990;322:802-809.
- Riggs BL, O'Fallon WM, Lane A, Hodgson SF, Wahner HW, Muhs J, Chao E, Melton LJ. Clinical trial of fluoride therapy in post menopausal osteoporotic women : extended observations and additional analysis. *J Bone Miner Res* 1994;9:265-275.

- Hubert J, Hubert C, Jungers P, Daudon M, Hartemann P. Eau de boisson et lithiase calcique idiopathique. Quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse ? *Progrès Urol* 2002;12:692-699.
- Chevrel G, Barbey E, Meunier PJ. Pharmacocinétique du fluor apporté par l'eau de Saint-Yorre-Royale. *Rev Rhum (Ed Fr)* 1993;60:802-807.
- Buzalaf MAR, Granjeiro JM, Damante CA, de Ornelas F. Fluoride content of infant formulas prepared with deionized, bottled mineral and fluoridated drinking water. *J Dent Children* 2001;37-41.
- Fourcade M. Pour une supplémentation en fluor raisonnée. *Quotidien du Médecin* 2005; N°7689:8.

ANNEXE 3 : Radioactivité des eaux minérales

Des Valeurs-Guides pour la radioactivité de l'eau de boisson ont été recommandées pour la première fois par l'OMS et publiées dans sa première édition des *Guidelines for drinking water quality* en 1984. Elles reposaient à l'époque sur les données disponibles sur les risques d'exposition aux sources de radiations ou rayonnement. Depuis, d'autres informations ont complété ces données sur leurs conséquences sur la santé, et les risques estimés ont été révisés ainsi que les recommandations de l'ICRP (*International Commission of Radiological Protection*). Ces informations ont été prises en compte par l'OMS pour la proposition de nouvelles "valeurs-guides" qui ont été transcrites en droit national dans l'arrêté du 12 mai 2004 fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à l'alimentation humaine applicables à compter du 1^{er} janvier 2005 (*J.O.* du 18 juin 2004).

Les éléments radioactifs introduits dans l'environnement peuvent provenir d'un certain nombre de sources d'origine naturelle ou humaine.

Les sources d'origine humaine proviennent du développement de l'énergie nucléaire pour les besoins de la production d'énergie, des retombées des armes et des accidents nucléaires, et de l'utilisation médicale des sources radioactives. Les radioéléments importants pour la contamination des eaux sont le tritium, les isotopes du césium et le strontium-90, tous émetteurs β . Ils ne sont pas détectés dans les eaux minérales.

Les sources naturelles incluent les éléments produits par les rayonnements cosmiques, tels le carbone-14 et le béryllium-7, émetteurs β qui peuvent trouver leur cheminement à travers les eaux de pluie et des éléments de nature cosmogénique, tels l'uranium et le thorium entraînés par le lessivage des sols. Parmi ces derniers, l'uranium-234, l'uranium-238 et ses produits de filiation : radium-226, polonium et plomb-210, émetteurs α apportant une contribution déterminante à la dose délivrée à l'homme alors que les radionucléides de la chaîne du thorium sont moins représentés.

En solution dans les eaux embouteillées, les produits de filiation gazeux des chaînes naturelles : radon-222 et radon-220, n'apportent qu'une contribution très marginale à l'exposition du public. Le potassium-40, émetteur β , et contributeur important également d'origine cosmogénique, trouve sa voie vers l'homme par la chaîne alimentaire et non directement par l'eau.

Bien qu'il y ait des variations locales qui dépendent d'un nombre important de facteurs tels que l'altitude, le taux de radionucléides dans le sol, l'âge du sujet et ses habitudes alimentaires, la contribution de l'eau de boisson à l'exposition totale de l'homme est très petite.

Différentes études ont été publiées sur la radioactivité des eaux minérales françaises, notamment par Remy et Pellerin (1982), Remy et Aumaitre (1982) et Metivier et Roy (1998). Les concentrations en radionucléides des eaux étudiées varient avec la salinité, les eaux gazeuses et salines étant les plus réactives : leur radioactivité atteignait en 1990 2500 mBq/L pour le ^{234}U et 1800 mBq pour le ^{226}Ra . Un problème spécifique concerne l'exposition des nouveaux-nés [Metivier et Roy, 1998]. Cependant, les eaux non gazeuses et non salines utilisées pour le coupage des biberons n'entraînent qu'une dose engagée très faible malgré un facteur de transfert digestif de l'uranium et de ses produits de filiation plus élevé chez le nouveau-né.

Parmi les autres travaux qui ont été effectués sur ce sujet en Europe, des données intéressantes ont été publiées en Espagne qui est particulièrement riche en sources d'eaux minérales que l'on peut répartir suivant 3 zones géographiques d'origine granitique à l'ouest, sédimentaire au centre, et calcaire à l'est. Depuis ces deux dernières décennies, ce pays a connu un accroissement considérable de sa consommation en eaux minérales embouteillées au détriment de l'eau d'alimentation courante.

C'est en Catalogne que fut publiée, de ce fait, la première enquête importante sur la radioactivité naturelle de l'eau de boisson par Ortega X, Valles I et Serrano I en 1996. Elle concernait l'analyse des activités globales α et β de 800 échantillons d'eau embouteillée et du robinet prélevés entre 1986 et 1993. Parmi les résultats concernant les eaux minérales embouteillées, il est intéressant de noter que sur 20 échantillons prélevés dans la région de Caldes de Malavella, fut observée une corrélation entre le degré de salinité de l'eau et sa radioactivité due au radium. Les eaux thermales de cette région ont révélé les plus hautes concentrations de ^{226}Ra (860-960 mBq/L) corrélées à une salinité élevée (supérieure à 1000 mg/L).

D'autres mesures des activités α et β furent publiées en 1997 et 1999 par Duenas C, Fernandez MC et al. sur 84 échantillons d'eau prélevés en Espagne.

Les résultats montrèrent que sur ces échantillons espagnols, les concentrations en ^{226}Ra étaient comprises entre 2 et 600 mBq/L avec une moyenne géométrique de 12,0 alors que pour le ^{222}Rn les concentrations étaient comprises entre 1,4 et 52 mBq/L avec une moyenne géométrique de 1,2.

Il est intéressant de noter que cette dernière publication mentionne, comparativement, les résultats d'une compilation faite, pour différents pays, par GANS I. en 1985, dans laquelle, pour 11 échantillons français, les concentrations indiquées pour le ^{226}Ra étaient comprises entre 37 et 960 mBq/L avec une moyenne géométrique de 44.

D'après l'arrêté du 12 mai 2004, lorsque l'activité α globale dépasse la "valeur-guide" de $0,1 \text{ Bq/L}^{-1}$, il doit être procédé à l'identification des radionucléides naturels, soit ^{234}U , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Po et ^{210}Pb .

Ces résultats paraissent donc, dans leur ensemble, satisfaisants pour les curistes qui n'effectuent dans une station thermale qu'un séjour de courte durée mais, dans le cas du

radon, qui est un gaz, ils peuvent cependant justifier, pour les salariés travaillant dans les établissements thermaux à longueur d'année, une surveillance particulière.

Rapport au nom d'un groupe de travail constitué des membres de l'Académie suivants : MM C Boudène, JM Bourre, D Couturier, JF Duhamel, CJ Menkès, JP Nicolas, P Queneau (coordinateur), des invités suivants : MM M Fantino, J Hubert, P Jungers, B Vellas et des experts consultés suivants : Pr C Jaffiol, Pr MA Bruhat, Dr D Gallot, Dr JB Chareyras, Dr M Daudon.

Publié dans • *Rapports de l'Académie Nationale de Médecine*. Rapports, communiqués et recommandations de l'Académie nationale de médecine en 2007 sous la direction de Pierre Ambroise-Thomas. EMI, Lavoisier 2008:239-286.

- Place des eaux minérales dans l'alimentation. Patrice Queneau et Jacques Hubert. *Bull Acad Natle Méd* 2006;190,9:2013-2021, séance du 14 novembre 2006 (résumé et conclusions).
- Indications des eaux de boisson. Patrice Queneau et Jacques Hubert. *La revue du Praticien Médecine générale* 2009;23,n°823/2 juin 2009 (extraits).