

#### **I.7.4 Maladies liées au manque d'eau :**

L'absence ou la rareté de l'eau est à l'origine de nombreuses pathologies. L'hygiène défectueuse favorise la multiplication et la transmission des poux, de la gale qui sont responsables de certaines pathologies cutanéomuqueuses. [34]

#### **I.7.5 Maladies liées à la présence de substances chimiques dans l'eau :**

Ce sont

- ✓ la fluorose dentaire qui est due à une intoxication chronique par le fluor
- ✓ le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication chronique par le plomb.
- ✓ l'hydrargyrisme, une intoxication au mercure
- ✓ l'arsenicisme, une intoxication par l'arsenic. [34]

Des généralités passées en revue sur les différents types d'eau ; leurs qualités, leurs compositions, leurs apports pour l'organisme en un mot leurs avantages comparatifs, on a fait le choix de nous intéresser aux eaux minérales objet de cette étude.

## **II. EAUX MINÉRALES**

### **II.1 Définition et caractéristiques**

Toutes les eaux sont minérales, seule l'eau distillée est pure. Une eau est dite « minérale naturelle » si elle est d'origine souterraine naturellement pure (sans polluant) sans avoir subi de traitement, si sa composition physico-chimique est constante ainsi que l'ensemble des critères de qualité telle la température, l'aspect visuel, le goût, le débit, si ses qualités thérapeutiques ont

été reconnues par l'Académie Nationale de Médecine et si l'administration au public en a été autorisée par le Ministère chargé de la Santé [19].

Les eaux minérales sont ainsi une catégorie d'eau se révélant être une solution curieuse élaborée par la nature et qui se caractérise par une présence importante de substances minérales. Mais ce n'est pas la teneur totale en sels minéraux, ni la température qui confère à une eau le titre " eau minérale ".

En effet certaines eaux minérales présentent des minéralisations bien plus faibles que l'eau de robinet. Par exemple l'eau de Volvic n'a que 102 mg/l de sels minéraux alors que l'eau du robinet peut en contenir jusqu' à 1 500 mg/l [5].

D'après G. Van BENEDEN la teneur en minéralité (teneur plus ou moins forte en minéraux) se situe entre 0 et 40g (teneur en sel de l'eau de mer). Une eau minérale peut être exploitée en usage externe ou interne dans un établissement thermal ou seulement mise en bouteille.

Une eau minérale sera donc caractérisée par :

- ✓ La notion de gisement hydrominéral, il faut y comprendre une nappe phréatique profonde et protégée par la nature des couches géologiques ;
- ✓ la stabilité de leur composition ;
- ✓ Leur pureté originelle, elles ne peuvent pas contenir des composés anthropiques (liés aux activités de l'homme) ;
- ✓ Le fait qu'elles ne subissent aucun traitement chimique de désinfection : les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer afin d'éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer, et le manganèse sont l'aération, la décantation et la filtration.

En résumé ce qui définirait une eau minérale sera en fait son origine souterraine, sa stabilité de composition, et l'absence de tout traitement désinfectant.

## **II.2 Origine et production**

### **II.2.1 Origine**

La quasi-totalité des eaux minérales a une origine météorique : l'eau de pluie s'infiltré dans le sol, emprunte des fissures et s'enfonce profondément sous terre. Elle chemine très lentement et revient vers la surface pour émerger. Avant d'émerger, l'eau d'Evian est restée sous terre 14 ans, 50 ans pour l'eau de Contrexéville et 1 400 à 5 000 ans pour les eaux des Pyrénées.

Au cours de ce long périple souterrain, l'eau dissout les terrains traversés et se charge en minéraux.

Il a fallu jusqu' à 5 000 ans, pour que la nature élabore une eau minérale.

La qualité et la composition d'une eau dépend étroitement de son origine, en raison de la structure géologique du bassin d'alimentation propre à chaque nappe souterraine (eau courante ou stagnante) [7].

### **II.2.2 production et composition des eaux minérales.**

Produit naturel d'exception, la principale caractéristique de l'eau minérale Naturelle réside dans sa pureté originelle.

Une eau minérale naturelle ne peut être que d'origine souterraine et s'être constituée à l'abri d'un système hydrogéologique qui la protège naturellement.

Afin de préserver cette pureté originelle, la plupart des grandes marques bénéficient, de la part des entreprises exploitantes, d'une démarche volontariste

de gestion durable de la ressource en eau et constituent des sites protégés et riches en biodiversité.

Chaque eau minérale naturelle a une composition spécifique qui lui confère une identité et un goût uniques.

La diversité de composition des eaux minérales naturelles en minéraux et oligoéléments permet au consommateur de choisir celle qui lui convient suivant ses besoins physiologiques.

## **II.3 Quelques exemples de qualités thérapeutiques**

### **II.3.1 Les eaux minérales contenant du calcium et du Magnésium :**

L'eau riche en sels minéraux est composée essentiellement de calcium, de magnésium et de sulfates. Celle qui est riche en calcium répond aux besoins des enfants et des femmes ménopausées. Toutefois elle est à consommer avec modération et en alternance avec une eau faiblement minéralisée.

Celle qui est riche en magnésium permet de lutter contre la fatigue et limite certains risques de déficience. Elle doit être consommée avec modération et en alternance avec une eau faiblement minéralisée.

Une femme qui a atteint la ménopause a besoin chaque jour de plus de calcium et de magnésium pour la solidité de ses os. Elle recevra cet apport en buvant une eau minérale riche en calcium et en magnésium.

### **II.3.2 Les eaux sulfurées**

Avec la forte présence d'acide sulfurique, les eaux sulfurées ont un taux élevé en soufre qui exerce une action curative sur les muqueuses, lieu de développement des infections chroniques. Elles sont utilisées pour lutter contre les maladies des voies respiratoires (rhinites, otites, asthme, bronchites).

### **II.3.3 Les eaux sulfatées**

Chargées en soufre, les eaux sulfatées sont indiquées dans les affections du rein et dans certaines maladies métaboliques (eaux sulfatées calciques). Elles sont aussi indiquées pour le traitement des eczémas, des séquelles et cicatrices de brûlure.

### **II.3.4 Les eaux chlorurées**

Ici, le chlorure de sodium prédomine. Provenant souvent de gisements de sel gemme, les eaux chlorurées ont un effet stimulant sur la croissance et sont indiquées dans le traitement des troubles du développement.

### **II.3.5 Les eaux bicarbonatées**

Ces eaux ont pour élément principal le bicarbonate. Les eaux bicarbonatées sodiques facilitent le traitement de certaines affections gastro-intestinales et hépatobiliaires ; elles régularisent la motricité du tube digestif, atténuent les spasmes digestifs et ont également une action cicatrisante sur la muqueuse intestinale. Les eaux bicarbonatées calciques ont un effet anti-inflammatoire, apaisant et cicatrisant en dermatologie, notamment dans le traitement de l'acné et des brûlures.

### **II.3.6 Les eaux à minéralisation spéciale**

Riches en cuivre, fer ou arsenic... Les eaux contenant du cuivre sont indiquées en dermatologie ; celles contenant du fer le sont dans certains traitements de l'anémie ; celles contenant de l'arsenic dans toutes les allergies. De façon générale, ces eaux renforcent le système immunitaire.

### **II.3.7 Les eaux minérales hyperthermales**

Certaines de ces eaux (chaudes), de composition différente, ont un effet décontractant et calmant sur les douleurs rhumatismales et sont anti-inflammatoires en gynécologie.

Leurs qualités thérapeutiques, leurs apports et contribution à l'organisme, leurs exigences de provenance, de composition, de pureté et l'observation de règles strictes de leur exploitation imposent un contrôle de qualité des eaux minérales.

## **II.4 Processus d'embouteillage**

Extraite de son gisement hydrominéral, l'eau minérale naturelle ne doit pas être exposée à des risques susceptibles de dégrader sa qualité originelle.

Ceci implique une mise en bouteille obligatoire sur la zone d'émergence, obéissant aux règles fondamentales d'hygiène et de bonnes pratiques de la profession.

L'eau est d'abord puisée en profondeur grâce à des équipements adéquats et parfaitement protégés (forages, puits, etc.).

Elle n'entre jamais en contact direct avec l'air ambiant. Elle est acheminée via des canalisations, le plus souvent en acier inoxydable, vers le site d'embouteillage.

Les eaux issues de gisements hydrominéraux protégés présentent l'avantage de n'avoir aucune connexion avec les réseaux d'eau d'adduction et ne sont donc soumis à aucun aléa de pollutions majeures ; elles représentent donc une ressource importante lorsque l'eau d'adduction est polluée.

Ces eaux sont alors l'aliment de première nécessité lorsqu'un incident se produit et permettent de secourir les populations.

Les bouteilles, qui ont vocation à protéger la pureté et l'intégrité de l'eau jusqu'à sa consommation à la table du consommateur, sont produites sur place.

La bouteille garantit la sécurité alimentaire et la qualité de l'eau en délivrant à la table du consommateur l'eau telle qu'elle a été captée à la source. Depuis toujours, l'industrie des eaux minérales naturelles travaille à améliorer la qualité de la bouteille, qui est un élément essentiel de son produit. Cette évolution, marquée par des innovations majeures, a surtout consisté en une substitution de matières. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, l'eau minérale naturelle était embouteillée dans des cruchons en terre cuite expédiés dans des voitures attelées.

Par la suite, l'eau minérale naturelle n'a été conditionnée que dans des bouteilles en verre, à l'origine transportées dans des caisses en bois, protégées par de la paille.

C'est à la fin des années 1960 qu'apparaît la première bouteille plastique en PVC (Polyvinyle de chlorure) plus légère et moins fragile que la bouteille en verre qu'elle supplante très vite.

L'introduction en 1992 de la nouvelle bouteille de 1,5L en PET est une révolution. Grâce à la recherche dans le domaine des matériaux, l'industrie des eaux minérales naturelles décide de remplacer le PVC par un nouveau polymère de plastique : le PET (polyéthylène téréphtalate). Ses propriétés sont mieux adaptées au marché de la bouteille plastique. Inaltérable, il ne se casse pas, ce qui évite tout risque de coupures. Plus légère, plus solide, plus souple, la bouteille en PET est aussi transparente que le verre.

Aujourd'hui, l'effort de recherche se poursuit sur le PET, afin de mieux exploiter toutes les potentialités de ce polymère parfaitement neutre et 100% recyclable [19].

### **III. CONTROLE DE QUALITE DES EAUX**

La surveillance de la qualité de l'eau s'effectue par le biais des contrôles physicochimiques et microbiologiques. Elle vise à vérifier la stabilité de la composition minérale et à s'assurer qu'aucune pollution accidentelle n'est survenue.

Toutes les eaux contiennent trois éléments de base que sont les bicarbonates, les sulfates et les chlorures. Ces éléments sont associés avec du calcium, du magnésium, du sodium et du potassium.

La réglementation sur le contrôle de qualité des eaux prescrit une dizaine de contrôles par jour. Les embouteilleurs en effectuent jusqu'à plusieurs centaines, de l'émergence jusqu'au produit fini pour assurer au consommateur une qualité optimale.

#### **III.1 Paramètres physico-chimiques**

##### **III.1.1 Le pH :**

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité.

Le pH agit indirectement sur la santé dans la mesure même où il influe sur les différents procédés du traitement destinés à éliminer les virus, les bactéries et autres organismes nocifs.

L'O.M.S préconise pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6,5 et 8,5. [35]

### **III.1.2 La température :**

L'O.M.S ne donne pas de valeur guide concernant la valeur de la température.

Pratiquement la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz.

L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration. Elle peut favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres. [47]

### **III.1.3 Le résidu sec**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension ; la mesure après filtration correspond aux matières dissoutes. Ces valeurs peuvent être recoupées à partir de la conductivité et permettent d'apprécier la minéralisation de l'eau. [42]

### **III.1.4 La conductivité :**

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique.

La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution. [42]

### **III.1.5 La dureté :**

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium. [47]

### **III.1.6 Le Goût et l'odeur :**

Le goût de l'eau est la sensation qui résulte de l'interaction entre la salive et les substances dissoutes dans l'eau telle que la perçoivent les bourgeons du goût logés dans les papilles gustatives.

Lorsqu'on « goûte » de l'eau, les sens du goût et de l'odorat sont simultanément excités et il est extrêmement difficile de les distinguer l'un de l'autre.

Mais toutes les eaux minérales naturelles ont un goût propre qui dépend de leur composition minérale. L'équilibre entre les minéraux, leur concentration respective confère à l'eau minérale naturelle une saveur et une signature caractéristique de son terroir.

### **III.1.7 Le calcium :**

Le calcium joue des rôles importants dans l'organisme humain, ces rôles peuvent être la transmission de l'influx nerveux, la contraction musculaire, le maintien des battements cardiaques, la coagulation de sang, le maintien de collagène.

L'organisme humain a besoin de 0,7 à 2g de calcium par jour.

### **III.1.8 Le magnésium :**

Le magnésium a une grande importance biologique par suite de son rôle dans la constitution des os, de son intervention dans certains systèmes enzymatiques et de son rôle dans la biogénèse de certaine hormone. Le

magnésium a une action laxative qui amène des troubles surtout chez les enfants à des concentrations élevées (plusieurs grammes par litre) donc en dehors des limites de potabilité.

### **III.1.9 Le sodium :**

Le sodium est très important dans la régulation de l'équilibre acido-basique, de la pression osmotique et de la masse hydrique de l'organisme bien que l'organisme exerce une pression sur ce minéral. Son excès, avec le chlorure de sodium (NaCl) favorise l'hypertension artérielle.

Les concentrations de sodium dépendent des facteurs tels que les conditions hydrogéologiques, la saison et les activités industrielles. Les concentrations dans l'eau de boisson sont normalement inférieures à 50mg/l mais elles peuvent augmenter pendant les traitements, particulièrement lorsqu'on adoucit l'eau.

A la température ambiante, le seuil gustatif du sodium pour les sels courants dans l'eau de boisson est de 200mg/l (ion sodium).

### **III.1.10 Le potassium :**

Excepté une action purgative pour une ingestion d'eau à plus de 1000mg/l en potassium, ce cation est jugé sans effet physiologique sur l'homme. Le seuil de perception au goût est variable suivant les individus.

### **III.1.11 Les bicarbonates :**

Les bicarbonates interviennent dans l'alcalinité des eaux de boisson.

### **III.1.12 Les fluorures :**

Le fluor représente 0,3g/kg de l'écorce terrestre et de nombreuses roches contiennent des fluorures minéraux. Les fluorures sont classés comme « toxique » dans les normes en vigueur.

Au plan sanitaire, les fluorures sont responsables d'intoxication chronique se traduisant par des actions néfastes sur :

- ✓ le système dentaire chez les enfants consommant quotidiennement plus de 2mg/l de fluorures pendant les six premières années de la vie.
- ✓ le système osseux après deux années d'exposition au moins pour des concentrations hydriques supérieures à 4mg/l.
- ✓ le système nerveux après vingt années d'exposition à des doses supérieures à 3mg/l.

Un traitement permettant de ramener la concentration en fluorures de l'ordre de 1,5mg/l est nécessaire pour se conformer aux normes recommandées par OMS.

### **III.1.13 Les Sulfates:**

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle.

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toutefois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale.

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui conférer un goût perceptible.

Les doses de 1 à 2g de sulfates provoquent des effets purgatifs légers chez l'adulte ; chez l'enfant et le nourrisson la dose est de 21mg/kg. L'organisme humain s'adapte à des concentrations plus élevées en sulfates de l'eau de boisson.

Les seuils de détection gustative sont de 200-250 mg/l pour Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 250-900mg/l pour CaSO<sub>4</sub>, 400-600 mg/l pour MgSO<sub>4</sub>. [35]

#### **III.1.14 Les Chlorures :**

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts, aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau. [31]

#### **III.1.15 Les Phosphates :**

On retrouve assez souvent des phosphates dans les eaux et habituellement la quantité ne dépasse pas 1mg/l. Dans les eaux de surface ou de nappes la présence de phosphate est due à l'infiltration d'eaux résiduelles industrielles ou d'eau ayant traversé des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés. Les phosphates sont des anions qui s'attachent très facilement aux minéraux du sol.

Dans certaines régions et en particulier dans les zones phosphatiques, la plupart des eaux renferment des traces dues aux terrains.

On peut admettre jusqu'à 1 mg par litre, surtout si la présence de phosphates n'est pas liée à une pollution humaine ou animale.

Cependant, des doses supérieures peuvent être tolérées sans danger. La réglementation française prévoit que la teneur en phosphate de l'eau livrée à la consommation ne dépassera pas 5 mg/l.

Les phosphates dégradent les qualités de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur), bouleversent les conditions d'utilisation ne serait ce qu'en raison de son aspect inesthétique. [31]

### III.1.16 Nitrates et Nitrites

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas*, puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter*. Les nitrates sont très solubles dans l'eau; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation. La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites et de la formation de méthémoglobine d'une part et de leur contribution possible à la synthèse endogène de composés N-nitrosés d'autre part. [26]

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète.

Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. [10]

En plus de ces effets sur la qualité organoleptique, il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine. La méthémoglobinémie résulte de la réduction des nitrates en nitrites par les microorganismes du système digestif, suivie de

l'oxydation par les nitrites du fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de l'hémoglobine en fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), qui engendre la méthémoglobine.

La méthémoglobine, contrairement à l'hémoglobine, est incapable de fixer l'oxygène, ce qui contribue à réduire le transport de l'oxygène des poumons vers les tissus. La conversion des nitrates en nitrites est proportionnelle à la dose de nitrates ingérée mais également à l'activité microbienne, généralement plus importante chez les nourrissons. [26]

Les nitrites inhiberaient l'activité biologique de certaines vitamines (A, E, B6...).

En milieu acide ( $\text{pH} = 1$  à  $5$ ),  $\text{pH}$  stomacal normal, les nitrites réagissent avec les amines primaires, secondaires et tertiaires généralement d'origine alimentaire pour donner les nitrosamines réputés cancérigènes. [38]

### **III.1.17 Fer et manganèse :**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de la corrosivité de l'eau. Par ailleurs ils provoquent les mêmes effets que d'autres métaux tels que le cuivre, l'aluminium, le zinc.

### **III.1.18 Les Gaz :**

Le gaz carbonique est le plus fréquent, avec des traces d'azote, d'hélium etc. On retrouve aussi le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) qui est un révélateur de conditions anaérobies, et d'un potentiel d'oxydoréduction trop bas ; il provoque de mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosivité de l'eau. Il doit être éliminé.

## **III.2 Paramètres microbiologiques :**

Pour évaluer la qualité microbiologique un certain nombre d'indicateurs de contamination ont été retenus. On cite les organismes coliformes qui sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux (thermo tolérants),

### **III.2.1 Coliformes totaux :**

Il s'agit de *citrobacter*, *enterobacter* et *Klebsiella*. Il ne devrait pas y avoir de coliformes dans les eaux minérales naturelles. Si tel était néanmoins le cas, il faut envisager une contamination postérieure au prélèvement de l'eau à la source.

### **III.2.2 Coliformes fécaux (thermo-tolérants) :**

Ce sont des coliformes capables de fermenter à 44°C tels que le genre *Escherichia* et dans une moindre mesure des souches occasionnelles d'*Enterobacter*, de *citrobacter* et de *Klebsiella*. Les coliformes fécaux sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance. Il s'en suit que la présence, de ces microorganismes soit considérée comme suffisante pour affirmer la nature fécale de la contamination et leur présence dans l'eau doit être interprétée comme l'indice d'une situation dangereuse. [35]