

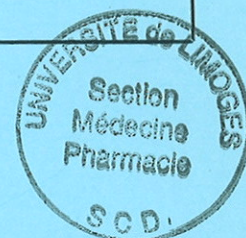
UNIVERSITE de LIMOGES  
Faculté de Pharmacie

ANNEE 2000



Thèse n° 314 / 1

**EAUX MINERALES NATURELLES  
ET LITHIASES URINAIRES**



**THESE**

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

*présentée et soutenue publiquement le 14 Juin 2000*

par

**Laurent PIERRE**

né le 16 Février 1973 à Limoges (Haute-Vienne)

**EXAMINATEURS de la THESE**

Monsieur Christian MËSCH, <i>Professeur</i> .....	PRESIDENT
Mademoiselle Dominique CLEDAT, <i>Maître de Conférences</i> ....	JUGE
Monsieur Bernard DE LA BURGADE, <i>Docteur en Pharmacie</i> ..	JUGE
Monsieur Bruno DELATY, <i>Docteur en Pharmacie</i> .....	JUGE

**UNIVERSITE DE LIMOGES**  
**FACULTE DE PHARMACIE**

---

**DOYEN DE LA FACULTE:** Monsieur le Professeur GHESTEM Axel

**ASSESEURS:** Monsieur le Professeur HABRIOUX Gérard  
Monsieur le COMBY Francis Maître de Conférences

**PROFESSEURS:**

**BENEYTOUT** Jean-Louis      BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE

**BERNARD** Michel              PHYSIQUE-BIOPHYSIQUE

**BOSGIRAUD** Claudine        BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE  
PARASITOLOGIE

**BROSSARD** Claude            PHARMACOTECHNIE

**BUXERAUD** Jacques         CHIMIE ORGANIQUE  
CHIMIE THERAPEUTIQUE

**CARDOT** Philippe            CHIMIE ANALYTIQUE

**CHULIA** Albert                PHARMACOGNOSIE

**CHULIA** Dominique         PHARMACOTECHNIE

**DELAGE** Christiane         CHIMIE GENERALE ET MINERALE

**DREYFUSS** Gilles            PARASITOLOGIE

**GHESTEM** Axel                BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE

**HABRIOUX** Gérard         BIOCHIMIE - BIOLOGIE MOLECULAIRE

**LACHATRE** Gérard         TOXICOLOGIE

**MOESCH** Christian         HYGIENE-HYDROLOGIE-ENVIRONNEMENT

**LOUDART** Nicole            PHARMACODYNAMIE

**SECRETARE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS**

**POMMARET** Maryse

A notre président de thèse Monsieur **Christian MOESCH**, Professeur d'Hygiène – Hydrologie – Environnement, qui m'a guidé par ses conseils appropriés tout au long de ce travail.

Je vous remercie pour votre aide et votre disponibilité. Veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse gratitude.

A notre juge Mademoiselle **Dominique CLEDAT**, Maître de Conférences de Chimie Analytique. C'est avec gentillesse et spontanéité que vous avez accepté de faire partie des membres de ce jury; que ce travail soit l'expression de ma reconnaissance.

A notre juge Monsieur **Bernard De La BURGADE**, Docteur en Pharmacie. Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger ce travail. Je vous prie de bien vouloir croire à ma respectueuse reconnaissance.

A notre juge Monsieur **Bruno DELATY**, Docteur en Pharmacie, qui a su m'apporter son soutien et me transmettre ses connaissances tout au long de mes études. Que ce travail lui en soit reconnaissant.

Je dédie ce travail

A MA FIANCEE EMMANUELLE

A MA SCEUR DELPHINE

A MON FRERE LUDOVIC

A MES PARENTS

A MA GRAND-MERE

A MES BEAUX-PARENTS

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

## PLAN

### INTRODUCTION

#### I- L'EAU, L'HOMME ET SES REINS

- 1) Rappel sur la physiologie du rein
  - a- Structure du rein et du néphron
  - b- Les fonctions tubulaires
- 2) Répartition de l'eau dans notre organisme
- 3) Métabolisme et rôle de l'eau

#### II- LES EAUX MINÉRALES

- 1) Définition et aspects réglementaires
- 2) Composition des eaux minérales
  - a- Les éléments majeurs
  - b- Les éléments mineurs et les éléments traces
  - c- Les éléments radioactifs
- 3) Les sels minéraux dans l'organisme
  - a- Les sels minéraux
  - b- Les oligo-éléments présents dans les eaux
- 4) Composition physico-chimique des principales eaux minérales naturelles Françaises embouteillées
- 5) Aspects bénéfiques pour la santé
  - a- Action désintoxiquante
  - b- Action eupeptique
  - c- Action sur le tonus de l'organisme



- d- Action sur la densité osseuse
- e- Action sur les maladies métaboliques
- f- Action sur les maladies des reins et des voies urinaires
- g- Action sur les maladies de la nutrition
- h- Le régime hyposodé
- i- Le régime amincissant
- j- Action en dermatologie
- k- Alimentation des nourrissons

### III- LES LITHIASES URINAIRES

#### 1) Formation et structure des calculs

- a- Formation d'une phase insoluble
- b- Augmentation de la taille des particules formées
- c- Rétention de la phase insoluble
- d- Croissance du calcul
- e- Constitution des calculs

#### 2) Les différents types de lithiases calciques

- a- Les lithiases calciques secondaires
- b- Les lithiases calciques idiopathiques

#### 3) Autres variétés chimiques de lithiase

- a- La lithiase urique
- b- La lithiase xanthique
- c- La lithiase cystinique
- d- La lithiase phospho - ammoniaco - magnésienne

#### IV- LE REGIME DU LITHIASIQUE

- 1) Principe de dilution des urines dans la prévention de la lithiase
- 2) Cure de diurèse dans la lithiase calcique primitive
- 3) Cure de diurèse dans la lithiase urique
- 4) Cure de diurèse dans la lithiase cystinique

#### CONCLUSION

## INTRODUCTION

La France, pays des vins et des fromages, est également celui des eaux. En effet c'est l'un des pays d'Europe les plus richement dotés en eaux minérales diverses.

Le thermalisme ou crénothérapie utilise un certain nombre de ces sources pour leurs propriétés thérapeutiques au sein des stations thermales. Mais c'est surtout la méfiance accrue des consommateurs vis à vis de l'eau du robinet, ainsi que le désir d'une bonne hygiène alimentaire qui ont contribué à l'intérêt pour les eaux minérales embouteillées. De plus les notions de qualité diététique et de sécurité bactériologique les ont conduits à leur emploi quotidien pour l'usage alimentaire.

Ainsi de nos jours les eaux minérales naturelles sont devenues un produit de consommation courante, une boisson aussi connue que le café, le thé, la bière ou encore le vin. Ces eaux sont donc devenues banales et pourtant, elles ne le sont pas de par leur composition.

Chez les sujets atteints de lithiase urinaire, la nécessité d'une diurèse élevée était connue de longue date puisque quatre siècles avant notre ère, HIPPOCRATE recommandait déjà aux lithiasiques d'avoir une diurèse abondante. En fait, de tout temps les villes d'eaux ont proposé des cures de diurèse aux patients lithiasiques. Leur principal objectif était, grâce à l'ingestion de grandes quantités d'eau, d'aider à l'expulsion des calculs présents dans les voies urinaires en augmentant le flux des urines.

L'introduction de techniques modernes d'ablation des calculs, telles que la lithotritie extracorporelle et l'endo-urologie, ont réduit l'intérêt des cures thermales pour cette indication, et l'augmentation du volume des boissons a pour but principal de diluer les urines

afin de diminuer la concentration des solutés lithogènes et de prévenir ainsi la formation des calculs.

Cependant la composition des eaux minérales naturelles influe-t-elle sur le devenir des calculs chez un lithiasique ?

Le patient doit-il consommer un type d'eau minérale spécifique selon la nature de la lithiase dont il est atteint ?

## I- L'EAU, L'HOMME ET SES REINS

### 1) Rappels sur la physiologie du rein (1)

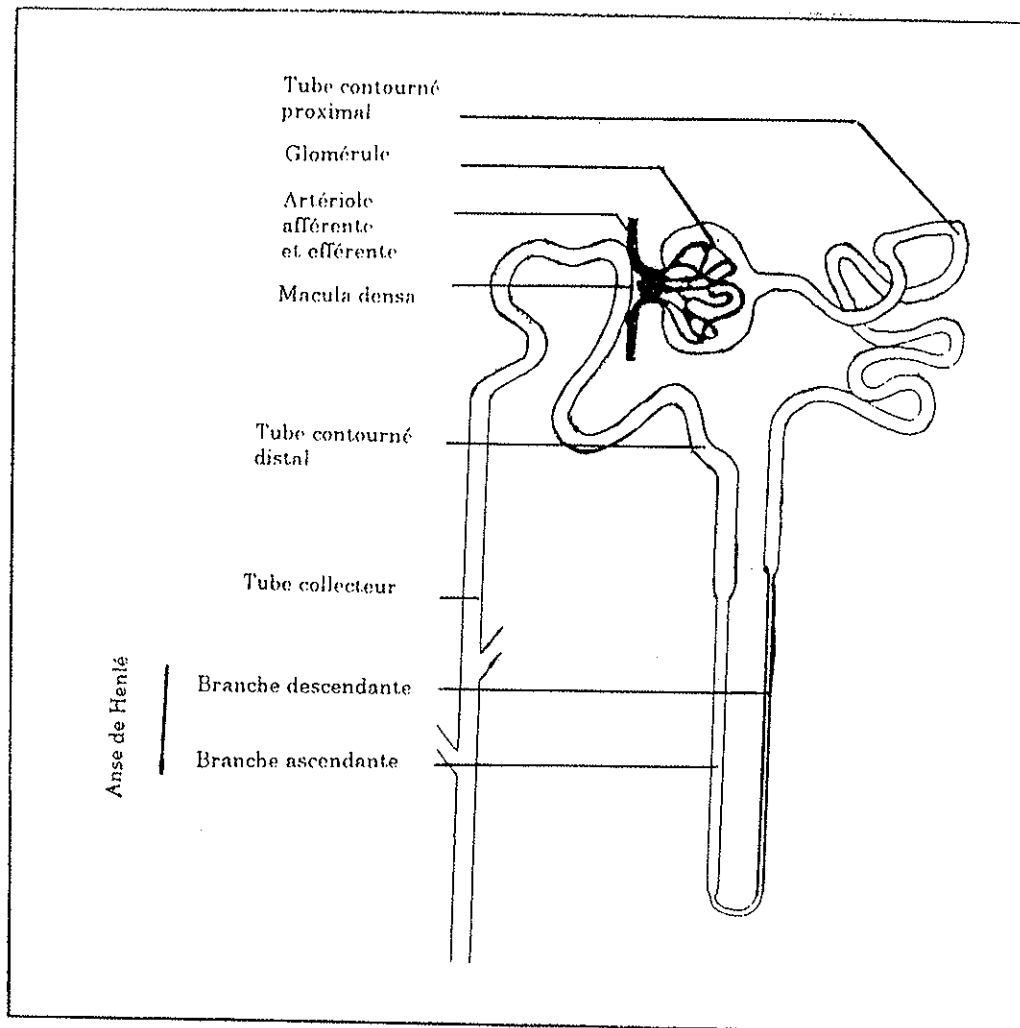
Les différentes fonctions du rein sont liées à sa remarquable structure. Le rein participe au maintien de l'homéostasie du milieu intérieur grâce à la disposition particulière et au fonctionnement des unités fonctionnelles élémentaires le composant, les néphrons. Il participe également à la régulation du volume et de la composition des liquides corporels en contrôlant l'excrétion d'eau, d'électrolytes et d'ions  $H^+$  et en assurant l'élimination de certains déchets du métabolisme azoté comme l'urée et l'acide urique.

De plus, le rein, par sa fonction endocrine, participe à la régulation de la pression artérielle (système rénine-angiotensine-aldostérone), du métabolisme phosphocalcique, de l'érythropoïèse (synthèse d'érythropoïétine), de la vasomotricité (synthèse de médiateurs vasoactifs : les prostaglandines, la bradykinine).

#### a- Structure du rein et du néphron

Le rein, dont le poids chez l'homme adulte est de 150 g environ, est formé de deux régions macroscopiquement distinctes : le cortex en périphérie et la médullaire au centre, ceci formant le parenchyme rénal.

Le rein humain est composé d'environ un million d'unités fonctionnelles excrétrices ou néphrons, indépendantes les unes des autres, contenues dans un tissu interstitiel de soutien où se trouvent également les vaisseaux et les nerfs intra-rénaux. Chaque néphron (figure 1) se compose de deux parties : le glomérule et le tube rénal.



**Figure 1** : Structure d'un néphron

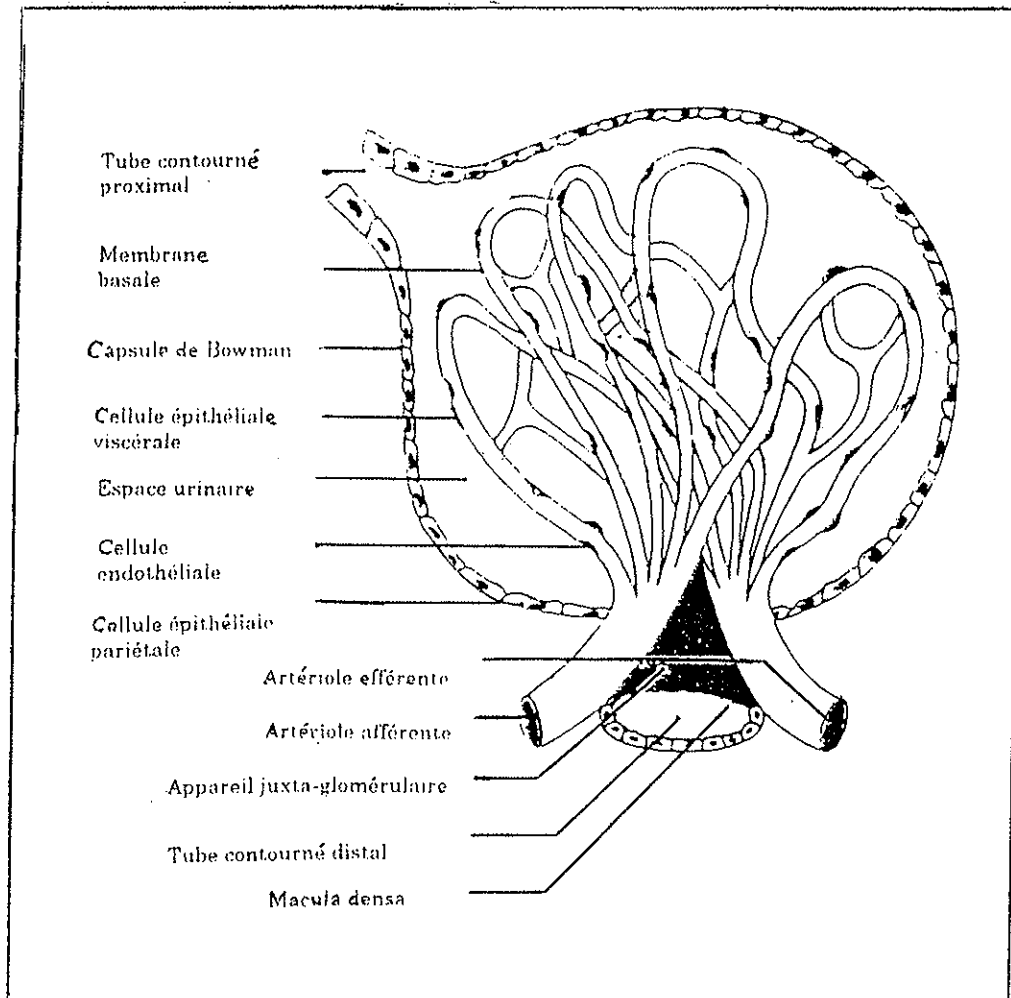
→ Le glomérule (figure 2) est une sphère creuse comprenant une enveloppe, la capsule de Bowman et un système de capillaires glomérulaires, le *floculus*.

Entre ces deux éléments se trouve l'espace de Bowman communiquant avec la lumière du tube contourné proximal et dans lequel s'écoule l'ultrafiltrat glomérulaire. Le glomérule possède donc deux pôles : un pôle urinaire s'ouvrant sur le tube contourné proximal et un pôle vasculaire par lequel pénètre l'artériole afférente et ressort celle efférente.

Entre les deux artérioles, les capillaires glomérulaires forment un système porte artériel par lequel passe la totalité du débit sanguin rénal. La destinée de l'artériole efférente est différente selon la situation du glomérule : irrigation des tubes (capillaires péri-tubulaires) ou irrigation de la zone médullaire (*vasa recta*).

→ Le tube urinifère est subdivisé en plusieurs segments :

- le tube proximal lui-même composé de deux parties : une partie contournée adjacente au glomérule et une partie droite ou *pars recta*.
- L'anse de Henlé, composée de l'anse grêle descendante, de l'anse grêle ascendante et de la branche large ascendante.
- Le tube contourné distal. Le tube distal de chaque néphron entre en contact avec le pôle vasculaire de son glomérule formant l'appareil juxtaglomérulaire.
- Le tube collecteur comprenant trois parties :
  - ⇒ le tube cortical,
  - ⇒ le tube collecteur de la médullaire externe,
  - ⇒ le tube collecteur de la médullaire interne ou tube de Bellini résultant de la fusion de plusieurs canaux collecteurs s'ouvrant au niveau de la papille et conduisant l'urine définitive à l'entrée des calices.



**Figure 2 : Disposition schématique du glomérule rénal**



Le cortex rénal contient les glomérules, les tubes contournés proximaux et distaux. Ces derniers sont irrigués par les capillaires péri-tubulaires issus de l'artériole efférente du glomérule correspondant.

Les autres parties du tube urinifère se situent dans la médullaire où ils forment une boucle plus ou moins profonde. Entre les branches de l'anse de Henlé cheminent parallèlement des vaisseaux droits ou *vasa recta* issus des artérioles efférentes et cette disposition particulière joue un rôle important dans les échanges à contre-courant permettant entre autre le recyclage de l'eau et de l'urée.

#### b- Les fonctions tubulaires

Le rôle du tube rénal est double. Il doit d'une part réabsorber la majeure partie de l'eau et des substances dissoutes, essentielles au maintien de la composition du milieu intérieur. A l'état normal, ce tube réabsorbe plus de 99 % de l'eau, des électrolytes et des substances filtrées. D'autre part, il doit permettre l'élimination des produits de dégradation du métabolisme et éventuellement des substances exogènes comme les médicaments. Ceci se fait soit en combinant filtration et sécrétion tubulaire (ex : acide urique et médicaments), soit par sécrétion tubulaire exclusive lorsque ces produits sont filtrés en quantité négligeable (ex : ions  $H^+$ ). Ces fonctions tubulaires de transport, réabsorption et sécrétion sont assurées par deux types de mouvements, passifs ou actifs.

Les mouvements passifs ne nécessitent aucune dépense d'énergie et se font par diffusion le long d'un gradient de concentration chimique de potentiel électrique.

Les mouvements actifs s'effectuent contre une barrière énergétique (gradient électrique, chimique ou électrochimique), à l'aide de systèmes de transport nécessitant de l'énergie pour leur fonctionnement.

**→ Le tube proximal**

C'est à ce niveau que se produit la réabsorption massive de l'ultrafiltrat glomérulaire (environ 75 %). A l'inverse, il y a une sécrétion d'anions, de cations organiques et d'ammoniaque. 60 à 70 % de l'eau et du sodium sont réabsorbés au niveau du tube proximal. La réabsorption de l'eau se fait de manière passive, secondairement à celle des substances dissoutes. On considère qu'à ce niveau la réabsorption est iso-osmotique, les ions et l'eau étant réabsorbés dans les mêmes proportions et donc que le liquide réabsorbé a la même osmolalité que le liquide tubulaire restant. Ce tube proximal permet également la réabsorption des bicarbonates (environ 90 % des bicarbonates filtrés qui se combinent avec des ions  $H^+$  sécrétés par le tubule), du glucose et des acides aminés en totalité, des phosphates (environ 80 % à l'aide d'un co-transporteur sodium- phosphate électroneutre), du calcium (environ 60 à 70 % et liée à celle du sodium), de l'urée (environ 60 % de manière passive) et de l'acide urique (environ 90%).

**→ L'anse de Henlé**

A ce niveau, le fluide tubulaire est encore iso-osmotique et le rein doit convertir un large volume de filtrat glomérulaire isotonique en un petit volume d'urines hypertoniques. Elle joue ainsi un rôle fondamental dans le processus de concentration-dilution des urines.

**→ Le tube distal**

Les principales fonctions du tube distal sont la réabsorption du sodium et la sécrétion de potassium ; l'urine est à nouveau iso-osmotique à la fin du tube distal.

**→ Le tube collecteur**

Une des principales fonctions des canaux collecteurs est de réguler le bilan de l'eau sous l'influence de l'hormone antidiurétique ADH ou arginine vasopressine. C'est en effet au

niveau du tube collecteur que s'effectue véritablement le processus de concentration définitive des urines. L'ADH augmente la perméabilité à l'eau de la membrane des cellules du tube collecteur. Elle induit également la formation de canaux hydriques ou aquaporines issues de l'agrégation de protéines membranaires, qui sont responsables de la réabsorption de l'eau au niveau du tube collecteur. L'urine, iso-osmotique, à l'entrée du tube collecteur, devient progressivement hyper-osmotique le long du tube, du fait d'une réabsorption d'eau en excès par rapport à celle du sodium. L'urine atteint un équilibre osmotique avec l'osmolalité élevée au niveau de la papille. Il y a émission d'urine concentrée.

A l'état normal, chez un sujet normalement hydraté et en présence d'ADH, l'urine définitive est hypertonique. A l'inverse, en absence d'ADH, le fluide tubulaire traverse le tubule collecteur sans subir de grandes modifications et une urine diluée est émise.

Quatre facteurs sont indispensables à la concentration de l'urine :

- la disposition anatomique des néphrons et des vaisseaux
- les propriétés particulières de perméabilité à l'eau, au sel et à l'urée des différents segments
- le transport actif du sodium
- la présence d'ADH

Enfin le tube collecteur permet également d'assurer, à l'état normal, l'acidification de l'urine nécessaire au maintien d'un équilibre acido-basique normal.

## **2) Répartition de l'eau dans notre organisme**

L'eau, constituant le plus important du corps humain, représente en moyenne 55% du poids corporel de l'adulte et 75% du poids du nourrisson (2). Ces chiffres varient selon le sexe, le capital adipeux et l'âge. En effet, plus nous vieillissons et moins notre corps contient

d'eau, environ 50% pour une personne âgée (3). La proportion d'eau dans les tissus varie d'un organe à l'autre; elle représente par exemple 30% dans les tissus adipeux, 45% dans l'os, 70% pour les tissus maigres et 84% dans la substance grise. L'eau se répartit dans le corps entre deux compartiments liquidiens de l'organisme qui peuvent être évalués à l'aide de traceurs sélectifs. Les volumes de distribution sont mesurés, de façon directe pour certains d'entre eux, en fonction de la quantité de traceur administré et de la concentration du traceur obtenue après dilution et homogénéisation (2). Nous pouvons ainsi distinguer le compartiment extracellulaire et le compartiment intracellulaire.

Le compartiment extracellulaire correspond à tout ce qui se trouve à l'extérieur des cellules et représente en moyenne 20 % du poids corporel, soit 14 litres environ pour un individu de 70kg. Ce compartiment se divise en eau plasmatique (4,5% essentiellement située dans les vaisseaux), en eau interstitielle (13,5% qui entoure les cellules) et en eau transcellulaire (2% qui proviennent de la sécrétion d'un certain nombre de cellules : le liquide synovial, la lymphe, le liquide pleural, le suc digestif, les glandes salivaires ou lacrymales).

Le compartiment intracellulaire correspond en moyenne à 40 % du poids corporel, soit 28 litres environ, répartis de façon différente selon la nature des cellules. Ainsi les cellules musculaires sont beaucoup plus imprégnées en eau, 60%, que les cellules graisseuses, 10% (4).

### **3) Métabolisme et rôle de l'eau**

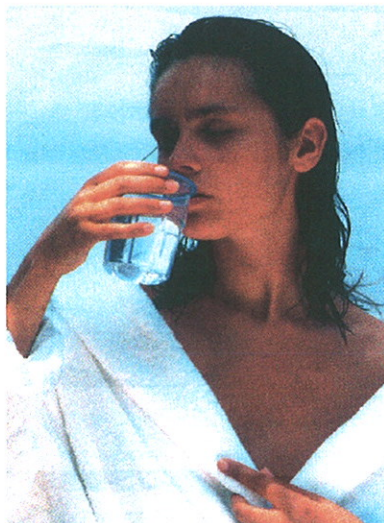
L'eau est un élément essentiel à la vie; en effet si l'on peut jeûner un mois sans danger réel, on ne peut être privé d'eau plus de 48 heures sans risques, d'où le caractère vital de cet élément (annexe 1).

Mais, c'est aussi le composant principal de notre organisme. De ce fait, la régulation des entrées et sorties d'eau dans l'organisme est vitale. Elle doit être équilibrée de telle sorte que le milieu cellulaire et le milieu intérieur restent constants (4).

Les besoins du corps en eau sont déterminés grâce à un indicateur fiable qui est le volume urinaire devant atteindre 1,5 litres par jour. Pour y parvenir l'adulte doit absorber en moyenne 2,5 à 3 litres d'eau au quotidien.

Les entrées (figure 4) sont ainsi représentées par l'eau de boisson (1 à 1,5 litres), l'eau contenue dans les aliments (tableau 1) : 1 litre pour la ration journalière d'un adulte normal correspondant à 2200 kcal, et par l'eau métabolique ou eau endogène (figure 3) produite par la combustion oxydative des composés organiques alimentaires qui aboutit à la formation d'anhydride carbonique et d'eau (0,3 à 0,6 litres)(4).

Les sorties varient énormément selon que le sujet est au repos ou en activité sportive. Elles sont représentées (figure 4) par les urines (1 à 1,5 litres), les selles (0,1 litres) avec un risque d'augmentation lors de troubles digestifs tels que les diarrhées, les poumons (0,3 litres) avec un risque d'augmentation lors d'exercice physique et la peau (0,5 litres) avec un risque d'augmentation en fonction de l'effort, de la température et du climat.



Eau endogène (en ml)		Ration normale
137,5	←	250 g Glucides
40	←	100 g Protides
96,5	←	90 g Lipides

Figure 3 : Apport en eau endogène d'une ration normale de glucides, protides et lipides (2)

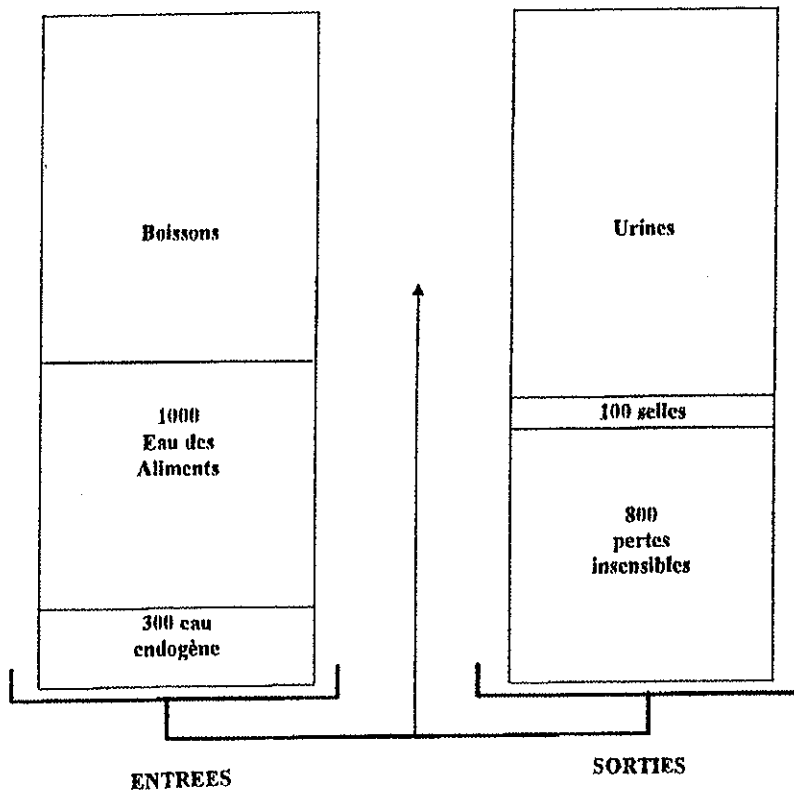


Figure 4 : Balance des entrées et sorties de liquide de l'organisme (2)

Tableau 1 : Teneur en eau des principaux aliments (2).  
( en %)

<u>Fruits</u> :	
avocat, banane, olive	70-75
abricot	75-80
citron, melon	90
autres fruits	80-85
<u>Légumes</u> :	
pomme de terre	75
autres légumes	90-95
<u>Produits laitiers</u> :	
lait	87
fromages	35-75
beurre	15
<u>Viandes</u>	60
<u>Poissons</u>	60
<u>Œufs</u>	75
<u>Pain</u>	35
<u>Confitures</u>	33
<u>Biscottes</u>	6
<u>Chocolat</u>	2

Les pertes insensibles (poumons et peau) représentent un total minimum de 0,8 litres par jour. Il est à noter que la perspiration peut passer de 0,2 à 1 litre par jour et que la sudation peut atteindre 8 à 10 litres par jour. En revanche, les pertes urinaires peuvent être réduites à quelques millilitres, alors qu'au repas elles sont de l'ordre de 1 à 1,5 litres par jour. Il est également important de remarquer qu'en cas d'effort (bricolage, jardinage, pratique sportive...) le volume des entrées et des sorties de l'eau, dans l'organisme au repos, sera multiplié par deux ou trois. Il est par conséquent important de boire avant que la sensation de soif n'apparaisse car lorsque le besoin de boire se fait impérieux, le milieu intérieur est déjà déshydraté (4).

Pour ce qui est du rôle de l'eau dans l'organisme on peut dire qu'il est considérable. En effet l'eau intervient dans la régulation thermique (lutte contre le coup de chaleur), dans l'hydratation de la peau, dans la détoxification, le nettoyage de l'organisme (favorise l'élimination urinaire des déchets, facilite le travail des reins). L'eau est également un solvant (transport des vitamines hydrosolubles et des minéraux), un lubrifiant (paupières), un élément essentiel au maintien de la performance sportive et de la vigilance (5).





Tableau 2 : les dix commandements du buveur d'eau (4).

- 1- Il faut boire environ 1,5 litres d'eau par jour
- 2- Il faut boire de l'eau même si l'on n'a pas particulièrement soif
- 3- Il faut boire pour favoriser l'élimination des déchets
- 4- Il faut boire pour hydrater la peau
- 5- Il faut boire, de préférence, en dehors des périodes de digestion
- 6- Il faut boire davantage en cas de chaleur, fièvre, sport, vent, altitude, climatisation...
- 7- Il faut boire afin de prévenir le vieillissement cutané
- 8- Il faut bien répartir la prise d'eau dans une journée (toutes les 4 à 5 heures) afin de faciliter le travail des reins
- 9- Il faut boire le matin au réveil pour se mettre en train et le soir avant de se coucher
- 10- Il faut apprendre à distinguer les différents types d'eau.

L'eau, élément essentiel à la vie, peut selon sa composition avoir des effets différents sur l'organisme. C'est la raison pour laquelle une législation a été mise en place afin que le consommateur soit toujours informé des propriétés et de la qualité de l'eau qu'il boit.

## II- LES EAUX MINÉRALES

L'eau est présente chaque jour dans notre vie et son rôle est essentiel aussi bien dans la nature que dans notre organisme. Mais savons-nous qu'il existe différentes eaux ayant chacune des caractéristiques spécifiques ? Et connaissons-nous tous les bienfaits de l'eau ?

### 1) Définition et aspects réglementaires

Du fait de la recherche d'une vie plus équilibrée et plus naturelle, la consommation des eaux embouteillées a beaucoup augmenté ces dernières années. Les eaux minérales naturelles ainsi que les eaux de source ont l'obligation d'être embouteillées à la source dans les récipients destinés aux consommateurs (4). L'eau d'une source ne pourra prendre l'appellation d'eau minérale naturelle qu'après avoir été agréée par le ministère de la santé qui donne l'autorisation de l'exploiter par arrêté conjoint du ministre chargé de la consommation et du ministre de la santé puis après avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (5). L'exigence d'une telle autorisation a pour objet d'éviter la consommation d'eaux qui risqueraient d'être dangereuses pour la santé de l'individu. Par contre, certaines contre-indications à l'absorption d'eaux minérales peuvent exister pour l'individu malade. Elles résultent soit de l'affection dont le sujet est atteint (hypertension sensible au chlorure de sodium, lithiase rénale calcique) soit du traitement médicamenteux ou du régime alimentaire auquel il est soumis. Le médecin traitant pourra alors encourager le malade à suivre un régime hydrique adapté. Les eaux minérales naturelles conditionnées devenant donc un produit de grande consommation, bénéficient à ce titre d'un statut européen particulier (4). En effet, ce sont la directive 80/777/CEE du 15 juillet 1980 (modifiée par la directive 96/70/CE de novembre 1996) et le décret numéro 89-369 du 6 juin 1989 modifié, qui définissent une eau

minérale naturelle (4,5). Selon la législation française, une eau minérale naturelle se différencie des autres eaux par une composition constante et des propriétés favorables à la santé dûment constatées par l'Académie nationale de médecine et dont la thérapeutique thermale peut tirer parti. Une eau minérale est donc une eau naturellement préservée, issue d'une source profonde et douée de propriétés favorables à la santé. Bactériologiquement pure et de composition constante, elle doit être embouteillée à proximité du captage, sans traitement, et ses qualités et caractéristiques doivent être régulièrement contrôlées. On la distingue des eaux destinées à la consommation humaine par sa nature (teneur en minéraux, oligo-éléments ou autres constituants) et par sa pureté originelle. Elle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées (4). Afin d'obtenir une véritable garantie de qualité, les textes législatifs soulignent la nécessité de bien connaître le site hydrogéologique de la source et précisent la façon dont le contrôle des eaux doit être réalisé (5).

Il existe plusieurs types d'eaux destinées à la consommation :

- Les eaux minérales naturelles plates ou gazeuses
- L'eau de source d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, disponible à la consommation humaine, sans traitement. Elle se distingue de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit être conforme aux normes de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation de composition minérale constante et qu'elle ne peut prétendre avoir des effets bénéfiques pour la santé.
- Les eaux rendues potables par traitement, anciennement appelées « eau de table », dont la composition peut varier selon la saison et selon la provenance de l'eau d'adduction ayant servi à remplir les bouteilles
- L'eau d'adduction publique (eau du robinet) qui répond aux critères de l'eau potable définis par le ministère de la santé après avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

Les eaux minérales naturelles embouteillées ne sont donc pas un médicament mais l'Europe leur reconnaît désormais des « propriétés favorables à la santé ». Cependant, toutes les indications attribuant à une eau minérale naturelle des propriétés de prévention, de traitement ou de guérison d'une maladie humaine, sont interdites. En revanche, on autorise une série de mentions se rapportant aux caractéristiques physiques de chaque eau minérale (sulfatée, magnésienne...) à la convenance de ces eaux pour des régimes déterminés (alimentation des enfants, régimes appauvris en sel) ou à certaines de leurs propriétés attestées (diurétique, digestive...) (6).



Tableau 3 : Mentions facultatives autorisées sur les étiquettes (6).

MENTIONS	CRITERES
« oligo-minérale » ou « faiblement minéralisée »	La teneur en sels minéraux, calculée comme résidu fixe à 180°C, n'est pas supérieure à 500 mg/L. VOLVIC = 109 mg/L; VALVERT = 201 mg/L; EVIAN = 309 mg/L; THONON = 342 mg/L; PERRIER = 447 mg/L.
« très faiblement minéralisée »	La teneur en sels minéraux, calculée comme résidu fixe à 180°C, n'est pas supérieure à 50 mg/L. MONTROUCOUS = 19 mg/L.
« riche en sels minéraux »	La teneur en sels minéraux, calculée comme résidu fixe à 180°C, est supérieure à 1500 mg/L. VALS = 1776 mg/L; St-YORRE = 4774 mg/L; CONTREXEVILLE = 2125 mg/L; ARVIE = 2520mg/L; HEPAR = 2580mg/L; VICHY- CELESTINS = 3325mg/L.
« bicarbonatée »	La teneur en bicarbonate est supérieure à 600 mg/L. SALVETAT = 820 mg/L; BADOIT = 1300 mg/L; ARVIE = 2195 mg/L; St- YORRE = 4368 mg/L;

« sulfatée »	<p>VICHY- CELESTINS = 2989 mg/L.</p> <p>La teneur en sulfates est supérieure à 200 mg/L.</p> <p>VITTEL = 306 mg/L; HEPAR = 1479 mg/L;</p> <p>CONTREXEVILLE = 1187 mg/L.</p>
« chlorurée »	<p>La teneur en chlorures est supérieure à 200 mg/L.</p> <p>VICHY-CELESTINS = 235 mg/L;</p> <p>St- YORRE = 322 mg/L; ARVIE = 387 mg/L.</p>
« calcique »	<p>La teneur en calcium est supérieure à 150 mg/L.</p> <p>ARVIE = 170 mg/L; BADOIT = 190 mg/L;</p> <p>VITTEL = 202 mg/L; HEPAR = 555 mg/L;</p> <p>SALVETAT = 253 mg/L;</p> <p>CONTREXEVILLE = 486 mg/L.</p>
« magnésienne »	<p>La teneur en magnésium est supérieure à 50 mg/L.</p> <p>CONTREXEVILLE = 84 mg/L; ARVIE = 92 mg/L</p> <p>BADOIT = 85 mg/L; HEPAR = 110 mg/L.</p>

« fluorée » ou « fluorurée » ou « contient du fluor » ou « contient des fluorures »	<p>La teneur en fluor est supérieure à 1 mg/L.</p> <p>VICHY- CELESTINS = 6 mg/L;</p> <p>St- YORRE = 9 mg/L.</p>
« ferrugineuse » ou « contient du fer »	<p>La teneur en fer bivalent est supérieure à 1 mg/L.</p>
« acidulée »	<p>La teneur en gaz carbonique libre est supérieure à 250 mg/L.</p>
« sodique »	<p>La teneur en sodium est supérieure à 200 mg/L.</p> <p>VALS = 453 mg/L; ARVIE = 650 mg/L;</p> <p>VICHY- CELESTINS = 1172 mg/L;</p> <p>St- YORRE = 1708 mg/L.</p>
« convient pour un régime pauvre en sodium »	<p>La teneur en sodium est inférieure à 20 mg/L.</p> <p>LUCHON = 0,8 mg/L; THONON = 3 mg/L;</p> <p>EVIAN = 5 mg/L.</p>

« Convient pour la préparation des aliments du nourrisson » ou une autre mention relative au caractère approprié d'une eau minérale naturelle pour l'alimentation du nourrisson.

« stimule la digestion » ou « peut favoriser les fonctions hépatobiliaires » ou une mention similaire « peut être laxative », « peut être diurétique »

L'eau, non effervescente, répondant aux exigences de qualité fixées, doit avoir une teneur en nitrates inférieure ou égale à 15 mg/L et une teneur en nitrites inférieure ou égale à 0,05 mg/L.

Ces mentions ne sont admises qu'en conformité avec le code de la santé publique, article L.551.





## 2) Composition des eaux minérales (7-9)

Les eaux minérales contiennent des sels dissous, des gaz et parfois des micro-organismes, non pathogènes, qui prolifèrent dans les boues qui se développent dans les zones où les eaux s'écoulent à l'air libre à la surface du sol.

Le poids de l'ensemble des sels dissous dans une eau minérale, obtenu après chauffage à 180°C, s'appelle le « résidu sec ». On y distingue les éléments majeurs présents en quantité notable dans toutes les eaux mais dont la concentration est souvent plus forte dans les eaux minérales puis les éléments mineurs et éléments traces en général absents dans les eaux banales (de consommation courante) et dont la présence, parfois en quantité infinitésimale, contribue aux effets thérapeutiques des eaux minérales. Parmi ces éléments traces, se situent également les éléments radioactifs.

### a- Les éléments majeurs

Ces éléments sont principalement des sels qui appartiennent aux acides dérivés du carbone, du soufre et du chlore.

#### → *Les bicarbonates*

Les bicarbonates, anions dérivés du carbone, sont présents dans toutes les eaux. Ils sont issus soit de la décomposition des roches calcaires, soit du dégazage du magma profond comme c'est le cas des eaux du massif central où les phénomènes volcaniques relativement récents sont abondants et constituent le principal élément minéralisateur.

#### → *Les sulfates*

Les sulfates, principaux représentants des dérivés oxygénés du soufre, peuvent se trouver à des concentrations élevées si les eaux ont rencontré dans leur parcours souterrain

des gîtes salifères sulfatés (gypse). Ils peuvent également provenir de l'oxydation de minéraux sulfurés (pyrite).

→ *Les chlorures*

Les chlorures, très fréquents, peuvent être d'origine sédimentaire par lessivage de dépôts évaporitiques (sel gemme), ce qui explique leur association fréquente au sodium. Mais ils peuvent aussi avoir une origine profonde dans les régions caractérisées par des massifs volcaniques récents.

→ *Le silicium*

Le silicium se trouve dans les eaux minérales sous forme de dérivés oxygénés. Les silicates ou la silice sont fréquents dans les eaux minérales et l'augmentation de leur solubilité avec la température explique leur abondance dans les eaux minérales chaudes. Ce sont les eaux sulfurées et les eaux carbogazeuses qui en sont les plus riches.

Aux anions chlorures, sulfates, bicarbonates sont associés des cations que l'on a coutûme de répartir en deux grands groupes :

- Les alcalins constitués par le sodium et le potassium. Le sodium prédomine toujours sur le potassium et sa concentration peut dépasser 100 g/L dans les eaux chlorurées.
- Les alcalinoterreux toujours associés entre eux sont représentés par le calcium et le magnésium. Le calcium prédomine généralement sur le magnésium.

b- Les éléments mineurs et les éléments traces

La concentration en éléments mineurs est de l'ordre du mg/L, celle des éléments traces est beaucoup plus faible de l'ordre du microgramme.

Dans le groupe des sels, on trouve les anions, bromures, iodures, fluorures. Ce sont les eaux riches en sodium qui renferment les plus fortes concentrations de fluorures. Parmi les cations alcalins, le lithium est spécifique des eaux minérales; on ne le rencontre jamais dans les eaux banales. De même les cations alcalinoterreux représentés par le strontium, le baryum et le béryllium sont rares dans les eaux banales. Les dérivés du soufre, sulfhydrate et hydrogène sulfuré, notoirement indésirables dans les eaux potables, constituent un élément noble des eaux minérales sulfurées. Les éléments traces ou oligo-éléments, malgré leur concentration infinitésimale ( $\mu\text{g/L}$ ), revêtent une importance toute particulière pour les effets thérapeutiques recherchés dans l'utilisation de certaines eaux. Le fer, le manganèse et le cuivre, indésirables dans les eaux de distribution publique sont très répandus dans les eaux minérales. On trouve également, à côté de ces éléments courants, des éléments plus rares dans certaines eaux minérales tels que le vanadium, l'arsenic, le molybdène et le sélénium.

#### c- Les éléments radioactifs

Ils font aussi partie des éléments traces; il s'agit essentiellement d'éléments naturellement présents dans l'écorce terrestre et l'atmosphère. Parmi ces éléments, le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène, mérite une attention particulière. En effet, il est naturellement présent dans l'atmosphère (les nuages) par suite de l'action des rayons cosmiques. Ce radioélément qui se trouve dans les eaux de pluie et, par conséquent dans les eaux souterraines, contribue de manière insignifiante à la radioactivité totale de l'eau. En revanche il est un indicateur très utile pour déterminer l'âge de l'eau.

Découverte au début du siècle, la radioactivité de certaines eaux minérales fut longtemps considérée comme bénéfique. De nos jours, les affirmations telles que « eau la plus radioactive du monde », qui figuraient sur certaines bouteilles ont généralement disparu des

étiquettes. De plus les études réalisées conduisent à souligner que la radioactivité de ces eaux, très modeste dans notre pays, ne saurait constituer un risque.

Le tableau suivant permet de faire un certain nombre de remarques. Tout d'abord on constate que la majorité des eaux minérales françaises, et notamment les plus consommées (EVIAN, VITTEL, CONTREX, VOLVIC...), ont des activités en Radium 226 très faibles, souvent à la limite de détection fixée à 30 mBq/L. De même pour la teneur en Uranium qui est également très faible, voisine de 1 µg/L. Cependant le cas de l'eau de BADOIT est remarquable. En effet il a été mis en évidence une concentration en Uranium allant de 70 à 80 µg/l, ces teneurs élevées indiquant la présence de dépôts particulièrement riches en Uranium dans les roches environnantes. Enfin les sources les plus riches en potassium se situent dans le bassin de Vichy et plus généralement dans la partie Est du Massif Central avec des teneurs atteignant 110 mg/L. L'environnement géologique de ces eaux, à dominance alcaline, constitue une réserve en potassium. Ces teneurs en potassium se traduisent par une activité bêta totale de quelques Becquerels par litre.

Ainsi la majorité des eaux minérales françaises sont très peu radioactives et leur consommation ne présente pas de problème d'hygiène publique même pour celles dont la radioactivité est un peu plus élevée.



Tableau 4 : Analyse de la radioactivité de quelques eaux minérales françaises (9).

Eaux Minérales	Production (million de litres/an)	Résidu sec à 180°C (mg/L)	Activité $\alpha$ totale (mBq/L)	Activité $\beta$ totale (mBq/L)	K (mg/L)	226 Ra (mBq/L)	U ( $\mu$ g/L)
EVIAN	1200	309	71	<89	1,1	<40	1,2
VITTEL	977	841	78	<170	1,9	<29	1,2
HEPAR		2580	160	<150	3,8	<26	1,5
CONTREXEVILLE	790	2125	85	<110	3,3	<27	1,5
VOLVIC	502	109	<26	250	5,9	<40	1,0
PERRIER	414	447	200	<110	<1	<26	3,2
BADOIT	243	1200	3300	1500	10	240	70
SAINT-YORRE	152	4774	1300	4800	110	250	4,2
SAINT-AMAND	90,5	859	<74	190	4,4	<40	<0,5
VAUBAN	61	1280	250	380	6,1	130	<0,8
VICHY CELESTIN	53	3325	1600	2900	60	350	0,6
PLANCOET	32,5	330	<49	<500	2,6	<40	<0,6
AIX LES BAINS	30	312	<52	<84	1,0	<40	0,8
ABATILLES	17	259	<39	<150	3,2	<40	<0,5
THONON	14	342	<33	<84	<1	<40	<0,5
PAROT	4,5	3100	170	2400	76	<53	<0,7

### 3) Les sels minéraux dans l'organisme

Mis en évidence à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, les sels minéraux sont des éléments chimiques que l'on rencontre sous forme de minéraux ou cristaux dans la nature. Ils sont considérés comme des nutriments au même titre que les glucides, les lipides et les protides. Ces composés sont constitués d'électrolytes c'est-à-dire d'anions (chlorures, phosphates, sulfates) et de cations (sodium, potassium, calcium, magnésium).

#### a- Les sels minéraux

##### → *Les sulfates*

Les sulfates jouent un rôle important dans le processus de digestion et de désintoxication de l'organisme (6).

##### → *Les bicarbonates*

Le bicarbonate de sodium intervient dans la lutte contre les gastralgies (6).

##### → *Le calcium*

Le calcium, très présent dans l'organisme, contribue à la formation des os et des dents, également à la régulation des systèmes d'échange intercellulaires et, dans le plasma sanguin, il est indispensable à la coagulation (6).

En effet, un apport calcique adéquat est capital pour une croissance convenable et optimale du squelette et à plus long terme pour la prévention de l'ostéoporose (diminution de la concentration en calcium et en phosphore de l'os, le rendant ainsi plus fragile et dont les

complications les plus fréquentes sont la fracture du col du fémur et les tassements vertébraux).

La principale source de calcium est représentée par les produits laitiers ; cependant il a été mis en évidence que le calcium contenu dans les eaux est biodisponible et donc tout à fait capable de contribuer à l'équilibre du bilan calcique. Ceci est donc intéressant pour certains états physiologiques exigeant des apports supplémentaires en calcium, tels que la grossesse, la lactation, l'adolescence ou la ménopause (4).

#### → *Le phosphore*

Le phosphore est indissociable du calcium qui ne peut être assimilé dans l'organisme sans lui. Il forme la trame minérale de l'os et contribue à la fois au fonctionnement cérébral et à la protection des dents (6).

Le phosphore est présent dans les produits laitiers, le fromage, les légumes secs, les fruits oléagineux, le chocolat, les viandes et les poissons (4).

#### → *Le magnésium*

Le magnésium est présent en quantité relativement élevée dans le corps humain. Il est indispensable aux leucocytes, globules blancs qui phagocytent les microbes. Il participe également à l'équilibre neuromusculaire (6). Il a des propriétés tranquillisantes, sédatives et favorise la fixation osseuse du calcium.

Les aliments riches en magnésium sont le chocolat, les amandes, les fruits et légumes secs, qui sont très souvent des produits hautement caloriques (4).

Un déficit en magnésium peut entraîner des états d'anxiété, de fatigue, de nervosité, des crampes et des engourdissements et plus généralement les différentes manifestations de la spasmophilie (annexe 1).

→ *Le sodium*

Elément principal du liquide extra-cellulaire, on trouve le sodium dans le sang. Il joue un rôle dans la transmission de l'influx nerveux, tout particulièrement à la jonction du nerf et du muscle. Enfin, le sodium favorise la rétention hydrique tissulaire (6).

→ *Le potassium*

Le potassium, présent dans le liquide intracellulaire, joue un rôle important dans la contraction musculaire (6).

Il est présent dans tous les aliments et notamment dans le chocolat, les fruits et légumes, les viandes et les poissons (4).

→ *Apports recommandés en minéraux majeurs (mg/jour) (4)*

	Calcium	Phosphore	Magnésium
Homme	900	900	420
Femme	900	900	330
Femme enceinte ou allaitant	1200	1200	480

b- Les oligo-éléments présents dans les eaux

Les oligo-éléments définis comme des substances, qui en très petite quantité, sont nécessaires au fonctionnement des organismes vivants, sont également appelés éléments traces. Ils constituent une classe de nutriments caractérisée non pas par leurs propriétés physiques ou



chimiques, mais par leur présence en très faible concentration dans l'organisme (de l'ordre du microgramme ou du nanogramme).

Les oligo-éléments agissent en facilitant et en augmentant les réactions chimiques de l'organisme: régulation de différents métabolismes, des défenses immunitaires, de l'action des hormones et action sur la structure de certains tissus (10).

Les oligo-éléments présents dans les eaux minérales et jouant un rôle remarquable dans les effets bénéfiques pour la santé sont principalement le fer, le fluor, le sélénium, le silicium et le vanadium. Cependant on trouve également l'iode, le zinc, le cuivre, l'argent...(6).

#### → *Le fer*

La particularité de cet oligo-élément est que sa concentration dans les eaux est extrêmement variable selon les terrains traversés, voire la nature des tuyaux de transport de l'eau avant sa consommation. Il reste cependant indispensable au métabolisme de l'homme et ne présente pas de toxicité particulière (3). Au sein de l'organisme, le fer entre dans la constitution de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreux systèmes enzymatiques. Il participe également à la défense immunitaire. En cas de déficit il peut apparaître une anémie, une baisse des performances physiques et intellectuelles, une sensibilité accrue aux infections. Dans l'alimentation le fer est présent dans les viandes, les poissons, les céréales, les légumes secs, les fruits, les produits laitiers (10). Les eaux minérales peuvent également en contenir jusqu'à 25 mg/L, raison pour laquelle on va les déferriser avant embouteillage afin d'obtenir une concentration de l'ordre de 0,1 mg/L (3).

#### → *Le fluor*

Les effets physiologiques du fluor restent mal connus, même s'il est considéré comme un agent important de la prévention des caries dentaires. De plus, cet oligo-élément entre dans la composition de l'os et son utilisation a été évoquée pour lutter contre l'ostéoporose (10). Il est

important de signaler que les effets du fluor ne sont bénéfiques qu'à faible concentration. Il existe en effet des maladies causées par des intoxications aiguës ou chroniques au fluor. Ceci est le cas pour des apports supérieurs à 5 à 6 mg/j pouvant conduire d'une part à des anomalies dentaires représentées par des taches d'hypoplasie d'une couleur variant du blanc au jaune-brun selon la gravité et d'autre part à des problèmes de fluorose. Si la fluoration de l'eau a été envisagée dans de nombreux pays et mise en œuvre pour réaliser une prévention de carie dentaire, cette solution n'a pas été retenue en France. Cependant certaines eaux contiennent naturellement du fluor et à condition de ne pas dépasser 1,5 mg/L, la consommation régulière de telles eaux a un effet bénéfique parfaitement démontré (3).

#### → *Le sélénium*

Le sélénium est un antioxydant indispensable à l'action d'une enzyme (la glutathion peroxydase) qui protège la membrane des cellules contre les effets des radicaux libres altérant l'intégrité des cellules et contribuant à les détruire. Ce rôle antioxydant explique, d'une part les effets bénéfiques du sélénium contre les maladies cardio-vasculaires et contre le vieillissement des tissus, et d'autre part, que des carences sévères en sélénium favoriseraient l'apparition de certains cancers.

On trouve cet oligo-élément dans les viandes, les poissons, les œufs et les céréales (10).

En France, il ne semble pas que les eaux contiennent des concentrations élevées en sélénium et dans ce cadre, une concentration maximale admissible de 10 µg/L semble tout à fait raisonnable (3).

#### → *Le silicium*

Le silicium est impliqué dans la croissance de l'os jeune et dans la constitution des cartilages et des articulations. Des études épidémiologiques ont indiqué que le silicium aurait un effet protecteur contre l'athérosclérose, en maintenant l'élasticité des artères, diminuant ainsi le

risque de maladie cardio-vasculaire. Son rôle dans la prévention de la maladie d'Alzheimer fait actuellement l'objet de recherches. Les aliments les plus riches en silicium sont les céréales (10).

→ ***Le vanadium***

Le vanadium a un rôle d'activateur ou d'inhibiteur de certaines enzymes. Dans certaines régions, son rôle protecteur vis à vis de l'athérosclérose a été évoqué, notamment par l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) qui indique que la présence de vanadium dans l'eau de boisson pouvait être associée à des taux plus faibles de décès par maladies cardiovasculaires. Il a été mis en évidence un effet de régulation de la glycémie semblable à celui de l'insuline, grâce au vanadium.

Les épinards, le riz, le foie, la bière ou le vin sont des aliments riches en vanadium (10).

→ ***Apports journaliers recommandés(4)***

- ⇒ Fer :                    de 3 à 12 mois = 7 à 9 mg/j  
                                   jusqu'à 12 ans = 10 mg/j  
                                   adultes = 10 mg/j  
                                   adolescents et femmes enceintes = 15 mg/j
- ⇒ Fluor :                    de 1 à 3 ans = 0,5 à 1,5 mg/j  
                                   de 4 à 9 ans = 1 à 2,5 mg/j  
                                   + de 10 ans = 1,5 à 2,5 mg/j  
                                   adultes = 1,5 à 4 mg/j
- ⇒ Sélénium :                adultes = 50 à 200 µg/j
- ⇒ Silicium :                adultes = 40 mg/j
- ⇒ Vanadium :              adultes = 10 à 20 µg/j



**4) Composition physico-chimique des principales eaux minérales naturelles  
françaises embouteillées (annexe 1).**

Tableau 5 : Eaux minérales naturelles faiblement minéralisées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
PERRIER	5	447	147	3	1,1	9	390	22	33	18	<0,1	<0,01
THONON	7,4	342	108	14	<1	3	350	9	13	12	0,07	<0,1
AIX LES BAINS	7,3	312	84	23	1	2	341	3	27	<0,2	0,15	-
EVIAN	7,2	309	78	24	1	5	357	4,5	10	3,8	0,1	0,01
VALVERT	7,7	201	67,6	2	0,2	1,9	204	4	18	3,5	<0,1	<0,01
PLANCOET	6,5	330	54,4	17,5	6	36,4	207,4	38	58	<1	<0,1	<0,01
LUCHON	8	83	26,5	1	0,2	0,8	78,1	2,3	8,2	1,8	0,06	<0,1
ABATILLE	7,9	259	16,4	8	2,8	74,5	112	95	7,8	<1	0,3	<0,01
VOLVIC	7	109	9,9	6,1	5,7	9,4	65,3	8,4	6,9	6,3	0,24	<0,01
MONTROUCOUS	6	19	1,2	0,20	0,40	2,8	4,9	3,2	3,3	2,3	-	-

Tableau 6 : Eaux minérales naturelles sulfatées calciques et magnésiennes (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
HEPAR	7	2580	555	110	4	14	403	11	1479	2,9	0,4	0,07
CONTREX	7,15	2125	486	84	3,2	9,1	403	8,6	1187	2,7	0,32	<0,06
SAN PELLEGRINO	5	1109	208	55,9	2,7	43,6	219,6	74,3	549,2	<1	0,52	0,20

Tableau 7 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées sodiques et fluorées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
VICHY CELESTINS	6,8	3325	103	10	66	1172	2989	235	138	2	6	3,40
St YORRE	6,79	4774	90	11	132	1708	4368	322	174	<1	9	4,70
VERNET	6,1	675	32,7	17,6	28,7	192	741	5,8	12,7	<1	1,3	1

Tableau 8 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, bicarbonatées sodiques (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
QUEZAC	6,1	1656	241	95	49,7	255	1685,4	38	143	<1	2,1	1,4
HYDOXYDASE	6,8	-	213,5	243	192,2	1945	6722,2	367	10,8	-	0,2	8
ARVIE	6	2520	170	92	130	650	2195	387	31	<1	0,9	3,1

Tableau 9 : Eaux minérales naturelles calciques, bicarbonatées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
AMELIE LA REINE	6,20	1230	390	27,5	2,8	45	1376,6	19	36	<1	0,1	0,06
ORIOLE	-	-	307,5	23	2,9	26,1	1030,9	13,2	32,3	2,5	0,27	-
SALVETAT	6	850	253	11	3	7	820	4	25	<1	0,34	0,03

Tableau 10 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, bicarbonatées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
BADOIT	6	1200	190	85	10	150	1300	40	40	5,3	1	0,80
VERNIERE	6	1226	190	72	49	154	1170	18	158	0	<1	-
VENTADOUR	5,55	218	31,4	11	1,4	14,8	196,5	2,1	3,1	0,1	0,32	-
CHANTEMERLE	5,4	174	20,2	7,4	1	11,1	144,6	2,1	4,9	<0,1	0,35	-

Tableau 11 : Eaux minérales naturelles calciques, sulfatées, fluorées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
WATTWILLER	7,5	1092	288	20,1	1,4	3	142	3,9	678	<0,1	1,97	0,04
St AMAND	7	859	176	46	5	28	312	37	372	0	2	-



Tableau 12 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, sulfatées, fluorées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
AMANDA	7,2	1330	243	77	8	45	295	62	675	<0,5	2	-
OREE	7,1	1310	234	70	9	43	292	60,6	635	<1	2	-
VAUBAN	7,2	1280	230	66	8	40	280	57,9	620	0	2	-

Tableau 13 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées sodiques (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
Ste MARGUERITE	5,8	1227	71,05	39,7	33,6	302	811,6	230	58,7	4,1	0,26	-
PUITS St GEORGES	5,95	1232	42	31	17	406	1352	37	9	8	<0,5	-

Tableau 14 : Eau minérale naturelle bicarbonatée (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eau minérale	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
LISBETH	-	-	87	34	22	100	654	15	36	-	0,9	-

Tableau 15 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées, sodiques, magnésiennes, fluorées (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eaux minérales	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
NESSEL	-	-	122,7	53,3	42,6	272,6	1212,4	36,7	88,2	<0,3	1,9	-
PAROT I	6,4	3100	99	88	103	968	3380	88	18	<1	1,6	-

Tableau 16 : Eau minérale naturelle sulfatée, calcique (annexe 1)  
(teneur en mg/L)

Eau minérale	pH	Résidu sec à 180°C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li <sup>+</sup>
VITTEL	7,2	841	202	36	2	3,8	402	7,2	306	6	0,28	0,02

## 5) Aspects bénéfiques pour la santé (annexe 1)

### a – Action désintoxiquante

Les eaux minérales naturelles gazeuses St YORRE et VICHY CELESTINS facilitent le travail des reins et des intestins. En effet, elles favorisent l'élimination des toxines. Recommandée pour le foie, l'estomac et les reins, l'eau minérale VERNIERE est dotée d'un fort pouvoir diurétique. Du fait de sa très faible concentration en sels minéraux, l'eau minérale MONTRUCOUS favorise le drainage tissulaire et l'élimination des déchets métaboliques. Les eaux minérales du groupe St AMAND (VAUBAN, OREE, AMANDA, St AMAND) permettent au corps de conserver un bon équilibre hydrique et d'améliorer l'élimination des déchets organiques. De même, l'élimination des toxines est facilitée par l'eau minérale HYDROXYDASE, ainsi qu'EVIAN qui diffuse rapidement dans le corps.

### b – Action eupeptique

De part leur taux élevé en bicarbonates, les eaux minérales naturelles gazeuses St YORRE et VICHY CELESTINS accélèrent la digestion permettant ainsi une meilleure assimilation. Une des premières eaux minérales à avoir été mis en bouteilles et commercialisée dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, BADOIT est appréciée pour sa saveur subtile, ses fines bulles et ses vertus digestives.

### c – Action sur le tonus de l'organisme

Grâce à ses sels minéraux (K, Na, Mg, Ca) la consommation de St YORRE permet une recharge rapide de l'organisme, favorise un meilleur équilibre et donne le tonus indispensable à la vie moderne.

Par sa richesse en magnésium, VERNIERE aide à lutter contre le stress et la fatigue.

Les eaux minérales naturelles gazeuses AMELIE LA REINE et ORIOL, ont de tout temps été considérées comme une boisson rafraîchissante aux qualités toniques et reconstituantes.

Les eaux minérales du groupe St AMAND, conviennent parfaitement aux sportifs du fait de leurs apports magnésien et potassique indispensables au bon fonctionnement musculaire et nerveux.

De même, l'eau minérale HYDROXYDASE contribue au bon fonctionnement de l'organisme en stimulant ses fonctions biochimiques et physiologiques qu'elle concourt à réguler.

Caractérisée par sa remarquable richesse en magnésium, HEPAR permet de lutter contre la fatigue et constitue une aide efficace dans les situations où les besoins en magnésium sont augmentés comme la grossesse ou l'allaitement.

#### d – Action sur la densité osseuse

Les sels fluorés bicarbonatés, présents dans St YORRE, ont une action bénéfique sur la densité osseuse et diminuent donc les risques de fractures ou de tassements vertébraux.

Les eaux du groupe de St AMAND riches en fluor et en calcium, contribuent au renouvellement et à la solidité du tissu osseux.

#### e – Action sur les maladies métaboliques

L'eau minérale naturelle THONON est utilisée en cure thermale dans des maladies métaboliques comme la goutte ou l'hypercholestérolémie. Il en est de même pour l'eau minérale naturelle ABATILLES.

#### f – Action sur les maladies des reins et des voies urinaires

L'eau minérale naturelle THONON possède des qualités diurétiques et est de ce fait particulièrement indiquée pour soigner les affections des voies urinaires. En effet sa faible

teneur en sels minéraux lui permet de réaliser un véritable « lavage » des reins et des voies urinaires.

L'eau minérale naturelle ABATILLES est recommandée en cure de diurèse dans des pathologies telles que les lithiases rénales ou les affections chroniques des voies urinaires (cystites, pyélonéphrites).

MONTROUCOUS, de part sa faible concentration en sodium, calcium et bicarbonate, est conseillée en cas de lithiases et d'insuffisance rénale.

AMELIE LA REINE et ORIOL ont également été très longtemps utilisées pour soigner les calculs rénaux.

Une étude publiée en mars 1982 a montré l'intérêt de la minéralisation de l'eau minérale naturelle EVIAN, par rapport aux vertus spécifiques d'eaux plus minéralisées, dans la prévention des lithiases calciques.

Etant donné que la restriction des apports en calcium augmente le risque de formation de calculs rénaux oxalo-calciques, la consommation modérée d'une eau riche en calcium comme VITTEL, ne favoriserait pas l'apparition de calculs rénaux.

VOLVIC trouvant sa place dans le groupe des eaux minérales diurétiques oligo-minérales, est indiquée dans le régime des affections urinaires telles que lithiases calciques ou infections urinaires.

#### g – Action sur les maladies de la nutrition

L'eau minérale naturelle HYDROXYDASE aide à lutter contre les surcharges métaboliques (hypercholestérolémie, hyperlipidémie, hypertriglycéridémie) et pondérales (cellulite et obésité). Il en est de même pour VOLVIC.

#### h – Le régime hyposodé

Du fait de sa faible teneur en sodium, l'eau minérale naturelle THONON convient parfaitement aux personnes qui doivent suivre un régime sans sel ou hyposodé. Il en est de même pour les eaux minérales naturelles WATTWILLER, EVIAN, VITTEL et VOLVIC.

#### i – Le régime amincissant

CONTREX, eau minérale naturelle riche en sels minéraux, est recommandée à tous ceux qui ont choisi de mincir ou de rester mince. Elle favorise la diurèse et participe à la couverture des besoins quotidiens en calcium, magnésium et sels minéraux souvent déficitaire lors d'un régime amincissant.

#### j – Action en dermatologie

L'étude des effets des applications externes d'eau de VOLVIC sur diverses lésions cutanées inflammatoires a mis en évidence son action décongestionnante et sédative. Ainsi est-elle utilisée en dermatologie tant pour des soins thérapeutiques que pour des soins esthétiques. C'est également le cas pour AMELIE LA REINE et ORIOL qui ont été très longtemps utilisées pour les problèmes de peau tels que l'eczéma et l'acné.

#### k – Alimentation des nourrissons

L'eau minérale de LUCHON peut être bue par tous, à tout moment de la journée et en grande quantité. Sa faible teneur en nitrates en fait une eau particulièrement recommandée pour l'alimentation des nourrissons. Il en est de même pour ABATILLES, MONTROUCOUS et EVIAN.

PLANCOET, faiblement minéralisée et idéalement équilibrée, fournit à l'organisme les sels minéraux dont il a besoin et est également recommandée pour la préparation des biberons.

### III – LES LITHIASES URINAIRES

Depuis la fin de la dernière guerre mondiale, la fréquence des lithiases urinaires, dans les pays industrialisés, a triplé. Elles sont rencontrées essentiellement chez l'homme et se définissent par l'existence de concrétions solides, à l'intérieur des cavités pyélocalicielles et de l'arbre urinaire, appelées calculs.

#### 1) Formation et structure des calculs (11)

La formation d'un calcul comporte essentiellement quatre étapes. D'abord, il y a apparition d'une phase insoluble (nucléation), ensuite augmentation de la taille des particules formées (agrégation), puis rétention de ces dernières à un niveau quelconque des voies excrétrices et enfin croissance du calcul à partir du *nucleus* ainsi constitué.

##### a – formation d'une phase insoluble

L'un des facteurs fondamentaux de la lithogénèse est la sursaturation du milieu urinaire. Elle génère une phase insoluble primitive faite de cristaux et en assure la croissance ultérieure; on parle alors de nucléation homogène. Parfois ce sont des amas ou des débris cellulaires constituant un support initial qui favorise la cristallisation; on parle alors de nucléation hétérogène. Dans d'autres cas, la nucléation hétérogène se fait sur une matrice protéique formée sous l'effet de protéases bactériennes ou précipitée dans certaines conditions pathologiques telles qu'une insuffisance rénale terminale. Un corps étranger introduit dans le

rein (ou la vessie) lors d'une manœuvre chirurgicale ou endoscopique peut également constituer un nucléus.

#### b – augmentation de la taille des particules formées

La croissance et l'agrégation cristallines contribuent à la formation de particules dont la taille peut devenir suffisante (200-300 microns) pour qu'elles soient retenues dans la lumière tubulaire. Le ralentissement du flux urinaire peut également, dans certains cas, permettre à des cristaux préalablement formés de grossir et de s'agglomérer à tel point qu'une évacuation spontanée hors des reins devient impossible.

#### c – rétention de la phase insoluble

Les aspérités liées aux arêtes et angles pointus de certains cristaux contribuent à l'accrochage de ceux-ci ou des agrégats cristallins à la muqueuse, soit dans le tube, soit sur la papille, soit au niveau du repli caliciel. Cependant la cristallisation intra-tubulaire s'accompagne d'une sécrétion de mucoprotéines enrobant et entraînant les cristaux vers la papille rénale afin de les évacuer dans les cavités excrétrices. De même, la protéine Tamm-Horsfall (produite dans la branche ascendante de l'anse de Henlé) peut se gélifier et former des cylindres muqueux, contribuant à l'évacuation des cristaux hors des tubes rénaux. Pourtant la nucléation du calcul existe bien. En effet, il peut arriver que les agrégats cristallins ou les cylindres micro cristallins constitués, soient retenus dans les tubes ou à la surface des papilles, lieux privilégiés de rétention et de nucléation.



d – croissance du calcul

Le *nucleus* du calcul formé par le support matriciel, le corps étranger, l'agrégat ou le cylindre mucocristallin, grossit par capture de nouveaux cristaux ou par croissance épitaxiale sur la structure initialement formée. On entend par croissance épitaxiale, la croissance de cristaux, d'une même espèce ou d'espèces différentes, les uns sur les autres, selon des orientations privilégiées qui dépendent des paramètres cristallographiques de chaque espèce.

e – constitution des calculs (12)

Les calculs peuvent comporter plusieurs parties, parmi lesquelles nous pouvons distinguer :

- le *nucleus*, situé tantôt au centre du calcul, tantôt en position excentrée. Il est unique ou multiple et sa composition chimique est variable.
- les couches concentriques situées autour du *nucleus* et dont l'épaisseur et les colorations sont variables à l'intérieur d'un même calcul.
- les striations radiales, disposées comme les rayons d'une roue dont le *nucleus* représenterait l'axe. Elles coupent les couches concentriques à angle droit.
- les sphérules, masses arrondies, individualisées au sein du calcul. Leur taille et leur composition chimique varient d'un calcul à l'autre et à l'intérieur d'un même calcul.
- le pédicule, ou ombilication, apparaissant avec une fréquence variable, sous forme d'une petite dépression. Il représenterait le point d'attache du calcul à la papille rénale.

## 2) Les différents types de lithiases calciques (11)

D'un point de vue clinique, nous pouvons distinguer les lithiases calciques secondaires à une maladie comme l'hyperparathyroïdie primaire et les lithiases calciques idiopathiques qui sont en fait les plus fréquentes.

### a – les lithiases calciques secondaires

Les lithiases calciques secondaires ne sont observées que chez 10 à 20 % à peine des patients atteints de calculs d'oxalates ou de phosphates de calcium.

Cette lithiase calcique qui englobe les calculs d'oxalates et / ou de phosphates de calcium est une affection à l'origine de laquelle interviennent plusieurs facteurs de risque. Ceux-ci associent à des degrés variables une augmentation de la concentration des urines en solutés promoteurs (calcium et oxalate), une diminution de leur concentration en inhibiteurs (citrates), et une insuffisance du volume des urines ou des anomalies de leur pH.

#### *→ lithiases calciques secondaires avec hypercalciurie et / ou hypercalcémie*

Chez le sujet normal, la calcémie est maintenue à son niveau physiologique (2,4 à 2,5 mmol/L) par l'action commune de l'hormone parathyroïdienne (PTH), du calcitriol (1,25 D3) et de la calcitonine, agissant sur la résorption osseuse, l'absorption intestinale et l'excrétion rénale du calcium.

Ainsi, toute diminution de la concentration plasmatique du calcium ionisé stimule les récepteurs des cellules parathyroïdiennes et déclenche la sécrétion de PTH, élevant la calcémie par augmentation de la réabsorption rénale du calcium, de la résorption osseuse et de la stimulation de la production de calcitriol.

Par définition, l'hypercalciurie correspond à une calciurie supérieure à 300 mg/j chez l'homme et à 250 mg/j chez la femme. Il est également important de remarquer que la ration calcique alimentaire est normalement de l'ordre de 1000 mg/j.

En fait, il a été démontré que l'hypercalciurie peut provenir soit uniquement de l'apport alimentaire par hyperabsorption intestinale, soit uniquement de la libération d'une partie du contenu osseux (lyse osseuse), soit uniquement d'un défaut primitif de réabsorption tubulaire du calcium.

Parmi les principales causes de lithiase calcique, associé à une hypercalciurie et/ ou une hypercalcémie, la première place en fréquence revient à l'hyperparathyroïdie primaire.

Viennent ensuite :

- \* la sarcoïdose (troubles dus à une hypersensibilité de la muqueuse intestinale à la vitamine D)
- \* l'intoxication à la vitamine D (responsable du transport actif du calcium)
- \* l'immobilisation
- \* l'ostéolyse au cours d'affections malignes (lymphomes ou myélomes)
- \* le régime lacté et l'absorption de préparations alcalines, à base de carbonate de calcium, pour le traitement d'ulcères duodénaux.

**→ les lithiases calciques secondaires avec hyperoxalurie**

L'acide oxalique est présent en concentration élevée dans la rhubarbe, l'oseille, les épinards, les baies rouges, le thé longuement infusé, le cacao et le chocolat.

Seul 2 à 5 % de l'oxalate ingéré est absorbé à tous les niveaux de l'intestin.

Les lithiases oxaliques sont la conséquence d'une augmentation de la concentration urinaire d'oxalate. Ceci peut se rencontrer soit en cas d'excès de la production d'oxalate d'origine

endogène ou exogène, soit en cas d'exagération de son absorption intestinale au cours des maladies de l'intestin grêle, soit en cas d'un excès d'apport alimentaire.

→ *les lithiases calciques avec hypocitraturie*

Dans certaines conditions pathologiques (acidoses tubulaires distales, diarrhées chroniques), l'hypocitraturie apparaît comme le facteur favorisant la survenue d'une lithiase calcique.

En fait, trois mécanismes expliquent l'action inhibitrice des ions citrates sur la production des calculs calciques.

- Les ions citrates complexent les ions calcium présents dans l'urine sous forme de citrate de calcium très soluble
- Les ions citrates inhibent la croissance de cristaux de phosphate et d'oxalate de calcium
- Les ions citrates inhibent l'agrégation des cristaux d'oxalate de calcium, cet effet étant probablement le plus important.

Les ions citrates apparaissent ainsi comme un des principaux inhibiteurs de la précipitation des cristaux de phosphate de calcium, de la croissance et de l'agglomération des cristaux d'oxalate de calcium.

b – Les lithiases calciques idiopathiques

→ *la lithiase calcique avec hyperuricémie*

Il a été reconnu que les sujets atteints de lithiase oxalo-calcique étaient plus souvent hyperuricosuriques que les sujets normaux. Il existe bien alors une relation entre une teneur excessive d'acide urique dans les urines et l'apparition d'une lithiase oxalo-calcique.

Selon certains auteurs, l'hyperuricémie se définit par une excrétion supérieure à 600 mg/j dans les deux sexes et dans les conditions d'une alimentation normale et non excessive en protéines.

Ainsi a-t-on proposé le terme de lithiase oxalo-calcique hyperuricosurique, pour définir le cas où l'hyperuricurie est le seul facteur de risque identifiable chez un patient atteint de lithiase oxalo-calcique.

A l'origine de ce phénomène observé chez les patients atteints de lithiase oxalo-calcique, trois mécanismes peuvent être incriminés :

- des apports alimentaires excessifs en purines, principalement sous forme de protéines animales (viandes, poissons, volailles)
- une surproduction endogène d'acide urique provenant du métabolisme des purines
- des troubles de l'excrétion rénale de l'acide urique

En fait, la conjonction d'une uricurie élevée et d'un pH modérément acide est associée à une sursaturation des urines en urate acide de sodium ou en acide urique, favorisant la formation de cristaux d'oxalate de calcium.

Pour expliquer ceci deux hypothèses ont été évoquées :

- La formation de cristaux par nucléation hétérogène (lorsque les urines sont saturées, une structure solide étrangère déclenche le processus de cristallisation avec formation du noyau du calcul) et par croissance épitaxiale.
- L'inactivation des inhibiteurs de croissance cristalline de l'oxalate de calcium (les glycosaminoglycans et notamment le sulfate de chondroïtine) par suite de leur liaison aux particules d'urate acide de sodium.

→ *la lithiase phosphocalcique idiopathique*

Bien que l'oxalate de calcium soit le constituant majeur des calculs calciques, il est rare qu'il en soit le constituant exclusif. En fait, dans la lithiase calcique, les calculs sont le plus souvent faits d'un mélange d'oxalate de calcium et de diverses formes de phosphate de calcium, notamment d'apatites.

La lithiase phosphocalcique est caractérisée par une prédominance féminine, une sévérité clinique importante et des conditions physico-chimiques de formation particulières.

Parmi les principales variétés de sels phosphatiques rencontrés dans les calculs urinaires, la carbapatite (soit sous forme pure, soit associée à l'oxalate de calcium) est la plus fréquente. Sont également rencontrés le phosphate octocalcique et, plus rarement la brushite ou la whitlockite.

Du point de vue clinique, la lithiase phosphocalcique est marquée par une forte tendance à la récurrence et une morbidité plus grande que la lithiase oxalo-calcique, avec une plus grande fréquence d'ablation instrumentale des calculs notamment chez l'homme.

Bien qu'elle puisse se développer chez des patients indemnes de tout épisode d'infection urinaire, une grande fréquence d'infection urinaire à germes non uréasiques tels que *Escherichia coli* a été observée.

Du point de vue métabolique, on constate un pH urinaire élevé, une hypocitraturie modérée et une hypercalciurie.

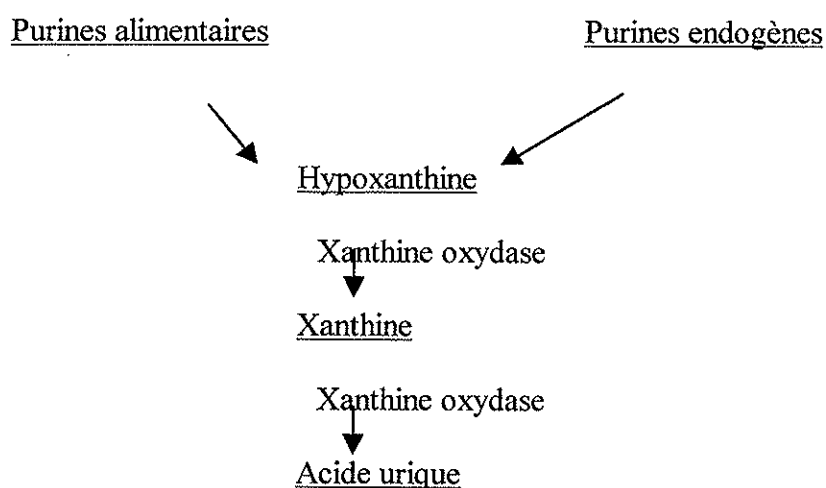
Le facteur lithogène qui semble favoriser la précipitation des cristaux de phosphates de calcium (en l'absence d'infections à germes uréasiques) est l'alcalinité anormale des urines.

### 3) Autres variétés chimiques de lithiases (11)

#### a – la lithiase urique

L'acide urique, produit terminal de la dégradation des purines (qu'elles soient d'origine alimentaire ou endogène), est essentiellement excrété dans l'urine.

Schéma du catabolisme des purines :



La survenue de calculs uriques chez les sujets ayant une hyperuricémie associée à un pH urinaire acide est due à la faible solubilité de l'acide urique à pH acide.

Les facteurs de risque lithogène dans la lithiase urique font intervenir :

⇒ une hyperuricémie, qu'elle relève d'un excès de production ou d'une diminution de la réabsorption tubulaire de l'acide urique

⇒ l'acidité des urines avec un pH < 5,5

⇒ la réduction de la diurèse (facteur commun à toutes les lithiases) car elle abaisse le pH urinaire tout en augmentant la concentration de l'acide urique.

Les manifestations cliniques sont des coliques néphrétiques typiques avec lombalgies intenses, hématurie microscopique suivies de l'émission spontanée de calculs ou de sable de couleur orangée ou rougeâtre très évocatrice.

#### b – la lithiase xanthique

C'est une lithiase purique rare, provoquée par l'accumulation de métabolites des purines relevant le plus souvent d'anomalies enzymatiques héréditaires.

Les calculs de xanthine sont dus à une excrétion urinaire anormalement abondante de xanthine relevant soit d'un déficit primitif en xanthine oxydase, soit des conséquences de l'inhibition thérapeutique de cette enzyme chez certains sujets. Il s'agit d'une lithiase à prédominance masculine.

#### c – la lithiase cystinique

La lithiase cystinique est la seule expression clinique de la cystinurie, maladie héréditaire transmise de manière autosomale récessive caractérisée par un défaut de réabsorption tubulaire rénale de la cystine et des acides aminés dibasiques (ornithine, lysine et arginine).

La gravité de la maladie tient uniquement au fait que la cystine est très peu soluble dans l'eau et que sa concentration excessive dans les urines conduit inexorablement à la formation répétée de calculs pouvant entraîner une destruction progressive du parenchyme rénal.

Les calculs faits de cystine pure, sont de couleur jaune-clair, de forme sphérique ou ovoïde, avec une surface finement cristalline. Ceux qui ne sont pas toujours purs contiennent de faibles quantités d'oxalate ou de phosphate de calcium pouvant contribuer à égarer le diagnostic lorsque le composant organique des calculs n'est pas identifié.



d – la lithiase phospho-ammoniac-magnésienne

Cette variété chimique de lithiase est également dénommée « lithiase d'infection » du fait de la formation des calculs, faits de phosphate ammoniac-magnésien (ou struvite), qui nécessitent des conditions physico-chimiques rencontrées pratiquement que dans les urines modifiées par la présence de micro-organismes possédant une activité uréasique.

Ces calculs sont souvent dénommés coralliformes du fait de leur développement ramifié en branches de corail.

Processus lithogène :

L'uréase bactérienne hydrolyse l'urée ( $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ ) en deux molécules de  $\text{NH}_3$  et une molécule de  $\text{CO}_2$ . Les molécules de  $\text{NH}_3$  (très basique) captent des ions  $\text{H}^+$  pour former des ions  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{OH}^-$ , tandis que l'hydroxylation de  $\text{CO}_2$  enrichit le milieu en ions bicarbonates. Enfin, en milieu très alcalin, le bicarbonate se convertit en carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Il en résulte une alcalinisation marquée des urines dont le pH dépasse 8 et un enrichissement en ions bicarbonates, carbonates et ammoniums qui s'ajoutent au magnésium et au phosphate présents dans l'urine pour conduire à la précipitation de phosphate ammoniac-magnésien et de carbapatite.

Parmi les principaux microorganismes possesseurs d'une uréase, le groupe des *Proteus* est prépondérant puisque la plupart des espèces de *Proteus* produisent une protéase, plus souvent que les *Providencia* et les *Klebsiella pneumoniae*.

Près du tiers des souches de *Pseudomonas* et de *Serratia* possèdent également une uréase.

Les facteurs favorisant sont l'existence d'anomalies anatomiques ou fonctionnelles du tractus urinaire quelles soient congénitales ou acquises. Ce sont particulièrement les situations conduisant à l'infection permanente des cavités pyélocalicielles telles que les dérivations urinaires externes ou internes et les vessies neurologiques nécessitant des cathétérismes vésicaux itératifs.

Tant qu'ils ont une faible dimension, les calculs phospho-ammoniaco-magnésiens se révèlent par des lombalgies ou des coliques néphrétiques pouvant être suivis d'une expulsion calculeuse. Quand ils sont volumineux, on peut observer des lombalgies vagues et mal latéralisés, une hématurie microscopique, une bactériurie impliquant un *Proteus*, ou bien la découverte d'une masse lithiasique rénale.

Dans certains cas, après de nombreuses années de silence clinique, la lithiase est révélée par un accident infectieux ou obstructif.

#### **IV – LE REGIME DU LITHIASIQUE**

##### **1) Principe de dilution des urines dans la prévention de la lithiase.**

Le facteur lithogène majeur, dans toutes les variétés chimiques de lithiases, est la sursaturation des urines en solutés entrant dans la composition des calculs. Cette sursaturation provoque la précipitation de cristaux, étape initiale obligatoire de la formation des calculs (13-15). Elle résulte de l'augmentation de la concentration des urines en solutés lithogènes, tels que l'oxalate et le calcium dans la lithiase oxalocalcique.

La dilution des urines, obtenue grâce à une augmentation des apports hydriques, est indispensable pour diminuer la concentration urinaire des solutés lithogènes (16). Ainsi, la cure de diurèse est aujourd'hui considérée comme la mesure primordiale dans le traitement préventif de la lithiase.

La quantité minimale de boissons préconisée chez les lithiasiques, en fonction du type de lithiase, est désormais bien définie. De plus, il est possible d'orienter le choix des eaux de boisson, en fonction de leur composition en minéraux, selon la nature chimique de la lithiase.

La cure de diurèse s'intègre donc dans une stratégie thérapeutique globale qui met en œuvre parallèlement un réajustement des apports alimentaires.

La quantité et la qualité des boissons doivent ainsi être complémentaires des mesures diététiques associées, qui varient selon le type chimique de lithiase et selon les facteurs lithogènes en cause chez un patient donné.

Dans tous les cas, la quantité de boissons doit être adaptée aux conditions d'environnement et à l'activité. Ainsi, tout travail en atmosphère surchauffée (cuisiniers), climatisée ou pressurisée (cabine d'avion), séjour en pays chaud, nécessitent un supplément de boissons pour compenser les pertes cutanées. La perte d'eau entraînée par l'activité sportive doit également être compensée (17).

L'apport de boissons doit être régulièrement réparti sur l'ensemble du nycthémère, avec une prise abondante de boissons au coucher et à l'occasion de tout réveil nocturne. En effet, la concentration des urines est particulièrement élevée au cours de la nuit, leur densité étant maximale au moment du lever (18). Une diurèse abondante pendant la journée, mais insuffisante pendant la nuit est un facteur de récurrence lithiasique (19).

La quantité recommandée de boissons et la nature des eaux de boissons conseillées varient avec le type chimique de la lithiase (20). Dans tous les cas, le but qui doit être défini est le volume de la diurèse quotidienne à atteindre, la quantité de boisson nécessaire pour y parvenir, variant d'un sujet à l'autre.

Une diurèse inférieure à 2 litres par jour chez un lithiasique étant un facteur majeur de risque de récurrence, il convient d'insister auprès de tous les patients sur la nécessité absolue de maintenir une diurèse abondante (15,21).

## 2) Cure de diurèse dans la lithiase calcique primitive

Dans 5 à 10 % des cas, la lithiase calcique relève d'une cause définie, telle qu'une hyperparathyroïdie primaire, dont le seul traitement étiologique permet alors d'enrayer la formation des calculs (15). Dans la plupart des cas, elle apparaît primitive, relevant de facteurs endogènes tels qu'une hypercalciurie idiopathique et de facteurs d'environnement principalement nutritionnels (apports trop élevés en protéines carnées et en sel, diurèse insuffisante).

La dilution des urines est l'élément primordial du traitement, car elle diminue dans la même proportion la concentration de tous les solutés promoteurs. Ainsi, lorsque la diurèse passe de 1 à 2 litres par jour, la concentration tant de l'oxalate que du calcium est diminuée d'un facteur deux, si bien que le produit oxalocalcique, qui détermine le risque lithogène, est diminué de quatre fois.

Un consensus s'est établi pour recommander aux patients atteints de lithiase calcique de maintenir une diurèse d'au moins 2 litres par 24 heures, et même plutôt 2,5 litres par jour chez les sujets corpulents, l'élimination urinaire d'oxalate étant proportionnelle à l'index de masse corporelle (22-24).

Le volume total des boissons est plus important que leur nature en ce qui concerne leur effet sur la dilution (20) et le type de l'eau de boisson consommée doit être pris en compte pour s'inscrire dans la stratégie globale du traitement de la lithiase calcique. En effet, le réajustement nutritionnel préconisé chez tous les lithiasiques calciques, hypercalciuriques ou non, comporte outre la modération de l'apport en protéines carnées et en sel, un apport calcique optimal compris entre 800 et 1000 mg par jour selon le poids corporel des patients (14, 15, 25). Les travaux épidémiologiques récents ont montré qu'un apport inférieur à 600 mg par jour est associé à une incidence accrue de lithiases (26) par le biais de l'augmentation de l'oxalurie (24) et entraîne, de plus, le risque de bilan calcique négatif, de déminéralisation

osseuse et d'ostéopénie (27). Au contraire, un apport supérieur à 1 g par jour risque de majorer la calciurie chez les sujets ayant une hyperabsorption digestive du calcium (28).

Il est à noter que cet apport optimal correspond très exactement à l'apport calcique actuellement recommandé chez l'adulte, soit 900 mg par jour (4, 29).

La teneur en calcium de l'eau de boisson est importante à prendre en considération, sachant qu'une eau de teneur calcique moyenne de l'ordre de 80 à 150 mg/L, est le plus souvent choisie (15). Des différences d'effet des eaux de boisson sur la sursaturation oxalocalcique ou phosphocalcique des urines en fonction de leur teneur en calcium, en magnésium, en bicarbonates et en sulfates ont été rapportées (30-33). Ainsi, l'étude de Caudarella et al. (31) montre qu'une eau minérale à forte concentration en calcium et particulièrement riche en bicarbonates induit une augmentation significative de la citraturie ainsi que du taux de citrate de calcium, augmentant le pouvoir inhibiteur de l'urine contre le risque de formation de calculs calciques. De même, une augmentation significative de l'excrétion du calcium a été observée chez les patients ayant bu une eau minérale à teneur moyenne en calcium mais contenant une grande quantité de sulfate anionique.

En fait, ces différences d'effet sont mineures et ces études confirment que l'effet de la dilution l'emporte beaucoup sur celui des modifications de l'excrétion urinaire du calcium, de l'oxalate ou du citrate sous l'effet d'eaux à teneur ionique différente.

Ainsi les eaux modérément alcalines (taux de bicarbonates <1,5 g/L) sont acceptables pour le traitement de la lithiase calcique.

Toutefois, les eaux très riches en calcium sont déconseillées, sinon en faible quantité, aux patients hypercalciuriques, de même que les eaux fortement alcalines, leur teneur élevée en sodium tendant à majorer la calciurie (15).

Sachant que l'ensemble des aliments non laitiers (viandes, poissons, légumes, fruits, féculents) n'apporte qu'environ 200 mg de calcium par jour, le reste de l'apport calcique doit être fourni par les produits laitiers et / ou l'eau de boisson. Ainsi, un sujet aimant les fromages

consommara de préférence une eau à faible teneur calcique, tandis qu'un patient n'aimant pas les produits laitiers aura intérêt à consommer une eau à teneur calcique relativement élevée.

De plus, les boissons sucrées, gazeuses ou non, du fait de leur teneur élevée en sucrose (sucre d'absorption rapide) tendant à élever la calciurie, sont déconseillées, alors que les formes sans sucre, à base d'édulcorants artificiels (aspartame) sont autorisées.

Parmi ces boissons gazeuses, celles dont le goût acide est dû à l'adjonction d'acide citrique sont préférables à celles contenant de l'acide phosphorique qui tend à abaisser le pH urinaire et la citraturie (34).

Bien que l'eau de boisson joue un rôle important dans la sursaturation des urines, d'autres boissons influencent le risque de lithiase rénale. Des études épidémiologiques récentes, réalisées par Curahan, ont montré que la consommation abondante de jus de pomme et de pamplemousse serait associée à une augmentation du risque relatif de lithiase (33, 35, 36).

Les autres jus de fruits sont neutres ou favorables, notamment les jus d'orange ou de citron (non sucrés) qui, par leur teneur en citrate et en potassium, augmentent la citraturie et le pouvoir inhibiteur des urines.

Ce même auteur a montré que le café dilué, caféiné ou décaféiné, de même que le thé léger ont un effet favorable, ainsi que la bière ou le vin en quantité modérée. Une eau dont la teneur en calcium est de l'ordre de 80 mg/L est parfaitement adaptée à la cure de diurèse, en sachant que l'eau adoucie de teneur extrêmement faible en calcium et élevée en sodium est déconseillée.

Par conséquent, la grande variété des eaux de table, fromages et autres produits laitiers disponibles en France permettent de réaliser aisément un apport calcique optimal et une dilution adéquate des urines chez les lithiasiques calciques, en respectant les habitudes et les goûts de chaque patient, de manière aisée et acceptable au long cours.

Tableau 17 : Choix du type de boisson à conseiller dans le cas d'une lithiase calcique idiopathique (annexe 1)

NATURE DE LA BOISSON	A CONSEILLER	A DECONSEILLER
Boissons sucrées à base de sucrose		+
Boissons sucrées à base d'édulcorants	+	
Boissons gazeuses avec acide citrique	+	
Boissons gazeuses avec acide phosphorique		+
Jus de pomme		+
Jus de pamplemousse		+
Jus d'orange	+	
Jus de citron non sucré	+	
Café léger	+	
Thé léger	+	
Eaux minérales à teneur en calcium de l'ordre de 80 mg/L, comme EVIAN	+	
Eau de ville (sachant que la composition peut varier d'une ville à l'autre)	+	
Eau adoucie		+
Eaux modérément alcalines (bicarbonates < 1,5g/L)	+	
Eaux riches en calcium (>400mg/L)		+
Eaux fortement alcalines		+

Tableau 18 : Le régime du lithiasique calcique en pratique (37)

- ☺ Apport en boissons suffisant et bien réparti dans la journée, afin d'obtenir une diurèse d'au moins 2L/jour.
- ☺ Modération de l'apport en protéines carnées (120 à 150 g de viande, de poisson ou de volaille par jour).
- ☺ Apport calcique optimal de 800 à 1000 mg/jour : la moitié à deux tiers sous forme de produits laitiers, 200 mg par l'eau et 200 mg par les autres aliments.
- ☺ Suppression des aliments très riches en oxalate : cacao, chocolat, épinards, oseille, rhubarbe.
- ☺ Modération de l'apport en sel (pas de sel à table!).
- ☺ Suppression de la charcuterie et des abats riches en purines et en sel.
- ☺ Consommation suffisante en fruits et légumes (potassium et fibres).



### 3) Cure de diurèse dans la lithiase urique

La lithiase urique représente, en France, 10 % des causes de lithiase chez l'homme et 5 % chez la femme. Le facteur lithogène majeur est ici l'acidité anormale des urines dont le pH reste en permanence inférieur à 5,3. En effet, à  $\text{pH} = 5$ , la solubilité de l'acide urique ne dépasse pas 100 mg/L, alors que le débit de l'uricurie chez l'adulte est voisin de 600 mg/jour et peut dépasser 1 g/jour.

En revanche, la solubilité de l'acide urique augmente nettement avec le pH urinaire (14).

Cette pH-dépendance est à la base du traitement de la lithiase urique qui repose sur l'alcalinisation et la dilution des urines.

Le traitement préventif des récurrences vise à maintenir en permanence le pH urinaire entre 6 et 6,5. Ce but peut être atteint par la prise d'une eau minérale alcaline, comme l'eau de Vichy-Célestin ou de Saint-yorre, qui contient environ 3,5 g/L de  $\text{CO}_3\text{HNa}$ , si bien qu'une bouteille de 1,25 litres par jour est suffisante. Cependant cette quantité ne doit pas être dépassée car l'eau de Vichy est riche en fluor (7 mg/L) qui, dans ce cas, risquerait de provoquer une fluorose (15).

L'alcalinisation peut également être assurée par du bicarbonate de sodium (4 à 8 g/jour), de préférence dilué dans une grande quantité d'eau, afin de maintenir une diurèse d'au moins deux litres par jour, avec une prise au moment du coucher. On peut également utiliser du citrate de potassium (4 à 6 g/jour) dilué dans une grande quantité d'eau.

### 4) Cure de diurèse dans la lithiase cystinique

Le facteur lithogène est ici la concentration anormalement élevée des urines en cystine. La solubilité de la cystine est tout au plus de 250 mg/L au pH urinaire usuel voisin de

6. Ce n'est qu'à partir d'un pH de 7,5 que la solubilité s'accroît pour atteindre environ 500 mg/L. Le traitement de fond résultera donc d'une hyperdiurèse et d'une alcalinisation poussée (38, 39).

La mesure thérapeutique primordiale est ici le maintien d'une diurèse d'au moins trois litres par jour, avec une prise de boisson abondante au coucher et à l'occasion de tout réveil nocturne.

L'alcalinisation repose sur la prise de bicarbonate de sodium : 8 à 16 g/jour de manière à obtenir en permanence un pH urinaire voisin de 7,5 (15).

Il apparaît préférable de diluer la dose prescrite de bicarbonate de sodium dans une grande quantité d'eau faiblement minéralisée, en répartissant les prises sur l'ensemble de la journée, avec une prise d'eau et d'alcalins au coucher (15).

Une eau minérale alcaline peut être consommée, sans dépasser un litre par jour, au moment des repas ou au cours de la nuit.



## CONCLUSION

La prépondérance des facteurs nutritionnels dans la maladie lithiasique explique l'importance du traitement nutritionnel de cette pathologie.

La plupart des études aboutissent au fait que la cure de diurèse constitue la base indispensable du traitement médical préventif de toutes formes de lithiase.

La teneur en calcium et en autres minéraux doit être prise en compte et adaptée au type de lithiase.

Les eaux très riches en calcium telles que HEPAR, CONTREX, VITTEL sont déconseillées chez le lithiasique calcique, de même que les eaux alcalines telles que VICHY-CELESTINS et St-YORRE du fait de l'alcalinisation urinaire qu'elles produisent. On conseillera plutôt des eaux faiblement minéralisées comme EVIAN, AIX LES BAINS ou encore THONON.

Dans les lithiases uriques et cystiniques on conseillera des eaux bicarbonatées telles que VICHY-CELESTINS, St-YORRE, NESSEL, PAROT.

L'objectif de ce travail a été de démontrer l'importance de la connaissance des eaux minérales, dans le cadre du conseil à l'officine, pour la prévention des maladies lithiasiques urinaires.

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Schmitt F. Biochimie structurale métabolique et clinique. Moniteur internat. Rueil-Malmaison : Groupe Liaison SA, 1995. Tome IV.-661p.
2. Zech P, Pozet N, Hadj Aissa A. L'eau, l'homme et ses reins. EVIAN : Société des eaux minérales d'EVIAN, 1989.-31p.
3. Tampo D. Les eaux conditionnées. PARIS : Lavoisier, 1992.-175p.
4. Monnerot P, Monroche A. Eloge du verre d'eau : mille et une raison de boire naturel. PARIS : Chiron, 1998.-127p.
5. Monnerot P. L'eau minérale à découvrir. Revue de nutrition pratique. Dietecom, 1993, 7, 40p.
6. Auby JF. Les eaux minérales: que sais-je ? PARIS : Presses Universitaires de France, 1994.-127p.
7. Guide du thermalisme 1999. PARIS : Impact Médecin, 1999.-457p.
8. Pommerol C, Ricour J. Terroirs et thermalisme de France. ORLEANS : Editions du BRGM, 1992.-288p.
9. Remy ML, Lemaitre N. Eaux minérales et radioactivité. Hydrogéologie 1990, 4, 267-278.

10. Favier A. Oligo-éléments, prévention et santé : guide pratique. Centre VOLVIC pour la recherche sur les oligo-éléments 1995.
11. Jungers P, Daudon M, Le Duc A. Lithiase urinaire. PARIS : Flammarion, 1989.-590p.
12. Letord C. Traitement thermal des lithiases urinaires.-55p. Th. D.: Pharm.: ROUEN: 1994; 22.
13. Coe FL, Parks JH, Asplin JR. The pathogenesis and treatment of kidney stones. N Engl J Med 1992; 32: 1141-1152.
14. Pak CYC. Kidney stones. Lancet 1998; 351: 1797-1801.
15. Jungers P, Daudon M, Conort P. Lithiase rénale: diagnostic et traitement 1 vol, 256 pages, Flammarion Medecine-Sciences, 1999.
16. Coe FL, Parks JH. New insights into the pathophysiology and treatment of nephrolithiasis: new research venues. J Bone Miner Res 1997; 12: 522-533.
17. Sakhaee K, Nigam S, Snell P, Hsu MC, Pak CYC. Assessment of the pathogenic role of physical exercise in renal stone formation. J Clin Endocrinal Metab 1997; 65: 974-979.
18. Ahlstrand C, Larsson L, Tiselius HG. Variations in urine composition during the day in patients with calcium oxalate stone disease. J Urol 1984; 131: 77-81.

19. Hennequin C, Daudon M, Phung T, Lacour B, Jungers P. Evaluation du risque lithogène dans la lithiase rénale : intérêt de la mesure de la densité urinaire. *Presse Méd* 1995 ; 24 : 1559-1562.
20. Hesse A, Siener R. Current aspects of epidemiology and nutrition in urinary stone disease. *World J Urol* 1997; 15: 165-171.
21. Borghi L, Meschi T, Anato F, Briganti A, Novarini A, Giannini A. Urinary volume, water and recurrences in idiopathic calcium-nephrolithiasis: a 5-year randomised prospective study. *J Urol* 1996; 155: 839-843.
22. Hess B. "Bad dietary habits" and recurrent calcium oxalate nephrolithiasis. *Nephrol Dial Transplant* 1998; 13: 1033-1038.
23. Curhan GV, Willett WC, Rimm EB, Speizer FE, Stampfer MJ. Body size and risk of kidney stones. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 1645-1652.
24. Lemann J. Jr, Pleuss JA, Worcester EM, Hornick L, Schrab D, Hoffmann RG. Urinary oxalate excretion increases with body size and decreases with increasing dietary calcium among healthy adults. *Kidney Int* 1996; 49: 200-208.
25. Curhan GC. Dietary calcium, dietary protein and kidney stone formation. *Miner Electrolyte Metab* 1997; 23: 261-264.

26. 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.
27. Bataille P, Achard JM, Fournier A, Sebert JL, Laval-Jeantet AM. Diet, vitamin D and vertebral mineral density in hypercalciuric calcium stone formers. *Kidney Int* 1991; 39: 1193-1205.
28. Whiting SJ, Wood RJ. Adverse effects of high-calcium diets in humans. *Nutrition Reviews* 1997; 55: 1-9.
29. Optimal calcium intake: NIH consensus statement 1994 Jun 6-8; 12: 1-31.
30. Marangella M, Vitale C, Petrarulo M, Rovera L, Dutto F. Effects of mineral composition of drinking water on risk for stone formation and bone metabolism in idiopathic calcium lithiasis. *Clin Sci* 1996; 91: 137-313.
31. Caudarella R, Rizzoli E, Buffa A, Bottura A, Stefoni S. Comparative study of the influence of 3 types of mineral water in patients with idiopathic calcium lithiasis. *J Urol* 1998; 159: 658-663.
32. Bellizzi V, De Nicola L, Minutolo R, Russo D, Cianciaruso B, Andreucci M, Conte G, Andreucci VE. Effects of water hardness on urinary risk factors for kidney stones in patients with idiopathic nephrolithiasis. *Nephron* 1999; 81 supp 1: 66-70.



33. Borghi L, Meschi T, Schianchi T, Briganti A, Guerra A, Allegri F, Novarini A. Urine volume: stone risk factor and preventive measure. *Nephron* 1999;81 supp 1: 31-37.
34. Pruna A, Bataille P, Ghazali A et coll. Lithiase calcique idiopathique: correction diététique des facteurs de risque métaboliques. La cure de diurèse. *Press Med* 1998; 27: 225-229.
35. Curhan GC, Willett WC, Speizer FE, Stampfer MJ. Beverage use and risk for kidney stones in women. *Ann Intern Med* 1998; 128: 534-540.
36. Curhan GC, Willett WV, Rimm EB, Spiegelman D, Stampfer MJ. Prospective study of beverage use and the risk of kidney stones. *Am J Epidemiol* 1996; 143: 240-247.
37. Granier PM. La lithiase calcique. *Impact Médecin Hebdo* Nov 1999; 470: 61.
38. Sakhaee K. Cystinuria: pathogenesis and treatment. *Miner Electrolyte Metab* 1994; 20: 414-423.
39. Joly D, Rieu P, Mejean A, Gagnadoux MF, Daudon M, Jungers P. Treatment of cystinuria. *Pediatr Nephrol*, 1999, sous presse.

**ANNEXES**

ANNEXE 1

Liste d'adresses et site internet ayant contribué à la réalisation de ce document :

1. Générale des Grandes Sources (G.G.S), Source Perrier, 30310 VERGEZE.
2. Société des Eaux Minérales de Thonon, La Grangette, BP 52, 74202 THONON-LES-BAINS cedex.
3. Société des Eaux d'Aix-les-Bains (S.E.A.B), rue Boucher de la Rupelle, 73100 GRESY SUR AIX.
4. S.A. des Eaux Minérales d'Evian (S.A.E.M.E), 22 av des sources, BP 87, 74503 EVIAN cedex.
5. S.A. des Eaux Minérales de Plancoët (S.A.E.M.N.P), av de Sassay, 22130 PLANCOET.
6. Société des Eaux Minérales de Luchon (S.E.M.L), 22 av de Toulouse, BP 34, 31110 BAGNERES DE LUCHON.
7. Source des Abatilles, 157 bd de la Côte d'Argent, 33120 ARCACHON.
8. Société des Eaux de Volvic, usine du Chancet et du Goulet, 63530 VOLVIC.
9. Eau Minérale Naturelle Mont Roucous, Puech Del Vert, BP 44, 81230 LACAUNE.
10. Vittel S.A., BP 43, 88805 VITTEL cedex.
11. Générale des Grandes Sources (G.G.S), 306 rue de Lorraine, 88140 CONTREXEVILLE.
12. S.C.V.B., 70 av des Sources, 03270 SAINT-YORRE.
13. S.G.E.S.M., Source du Vernet, Prades, 07380 LALEVADE D'ARDECHE.
14. Société des Eaux Minérales de Quezac, Molines, 48320 ISPAGNAC.
15. Cie des Eaux Hydroxydase, 11 allée de la Source, Le Breuil sur Couze, 63340 SAINT-GERMAIN-LEMBRON.

16. Société des Eaux de Volvic, usine d'Arvie, BP 5, 63340 AUGNAT.
17. S.A. des Eaux d'Oriol, Sources et Usine, Le Grand Oriol, 38710 CORNILLON  
EN TRIEVES.
18. S.A. des Eaux Minérales d'Evian(S.A.E.M.E), route Clédelle, 34330 LA  
SALVETAT SUR AGOUT.
19. S.A. des Eaux Minérales d'Evian (S.A.E.M.E), Source Badoit, BP 23, 42330  
SAINT GALMIER.
20. C.G.E.S La Vernière, « les aires », BP 42, 32240 LAMALOU LES BAINS.
21. Usine d'embouteillage- Source du Pestrin, Meyras, 07380 LALEVADE  
D'ARDECHE.
22. Les Grandes Sources de Wattwiller Watt S.A., 2 rue de Guebwiller, BP 44,  
Wattwiller, 68702 CERNAY cedex.
23. Société des Sources de Saint-Amand, 1303 route de la Fontaine Bouillon, BP 215,  
59734 SAINT-AMAND-LES-EAUX cedex.
24. S.A.R.L. des Eaux Minérales Gazeuses Sainte-Marguerite, Saint Maurice es  
Allier, 63270 VIC-LES-VICOMTE.
25. Société des Eaux Minérales de Saint-Romain-le-Puy, BP 2, 42610 SAINT-  
ROMAIN-LE-PUY.
26. Société des Eaux Minérales de Soultzmatt, av Nessel, BP 7, 68570  
SOULTZMATT.
27. [http://www.centre-evian.com/fonds/dossier\\_diurese\\_8.html](http://www.centre-evian.com/fonds/dossier_diurese_8.html)

ANNEXE 2

<u>TABLEAUX</u>	<u>pages</u>
1 : Teneur en eau des principaux aliments (en %).	22
2 : Les dix commandements du buveur d'eau.	24
3 : Mentions facultatives autorisées sur les étiquettes.	28
4 : Analyse de la radioactivité de quelques principales eaux minérales naturelles françaises.	36
5 : Eaux minérales naturelles faiblement minéralisées.	44
6 : Eaux minérales naturelles sulfatées, calciques et magnésiennes.	45
7 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées, sodiques et fluorées.	45
8 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, bicarbonatées sodiques.	46
9 : Eaux minérales naturelles calciques, bicarbonatées.	46
10 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, bicarbonatées.	47
11 : Eaux minérales naturelles calciques, sulfatées, fluorées.	47
12 : Eaux minérales naturelles calciques, magnésiennes, sulfatées, fluorées.	48
13 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées sodiques.	48
14 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées.	49
15 : Eaux minérales naturelles bicarbonatées, sodiques, magnésiennes, fluorées.	49
16 : Eaux minérales naturelles sulfatées, calciques.	49
17 : Choix du type de boisson à conseiller dans le cas d'une lithiase calcique idiopathique.	70
18 : Le régime du lithiasique calcique en pratique.	71

**TABLE DES MATIERES**

	<u>pages</u>
<b>INTRODUCTION</b>	10
<b>I- L'EAU, L'HOMME ET SES REINS</b>	12
1) <u>Rappel sur la physiologie du rein</u>	12
a- Structure du rein et du néphron	12
→ Le glomérule	14
→ Le tube urinifère	14
b- Les fonctions tubulaires	16
→ Le tube proximal	17
→ L'anse de Henlé	17
→ Le tube distal	17
→ Le tube collecteur	17
2) <u>Répartition de l'eau dans notre organisme</u>	18
3) <u>Métabolisme et rôle de l'eau</u>	19
<b>II- LES EAUX MINERALES</b>	25
1) <u>Définition et aspects réglementaires</u>	25
2) <u>Composition des eaux minérales</u>	32
a- Les éléments majeurs	32
→ Les bicarbonates	32
→ Les sulfates	32
→ Les chlorures	33
→ Le silicium	33
b- Les éléments mineurs et les éléments traces	33
c- Les éléments radioactifs	34

3) <u>Les sels minéraux dans l'organisme</u>	37
a- Les sels minéraux	37
→ Les sulfates	37
→ Les bicarbonates	37
→ Le calcium	37
→ Le phosphore	38
→ Le magnésium	38
→ Le sodium	39
→ Le potassium	39
→ Apports recommandés en minéraux majeurs (mg/j)	39
b- Les oligo-éléments présents dans les eaux	39
→ Le fer	40
→ Le fluor	40
→ Le sélénium	41
→ Le silicium	41
→ Le vanadium	42
→ Apports journaliers recommandés	42
4) <u>Composition physico-chimique des principales eaux minérales naturelles françaises</u>	
<u>embouteillées</u>	43
5) <u>Aspects bénéfiques pour la santé</u>	50
a- Action désintoxiquante	50
b- Action eupeptique	50
c- Action sur le tonus de l'organisme	50
d- Action sur la densité osseuse	51
e- Action sur les maladies métaboliques	51
f- Action sur les maladies des reins et des voies urinaires	51



g- Action sur les maladies de la nutrition	52
h- Le régime hyposodé	53
i- Le régime amincissant	53
j- Action en dermatologie	53
k- Alimentation des nourrissons	53

### **III- LES LITHIASES URINAIRES** 54

1) <u>Formation et structure des calculs</u>	54
a- Formation d'une phase insoluble	54
b- Augmentation de la taille des particules formées	55
c- Rétention de la phase insoluble	55
d- Croissance du calcul	56
e- Constitution des calculs	56
2) <u>Les différents types de lithiases calciques</u>	57
a- Les lithiases calciques secondaires	57
b- Les lithiases calciques idiopathiques	59
3) <u>Autres variétés chimiques de lithiase</u>	62
a- La lithiase urique	62
b- La lithiase xanthique	63
c- La lithiase cystinique	63
d- La lithiase phospho - ammoniac - magnésienne	64

### **IV- LE REGIME DU LITHIASIQUE** 65

1) <u>Principe de dilution des urines dans la prévention de la lithiase</u>	65
2) <u>Cure de diurèse dans la lithiase calcique primitive</u>	67
3) <u>Cure de diurèse dans la lithiase urique</u>	72

4) Cure de diurèse dans la lithiase cystinique

72

**CONCLUSION**

74

## SERMENT DE GALIEN

JE JURE EN PRÉSENCE DE MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ ET DE MES  
CONDISCIPLES :

D'HONORER CEUX QUI M'ONT INSTRUIT DANS LES PRÉCEPTES DE MON  
ART ET DE LEUR TÉMOIGNER MA RECONNAISSANCE EN RESTANT FIDÈLE À LEUR  
ENSEIGNEMENT.

D'EXERCER, DANS L'INTÉRÊT DE LA SANTÉ PUBLIQUE, MA PROFESSION  
AVEC CONSCIENCE ET DE RESPECTER NON SEULEMENT LA LÉGISLATION EN  
VIGUEUR, MAIS AUSSI LES RÈGLES DE L'HONNEUR, DE LA PROBITÉ ET DU  
DÉSINTÉRESSEMENT.

DE NE JAMAIS OUBLIER MA RESPONSABILITÉ, MES DEVOIRS ENVERS LE  
MALADE ET SA DIGNITÉ HUMAINE, DE RESPECTER LE SECRET PROFESSIONNEL.

EN AUCUN CAS, JE NE CONSENTIRAI À UTILISER MES CONNAISSANCES ET MON  
ÉTAT POUR CORROMPRE LES MŒURS ET FAVORISER LES ACTES CRIMINELS.

QUE LES HOMMES M'ACCORDENT LEUR ESTIME SI JE SUIS FIDÈLE À MES  
PROMESSES.

QUE JE SOIS COUVERT D'OPPROBRE ET MÉPRISÉ DE MES CONFRÈRES, SI J'Y  
MANQUE.



PIERRE (Laurent). — Eaux minérales naturelles et lithiases urinaires. — 90 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (Thèse : Pharm. ; Limoges ; 2000).

**RESUME :**

Après une présentation physiologique du rein, l'étude des eaux minérales naturelles françaises embouteillées a permis de les classer selon leur composition physico-chimique et d'en déterminer les bienfaits pour l'organisme, notamment sur la fonction rénale. La composition de ces eaux peut en effet modifier l'excrétion urinaire de divers solutés et donc avoir une influence sur la maladie lithiasique urinaire.

Rencontrées essentiellement chez l'homme, la fréquence des lithiases urinaires dans les pays industrialisés a triplé depuis la fin de la seconde guerre mondiale. De plus, la nécessité d'une diurèse élevée, chez le sujet atteint de lithiase urinaire, est connue de longue date.

Ainsi, dans le cadre de la prévention de cette pathologie, le pharmacien d'officine pourra conseiller certains types d'eaux minérales naturelles afin de maintenir une diurèse normale et d'assurer une bonne dilution des urines.

**MOTS CLES :**

- Eaux minérales naturelles.
- Lithiase urinaire.

**JURY :** Président : M. Christian MCESCH, Professeur  
Juges : M<sup>lle</sup> Dominique CLEDAT, Maître de Conférences  
M. Bernard DE LA BURGADE, Docteur en Pharmacie  
M. Bruno DELATY, Docteur en Pharmacie.