

Elimination des métaux lourds
par zéolites dans les eaux
naturelles

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

SOMMAIRE

- I. INTRODUCTION
- II. LA QUALITE DE L'EAU
- III. LA POLLUTION DES EAUX NATURELLES
 - ORIGINE DES METAUX LOURDS
- IV. IMPACT DES MÉTAUX LOURDS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ

1. Impacte des métaux lourds sur l'environnement

2. IMPACT DES METAUX LOURDS SUR LA SANTE

- V. PROCEDES D'ELIMINATION DES METAUX LOURDS

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

1. **COAGULATION**
2. **Filtres à sable lents**
3. **Filtration Charbon Actif**
4. **Échangeurs d'ions**

VI. ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR

ZEOLITES

1. **GENERALITES SUR LES ZEOLITES**
2. **APPLICATION DES ZEOLITES**
3. **DOMAINE D'UTILISATION**

conclusion

I. Introduction

L'eau est présente sur Terre sous toutes ses formes physiques (liquide, solide et gaz). Elle est répartie dans trois réservoirs (océans, continents et atmosphère) dont l'ensemble constitue l'hydrosphère. Les océans représentent le plus important de ces réservoirs, ils recouvrent environ les $\frac{3}{4}$ de la surface terrestre. Ils sont suivis par les dépôts de glace ou de neige (calottes polaires, icebergs et glaciers), les eaux terrestres (lacs, rivières et nappes phréatiques), l'atmosphère (nuages) et la biosphère (ensemble des êtres vivants qui se développent sur la Terre).

Sans eau, la vie n'existerait pas sur Terre. Les premiers êtres vivants sont apparus dans l'océan il y a 3,8 milliards d'années.

La quantité d'eau douce sur Terre devrait être suffisante pour satisfaire aux besoins des six milliards d'hommes. Pendant des millénaires, l'eau a été considérée comme un bien inépuisable. Aujourd'hui, une consommation excessive et mal contrôlée ainsi que de nombreuses pollutions nous amènent à réfléchir sur le devenir de l'eau. Il ne suffit pas d'avoir de l'eau, encore faut-il qu'elle soit de qualité et mieux partagée par les habitants de la Terre.

II. LA QUALITE DE L'EAU :

Nos besoins en eau nous ont fait passer de l'emploi des eaux de source et de nappe à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

En France, 60% de l'eau potable provient des eaux souterraines et 40% est produite à partir de l'eau des fleuves, des rivières et des lacs.

L'eau naturelle n'est pas directement consommable : il faut la traiter afin de la rendre potable. Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée dans la nature doit subir une série d'opérations dans une usine de traitement.

L'eau doit subir régulièrement une série de 63 analyses différentes qui permettront de tester 7 groupes de paramètres :

Les paramètres organoleptiques : couleur, saveur, odeur et transparence

Les paramètres physico-chimiques : température, pH et conductivité électrique

Les paramètres concernant les substances « indésirables » : teneur maîtrisée en nitrates, sulfates, chlorures, sodium, fluor.....

Les paramètres concernant les substances toxiques : doses infimes en plomb, chrome, mercure, arsenic,

Les paramètres microbiologiques : absence de parasites, de bactéries et de virus pathogènes

Doses infimes en pesticides et produits apparentés

Les paramètres concernant les eaux adoucies et déminéralisées : teneur minimale en calcium, magnésium, hydrogénocarbonates.

Quelques exemples de critères de potabilité :

Le sodium

Le sodium est un élément vital. Les risques dus à un excès de sodium intéressent principalement les nourrissons et les personnes atteintes de troubles cardiaques, vasculaires et rénaux qui doivent suivre un régime sans sel.

Valeur limite réglementaire : 150 mg/L

Les sulfates

Les sulfates peuvent avoir un effet purgatif et entraîner une déshydratation et une irritation gastrique. Ils donnent mauvais goût à l'eau et peuvent entraîner des effets de corrosion des canalisations.

Valeur limite réglementaire : 250 mg/L

Les chlorures

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. Ils ne présentent aucun risque pour la santé mais donnent à l'eau un goût fort désagréable d'eau de Javel.

Valeur limite réglementaire : 200 mg/L

Les nitrates

Les nitrates peuvent provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers le sang, surtout chez les nourrissons de moins de 6 mois.

Valeur limite réglementaire : 50 mg/L

Le fluor

Le fluor est un oligo-élément bénéfique pour la santé mais un excès peut entraîner des risques de fluorose dentaire (taches brunes sur l'émail des dents).

Valeur limite réglementaire : 1,5 mg/L

Le plomb

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Le plomb est un métal très toxique. L'organisme le stocke et cela peut provoquer, chez les enfants, un retard psychomoteur et des troubles du comportement (saturnisme).

Valeur limite réglementaire : 0,05 mg/L

III. La pollution des eaux naturelles

➤ ORIGINE DES METAUX LOURDS

Les champs, les forêts, l'eau et la biodiversité sont les éléments fondamentaux du paysage rural. Ils font l'objet de nombreuses études agraires, écologiques, biologiques et hydrologiques. La plus grande partie du paysage rural est constituée de cultures arables, soumises à de nombreux traitements techniques agricoles et agrochimiques, qui forment la couche supérieure du sol. Des quantités importantes d'éléments chimiques s'infiltrent dans l'eau qui s'écoule des terres cultivées, particulièrement des sols légers caractérisés par une composition mécanique faible, un pH acide ainsi qu'une faible composition en humus,

Les métaux lourds font partie des éléments toxiques pour la santé qui passent des champs vers les eaux des écosystèmes. On les retrouve principalement dans les eaux usées industrielles et municipales (Cd, Cu, Pb, Zn), les précipitations atmosphériques, et les eaux provenant de l'activité agricole (Hg, Cu, Pb). On pensait jusqu'alors que les engrais minéraux et les composés chimiques utilisés pour la protection des plantes étaient source d'oligo-éléments de corps simples dans les terres, particulièrement à la surface des sols. Des doses élevées d'engrais au phosphore ont enrichi le sol en cadmium. L'utilisation à long terme de certains composés chimiques pour la protection des plantes a mené à l'augmentation des quantités de cuivre, de mercure, de cadmium et de plomb dans les sols. [1]

Les activités agricoles ainsi que l'industrie et les transports influencent la contamination de l'eau, de l'air et du sol. Dans les terres situées près de l'usine de cuivre de Głogów, il a été établi que le plomb s'accumule dans les minéraux argileux et qu'il est absorbé par les plantes en quantités de 4000 g de Pb/ha, alors que le cuivre apparaît en fraction organique et les plantes absorbent 200 g de Cu/ha. L'eau et l'air peuvent être considérés comme des ressources renouvelables, mais dans les sols l'effet des activités humaines est plus persistant et souvent irréversible. [2]

Il faut souligner que l'utilisation à long terme de certains engrais minéraux, particulièrement les sels et les acides puissants, associée à de nombreux autres facteurs a causé une importante acidification des champs. Dans les sols acides, les métaux lourds sont plus mobiles et se retrouvent plus facilement dans la chaîne alimentaire. Par conséquent, on prévoit que dans les terres où l'acidité va augmenté les plantes absorberont une quantité plus importante de métaux lourds (par ex. du cadmium).

Les métaux présents dans l'eau et l'environnement terrestre sont des éléments nécessaires au fonctionnement normal des plantes et des animaux. Ils jouent un rôle important dans la transformation de la matière, principalement dans les mécanismes enzymatiques. Une faible concentration de ces éléments dans l'environnement a généralement un effet positif et stimule l'activité des organismes vivants. Au-delà du seuil maximum, ils inhibent la croissance et le développement et peuvent même être toxiques [5]. Par conséquent, des quantités de plus en plus importantes de métaux lourds se retrouvent dans la chaîne alimentaire, dont les plantes sont l'un des maillons. Des quantités excessives de métaux lourds dans les plantes affaiblissent non seulement leurs propriétés alimentaires, mais nuisent aussi à la production. Par exemple, la vente des graines tournesol peut annuellement chuter d'environ 10 millions d'USD à cause d'une concentration excessive de cadmium, malgré le

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

fait que ces plantes soient cultivées dans des terres relativement non contaminées [6]. L'absorption de métaux par les plantes peut être influencée par les mécanismes de synergie et d'antagonisme des éléments. Par exemple, la présence élevée de zinc peut limiter l'accumulation du cadmium dans les plantes [7]. Selon certains auteurs [8], l'application de Zn sous forme de ZnSO₄ réduit généralement l'accumulation de cadmium dans les graines.

IV. Impacte des métaux lourds sur l'environnement et la santé

1. Impact des métaux lourds sur l'environnement

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie, l'orfèvrerie.... On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (23(*)) caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³. On retrouve dans certaines publications anciennes l'appellation de « métal pesant ». Quarante et un métaux correspondent à cette définition générale auxquels il faut ajouter cinq métalloïdes Ces métaux sont présentés dans le tableau ci-après :

L'appellation métaux lourds est cependant une appellation courante qui n'a ni fondement scientifique, ni application juridique.

- Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents « en traces ». Ils sont aussi « la trace » du passé géologique et de l'activité de l'homme.

La classification en métaux lourds est d'ailleurs souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas tous des métaux (l'arsenic par exemple). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation « éléments en traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces ».

- La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Cette réglementation n'est cependant d'aucun secours pour déterminer sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge...

L'arrêté du 2 février 1998, relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement, fixe notamment les émissions de toute nature que doivent

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

respecter ces installations. L'arrêté ne définit pas les « métaux lourds » mais sélectionne un certain nombre de métaux sujets à des contraintes environnementales, en l'espèce le respect de limites d'émission dans l'eau. Douze métaux sont concernés : Aluminium, Arsenic, Cadmium, Chrome, Nickel, Cuivre, Etain, Fer, Manganèse, Mercure, Plomb, Zinc. D'autres réglementations sont plus restrictives. L'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les descriptions techniques applicables à l'épandage des boues sur les sols agricoles détermine des « teneurs limites en éléments traces », pour sept métaux seulement. D'autres choix sont possibles. La réglementation sur les émissions atmosphériques fixe des valeurs admissibles sur quinze métaux.

La réglementation n'est donc d'aucun secours et contribue même à entretenir l'ambiguïté (7, 12 ou 15 métaux soumis à des contraintes environnementales). Difficulté supplémentaire, dans son rapport sur les éléments en France, l'Académie des Sciences ne prend en considération que neuf éléments, classés en « éléments en traces » : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium et Zinc...

Il existe néanmoins une constante. Parmi les métaux lourds, on distingue principalement trois d'entre eux : le mercure, le plomb et le cadmium. Pourquoi distinguer ces trois métaux ? Il y a, d'une part, une raison historique. Les premiers biochimistes ont distingué ces trois métaux en raison de leur affinité avec le soufre qui permettait d'identifier les protéines « qui précipitent lourdement » ou donnent facilement des sels (sels de mercure, sels de plomb...). Dans son tableau de classification des éléments chimiques, réalisé à partir de la masse atomique et du nombre d'électrons des éléments, le chimiste russe Mendeleïev, en 1869, reprend la distinction.

2. I MPACT DES METAUX LOURDS SUR LA SANTE

Les polluants de l'eau peuvent avoir beaucoup d'effets différents, tout dépend du polluant et de l'organisme considéré. Voici quelques exemples d'effets que peut avoir un polluant.

Génotoxicité

On sait que beaucoup de composé qui pénètrent dans les organismes causent des dommages à l'ADN. Ces composés sont appelés génotoxines. En général lorsque l'ADN est endommagé un système naturel de réparation le remet dans son état normal, mais quand ce système ne marche pas pour une quelconque raison, les cellules avec l'ADN endommagé peuvent se diviser. Il y a alors production de cellules mutantes et le défaut peut se diffuser, de ce fait la descendance de l'organisme peut avoir de sérieux défauts qui sont souvent néfastes pour sa santé.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Les HPA, l'aflatoxine et le chlorure de vinyle sont des exemples de génotoxines. Pour toutes ces génotoxines, ce n'est pas le composé originel qui réagit avec l'ADN, ce sont en général des produits hautement réactifs à durée de vie courte produits lors de réaction entre le composé original et des enzymes.

Cancérogénicité

Plusieurs polluants sont carcinogènes, ce qui signifie qu'ils peuvent entraîner un cancer chez l'être humain et les animaux. Les polluants carcinogènes sont des polluants qui jouent un rôle dans une ou plusieurs étapes du développement du cancer dans l'organisme.

Les polluants peuvent être le déclencheur, c'est à dire qu'ils introduisent des propriétés pouvant provoquer un cancer dans la cellule. Ils peuvent aussi être des promoteurs, ce qui signifie qu'ils peuvent promouvoir la croissance des cellules qui peuvent développer des cancers. Enfin, ils peuvent stimuler la division non contrôlée et la diffusion des cellules cancéreuses. Si l'un de ces éléments manque le cancer ne peut se développer. Quand les cellules cancéreuses sont malignes, elles peuvent se diffuser à travers le corps humain rapidement, entraînant des effets négatifs sur les cellules saines et le mécanisme immunitaire. Elles détruisent les cellules normales du corps et entraîne des cancers dans les organes.

Neurotoxicité

Le système nerveux des organismes est très sensible aux effets toxiques des produits chimiques, qu'ils soient naturels ou synthétiques. Les produits chimiques qui ont des effets neurologiques sont appelés des neurotoxines. Par exemple les insecticides sont de dangereuses neurotoxines. Les neurotoxines perturbent tout d'une façon ou d'une autre la transmission des impulsions le long des nerfs ou à travers les synapses. Les conséquences de la neurotoxicité sont multiples. Il peut s'agir de tremblements musculaires, de convulsions, d'un mauvais fonctionnement des nerfs et des transmissions, de vertiges ou de dépression ou même un mauvais fonctionnement complet de certaines parties du corps. La neurotoxicité peut être sérieuse au point de bloquer les synapses. Le blocage des synapses entraîne la mort par paralysie du muscle du diaphragme et impossibilité de respirer.

Perturbation des transferts d'énergie

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Dans l'organisme la transformation d'énergie se fait dans les cellules au niveau des mitochondrie. Dans ces mitochondries il y a production de molécules d'ATP, qui transportent l'énergie à travers tout le corps de l'organisme. Quand la production d'ATP est perturbée les transferts d'énergie cessent, ce qui a pour conséquence de fatiguer l'organisme, celui ci est inanimé et est incapable de fonctionner normalement.

Problèmes de reproduction

Les polluants entrainant des échecs reproductifs due fait de dommages sur les organes reproducteurs sont appelés perturbateurs (ou modulateur) endocriniens. Il y a plusieurs façons pour un polluant de perturber le système endocrinien. Il y a les produits oestrogéniques. Ce sont des produits chimiques qui peuvent se fixer sur les récepteurs d'oestrogène. Ce qui entraîne le déclenchement du processus oestrogénique et donc une perturbation dans le système reproductif qui peut aller jusqu'à l'échec reproductif.

Un produit oestrogénique peut aussi bloquer les effets des oestrogène endogènes en se liant au récepteur de l'oestrogène et entrainer ainsi la masculinisation des organismes femelles.

On peut aussi trouver des molécules reproductives femelles dans des organismes mâles. Ce qui donne des hermaphrodites. De nombreux cas d'impose (phénomène par lequel le sexe d'un organisme devient indéterminée à la suite d'un dérèglement ou d'une perturbation hormonale) ont été reporté chez les organismes marins, par exemple chez le buccin (un gastéropode), à cause du tributyl étain.

D'autres hormones peuvent être inhibés par fixation de produits chimiques sur les récepteurs, et cela peut entrainer l'infertilité lorsque ça s'étale sur une longue période.

Effets sur le comportement

Tous les comportements sont vulnérables à une altération par les polluants. Le comportement social ou sexuel peut être modifié, entrainant une diminution de la reproduction. La vulnérabilité face aux prédateurs peut augmenter, du fait d'une baisse de la vigilance. Ainsi l'effet des polluants sur les comportements entraine une baisse de la production et un taux de mortalité plus élevé. Une conséquence fréquente de la pollution est une perte d'appétit at. donc une diminution de la prise de nourriture. La recherche des proies peut aussi être affectée, du fait des effets des polluants sur l'apprentissage, les stratégies de recherche et le système sensoriel. Ces effets sur le comportement diminuent les chances de survie des organismes, surtout des animaux.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

L'une des propriétés des polluants que l'on doit toujours garder à l'esprit c'est leur possibilité d'interagir avec un autre. Les réactions chimiques permettant aux polluants de se combiner peuvent diminuer leurs effets mais aussi les augmenter, rendant ainsi un polluant encore plus dangereux pour les organismes.

Arsenic- As - Fiche Info

Toxicologie

L'arsenic à l'état d'élément simple n'est pas toxique, cela-dit, la forme sous laquelle il est typiquement utilisé, c'est à dire As_2O_3 est fortement toxique.

Concentration maximal 0.05

Caractéristiques chimiques

M = 74.92 g/mol Forme : Copeaux fragmentés, dureté moyenne Couleur : Gris argenté brillant Odeur : inodore Point de fusion : 817 °C Point d'ébullition : 613 °C Densité (20 °C) : 5.78	Utilisation : alliages non ferreux, semi-conducteurs. Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau et les alcalins, attaqué par les acides chauds et la soude.
--	--

Effet sur la santé humaine

L'ingestion de composés tels que As_2O_3 provoque des empoisonnements aigus ainsi que des lésions de la moelle osseuse, du sang, du foie, de l'appareil respiratoire et du système nerveux central. La toxicité des composés d'arsenic varie : les composés inorganiques sont généralement plus toxiques que les organiques. Certains dérivés d'arsenic sont peuvent être cancérigènes.

DOMAINE PUBLICQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=0.05mg/L

Argent - Ag - Fiche Info

Toxicologie

Toxique à forte de dose.

Caractéristiques chimiques

M = 50.94 g/mol Forme : Mou et malléable Couleur : Argenté, couleur caractéristique Odeur : inodore	Utilisation : photographie, argenterie, joaillerie, industrie électrique. Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique.
--	--

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Point de fusion : 962 °C Point d'ébullition : 2212 °C Densité (20 °C) : 10.5	
--	--

Effet sur la santé humaine

Des intoxications aiguës peuvent être constatées lors de l'absorption de forte dose de composés argentés. Les aliments contenant des doses normales ne sont pas dangereux. L'accumulation subcutanée de fortes concentrations entraîne un bleuissement de la peau, caractéristique de l'argyrie. Les composés argentés n'ont pas d'effets cancérigène, mutagènes ou tératogènes.

DOMAINE PUBLIQUE HYDROLIQUE : concentration maximale=0.05mg /L

Chrome- Cr - Fiche Info

Toxicologie chrome

Existe dans la nature sous forme de dérivés. Le chrome pur est obtenu par électrolyse ou à partir d'iodure de chrome. Les composés hexavalents (Cr VI) présentent un risque majeur.

Caractéristiques chimiques

M = 51.99 g/mol Forme : Dur et ductile Couleur : Argenté Odeur : inodore Point de fusion : 1857 °C Point d'ébullition : 2672 °C Densité (20 °C) : 7.19	Utilisation : alliages, plaquages en chromes et céramiques. Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau.
--	---

Effet sur la santé humaine

Risque cancérigène important pour les embryons et fœtus en ce qui concerne le chrome VI. Les effets toxiques du Cr III n'ont pas encore été démontrés. Les intoxications chroniques peuvent entraîner des altérations du tube gastro-intestinal. Le composé peut s'accumuler dans le foie, les reins, la glande thyroïde et la moelle osseuse

DOMAINE PUBLIQUE HYDROLIQUE : concentration maximale=0.5mg/L

cobalt- Co- Fiche Info

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Toxicologie cobalt

Composé toxique par ingestion et inhalation des poussières.

Caractéristiques chimiques

M = 58.93 g/mol Forme : Métal ferromagnétique brillant Couleur : Gris acier Odeur : inodore Point de fusion : 1495 °C Point d'ébullition : 2800 °C Densité (20 °C) : 8.65	Utilisation : alliages, Coloration des verres, de la céramique et de l'émail. Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau. Soluble dans l'acide nitrique. Peu soluble dans l'acide chlorhydrique et dans l'acide sulfurique.
---	---

Effet sur la santé humaine

L'inhalation est nocive pour la gorge et le système intestinal. L'absorption de doses excessives de cobalt ralenti l'activité de la glande thyroïde. Des conséquences sur le système nerveux sont également possibles

DOMAINE PUBLIQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=0.1mg/L

Mercure - Hg - Fiche Info

Toxicologie

Toxique par inhalation.

Danger d'effets cumulatifs.

Toxique pour les organismes aquatiques, concerne les composés inorganiques du mercure en général. Danger pour l'eau potable.

Caractéristiques chimiques

M = 200,59 g/mol Forme : liquide Couleur : argentée Odeur : inodore Point de fusion : -38,9 °C Point d'ébullition : 356,6 °C Densité (20 °C) : 13,55	Pression de vapeur (20 °C) : 0,16 Pa Solubilité dans l'eau (20 °C) : insoluble
--	---

Effet sur la santé humaine

L'être humain peut être en mis en contact avec du mercure par ingestion ou absorption cutanée. Celui-ci s'attaque particulièrement au système nerveux et également aux reins. Les enfants (et fœtus) sont très sensibles au effet du mercure

DOMAINE PUBLIQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=0.001mg /L

Nickel - Ni - Fiche Info

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Toxicologie

Peu toxique à l'état naturel. Le nickel est un oligo-élément. En revanche, les produits de synthèse contenant du nickel peuvent être très toxiques.

Caractéristiques chimiques

M = 58.71 g/mol Forme : Malléable et ductile Couleur : Blanc argenté Odeur : inodore Point de fusion : 1455 °C Point d'ébullition : 2730 °C Densité (20 °C) : 8.9	Utilisation : alliages, monnaie, plaquage métallique et catalyse Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau, Soluble dans l'acide chlorhydrique, sulfurique, et dans l'acide nitrique dilué.
---	--

Effet sur la santé humaine

Si l'élément en lui même n'est pas toxique, certains composés organiques le sont, comme le nickel tétracarbonyle et possèdent un fort potentiel allergène et mutagène.

DOMAINE PUBLIQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=0.2mg /L

Plomb - Pb - Fiche Info

Toxicologie

Toxique par inhalation et ingestion. Intoxication par le plomb : saturnisme.

Danger d'effets cumulatifs.

Toxique pour les organismes vivants (plantes etc.), perturbe la photosynthèse et d'autres mécanismes du métabolisme. Les humains absorbent le plomb par leur alimentation le plus souvent (eau potable notamment)

Caractéristiques chimiques

M = 207,5 g/mol Forme : mou Couleur : gris terne Odeur : inodore Point de fusion : 327,5 °C Point d'ébullition : 1739.85 °C Densité (20 °C) : 11.35	Se dissout dans l'acide nitrique Solubilité dans l'eau (20 °C) : insoluble
---	---

Effet sur la santé humaine

Effets toxiques sur le système nerveux central et périphérique. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent développer le saturnisme (maladie caractérisée par divers troubles :croissance, développement du système nerveux central, développement intellectuel et comportement). Chez les adultes, à fortes doses, celui-ci peut induire des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, et des encéphalopathies.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

La directive européenne propose une limite temporaire après 5 ans à 25 µg/l. Des réglementations plus strictes imposeraient le renouvellement de l'intégralité des systèmes d'alimentation en eau potable.

DOMAINE PUBLICQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=0.1 mg/L

-Vanadium - V - Fiche Info

Toxicologie

Très toxique.

Caractéristiques chimiques

M = 50.94 g/mol

Forme : Mou à l'état pur

Couleur : Argenté

Odeur : inodore

Point de fusion : 1930.85 °C

Point d'ébullition : 3376.85 °C

Densité (20 °C) : 6.11

Utilisé dans les alliages.

Solubilité (20 °C) : Insoluble dans l'eau, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique.

DOMAINE PUBLICQUE HYDROLIQUE :concentration maximale=

Effet sur la santé humaine

Le pentoxyde de vanadium provoque des irritations de la peau et des muqueuses. C'est un poison pour le sang, le foie et les reins. Certains composés de vanadium réagissent avec l'eau et produisent des vapeurs toxiques et irritantes contenant de l'acide chlorhydrique.

v. PROCÉDES D'ELIMINATION DES METAUX LOURDS

Dans l'esprit du public, le mot « traitement » est souvent associé à l'idée de produits chimiques, mais dans les faits, le traitement de l'eau fait appel pour une très large part à des processus naturels ou biologiques.

Les procédés de base peuvent être classés en plusieurs catégories :

Les procédés physiques comme le dégrillage (l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et gros déchets), la décantation, la flottation (inverse de la décantation), la filtration sur lit de sable ou avec des filtres à charbon actif.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Les procédés physico-chimiques avec la coagulation-floculation où l'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération des particules en suspension en gros flocons de boue appelés « le floc ».

Les procédés chimiques où des agents tel que le chlore agit sur les métaux, les matières organiques.

Les métaux lourds sont présents dans les eaux souterraines et sont généralement du nickel, du plomb, du cadmium et du zinc.

Ces métaux sont présents dans l'eau sous forme cationique (Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}), à des concentrations de l'ordre de quelques ppb.

L'osmose inverse peut être performante pour éliminer les métaux lourds en faible concentration, bien que dans des conditions aérobiques, les oxydes métalliques peuvent boucher les membranes.

De plus, l'osmose inverse n'est pas vraiment une méthode rentable, à moins que la concentration en sel de l'eau ne nécessite une déminéralisation plus poussée.

La meilleure technique pour l'élimination des métaux lourds contenus dans les eaux souterraines est l'utilisation d'une résine échangeuse d'ions sélective: la résine Lewatit TP 207 ou Lewatit TP 208.

La résine Lewatit TP 208 est généralement non régénérable, en raison de la faible concentration en métaux lourds dans les aquifères.

D'un autre côté, la résine sélective peut aussi, si nécessaire, être régénérée sur site par de l'acide et de la soude, généralement pour le traitement des lixiviats ou les eaux de rejets minières.

1. COAGULATION

La précipitation des métaux lourds est longtemps demeurée comme une des méthode les plus utilisées dans le traitement des eaux usées ou des eaux souterraines.

Description du procédé

Le coagulant ajouté à l'eau a pour rôle de transformer les métaux lourds dissout dans l'eau en composés insolubles qui précipiterons. On utilisera alors un procédé de décantation ou de filtration pour finir le traitement. Les coagulants sont des produits chimiques à base de sels de fer et d'aluminium. On peut citer comme exemples : le chlorure ferrique et le sulfate.

Le choix du coagulant dépend de la nature de l'eau à traiter, et des tests préalables doivent être réalisés. Le pH est entre autres une donnée fondamentale.

Domaines d'application

L'utilisation de la coagulation permet de traiter avec succès les eaux contenant :

Cuivre

Argent

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Plomb

Les taux de mercure et vanadium peuvent être réduits jusqu'à 50%.

Si une préchlorination est effectuée, le zinc et le nickel peuvent également être traités par ce moyen.

Les effets sur le cobalt et le chrome sont nuls.

Limites du procédé

La présence d'un trop grand nombre d'espaces métalliques peut nuire à l'efficacité.

Le traitement de certaines espèces nécessite un [pré-traitement](#) (Cr VI par exemple).

L'efficacité du procédé repose sur l'utilisation des bonnes techniques de séparation (floculation et/ou filtration).

Le procédé peut aboutir à la formation de boues toxiques, qu'il faudra traiter par la suite.

Les eaux traitées nécessitent souvent un réajustement de pH.

2. Filtres à sable lents

Utilisés pour la première fois aux États-Unis en 1872, les filtres à sable constituent le plus ancien moyen de traitement des eaux municipales.

Description du procédé

Les filtres à sables sont des systèmes efficaces et très simples à mettre en place.

Les filtres à sables possèdent l'avantage majeur de ne pas mettre en jeu de produits chimiques. Ils sont assez efficaces pour le traitement des matières en suspension et inorganiques, ainsi que pour la réduction des populations bactériennes.

Domaines d'application

En ce qui concerne les métaux lourds, la mise en œuvre de la filtration lente permet d'atteindre de bons résultats :

Zinc, Cuivre, Cadmium, Plomb : entre 95 et 99% d'efficacité.

Fer et Manganèse : plus de 65% d'efficacité.

Efficacité inférieure à 50% pour l'arsenic.

Limites d'utilisation

Espace requis pour l'installation relativement important

Les eaux à forte turbidité peuvent obstruer rapidement ce type de filtre

3. Filtration Charbon Actif

Le charbon actif est disponible principalement sous 2 formes : poudre et granulés. Le charbon actif en poudre coûte 2 à 3 fois moins cher que la forme granuleuse.

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Le charbon actif est utilisé sous la forme de filtres, et ses performances dépendent de la profondeur du filtre ainsi que du taux d'échange. Le charbon actif peut être régénéré.

Description du procédé

Le phénomène physique invoqué est l'adsorption, c'est à dire l'adhésion des matières à filtrer sur la surface d'un solide, sans réaction chimique. Le charbon actif est le composé le plus adsorbant actuellement connu. Les origines du charbon actif peuvent être minérales ou végétales. Une des première utilisation du charbon fut l'affinage des eaux potables, pour le traitement des goûts et des odeurs (chlore par exemple).

Domaines d'application

L'utilisation de la filtration par charbon actif en poudre permet :

De réduire de façon satisfaisante les ions toxiques ou indésirables

L'argent et le mercure sont totalement enlevés de l'eau à traiter

Les concentrations en plomb, cuivre, etc. sont abaissées en-dessous des valeurs spécifiées dans les normes.

4. Échangeurs d'ions

Les échangeurs d'ions (également appelées résines) sont des substances granuleuses insolubles, donc la structure possède un radical acide ou basique. Ces substances sont capables de fixer les cations ou anions minéraux et organiques. Lenntech fournit la résine Carbion®.

Description du procédé

Le Carbion® est un produit 100% naturel, élaboré à partir de bois. Il est spécialement conçu pour la rétention des métaux lourds.

Domaines d'application

L'utilisation de l'échangeur d'ion Carbion® permet :

Une capacité d'adsorption totale, même en présence d'huiles, solvants et oxydants

Une adsorption de tous les métaux lourds, en particulier : chrome, baryum, plomb, étain, substances radioactives...

Une utilisation dans tout type de matériel

Une utilisation immédiate

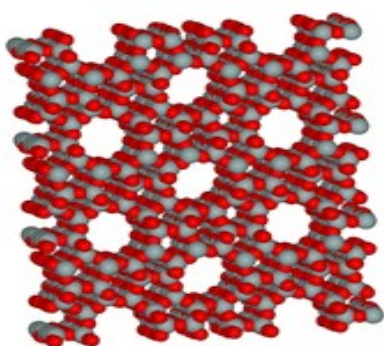
VI. ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES

1. GENERALITES SUR LES ZEOLITES

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES



Zéolite



La structure micro-poreuse moléculaire d'une zéolithe, ZSM-5

Les zéolites (en grec, Zein , «à bouillir», lithos , «pierre») sont des minéraux qui ont un micro-structure poreuse. Le terme a été inventé dans le 18ème siècle par un Suédoisminéralogiste nommé Axel Fredrik Cronstedt qui ont observé, lors de chauffage rapide un minéral naturel, que les pierres ont commencé à danser que l'eau évaporée. Utiliser des mots grecs qui signifient «pierre qui bout», il a appelé cette zéolithe matériel.

Plus de 150 types de zéolithe ont été synthétisés et 48 zéolithes naturelles sont connues. Ils sont essentiellement hydraté alumino- silicates avec une structure «ouverte» qui peut accueillir une grande variété de cations , tels que Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et d'autres. Ces ions positifs sont assez faiblement liées et peuvent facilement être échangés contre d'autres dans une solution de contact. Certains de ces minéraux zéolites plus courantes sont: analcime , chabazite , heulandite , natrolite , phillipsite et stilbite . Une formule minérale exemple: $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la formule de natrolite.

Zéolithes naturelles formulaire où volcanique des roches et de cendres couches réagir avec alcalines des eaux souterraines. Zéolites également cristallisée dans

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

des environnements post-dépôt sur des périodes allant de quelques milliers à des millions d'années dans des bassins marins peu profonds. Naturellement zéolithes se produisent sont rarement purs et sont contaminés à des degrés divers par d'autres minéraux, les métaux, quartz ou autres zéolithes. Pour cette raison, survenant naturellement zéolithes sont exclus de nombreuses et importantes applications commerciales où l'uniformité et la pureté sont essentielles.

Les zéolithes sont des aluminosilicates les membres de la famille de solides microporeux connu sous le nom "tamis moléculaire". Le terme tamis moléculaire fait référence à une propriété particulière de ces matériaux, c'est à dire la capacité à trier sélectivement des molécules repose essentiellement sur un processus d'exclusion stérique. Cela est dû à une structure régulière des pores même de dimensions moléculaires. La taille maximale des espèces moléculaires ou ioniques qui peuvent pénétrer dans les pores d'une zéolithe est contrôlée par les diamètres des tunnels. Ce sont classiquement défini par la taille de l'anneau de l'ouverture, où, par exemple, le terme «8ring" se réfère à un circuit fermé qui est construit à partir de 8 coordonnée de silicium tétraédrique (ou d'aluminium) et 8 atomes des atomes d'oxygène. Ces anneaux ne sont pas toujours parfaitement plate et symétrique en raison d'une variété d'effets, y compris la souche induite par la liaison entre les unités qui sont nécessaires pour produire la structure globale, ou la coordination de certains des atomes d'oxygène des anneaux aux cations dans la structure. Par conséquent, l'ouverture des pores de tous les cycles d'une taille ne sont pas identiques.

Il existe plusieurs types de zéolithes synthétiques sous forme par un processus de lente cristallisation d'une silice -alumine gel en présence d'alcalis organiques et modèles. L'un des principaux procédés utilisés pour réaliser la synthèse de la zéolithe est sol-gel de traitement. Les propriétés du produit dépend de la composition du mélange de réaction, le pH du système, la température de fonctionnement, de pré-réaction »semis est temps, temps de réaction ainsi que les modèles utilisés. En-gel procédé sol, d'autres éléments (métaux, oxydes métalliques) peuvent être facilement incorporés. Le sol formé par la silicalite hydrothermales méthode est très stable. Aussi la facilité de l'élargissement de ce processus en fait un itinéraire préféré pour la synthèse de zéolithe.

zéolithes synthétiques détenir certains avantages par rapport à leurs analogues naturels. Les matières synthétiques peuvent, bien entendu, être fabriqués de manière uniforme, l'état de phase pure. Il est également possible de fabriquer des structures souhaitable zéolithe qui ne figurent pas dans la nature. La zéolithe A est un exemple bien connu. Étant donné que les principales matières premières utilisées pour fabriquer les zéolithes sont silice et d'alumine, qui sont parmi les composants minéraux les plus abondants sur terre, le potentiel de fournir des zéolithes est virtuellement illimitée. Enfin, la fabrication zéolithe processus conçu par l'homme exigent beaucoup moins de temps que les 50 à 50.000 ans prescrit

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

par la nature. Les inconvénients comprennent l'incapacité à créer des cristaux avec des dimensions d'une taille comparable à leurs homologues naturels.

Propriétés de la ZEOLITE	Sable	ZEOLITE
Supprime les métaux lourds		✓✓
Adsorbe les AOX*		✓
stabilise le pH aux alentours de 7,2		✓
Finesse de filtration	✓	✓✓✓
Réduit l'emploi de chlore		✓✓
Combat le développement des bactéries		✓✓
Neutralise les acides		✓✓
Limite la formation d'Algues		✓✓
Abaisse le taux de chloramines		✓✓
Réduit la consommation des eaux de lavage		✓✓
Accentue l'effet cristallin de l'eau	✓	✓✓✓
Adsorbe les ammoniums		✓
Prix : (Sac de 25 kg),		60.00 €

_ Propriétés des zéolites _

2. APPLICATION DES ZEOLITES

Les zéolithes sont largement utilisés comme lits d'échange d'ions dans domestique et commercial de purification d'eau, adoucisseurs, et d'autres applications. En chimie, les zéolithes sont utilisées pour séparer des molécules (molécules seulement de certaines tailles et formes peuvent passer à travers), comme des pièges pour les molécules afin qu'ils puissent être analysés. Les zéolithes ont le potentiel de fournir et spécifiques séparation précise des gaz, y compris l'enlèvement de H₂O, CO₂ et le SO₂ de bas grade de gaz naturel les cours d'eau. Parmi les autres séparations: les gaz nobles, N₂, fréon et le

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

formaldéhyde . Cependant à l'heure actuelle, le véritable potentiel pour améliorer le traitement de ces gaz de cette manière reste inconnue.

Les zéolithes ont des utilisations dans des méthodes avancées de retraitement, où leur capacité de micro-poreuse pour capter certains ions, tout en permettant d'autres permettent de passer librement les produits de fission nombreuses à être éliminé de manière efficace à partir de déchets nucléaires et de façon permanente pris au piège. Tout aussi importantes sont les propriétés minières de zéolithes. Leur construction silico-alumineux est extrêmement durable et résistant aux rayonnements, même sous forme poreuse. En outre, une fois qu'ils sont chargés de produits de fission pris au piège, la combinaison de zéolite déchets peuvent être pressées à chaud dans une forme extrêmement durables en céramique, fermeture des pores et le piégeage des déchets dans un bloc de pierre solide. Il s'agit d'un facteur de forme des déchets qui réduit considérablement son risque par rapport aux systèmes classiques de retraitement.

Dans l'agriculture, clinoptilolite (une zéolithe naturelle) est utilisé comme traitement du sol. Il fournit une source d'libérée lentement de potassium . Si auparavant chargé d'ammonium , la zéolithe peut servir une fonction similaire dans la libération lente de l'azote . des études cubaines dans le domaine émergent de la "zeoponics" suggèrent que certaines cultures peuvent être cultivées dans 100% ou mélanges de zéolithe zéolithe dans lequel la zéolithe est déjà chargé ou revêtus d'engrais et oligo-éléments . Les zéolithes peuvent aussi agir comme modérateurs de l'eau, dans laquelle ils absorbent jusqu'à 55% de leur poids en eau et la relâcher à la demande en vertu des plantes. Cette propriété ne peut éviter la pourriture des racines et des cycles de sécheresse modérée.

Un terreau avec clinoptilolite% 12 a été démontré que la rosée du matin la récolte et le retourner aux racines des plantes pour la réutilisation. Le même lit a pu se développer une souche Jerico de laitue dans un climat subtropical sans eau extérieure et la température diurne dépasse 85 ° F. Ce produit n'a pas boulon et alla à terme avant de graines. Il a également été montré que certaines zéolithes peuvent réduire les nitrates et les nitrites en azote plus plante utilisable gratuitement par échange d'ions.

DOMAINE D'UTILISATION

Le traitement de l'eau

- * Le filtrage de l'eau
- * La séparation des métaux lourds
- * Les piscines publiques

Le traitement des eaux usées

- * L'ammoniac se trouvant dans les eaux usées des municipalités
- * La séparation des métaux lourds

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

* Les surfaces de filtrage septique

L'Agriculture

* Le contrôle de l'odeur

* Le contrôle environnemental des animaux dans des lieux fermés

* Les additifs de l'alimentation animale de la ferme

Le jardinage

* Les pépinières, les serres

* L'horticulture

* Les légumes/herbes

* Les plantes vertes

* La greffe d'arbre et de buisson

* Le boisement (forêts, plantations d'arbre)

* Les matériaux de culture hydroponique

Les produits domestiques

* Le contrôle de l'odeur dans la maison

* Le contrôle de l'odeur des animaux domestiques

Les produits industriels

* Des absorbeurs pour la terre et des détritrus

* La séparation des gaz

Les déchets radioactifs

* Le nettoyage/décontamination de surface

L'aquaculture

* Le filtrage d'ammoniac dans les fermes de pisciculture

* Les matériaux de filtre biologique

3. Mécanisme :

METHODE DE DETOXICATION - ANALYSE COMPARATIVE

DETOXICATION

-

ANALYSE

COMPARATIVE

Le seul fait de connaître la magnitude de la toxicité de notre environnement en relation au défi de maintenir notre santé peut-être accablant. Il ne faut pas avoir peur, il y a des solutions



ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

proposées par la nature. Les problèmes de toxicité malgré qu'ils soient réel et accablant sont contrôlables. Quand nous parlons de détoxifier notre système il y a une grande variété de produits disponibles avec des résultats inhérents à chacun. Le plus dramatique pouvant résulter par la mort en allant vers l'autre extrémité du Spectrum qui est d'aucun effet probant.

Les coûts de la détoxification peuvent varier de 60\$ à plusieurs milliers de dollars et souvent avec peu ou pas d'effet mesurables. Faire l'évaluation des produits de détoxification peut aussi être exhaustif et porter à confusion pour le commun du mortel.

La DEFENSE CELLULAIRE NATURELLE, la Zéolite liquide activée ; est de loin la plus efficace, à effet rapide, prévisible et à coût raisonnable avec un ratio qualité prix très abordable. NCD, la zéolite liquide activée contient de la « clinoptilolite », un minéral trouvé dans la nature. Son action est d'attirer et de lier irréversiblement les métaux lourds et toxines dans ses alvéoles et de les éliminer du corps. La zéolite liquide activée est efficace à 100% dans la détoxification du système circulatoire par le fait même dans tous les organes et est sécuritaire pour tous les âges. Et n'a aucun effet secondaire.

LA THÉRAPIE DE CHELATION qui enlève des éléments spécifiques du corps incluant les électrolytes si nécessaires est probablement la méthode la plus ancienne. Si trop d'électrolytes sont enlevés le corps peut répondre par une crise cardiaque (cas très rares); ainsi cette méthode n'est conseillée, ni économique. Au delà de 60 traitements peuvent être nécessaires sur une période de plusieurs mois voir des années.

BAIN DE PIEDS DETOXIFIANT : Ils sont populaires dans les spas et en pratique de médecine alternative. Ces bains de pieds produisent une eau de couleur brunâtre venant d'une réaction chimique. Il n'y a aucune preuve scientifique que les toxines sont retirées du corps avec cette méthode et les résultats sont minimes. Cependant l'individu qui l'utilise se sent souvent revigoré. Une douzaine ou plus de traitements sont recommandés.

SACHETS DETOXIFIANTS DE PIEDS : Ils produisent une transpiration ce qui fait changer les sachets de couleur. Ici aussi il n'y a aucune preuve scientifique ou de témoignages valables si ce n'est que cela a aidé à l'occasion à un meilleur sommeil mais le plus souvent n'a aucun effet.

LAVAGE D'INTESTIN est l'administration d'une grande quantité d'eau dans le colon. Le lavage intestinal nettoie le gros intestin des fèces compactées, ce qui n'est qu'une petite portion du système digestif. Il n'y a aucune évidence que les

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

lavages d'intestin puissent nettoyer le système circulatoire même si en nettoyant les fèces ont amélioré notre santé. Il ya aussi le danger que l'intestin soit perforé ou étiré avec la pression de l'eau administrée par le rectum afin de remplir le gros intestin. 4 à 12 traitements sont nécessaires.

DÉTOXICATION MÉTAUX LOURDS
Témoignage

S'il vous faut de vrai résultat pour voir si la zéolite est efficace dans l'enlèvement des métaux lourds ci-dessous le résultat d'une famille qui a fait un test de salive et de sang. Résultats avant et après l'utilisation de la zéolite liquide activée et qui ont bien voulu partager ces résultats avec vous.

“ Nous avons fait des tests avec nos 3 enfants, Susanna et moi-même avant et après l'utilisation de la zéolite liquide. Les résultats démontrent un changement dramatiquement positif dans la quantité de métaux lourds, niveau de toxicité, acidité and différents indicateurs. Nous savions depuis environ un an que la quantité de métal lourd chez nos enfants était très élevée. Notre première analyse fut faite à partir d'analyse de cheveu. Elle démontrait, par exemple, que le niveau d'aluminium et de plomb était dangereusement élevé. Notre thérapeute de l'époque qui se spécialise en chélation pour enfant nous dit que le corps perd son habilité à se détoxifier des métaux lourds en présence du mercure. Il faut donc reconnaître que le mercure est le grand coupable. Nous sommes une famille granola moyenne, naissance à la maison, pas de vaccination, nourriture biologique, etc. Nous ne sommes donc pas des candidats à une haute intoxication- mais nous avons trouvé du mercure chez chacun de nos enfants. Leur âge est de 7,9 et 12 ans. Test Métaux lourds Famille Reynold avant et après l'utilisation de la zéolite liquide. Chaque échantillon fut analysé pour Aluminium, mercure, plomb, cadmium et arsenic. Un système numérique simple fut utilisé comme barème :

0 - Aucun métal

5 - Métal anormalement élevé

10- Métal peut être mortel ou très dommageable

Échantillon	Avant:	11-14	-	2005	Échantillon	Après:	12-5-2005
Temps	d'utilisation	de	la	zéolite	liquide:	21	jours
John	(7	ans)		Avant		Après	
	Aluminium		7			3	
	Mercure	6				3	
	Plomb	5				2	
	Cadmium	4				0	
	Arsenic	3				2	

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

Mairead	(9	ans)	Avant	Après
Aluminium		6		2
Mercuré		6		2
Plomb			7	2
Cadmium	3			0
Arsenic	3			0
Leila	(12	ans)	Avant	Après
Aluminium		7		3
Mercuré		5		1
Plomb		7		1
Cadmium		4		2
Arsenic		5		5

Les échantillons viennent de l'urine et de la salive. La procédure du test est par immunoessai. Le niveau de toxicité fut mesuré selon les métaux en circulation dans la salive et les métaux éliminés dans l'urine. La zéolite liquide activée une chélation orale 100% sécuritaire et sans effet secondaire:

La chélation traditionnelle a ses limitations quand on parle de la sécurité lors de l'enlèvement du mercure, plomb, cadmium et arsenic, tel que ci-haut mentionné.

Un problème inhérent à cette procédure est l'agent chélateur, EDTA (acide éthylène-diamino-tétraacétique) qui a une grande affinité pour les minéraux essentiels tel que le calcium et les drainent en même temps que les métaux lourds.

Un autre dilemme dont un phénomène très connu; celui où la chélation traditionnelle retire les toxines pour les retourner dans le système sanguin.

La zéolite liquide activée de Waiora est exempt de ces 2 problématiques.

Donc à vous d'en tirer les conclusions la balle est dans votre camp.

Puisque les scientifiques, les professionnels de la santé et les médecins s'accordent à dire que les toxines qui envahissent notre corps sont la source de problèmes de santé majeurs. En utilisant ce minéral naturel rare qui par le système de filtration et d'activation unique à Waiora, lui assure ainsi la plus grande qualité. Le produit « [Défense Cellulaire Naturelle](#) » de Waiora est cliniquement formulé avec de la zéolite naturelle afin de soutenir le système

ELIMINATION DES METAUX LOURDS PAR ZEOLITES DANS LES EAUX NATURELLES

immunitaire, enlever les métaux lourds, les toxines et toutes autres substances nocives du corps et balancer le PH.

CONCLUSION :

Les métaux lourds ont des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine c'est pour cela qu'on utilise les zéolites comme l'un des solutions les plus efficaces pour les éliminer dans les eaux naturelles.