

Le fluor dans l'eau potable et la fluorose

H. Lounici , L. Adour, H.Grib, D.Belhocine, N. Mameri

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger , 10 Avenue Pasteur , Belfort, Alger

Laboratoire des Biotechnologies Environnementales

Sommaire

- Le Fluor et l'Environnement
- Aspects épidémiologiques et médicaux
- Les méthodes de defluoruration des eaux potables
- Conclusion

Le Fluor et l'Environnement

Répartition des fluorures dans les
eaux de boisson dans le monde

Le fluor

- Une région géographique peut naturellement avoir du fluor dans ses eaux de boisson. De même, on peut aussi rajouter artificiellement du fluor dans les eaux de boisson d'une région qui en est dépourvue.
- Dans les deux cas, il y a pour chaque eau de boisson un seuil en fluor à ne pas dépasser, au risque d'être toxique pour la consommation humaine

Normes pour le fluor

- OMS 0.8-1.7 mg/l
- France 1mg/l
- CEE 0.7-1.5 mg/l

Le fluor dans le monde

- **En USA, plus 600 prises d'eau ayant la concentration en ions fluorures dépassant 1.5 mg/l**
- **(France (7 mg/l), Portugal et Italie (22 mg/l)Téchoslavaquie (28 mg/l) avec un record au Kenya (4000 mg/l) présentent des prises d'eau ou la concentration en ions fluorures dépassant la norme de 1mg/l avec un record Au kenya**
- **L'endémie touche aussi Sénégal, Inde, Arabie Séoudite, Irak Canada japon etc ...**

Les taux du fluor dans les nappes phréatiques et albiennes de diverses villes

Villes	Nappe phréatique Taux du fluor, en mg/l	Nappe albienne Taux du fluor, en mg/l
Ouargla	1.00- 2.20	1.00-2.15
El Oued	1.90-4.55	1.00-2.15
Biskra	1.75-2.10	1.95-2.20
Ghardaia	0.2-1.30	1.10-1.25

Origine des fluorures

- Les eaux souterraines comportant des teneurs en fluor supérieures aux normes admissibles alors qu'elles représentent les seuls moyens d'approvisionnement en eau potable.
- Les eaux de surfaces, qui généralement n'excèdent pas 0.3 mg/l de fluorures, sont polluées par d'autres sources, lorsque celles-ci se trouvent proches de rochers volcaniques contenant une concentration en fluorures extrêmement élevée (> 1.0 mg/l).
- La pollution par les poussières fluorurées près des zones de gisements.
- Ajout par l'Homme (Pour les Etats Unis et le Canada)

La fluorose

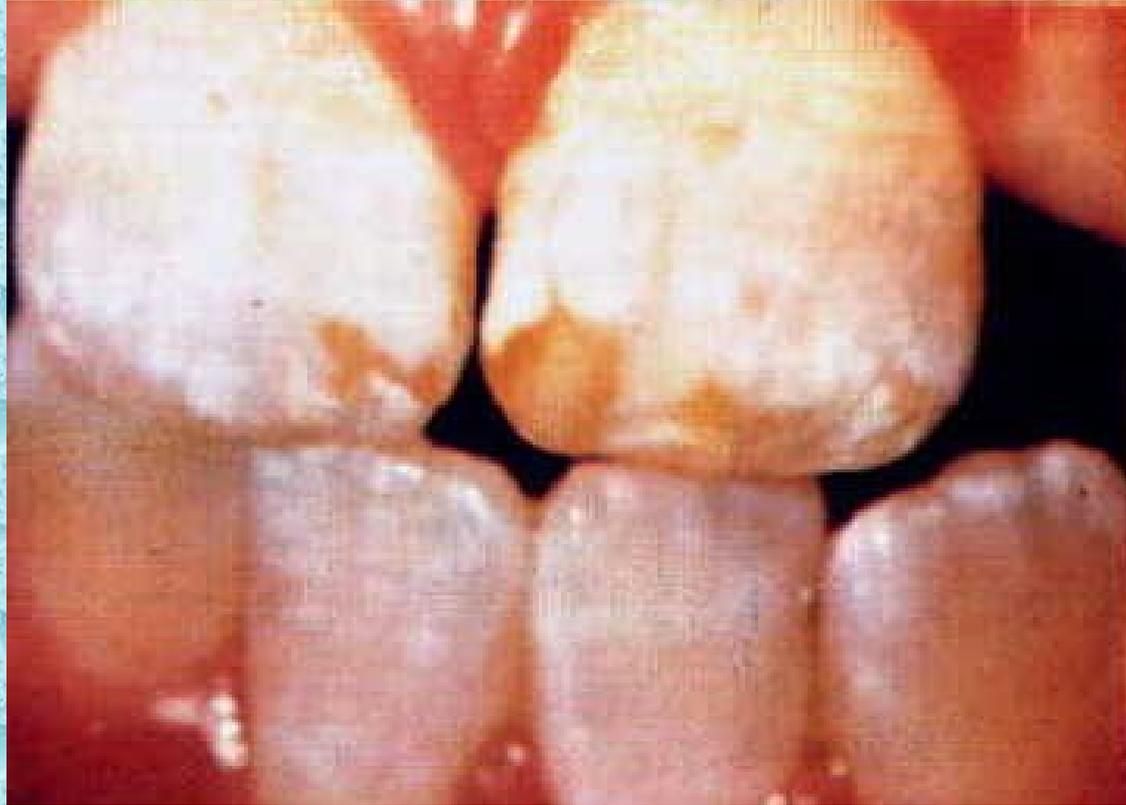
- A petites doses (1mg/l dans l'eau de boisson), le fluor favorise *la santé dentaire* : la fréquence des caries et le nombre de cavités diminuent et la dégénérescence est plus lente.
- À des concentrations > 1.5 mg/l favorise *la fluorose dentaire* ; il apparaît souvent sous forme d'une modification de l'émail dentaire provoquant des tâches jaunes ou marron, ou bien alors une apparence opaque crayeuse avec des stries ou des piqûres. Ce phénomène est connu sous le nom de *Darmouç* dans le Sud d'Algérie ou *émail tâcheté* et *Emottel Enamel* dans les pays anglo-saxons.

La fluorose (suite)

- Une concentration supérieure à 5mg/l, peut provoquer la perte des dents et provoquer *la fluorose osseuse* caractérisée par une hypercalcification des os
- L'exposition prolongée à une concentration en ions fluorure supérieure à dix fois la norme admise représente un danger important d'intoxication.
- Lors de l'ingestion d'ions fluorures, on observe, dans l'ordre, l'apparition de taches sur les dents en voie de formation, des altérations des tissus osseux (ostéopétrose, ostéoporose) et diverses altérations organiques.

**Exemples de cas de personnes
atteintes de fluorose et
d'ostéofluorose**

Email Tacheté



- Email tacheté

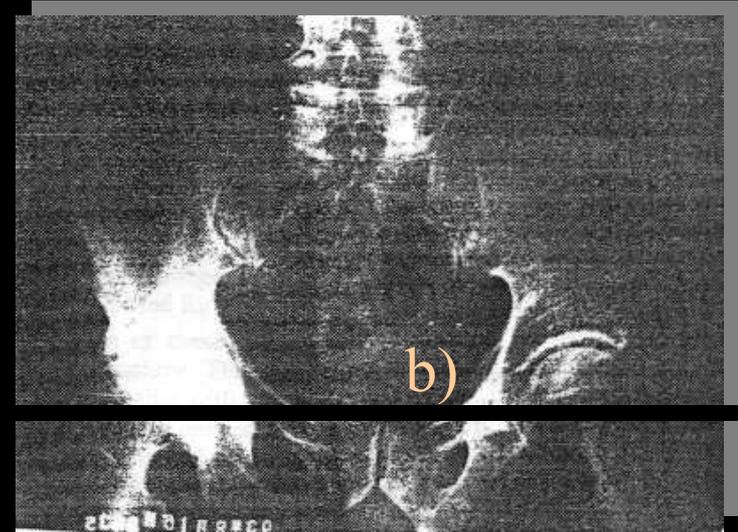




**Veille femme atteinte
d'ostéofluorose**

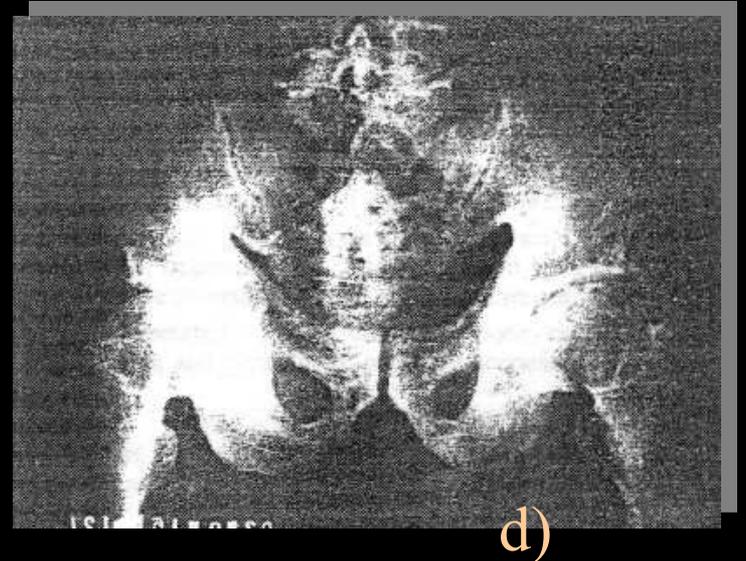
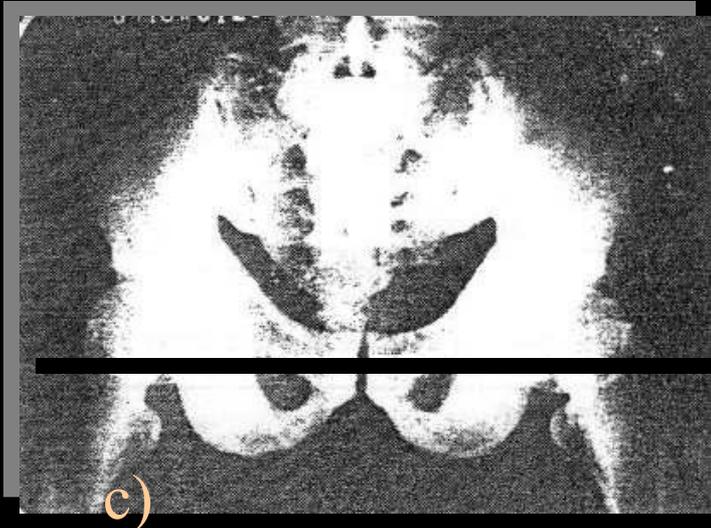


Radiographies représentant deux cas d'individus atteints d'ostéfluorose



- a) Sujet A Mâle ; âge 63 ans, avant la thérapie de défluoration, pathologie Ostéfluorose, stade II).
- b) Même sujet 12 ans plus tard, état ; retour à la normale devenant normal

Radiographies représentant deux cas d'individus atteints d'ostéofluorose



- c) Sujet B, Mâle, 64 Ans avant la thérapie de défluoruration, à noter que le pelvis est au Stade II d'ostéofluorose sclérotique), d) même sujet, 12 ans après la post défluoruration,

Les méthodes de défluoruration

Les méthodes classiques

- Par précipitation
- Par coagulation floculation
- Par les Résines échangeuses d'ions (REI)

Elimination Par Précipitation (I)

- Les sels de calcium comme Ca(OH)_2 ; CaCl_2 et CaSO_4 sont les plus utilisés pour précipiter les ions fluorures sous forme d'un produit insoluble CaF_2 (fluorure) dans l'eau. Les réactions mises en jeu sont les suivantes :



Elimination Par Précipitation (II)

- Les différentes étapes cinétiques étant :
 - ◆ *Une période de germination*
 - ◆ *Une période de précipitation proprement dite*
 - ◆ *La séparation des précipités formés*
- Les installations de traitement devront être conçues pour augmenter ces trois vitesses et réaliser le maximum d'opérations dans le même appareil.

Par coagulation Flocculation

(Technique de Nalgonda)

- $3 \text{ Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O} + \text{NaF} + 9 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow$
 $[5 \text{ Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{Al}(\text{OH})_2\text{F}] + 9 \text{ Na}_2\text{SO}_4 +$
 $\text{NaHCO}_3 + 8 \text{ CO}_2 + 45 \text{ H}_2\text{O}$
- $3 \text{ Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O} + \text{NaF} + 17 \text{ NaHCO}_3 \longrightarrow$
 $[5 \text{ Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{Al}(\text{OH})_2\text{F}] + 9 \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 17 \text{ CO}_2$
 $+ 54 \text{ H}_2\text{O}$

• Inconvénients

⋮

- L'eau doit être riche en magnésium et faiblement fluorée (pour les sels de calcium)
- Production de boues non négligeables
- Difficulté de mise en oeuvre
- La technique de Nalgonda est efficace lorsque l'eau traitée présente une concentration en fluorures au-dessus de 20 mg/l, des matières dissoutes au-dessus de 20 mg/l, et une dureté au-dessus de 250 mg CaCO_3 /l

- *Élimination des fluorures par échange d'ions*

- \vdots
- L'échange d'ions est un procédé qui utilise des résines ioniques ayant une affinité pour l'ion fluorure. Les résines actuelles sont malheureusement souvent peu spécifiques ; on fixera mieux les ions monovalents OH^- et les ions divalents SO_4^{2-} que les ions F

• *Élimination des fluorures par échange d'ions*

(Inconvénients)

⋮

- Les résines préparées perdent leur activité après plusieurs utilisations.
- Les problèmes de coûts de régénération des résines limitent fortement l'utilisation de ce procédé
- N'est applicable que pour les eaux faiblement fluorurées

• *Élimination des fluorures par Adsorption*

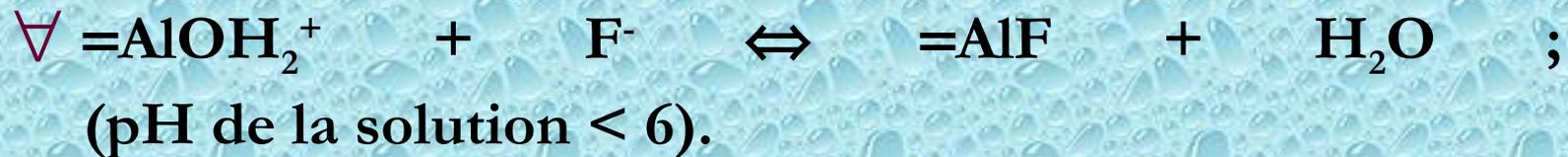
- *Adsorption sur charbon actif*
- *Adsorption sur phosphates d'aluminium*
- *Adsorption sur la serpentinite/ argiles*
- *Adsorption sur alumine activée*

Elimination des fluorures par

Adsorption sur alumine activée



Il y a relâchement des ions OH^- et fixation des ions F^- .



Il n'y a pas de relâchement d'ions.

Les nouvelles techniques

Les nouvelles techniques

- Les techniques à membrane
 - (osmose inverse,
 - l'électrodialyse ,
 - la nanofiltration)
- Les procédés électrochimiques
 - l'électrolyse bipolaire
 - l'électrosorption

Les techniques à membrane

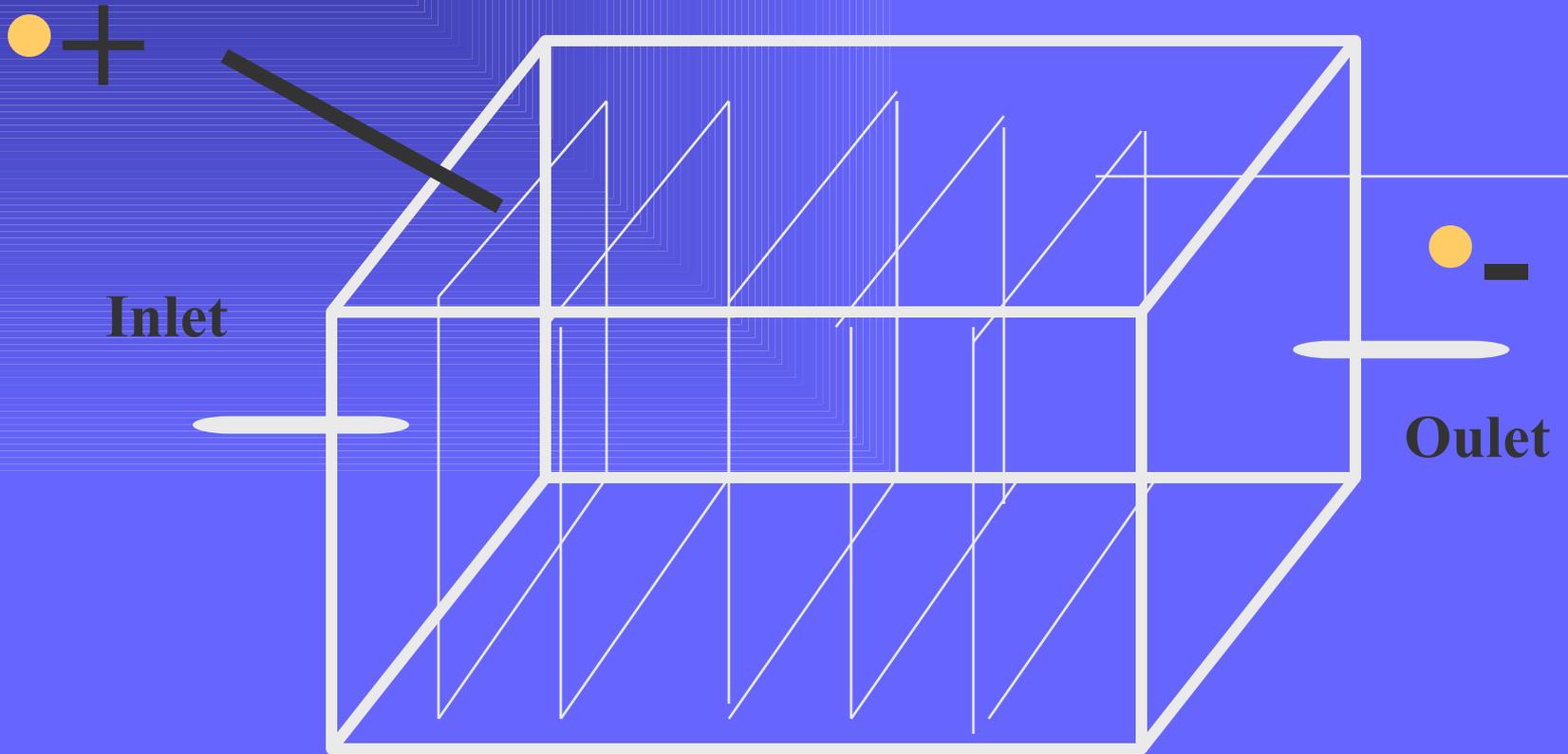
Inconvénients

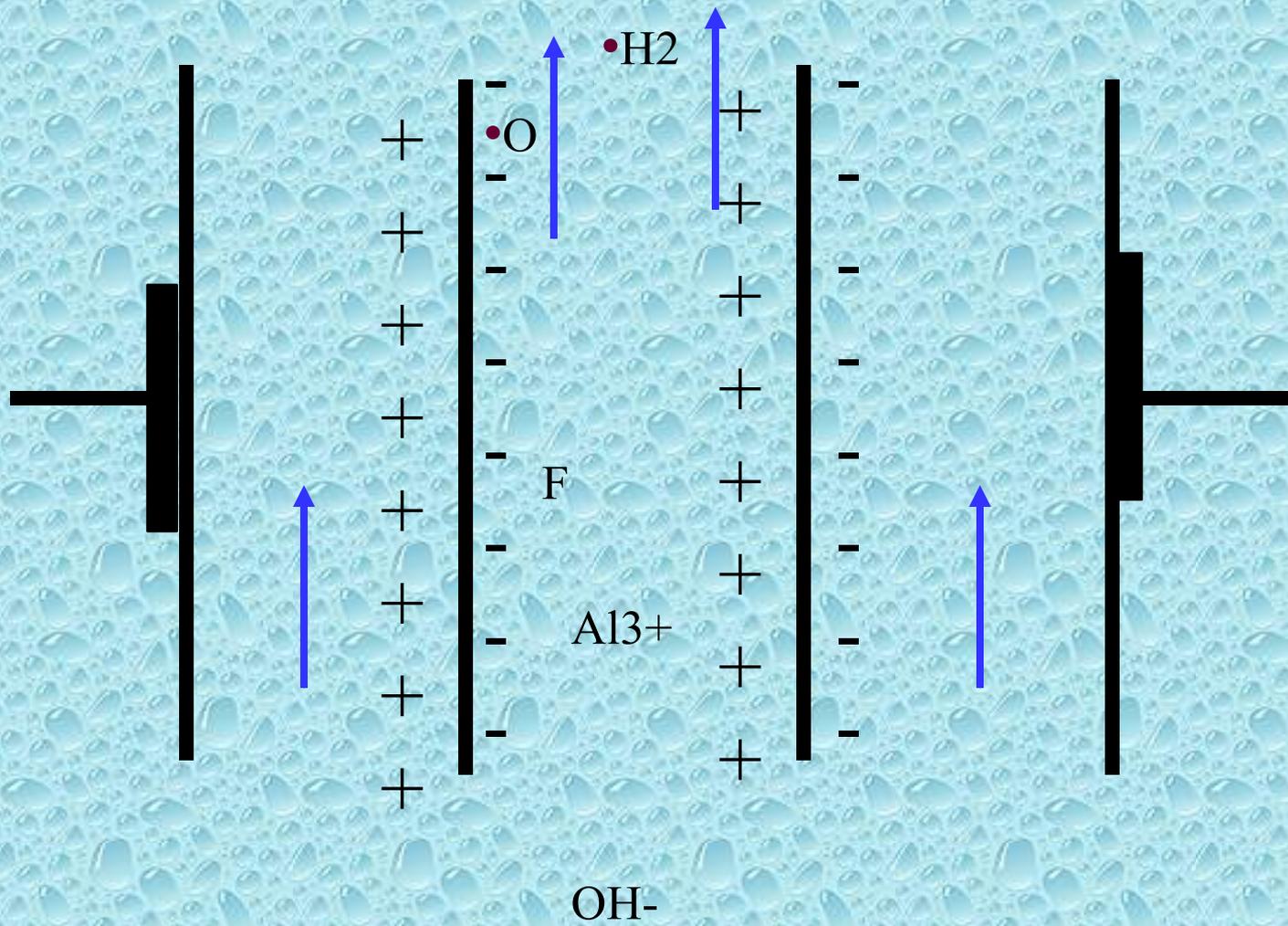
- Minéralisation excessive
- Nécessite des prétraitements (pour éliminer les calciums)

Les méthodes électrochimiques

L'électrocoagulation bipolaire

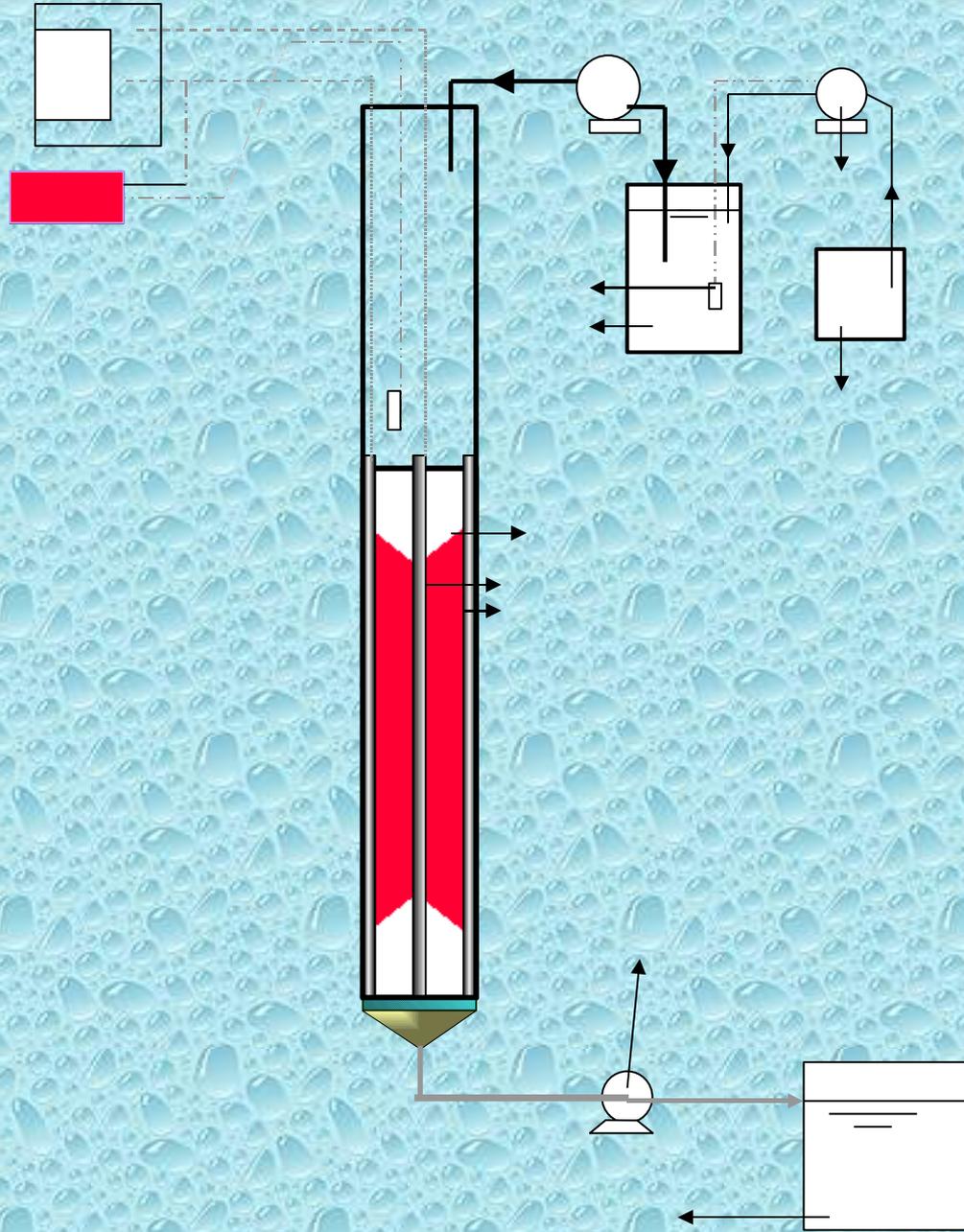
L'électrosorption





Avantages

- Méthode spécifique
- Les boues obtenues sont compactes
- Procédé en continu
- Ce procédé n'enrichit pas l'eau en éléments chimiques



Avantages

- Amélioration de près de 60 % par rapport à l'adsorption classique
- Une qualité d'eau appréciable
- Facilité d'utilisation

The background of the entire image is a repeating pattern of small, stylized fish. The fish are rendered in a dark brown or sepia tone and are arranged in a grid-like fashion, alternating between horizontal and vertical orientations. Each fish is depicted with a simple, elongated body, a pointed snout, and a tail with two distinct rays. The overall aesthetic is reminiscent of traditional Japanese paper patterns or a classic textile design.

Conclusion