

L'eau dans tous ses états

1-Préambule

Pas si simple de s'y retrouver dans ces différentes dénominations !!

Eau potable,

Eau de boisson,

Eau du robinet

Eau naturelle

Eau plate (sans bulles)

Eau propre

Eau de distribution publique (EDP)

Eau de consommation humaine (EDCH)

Eaux dures $\neq$ eaux douces

Eaux conditionnées,

Eau de source, Eau gazeuse et eau enrichie en gaz

Eaux sales, eaux usées ou eaux vannes/eaux noires, eaux grises.....

L'eau dans tous ses états

Le point commun à toutes ces eaux ?
= une même formule chimique

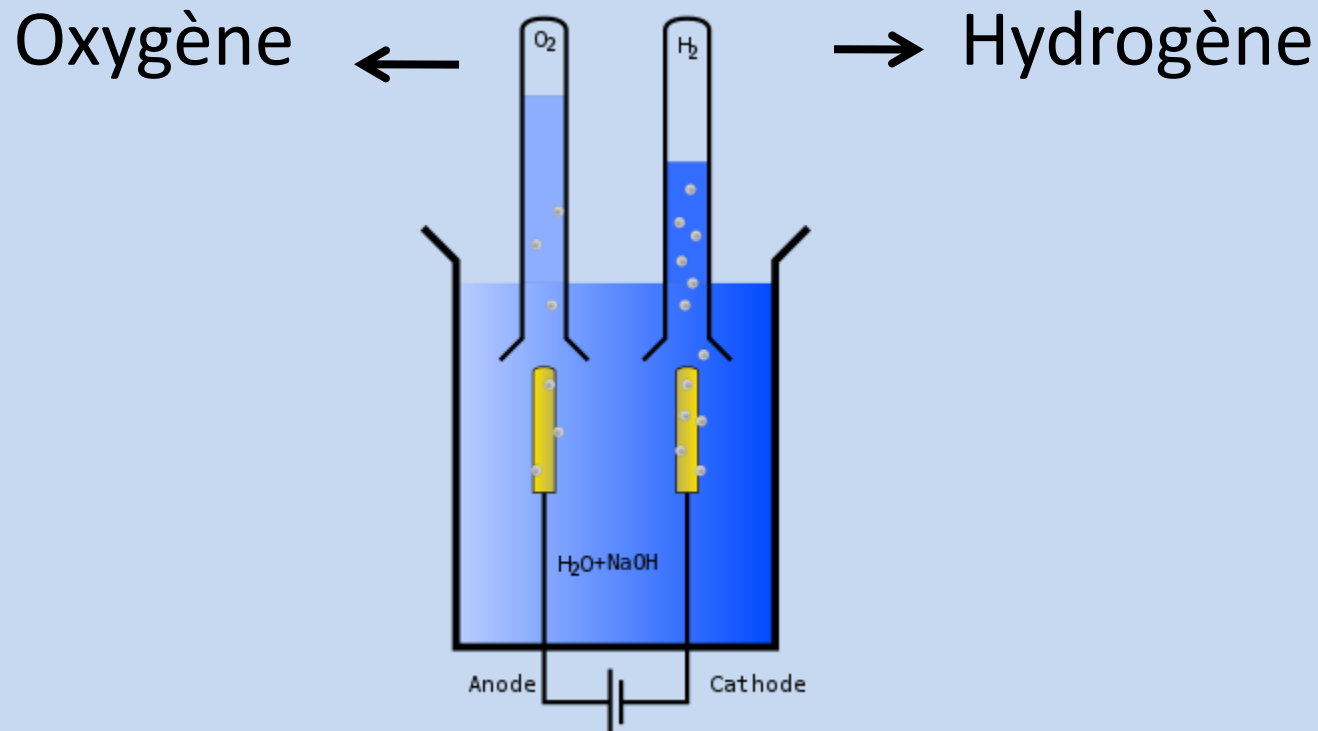


avec 2 atomes d'**Hydrogène** et
1 atome d'**Oxygène**

Cette molécule est très stable et il a fallu attendre l'année 1800 pour que l'on puisse la **casser** entre ses 2 constituants

L'eau dans tous ses états

Décomposition de l'eau



*Cellule à électrolyse contenant de l'eau de mer
en milieu acide ou alcalin*

C'est ainsi que l'on fabrique l'**Hydrogène** (dit **VERT**)
qui sera sans doute l'énergie de demain !

L'eau dans tous ses états

Quelques Chiffres

Totalité de l'eau présente sur terre : 1,4 milliards de km³

Eau salée (Donc **non potable**) : 97,5 %

Teneur en sel dans Eau de mer/Océan : environ 35 g/litre

Eau NON salée : 35 millions de km³

Eau consommable : seulement 1 %

L'eau est indispensable à la VIE = PAS de VIE SANS EAU !

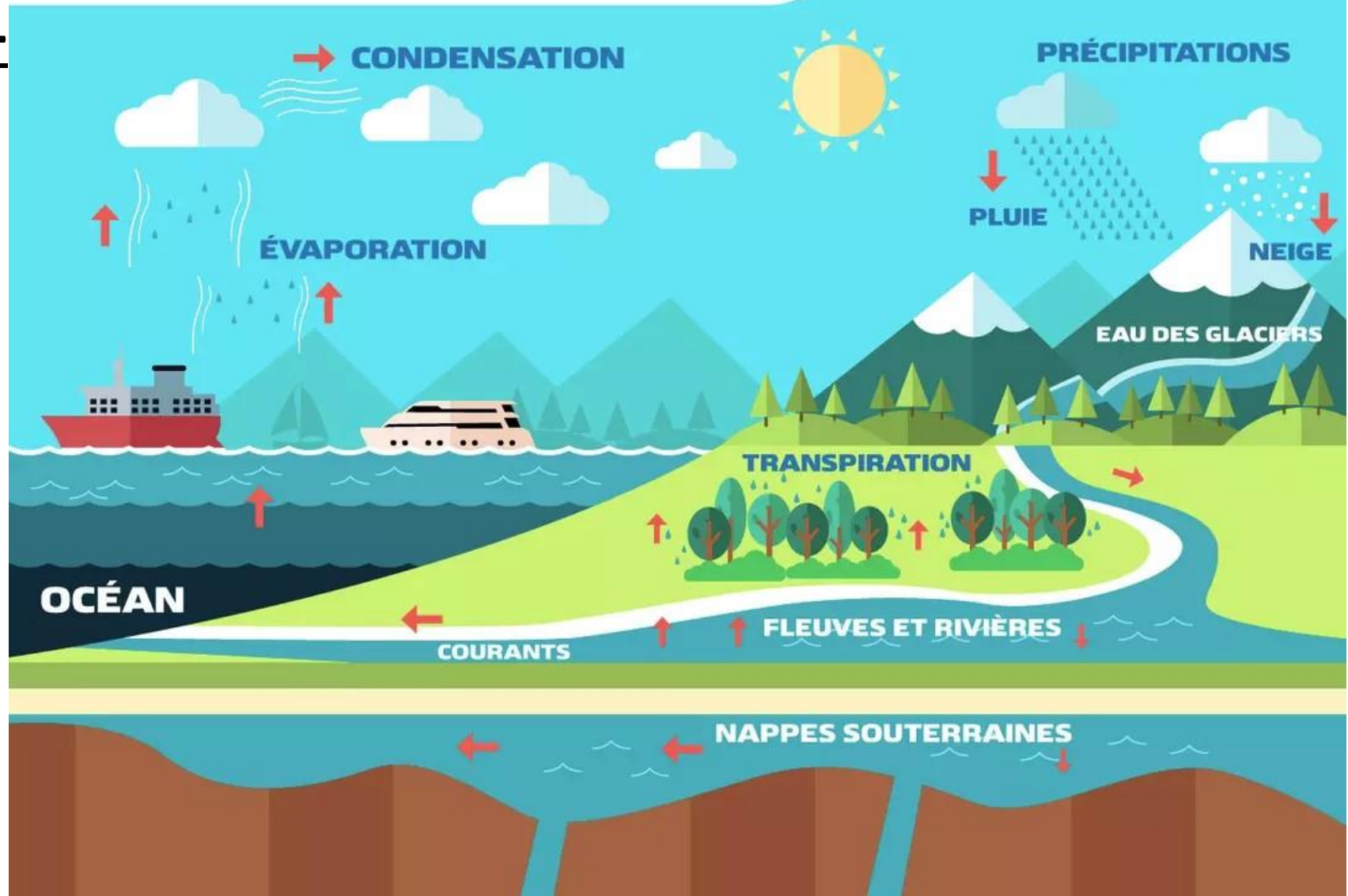
Consommation en France : environ **150 litres/jour/personne**

(boisson, lavage du corps, du linge, de la vaisselle, WC, plantes vertes et lavage des voitures..)

L'eau dans tous ses états

LE CYCLE DE L'EAU

2-



L'eau dans tous ses états

3-Provenance de l'eau de consommation

3-1- Eaux superficielles

*Fleuve, rivière, lac, barrage (par pompage)

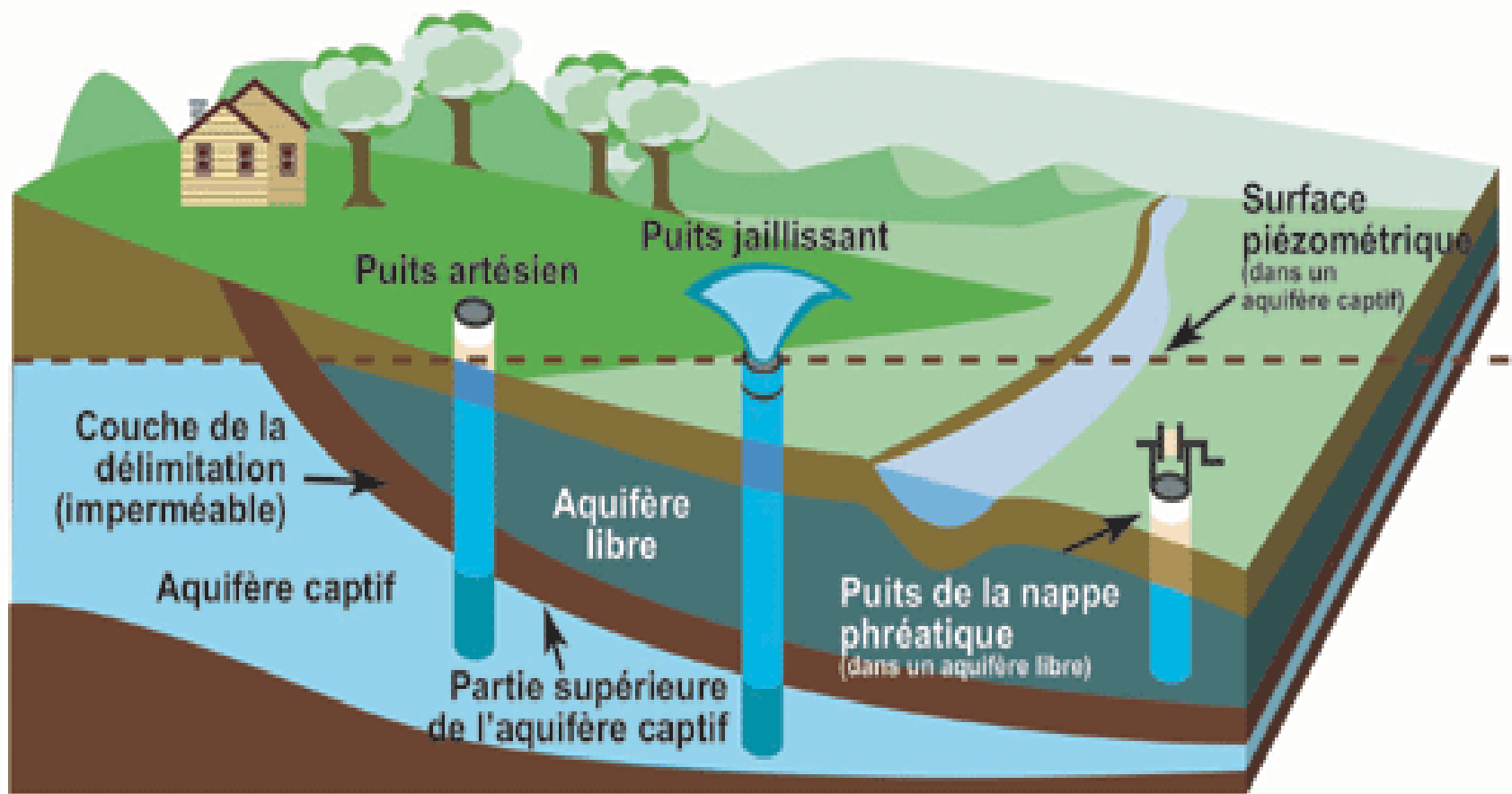
*Exploitation par adduction naturelle après captage en montagne



L'eau dans tous ses états

- 3-2- Eaux souterraines

Aquifères et puits



L'eau dans tous ses états

3-2- Eaux souterraines (suite)

Généralités

- Un **aquifère** (**LIBRE ou CAPTIF**) correspond au sol qui contient l'eau
- La **nappe** correspond à l'eau qui circule dedans l'aquifère

Une nappe d'eau n'est pas forcément une surface plane !!.

***L'eau pour circuler doit passer à travers un milieu poreux (gravier, sable, faille rocheuse, grès..).**

***Retenir l'image du tuyau qui est le contenant, transportant l'eau (contenu).**

***Une nappe avance lentement (qqs cm/jour).**

***La largeur d'une nappe varie de qqs mètres à qqs km**

***On peut connaître le sens de son écoulement et son débit journalier**

***C'est la pluie et la fonte des glaces qui rechargent les nappes**

L'eau dans tous ses états

3-2- Deux Types d'Eaux Souterraines (suite)

(peu profondes et profondes)

- ① -Nappe peu profonde ou nappe phréatique**
(du grec phrear, puits)



L'eau dans tous ses états

② - Nappes souterraines profondes

Trois types : libre, captive et fossile

***Nappe Libre**(forage possible à X mètres)



L'eau dans tous ses états

***Nappe Captive : puits artésien avec surpression naturelle**

(découvert par un moine/ Abbaye en Artois en 1126)



***Nappe Fossile : très profonde, datant de X milliers/millions d'année. Non renouvelable !!**

L'eau dans tous ses états

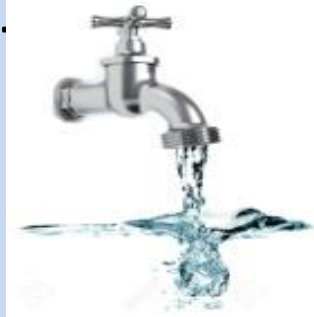
4-Potabilisation (simplifiée) de l'eau

- ①** -Si l'eau est d'excellente qualité : pas de traitement
- ②** -Si l'eau est trouble : traitement par décantation, coagulation, adsorption
- ③** -Pour enlever le goût et la couleur : traitement par le charbon actif
- ④** -Pour éliminer les germes : traitement par le chlore, l'ozone, les UV
- ⑤** -Pour éliminer les pesticides et autres produits chimiques : nanofiltration +/- charbon actif

L'eau dans tous ses états

5-Le cycle de l'eau domestique

1- Eau du robinet



2-Eau usée, rejetée dans l'évier



3-Rejet dans l'égout

4 -Traitement dans la Station d'Épuration
(STEP)



5- Rejet en milieu
naturel



L'eau dans tous ses états

6-L'eau et ses constituants solubles

(Substances minérales, organiques et espèces biologiques)

6-1-Substances minérales solubles (anions et cations)

(avec un peu de chimie !!)

6-1-1- **ANIONS principaux** : carbonates, bicarbonates, sulfate, chlorure, **fluorure, phosphate, nitrate, ...**

L'équilibre carbonate/bicarbonate, en fct du pH, est important (eau agressive ou incrustante)

6-1-2- **CATIONS principaux**

* Abondants : Calcium, Magnésium, **Sodium** et Potassium

* Oligoéléments utiles : Zinc, Cuivre, Sélénium, Fer,.....

* Indésirables : **Plomb, Arsenic, Chrome, Mercure,.....**

L'eau dans tous ses états

6-1-3- Rôle des minéraux

Eaux Douces et Eaux Dures

-Eaux dites DOUCES (contiennent très peu de minéraux).

- *elles ont peu de goût

- *elles lavent mal

- *elles attaquent les canalisations en métal

- *Si elles sont traitées par un adoucisseur, il faut rajouter des sels minéraux....

- *Mais, par contre, elles prolongent la vie des appareils ménagers et les chauffe-eau !!!**

L'eau dans tous ses états

-Eaux dites DURES

Contiennent du bicarbonate de Calcium soluble en excès.

Le **CALCAIRE** est du carbonate de calcium insoluble (+ un peu de Magnésium).

L'estimation se fait en degré TH (Titre hydrotimétrique)

1 degré= 4 mg de calcium/ L d'eau

A Lyon, le TH est de 23 degrés TH environ, soit 92 mg/L en calcium, ce qui donne une eau moyennement dure.

Rappel : le calcium n'est pas toxique,

Il ne s'accumule pas dans l'organisme ,

MAIS il est gênant !!

L'eau dans tous ses états

Le **CALCAIRE** est responsable de l'**ENTARTRAGE** des bouilloires, casseroles, etc..

Mais surtout il est responsable de la **détérioration des chauffe-eau..**(et fait aussi la fortune des plombiers !)



Explication : le **bicarbonate Ca soluble** de l'eau d'arrivée est décomposé par la chaleur du chauffe-eau **en carbonate insoluble (calcaire)** qui entartre l'appareil qui ne peut plus chauffer de façon homogène et qui se détériore.

L'eau dans tous ses états

6-1-4--Les Eaux salées (= saumâtres)

A-Généralités

L'eau salée ne peut être consommée en l'état.

De nbx pays manquent d'eau potable, mais, par contre, ont accès à des eaux saumâtres.

Avec le niveau des mers qui , les nappes d'eau douces deviennent salée de plus en plus (pb. dans les Landes).

Le problème du dessalement réside dans les moyens techniques et surtout financiers.

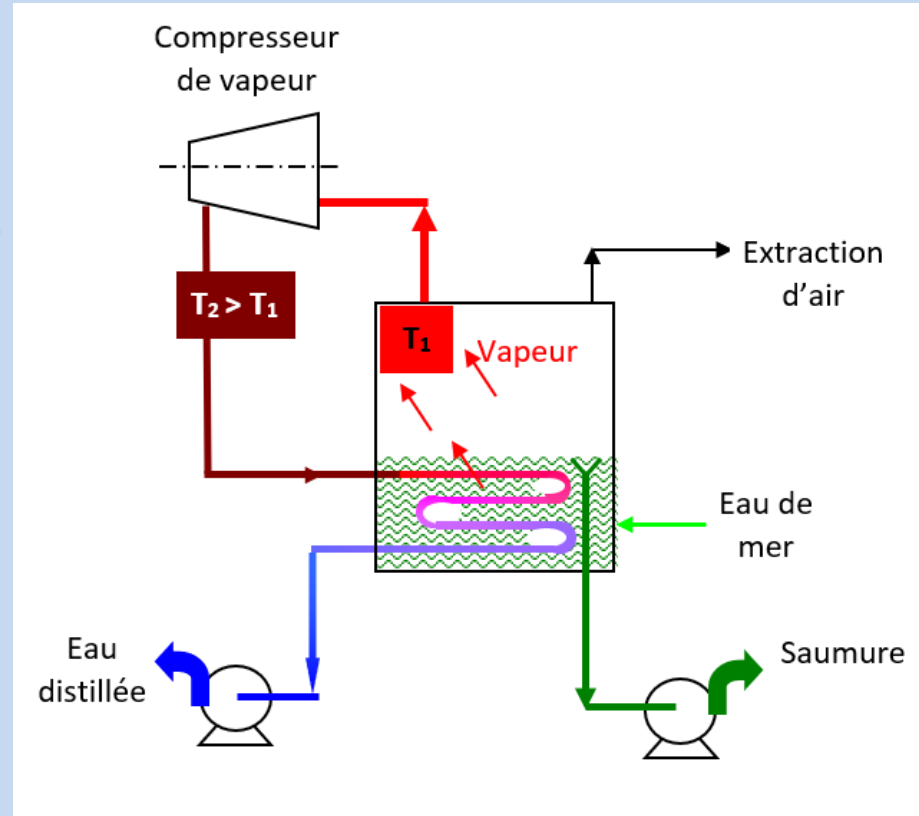
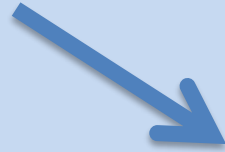
Environ 100 M de m³ d'eau /jour sont déssalés dans le monde

Coût du traitement : entre 1 et 3 euro le m³ d'eau

L'eau dans tous ses états

B-Procédés de dessalement

① par distillation (Emirat d'Oman)

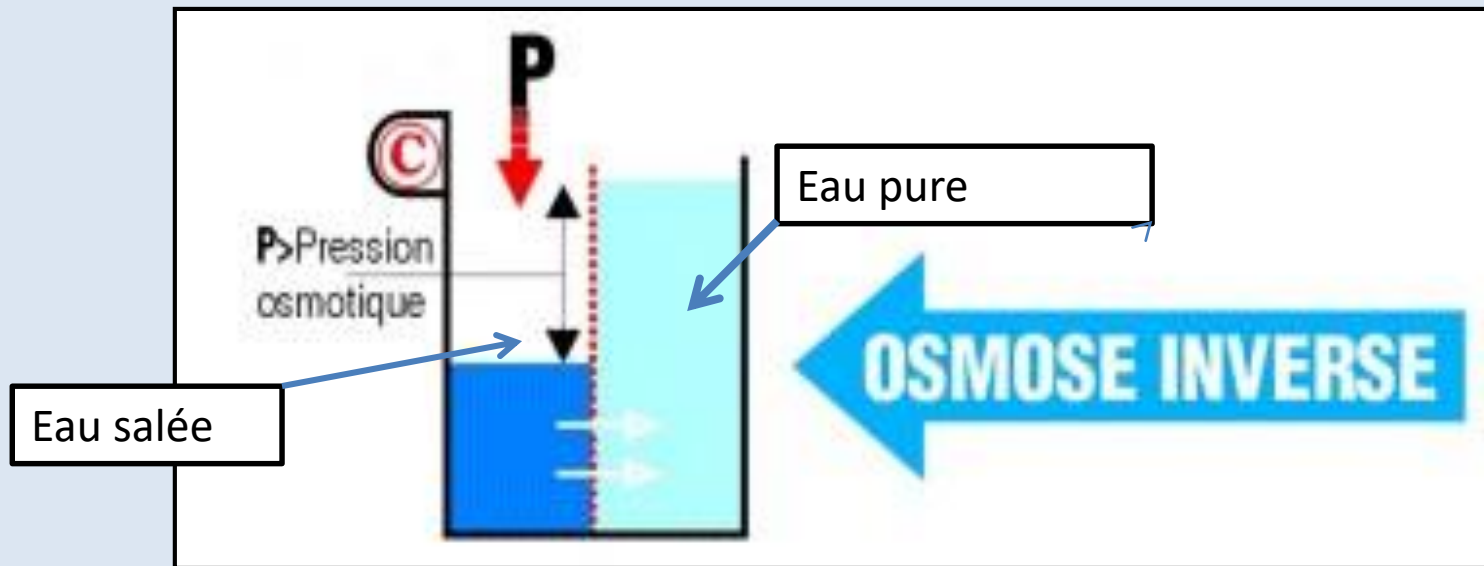


② par électrodialyse

- avec des électrodes et des compartiments chargés + et -, on élimine le sel.

L'eau dans tous ses états

- ③ par **osmose inverse** avec membranes poreuses de qqs nanomètre
+ Forte Pression de 80 bars.



- ④ par échange d'ions sur résines cationiques

- ⑤ par combinaison de 2 derniers procédés.

N.B. En France les îles de Groix et de Sein sont alimentées par dessalement de l'eau de mer

L'eau dans tous ses états

6-2-Les substances organiques solubles

Il existe environ **20 millions de composés chimiques** identifiés (naturels et de synthèse, toxiques ou non), dont les pesticides (= micropolluants)

On en **recherche qqs centaines** seulement, **car trop coûteux en temps et en argent.**

Les limites de détection analytiques sont très basses :
= qqs nanogrammes / litre d'eau.
(= 1 millionième de milligramme)

De plus, on ne sait pas toujours **QUOI** rechercher...

L'eau dans tous ses états

6-3--Les μ -organismes de l'eau : bactéries, virus, parasites

Ces μ -organismes sont très nombreux, mais pas tous pathogènes !

On recherche, en analyse de routine, 6 types de bactéries.

S'il y a un risque particulier, on fera des recherches spécifiques.

Dans les eaux de boisson, le risque est surtout biologique :

cryptosporidium, légionelle, streptocoque/*Escherichia coli*, salmonelle, virus, amibes....

Quelques exemples vécus de pollution biologique:

- *Cryptosporidium (bactéries dans la STEP de Divonne) ,
- **Escherichia Coli* (Immeuble particulier à Villefranche-s-Saône)
- *Contaminations à Aix-les-Bains et Annecy

L'eau dans tous ses états

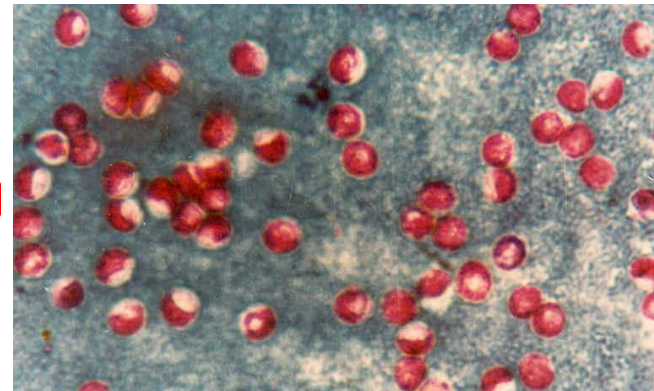
Rappel important

- *l'eau est le seul aliment à être consommé avant d'être analysé.
- *donc, il faut bien connaître la qualité du milieu (aquifère) où l'eau est prélevée !!!.
- *L'état (Ministère de la santé) est le garant de la qualité de l'eau, grâce à la surveillance analytique régulière et systématique.

L'eau dans tous ses états

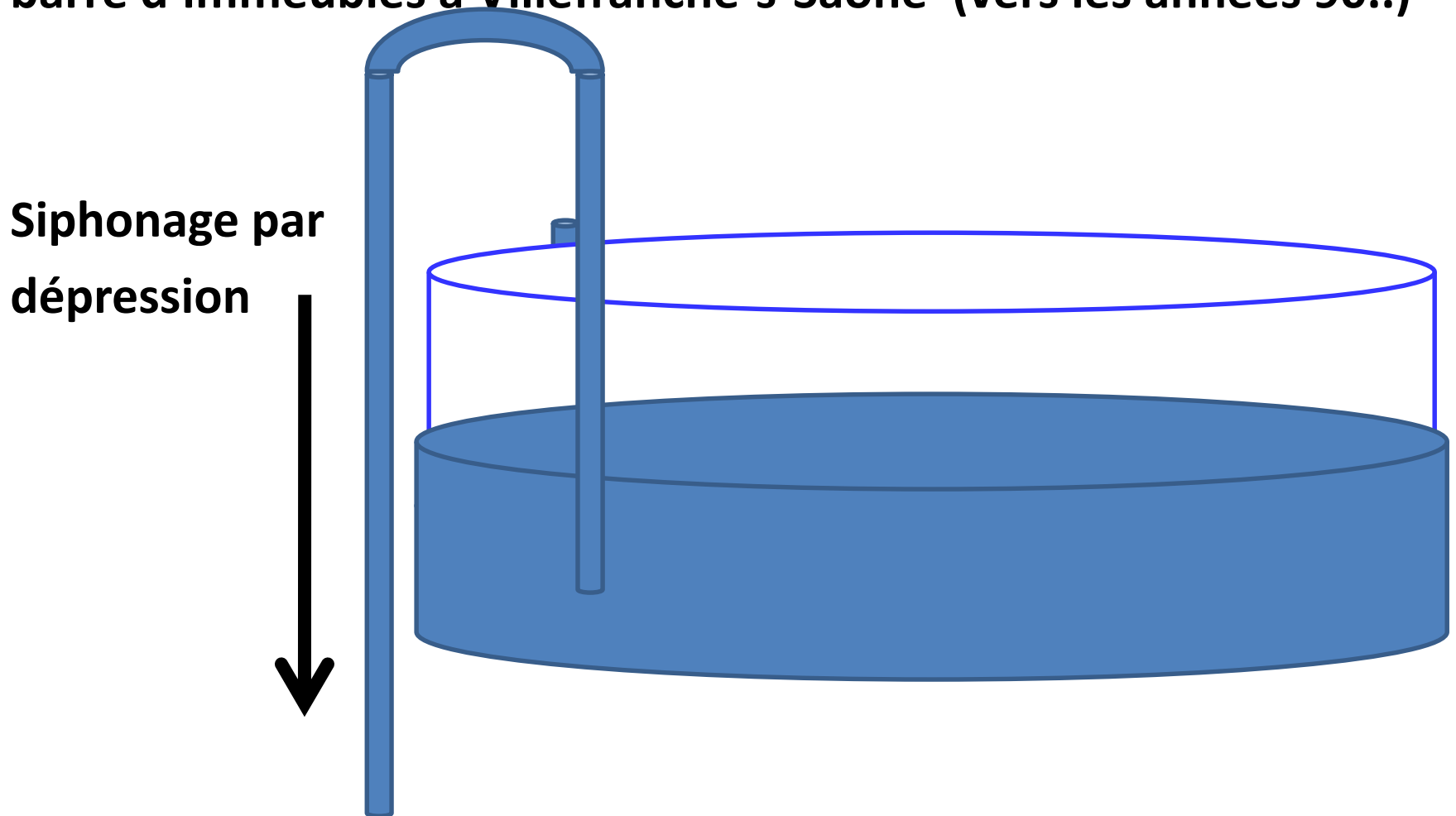
Contaminations : Cryptosporidiose à Divonne

2003



L'eau dans tous ses états

Contamination de l'eau de distribution par la douchette de la baignoire (par siphonage) d'un appartement situé dans une barre d'immeubles à Villefranche-s-Saône (vers les années 90..)



L'eau dans tous ses états

***Légionelles** à Aix les bains, Chambéry



***Vers rouges et aselles** dans l'eau du lac
servant à produire l'eau potable (Annecy)



L'eau dans tous ses états

6-4-Goût, couleur, odeur

L'eau de boisson ne doit présenter aucun risque pour la santé d'une personne qui la consommerait sa vie durant (OMS)

Mais en plus, elle doit présenter une appétence.

Or, l'eau du robinet est souvent critiquée :

- mauvais goût (dû au chlore ou autre.., calcaire ???)
- colorée (traces rouges dues au FER ou jaunes dues aux acides humiques du sol)
- odeur : terreuse (géosmine), ammoniaquée, soufrée..

L'eau dans tous ses états

Avant distribution, l'eau est testée par des **goûteurs d'eau**, et on détecte:

1-Souvent, **le CHLORE**, dû à la chloration obligatoire (goût peu agréable).

(minimum de chlore ajouté : 0.1 mg /l)

2-Parfois, **des traces d'Hydrocarbures**. On peut détecter au goût (ou odeur) qqs $\mu\text{g/L}$.

L'eau dans tous ses états

7-



Résultats d'analyses

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
Bact. aér. revivifiables à 22°-68h	36 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°-44h	<1 n/mL		
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
Température de l'eau *	13,6 °C	≥ et ≤ °C	≥ et ≤ 25 °C
Coloration	<5 mg(Pt)/L		≤ 15 mg(Pt)/L
Couleur (qualitatif) *	Aucun changement anormal		
Aspect (qualitatif)	Aspect normal		
Odeur (qualitatif)	Aucun changement anormal		
Saveur (qualitatif)	Aucun changement anormal		
Turbidité néphélométrique NFU	<0,1 NFU		≤ 2 NFU
Chlore libre *	0,13 mg(Cl ₂)/L		
Chlore total *	0,24 mg(Cl ₂)/L		
pH *	7,4 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH
Conductivité à 20°C	349 µS/cm		≥180 et ≤ 1000 µS/cm
Conductivité à 25°C	386 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Ammonium (en NH ₄)	<0,05 mg/L	≥ et ≤ mg/L	≥ et ≤ 0,1 mg/L

* Analyse réalisée sur le terrain

L'eau dans tous ses états

8-Les Eaux Minérales et les eaux de source

Engouement pour les Eaux Minérales et les Eaux de sources, etc...

***Ce phénomène n'est pas nouveau, mais il s'accélère**

***dès qu'il y a une pollution, l'ARS* préconise les eaux embouteillées (= donc forcément meilleures pour la santé !!!!)**

***avantage : pas de goût de chlore**

***parfois aussi, question de standing....**

***ARS : Agence Régionale de Santé**

L'eau dans tous ses états

Définitions

***Eaux Minérales Naturelles (EMN)** : eau d'origine naturelle, souterraine, microbiologiquement saine et très stable chimiquement. Avec suivi analytique renforcé (**absence de traitement !!**)

***Eaux de source** : comme l'eau minérale, mais souvent pauvre en minéraux et moins stable chimiquement (peut aussi subir certains traitements, mais moins chère , exemple Eau Cristalline !!)

***Eaux rendues potables par traitement.**

L'eau dans tous ses états

9--Les contaminations chimiques de l'eau

Les principales causes :

* **Erreurs techniques** (dérèglement d'appareillage, excès de chlore injecté, benzène dans l'eau Perrier, accident dans les réseaux des Monts du Lyonnais avec un insecticide...)

* **Rejets intentionnels** dans

- les châteaux d'eau (mieux sécurisés, maintenant)
- les puits (mal protégés..)
- les rivières (rejets d'usines, type PFAS..)

* **Rejets d'eau d'incendies** (Saône avec RP en 1982, Rhin avec Sandoz en 1986)

L'eau dans tous ses états

9-1 L'affaire du **BENZENE** dans l'eau Perrier (Vergèze/Gard 1990)



- 1-Présence de **traces de benzène** détectée dans **l'eau Perrier** par un thésard canadien
- 2-Alerte lancée au niveau mondial !
- 3-La France est le dernier pays à être prévenu, mais elle confirme la présence de benzène + qqs Hydrocarbures dans l'eau Perrier
- 4- Est-ce un accident ou un sabotage ?

L'eau dans tous ses états

L'affaire du **BENZENE** dans l'eau Perrier (1990)

La production sur place, à Vergèze

1-En fait, la source de l'eau Perrier (gazeuse) voisine avec une petite source naturelle d'**Hydrocarbures**.

2- On trouve le **BENZENE** surtout dans le gaz des bulles (= gaz carbonique ou CO₂)

3- Techniquement, on dégaze l'eau Perrier, gaz envoyé sur cartouche de charbon actif pour enlever les traces de **BENZENE** et on récupère le gaz en sortie de la cartouche

4-Puis ré-injection ensuite du gaz dans l'eau Perrier



L'eau dans tous ses états

Déroulement des faits

1-Le technicien habituel part en congé et sous-traite à un remplaçant, en lui disant « quand la cartouche de charbon est saturée, tu la changes »..

2- En fait, il voulait dire « quand le volume de gaz de est atteint, d'après le débit-mètre, tu changes la cartouche de charbon »

3-Le remplaçant, n'observant pas de modification de la cartouche, ne l'a pas changée (en fait , il n'y avait rien de visible !)

4-Une fois saturée, la cartouche ne retient plus le benzène qui reste dans le gaz à la sortie, et celui-ci sera ré-injecté dans l'eau Perrier.....

Conclusion. Pas de morts (traces très faibles de benzène), mais arrêt des ventes au niveau mondial et faillite de la société Perrier qui est reprise ensuite par Nestlé.



L'eau dans tous ses états

9-2 Contamination du réseau d'eau dans les Monts du Lyonnais (1990)

Les faits.

- *Un agriculteur veut traiter ses cultures et, pour cela, dissoudre dans l'eau un **insecticide organo-phosphoré très toxique** avec un tensioactif dans une cuve de plusieurs m³.
- *Il met un tuyau d'eau dans la cuve pour la remplir et vaque à ses occupations
- *Quand il revient, il constate **que sa cuve est VIDE !!!!!**
- *Il comprend rapidement que :
 - il y a sans doute eu une coupure d'eau
 - des gens ont tiré de l'eau en aval (on se trouve sur des collines)
 - par conséquent il y a eu siphonage de la cuve
 - plusieurs m³ de son mélange toxique se trouvent dans les canalisations de la commune, **MAIS où ?**

L'eau dans tous ses états

Contamination du réseau d'eau dans les Monts du Lyonnais (1990)

Sa Réaction.

- 1- l'agriculteur a réagi de façon **très responsable** :
- 2-Il alerte la gendarmerie + les pompiers qui lancent un appel pour ne pas consommer l'eau du robinet qui est d'ailleurs coupée immédiatement

Le point sur la situation quelques heures plus tard

- 1- pas de signalement d'intoxications
- 2-L'eau est remise en route après 24h. (avec interdiction de la boire) et on demande aux habitants de faire couler l'eau de leurs robinets, puis traitement par le permanganate (traceur) et eau de Javel ensuite.

Conclusion.

Pas d'intoxications signalées, mais on n'a jamais retrouvé trace du toxique, malgré toutes les recherches effectuées !!!.

L'eau dans tous ses états

- 10-Suivi de la qualité de l'eau

Les NORMES

- ❶ L'OMS publie régulièrement des Normes de potabilité, basées sur l'absence de risques pour la santé humaine
- ❷ Le parlement Européen (« Bruxelles ») les adopte
- ❸ Les Etats les transcrivent dans leur droit national

Deux types de normes

- ❶ Limites de qualité : IMPERATIF ! (absence d'*Escherichia coli*..)
- ❷ Référence de qualité : ce sont seulement des indicateurs de la qualité de l'eau (goût et odeur, p.e.)

L'eau dans tous ses états

11-Que faire en cas de NON-POTABILITÉ ?

- ➊ -Bien réfléchir avant de “couper l’eau” !
- ➋ -Analyser rapidement la situation avec les autorités.
- ➌ -Avertir la population de ne pas consommer l’eau
- ➍ -Mettre (si possible !) rapidement en place un réseau d’eau raccordé à d’autres sources =
« **réseau maillé** »
- ➎ -Réaliser des analyses pour déterminer les causes de la contamination
- ➏ -Estimer le risque dû à la consommation pour la population
- ➐ -Si risque faible ou nul = redistribuer l’eau.

L'eau dans tous ses états

- 12- En Conclusion

L'eau de boisson est un aliment de base fragile, qui est consommé en grande quantité, sans pouvoir ni être stockée, ni analysée à l'avance.

Nous avons vu les difficultés liées à sa surveillance et chacun doit se sentir responsable, car malgré une attention constante, une contamination est toujours possible !

L'eau est un bien précieux,
protégeons-la et surtout , ne la gaspillons pas !

Je vous remercie de votre attention.