



Sciences

Module No 33

Physique de l'eau
Les eaux



- Tout savoir sur l'eau





- Les eaux naturelles
- Les différentes eaux de boisson
- La composition chimique d'une eau minérale
- Répartition de l'eau sur terre
- De l'eau naturelle à l'eau potable





L'eau naturelle destinée à un usage domestique peut être prélevée dans des nappes souterraines, à la sortie de sources ou dans des eaux de surface (rivières, lacs, etc.).



- **L'eau du robinet** provient d'une « eau brute » d'origine « superficielle » ou souterraine. Avant d'être distribuée aux consommateurs, elle subit des traitements. Sa qualité est très réglementée.
- **L'eau de source** est naturellement propre à la consommation humaine, elle ne subit donc pas de traitement chimique. Son captage est souterrain et protégé des risques de pollutions.
- **L'eau minérale** est une eau de source dont la teneur en minéraux et en oligoéléments est constante. Cette eau possède des propriétés thérapeutiques reconnues par l'Académie nationale de médecine.



- Toutes les eaux de boisson, minérale, de source ou de robinet, sont **potables**.
- Elles n'ont pas la même composition, la même minéralisation
- Elles se distinguent par leur goût, leur pH et leurs propriétés thérapeutiques.
- Nous reviendrons sur les critères de potabilité.



- Les maladies liées à la qualité de l'eau :
 - Saturnisme (plomb)
 - Salmonellose (bactéries et virus)
 - Gastro-entérite (bactéries et virus)

La composition chimique d'une eau minérale



- Les eaux minérales n'ont pas la même composition puisque celle-ci dépend de la nature des terrains géologiques dans lesquels elle a voyagé, du temps de contact avec les roches, etc.
- Cette composition est définie par un ensemble de critères : résidu à sec, composition en ions, pH, dureté.



- **Le résidu à sec**
- Le résidu à sec correspond à la masse de matière restant après évaporation et chauffage à 180 °C.
- Les eaux peuvent être classées sur une échelle permettant de classer les eaux
- De moins de 50 mg.L⁻¹, pour une eau très peu minéralisée,
- à plus de 1 500 mg.L⁻¹, pour une eau très fortement minéralisée.

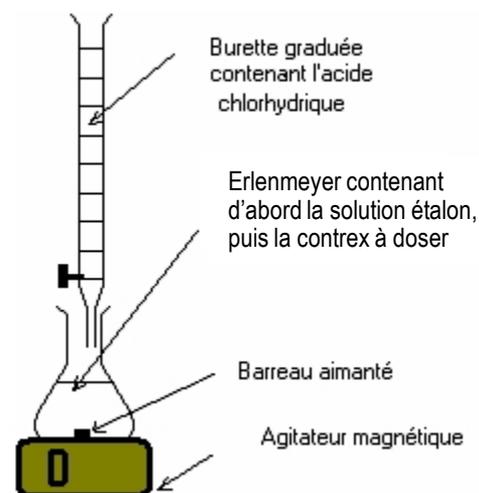


- **La concentration en ions**
- Une eau minérale contient de nombreux ions dissous (ions calcium Ca^{2+} , ions sodium Na^+ , ions magnésium Mg^{2+} , ions chlorure Cl^- , ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , etc.).
- Le chimiste détermine sa concentration massique par dosage.



- **Dosage des ions hydrogénocarbonate de l'eau de Contrex**

- La solution dans l'erenmeyer contient des ions hydrogénocarbonate plus quelques gouttes de vert de bromocrésol





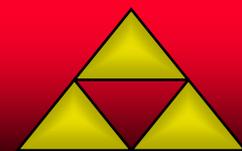
- **Dosage des ions hydrogénocarbonate de l'eau de Contrex**
- Le vert de bromocrésol est un indicateur bleu au départ mais, dès qu'il n'y a plus d'ions hydrogénocarbonate il devient jaune : c'est la fin du dosage.
- On réalise deux dosages :
 - l'un de 10 ml d'une solution étalon de concentration massique 610 mg.L^{-1} en hydrogénocarbonate ;
 - l'autre de 10 ml d'eau de Contrex.



- **Dosage des ions hydrogénocarbonate de l'eau de Contrex**
- On note le volume d'acide versé en fin de dosage

	Solution étalon	Contrex
Concentration en HCO_3	610 mg.L^{-1}	C ?
Concentration en HCO_3	15	10

Valeur de C ?

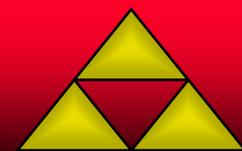


- **Dosage des ions hydrogénocarbonate de l'eau de Contrex**
- On note le volume d'acide versé en fin de dosage

	Solution étalon	Contrex
Concentration en HCO_3	610 mg.L^{-1}	C ?
Concentration en HCO_3	15	10

- $C = 610 * 10 / 15 = 407 \text{ mg.L}^{-1}$

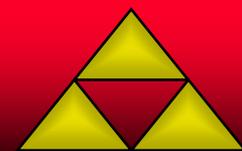
La composition chimique d'une eau minérale



- **Le pH**
- Le pH est une valeur qui traduit le caractère acide ($\text{pH} < 7$) ou basique ($\text{pH} > 7$) de l'eau.
- Il se mesure en général à l'aide d'un pH-mètre.



La composition chimique d'une eau minérale



- **La dureté de l'eau** ou degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) est une mesure de sa concentration en ions calcium et magnésium.
- Les qualificatifs vont de « très douce » ou « douce » si cette concentration est faible ($<20^{\circ}\text{TH}$), à « dure » ou « très dure », si elle est élevée ($>20^{\circ}\text{TH}$).
- Les éléments magnésium et calcium sont indispensables à l'organisme ; une eau dure ne sera donc pas néfaste à la consommation humaine.
- Toutefois, les savons et détergents moussent moins avec une eau dure, ce qui entraîne des lavages moins efficaces et une surconsommation de lessive.

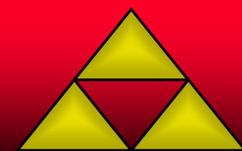
La composition chimique d'une eau minérale



- Par ailleurs, les ions calcium précipitent sous forme de carbonate de calcium ou tartre, entraînant des dépôts dans les cafetières, les fers à repasser, les résistances de machine à laver, etc.
- Une eau douce peut, à l'inverse, entraîner des atteintes sanitaires car elle est corrosive pour les canalisations : la corrosion entraîne la présence de substances nocives (plomb, cuivre, etc.) pour la consommation.



- Pour mettre en évidence **l'ion Ca^{++}** , on peut utiliser l'oxalate d'ammonium qui, en présence d'ions Ca^{++} , va donner de l'oxalate de calcium très peu soluble, sous la forme d'un précipité blanc.
- Mise en évidence des **ions magnésium**:
 - Préparer 1 tube à essais (préalablement bien rincés) .
 - Verser dans le tube environ 1 mL de la solution de jaune thiazole et 1 mL environ de solution d'hydroxyde de sodium.
 - Ajouter ensuite 1 mL de la solution à étudier.
 - Observer l'apparition d'une coloration rouge rosé si la solution contient des ions Mg^{2+} .



- Adoucir l'eau en la passant sur une résine

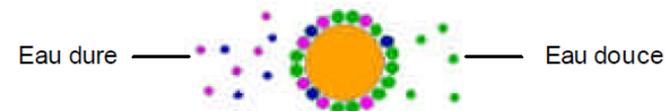
Principe de fonctionnement général d'un adoucisseur :

Légende :  Résine  Sodium  Calcium  Magnésium  Chlore

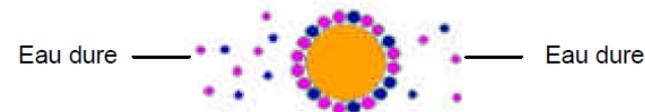
- Au départ la résine est saturée en ion sodium, elle est donc prête à l'emploi et peut adoucir l'eau dure :



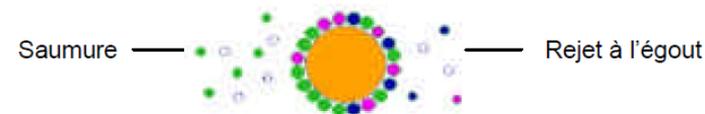
- Au passage de l'eau dure, la résine va capter les ions calcium et magnésium (le calcaire) et les ions sodium sont libérés :



- Lorsque tous les ions sodium ont été consommés, la résine ne permet plus d'enlever le calcaire de l'eau :



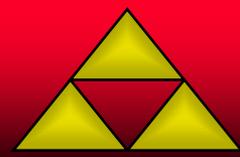
- Pour adoucir l'eau de nouveau, il faut régénérer la résine, c'est-à-dire apporter des ions sodium provenant de la saumure contenue dans le bac à sel. La saumure est rejetée à l'égout avec le calcaire.



- Une fois la régénération effectuée la résine est de nouveau utilisable pour adoucir votre eau jusqu'à la prochaine régénération.



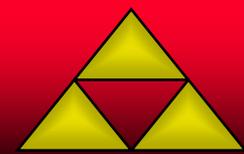
- **Les réserves d'eau**
- L'eau est très abondante sur notre planète, mais très inégalement répartie et seule une part limitée de cette eau est réellement utilisable pour notre consommation.
- C'est ce que l'on appelle «**l'eau disponible**».
- Les chiffres varient selon les sources, mais on peut considérer qu'elle représente moins de 1% des réserves globales
- Il convient donc de gérer au mieux cette ressource.



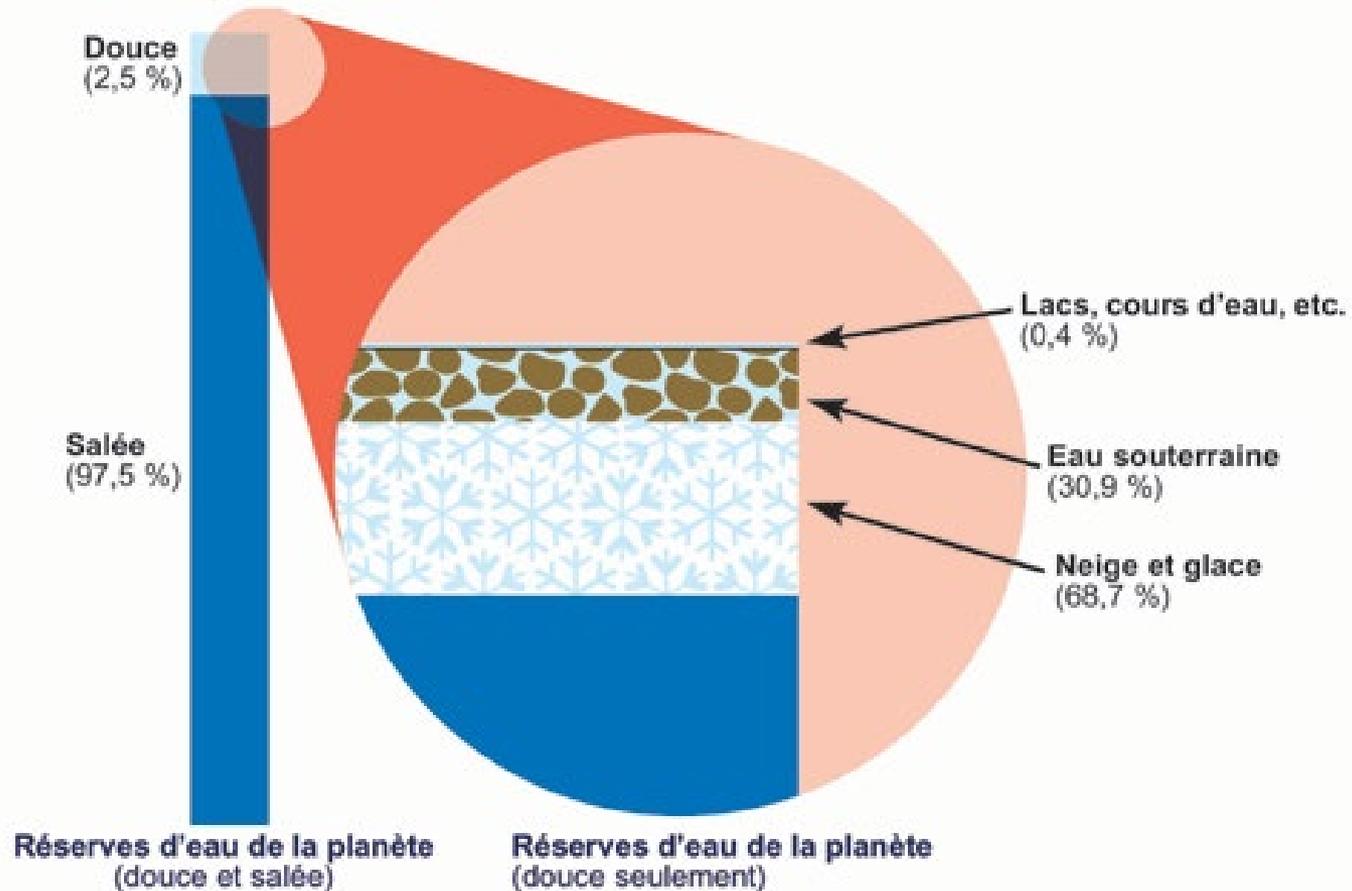
- **Les réserves d'eau**

- Eau douce : 3%
 - Eaux superficielles : 1% de 3%
 - Eaux souterraines : 23% de 3%
 - Eau gelée (Pôles) : 76% de 3%
- Eau salée : 97%

Répartition de l'eau sur terre



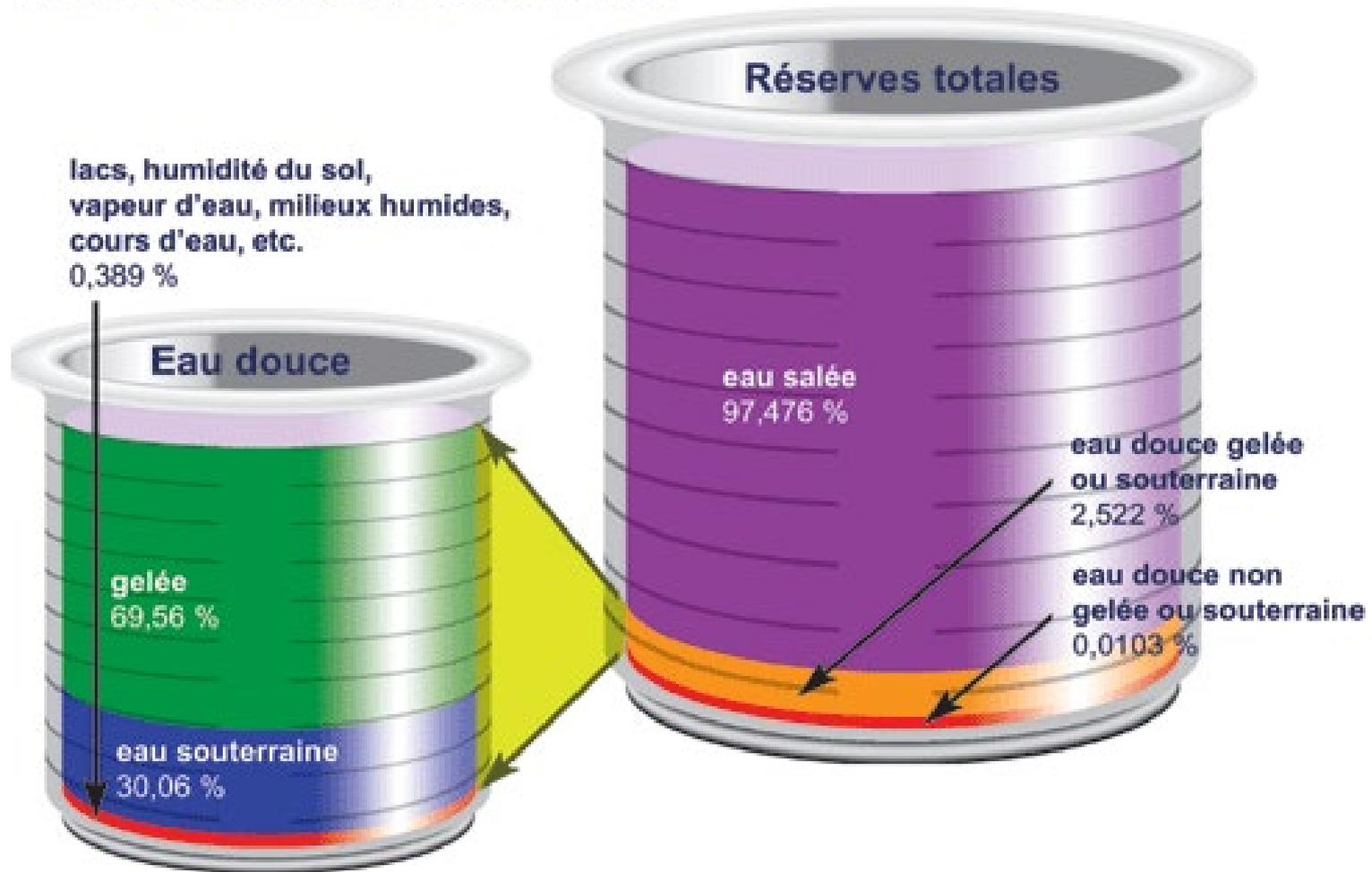
L'eau souterraine et les réserves d'eau douce de la planète



Répartition de l'eau sur terre

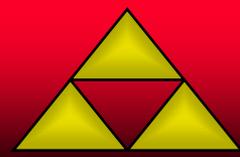


Réerves d'eau dans le monde





- **L'eau : une ressource essentielle**
- L'eau est une ressource indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants : plantes, animaux et êtres humains.
- Chacun a besoin de sa ration quotidienne en eau.
- C'est également un élément primordial pour le développement des activités humaines.



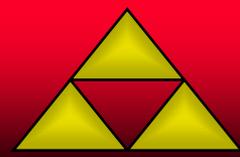
- **L'eau : une ressource essentielle**
- Ses utilisations sont multiples :
 - - Pour **l'irrigation agricole** par exemple. Son usage s'est considérablement accru du fait de l'accroissement des besoins alimentaires et du développement de techniques nouvelles. En France, l'agriculture utilise 11 % de l'eau prélevée, mais représente presque 70 % de la consommation, car cette eau est ensuite perdue par les plantes par évapotranspiration.
 - - Pour les **besoins collectifs** ou domestiques (cuisine, hygiène, nettoyage, etc.).



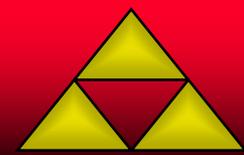
- **L'eau : une ressource essentielle**
- Ses utilisations sont multiples :
 - - **Pour les besoins industriels** : les industries de transformation sont les plus gourmandes en eau (chimie, production de papier et de carton, métallurgie, etc.).
 - - **Pour la production d'énergie** (environ 60% de l'eau prélevée en France). Cette eau est utilisée pour le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires : on en prélève énormément, mais la totalité est restituée à la nature.



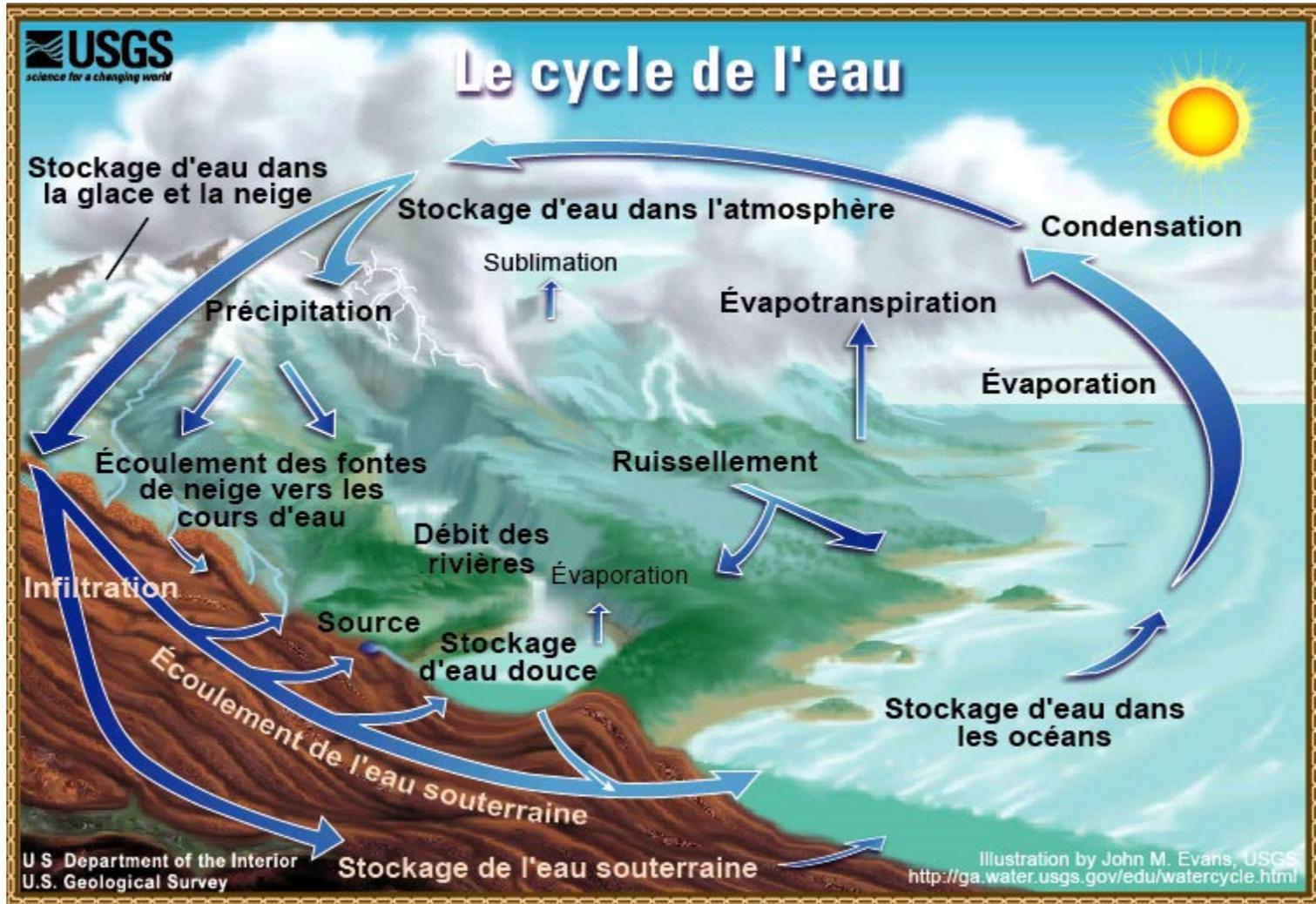
- **Le cycle de l'eau**
- L'eau sur la planète se répartit dans différents réservoirs : les mers et les océans, les eaux continentales (de surface ou souterraines), l'atmosphère et la biosphère.
- Les échanges d'eau sont permanents entre ces différents réservoirs et constituent le cycle de l'eau.
- Le moteur de ce cycle est le Soleil qui, grâce à l'énergie thermique qui en émane, active et maintient le mouvement des masses d'eau.



- **Le cycle de l'eau**
- Le cycle de l'eau se déroule en plusieurs étapes :
- Chauffée par le soleil, l'eau liquide des océans, des rivières et des lacs devient vapeur ; c'est l'évaporation. L'eau peut aussi provenir de la transpiration animale ou végétale ; on parle alors d'évapo-transpiration.
- Au contact des couches plus froides de l'atmosphère, la vapeur d'eau subit une condensation en eau liquide ou solide : les nuages se forment.
- Les nuages, trop chargés en eau, laissent retomber leur contenu sous forme de précipitations : pluie, neige ou grêle.
- L'eau des précipitations s'infiltré dans le sol pour former les nappes souterraines, ou ruisselle pour aller alimenter les rivières, les lacs et finalement les océans.

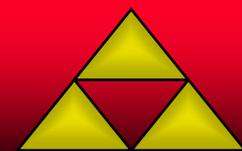


- **Le cycle de l'eau**

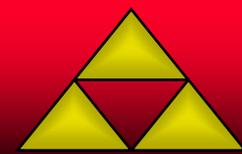




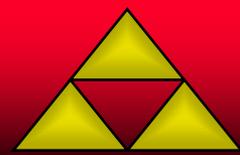
- **L'eau potable**
- Une eau est considérée comme potable lorsqu'elle peut être bue à raison de 2 litres par jour toute une vie, sans risque pour la santé.
- En France, 63 paramètres permettent de contrôler la qualité de l'eau.
- Parmi eux, certains prennent en compte le caractère sain de l'eau (absence de micro-organismes, quantité limitée de substances indésirables ou toxiques) mais aussi les caractéristiques organo-leptiques (goût, odeur, saveur) et physicochimiques (pH, température, etc.).



- **Le traitement de l'eau**
- L'eau brute, captée, est traitée dans une usine de production d'eau potable afin d'être rendue propre à la consommation humaine.
- Elle y subit de nombreux traitements pour répondre aux critères de potabilité.
- Il existe principalement deux voies de traitements :
 - - la première, plus répandue, utilise des traitements chimiques ;
 - - la deuxième, qui tend à se développer, repose sur les technologies récentes de **nanofiltration**.



- **Le traitement de l'eau**
- Toutes les usines n'appliquent pas le même traitement car celui-ci dépend de la qualité de l'eau brute captée.
- Un traitement complet de l'eau brute comprend en général trois grandes étapes :
 - Un **prétraitement** pour éliminer les déchets les plus volumineux.
 - Une **clarification** qui tend à supprimer les particules en suspension.
 - Un **affinage** pour éliminer les germes pathogènes tels virus et bactéries, ainsi que les micropolluants organiques comme les pesticides.
- Avant que l'eau ne soit envoyée dans le réseau de distribution, on procède encore à une chloration afin d'éviter tout risque de contamination ultérieure.



- **Le prétraitement**
- Le prétraitement élimine les déchets les plus volumineux en les retenant par une grille (**dégrillage**),
- Il réduit aussi la quantité le fer, le manganèse et les algues, par oxydation à l'ozone notamment.



- **La clarification**
- La **clarification** qui tend à supprimer les particules en suspension.
- Pour faciliter cette étape, on utilise des réactifs chimiques qui agglomèrent les particules les plus fines (procédés de **coagulation** et de **floculation**) ; rendues plus grosses et plus lourdes ces particules sont plus facilement retirées par **décantation** puis par **filtration sur sable**.
- À la fin de cette étape, l'eau est claire.



- **L'affinage**
- L' **affinage** élimine les germes pathogènes tels virus et bactéries, ainsi que les micropolluants organiques comme les pesticides.
- Cette étape utilise les procédés d'**ozonisation** et de **filtration sur charbons actifs**.

De l'eau naturelle à l'eau potable

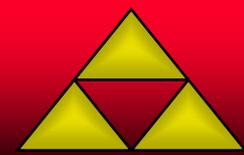
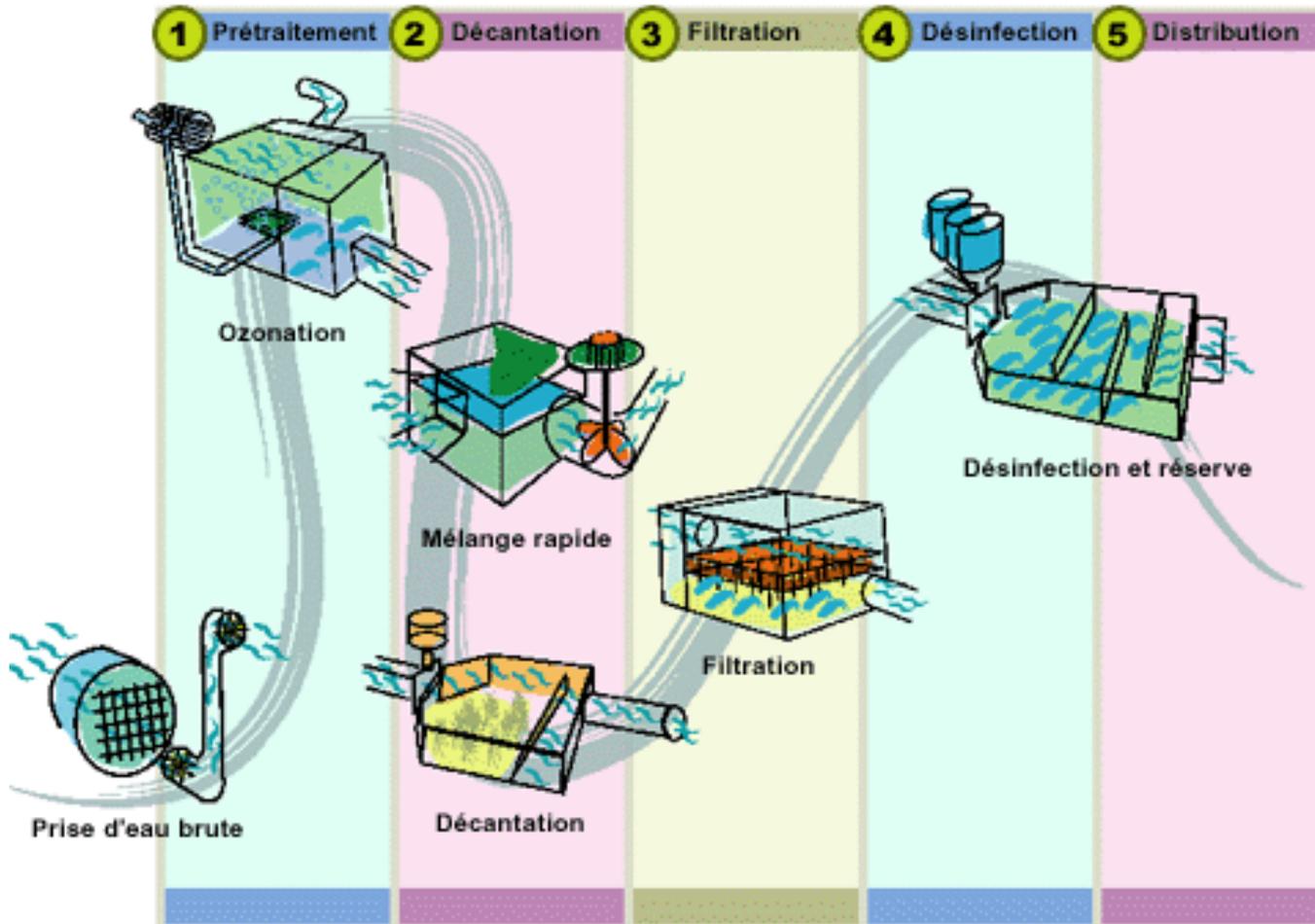
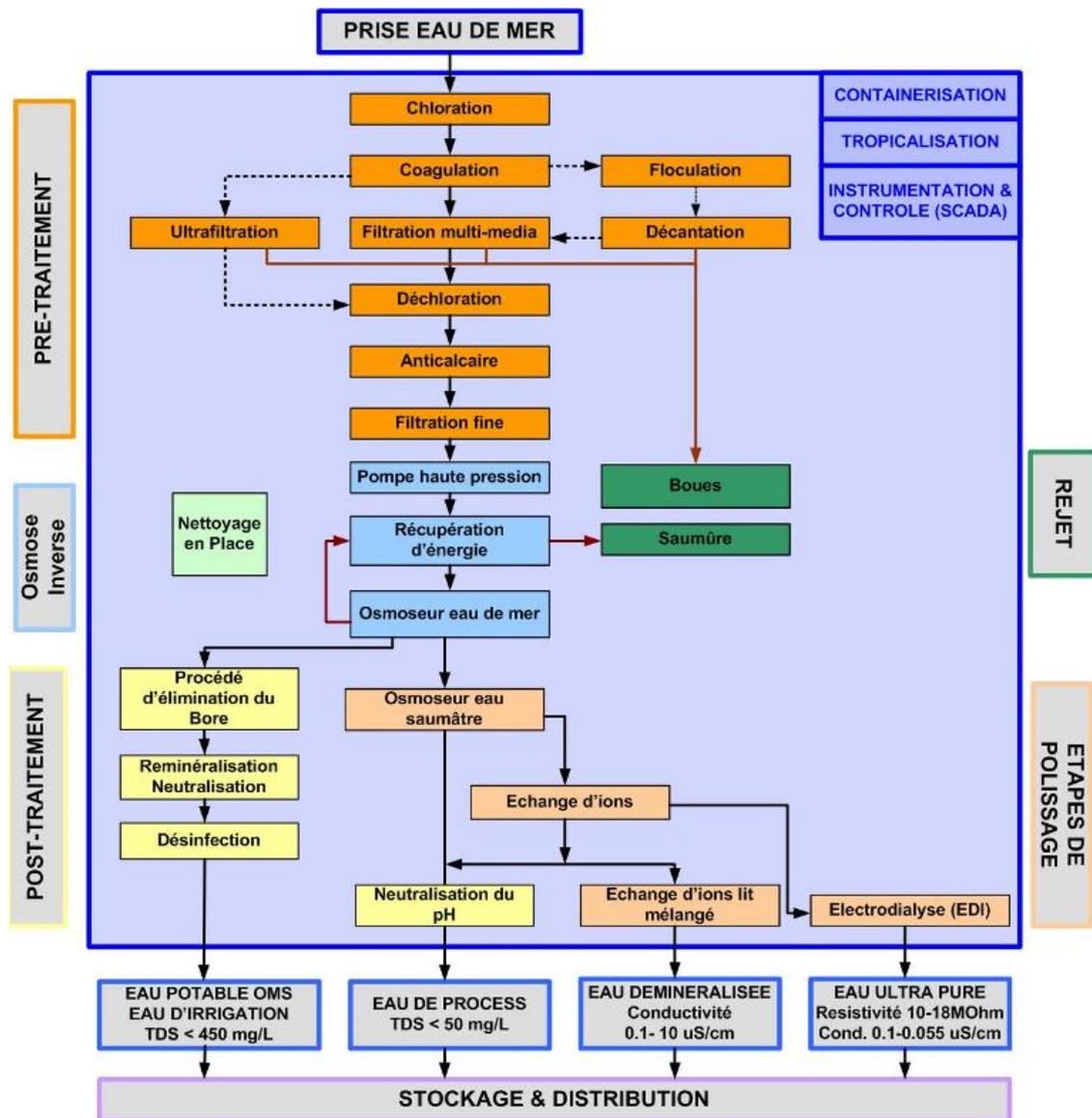
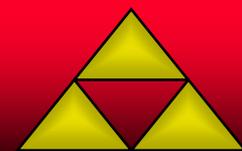


Schéma de traitement de l'eau - Secteurs Saint-Jean et Iberville





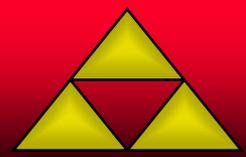
- Le traitement pour la rendre potable
- L'adoucissement
- Le dessalement de l'eau de mer
- La distillation (vaporisation puis distillation)



- Utile dans les pays désertiques manquant de nappes d'eau douce
- Possible si sources d'énergie aisément disponibles (pays pétroliers)



Avons-nous atteint nos objectifs ?



- Eau
- Eau du robinet, eau de source, eau minérale
- Eau potable, eau non potable
- Eau dure, eau douce
- Eau salée, eau douce
- Traitement de l'eau

