

Chapitre 21

Un modèle pour la matière

Plan

Introduction:

1. LA TERRE, « PLANETE EAU »

2. LES CHEMINS DE L'EAU

3. LA QUALITE DE L'EAU

4. LES OPERATIONS DE TRAITEMENT DE L'EAU

4.1 RENDRE L'EAU POTABLE

4.1.1 Dégrillage et tamisage

4.1.2 Flocculation et décantation

4.1.3 Filtration sur sable ou nano filtration

4.1.4 Ozonation

4.1.5 Filtration avec charbon actif

4.2 DESSALER L'EAU DE MER

4.3 ADOUCIR UNE EAU DURE

Recherche documentaire corrigés page 182

Activité manuelle page 190

1. LA TERRE, « PLANETE EAU »

Activité documentaire:

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).

Répartition de l'eau dans les grands réservoirs naturels	
Réservoir	Quantité d'eau stockée (volumes en m ³)
Océans et mers	1350.10 ¹⁵
Atmosphère	0,013.10 ¹⁵
Calottes polaires, icebergs et glaciers	25.10 ¹⁵
Eaux souterraines	8,4.10 ¹⁵
Lacs et rivières	0,2.10 ¹⁵
Biosphère	0,0006.10 ¹⁵

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. Les conditions de chaleur et de lumière étaient réunies dans les mers pour permettre l'éclosion des premiers organismes vivants.

Tous les organismes vivants sont en grande partie formés d'eau (60 % de la masse d'un homme adulte ou 95 % de la masse d'une salade). L'eau est nécessaire au métabolisme (ensemble des transformations physiques et chimiques qui se produisent dans un organisme), elle transporte la nourriture et elle permet l'élimination des déchets. Un homme adulte doit absorber environ 2,5 L d'eau par jour grâce à l'ensemble de son alimentation.

La quantité d'eau douce sur Terre devrait être suffisante pour satisfaire aux besoins des six milliards d'hommes, mais l'eau occupe une place considérable dans les activités industrielles et domestiques. Ainsi la consommation d'eau douce a doublé entre 1940 et 1980 puis à nouveau entre 1980 et 2000. Dans quatre-vingt pays, il faut dès maintenant faire face à la pénurie. On pense également dans un très proche avenir réutiliser directement les eaux usées ou alors pomper l'eau de mer puis la dessaler, ce qui est très coûteux.

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.

« C'est quand le puits se tarit que nous nous rendons compte de la valeur de l'eau » Benjamin Franklin.

Question du DM4 pour le 15 juin 2006:

1. Qu'est-ce que la nappe phréatique ?
2. Pour chaque état physique de l'eau, indiquer un réservoir où l'on trouve l'eau sous cet état.
3. Quels sont les réservoirs d'eau salée ?
4. Quelle est la quantité d'eau stockée dans l'hydrosphère ?
5. Quelle est la quantité d'eau stockée dans un réservoir que l'on appellerait continent ?
6. Quel est le pourcentage d'eau douce dans l'hydrosphère ?
7. Quel est le pourcentage d'eau directement utilisable par l'homme ?

Questions :

1. Qu'est-ce que la nappe phréatique ?

Nappe phréatique : nappe d'eau souterraine.

2. Pour chaque état physique de l'eau, indiquer un réservoir où l'on trouve l'eau sous cet état.

Solide	Liquide	Gaz
Calottes polaires, icebergs et glaciers	Océans et mers, Atmosphère, Eaux souterraines, Lacs et rivières, Biosphère	Atmosphère

3. Quels sont les réservoirs d'eau salée ?

Les réservoirs d'eau salée sont les océans et les mers.

4. Quelle est la quantité d'eau stockée dans l'hydrosphère ?

L'hydrosphère est la partie liquide de la croûte terrestre, par opposition à atmosphère et à lithosphère. Il s'agit donc pour déterminer la quantité d'eau qui y est stockée d'ajouter les volumes d'eau contenue dans tous les réservoirs à l'exception de l'atmosphère. Le volume total est donc $1383,6006 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$

5. Quelle est la quantité d'eau stockée dans un réservoir que l'on appellerait continent ?

Un réservoir appelé continent contiendrait les réservoirs suivants : Calottes polaires, icebergs et glaciers, Eaux souterraines, Lacs et rivières et Biosphère. Son volume serait donc de $33,6 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$

6. Quel est le pourcentage d'eau douce dans l'hydrosphère ?

Pour déterminer le pourcentage d'eau douce dans l'hydrosphère, il nous faut d'abord calculer le volume d'eau douce. En ne considérant pas le volume de la biosphère (dans le corps humain, l'eau est souvent salée (présence des ions Na^+ et Cl^-)), on obtient . Le pourcentage d'eau douce se calcule en effectuant le rapport du volume d'eau douce sur celui de l'hydrosphère et en multipliant le résultat par 100. On obtient donc 2,4%

$$\frac{V_{\text{eau douce}}}{V_{\text{hydrosphère}}} = \frac{33,6 \cdot 10^{15}}{1383,6006 \cdot 10^{15}} \times 100 = 2,4 \%$$

7. Quel est le pourcentage d'eau directement utilisable par l'homme ?

Seules les eaux souterraines et celles des lacs et rivières sont directement utilisables par l'homme. Le calcul du pourcentage passe donc par celui du volume d'eau contenue dans ces deux réservoirs. et donc 0,6 %

$$V_{\text{utilisable}} = (8,4 + 0,2) \cdot 10^{15} = 8,6 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$$

$$\frac{V_{\text{utilisable}}}{V_{\text{hydrosphère}}} = \frac{8,6 \cdot 10^{15}}{1383,6006 \cdot 10^{15}} \times 100 = 0,6 \%$$

2. LES CHEMINS DE L'EAU

Activité de questionnement :

Nous savons que l'eau sur Terre et dans l'atmosphère est présente sous forme gazeuse, liquide et solide.

Comment faire passer de l'eau solide (un morceau de glace) à l'état liquide ? Comment faire passer de l'eau liquide à l'état de gaz (vapeur d'eau) ? A l'inverse comment faire passer de l'eau (liquide) à l'état solide ?

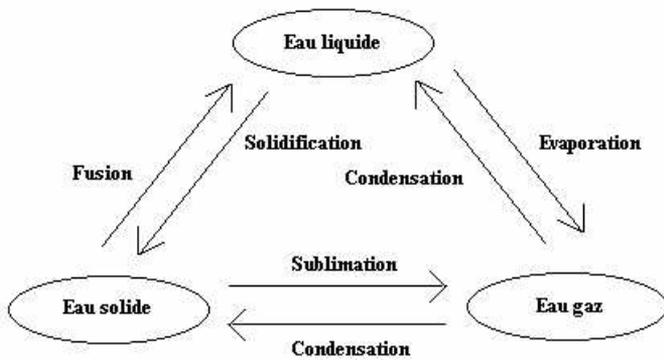
Pour faire passer de l'eau solide à l'état liquide, il faut lui apporter de l'énergie (le plus souvent sous forme de chaleur mais on pourrait aussi taper sur le morceau de glace à coup de marteau ;o)). C'est la même chose pour faire passer de l'eau liquide à l'état de gaz. L'apport d'énergie peut se faire sous forme de chaleur (en chauffant l'eau, on l'a fait bouillir) mais le choc des molécules d'air (surtout s'il vente) sur le linge humide étendu suffit à faire s'évaporer l'eau et à sécher le linge.

A l'inverse, lorsque l'on veut faire passer de l'eau liquide à l'état solide, il faut lui retirer de la chaleur.

En résumé, les deux premiers changements d'état s'effectuent grâce à une élévation de température, le troisième grâce à une diminution de la température. L'eau passe d'un état à l'autre en fonction de la température.

A compléter avec le nom des différents changements d'état :

Pourquoi dit-on que toute l'eau provient des océans et quelle y retourne d'une manière



Faire compléter aux élèves un schéma du type suivant ce qui leur permettra de retrouver les noms des différents changements d'état. Prévoir deux couleurs (rouge pour les changements d'état avec élévation de Q et bleu pour les changements d'état avec diminution de Q)
Condensation liquide ou liquéfaction
Condensation solide ou condensation

ou d'une autre ?

Les trois réservoirs qui constituent l'hydrosphère sont interconnectés et sont l'objet de transferts incessants de grandes quantités d'eau. C'est le cycle de l'eau.

Quel est le rôle du Soleil au sein du cycle de l'eau ?

Chauffée par le Soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère. Le Soleil est également à l'origine de la transpiration animale et végétale (évapotranspiration).

La vapeur d'eau ainsi formée se mélange à l'air et se répand dans l'atmosphère. Que se passe-t-il au contact des couches d'air froid ?

Au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages. Si l'air est vraiment très froid, les gouttelettes se solidifient sous forme de cristaux de glace.

Qu'advient-il des nuages ?

Les nuages précipitent leur contenu sous forme de pluie, de neige ou de grêle.

Qu'advient-il de la neige ou de la grêle ?

La neige et la grêle fondent et l'eau liquide formée s'ajoute à l'eau de pluie.

Quel est le devenir de toute cette eau ?

La plus grande partie de cette eau arrive directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le sol (pour former des nappes souterraines) ou ruisselle à la surface du sol pour aller grossir lacs, fleuves, mers et océans.

Et le cycle recommence ... La quantité totale d'eau sur la planète est constante depuis 4,4 milliards d'années.

3. 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. 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 (voir schéma p85 de vote manuel).

L'eau potable est le produit alimentaire le plus surveillé. Les normes de qualité de l'eau potable définies par le ministère de la Santé et le Parlement Européen sont très rigoureuses. 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 : 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*

4. LES OPERATIONS DE TRAITEMENT DE L'EAU

4.1 RENDRE L'EAU POTABLE

Le traitement des eaux s'effectue dans des usines et débute par un pompage en nappe ou en rivière. Le schéma classique de traitement comprend plusieurs étapes (livre page 85):

4.1.1 Dégrillage et tamisage

Expérience :

Verser de l'eau brute (eau, humus, terre argileuse, brindilles et petits cailloux) dans un béccher sur lequel on aura tendu un morceau de tulle.

Observations :

Le tulle retient tous les solides dont la taille est trop grande pour passer au travers. L'eau récupérée est sale.

Conclusion :

Les débris et les déchets solides, plus ou moins volumineux, sont retenus par des grilles ou des tamis qui sont plus fins.

4.1.2 Flocculation et décantation

Expérience :

Verser dans le béccher de l'eau de chaux pour neutraliser l'acidité de l'eau et ajouter une solution de sulfate d'aluminium. Laisser reposer.

Observations :

L'ajout de sulfate d'aluminium provoque la formation de flocons qui se déposent au fond du béccher. L'eau surnageante n'est toujours pas parfaitement limpide.

Conclusion :

Sous l'action d'un réactif, les particules en suspension, non retenues par les tamis, forment des flocons (flocculation), plus gros et plus lourds, qui se déposent par décantation.

4.1.3 Filtration sur sable ou nano filtration

Expériences :

Placer au-dessus d'un béccher un entonnoir contenant un morceau de coton et du sable préalablement lavé. Verser une partie de l'eau surnageante de l'expérience précédente.

Remplir une seringue avec le reste de l'eau surnageante et adapter un filtre. En appuyant doucement sur la seringue, faire passer l'eau au travers du filtre.

Observations :

L'eau récupérée dans les deux expériences est quasiment limpide.

Conclusion :

L'eau traverse une couche de sable ou un nano filtre qui retient les dernières particules en suspension.

4.1.4 Ozonation (Aucune expérience ne peut être réalisée en classe) :

Pour détruire les virus et les bactéries, on fait agir un oxydant puissant : l'ozone. *4.1.5 Filtration avec charbon actif*

Expérience :

Préparer un mélange d'eau et de quelques gouttes de permanganate de sodium qui donne une coloration rose. Ajouter de la poudre de charbon actif. Filtrer ce liquide noir.

Observations :

L'eau récupérée est de nouveau limpide.

Conclusion :

Cette propriété du charbon actif permet d'éliminer les odeurs et goûts désagréables.

Une petite quantité (1 goutte pour 1000 L) d'un désinfectant puissant, le chlore, est ajoutée à l'eau pour détruire tous les germes et surtout la protéger pendant son trajet futur.

4.2 DESSALER L'EAU DE MER

Dans certains pays, il est nécessaire de rendre l'eau de mer potable. Le procédé de dessalement le plus direct est la **distillation**.

Expérience :

Verser de l'eau salée dans un tube à essais. Ajouter du nitrate d'argent. Observer.

Observations :

Il se forme un précipité blanc.

Conclusion :

La formation du précipité blanc met en évidence la présence des ions chlorure venant du sel (chlorure de sodium).

Expérience (professeur) :

Réaliser une distillation de l'eau salée. Recueillir le distillat et ajouter du nitrate d'argent.

Observations :

Il ne se forme pas de précipité blanc.

Conclusion :

La distillation permet de récupérer de l'eau débarrassée de son sel : elle devient potable.

4.3 ADOUCIR UNE EAU DURE

Lorsque l'eau est trop dure c'est-à-dire lorsqu'elle contient trop d'ions calcium, il faut l'adoucir en la faisant passer sur une résine échangeuse d'ions.

Expérience (Aucune expérience ne peut être réalisée en classe) :

Verser de l'eau dure (type Contrex) dans un tube à essais. Ajouter de l'oxalate d'ammonium. Observer.

Observations :

Il se forme un précipité blanc.

Conclusion :

La formation du précipité blanc met en évidence la présence des ions calcium.

Expérience (professeur) :

Faire passer plusieurs fois l'eau dure sur une résine vendue dans le commerce pour les fers à repasser. Recueillir l'eau et ajouter de l'oxalate d'ammonium.

Observations :

Il ne se forme pas de précipité blanc.

Conclusion :

La résine échangeuse d'ions a permis de récupérer une eau débarrassée des ions calcium donc une eau douce.

Recherche documentaire corrigés page 182

DOCUMENT Une conséquence de la pollution de l'eau : l'eutrophisation



▲ fig. 1. Le développement important des algues à la surface de l'eau est dû à l'eutrophisation.

L'eutrophisation désigne l'enrichissement excessif des eaux superficielles (rivières, fleuves, lacs ou mers) en azote et en phosphore, en particulier sous forme de nitrates et de phosphates.

Cet excès provoque un développement anormal de la végétation aquatique.

Les conséquences sont multiples :

- développement important d'algues qui prolifèrent à la surface de l'eau (fig.1),
- diminution de la transparence de l'eau,
- ralentissement de l'activité de photosynthèse,
- consommation excessive de dioxygène,
- teneur en dioxygène insuffisante pour les poissons, entraînant leur mortalité,
- production d'eau potable plus difficile et plus coûteuse. La faune et la flore sont asphyxiées et disparaissent peu à peu.

La pollution des eaux de surface par les phosphates est due principalement aux rejets domestiques et à ceux de l'élevage. L'apparition de lessives à base de polyphosphates a encore développé cette pollution. Or, peu de stations d'épuration sont en mesure d'éliminer les phosphates.

Pour lutter contre l'eutrophisation, il faut à la fois déphosphater les rejets des villes lorsqu'ils sont traités en stations d'épuration et supprimer les phosphates des lessives (fig.2).



▲ fig. 2. Cette lessive ne contient pas de phosphates.

1. Rechercher l'étymologie du mot « eutrophisation » et justifier l'emploi de ce terme.

2. Dans quel produit courant trouve-t-on des phosphates ?

3. Comment lutter contre l'eutrophisation ?

■ Une conséquence de la pollution de l'eau : l'eutrophisation

On sensibilisera volontiers les élèves aux différentes causes de pollution de l'eau. La pollution par les nitrates a déjà été vue au chapitre 13 (p. 110 du livre de l'élève). Le document traite des conséquences de cette pollution qui s'ajoute à celle due aux phosphates.

Réponses aux questions

1. Le mot eutrophisation vient du grec : *eu* : « bon » et *trophé* : « nourriture ».

La teneur en nutriments (composés azotés et phosphorés notamment) déversés dans les lacs et les cours d'eau est trop importante et produit une prolifération des algues qui sont trop bien nourries.

2. On trouve des phosphates essentiellement dans les engrais, les lessives, les rejets domestiques.

3. Pour lutter contre l'eutrophisation, il faut limiter l'utilisation de nitrates et de phosphates (utiliser des lessives sans phosphates) et équiper les stations d'épuration pour éliminer les phosphates des eaux rejetées dans la nature.

Ressources multimédia sur Internet

[Le cycle de l'eau](#)

[Le cycle de l'eau](#)

[La distribution de l'eau](#)

[De l'eau potable](#)

[Aux commandes d'une station d'épuration](#)

[Les états de la matière](#)

[Mesurer le pH](#)

Activité manuelle: construction d'un filtre à eau

8 COMMENT CONSTRUIRE UN FILTRE À EAU

(Voir le chapitre 22 : Eau et environnement, p. 177)

MATÉRIEL

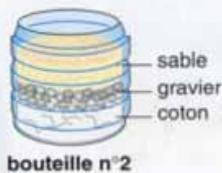
- 4 bouteilles d'eau minérale en matière plastique
- une aiguille à tricoter
- un entonnoir
- sable
- gravier
- coton hydrophile
- charbon de bois
- eau boueuse.

RÉALISATION

- Découper 3 des 4 bouteilles à mi-hauteur de façon à pouvoir les emboîter les unes dans les autres (**fig.1**).
- À l'aide de l'aiguille, percer le fond des bouteilles n° 1, 2 et 3 d'une vingtaine de trous.
- Disposer les couches de matières filtrantes dans les bouteilles n° 2 et 3 (**fig.2**).
- Emboîter les bouteilles et ajouter l'entonnoir (**fig.3**).



fig. 1



bouteille n°2



bouteille n°3

fig. 2

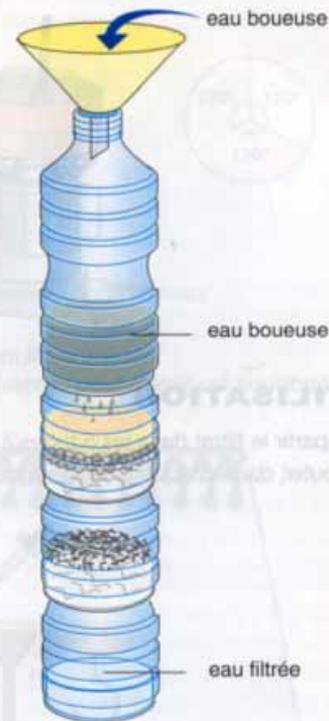


fig. 3

UTILISATION

Verser l'eau boueuse dans l'entonnoir : le sable, le gravier et le coton retiennent les matières en suspension, le charbon de bois a une action désinfectante sur les micro-organismes.

Attendre que la filtration soit terminée pour récupérer l'eau filtrée dans la bouteille n°4.

L'eau ne doit pas être bue, les conditions de cette manipulation ne permettant pas de vérifier que l'eau obtenue est potable.