

Activité 6

De l'eau brute à l'eau potable : modélisation

Même limpides, toutes les eaux ne sont pas bonnes à boire. En général, l'eau doit subir un traitement avant d'être qualifiée d'eau potable.

Principe

En France, l'eau du robinet provient à 60 % d'eau prélevée dans les nappes souterraines et à 40 % d'eaux de surface pompées dans les fleuves, les rivières et les lacs. En général, ces eaux « brutes » ne peuvent pas être consommées sans subir un traitement. Elles sont donc traitées dans des usines de potabilisation (Fig. 2).

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Cela ne signifie pas qu'elle est exempte de toute substance nocive, mais simplement que la concentration de ces substances est suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. Des normes définissent des concentrations limites à ne pas dépasser.

L'eau est la denrée alimentaire la plus strictement réglementée. Aujourd'hui, en Europe, 63 paramètres sont contrôlés afin de s'assurer de la potabilité d'une eau (Fig. 1). À la fin du XIX^e siècle, en France, seuls 6 paramètres étaient pris en compte ! Parmi ces paramètres, une eau doit notamment être agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour un goût agréable, elle doit contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre). Ces sels minéraux sont par ailleurs indispensables à l'organisme.

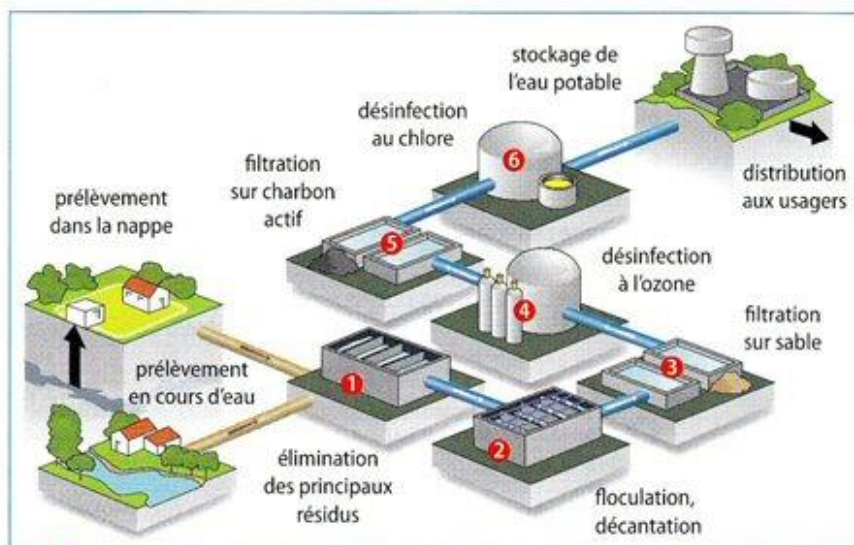


Fig. 2 Usine de potabilisation.

Mise en œuvre au laboratoire

Matériel

- 6 béchers de 100 mL • 1 bécher de 500 mL • agitateur magnétique • entonnoir et support • papier filtre • grillage fin ou tamis • sable • charbon actif • papier pH • conductimètre • spatule • pipette compte-gouttes • solution d'eau de Javel • solution de sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ • solution d'acide sulfurique

- Préparer 500 mL d'eau brute en mélangeant de l'eau, du colorant alimentaire, de l'argile, de la terre, du gravier, quelques gouttes de fleur d'oranger et des débris de papier (Fig. 3).

Mots-clés : production d'eau potable.

Compétences expérimentales évaluées

- Réaliser un montage expérimental.
- Analyser un résultat expérimental.

Paramètre	Référence de qualité
Température	< 25 °C
pH	> 6,5 et < 9
Conductivité à 20 °C	> 180 $\mu S \cdot cm^{-1}$ et < 1 000 $\mu S \cdot cm^{-1}$
Chlorure	< 200 mg $\cdot L^{-1}$
Sulfate	< 250 mg $\cdot L^{-1}$
Magnésium	< 50 mg $\cdot L^{-1}$
Sodium	< 150 mg $\cdot L^{-1}$
Dureté	> 15° TH

Fig. 1 Quelques paramètres physico-chimiques pour les eaux du robinet.

Vocabulaire

- **Ozonation** : l'eau est désinfectée grâce à l'ozone O_3 (g), qui a une action bactéricide et antiviral. Mélangé à l'eau, ce gaz améliore aussi sa couleur et sa saveur.
- **Eau de Javel** : l'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium ($Na^+ (aq) + ClO^- (aq)$) et de chlorure de sodium ($Na^+ (aq) + Cl^- (aq)$) en milieu basique. L'ion hypochlorite $ClO^- (aq)$ présente un pouvoir bactéricide, c'est un désinfectant.



Fig. 3 De l'eau brute.

1 a. Décrire la solution préparée (couleur, turbidité, odeur). Mesurer son pH et sa conductivité.

b. Quelles sont les indications fournies par la valeur du pH et la valeur de la conductivité ?

2 On veut modéliser le traitement de potabilisation de l'eau brute.

a. Élaborer les protocoles qui correspondent aux 5 premières étapes du schéma de l'usine de traitement (Fig. 1).

b. Une des étapes ne pourra pas être modélisée au laboratoire. Laquelle ? Quel est son rôle ?

c. Faire la liste du matériel nécessaire pour chaque étape modélisable.

d. Décrire ces étapes à l'aide de schémas annotés.

Dans la dernière étape, la chloration, l'eau est désinfectée par du dichlore Cl_2 (g). C'est une espèce qui se dismute dans l'eau, c'est-à-dire que le dichlore joue à la fois le rôle d'oxydant et de réducteur.

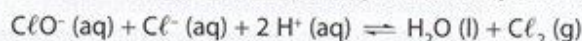
3 a. Écrire l'équation de la réaction de la dismutation du dichlore. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont : Cl_2 (aq)/ Cl^- (aq) et HOCl (aq)/ Cl_2 (aq).

b. L'ion hypochlorite ClO^- (aq) possède un pouvoir bactéricide assez faible, contrairement à l'acide hypochloreux HOCl (aq). Dans quel domaine de pH est-il judicieux d'effectuer la chloration dans l'usine de potabilisation ? Répondre à l'aide d'un diagramme de prédominance.

Donnée. $pK_a(\text{HOCl}(\text{aq})/\text{ClO}^-(\text{aq})) = 7,5$.

c. On ne possède pas de dichlore (gaz très toxique) au laboratoire. Expliquer pourquoi et comment on pourra malgré tout modéliser cette dernière étape à l'aide de quelques gouttes de solution d'eau de Javel.

Remarque : il faudra veiller à contrôler le pH de la solution avant l'ajout d'eau de Javel pour éviter la formation, en milieu acide, de dichlore, selon l'équation :



Manipulations

4 Réaliser les différentes expériences en caractérisant la qualité de l'eau avant et après chaque étape (couleur, turbidité, odeur, pH, conductivité).

• Conserver un échantillon d'eau brute dans un tube à essais et un échantillon de l'eau obtenue après chaque étape. Il servira de témoin à l'étape suivante.

Exploitation

5 Quel est le rôle de l'étape de floculation/décantation ?

6 Quel est le rôle du charbon actif ?

Pour conclure

7 L'eau obtenue (Fig. 4) est-elle potable ? Justifier.

Info

Floculation et décantation

La **turbidité** d'une eau caractérise son aspect plus ou moins trouble. La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par de très petites particules, les particules colloïdales. Habituellement, ces particules possèdent une charge négative en surface, elles ont donc tendance à se repousser et peuvent rester longtemps en suspension dans l'eau. Elles peuvent traverser un filtre très fin. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de **coagulation** et de **floculation**. La coagulation a pour but de faciliter l'agglomération des particules en suspension et la floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules agglomérées. Ces particules s'agglutinent alors pour former **un floc**, qu'on peut facilement éliminer par les procédés de **décantation** et de **filtration**.

Le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ est un des agents de coagulation/floculation les plus utilisés. Le pH de l'eau doit être compris entre 5 et 7 pour que la formation de flocs soit optimale.

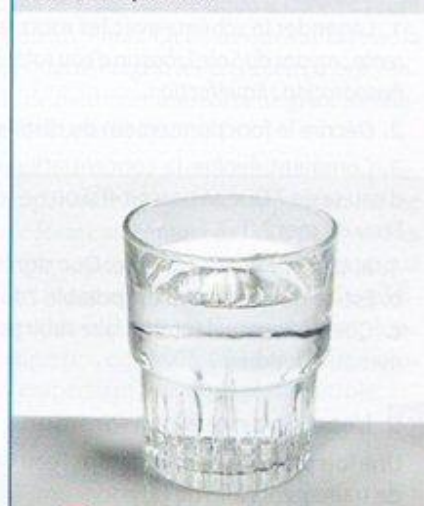


Fig. 4 L'eau après traitement.

Points de repère

→ Certaines eaux peuvent être commercialisées sans traitement, comme les eaux minérales ou les eaux de source.

→ En revanche, toutes les autres eaux doivent être **traitées** afin de satisfaire aux **normes de potabilité**. Le traitement que subit l'eau brute dépend de sa composition chimique. Il peut aussi être différent d'une usine de potabilisation à l'autre.