

## Chapitre 2 Qualités des eaux

Notre eau potable n'est pas un milieu uniquement constitué de molécules d'eau. On y trouve aussi certains ions (Ou « minéraux », ou « sels minéraux ») dissous.

### A - Ions présents dans les eaux de consommation (réseau d'eau courante, eaux minérales)

*Les eaux de consommation encore appelées eaux potables peuvent se présenter sous deux formes : l'eau du robinet et les eaux minérales.*

*En France, trois quarts des consommateurs d'eau déclarent boire l'eau du robinet. Toutes les eaux de consommation doivent répondre aux mêmes normes de qualité, à l'exception des eaux minérales naturelles qui peuvent présenter des caractéristiques particulières. Elles permettent les usages domestiques de l'eau (cuisine, hygiène, arrosage...). Les critères de qualité, très stricts, sont fixés par le ministère chargé de la Santé avec le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.*

*Les normes portent sur :*

*la qualité microbiologique : l'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni pathogène.*

*la qualité chimique : les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites « indésirables » ou « toxiques ». Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie.*

*la qualité physique et gustative : l'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable. Cependant, une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.*

#### 1) A la recherche d'ions dans quelques eaux minérales. Test caractéristiques par comparaisons qualitatives avec les mêmes tests réalisés sur des solutions dites « témoins ».

Principe : Dans diverses eaux disponibles, nous cherchons à mettre en évidence la présence (ou l'absence) de quelques espèces ioniques courantes : les **ions chlorure**  $Cl_{(aq)}^-$ , les **ions sulfate**  $SO_4^{2-}_{(aq)}$ , les **ions calcium**  $Ca^{2+}_{(aq)}$  et les **ions hydrogencarbonate**  $HCO_3^-_{(aq)}$ .

Des **réactions chimiques** caractéristiques de ces ions, caractérisant une transformation facile à mettre en évidence (changement de couleur, apparition d'un précipité, ...) peuvent être simplement mises en œuvre dans des tubes à essais.

Nous ne vous donnons pas les résultats de ces transformations, mais vous disposez de solutions témoins pour les découvrir (en choisissant vous-mêmes les expériences à réaliser) pour, ensuite, tester efficacement les eaux minérales disponibles dans le laboratoire.

- **Les ions  $Cl_{(aq)}^-$  réagissent avec les ions argent  $Ag^+_{(aq)}$ .**
- **Les ions  $SO_4^{2-}_{(aq)}$  réagissent avec les ions baryum  $Ba^{2+}_{(aq)}$ .**
- **Les ions  $Ca^{2+}_{(aq)}$  réagissent avec les ions oxalate  $C_2O_4^{2-}_{(aq)}$ .**
- **Les ions  $HCO_3^-_{(aq)}$  réagissent avec les acides.**

Travail :

- A l'aide de solutions **témoins** (contenant chacune un seul des ions cherchés), confrontez entre elles les espèces susceptibles de réagir. Décrivez, notez le résultat du test.

- Réalisez maintenant les tests sur différentes eaux et concluez sur leur composition.

*Vous présenterez au dos de la feuille les tests réalisés ainsi que les résultats pour les eaux choisies.*

- Validez vos résultats en les comparant aux indications des étiquettes des différentes eaux testées.

- Ecrire les équations de réactions chimiques correspondant à chaque test réalisé (*pour les plus courageux*).

## 2) Comparaison quantitative : dosage des ions hydrogénocarbonate dans l'eau Contrex

### a) Introduction « DOSER »

Doser, c'est déterminer une quantité.

Imaginons, par exemple, que nous voulons déterminer combien il y a de sel dissous dans l'eau de mer.

Précisons un peu les choses :

- Nous chercherons plutôt à exprimer une concentration, c'est à dire une quantité de sel dissous par litre d'eau de mer.
- Le sel en question, nous lui associons une formule chimique : NaCl.
- Nous décidons de mesurer cette quantité sous la forme d'une masse.

Le résultat (on donne un exemple numérique) sera donc présenté sous la forme :

$$35 \text{ g.L}^{-1} \text{ (ou } 35 \text{ g/L)}$$

Ce qui signifie :

Dans 1 litre de notre eau de mer il y a 35 g de sel NaCl dissous.

Il s'agira donc de réaliser des mesures, de mettre en œuvre des expériences qui permettront de déterminer une concentration, c'est-à-dire de doser une espèce chimique (à priori un ion présent dans l'eau minérale testée).

### b) Notre dosage

Nous mettons en œuvre une réaction de dosage dont nous détecterons l'équivalence grâce au virage (changement de couleur) d'un indicateur coloré (**Bien écouter les explications**).

- La solution acide titrante (servant au dosage en étant versée petit à petit à l'aide d'une burette graduée) est connue : avec 20 mL de cet acide, on peut faire réagir (dosier) 20 mg d'ions  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ .
- L'équivalence de la réaction de dosage est détectée par le changement de couleur de l'indicateur coloré (ici, leVBC).

Vous prélèverez précisément 20 mL d'eau Contrex et vous doserez les ions  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$  présents dans cet échantillon (les 20 mL d'eau).

Présentez ci-dessous et au dos de la feuille :

- Un schéma annoté du dispositif expérimental ;
- Le résultat (la valeur du volume d'acide qu'il a fallu verser pour atteindre l'équivalence, c'est-à-dire pour finir de doser tous les  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$  présents dans l'échantillon) ;
- Les calculs permettant de déterminer la masse d'ions  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$  présents dans l'échantillon, puis la masse d'ions  $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$  présents dans un litre d'eau Contrex ;
- Un commentaire après comparaison avec les indications de l'étiquette de la bouteille d'eau.

## B – Obtention d'eau potable, traitements des eaux de rivière

- 1) Lire le document p 121 du livre et répondre par écrit aux questions.
- 2) Traiter l'exercice n° 8 p 128
- 3) Manipulations à expliquer

On se propose de travailler au laboratoire sur quelques aspects du traitement des eaux :

- Le traitement par charbon actif
- La floculation
- Le dessalage (d'eau de mer) par distillation

### a) Rôle d'un traitement au charbon actif

Une eau polluée à traiter, notée (E) est à votre disposition, considérez ses caractéristiques (odeur, couleur, ...)

Introduire environ 25 mL de (E) dans un bécher, ajouter une spatule de charbon actif en poudre, laisser agir 45 minutes (sous agitation) et filtrer (*le protocole de filtration sera discuté*)

Conclusions du test :

- quel(s) intérêt(s) présente le traitement au charbon actif ?
- Le traitement a-t-il provoqué un nouveau problème ?

Le résultat est-il prévisible compte tenu de la structure moléculaire du charbon actif (document C) ?  
(*c'est une blague, mais il n'est pas interdit de réfléchir*)

**Une petite partie du filtrat est gardée dans un tube à essais pour une comparaison ultérieure...  
(n'oubliez pas)**

### b) Traitement par floculation/coagulation

Principe :

L'introduction d'un agent de floculation/coagulation dans une suspension de particules très fines (pourquoi pas du charbon actif que nous n'aurions pas réussi à filtrer...) permet de modifier l'*état électrique* de la surface de ces particules et de permettre leur agglomération.

Les produits coagulants, par exemple des ions  $Fe^{3+}$ , permettent de fixer les particules (colloïdales) en suspension et de former des « floccs » (des morceaux plus gros, évoquant des flocons) beaucoup plus faciles à décanter ou à filtrer (car ils sont de taille plus importante et flottent en général à la surface).

Manipulation :

On désire faire flocculer de l'eau très chargée en particules pour ensuite la traiter pour en faire éventuellement de l'eau de consommation. L'idéal ici est de faire flocculer l'eau obtenue à la suite de l'étape de traitement au charbon actif, c'est à dire de proposer une étape de plus de traitement à l'effluent initial (E).

- Récupérer le filtrat obtenu suite au traitement de l'eau (E) au noir de C (sauf une partie laissée dans un tube à essais...)
  - Ajouter quelques gouttes de floculant (solution de chlorure de fer (III)) et agiter quelques minutes.
  - Filtrer à nouveau le liquide.
  - Observer le filtrat et le comparer au liquide obtenu après traitement au noir de C.
  - Indiquer quel problème supplémentaire a provoqué l'ajout de floculant, même si son action semble efficace.
- Proposer une amélioration du procédé.

### c) Dessalage de l'eau de mer par distillation

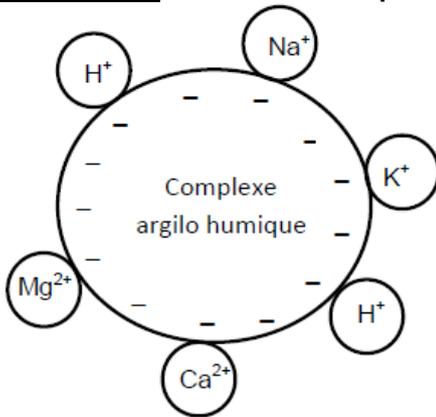
Modélisation au laboratoire d'une distillation d'eau salée.

- Observer le montage de distillation d'environ 150 mL d'eau salée. Matériel mis en œuvre : ballon bicol de 250 mL, olive aimantée, colonne à distiller, tête de colonne, réfrigérant, recette, chauffe-ballon agitant, élévateur, deux thermomètres (un pour le bouilleur, un pour la tête de colonne).
- Comparer les indices de réfraction de l'eau de mer, de l'eau distillée et de l'eau du robinet et commenter l'efficacité du procédé.
- A grande échelle quel est le principal défaut de ce procédé d'obtention d'eau potable ?

**d) Un sujet de bac (Asie 2014)**

Monsieur X décide de partir vivre à la campagne. Sa maison, isolée, ne dispose pas d'eau de la ville mais d'une source qui peut lui permettre d'alimenter sa maison. Il fait donc procéder à diverses analyses de l'eau de sa source.

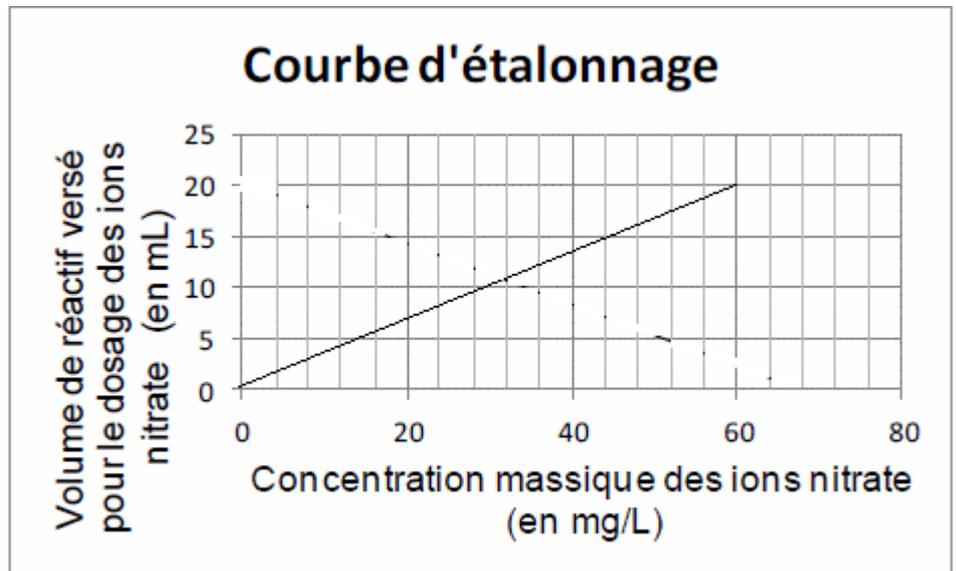
**Document 1 : schéma du complexe argilo humique :**



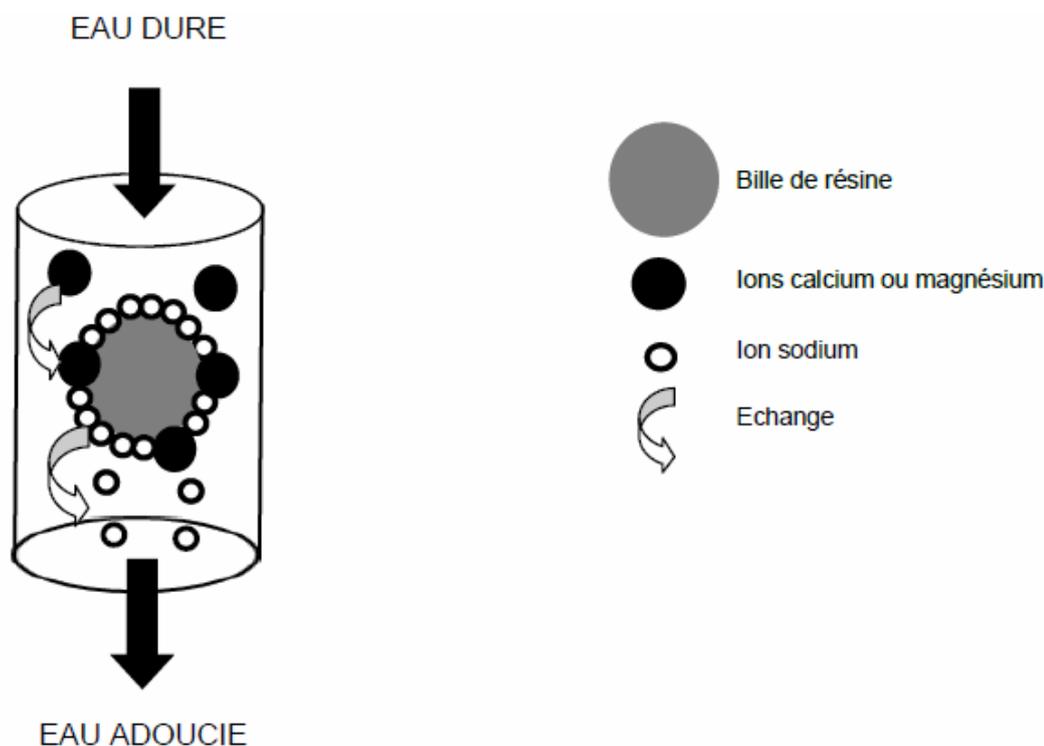
**Document 2 : critères de potabilité et analyse de l'eau du puits de Monsieur X.**

Paramètres physico chimiques	Valeur limite (en mg/L) Décret n° 89-3 du 03/01/89	Eau du puits (en mg/L)
Ion nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	
Ion calcium Ca <sup>2+</sup>	50	350
Ion magnésium Mg <sup>2+</sup>	150	200
Ion sulfate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250	150
Ion sodium Na <sup>+</sup>	150	150

Il est possible de déterminer la masse d'ions nitrate présents dans un échantillon d'eau en réalisant un dosage.  
La courbe d'étalonnage ci-contre fait lien entre le volume de solution de réactif versé pour le dosage et la concentration massique en ions nitrate



**Document 3 :** principe de fonctionnement de la résine échangeuse d'ions équipant un adoucisseur d'eau.



**QUESTIONS :**

**Question 1 :**

La source est proche d'un champ sur lequel un agriculteur répand régulièrement de l'engrais à base de nitrate. Pourquoi Monsieur X est-il inquiet pour la qualité de l'eau de sa source ?

**Question 2 :**

Vous êtes stagiaire dans l'entreprise qui réalise l'analyse de l'eau du puits de Monsieur X. Déterminez la concentration massique en ions nitrate de l'eau analysée à l'aide du document 2 sachant qu'il a versé 10 mL de réactif lors du dosage de l'eau du puits.

**Question 3 :**

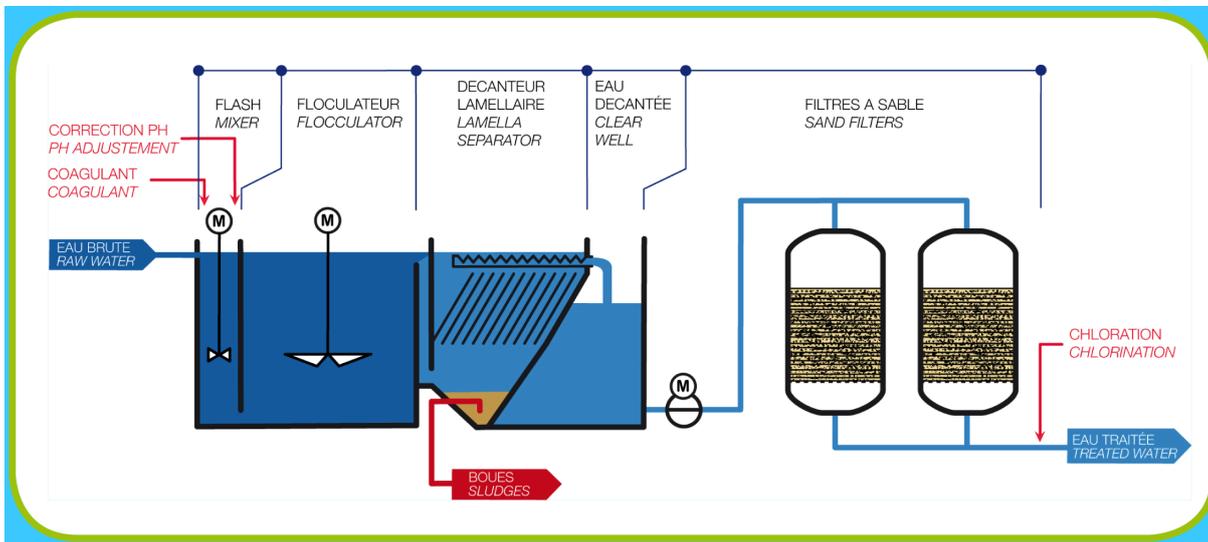
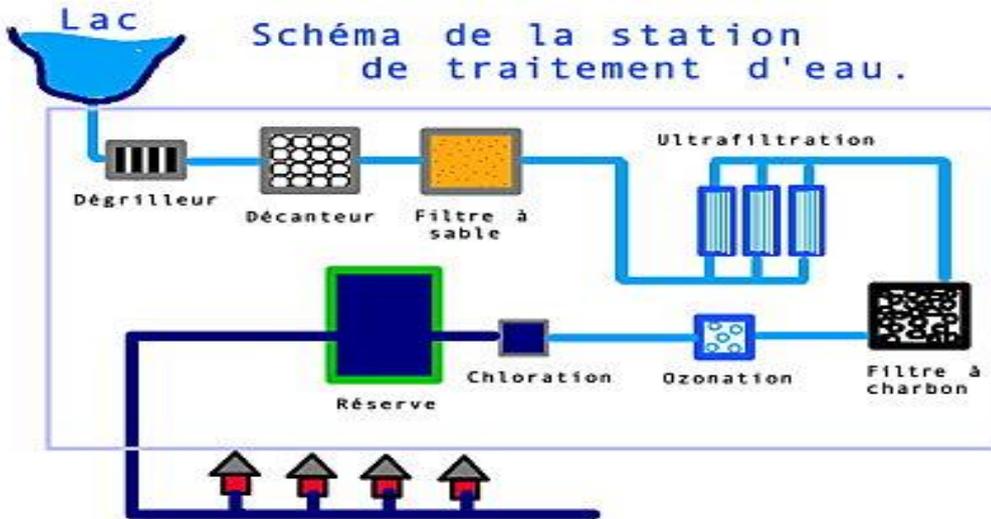
En rendant les résultats d'analyse à Monsieur X, le technicien lui conseille d'utiliser un adoucisseur d'eau s'il veut utiliser l'eau de sa source mais lui précise qu'il ne pourra pas la boire. Argumentez le conseil du technicien.

**D- A retenir**

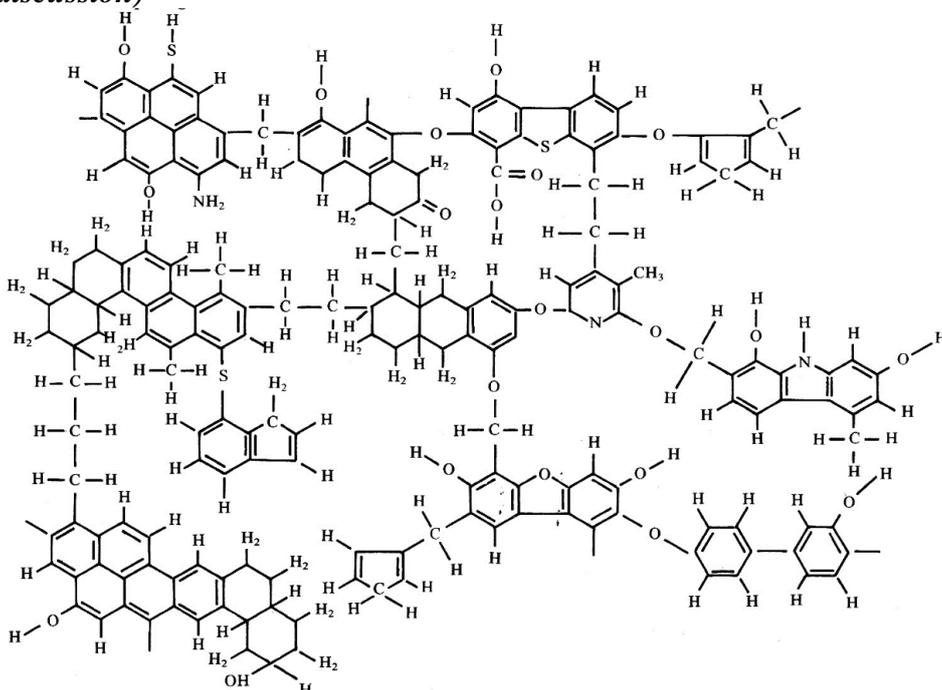
De la même manière qu'il faut connaître les éléments N, P, K apportés par les engrais, vous devez connaître quelques ions présents dans les eaux potables :

- 1) Les ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  sont officiellement les ions responsables de ce que l'on appelle la dureté d'une eau. (plus il y en a, plus l'eau est dite « dure »)
- 2) Les ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  traduisent le côté calcaire de l'eau. Leur présence influence aussi le pH de l'eau.
  - a. Eau (légèrement) acide :  $\text{pH} < 7$
  - b. Eau (légèrement) basique :  $\text{pH} > 7$
  - c. Eau neutre :  $\text{pH} = 7$

**Supplément (1) : Schémas de stations de traitement des eaux : livre p 121 + deux exemples supplémentaires.**



**Supplément (2) : aperçu de la formule du charbon actif (ou noir animal, ou noir de C) (discussion)**



### Supplément (3) : Un autre sujet de bac (Amérique du nord 2014)

Il s'est vendu en France, 1,5 million de carafes filtrantes en 2008 et près de 2 millions en 2012. Pourquoi un tel succès ?

#### Document 1 :

Bien que l'eau du robinet soit potable en France, un grand nombre de foyers a choisi de la filtrer avant de la consommer. Les principales raisons sont l'odeur et le goût de chlore\*, la dureté de l'eau et éventuellement la présence d'ions nitrate. L'utilisation de ce type de carafes exige des précautions : il faut changer régulièrement les cartouches filtrantes et les manipuler avec des mains propres, la moindre contamination étant propice à la prolifération des microbes, surtout si l'eau est conservée à température ambiante.

L'adoucissement de l'eau du robinet par le filtrage permet de retarder le dépôt de calcaire, par exemple dans les bouilloires. L'association « UFC-Que Choisir » a publié en avril 2010 les résultats de plusieurs tests pour vérifier la pertinence de ce choix. Les tests s'effectuaient sur deux « populations » de carafes filtrantes utilisées dans des conditions différentes : la première population utilisée dans un laboratoire, la seconde population utilisée au domicile de 31 familles. Dans les deux cas l'utilisation a été faite avec de l'eau du robinet.

Dans le premier cas, les exigences d'utilisation attendues sont respectées et les résultats satisfaisants : le goût du chlore est éliminé, la dureté de l'eau est diminuée. Dans le second cas, les résultats sont alarmants : alors que la plupart des utilisateurs reçoivent une eau de robinet potable, l'eau filtrée, souvent conservée quelques jours, est dégradée.

Cela signifie qu'elle contient un fort développement microbien.

*D'après: Que choisir, avril 2010*

\* Le chlore dans l'eau est présent notamment sous forme d'ions hypochlorite et d'ions chlorure

#### Document 2 :

Les grandes alertes sur la dégradation de la qualité de l'eau du robinet lancées dans les années 1990 par « Que Choisir », pour les nitrates, puis pour les pesticides, ne sont plus d'actualité. Depuis, les stations de traitement se sont multipliées, les captages d'eau potable pollués par les nitrates et/ou les pesticides sont régulièrement abandonnés. Si les rivières et les nappes souterraines sont toujours très contaminées, la pollution de l'eau du robinet par les nitrates devient rare, et les dépassements de normes sur les pesticides peu fréquents.

*D'après: le site internet de Que choisir ?*

#### Document 3 : tests de présence d'ions dans l'eau

Ion testé	Solution test	Test positif si formation d'un
ions calcium	Oxalate de sodium	Précipité blanc
ions magnésium	Hydroxyde de sodium	Précipité blanc
ions chlorure	Nitrate d'argent	Précipité blanc
ions sulfate	Chlorure de baryum	Précipité blanc

## **QUESTIONS :**

### **Question 1 :**

Le filtre de la carafe permet de diminuer fortement la dureté de l'eau en retenant certains ions. Choisir parmi les ions suivants, les deux ions responsables de la dureté d'une eau : les ions chlorure, les ions sodium, les ions magnésium, les ions aluminium, les ions calcium.

### **Question 2 :**

Un utilisateur de ce type de carafe filtre son eau avant de la faire bouillir. Décrire ce qu'il observera sur la résistance chauffante de sa bouilloire lorsque le filtre ne sera plus efficace.

### **Question 3 :**

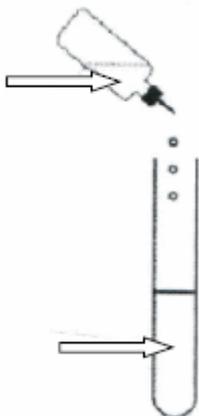
Dans la phase de traitement des eaux naturelles, on introduit du chlore.

a- Indiquer la raison de l'introduction de chlore.

b- Le filtre de la carafe éliminant le chlore (présent dans l'eau sous forme d'ions), indiquer la précaution à prendre pour conserver pendant un ou deux jours une eau filtrée.

### **Question 4 :**

On veut tester la présence d'ions chlorure dans une eau préalablement filtrée par la carafe.



a- Recopier et légender le schéma de l'expérience ci-dessus.

b- Lors de ce test, on a observé la formation d'un précipité blanc. Utiliser cette information pour évaluer l'état de fonctionnement de la cartouche filtrante.

### **Question 5 :**

Expliquer pourquoi à l'heure actuelle l'achat d'une carafe filtrante n'est plus utile pour se protéger des ions nitrate.