1 Qualité des eaux (suite & fin)

1.1 Tests des ions dans une eau

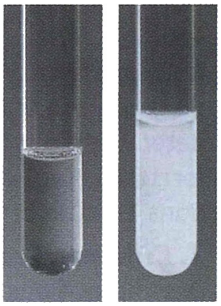
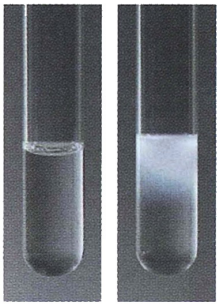
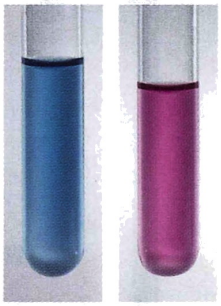
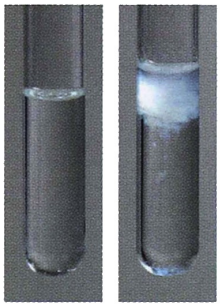
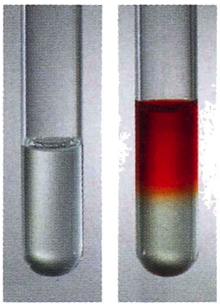
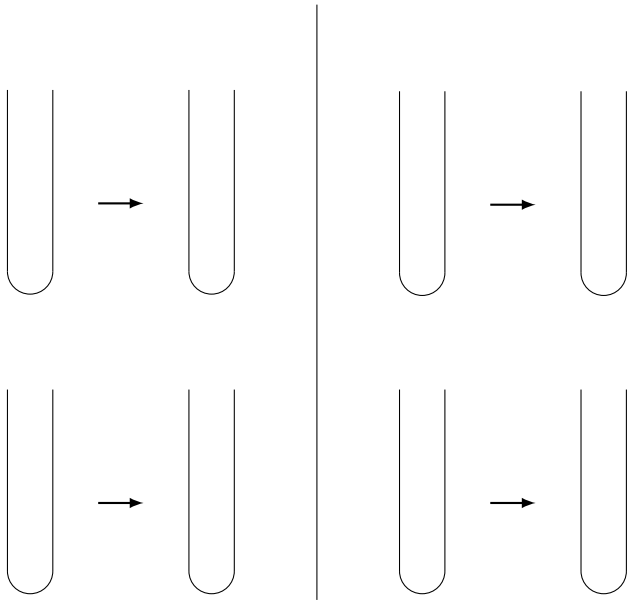
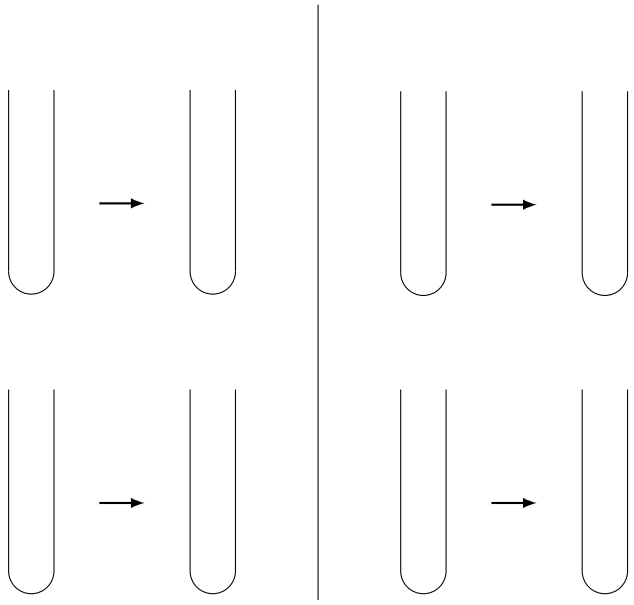
Test	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ion testé	Chlorure Cl^-	Calcium Ca^{2+}	Magnésium Mg^{2+} et calcium Ca^{2+}	Sulfate SO_4^{2-}	Fer(II) Fe^{2+}
Réactif	Nitrate d'argent	Oxalate d'ammonium	Solution de N.E.T. à pH = 10 *La solution de N.E.T. est bleue.*	Chlorure de baryum	1,10-phénantroline
Observation si le test est positif	Avant Après  Précipité blanc qui noircit à la lumière.	Avant Après  Précipité blanc.	Test négatif Test positif  Solution initiale bleue qui devient rose en présence d'ions calcium **ou** magnésium.	Avant Après  Précipité blanc.	Avant Après  Solution rouge.

FIG. 1 – Rappel des résultats de différents tests.

1.1.1 Test de l'eau de Volvic



1.1.2 Test de l'eau d'Hépar



2 Quels sont les différents traitement des eaux ?

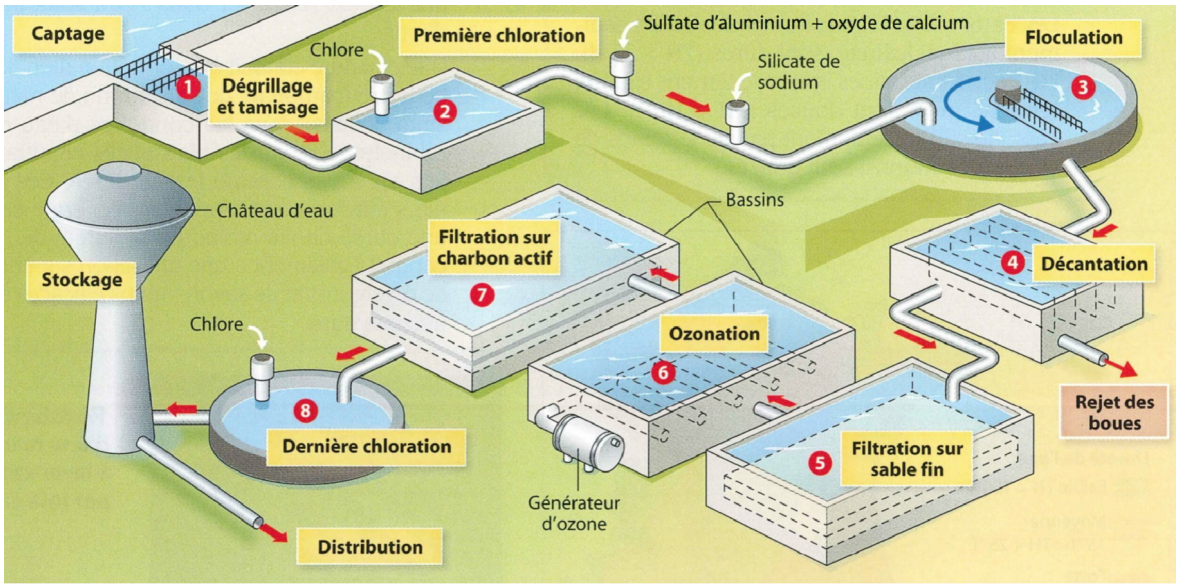


FIG. 2 – Les différents traitements de l'eau.

2.1 Les traitements de l'eau

Le procédé industriel classique de purification comprend les étapes principales suivantes :

— une ..... pour éliminer les corps flottants et les particules en suspension ;
— une ..... de l'eau par traitement à l'ozone (O_3) puis au dichlore.

2.2 Dureté d'une eau

La ..... de l'eau est due à la présence de *calcium* Ca^{2+} dissous sous forme d'ions et, dans une moindre mesure, d'ions *magnésium* Mg^{2+}. Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. L'indicateur de dureté est le titre hydrotimétrique TH ou degré hydrotimétrique français TH (df). Les eaux souterraines, issues de roches sédimentaires (calcaires), sont ..... (TH > 25°f). Les eaux souterraines issues de terrains siliceux (granite, grès) sont ..... (TH < 15°f). Les eaux de surface, qui n'ont pas eu le temps de se charger en ions, sont douces.

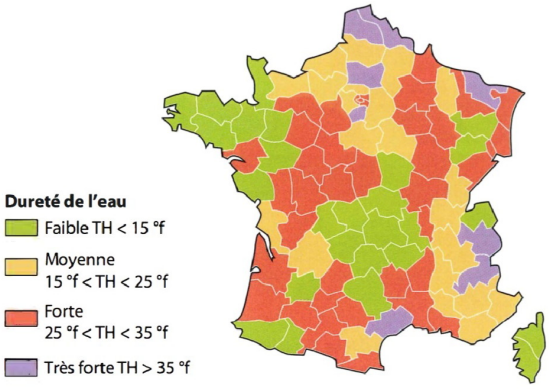


FIG. 3 – Limites de dureté en France.

Une eau alimentaire ne doit pas être trop ..... car l'Homme a **besoin** de **calcium** et de **magnésium** pour son métabolisme et la constitution de ses os. De plus, une eau trop douce attaque les canalisations, et certains métaux toxiques comme le plomb ou le cuivre peuvent se retrouver dans l'eau sous forme d'ions.

Une eau ..... conduit à la formation d'un **dépôt de tartre** (carbonate de calcium ou de magnésium solides) dans les conduites d'eau et la robinetterie et sur les résistances chauffantes des appareils comme le lave-linge. Ces derniers consomment alors plus d'énergie et ont une durée de vie moindre. La dureté de l'eau conduit également à une utilisation supérieure de détergents et de savon, moins efficaces dans une eau dure : les ..... voient leur action contrecarrée par les ions sus-cités.

2.3 Adoucissement d'une eau « dure »

Dans le cas d'eau à mineralisation excessive (eau salée, eau très dure), plusieurs procédés sont utilisables :

— la ..... qui consiste à **vaporiser** l'eau salée et à **liquéfier** la vapeur d'eau obtenue, ainsi totalement débarrassée des ions ;
— l'..... ..... qui est une **filtration** sous pression à travers une **membrane** ne laissant passer que les molécules d'eau ;
— la ..... à l'aide de **résines échangeuses d'ions** (les ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} se fixent sur la membrane et leur concentration dans l'eau diminue).

On va maintenant détailler le fonctionnement de deux types de traitement de l'eau.

2.4 Les résines échangeuses d'ions

En général (dans les lave-vaisselle) un adoucisseur d'eau utilise une résine chargée en saumure, solution saturée de chlorure de sodium. La résine échangeuse d'ions est faite de petites billes à base de polystyrène.

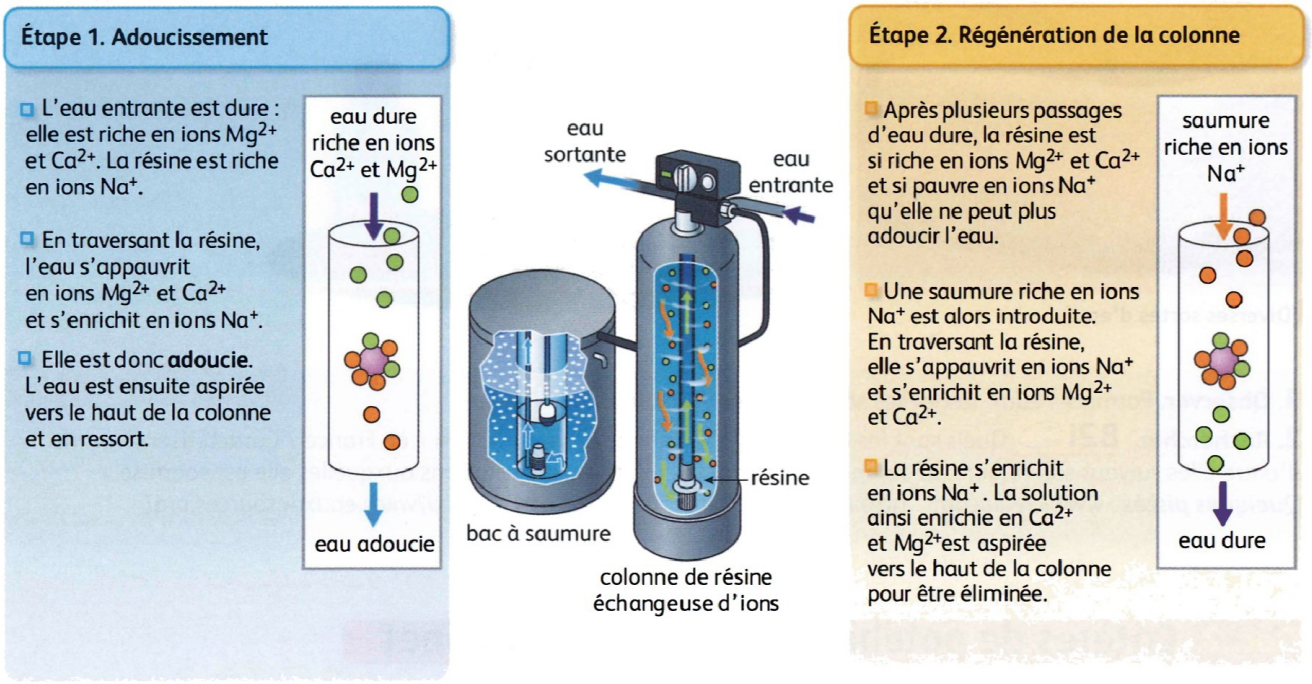


FIG. 4 – Principe d'un adoucisseur d'eau.

Dans un adoucisseur d'eau tel que présenté en figure 7, quels sont les ions capturés par la résine ?

.....

Par quels ions sont-ils remplacés ?

.....

Quel est l'intérêt de capturer les ions indiqués précédemment ?

.....

2.5 TP : adoucir l'eau grâce à une résine échangeuse d'ions

Principe de la manipulation Adoucir une eau dure consiste à éliminer les ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} par passage au travers d'une résine ..... échangeuse d'ions.

La résine possède des cations H^+ qu'elle est capable d'échanger avec les cations de l'eau, et donc en particulier les ions Ca^{2+} et Mg^{2+}.

Protocole expérimental

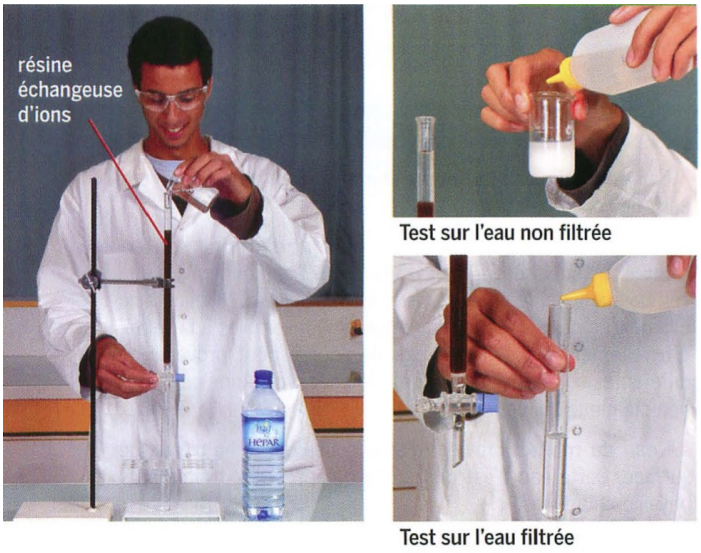


FIG. 5 – Adoucissement d'une eau à l'aide d'une résine cationnique.

- À l'aide du test à l'oxalate d'ammonium, montrer la présence d'ions calcium dans l'eau dure (photo de droite en haut) ;
- Filtrer une eau dure (Hépar ou Contrex) sur la résine (photo de gauche) et faire le test des ions calcium sur le filtrat (photo de droite, en bas).

2.6 L'osmose, un phénomène naturel

L'..... est un mot d'origine grecque signifiant « poussée » et désignant la force qui tend à équilibrer les concentrations entre deux milieux séparés par une membrane.

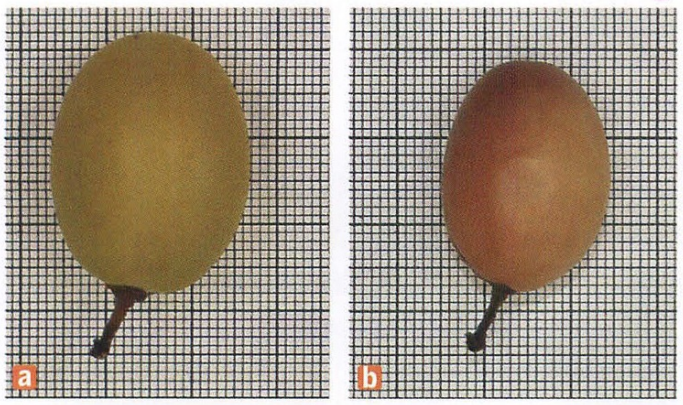


FIG. 6 – (a) Grain de raison frais. (b) Le même grain de raisin après un séjour de 12 jours dans de l'eau salée.

Si la membrane est semi-perméable (ne laissant passer que l'eau) et si elle sépare deux milieux aqueux, le phénomène d'osmose induit une migration de l'eau du milieu le plus dilué vers le plus concentré. Ce phénomène est important en SVT, car les membranes des cellules vivantes sont justement semi-perméables !

Quel est le milieu le plus concentré en ions : la pulpe du grain de raisin ou l'eau salée ?

.....

2.7 L'osmose inverse

Pour produire de l'eau potable à partir d'eau salée, il faut ..... le phénomène d'osmose, c'est-à-dire faire passer l'eau, à travers la membrane semi-perméable, du milieu le plus concentré, l'eau salée, vers le milieu le plus dilué.

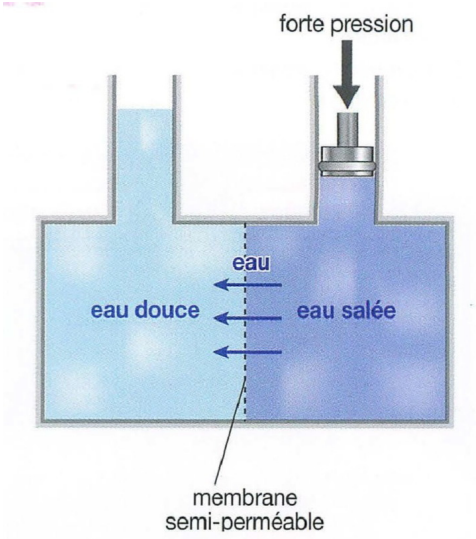


FIG. 7 – Principe de l'osmose inverse.

Pour obtenir ce résultat, on exerce une forte pression sur l'eau salée (avec un piston). Ce procédé appelé « osmose inverse » permet d'obtenir de l'eau douce.

Dessaler de l'eau de mer pour produire de l'eau potable est une méthode ..... seulement à la portée de pays riches, notamment ceux disposant d'importantes ressources énergétiques. Par exemple, aux Émirats Arabes Unis, l'usine de Jebel Ali (photographie) produit à elle seule 900 000 m^3/jour.

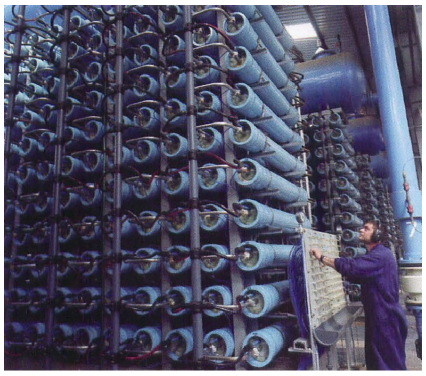


FIG. 8 – Usine de dessalement.

Il s'agit aussi d'une méthode extrêmement ..... , en raison de la consommation d'énergie (= émission de gaz à effet de serre GES) mais aussi en raison du rejet de *saumures*, solutions restantes hautement concentrées en ions.

3 Engrais et produits phytosanitaires

Les **produits phytosanitaires** et les **engrais** sont très utilisés pour augmenter les ..... agricoles.

3.1 Les besoins des cultures

L'agriculture traditionnelle Le sol des champs s'appauvrit en éléments nutritifs du fait de la culture.

FIG. 9 – Épandage d'engrais mécanisé en agriculture traditionnelle.

Comme la culture est récoltée, il est nécessaire de suppléer à cet appauvrissement. C'est le rôle des .....

Les besoins des plantes

Élément	Espèce susceptible d'être absorbée	Fonctions principales
N (Azote)	NO_3^- (majoritairement) Très rarement NH_4^+	Constituant des composés principaux des protéines, de la chlorophylle...
P (Phosphore)	$H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-}	Résistance aux maladies et développement des racines
K (Potassium)	K^+	Importance pour le métabolisme des protéines, rôle important pour la floraison
Ca (Calcium)	Ca^{2+}	Rôle majeur dans le maintien des membranes cellulaires

FIG. 10 – Les trois éléments majeurs (et le rôle du calcium) dont ont besoin les plantes

Dix-sept éléments sont nécessaires à la croissance et au développement des plantes. Trois sont puisés dans l'**air** et l'**eau** (C, H et O, sous forme de ..... et .....). Les autres sont puisés dans le sol sous forme d'**ions**. Ce sont les **éléments majeurs N**, **K** et **P**, les **éléments secondaires** (Ca, Mg et S) et les **oligoéléments** (B, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Cℓ et Ni).

L'agriculture hors-sol Il est possible de faire pousser les plantes à partir d'un substrat imbibé de solution nutritive contenant les éléments nécessaires à sa croissance sous forme d'ions.

FIG. 11 – Récolte des fraises hors sol.

3.2 Le rôle et l'utilité d'un produit phytosanitaire

Évolution de la chlorose sur une feuille de pêcher La chlorose, maladie qui se traduit par un jaunissement prématuré des feuilles des arbres, est due à un apport insuffisant en élément fer.

Le fer participe à la synthèse de la chlorophylle et joue donc un rôle important dans la photosynthèse d'un végétal.

La solution consiste à traiter la plante avec une solution contenant les fameux ions fer, par exemple sous forme d'ions. C'est un exemple de **produit phytosanitaire**.

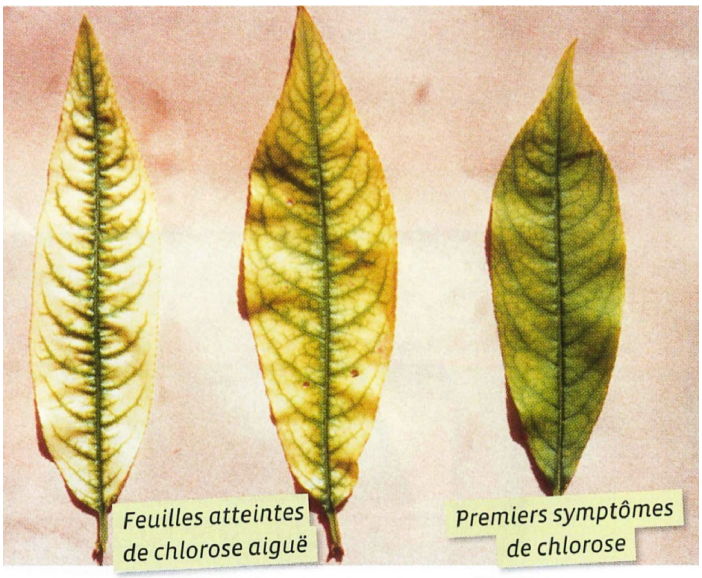


FIG. 12 – Chlorose.

Les produits phytosanitaires Les produits ..... sont des espèces pures ou des mélanges, de nature chimique ou biologique, et utilisés pour :

— ..... les végétaux contre les organismes nuisibles (insectes, bactéries, etc.) : les **pesticides** et les **insecticides** ;

— ..... ou limiter la croissance de plantes indésirables (ou plantes adventices) : les **herbicides** ;

— ..... ou modifier la croissance des végétaux (l'aspect nutrition n'est pas inclus).

3.3 Bilan sur les besoins des plantes

- Les engrais et les produits phytosanitaires sont utilisés en agriculture pour améliorer les **rendements** et la productivité agricole.
- Un **engrais** est un produit naturel ou de synthèse que l'on apporte au sol pour le fertiliser. Les principaux éléments chimiques fertilisants sont l' ..... (N), le ..... (K) et le ..... (P). Il est destiné à améliorer la croissance des plantes, à augmenter le rendement. Le choix de l'engrais à utiliser est conditionné par le sol qui l'accueille et la plante cultivée.
- Un **produit phytosanitaire** est un produit utilisé pour ..... ou prévenir les maladies des plantes. Il contient une substance active naturelle ou de synthèse.
- Les **échanges ioniques** entre l'eau et le complexe argilo-humique dépendent de la qualité du sol. Ainsi un engrais ou un produit phytosanitaire sera moins efficace sur un sol de moindre qualité, car il risque d'être lessivé par les eaux (et en plus il va polluer la nappe phréatique...) !

4 Correction des exercices de la séance n° 6

6.1 **N° 10 p. 74 – Les couleurs primaires**

1. Jaune (couleur complémentaire du bleu).

2. Les cônes. Avec le jaune, les capteurs vert et bleu sont excités.

6.2 **N° 11 p. 74 – Les tulipes noires**

1. Le pH.

2. Les fleurs noires absorbent la chaleur et ne conservent pas leur couleur.

3. En plus du bleu sombre, il faudrait mélanger la couleur complémentaire, comme le jaune ou le orange.

6.3 **Les ocres**

1. L'ocre est un **pigment** car il est **insoluble** dans l'eau.

2.a. Initialement, l'ocre est jaune, donc il s'agit de goethite, ou oxyde de fer hydraté FeOOH. En chauffant, on provoque sa **déshydratation** sous forme d'hématite de couleur rouge. Cette déshydratation est partielle, puisque le solide obtenu est de couleur orange. Les gouttelettes sont le « résultat » de la déshydratation, c'est-à-dire un produit de la réaction chimique de déshydratation : de l'**eau**.

2.b. Pour obtenir un ocre rouge, il faut une transformation **complète** de la goethite en hématite, donc il faut atteindre 950 °C lors du chauffage.

3. Il s'agit d'une synthèse soustractive des couleurs : l'ocre jaune absorbe sa couleur complémentaire, diamétralement opposée dans le cercle chromatique, c'est-à-dire le **bleu**.

4. La teinte de la solution de curcuma **dépend du pH** ; en préparant un bain basique, les teinturiers obtiennent une teinture jaune. En ajoutant du jus de citron, ils peuvent **changer le pH du bain** et ainsi passer continument d'une teinte jaune à une teinte rouge.

5. Quatre facteurs : **température**, **pH**, **humidité** et le **solvant**.

Grille de notation

- ❑ Pigment car insoluble
- ❑ Déshydratation donc de l'eau
- ❑ 950 °C pour une transformation complète
- ❑ Synthèse soustractive donc bleu
- ❑ Changer le pH change la teinte
- ❑ Température, pH, humidité, solvant

Total exercice 2 **.../6**

5 Exercices pour la séance n° 8

7.1 **N° 2 p. 126 – QCM**

7.2 **N° 3 p. 126 – Résultats expérimentaux**

7.3 **Partie 2 (6 points) – Des eaux de différentes régions de la Terre**

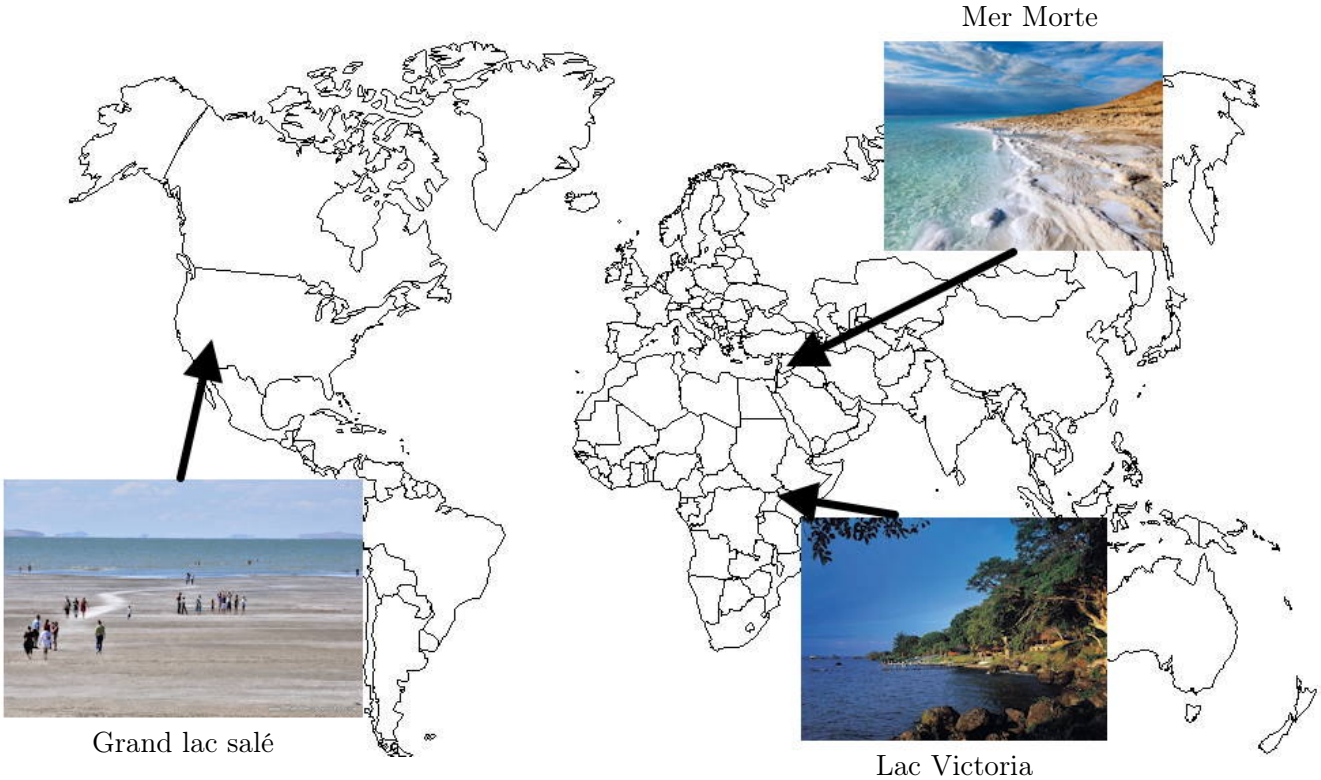
L'eau, qualité et quantité (lundi 22 mars 2010)

« Vous le savez, le 22 mars, c'est la Journée mondiale de l'eau, et ce, depuis 1993. Le thème de cette année ? La qualité de l'eau, dont dépend la vie de millions de personnes dans le monde et l'équilibre des milieux naturels. L'occasion de faire le point sur cette ressource rare. »

D'après le blog d'Audrey Garric, *journaliste pour Le Monde.*

Document 1 : composition ionique de trois eaux issues de trois régions localisées sur la carte ci-dessous (exprimées en $g \cdot L^{-1}$).

	Concentrations massiques en gramme par litre ($g \cdot L^{-1}$)		
	Lac Victoria (Afrique de l'Est)	**Grand lac salé (Ouest des USA)**	**Mer Morte (Proche Orient)**
Na^+	0,01	67	45
Mg^{2+}	0,006	6	49
Ca^{2+}	0,01	0,407	19
$C\ell^-$	0,02	112	252
SO_4^{2-}	0,002	13	0,508



Document 2 : tests de reconnaissance d'ions.

Ion à caractériser (couleur en solution)	**Réactif**	**Observation**
Ion chlorure $C\ell^-$ (incolore)	Ion argent Ag^+	Précipité blanc qui noircit à la lumière
Ion sulfate SO_4^{2-} (incolore)	Ion baryum Ba^{2+}	Précipité blanc
Ion calcium Ca^{2+} (incolore)	Ion oxalate $C_2O_4^{2-}$	Précipité blanc
Ion cuivre II Cu^{2+} (bleu)	Ion hydroxyde OH^-	Précipité bleu
Ion fer II Fe^{2+} (vert pâle)	Ion hydroxyde OH^-	Précipité vert

Document 3 : résultats de tests de reconnaissance d'ions sur les trois eaux étudiées.

\+ : test positif ; - : test négatif.

	Eau A	**Eau B**	**Eau C**
Chlorure $C\ell^-$	+	-	+
Sulfate SO_4^{2-}	+	-	+
Calcium Ca^{2+}	-	-	+

Document 4 : quelques critères physico-chimiques de potabilité d'une eau (normes européennes).

Paramètre	**Limite de potabilité**
pH	Entre 6,5 et 9
Total pesticides	$< 0{,}50$ µg·L^{-1}
Ion plomb Pb^{2+}	< 10 µg·L^{-1}
Ion calcium Ca^{2+}	Pas de limite
Ion magnésium Mg^{2+}	< 50 mg·L^{-1}
Ion sodium Na^+	< 150 mg·L^{-1}
Ion potassium K^+	< 12 mg·L^{-1}
Ion sulfate SO_4^{2-}	< 250 mg·L^{-1}
Ion chlorure $C\ell^-$	< 200 mg·L^{-1}
Ion nitrate NO_3^-	< 50 mg·L^{-1}

Les trois eaux A, B et C du document 3 sont issues des trois régions localisées sur la carte du document 1.

Question 1

1.1. On s'intéresse au test des ions sulfate sur l'eau A (documents 2 et 3).

Entourer le schéma correspondant à la réponse exacte sur l'annexe 1 à rendre avec la copie.

1.2. Pour le test des ions sulfate sur l'eau A, indiquer le réactif utilisé et le résultat observé, en vous aidant du document 2.

Question 2

Grâce aux résultats des tests réalisés sur les trois eaux A, B et C (document 3), et en utilisant les données du document 1, déterminer la région d'où proviennent ces trois eaux. Faire apparaître les étapes du raisonnement.

Question 3

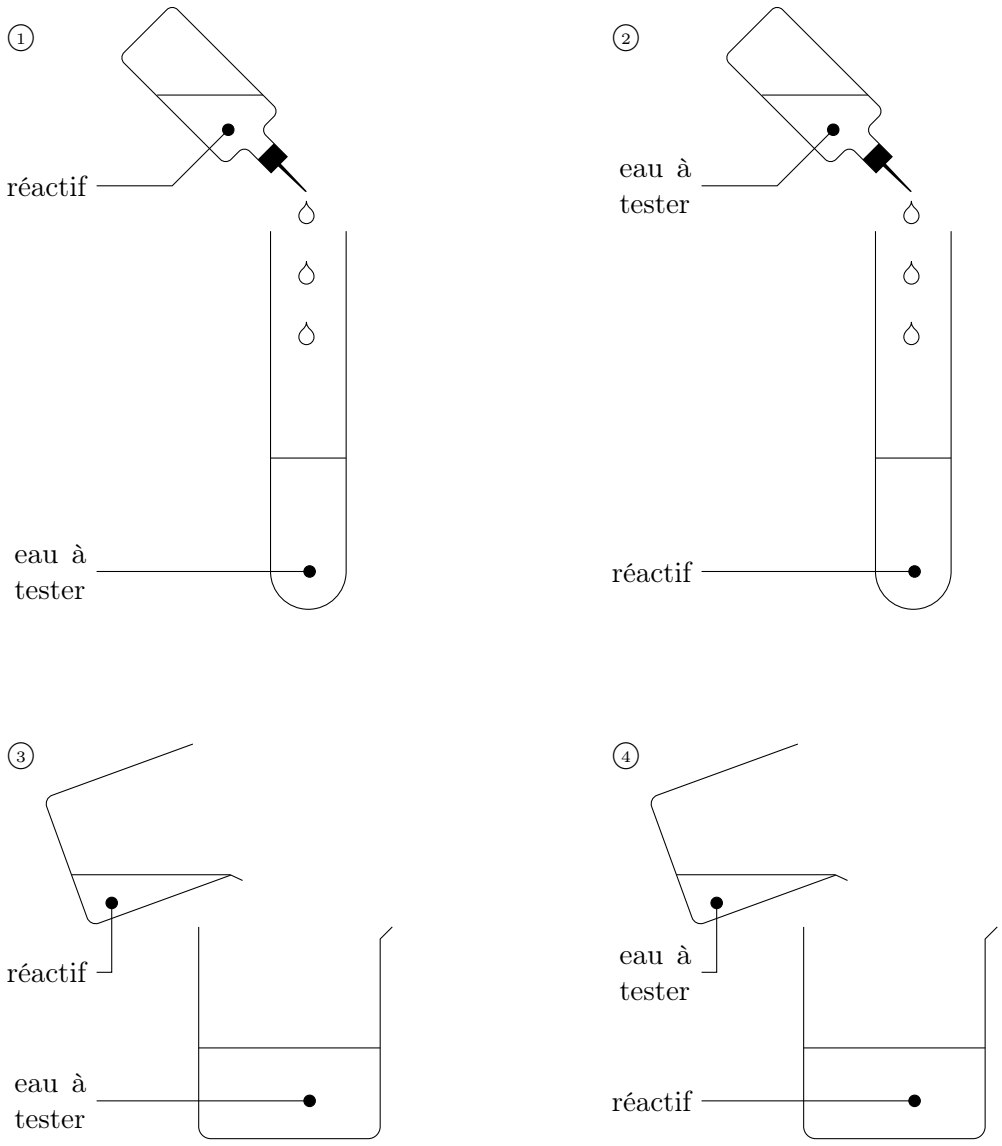
3.1. En s'intéressant uniquement à la teneur en ions chlorure, sulfate et calcium, évaluer si le scientifique revenant du lac Victoria pourrait consommer, en cas de déshydratation, l'eau de ce lac. Proposer une argumentation à l'aide des documents 1 et 4.

3.2. Envisager si la connaissance des résultats de ces trois tests suffit, d'un point de vue physico-chimique, à déterminer la potabilité d'une eau.

Question 4

Proposer des critères (autres que physico-chimiques) pouvant être pris en compte pour déterminer la potabilité d'une eau.

Annexe – À rendre avec la copie
Partie 2 – Nourrir l'humanité

Question 1

1.1. Entourer, parmi les quatre schémas ci-dessous, celui qui représente correctement le test des ions sulfate contenus dans l'eau A.