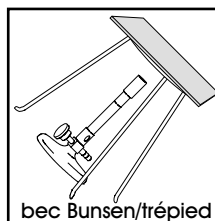
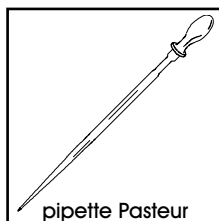
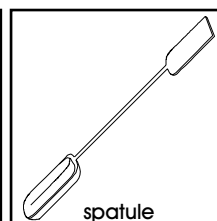
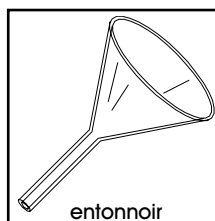
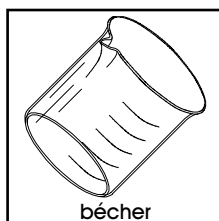


BUTS

Aborder la notion de pureté et de qualité des eaux et introduire les principes de purification de l'eau par filtration et adsorption sur charbon actif.


MATERIEL

3 béchers de 250 ml, 3 erlenmeyers de 100 ml, 3 entonnoirs, papiers filtre, 1 spatule, pipettes Pasteur, 1 verre de montre, 1 microscope, lames porte-objet, 1 bec Bunsen avec trépied et plaque de céramique, allumettes.



REACTIFS

Eau d'étang polluée, eau du réseau, eau distillée (H_2O), charbon actif (C), sable de silice (SiO_2).

H_2O	C	SiO_2
étatliquide	étatsolide	étatsolide
MM 18.02 g/mol	MM 12.01 g/mol	MM 60.09 g/mol
		
CH F	CH F	CH F récup S

RECOMMANDATIONS

Manipuler avec précaution le charbon actif. Manipuler à l'abri de toute flamme ou source de chaleur. Ne pas ingérer l'eau d'étang polluée.

MANIPULATIONS
ET DISCUSSION

A. CARACTERISTIQUES AVANT PURIFICATION

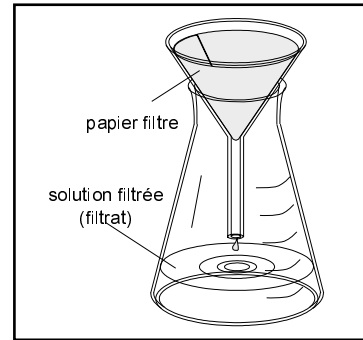
- Observer à l'œil nu les échantillons d'eau d'étang polluée, d'eau du réseau et d'eau distillée.
Noter leurs caractéristiques qualitatives.
1. Décrire les caractéristiques et qualités respectives des échantillons observés à l'œil nu (mélange homogène ou hétérogène, solution transparente ou trouble, couleur, contenu).
2. Au moyen d'une pipette Pasteur, placer une goutte d'eau d'étang polluée sur une lame porte-objet et l'observer au microscope.
Noter ses caractéristiques qualitatives.
2. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang observée au microscope.

B. PURIFICATION PAR FILTRATION SUR PAPIER FILTRE

3. Munir un entonnoir d'un papier filtre, placer l'entonnoir sur un erlenmeyer propre (voir le schéma du montage ci-contre).

Filtrer sur cette installation environ 50 ml (environ 1/3 du volume d'échantillon initial) de fraction d'eau d'étang polluée.

A l'issue de la filtration, noter les caractéristiques qualitatives de l'eau filtrée ainsi que du résidu récupéré sur le filtre.



◆ De manière générale, de nombreuses méthodes sont disponibles pour séparer les constituants des mélanges hétérogènes ou homogènes. Dans tous les cas, ces méthodes sont basées sur les différences de propriétés physiques entre les substances à séparer.

◆ Les **mélanges solide-liquide** (mélanges **hétérogènes**) peuvent être séparés par filtration, sédimentation ou centrifugation. La séparation de mélanges solide-solide (mélanges hétérogènes) est basée sur les différences de tailles ou de densités entre les solides. Le tamisage ou l'agitation de tels mélanges permet de les séparer.

◆ Dans le cas des **mélanges liquide-liquide**, deux situations se présentent: Lorsque le mélange est **hétérogène**, c'est-à-dire lorsque les liquides ne sont pas miscibles, ils sont séparables par décantation, le liquide le plus dense se positionnant au-dessus du liquide le moins dense.

Lorsque le mélange est **homogène**, ses constituants sont séparés par distillation, sur la base des différences de points d'ébullition.

? 3. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après filtration, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration.

Indiquer le rôle joué par le papier filtre et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification par filtration.

Sur la base des observations, indiquer si l'eau d'étang est un mélange homogène ou hétérogène.

C. PURIFICATION PAR FILTRATION SUR SABLE

◆ Les sociétés distribuant l'eau potable à la population filtrent l'eau naturelle par un procédé différent de la filtration sur papier filtre: l'eau naturelle (nappe phréatique, lac, fleuve) est pompée à travers des couches de sable, celui-ci servant de filtre.

4. Munir un entonnoir d'un papier filtre, le remplir complètement de sable de silice et placer l'entonnoir sur un erlenmeyer propre.

Filtrer **lentement** (goutte à goutte) sur cette installation la fraction résiduelle (environ 100 ml) de l'échantillon d'eau d'étang polluée.

A l'issue de la filtration, noter les caractéristiques qualitatives de l'eau filtrée.

Conserver la fraction d'eau filtrée pour la prochaine étape de purification.

? 4. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après filtration sur sable, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration et après filtration sur papier.

Indiquer le rôle joué par le sable et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification par filtration.

Discuter l'utilité et les performances de la filtration sur sable par rapport à la filtration sur papier filtre pour la purification d'eaux naturelles.

D. PURIFICATION SUR CHARBON ACTIF



5. Si possible sous chapelle, munir un entonnoir d'un papier filtre, ajouter précautionneusement 4-5 spatules de charbon actif et placer l'entonnoir sur un erlenmeyer propre.

Verser **lentement** sur le charbon actif environ 50 ml de l'eau filtrée lors de l'étape précédente. L'échantillon doit imbiber au mieux le charbon actif.

A l'issue de la purification, noter les caractéristiques qualitatives de l'eau récupérée dans l'erlenmeyer.

Conserver la fraction d'eau purifiée.

? 5. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après purification sur charbon actif, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration et après filtration sur papier ou sur sable.

Indiquer le rôle joué par le charbon actif et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification.

E. CARACTERISTIQUES APRES PURIFICATION

6. Au moyen de pipettes Pasteur propres, déposer sur un verre de montre, à 2-3 cm l'une de l'autre, une goutte d'eau du robinet (eau du réseau), une goutte d'eau distillée et une goutte d'eau purifiée au charbon actif.

Les trois gouttes d'eau ne doivent pas entrer en contact.

Allumer un Bec Bunsen et le régler pour obtenir une flamme faible à moyenne.

Poser le verre de montre sur une plaque en vitrocéramique au-dessus de la flamme et évaporer lentement les trois gouttes.

Observer attentivement le verre de montre à la lumière et noter les observations.

♦ Il est utile de classer les substances qui nous entourent en fonction de leurs constituants:

Lorsqu'une substance est constituée de **molécules ou atomes identiques**, comme par exemple le fer (constitué exclusivement d'atomes Fe) ou l'eau (constituée exclusivement de molécules H_2O), on parle de **corps pur**.

Lorsqu'une substance contient **plusieurs molécules différentes**, comme par exemple l'air (constitué principalement de molécules d'azote N_2 et de molécules d'oxygène O_2) ou l'eau de mer (contenant des molécules d'eau H_2O et des sels dissous), on parle de **mélange**.

Par ailleurs, lorsque les constituants d'un mélange peuvent être distingués l'un de l'autre, on parle de mélange **hétérogène**; inversement, le mélange est **homogène** lorsqu'il n'est pas possible de distinguer ses constituants.

♦ Les différences de goût (propriétés organoleptiques) des eaux potables sont dues aux différentes substances qui y sont dissoutes.

Une eau acratopège est une eau pauvre en substances minérales ($< 0.1 \text{ g/l}$).

Inversement, une eau fortement minéralisée peut contenir plus de 1 g/l de substances dissoutes.

? 6. Sur la base des observations, indiquer si l'eau d'étang polluée, l'eau du réseau et l'eau distillée sont des corps purs ou des mélanges homogènes ou hétérogènes.

Expliquer brièvement la formation de dépôts dans les bouilloires, les chaudières et les radiateurs.

**RECUPERATION
ET NETTOYAGE**

Récupérer les pipettes Pasteur et les lames porte-objet utilisées dans la poubelle pour verre usagé.

Récupérer les papiers filtre, le sable de silice et le charbon actif dans le récipient de déchets **S (substances solides)**.

Laver la verrerie utilisée à l'eau, puis la rincer à l'eau déminéralisée.

PREPARATION

Expérience individuelle.**1. Eau d'étang polluée:**

Prélever de l'eau d'étang suffisamment turbide et contenant du phytoplancton. 5 l d'échantillon suffisent pour 15-20 étudiants. Ajouter dans cette eau de la fluorescéine par petites pointes de spatule jusqu'à ce que la coloration soit suffisante pour simuler la présence tangible d'un polluant. Si l'eau d'étang n'est pas conservée au frigo, la décomposition bactérienne augmentera la proportion de substances en suspension.

Préparer à l'avance, pour chaque étudiant, 1 bécher étiqueté "Eau d'étang polluée" contenant environ 150 ml de cette eau.

2. Eau du réseau:

Utiliser tel quel.

Préparer à l'avance, pour chaque étudiant, 1 bécher étiqueté "Eau du réseau" contenant environ 50-100 ml de cette eau.

3. Eau distillée:

Utiliser tel quel.

Préparer à l'avance, pour chaque étudiant, 1 bécher étiqueté "Eau distillée" contenant environ 50-100 ml de cette eau.

4. Charbon actif:

Utiliser tel quel.

5. Sable de silice:

Utiliser du sable pour aquarium.

6. Matériel nécessaire pour 1 étudiant:

3 béchers de 250 ml, étiquetés "Eau d'étang polluée", "Eau du réseau" et "Eau distillée", contenant les échantillons d'eaux

3 erlenmeyers de 100 ml

3 entonnoirs

3-6 papiers filtre

1 spatule

5-10 pipettes Pasteur avec tétines

1 verre de montre

1 microscope

2-3 lames porte-objet

1 bec Bunsen, 1 trépied, 1 plaque en vitrocéramique, 1 boîte d'allumettes

7. Durée de l'expérience:

Environ 60 min de manipulations

DISCUSSION

- ? 1. Décrire les caractéristiques et qualités respectives des échantillons observés à l'œil nu (mélange homogène ou hétérogène, solution transparente ou trouble, couleur, contenu).**

L'examen macroscopique de l'eau d'étang polluée met en évidence de nombreux corps étrangers qui colorent et troublent la solution: particules minérales et organiques, algues microscopiques (phytoplancton), micro-organismes (protozoaires, métazoaires), bactéries, ainsi que la fluorescéine, ajoutée pour simuler la présence d'un polluant dissous. Cette solution est hétérogène.

L'examen macroscopique de l'eau du réseau ne permet pas de la distin-

guer de l'eau distillée. Les deux échantillons sont transparents, non colorés et ne contiennent pas de substances en suspension. Un test organoleptique, une évaporation à sec ou une analyse chimique différencieraient ces deux eaux, puisque des sels dissous (les ions majeurs sont Ca^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-}) sont présents dans l'eau du réseau. L'eau du réseau et l'eau distillée sont des solutions homogènes.

? 2. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang observée au microscope.

L'examen microscopique de l'eau d'étang polluée permet de distinguer les particules invisibles à l'oeil nu (tailles inférieures à 100-200 μm).

Pour être détectées au microscope photonique, ces entités doivent cependant avoir des dimensions supérieures à 0.2-1 μm environ. Les bactéries et les alques microscopiques peuvent ainsi être clairement distinguées.

? 3. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après filtration, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration.

Indiquer le rôle joué par le papier filtre et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification par filtration.

Sur la base des observations, indiquer si l'eau d'étang est un mélange homogène ou hétérogène.

La filtration sur papier permet de soustraire les substances solides d'une suspension. Le papier filtre est constitué de fibres de cellulose enchevêtrées formant un réseau dense au travers duquel les espèces dissoutes et le solvant peuvent aisément circuler, mais qui retient les espèces non dissoutes dont la taille est supérieure à la porosité du filtre.

Dans le cas de l'eau d'étang polluée, le papier filtre permet d'éliminer une proportion élevée des substances particulaires présentes. Cependant, la porosité du filtre est trop élevée pour retenir les petites entités (bactéries, microalgues), qui se retrouvent par conséquent dans le filtrat (solution récupérée après filtration). Les substances particulaires récupérées sur le filtre indiquent clairement que l'échantillon initial est hétérogène.

La fluorescéine, sous forme dissoute, est entraînée dans le filtrat, qui conserve par conséquent une forte coloration jaune. Dans cette expérience, le papier filtre peut être coloré à l'issue de la filtration, car la fluorescéine est susceptible d'éprouver une certaine affinité pour la cellulose du filtre.

? 4. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après filtration sur sable, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration et après filtration sur papier.

Indiquer le rôle joué par le sable et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification par filtration.

Discuter l'utilité et les performances de la filtration sur sable par rapport à la filtration sur papier filtre pour la purification d'eaux naturelles.

La séparation/purification des eaux par filtration sur sable procède selon deux mécanismes. Le lit de sable agit d'une part en tant que filtre, et d'autre part en tant que surface réactive de piégeage.

Lorsque l'eau d'étang polluée s'écoule au travers du lit, de nombreuses substances (minérales ou organiques, dissoutes ou particulaires) s'adsorbent à la surface des grains de sable; les forces d'attraction électrostatiques entre substances et grains de sable sont à l'origine du processus d'adsorption.

Les grains de sable se recouvrent lentement d'un film de substances piégées, qui peut agir comme site de fixation et de croissance de micro-organismes; ce lit biologique peut à son tour piéger d'autres substances

étrangères et ainsi contribuer à purifier l'eau. Plus le rapport surface/volume du lit de sable est élevé, plus la purification est efficace.

Hormis le fait que la solution filtrée est colorée en jaune (la fluorescéine n'est que faiblement piégée sur le lit de sable), le filtrat obtenu est plus propre que lors de la filtration sur papier. La filtration sur sable est donc plus performante.

La filtration sur sable est adaptée à la préparation d'eau potable à partir d'eaux naturelles, pour autant que d'autres méthodes de purification soient aussi effectuées (ozonisation ou chloration pour l'élimination des substances organiques dissoutes et des bactéries; éventuellement flocculation pour l'élimination de substances dissoutes non désirées, comme les métaux lourds).

? 5. Décrire les caractéristiques de l'eau d'étang après purification sur charbon actif, en comparaison à l'eau d'étang avant filtration et après filtration sur papier ou sur sable.

Indiquer le rôle joué par le charbon actif et proposer son principe de fonctionnement lors de la purification.

Le charbon actif est constitué de grains de taille inférieure au demi-millimètre possédant une porosité élevée et une grande surface active ($\approx 800 \text{ m}^2/\text{g}$). Le charbon actif piège de nombreuses substances par adsorption à sa surface; le charbon actif est beaucoup plus efficace que le sable grâce à la surface disponible particulièrement élevée.

Le charbon actif est aussi utilisé pour purifier les composés gazeux (fumées, gaz d'échappement) et dans certaines médications (troubles digestifs).

Dans le cas de l'eau d'étang polluée, la fluorescéine interagit positivement avec le charbon actif, qui élimine par conséquent la coloration de l'eau.

Les substances particulières sont retenues par le papier filtre servant de support au charbon actif; la séparation est donc double.

? 6. Sur la base des observations, indiquer si l'eau d'étang polluée, l'eau du réseau et l'eau distillée sont des corps purs ou des mélanges homogènes ou hétérogènes.

Expliquer brièvement la formation de dépôts dans les bouilloires, les chaudières et les radiateurs.

L'eau distillée est un corps pur composé, ne contenant aucune substance étrangère. On n'observe effectivement aucun dépôt à la surface du verre de montre lors de l'évaporation à sec de la goutte d'eau distillée.

L'eau du réseau est un mélange homogène dont on ne peut distinguer les constituants individuels. Les sels dissous (principalement les ions Ca^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-}) produisent un dépôt blanchâtre lors de l'évaporation.

L'eau d'étang polluée est un mélange hétérogène, puisqu'elle contient des particules en suspension. Ces particules, ainsi que les substances dissoutes, se retrouvent sur le verre de montre à l'issue de l'évaporation. Formellement, les molécules d'eau dans cet échantillon (et dans l'eau du réseau) peuvent être considérée comme un solvant.

Le dépôt blanchâtre est généralement assimilé à du tartre ou à du calcaire, bien que, formellement, le tartre soit un dépôt d'acide tartrique dans les vins, tandis que le calcaire est du carbonate de calcium CaCO_3 .

Le calcaire se forme dans les canalisations d'eau chaude car, contrairement à la plupart des substances, il est moins soluble à température élevée qu'à température basse.