

### Thème 3 – Nourrir l'humanité (introduction)

Une population de neuf milliards d'humains est prévue au XXI<sup>ème</sup> siècle. Nourrir la population mondiale est un défi majeur qui ne peut être relevé sans intégrer des considérations géopolitiques, socio-économiques et environnementales.

Voici une liste des points qui vont être abordés, pour répondre à la problématique :

Comment peut-on nourrir l'humanité ?

- l'accroissement de la production agricole ;
- la conservation des aliments et leurs transformations ;
- l'importance des pratiques culturelles ;
- l'accroissement des populations mondiales ;
- le développement économique ;
- l'impact sur l'environnement : gestion des échanges entre les êtres vivants et leurs milieux, gestion durable des ressources que représentent le sol et l'eau ;
- les conséquences sur la santé.

### Compétences exigibles (partie 3)

- Connaître la part de l'homme dans le fonctionnement d'un écosystème ;
- Savoir que consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique ;
- Connaître le bilan d'énergie et de matière du cycle de l'eau ;

- Connaître le bilan d'énergie et de matière de l'élevage ;
- Connaître le bilan d'énergie et de matière de l'agriculture ;
- Comparer les différents bilans précédents entre eux ;
- Connaître l'historique des impacts sur l'environnement des progrès de la science et des techniques.

### Compétences exigibles (chapitre 6)

- Savoir que le sol est un milieu d'échanges de matière ;
- Exploiter des documents à propos des interactions entre le sol et une solution ionique ;
- Mettre en œuvre un protocole illustrant les interactions entre le sol et une solution ionique ;
- Découvrir la composition chimique des engrais et produits phytosanitaires ;
- Déterminer expérimentalement la quantité d'une espèce présente dans un engrais ou un produit phytosanitaire ;
- Découvrir la composition chimique d'une eau minérale, de source ou du robinet ;
- Découvrir les critères qui font qu'une eau est potable ;
- Découvrir les traitements des eaux ;

- Savoir réaliser une analyse *qualitative* d'une eau ;
- Savoir rechercher et exploiter des documents sur la potabilité, le traitement et l'adoucissement des eaux.

*Acquis du collège et de Seconde :*

- Connaître la notion de mélange homogène (solution, solvant, soluté) et de corps pur ;
- Savoir qu'une solution aqueuse est une solution dans laquelle l'eau est le solvant ;
- Connaître la formule et le nom de certains ions ;
- Connaître le protocole de test de reconnaissance de certains ions.

# 1 Eau de source, eau minérale, eau du robinet : quelles différences ?

## 1.1 Reconnaître les trois types d'eaux



FIG. 1 – Différents types d'eaux.

1. Parmi les eaux proposées ci-dessus, quelles-sont celles qui sont potables ?

.....

.....

2. Les classer en trois types d'eaux différentes.

.....

### 1.2 Les critères de potabilité

La composition chimique et microbiologique de l'eau de consommation est strictement réglementée au niveau national et européen. Pour une soixantaine de paramètres, la norme fixe une valeur chiffrée à ne pas dépasser. Seules l'eau ..... et l'eau ..... doivent rigoureusement répondre aux normes de potabilité. Par ailleurs, il faut que la couleur, la saveur et l'odeur soient acceptables pour le consommateur.

Paramètre ou chimique	« Limite de qualité » (valeurs limites)
pH	entre 6,5 et 9
Nitrate $\text{NO}_3^-$ (indésirable)	50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitrite $\text{NO}_2^-$ (indésirable)	0,50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Sodium $\text{Na}^+$ (indésirable)	200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Sulfate $\text{SO}_4^{2-}$ (indésirable)	250 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Plomb $\text{Pb}^{2+}$ (toxique)	10 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$
Pesticides (toxiques)	0,50 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

1. Quels sont les critères relatifs à la santé publique et ceux relatifs au confort du consommateur ? Lesquels d'entre eux sont soumis à une norme ?

.....

.....

2. Quels critères de potabilité ne sont pas respectés par l'eau minérale Vichy Saint-Yorre ? Pourquoi est-elle pourtant commercialisée ?

.....

.....

### 1.3 Eaux minérales, eaux de source

On peut classer les eaux de consommation en trois groupes : l'eau du robinet, les eaux minérales et les eaux de source.

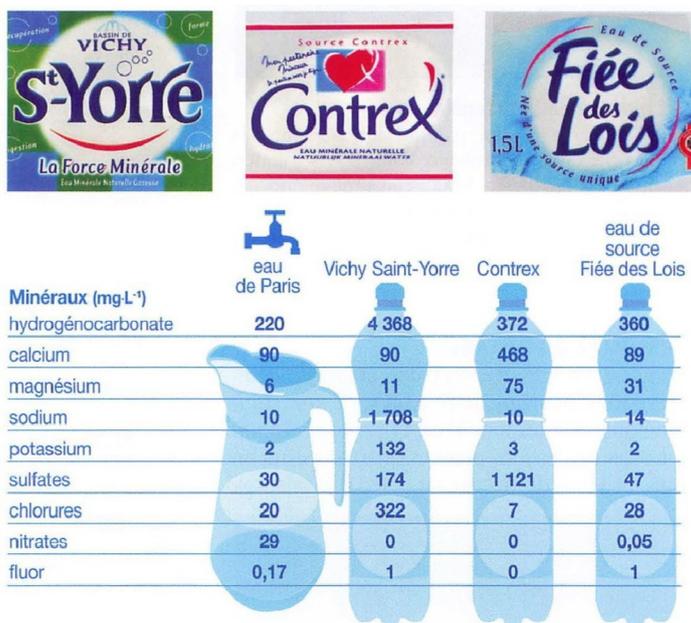


FIG. 2 – Classement des eaux minérales.

L'eau du robinet a généralement subi des ..... pour être propre à la consommation.

Une **eau minérale** est d'origine souterraine et ne subit **aucun traitement**. Elle chemine en profondeur durant une longue période et se charge de minéraux. Sa **composition** reste **constante**. Une eau minérale possède des propriétés ....., démontrée scientifiquement par des études sur des patients, justifiant son classement.

Une **eau de source** ne subit **aucun traitement**. Son origine est également souterraine. Elle peut provenir de différentes sources et de régions éloignées les unes des autres. Sa composition minérale peut .....

### 1.4 Formation d'une eau minérale

L'eau de pluie s'infiltré dans le sol, emprunte des fissures et chemine très lentement et profondément sous terre. Elle traverse des matériaux (sables, cendres volcaniques...) qui jouent le rôle de filtre et libèrent des minéraux. L'eau revient vers la surface pour émerger et donner l'eau minérale.

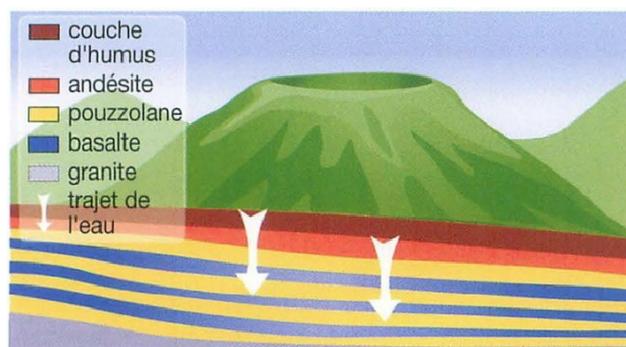


FIG. 3 – Le filtre géant de l'eau de Volvic.

**Bilan** Avant d'être puisée par l'Homme, et au contact des sols, l'eau se charge naturellement en **sels minéraux** (sous forme d'.....) et en **oligoéléments**. Ils sont indispensables à la santé et doivent être apportés en quantité suffisante mais pas excessive.

Sels minéraux	Exemple de troubles en cas de carences
Magnésium Mg <sup>2+</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatigue, insomnie, anxiété</li> <li>• Tétanie</li> <li>• Croissance osseuse ralentie</li> </ul>
Fluor F <sup>-</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caries dentaires</li> </ul>

L'eau de source et celle du robinet n'ont pas une composition minérale constante contrairement à l'eau minérale.

## 2 Quels sont les différents traitements des eaux ?

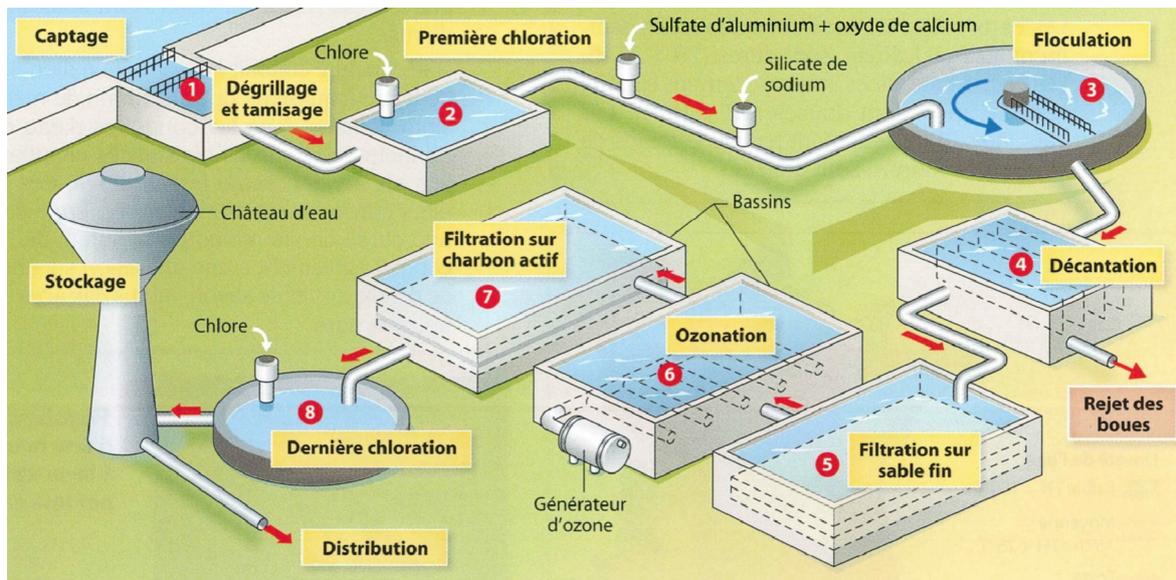


FIG. 4 – Les différents traitements de l'eau.

### 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.

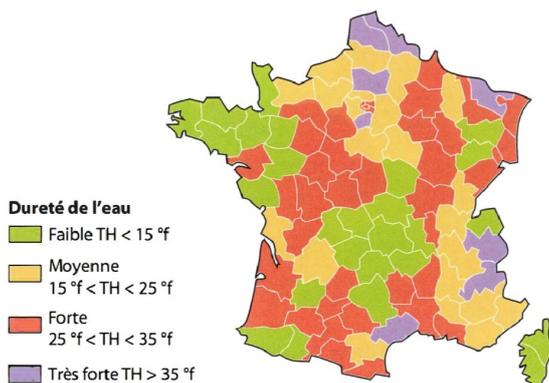


FIG. 5 – Limites de dureté en France.

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 minéralisation 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).

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.

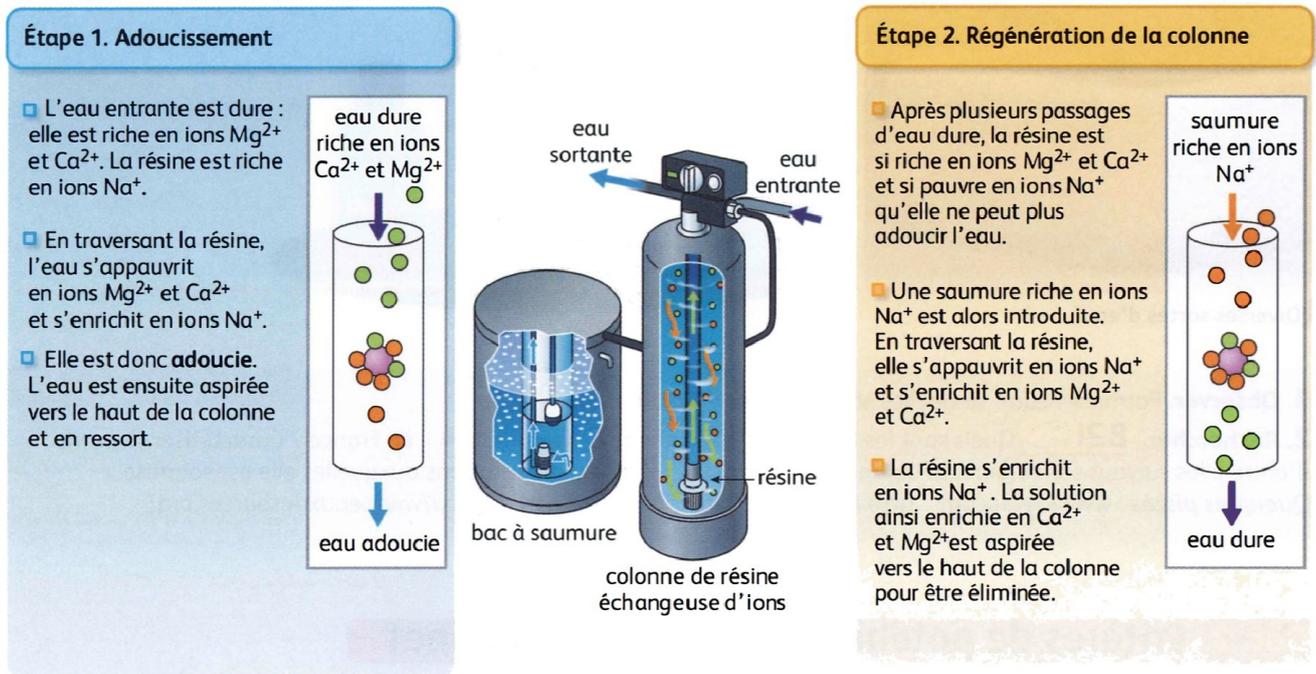


FIG. 6 – Principe d'un adoucisseur d'eau.

## 2.4 Aparté : principe de l'osmose

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.

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.

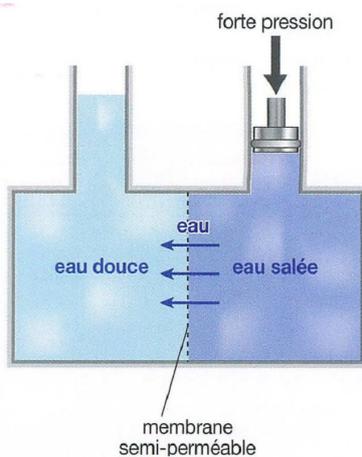


FIG. 7 – Principe de l'osmose inverse.

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.

Pour obtenir ce résultat, on exerce une forte pression sur l'eau salée. 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 Emirats arabes unis, l'usine de Jebel Ali (photographie) produit à elle seule 900 000 m<sup>3</sup>/jour. 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.



FIG. 8 – Usine de dessalement.

### 3 Qualité des sols

#### 3.1 Le sol : un milieu d'échanges de matière (TP n° 1 p. 76 du livre)

Le sol fournit aux plantes l'eau et les ..... nécessaires à leur développement. Situé entre la roche, l'atmosphère et les êtres vivants, le sol est un milieu d'échanges de matière.



FIG. 9 – L'humus.

au sol de la matière minérale.

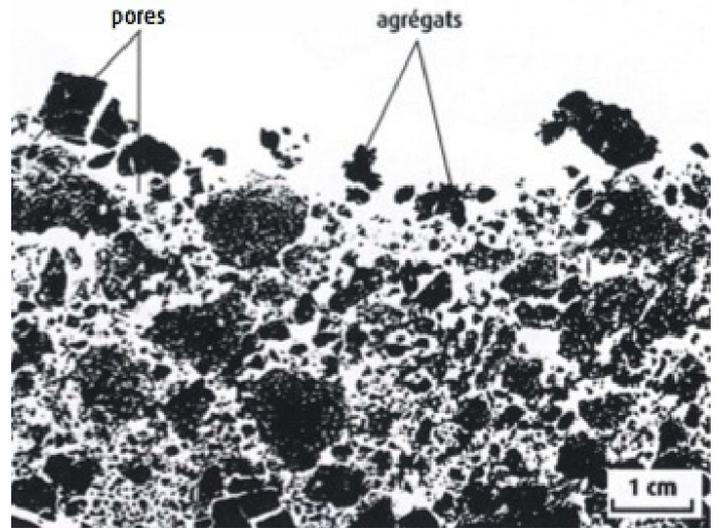


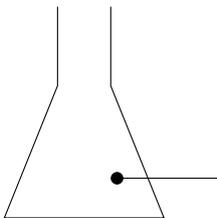
FIG. 10 – Coupe d'un sol.

**L'organisation d'un sol** Les débris de roche qu'il renferme proviennent de la dégradation de la roche mère du sous-sol (non visible ici) et lui apportent de la matière ..... L'humus désigne la matière ..... du sol qui provient de la dégradation des êtres vivants après leur mort. Il fournit également

**Coupe de sol observée à la loupe binoculaire** Les agrégats sont des assemblages de fragments de **roches** et de **complexes argilo-humiques**. Ces derniers résultent de l'association d'éléments issus de matière organique (humus) et de particules minérales argileuses.

#### Manipulations n° 1 – Comprendre le rôle des complexes argilo-humiques.

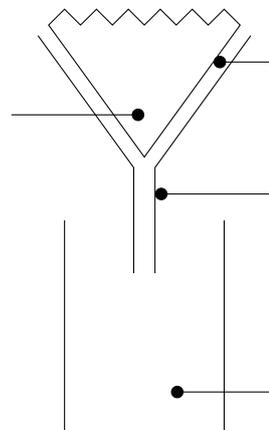
- Introduire dans un erlenmeyer 20 g de sol et 150 mL d'eau. Bien mélanger.



- Verser le contenu de l'erlenmeyer dans un entonnoir muni d'un cône de papier-filtre.
- Quel est l'aspect du filtrat (expérience schématisée à droite) ?

.....

Les complexes argilo-humiques sont ..... de l'aspect trouble du filtrat.



## Manipulations n° 2 – Mettre en évidence les échanges de matière dans le sol.

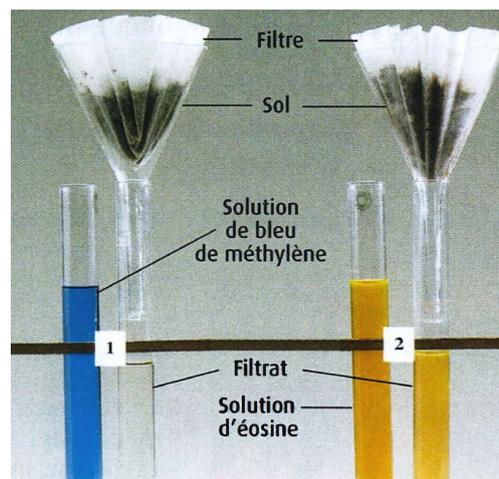
- Placer deux entonnoirs munis de cônes de papier-filtre sur deux tubes à essais 1 et 2.
- Introduire dans chaque entonnoir un échantillon de sol.
- Verser dans le filtre 1 une solution de bleue de méthylène.

Garder un fond de tube de solution de bleue de méthylène en guise de témoin.

- Verser dans le filtre 2 une solution orange d'éosine.

Garder un fond de tube de solution de bleue de méthylène en guise de témoin.

- Comparer la coloration des filtrats obtenus avec celle des colorants de départ.

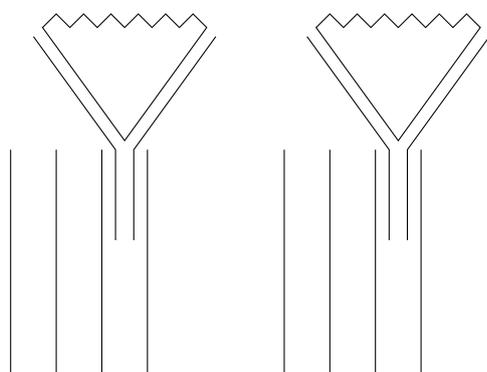


- La coloration bleue de la solution de bleu de méthylène (tube 1) est due à des cations. Les cations sont-ils retenus par le complexe argilo-humique du sol ?

.....

- La coloration orange de la solution d'éosine (tube 2) est due à des anions. Les anions sont-ils retenus par le complexe argilo-humique du sol ?

.....



## Échanges d'ions et développement des végétaux

- Les plantes puisent par leurs racines les ..... (essentiellement sous forme de cations) dont elles ont besoin dans la ..... de sol (la phase liquide).

- Les cations peuvent être ..... dans la **solution** de sol (= ils sont dans l'eau, tout simplement) ou bien ..... par les **complexes argilo-humiques** (CAH en abrégé, qui piège les cations).

- Sur la figure 11 ci-contre le complexe argilo-humique est représenté de façon *symbolique* par un gros ..... rond autour duquel sont collés des ....., représentés symboliquement par des disques plus petits. Ces ions là sont retenus par le complexe argilo-humique. Il peut bien sûr y avoir un échange d'ions entre l'eau contenue dans le sol et le complexe argilo-humique, lorsque les ions ne sont pas collés au disque mentionné précédemment ils sont dits libres, et ainsi les plantes peuvent les absorber via leurs racines.

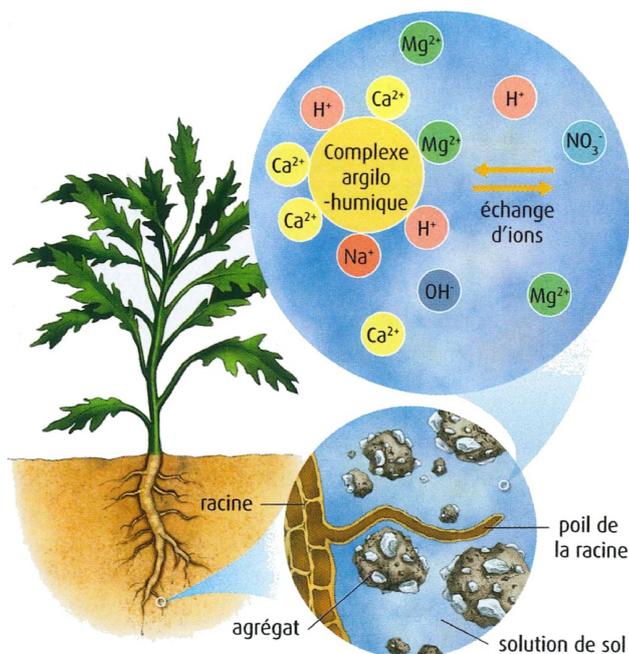


FIG. 11 – Complexe argilo-humique (CAH).

## Une explication plus détaillée du sol

- La terre *arable* se présente sous forme d'**agrégats** (des grumeaux) de différentes tailles. Au microscope, chaque « grumeau » apparaît formé de grains de sable cimentés par un complexe brun formé d'argile et d'humus, c'est ce complexe brun qui est le fameux **complexe argilo-humique**. Une telle structure présente des pores ou cavités permettant une bonne circulation de l'air et de l'eau dans le sol.

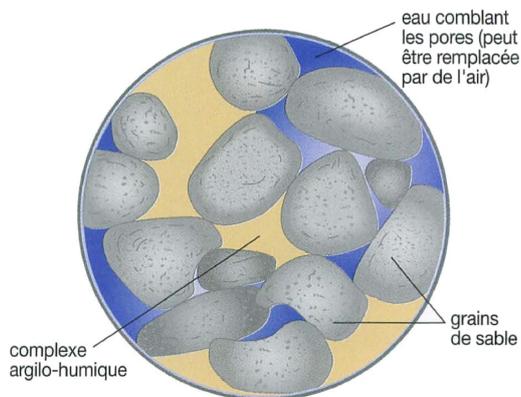


FIG. 12 – Explication du CAH.

- Le CAH (complexe argilo-humique) possède une surface chargée ..... et capture donc les ..... chargés positivement apportés par l'eau. On dit que le CAH forme un **réservoir de ca-**

tions, qu'il peut ensuite céder aux plantes suivant leurs .....

## Les sols sont menacés par les pluies acides

- Les pluies acides sont dues à la présence dans l'atmosphère de ..... libérés par des phénomènes naturels (éruptions volcaniques) et certaines activités humaines (industrie et circulation, avec dégagement de dioxydes de soufre et d'azote).

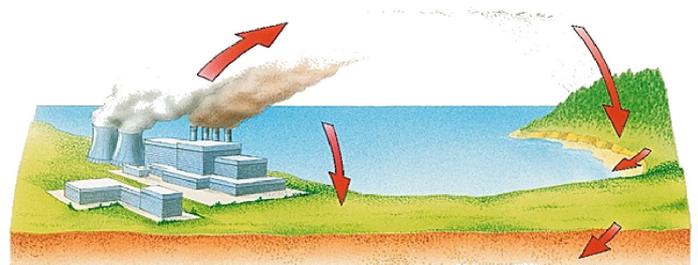


FIG. 13 – Pluies acides.

- Les pluies acides ..... le sol en minéraux. Les effets des pluies acides sont plus importants si le sol est pauvre en agrégats : le sol est moins poreux, l'eau y est alors moins retenue, elle s'infiltré plus rapidement dans les couches souterraines en entraînant avec elle les ions de la solution de sol. Conséquence : les plantes ne trouvent pas les ..... nécessaires !

## 3.2 Engrais et produits phytosanitaires (activité n° 2 p. 78)

Les produits phytosanitaires et les engrais sont très utilisés pour augmenter les ..... dans l'agriculture. Leur composition chimique peut être déterminée par dosage.

### Découverte n° 1 – Comprendre le rôle et l'utilité d'un produit phytosanitaire.

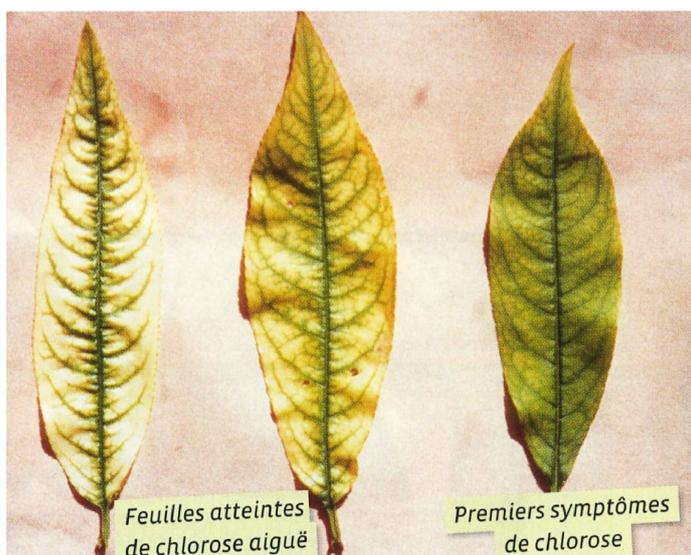


FIG. 14 – Chlorose.

### 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.

**Les produits phytosanitaires** Les produits phytosanitaires 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).

- 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 Corrigé des exercices de la séance n° 11

### 11.1 N° 1 p. 104 – Vrai ou faux ?

- Faux ; il faut chauffer à 100°C (stérilisation) ou même à plus basse température (pasteurisation, apertisation).
- Faux ; le froid ralentit les réactions chimiques d'oxydation et de dégradation, sans les stopper totalement.
- Faux ; néanmoins ils sont une meilleure alternative qu'une alimentation déséquilibrée (les fameux rapports glucides lipides protides !).
- Faux ; solidification.

### 11.2 N° 3 p. 104 – QCM

- Réponse **b**.
- Réponse **b**.
- Réponses **a, b, c et d**.
- Réponse **a**.

### 11.3 N° 4 p. 104 – Brunissement

- Le dioxygène se fixe sur les enzymes de la pomme et conduit à produire une oxydation, avec formation d'un pigment jaune-brun.
- Il s'agit d'une transformation chimique.

- L'acide ascorbique est un antioxydant qui réagit avec le dioxygène de l'air, en compétition avec la réaction précédente, dont l'avancement est de fait minoré.
- La chaleur ou l'ajout de sucre dégradent les enzymes de la pomme et les rendent impropres à la formation du pigment jaune-brun en question.

### 11.4 N° 7 p. 105 – Crèmes glacées

- La crème glacée est une suspension stable car des bulles d'air sont stabilisées dans l'eau grâce à des émulsifiants.
- La structure obtenue est une micelle.

## 5 Exercices de la séance n° 12

### 12.5 N° 3 p. 86 – Eaux minérales et critères de potabilité

- Une eau minérale a des propriétés thérapeutiques reconnues par le ministère de la santé, alors qu'une eau de source satisfait aux critères de potabilité.
- 1708 mg/L donc  $1708/5=341,6$  mg pour 200 mL.
- Non : beaucoup trop de chlorures, de bicarbonate (eau gazeuse !), de sodium...
- Cette eau apporte trop de sodium (formule  $\text{NaCl}$  pour le sel de cuisine).

### 12.6 N° 4 p. 87 – L'eau des carafes filtrantes

- La consommation d'une eau ayant un goût chloré n'est pas dangereuse pour la santé, le chlore étant classiquement utilisé dans le processus de traitement de l'eau pour éviter le développement des microorganismes.
- Les contraintes d'utilisation des carafes filtrantes sont le fait de devoir changer régulièrement les cartouches, ce qui entraîne un coût supplémentaire et un risque de contamination biologique de l'eau.

- L'utilisation de carafes filtrantes est une question de confort. L'eau dure ou l'eau chlorée n'ont pas de conséquences pour la santé. L'utilisation de carafes est contraignante, elle impose une hygiène irréprochable au risque de contaminer l'eau avec des agents pathogènes. L'eau filtrée est moins chère que l'eau en bouteille, mais plus chère que celle de l'eau du robinet.

### 12.7 N° 5 p. 87 – Dépollution des sols par les plantes

- Les ions métalliques  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{2+}$  sont retenus par le complexe argilo-humique.
- Le sol échange les ions métalliques avec les plants de moutarde. Ceux-ci accumulent les ions dans leurs tiges et dans leurs feuilles. Ainsi la concentration en ions métalliques dans le sol diminue.
- Les plantes contiennent les métaux lourds en quantité notable. Elles ne peuvent donc pas être consommées, il faut les détruire.