

Thème 2 – Nourrir l'humanité (introduction)

Une population de neuf milliards d'humains est prévue au XXI^{ème} 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 culturales ;
- 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 II)

- 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.

Les compétences exigibles du chapitre 7 « Qualité des aliments » seront données dans le chapitre correspondant.

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

1.1 Reconnaître les trois types d'eaux



Cascade Langevin, Île de la Réunion.

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

.....

.....

2. Les classer en quatre type 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 du robinet et l'eau de source 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 NO_3^- (indésirable)	50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitrite NO_2^- (indésirable)	0,50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Sodium NO_3^- (indésirable)	200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Sulfate SO_4^{2-} (indésirable)	250 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Plomb 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.



Minéraux (mg·L ⁻¹)	eau de Paris	Vichy Saint-Yorre	Contrex	eau de source Fiee des Lois
hydrogencarbonate	220	4 368	372	360
calcium	90	90	468	89
magnésium	6	11	75	31
sodium	10	1 708	10	14
potassium	2	132	3	2
sulfates	30	174	1 121	47
chlorures	20	322	7	28
nitrites	29	0	0	0,05
fluor	0,17	1	0	1

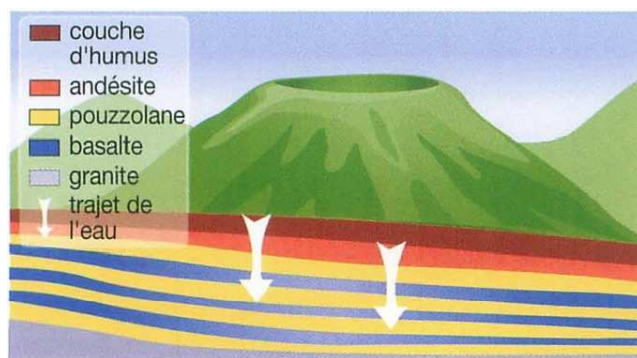
L'eau du robinet a généralement subi des traitements pour être propre à la consommation.

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 thérapeutiques, 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 varier.

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.

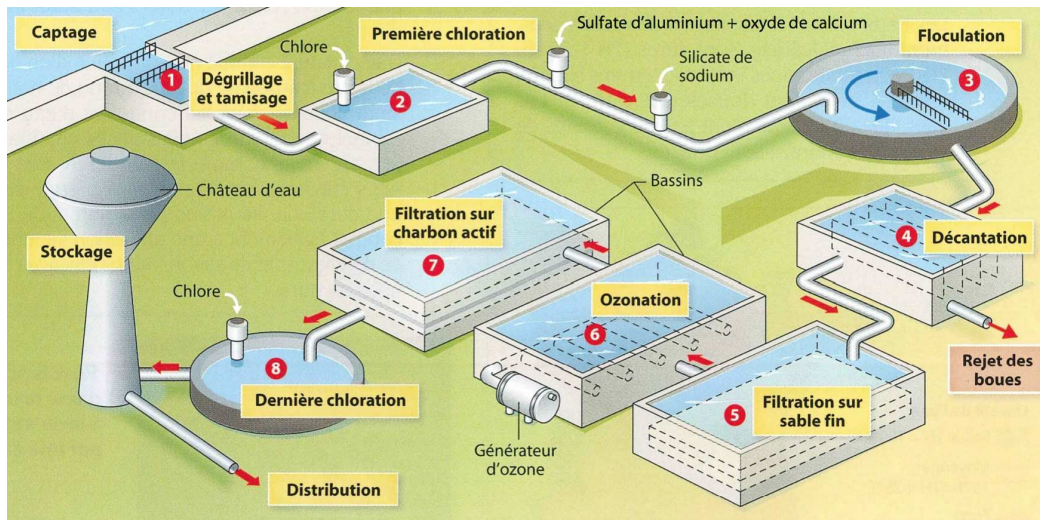


Bilan Avant d'être puisée par l'Homme, et au contact des sols, l'eau se charge naturellement en sels minéraux (sous forme d'ions) et en oligoéléments. Ils sont indispensables à la santé et doivent être apportés en quantité suffisante mais pas excessive.

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

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 ?



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

2.2 Dureté d'une eau

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium dissous sous forme d'ions et, dans une moindre mesure, d'ions magnésium. 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 ($^{\circ}f$). Les eaux souterraines, issues de roches sédimentaires (calcaires), sont dures ($TH > 25^{\circ}f$). Les eaux souterraines issues de terrains siliceux (granite, grès) sont douces ($TH < 15^{\circ}f$). Les eaux de surface, qui n'ont pas eu le temps de se charger en ions, sont douces.

Une eau alimentaire ne doit pas être trop douce 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 dure 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.

2.3 Adoucissement d'une eau « dure »

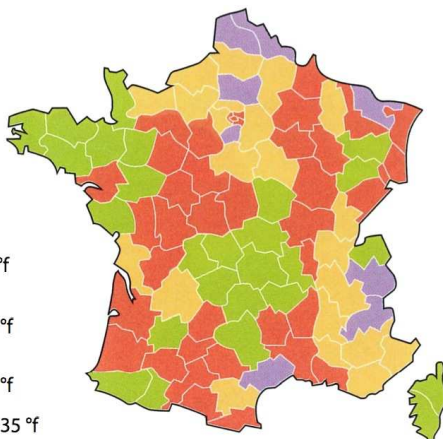
Dans le cas d'eau à minéralisation excessive (eau salée, eau très dure), plusieurs procédés sont utilisables :

- la distillation qui consiste à vaporiser l'eau salée et à liquéfier la vapeur d'eau obtenue ;
- l'osmose inverse qui est une filtration sous pression à travers une membrane ne laissant passer que les molécules d'eau ;
- la déminéralisation 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).

Voici (page suivante) le schéma général et le principe de fonctionnement d'un adoucisseur d'eau. En général 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.

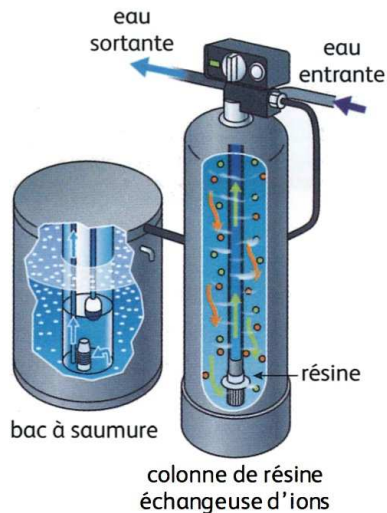
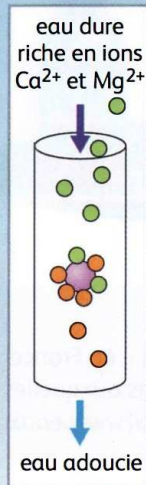
Dureté de l'eau

- Faible $TH < 15^{\circ}f$
- Moyenne $15^{\circ}f < TH < 25^{\circ}f$
- Forte $25^{\circ}f < TH < 35^{\circ}f$
- Très forte $TH > 35^{\circ}f$



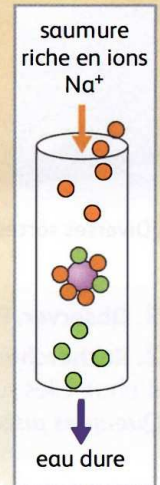
Étape 1. Adoucissement

- L'eau entrante est dure : elle est riche en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} . La résine est riche en ions Na^+ .
- En traversant la résine, l'eau s'appauvrit en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} et s'enrichit en ions Na^+ .
- Elle est donc **adoucie**. L'eau est ensuite aspirée vers le haut de la colonne et en ressort.



Étape 2. Régénération de la colonne

- Après plusieurs passages d'eau dure, la résine est si riche en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} et si pauvre en ions Na^+ qu'elle ne peut plus adoucir l'eau.
- Une saumure riche en ions Na^+ est alors introduite. En traversant la résine, elle s'appauvrit en ions Na^+ et s'enrichit en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} .
- La résine s'enrichit en ions Na^+ . La solution ainsi enrichie en Ca^{2+} et Mg^{2+} est aspirée vers le haut de la colonne pour être éliminée.



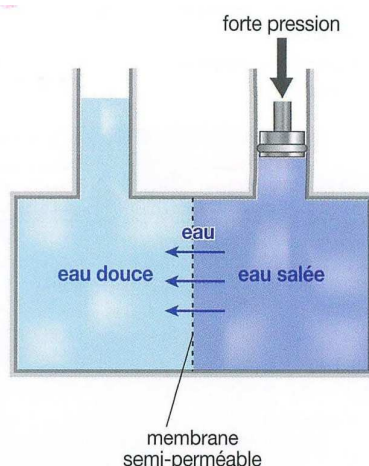
Principe d'un adoucisseur d'eau.

2.4 Dessalement de l'eau de mer

L'osmose 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.

Pour produire de l'eau potable à partir d'eau salée, il faut inverser 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.



Principe de l'osmose inverse.

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 coûteuse 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^3 /jour.

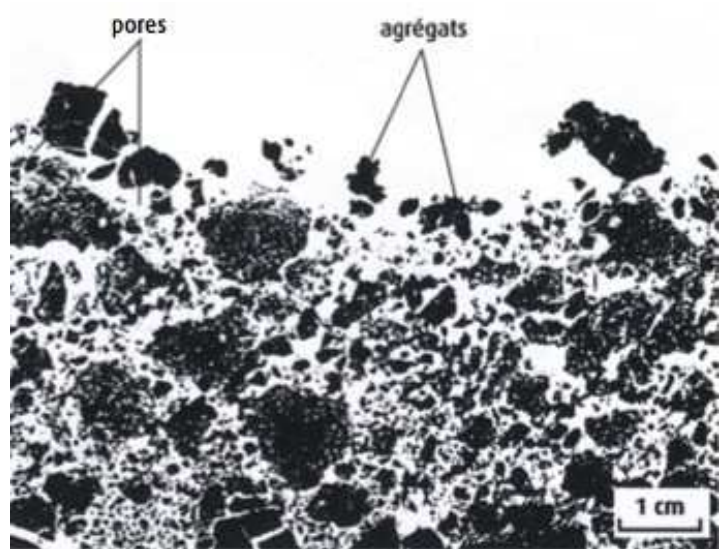


Usine de dessalement.

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

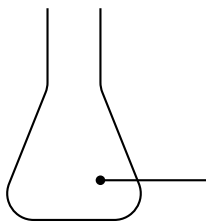


L'organisation d'un sol Les débris de roche qu'il renferme proviennent de la dégradation de la roche mère du sous-sol (non visible ici) et lui apportent de la matière minérale. L'humus désigne la matière organique du sol qui provient de la dégradation des êtres vivants après leur mort. Il fournit également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

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.

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

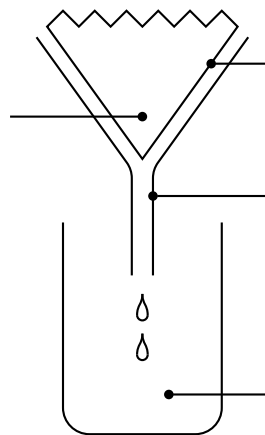
- Introduire dans un erlenmeyer 20 g de sol et 150 mL d'eau. Bien mélanger.



- Verser le contenu de l'erlenmeyer dans un entonnoir muni d'un cône de papier-filtre.
- Quel est l'aspect du filtrat ?

.....

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



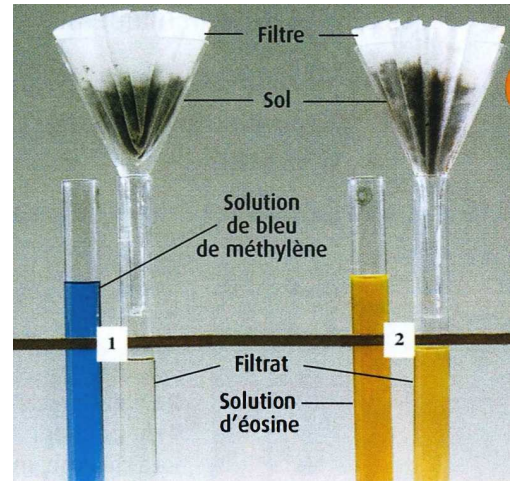
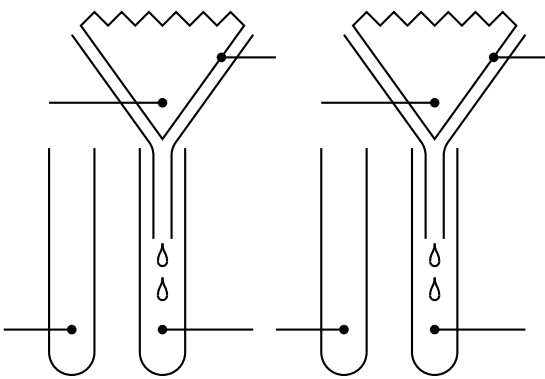
Manipulation n°2 – Mettre en évidence les échanges de matière dans le sol.

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

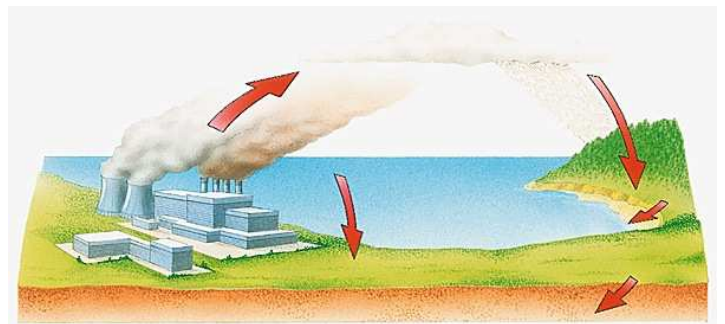
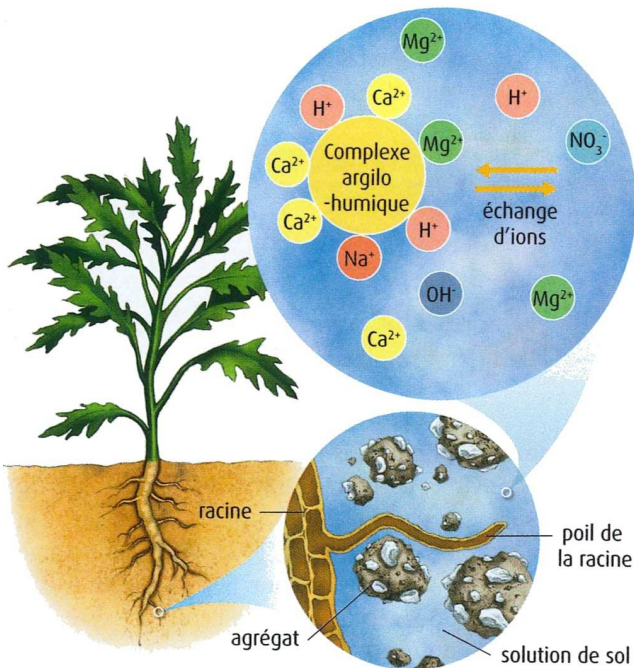
.....

- 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 ?

.....

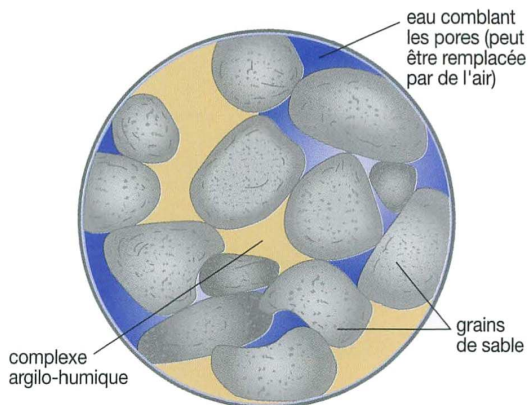
Les échanges d'ions et le développement des végétaux

Les plantes puisent par leurs racines les minéraux (essentiellement sous forme de cations) dont elles ont besoin dans la solution de sol (la phase liquide). Les cations peuvent être libres dans la solution de sol ou bien retenus par les complexes argilo-humiques (CAH en abrégé).



Les sols sont menacés par les pluies acides Les pluies acides sont dues à la présence dans l'atmosphère de polluants libérés par des phénomènes naturels (éruptions vol-

caniques) et certaines activités humaines (industrie). Les pluies acides appauvrissent ainsi 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.



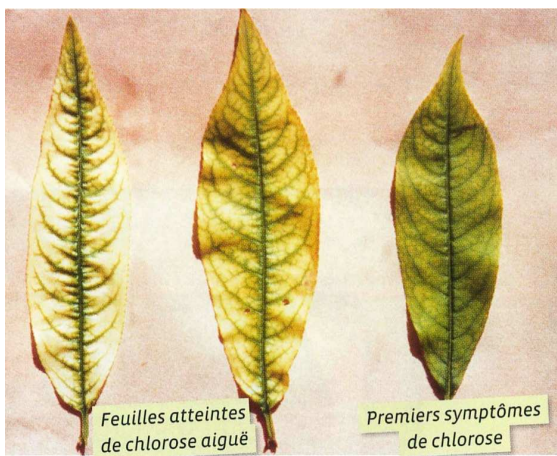
Bilan

- 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, le 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.
- Le CAH (complexe argilo-humique) possède une surface chargée négativement et capture les cations apportés par l'eau. On dit que le CAH forme un réservoir de cations, qu'il peut ensuite céder aux plantes suivant leurs besoins.

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

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

Découverte n°1 – Comprendre 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 pré-

maturé 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 :

- protéger les végétaux contre les organismes nuisibles (insectes, bactéries, etc.) : les pesticides et les insecticides ;
- détruire ou limiter la croissance de plantes indésirables (ou plantes adventices) : les herbicides ;
- réguler ou modifier la croissance des végétaux (l'aspect nutrition n'est pas inclus).

Bilan

- 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'azote (N), le potassium (K) et le phosphore (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 soigner 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 sera moins efficace sur un sol de moindre qualité, car il risque d'être lessivé par les eaux !