

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.

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

.....

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 NO_3^- (indésirable)	50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitrite NO_2^- (indésirable)	0,50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Sodium Na^+ (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 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

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 ?

.....

.....

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.

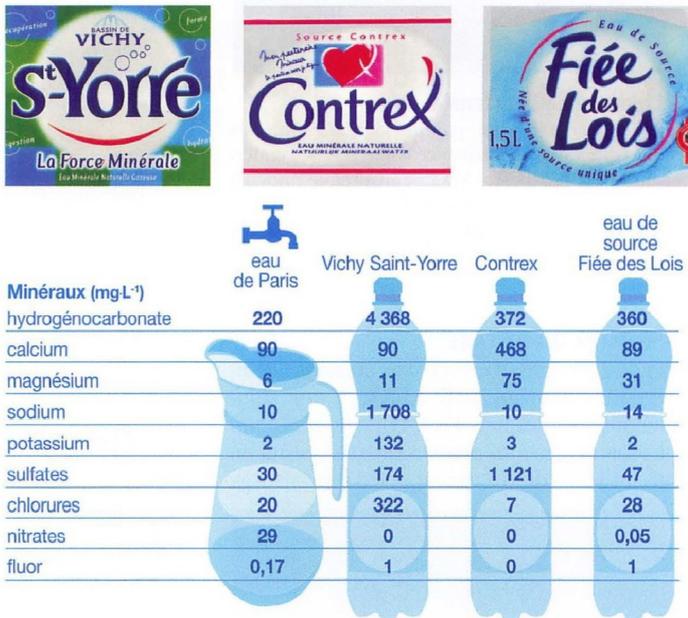


FIG. 2 – Classement des eaux minérales.

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.

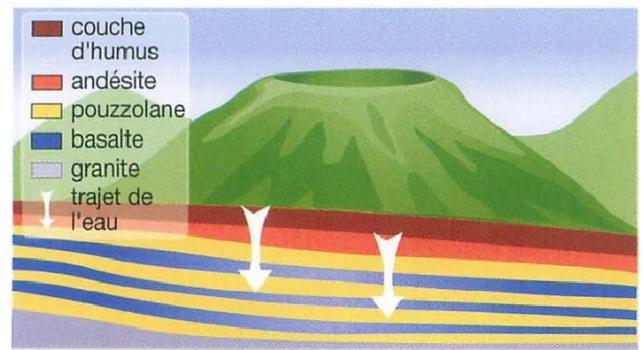


FIG. 3 – Le filtre géant de l'eau de Volvic.

L'eau de source et celle du robinet n'ont pas une composition minérale contrairement à 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'.....) et en **oligoéléments**. Ils sont indispensables à la santé et doivent être apportés en quantité suffisante mais pas excessive. Le tableau ci-dessous indique deux ions indispensables.

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

1.5 Tests des ions dans une eau

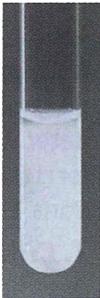
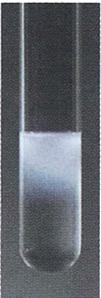
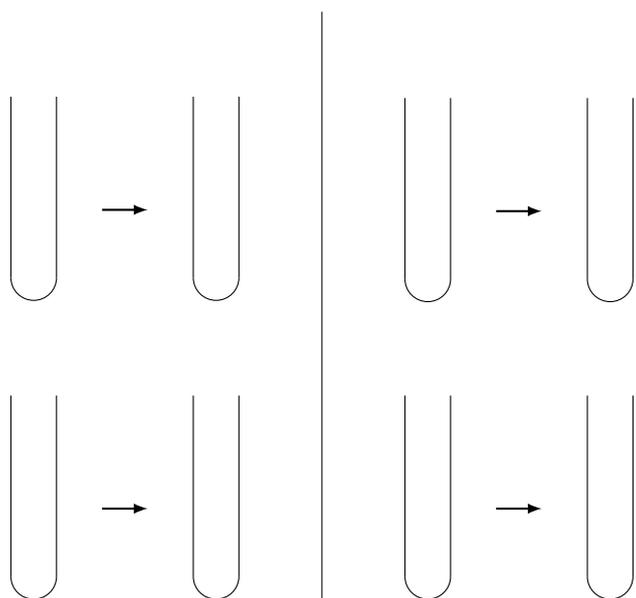
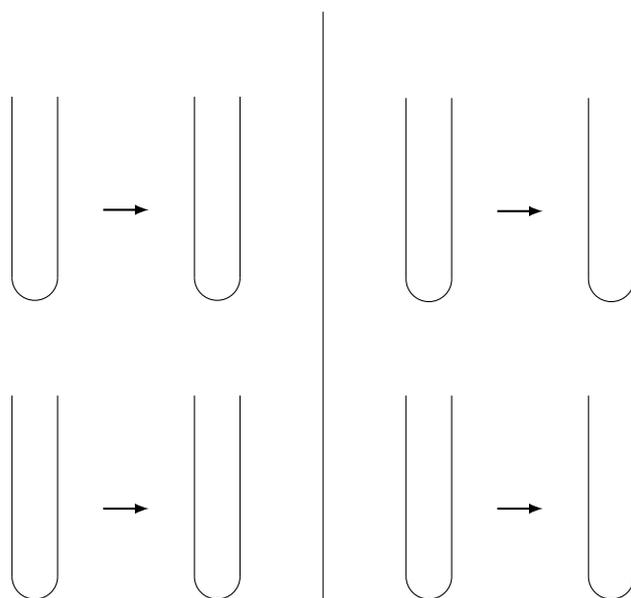
Test	1	2	3	4	5
Ion testé	Chlorure Cl^-	Calcium Ca^{2+}	Magnésium Mg^{2+} et calcium Ca^{2+}	Sulfate SO_4^{2-}	Fer (II) Fe^{2+}
Réactif	Nitrate d'argent	Oxalate d'ammonium	Solution de N.E.T. à pH = 10 <i>La solution de N.E.T. est bleue.</i>	Chlorure de baryum	1,10-phénantroline
Observation si le test est positif	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Avant</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Après</p>  </div> </div> <p>Précipité blanc qui noircit à la lumière.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Avant</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Après</p>  </div> </div> <p>Précipité blanc.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Test négatif</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Test positif</p>  </div> </div> <p>Solution initiale bleue qui devient rose en présence d'ions calcium ou magnésium.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Avant</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Après</p>  </div> </div> <p>Précipité blanc.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Avant</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Après</p>  </div> </div> <p>Solution rouge.</p>

FIG. 4 – Rappel des résultats de différents tests.

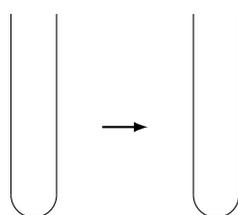
1.5.1 Test de l'eau de Volvic



1.5.2 Test de l'eau d'Hépar



1.5.3 Test des ions fer (II)



2 Quels sont les différents traitements des eaux ?

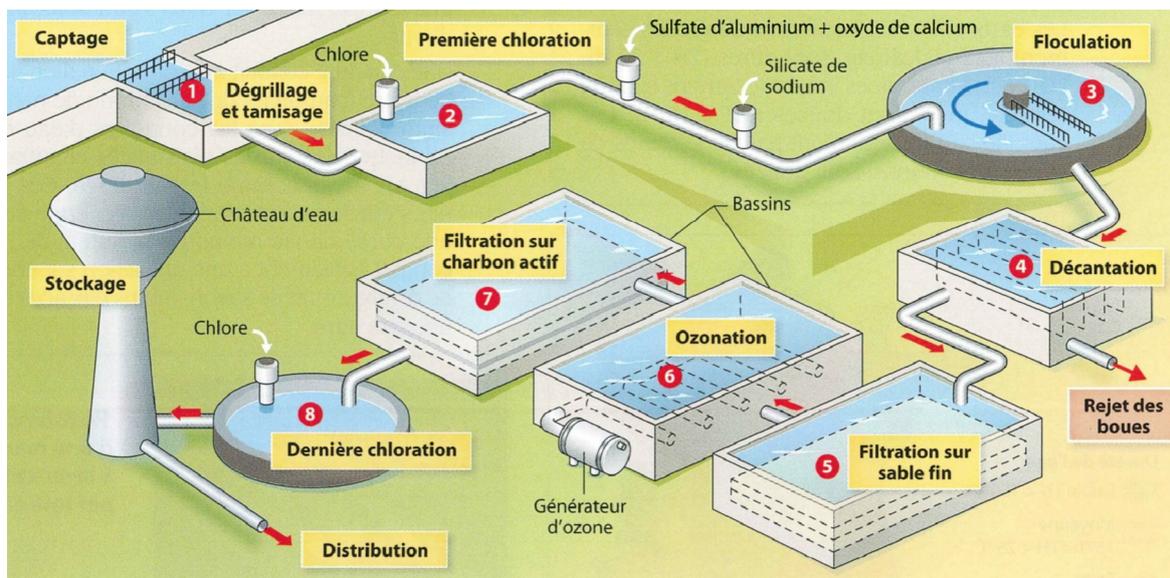


FIG. 5 – Les différents traitements de l'eau.

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.

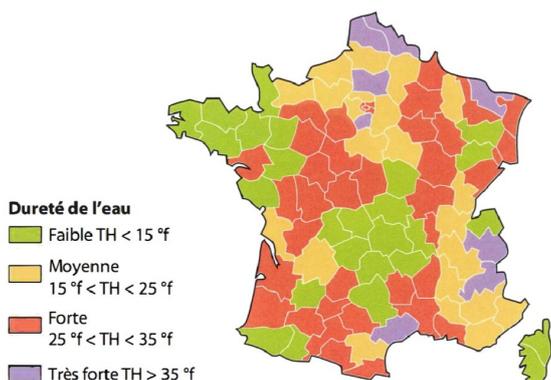


FIG. 6 – Limites de dureté en France.

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).

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.

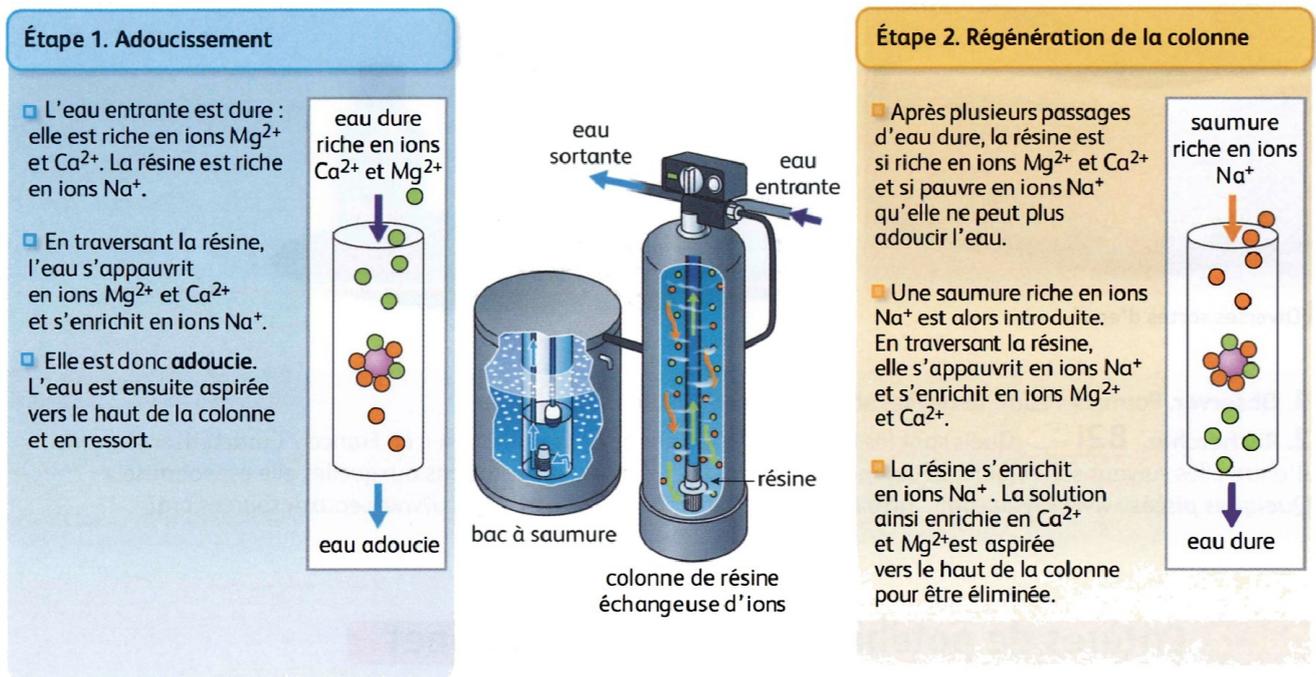


FIG. 7 – Principe d'un adoucisseur d'eau.

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

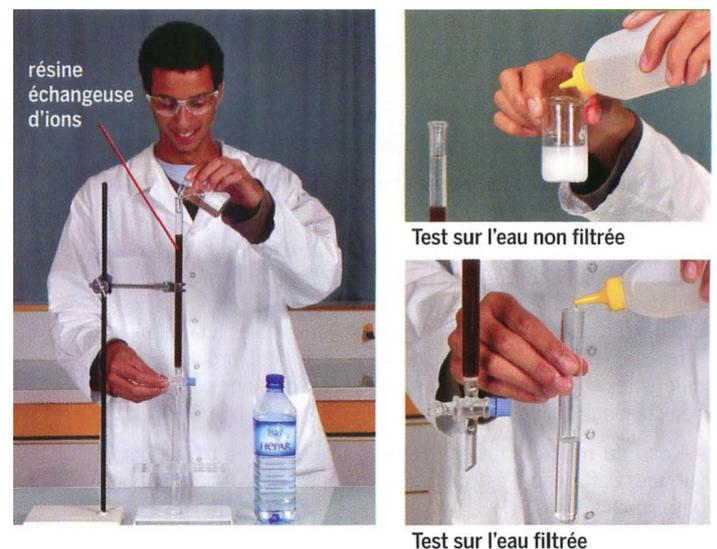


FIG. 8 – Adoucissement d'une eau à l'aide d'une résine cationique.

- 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.

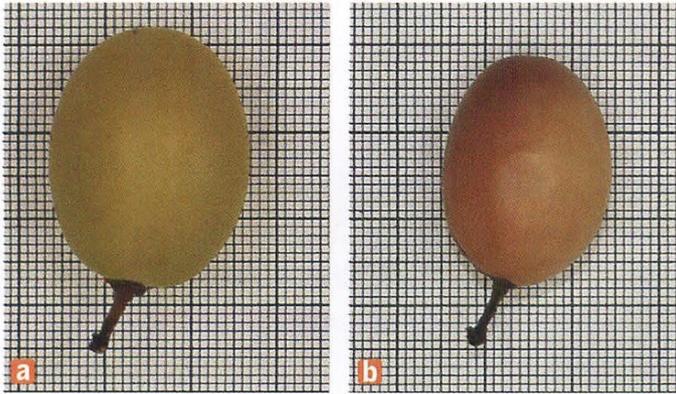


FIG. 9 – (a) Grain de raisin frais. (b) Le même grain de raisin après un séjour de 12 jours dans de l'eau salée.

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.

3 Exercices pour la séance n° 13

12.1 N° 1 p. 86 – Vrai ou faux ?

12.2 N° 2 p. 86 – QCM

12.3 N° 3 p. 86 – Eaux minérales

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

12.5 Enquête p. 88 – Faut-il boire l'eau ?

12.6 Esprit critique p. 89 – Une campagne choc

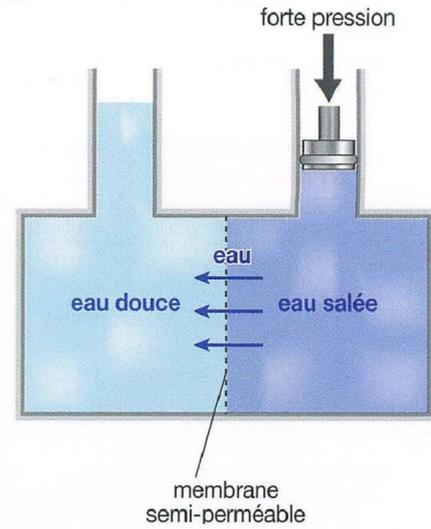


FIG. 10 – Principe de l'osmose inverse.

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 m³/jour.



FIG. 11 – 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.

4 Engrais et produits phytosanitaires

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

4.1 Les besoins des cultures

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



FIG. 12 – 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 **engrais**.

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 ₂ PO 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. 13 – 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, Mon 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. 14 – Récolte des fraises hors sol.

4.2 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**.

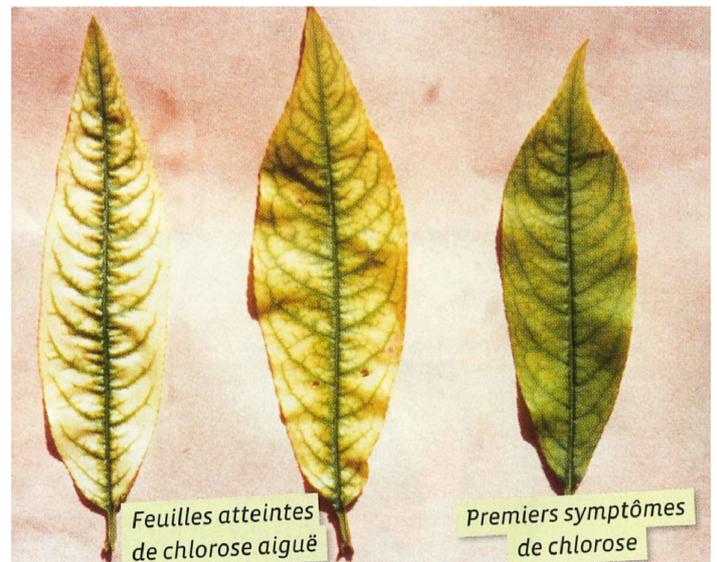


FIG. 15 – Chlorose.

De l'utilité d'un dosage Il convient de délivrer aux plantes **exactement** la bonne **dose** de produit phytosanitaire (pourquoi?). Effectuer un **dosage** consiste à déterminer la **quantité de produit** utilisé.

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).

Protocole expérimental d'un dosage des ions fer d'une solution contre la chlorose.

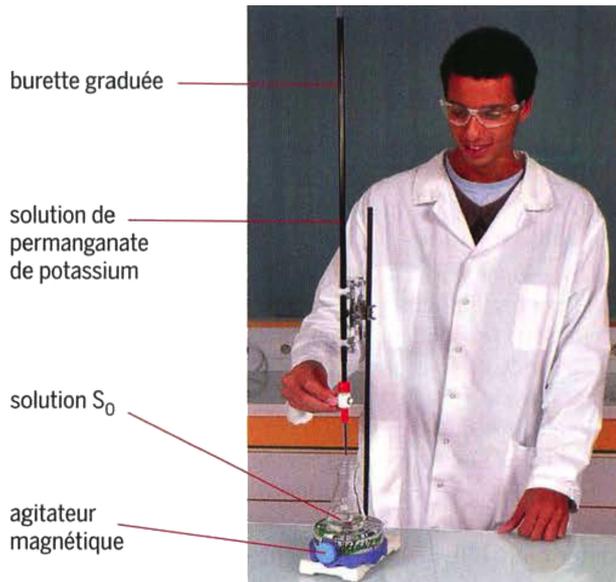


FIG. 16 – Matériel pour un dosage colorimétrique (= par changement de couleur).

- Prélever précisément (= à la pipette jaugée) $V_1 = 10,0$ mL de solution de produit phytosanitaire de concentration inconnue C_1 et les verser dans un erlenmeyer ;
- Remplir la burette d'une solution de permanganate de potassium de concentration connue C_2 (solution violette) ;
- Ajouter la solution violette de permanganate de potassium : la coloration violette disparaît, car il y a réaction chimique (figure 22 à gauche).



FIG. 17 – Couleurs du mélange avant et après l'équivalence.

- Lorsque la coloration violette persiste à la goutte près (figure 22 à droite), c'est que l'on a tout juste dépassé l'équivalence, de volume V_{2E} ;
- La concentration inconnue en ions fer du produit phytosanitaire est proportionnelle au volume V_{2E} versé à l'équivalence, ce qui permet de trouver la concentration inconnue C_1 :

$$C_1 V_1 = C_2 V_{2E} \Leftrightarrow C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{V_1}$$

4.3 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...)!

5 Corrigé des exercices de la séance n° 11

11.1 N° 5 p. 87 – Dépollution des sols.

1. Dans le sol, le **complexe argilo-humique** (CAH en abrégé) est un ensemble complexe chargé négativement. Ainsi, il peut **capturer les cations**, chargés positivement, présents dans la solution de sol. Les ions zinc Zn^{2+} , plomb Pb^{2+} et cadmium Cd^{2+} peuvent ainsi s'accumuler dans le CAH, et donc dans le sol.
2. Les plants de moutarde ont la faculté de **concentrer les ions métalliques** dans leurs tiges. Les trois cations cités précédemment sont justement des ions métalliques (issus de métaux, partie gauche et partie centrale du tableau périodique). Par conséquent, ces plantes vont prélever ces ions dans la solution de sol. De plus, un **échange permanent entre le CAH et la solution de sol** provoque une libération des cations métalliques au fur et à mesure de leur utilisation par les plantes. En conclusion, les plants de moutarde peuvent potentiellement réduire les stocks de cations métalliques dans un sol.
3. Les plants contiennent des ions métalliques qui sont **dangereux pour la santé** (particulièrement l'ion cadmium Cd^{2+} et l'ion plomb Pb^{2+}). Par conséquent, il ne faut pas consommer ces plants. Les incinérer permet de diminuer le volume de solide qu'il convient de ratisser à la fin de la saison, après la coupe.

11.2 N° 3 p. 183 – Une maison écologique.

1. Toutes les habitations ne sont pas chauffées (ou climatisées...) en utilisant des **énergies fossiles**. Par conséquent, la **hausse** des émissions de dioxyde de carbone CO_2 est **concomitante** à la hausse de la consommation d'énergie, mais pas exactement égale ni même forcément exactement proportionnelle.
- 2.a. Une maison ancienne est indiquée de classe énergétique G, supérieure à $450 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ pour une année. Pour 100 m^2 , la consommation annuelle sera donc supérieure à $45\,000 \text{ kWh}$.
- 2.b. Même raisonnement, classe D, entre $15\,100 \text{ kWh}$ et $23\,000 \text{ kWh}$.
- 2.c. Même raisonnement, classe A, inférieure à $5\,000 \text{ kWh}$.
3. Que l'énoncé demande un rapport de puissance ou d'énergie ne change rien. Utilisons les chiffres minimums de chaque catégorie :

$$\frac{450}{5} = 90$$

Ainsi, une maison ancienne peut nécessiter **quatre-vingt-dix fois plus d'énergie** qu'une maison basse consommation.

Attention néanmoins à ne pas aller trop vite dans le *green washing* (ou *fascisme vert*).

D'une part, construire une maison neuve nécessite beaucoup d'énergie et peut émettre beaucoup de dioxyde de carbone ;

D'autre part, les étiquettes d'énergie, actuellement obligatoires pour toute transaction immobilière, sont apposées selon des **critères ineptes**. La mode du tout béton, des pièces minuscules, des fenêtres ultra-hermétiques et de la ventilation mécanique forcée nous a fait oublier le génie des constructeurs du 17^e siècle, qui n'utilisaient que la chaux, la brique et le bois, matériaux sains et isolants, et construisaient des pièces d'un volume considérable, ce qui permettait de se tenir éloigné des immenses portes-fenêtres assurant un chauffage solaire passif et des courants d'air assurant une ventilation naturelle.

Ainsi, contrairement à ce que l'on pourrait croire, **les progrès de la science ne sont pas linéaires**. On peut même connaître des périodes d'obscurantisme, comme c'est actuellement le cas dans le bâtiment.

4. Isoler une habitation a un intérêt certain.

En revanche, il ne faut pas négliger les répercussions d'une isolation mal posée. Il faut convenablement gérer le problème de la **condensation de la vapeur d'eau** produite par les habitants, ainsi que le problème de la ventilation, et son corollaire, la **pollution de l'air intérieur**. De plus, la couche d'isolant peut cacher des problèmes dans le bâti, comme une infiltration d'eau, la corrosion de l'armature du béton ou l'attaque des bois par les insectes ou les champignons (entre autres joyeusetés).

11.3 N° 4 p. 183 – L'impact environnemental.

1. Le dioxyde de carbone CO_2 . Limiter son rejet permet de limiter le **réchauffement climatique**.
2. L'impact d'un véhicule va dépendre de sa motorisation et de sa puissance.
3. Les ressources fossiles ne provoquent pas de dégagement de dioxyde de carbone CO_2 . En revanche, le **bilan énergétique** d'un tel véhicule est catastrophique, une très grande partie de l'énergie étant perdue dans les multiples étapes nécessaires à la production, au transport, au stockage et à l'utilisation de l'énergie électrique.
4. L'agrocultiver est vraiment une assez mauvaise idée : **monopolisation des terres** allouées à des **cultures vivrières**. Néanmoins, il permet un « bilan carbone » neutre (autant de dioxyde de carbone absorbé par les plantes qu'émis par les véhicules). Le *green washing*, encore et toujours !