

QUALITÉ DES SOLS ET DE L'EAU

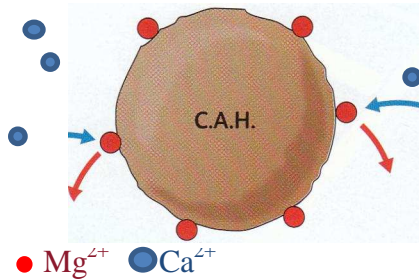
I. LE SOL, UN MILIEU D'ÉCHANGES DE MATIÈRE

On définit le sol comme la **partie supérieure et arable de l'écorce terrestre**. Une plante est un organisme vivant qui a besoin d'un apport de matière pour se développer. Comment le sol va-t-il permettre d'échanger de la matière avec la plante ?



1) Le sol : une interface terre – eau – air :

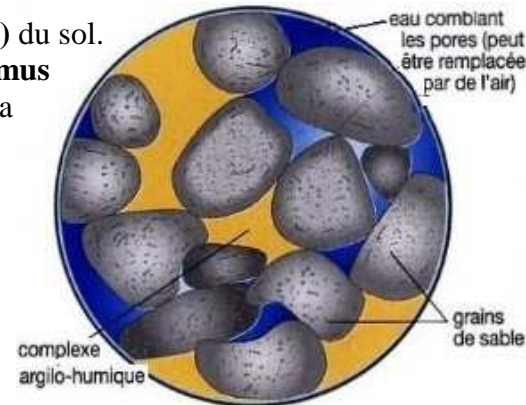
La **terre arable** se présente sous forme d'agrégats (des grumeaux) de différentes tailles. Au microscope, chaque « grumeau » apparaît formé de grains de sable cimentés par un complexe brun formé d'argile et d'humus, le complexe **argilo-humique**. Une telle structure présente des **pores** ou cavités)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



● Mg^{2+} ● Ca^{2+}

Échange ionique à la surface d'un C.A.H.: un ion calcium Ca^{2+} apporté par une solution remplace un ion magnésium Mg^{2+}

Le **complexe argilo-humique (ou C.A.H.)** du sol. est un **agrégat constitué d'argiles et d'humus** (matières organiques en décomposition) à la surface duquel des ions sont échangés. **Les échanges ioniques** entre une solution ionique et le sol, et donc l'efficacité d'un engrais ou d'un produit phytosanitaire, dépendent de la **qualité du sol**.



2) Echanges d'ions entre le sol et les végétaux :



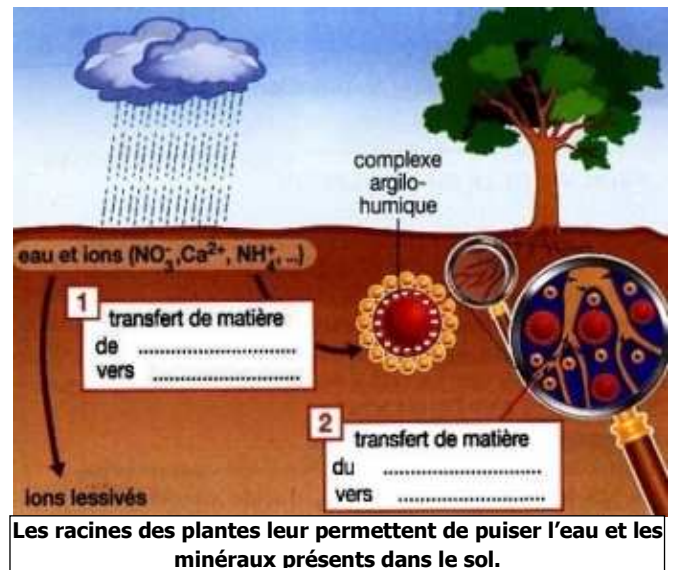
Le sol est un milieu d'échanges de matière. L'eau du sol cède les cations (NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , ...) au complexe argilo-humique de surface négative.

Ce dernier forme ainsi un réservoir de cations qu'il peut ensuite céder aux plantes suivant leurs besoins. Les végétaux peuvent également puiser l'eau contenue dans les pores.

Le complexe argilo-humique **permet des échanges de matière. Il retient les cations présents dans les eaux du sol** cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ...) et peut les céder à la plante selon ses besoins.



Chaque racine présente une multitude de poils absorbants en contact avec l'eau du sol.



Questions :

Question 1 : Par quoi peuvent-êtr occupés les pores entre les agrégats de la terre arable ?

Déduisez-en l'existence d'interfaces qui permettent des échanges de matière.

Question 2 : Quel type d'ions est retenu par le complexe argilo-humique et quelle est donc la charge de sa surface ?

Les ions nitrate NO_3^- et les ions calcium Ca^{2+} sont-ils susceptibles d'être piégés par le complexe argilo-humique ?

Question 3 : Parmi les ions cités, lesquels sont retenus par le complexe argilo-humique ? Nommez les ions non retenus (appelés ions lessivés). Précisez les transferts de matière 1 et 2.

Réponse aux questions :

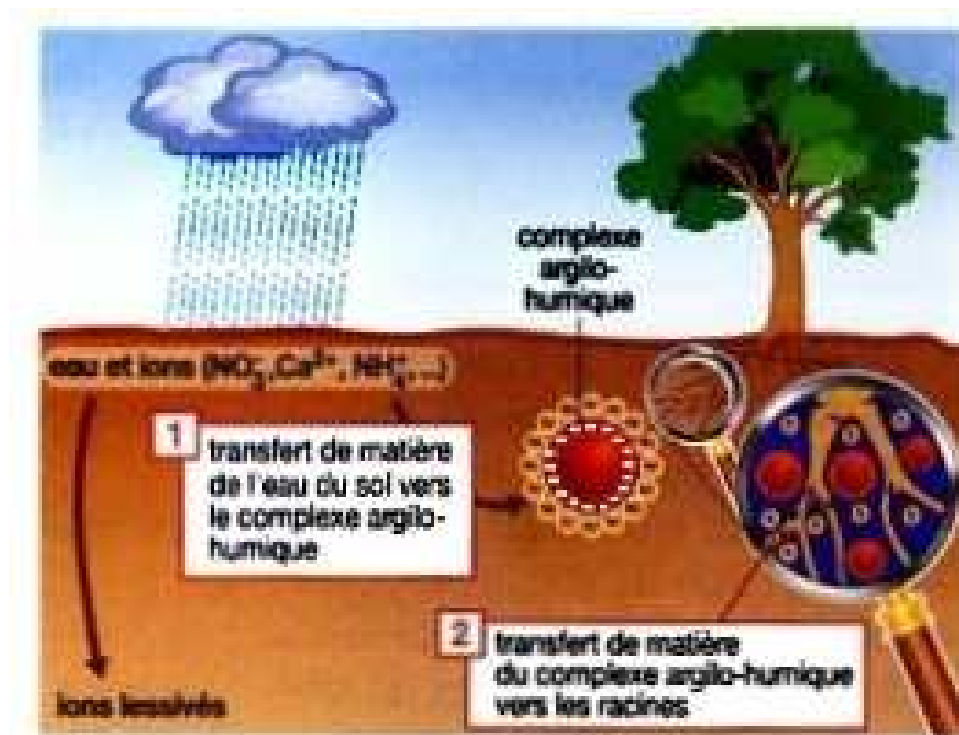
1. Les pores entre les agrégats peuvent être occupés par de l'air ou de l'eau (eau de sol) qui contient des minéraux. Des interfaces existent donc entre le complexe argilo-humique et l'eau du sol et entre le complexe argilo-humique et les racines des végétaux.

Puisqu'il existe des interfaces, un transfert de matières de l'eau du sol vers le complexe argilo-humique est possible, de même qu'un second transfert de matières du complexe argilo-humique vers les racines du végétal. De plus, la présence de l'eau dans les pores permet l'absorption de l'eau par les végétaux.

2. Le complexe argilo-humique retient les cations et non les anions. Sa charge superficielle doit donc être négative.

Les ions nitrates NO_3^- qui sont des anions ne sont pas retenus par le complexe argilo-humique contrairement au cation Ca^{2+} .

3. Les ions retenus par le complexe argilo-humique sont Ca^{2+} , NH_4^+ car il s'agit de cations. Les ions nitrate NO_3^- de charge négative sont lessives. Le transfert 1 de matière correspond à un transfert de l'eau du sol vers le complexe argilo-humique. Le transfert 2 est un transfert du complexe argilo-humique vers les racines des végétaux.



II. LES ENGRAIS ET LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES :

1. Composition chimique

PHOSPHO POTASSIQUE PK 14-18 (3 MgO, 15 SO₃, 1 Fe)

Engrais PK à base de phosphate naturel tendre contenant du magnésium, du soufre et du fer.

Pauvre en chlore

•14 % d'Anhydride Phosphorique (P₂O₅) soluble dans les acides minéraux dont 7,7% d'Anhydride Phosphorique (P₂O₅) soluble dans l'acide formique à 2%

•8 % d'Oxyde de Potassium (K₂O) soluble dans l'eau

•3 % d'Oxyde de Magnésium (MgO) total

•5 % d'Anydride Sulfurique (SO₃) soluble dans l'eau

•1 % de Fer (Fe) total

Engrais contenant un oligo-élément.

A n'utiliser qu'en cas de besoin reconnu.

Ne pas dépasser la dose adéquate.

Engrais PK pour hortensias.

Un engrais et un produit phytosanitaire n'ont pas le même rôle, ni même **composition chimique**.

Un engrais est un produit organique ou minéral destiné à **améliorer la croissance des plantes et à augmenter le rendement et la qualité des cultures**.

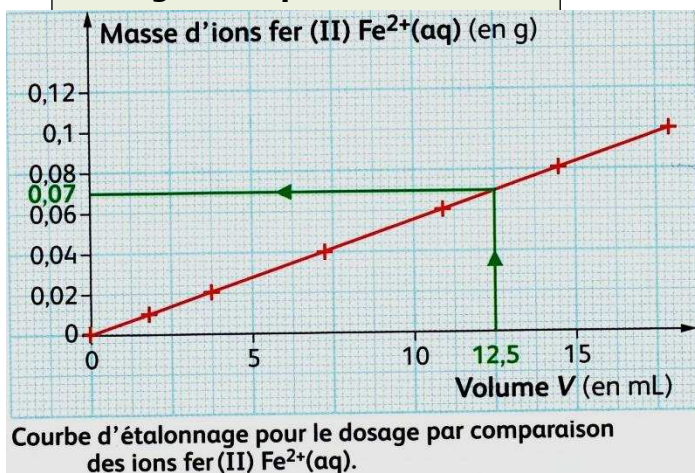
Le choix de l'engrais à utiliser est conditionné par le sol qui l'accueille et la plante cultivée. Les principaux éléments apportés par un engrais sont l'azote (**N**), le phosphore (**P**) et le potassium (**K**) dans des proportions variables.

Un produit phytosanitaire sert à soigner ou prévenir les maladies des plantes. Il contient un ou plusieurs principes actifs, qui sont le plus souvent des molécules organiques (principalement constituées d'atomes carbone et d'hydrogène).

2. Dosage par comparaison

Un dosage permet de déterminer la quantité de matière ou la masse d'une espèce chimique dissoute en solution. On peut utiliser pour cela une seconde solution, qui réagit avec la solution S à doser.

Lors d'un **dosage par comparaison**, on exploite une courbe d'étalonnage, tracée grâce à des mesures préalables.



On lit **m = 0,07 g**.

Exemple de dosage. On souhaite déterminer la masse *m* inconnue d'ions fer(II) Fe²⁺(aq) dissous dans une solution S de sulfate de fer. On réalise un dosage en versant progressivement une solution acidifiée de permanganate de potassium. La solution de sulfate de fer est vert clair. Lors de l'ajout du permanganate de potassium, pour un certain volume *V*, sa couleur vire au rose.

Étape 1 : tracé d'une courbe d'étalonnage.

Des mesures préalables ont permis de tracer la courbe d'étalonnage ci-contre.

Étape 2 : comparaison

On procède de la même manière avec la solution S : on tient *V* = 12,5 mL. Sur le graphique, on reporte la valeur volume *V* afin de lire la valeur de la masse *m* correspondante.

La solution S contient donc **0,07 g d'ions fer(II) Fe²⁺(aq)**

3. Un exemple de dosage volumétrique d'ions d'un produit phytosanitaire :



La chlorose de l'hortensia

La chlorose se traduit par un jaunissement des feuilles, elle est la conséquence d'une carence en fer. Le sulfate de fer (Fe²⁺ + SO₄²⁻) constitue le principe actif des produits phytosanitaires destinés à combattre la chlorose ferrique.

a) Protocole expérimental :

- Remplir la burette d'une solution acidifiée de permanganate de potassium à 4,75 g.L⁻¹.
- Prélever précisément 10,0 mL de la solution à doser S₀ et les verser dans un erlenmeyer de 100 mL. Compléter avec 10 mL d'acide sulfurique.
- Ajouter progressivement la solution de permanganate de potassium. Lorsque qu'une coloration violette persiste plus de 5 s, noter la valeur du volume V_E versé à l'équivalence.

b) Principe du dosage :

On verse progressivement une solution acidifiée d'ions permanganate MnO₄⁻ à une solution contenant les ions Fe²⁺. Lorsque la coloration violette des ions permanganate persiste, on a atteint la fin du dosage (appelée équivalence).

c) Résultat du dosage

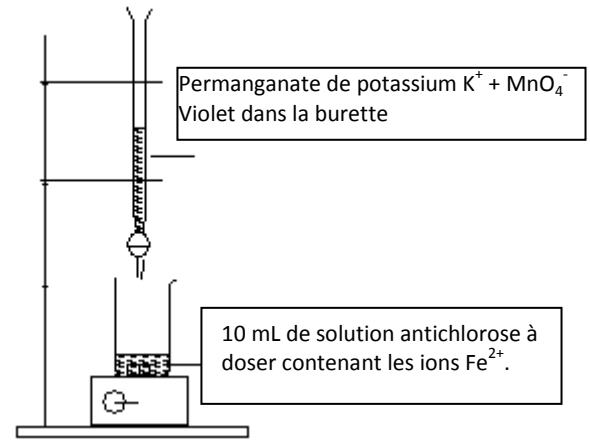
Partie 2 : Nourrir l'humanité

Ch.2. Qualité des sols et de l'eau

La concentration massique en ions Fe^{2+} est proportionnelle au volume V_E d'ions permanganate versé à l'équivalence.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus d'une part, avec une solution de concentration connue en ions Fe^{2+} , d'autre part avec une solution S_0 , préparée en dissolvant 3,00 g de produit antichlorose dans 15 mL d'acide sulfurique à 98 % et en complétant à 100 mL par de l'eau distillée.

	Solution étalon	Solution S_0
V_E (mL)	11,9	15,3
concentration massique en ions Fe^{2+} (en g.L ⁻¹)	5,00	x



QUESTIONS :

- En quels éléments est-il indispensable d'enrichir le sol pour assurer une bonne croissance des végétaux ?
- Compléter le schéma du montage
- Déterminer la concentration massique en ions Fe^{2+} de la solution S_0 ; montrer que le pourcentage massique en ions Fe^{2+} dans le produit sanitaire est de 21 %.

REPOSES :

1. L'azote N, le phosphore P et le potassium K ont une composition atomique moyenne supérieure dans la matière sèche des végétaux que dans la croûte terrestre. Il en découle une carence en ces éléments dans le sol d'où la nécessité de fertiliser le sol en azote N, phosphore P et potassium K afin d'assurer une bonne croissance des végétaux.

2. Solution de permanganate de potassium ; 10 mL de solution S_0 à doser.

3. Par proportionnalité, la concentration massique C_0 en ions Fe^{2+} de la solution S_0 est : x représente C_0 .

(Produit en croix) : $11,9 * x = 15,3 * 5,00$ donc $x = \frac{5,00 * 15,3}{11,9} = 6,43 \text{ g.L}^{-1}$ $C_0 = 6,43 \text{ g.L}^{-1}$ d'ions Fe^{2+} .

Dans 1 L = 1000 mL de solution S_0 , il y a 6,43 g d'ions Fe^{2+} .

Dans les 100 mL de S_0 ; il y a donc 0,643 g d'ions Fe^{2+} . Les ions Fe^{2+} ne proviennent que du produit anti-chlorose.

Dans 3,00 g de produit antichlorose (dissous dans les 100 mL), il y a 0,643 g d'ions Fe^{2+} .

Dans 100 g de produit antichlorose, il y aura donc : $\frac{0,643 \text{ g} * 100}{3,00} = 21,4$ g d'ions Fe^{2+} soit 21,4 % d'ions Fe^{2+} .

Le titre massique est donc de 21,4 % \approx 21 %.

III. QUALITE DE L'EAU :

1) La diversité des eaux de consommation

On peut classer les eaux de consommation en 3 groupes : les eaux minérales, les eaux de source, l'eau du robinet. Elles ont des origines et des compositions en espèces ioniques dissoutes différentes.

- 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, reconnues par l'Académie de Médecine, 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.

2. Composition chimique d'une eau de consommation

La composition chimique (nature et quantité de ses constituants) d'une eau minérale est stable ; elle doit être précisée sur l'étiquette de la bouteille. La composition chimique d'une eau de source et celle de l'eau du robinet peuvent légèrement varier au cours du temps.

L'analyse qualitative d'une eau permet d'identifier les ions qu'elle contient. Elle est menée à l'aide de tests caractéristiques d'ions.



Minéraux (mg.L ⁻¹)	eau de Paris	Vichy Saint-Yorre	Contrex	eau de source Fiée des Lois
hydrogénocarbonate	220	4 368	372	360
calcium	60	90	468	89
magnésium	8	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
nitrates	28	0	0	0,05
fluor	0,17	1	0	1

a) Tests caractéristiques d'ions.

Compléter le tableau :

Ion testé	Ions chlorure Cl ⁻	Ions calcium Ca ²⁺	Ions sulfate SO ₄ ²⁻
Réactif utilisé	Nitrate d'argent Ag ⁺ + NO ₃ ⁻	Oxalate d'ammonium	Nitrate de baryum Ba ²⁺ + NO ₃ ⁻
Avant le test	Solutions incolores		
Résultat positif	Précipité blanc qui noircit à la lumière AgCl : chlorure d'argent	Précipité blanc d'oxalate de calcium	Précipité blanc de sulfate de baryum

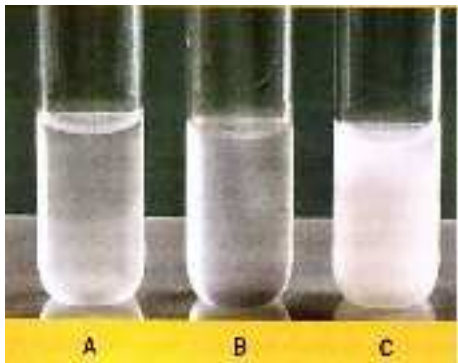
Plus le précipité est important, plus la teneur de l'eau en l'ion considéré est élevée.

Expérience : on considère 3 bouteilles d'eau A, B et C ont perdu leurs étiquettes : Contrex, Vichy Saint-Yorre et Fiée des logis. Il s'agit d'attribuer les étiquettes en réalisant les tests d'identification des ions.

On ajoute environ 1 mL de réactif dans environ 5 mL d'eau.

1. Test des ions sulfate SO₄²⁻

On ajoute à l'eau du **nitrate de baryum**



Précipité blanc de sulfate de baryum

2. Test des ions chlorure Cl⁻

On ajoute à l'eau du **nitrate d'argent**



Précipité blanc de chlorure d'argent

3. Test des ions calcium Ca²⁺

On ajoute à l'eau de **l'oxalate d'ammonium**



Précipité blanc de ... d'oxalate de calcium.

Question : attribuer son étiquette à chacune des eaux testées. **Plus le précipité est important, plus la teneur en l'ion considéré est grande.** L'eau A a + l'ions Cl⁻ : Vichy St Yorre ; L'eau B a peu de chaque ion : Fiée des Lois ; L'eau C a + d'ions Ca²⁺ et SO₄²⁻ : Contrex

b) La dureté de l'eau :

La publicité nous montre souvent des machines à laver en panne à cause d'un dépôt de calcaire.

Question : A quoi est dû ce dépôt ?

Ce dépôt est dû aux ions calcium Ca²⁺ et magnésium Mg²⁺ que contient l'eau. Plus la proportion de ces ions dans l'eau sera grande, plus elle sera dite calcaire ou dure.

Expérience :

Dans 2 tubes à essais, verser environ 1 mL de liqueur de savon (solution à environ 3% de copeaux de savon de Marseille dans l'éthanol). Ajouter dans le premier tube environ 5 mL d'eau de Volvic et dans le deuxième tube environ 5 mL d'eau de Courmayeur. Boucher les tubes et les agiter de la même manière. Laisser reposer.

Rechercher dans le tableau ci-dessus les teneurs en ions calcium et magnésium des deux eaux minérales :

- Tube 1 : eau Volvic Ca²⁺ : 9,9 mg/L Mg²⁺ : 6,1 mg/L
- Tube 2 : eau Courmayeur Ca²⁺ : 517 mg/L Mg²⁺ : 67 mg/L

Observer les deux tubes à essais.

Observations :

La quantité de mousse formée avec l'eau de Courmayeur est inférieure à celle formée avec l'eau de Volvic.

Conclure : *Quelle eau est la plus dure ? Quel est l'inconvénient d'une eau dure ?*

Réponse : **L'eau de Courmayeur est plus dure que l'eau de Volvic. Une eau dure mousse difficilement en présence de savon. Une eau dure laisse des dépôts de calcaire (appelés tartre) sur les résistances des machines à laver.**

Question : classer les différentes eaux du tableau III.1. d'après leur dureté.

c) Les eaux minérales ont-elles le même pH ?

Eau minérale	pH indiqué sur l'étiquette	pH mesuré (avec papier pH)
Hépar	7	
Evian	7,2	
Vichy St-Yorre	6,6	
Volvic	7	
Salvetat	6	

Les étiquettes que l'on trouve sur les bouteilles d'eau indiquent souvent leur pH.



Question 1 : quelle propriété de l'eau met-on en évidence ?

Le pH permet de déterminer l'acidité ou la basicité de l'eau.

Question 2 : Pour quelles valeurs de pH une eau est-elle acide, basique ou neutre ?

- Si $\text{pH} < 7$ alors l'eau est**ACIDE**
- Si $\text{pH} = 7$ alors l'eau est**NEUTRE**
- Si $\text{pH} > 7$ alors l'eau est**BASIQUE**

Question 3 : Comment peut-on déterminer ou mesurer le pH d'une eau ?

Le pH se détermine à l'aide de papier pH (comparaison de la couleur prise par le papier trempé dans l'eau et d'une échelle de teinte) ou se mesure à l'aide d'un pH-mètre (lecture directe sur l'appareil).

Questions 4 : Quelles eaux peut être considérées comme neutre ? Les eaux minérales Hépar, Volvic ou encore Evian peuvent donc être considérées comme neutres ?

Quelles eaux peuvent être considérées comme légèrement acides ?

Par contre Vichy St-Yorre et Salvetat sont légèrement acides

IV. TRAITEMENT DE L'EAU POUR LA RENDRE POTABLE

La surface de notre planète est recouverte à 70 % d'eau. Cependant, moins de 3 % de cette eau est potable et elle est très inégalement répartie. Il en résulte une pénurie. Qu'est-ce qu'une eau potable ? Comment obtenir de l'eau potable par traitement ?

1) Les critères de potabilité d'une eau :

Les normes de potabilité d'une eau sont définies au niveau européen. Pour être consommée (2 L par jour pendant toute une vie), l'eau doit répondre à 3 grandes catégories de critères de qualité :

Paramètre		Valeur limite
Résidu sec		1500 mg.L ⁻¹
Substances naturellement présentes	Chlorures	200 mg.L ⁻¹
	Sulfates	250
	Magnésium	50 mg.L ⁻¹
	Sodium	150 mg.L ⁻¹
	Hydrogénocarbonates	Non limité
Substances indésirables	Nitrates	50 mg.L ⁻¹
	Nitrites	0,1 mg.L ⁻¹
	Ammonium	0,5 mg.L ⁻¹
	Fer	150 mg.L ⁻¹
	Manganèse	200 µg.L ⁻¹
	Cuivre	50 µg.L ⁻¹
	Zinc	5 mg.L ⁻¹
NORMES DE POTABILITÉ D'UNE EAU		

- **Qualité microbiologique** : l'eau ne doit contenir aucun parasite, virus ou bactérie pathogène.
- **Qualité chimique** : les minéraux ou les substances «indésirables» ou «toxiques» admettent des valeurs limites (*tableau ci-dessus*). Pour ces dernières, les teneurs tolérées sont extrêmement faibles.
- **Qualité physique et gustative** : l'eau doit être limpide, claire, inodore et sans saveur désagréable.

2) Comment rendre une eau potable ?

Le procédé industriel de purification de l'eau comprend les étapes suivantes :

- La clarification de l'eau :

Pour clarifier l'eau, diverses opérations sont

- filtration à travers de fines grilles ; elle permet d'éliminer les corps flottants et les particules en suspension
- floculation (coagulation des impuretés flocons à l'aide de réactifs appropriés) ;
- décantation dans de grands bassins ;
- filtration lente sur des lits de sable.

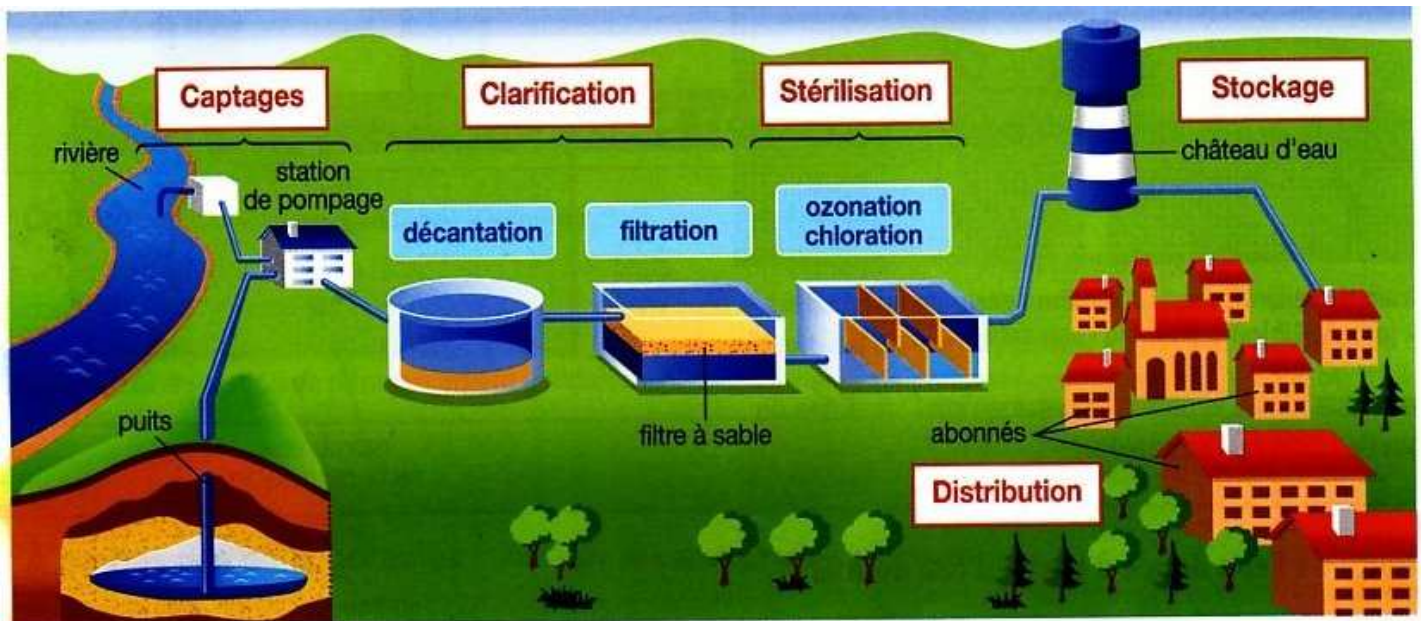
• La désinfection de l'eau

On élimine tous les microorganismes qui pourraient être dangereux pour la santé en stérilisant l'eau :

- par traitement à l'ozone O_3 qui possède un fort pouvoir désinfectant ;
- par chloration (ajout d'un peu d'eau de Javel) pour prévenir une infection au cours du transport dans les réseaux entre l'usine de production et les usagers.

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 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 des résines échangeuses d'ions (les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fixent sur la membrane et leur concentration diminue).



A retenir :

Pour être potable, une eau doit respecter des critères imposés par la loi concernant d'une part les qualités physiques, gustatives, microbiologiques et d'autre part des limites quant à la teneur en éléments chimiques.

Pour rendre potable une eau, on peut utiliser le procédé classique de purification (filtration et désinfection) ou utiliser dans le cas d'eaux très minéralisées la distillation, l'osmose inverse ou la déminéralisation par résines échangeuses d'ions.

MOTS -CLÉS

Eau de source : une eau de source est d'origine souterraine et ne subit aucun traitement. Elle peut provenir de plusieurs sources d'où une composition chimique pouvant varier.

Eau du robinet : l'eau du robinet est une eau d'origine souterraine ou de surface. Elle subit un traitement physico-chimique avant distribution et doit impérativement vérifier les normes de potabilité.

Eau du sol : il s'agit de l'eau retenue dans les pores de la terre arable. Elle contient des minéraux qui pourront être assimilés par les végétaux.

Eau minérale : une eau minérale est d'origine souterraine et qui n'a subi aucun traitement. Sa teneur en ions est stable, l'eau minérale doit avoir des vertus thérapeutiques.

Eau potable : une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques (normes de potabilité) rendant cette eau propre à la consommation humaine.

Engrais : substances riches en molécules minérales ou organiques, utilisées pour enrichir le sol, pour améliorer la fertilité et la nutrition des plantes cultivées et augmenter les rendements agricoles.

Complexe argilo-humique : il est formé à partir d'argile et d'humus. Il permet de retenir les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ...) au niveau de la terre arable. Il sert de réservoir de minéraux nécessaires au développement des végétaux.

Agrégat : ensemble compact de particules

Echanges ioniques

Humus : ensemble de matières organiques (végétaux, animaux) en décomposition.

Produits phytosanitaires : produits utilisés pour soigner ou prévenir les maladies des végétaux (exemple : pesticide ou fongicide).

Dosage par comparaison

Tests caractéristiques

Traitement des eaux

Floculation (d'une émulsion) : La floculation est le phénomène physique au cours duquel des particules solides s'assemblent et forment des flocons qui sédimentent. La floculation est en général provoquée par l'addition d'agents flocculant.

Désinfection : destruction des microorganismes par l'action d'un traitement chimique (ozone, eau de Javel) ou physique (UV).