

Nom de l'élève: _____

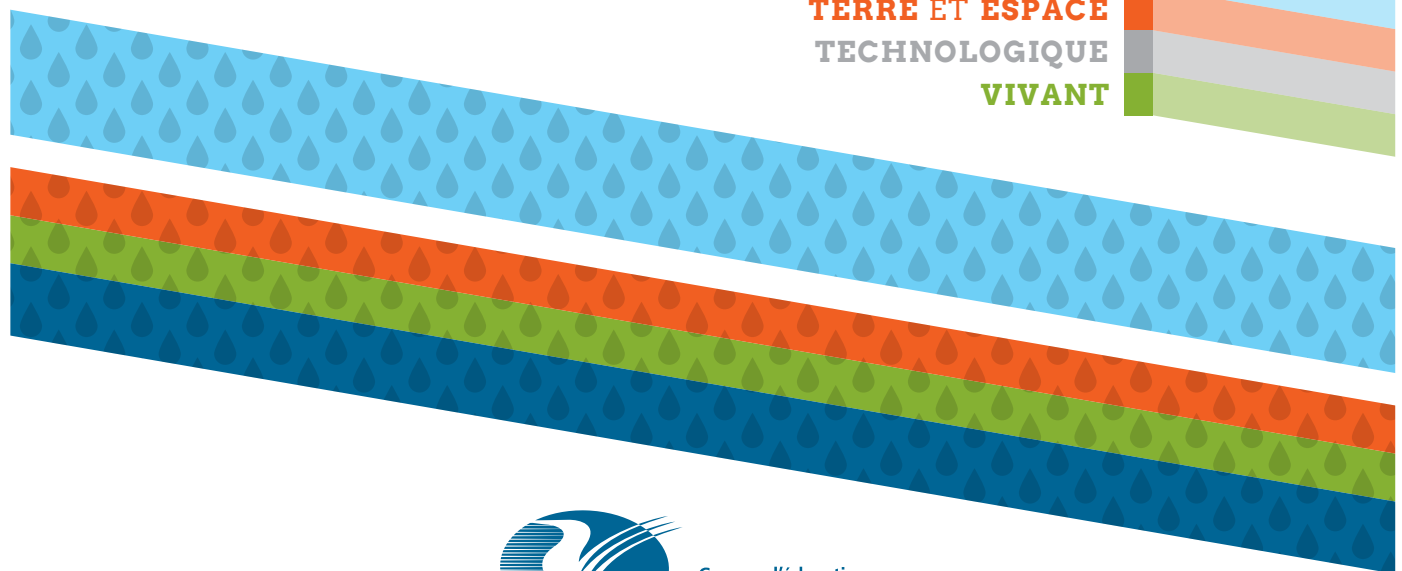
Groupe: _____



Ville et
campagne:
eau potable et
eaux souterraines

SITUATION D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION
L'EAU POTABLE ET LES EAUX SOUTERRAINES
Cahier de l'élève

MATÉRIEL
TERRE ET ESPACE
TECHNOLOGIQUE
VIVANT



Groupe d'éducation
 et d'écosurveillance de l'eau
 Education and Water Monitoring
 Action Group

CRÉDITS

Coordination

Tiphanie Rivière

Conception et rédaction

Anne-Julie Parent

Nathalie Piedboeuf

Tiphanie Rivière

Révision scientifique

Nathalie Piedboeuf

Tiphanie Rivière

Roxane Lavoie (Université Laval)

Alain Rousseau (INRS-ETE)

Graphisme et illustration

Pierre-Olivier Boucher (Péo - Illustration & Graphisme)

Mathilde Crépin-Bournival

Production

Groupe d'éducation et d' écosurveillance de l'eau (G3E)

Dépôt légal

© Groupe d'éducation et d' écosurveillance de l'eau, 2016

Ce document a été réalisé grâce à la participation financière du Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation dans le cadre du programme NovaScience.



Tous droits réservés. Ce document peut être reproduit à des fins éducatives dans le cadre du projet « Ville et campagne : eau potable et eaux souterraines ». Il est interdit de le reproduire pour toute autre fin. En tout temps, il est également interdit d'extraire des parties ou de traduire cet ouvrage en totalité ou en partie sans l'autorisation du Groupe d'éducation et d'écosurveillance de l'eau.

À moins de mentions contraires, tous les dessins et les images sont la propriété du Groupe d'éducation et d'écosurveillance de l'eau.

Dans le présent document, le générique masculin est utilisé sans aucune discrimination et uniquement pour alléger le texte.

CARNET DE BORD

Mise en situation

L'eau est un élément essentiel à l'existence de tout être vivant. Au Québec, nous avons accès à cette ressource assez facilement et ce faisant, trop souvent, nous ne sommes pas conscients de sa vulnérabilité.

1. Sais-tu d'où provient l'eau que tu bois à l'école ou à la maison? Vient-elle d'un lac, d'une rivière, d'une eau souterraine?

Problématique

Les perturbations environnementales et humaines peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau potable. En tant que citoyen, il est donc essentiel d'être conscient de l'importance de cette ressource et d'être vigilant quant à sa préservation. Ce projet te permettra d'en découvrir davantage sur l'eau potable que tu bois, de tester sa qualité et d'évaluer les risques potentiels sur ta santé.

2. Dans le cadre de ce projet, quel est le mandat qui t'est confié? Explique en tes mots les activités que tu auras à réaliser.

Réalisation

Dans le cadre du projet, tu seras amené à analyser différents contaminants pouvant être présents dans l'eau potable.

3. Nomme un contaminant que tu auras à analyser? Quel est son impact sur l'eau potable?

4. Quel instrument de mesure vas-tu utiliser pour l'analyser?

Analyse

5. Inscris dans le tableau suivant les résultats que tu as obtenus.

Source de l'eau	Nom du paramètre	Résultat	Unité de mesure

6. D'après les résultats, la source d'eau potable est-elle conforme aux normes en vigueur pour la potabilité?

7. Existe-t-il des facteurs qui pourraient influencer positivement ou négativement la qualité de l'eau?

8. Pourrais-tu émettre des recommandations aux acteurs du milieu pour s'assurer de conserver une eau de bonne qualité? Justifie ta réponse.

TABLE DES MATIÈRES

1. LA BIOSPHÈRE ET LES BIOMES	6
1.1 Les biomes aquatiques	6
2. L'HYDROSPHÈRE	8
2.1 Le cycle de l'eau	10
2.2 Le bassin versant	11
3. LA LITHOSPHERE	15
3.1 Les horizons du sol	15
4. LES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES	17
4.1 Le cycle de l'azote	17
4.2 Le cycle du phosphore	21
5. L'EAU SOUTERRAINE	26
5.1 Les sols et la filtration de l'eau souterraine	27
5.2 Le parcours souterrain de l'eau	27
5.3 Dynamique de l'eau souterraine	29
5.4 Les aquifères	29
5.5 Les résurgences	30
5.6 Les eaux karstiques	30
5.7 Bassin versant versus bassin hydrogéologique	30
6. LES CONTAMINANTS DE L'EAU ET LES SOLUTIONS CHIMIQUES	31
6.1 Les propriétés des solutions - le chlore	33
6.2 Les transformations chimiques - le fer	35
6.3 La solubilité, la concentration et la sensibilité des eaux souterraines aux contaminants.	39
6.4 Les effets des contaminants	51
7. LE PARCOURS DE L'EAU POTABLE	53
7.1 Le captage de l'eau	53
7.2 Le traitement	54
7.3 Le pompage, le transport et le stockage de l'eau.	57
7.4 La distribution	58

1. LA BIOSPHÈRE ET LES BIOMES

La **biosphère** regroupe l'ensemble des organismes vivants sur Terre qui se retrouvent autant dans l'hydrosphère, la lithosphère que l'atmosphère. Leur répartition dépend des conditions climatiques présentes dans une région géographique donnée. La biosphère est divisée en **biomes**, des regroupements d'organismes vivants qui occupent une région climatique précise et qui sont adaptés aux conditions qui y règnent. Les deux grandes catégories de biomes sont les biomes terrestres et les biomes aquatiques.

1.1 LES BIOMES AQUATIQUES

Un **biome aquatique** correspond à une communauté d'organismes vivants qui se retrouvent dans des plans d'eau douce (biomes dulcicoles) ou d'eau salée (biomes marins). Le niveau de salinité distingue ces deux grands biomes aquatiques.

Les biomes d'eau douce (dulcicoles)

Les biomes aquatiques d'eau douce, également appelés dulcicoles, regroupent toutes les eaux courantes, stagnantes et continentales dont la salinité est généralement inférieure à 1g/l. Bien qu'ils occupent moins de 1% de la surface du globe, ils abritent tout de même une grande diversité d'espèces.

0,6% de l'eau douce provient des biomes aquatiques. Au Québec et au Canada, c'est près de 80% de la population qui y puise son eau pour sa consommation. La conservation et la protection de ces milieux s'avèrent donc importantes.

Les principaux biomes aquatiques sont :

1. **Les lacs** : grandes étendues d'eau, généralement calmes, entourées de terre.
2. **Les terres humides** (marais, marécages, tourbières) : étendues d'eau stagnante et peu profonde.
3. **Les cours d'eau** (ruisseaux, rivières, fleuves) : voies d'écoulement caractérisées par le courant et dont la vitesse peut varier en fonction du relief, des conditions météorologiques et des saisons.

ACTIVITÉS

1. **Nomme un biome aquatique d'eau douce se trouvant dans ta ville.**

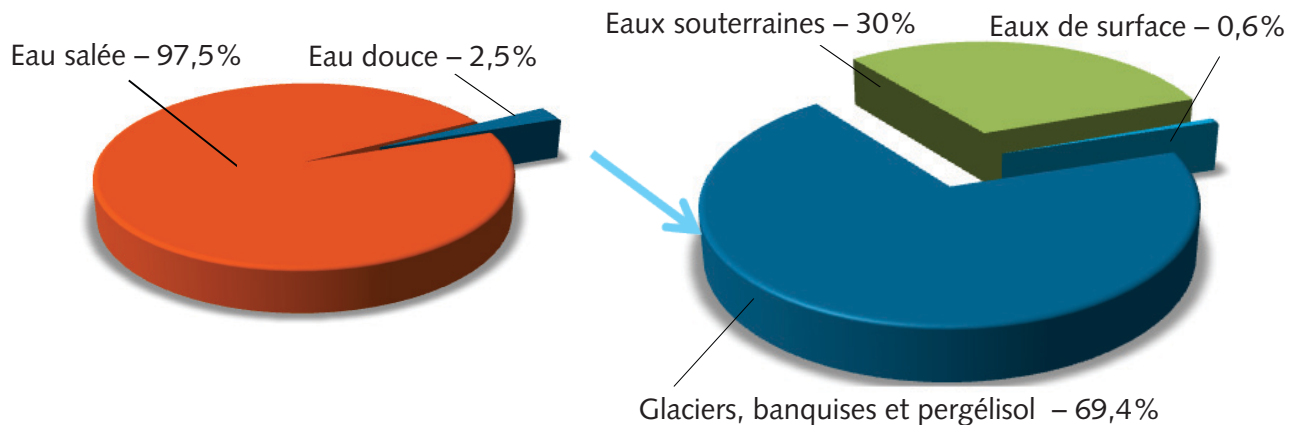
2. **Décris ses principales caractéristiques et nomme quelques organismes qui y vivent.**



2. L'HYDROSPHÈRE

L'**hydrosphère** désigne l'ensemble de l'eau qui se trouve sur la Terre. Elle concerne aussi bien l'eau sous forme liquide (p. ex. : océans, fleuves, nappes phréatiques), solide (p. ex. : glaciers, banquises, neige éternelle) que gazeuse (vapeur d'eau).

**La Terre est recouverte d'eau à 71%
soit plus des 2/3.
L'eau présente sur Terre se répartit ainsi :**



Du 2,5% d'eau douce sur Terre, seules les eaux de surface (0,6%) et une partie des eaux souterraines (20,4% sur 30%) peuvent être disponibles à la consommation.

L'eau se trouvant à la surface de la terre comme les océans, les lacs, les rivières, les ruisseaux, les marais et les eaux de ruissellement se nomme **eau de surface**. L'eau infiltrée dans le sol suite au ruissellement se nomme **eau souterraine**.

La répartition de l'eau au Canada et au Québec?

La population canadienne représente 0,5% de la population mondiale et le territoire canadien renferme environ 7% des ressources renouvelables en eau de la planète. L'eau du Canada est essentiellement dans le Nord du pays.

26 % de la population canadienne s'alimente avec de l'eau souterraine tandis que le reste des citoyens s'approvisionne à partir des eaux de surface. Au Québec, c'est 21% de la population, répartie sur 90% du territoire habité, qui puisent l'eau souterraine.

ACTIVITÉS

1. **Quel est le pourcentage d'eau douce potentiellement disponible à la consommation sur la quantité totale d'eau se trouvant sur la planète (eau douce et eau salée)?**

2. **Qu'est-ce qu'une ..?**

Eau de surface :

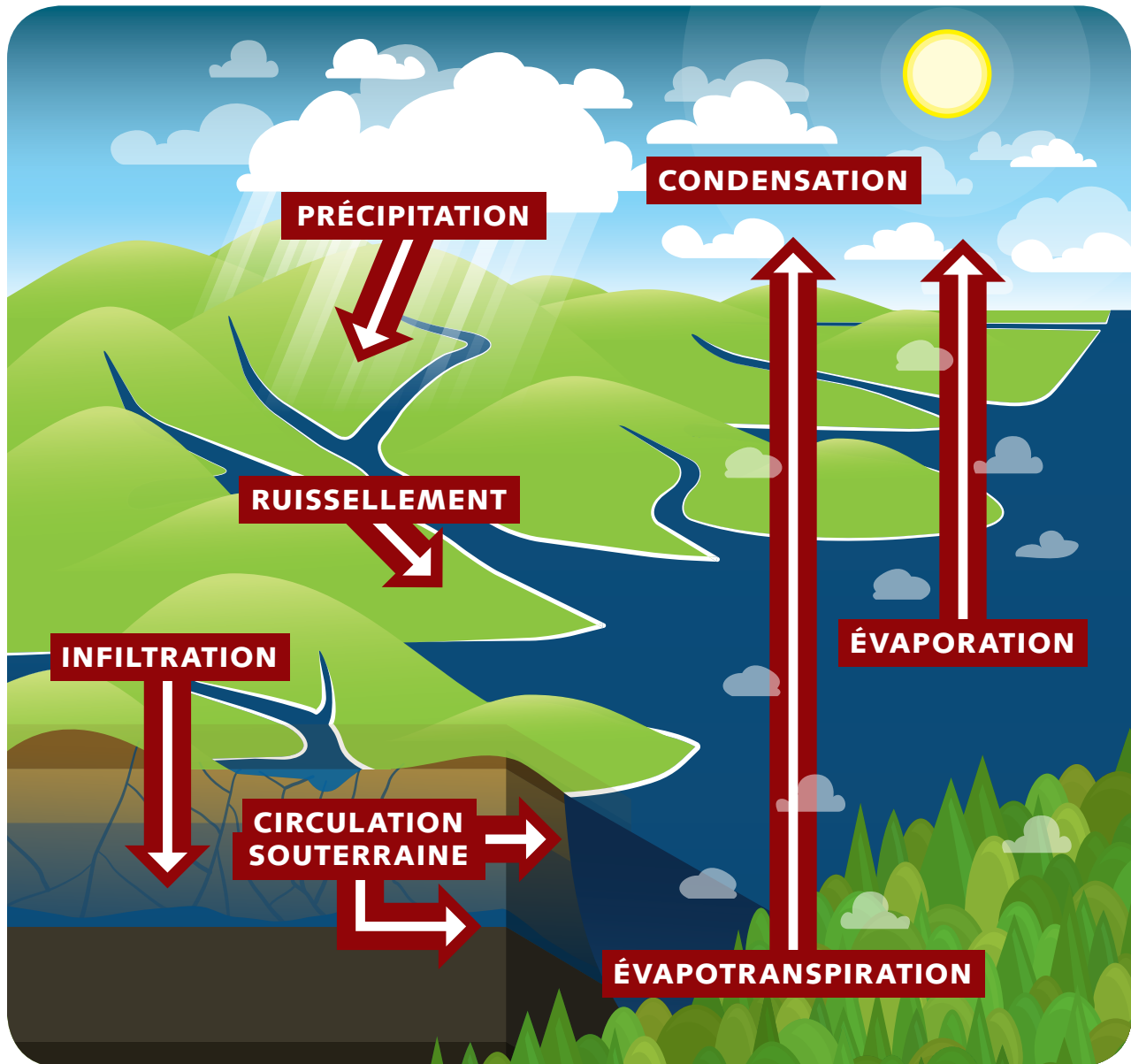
Eau souterraine :



2.1 LE CYCLE DE L'EAU

Le **cycle de l'eau**, ou cycle hydrologique, est un modèle qui représente le parcours de l'eau entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou gazeuse sur Terre.

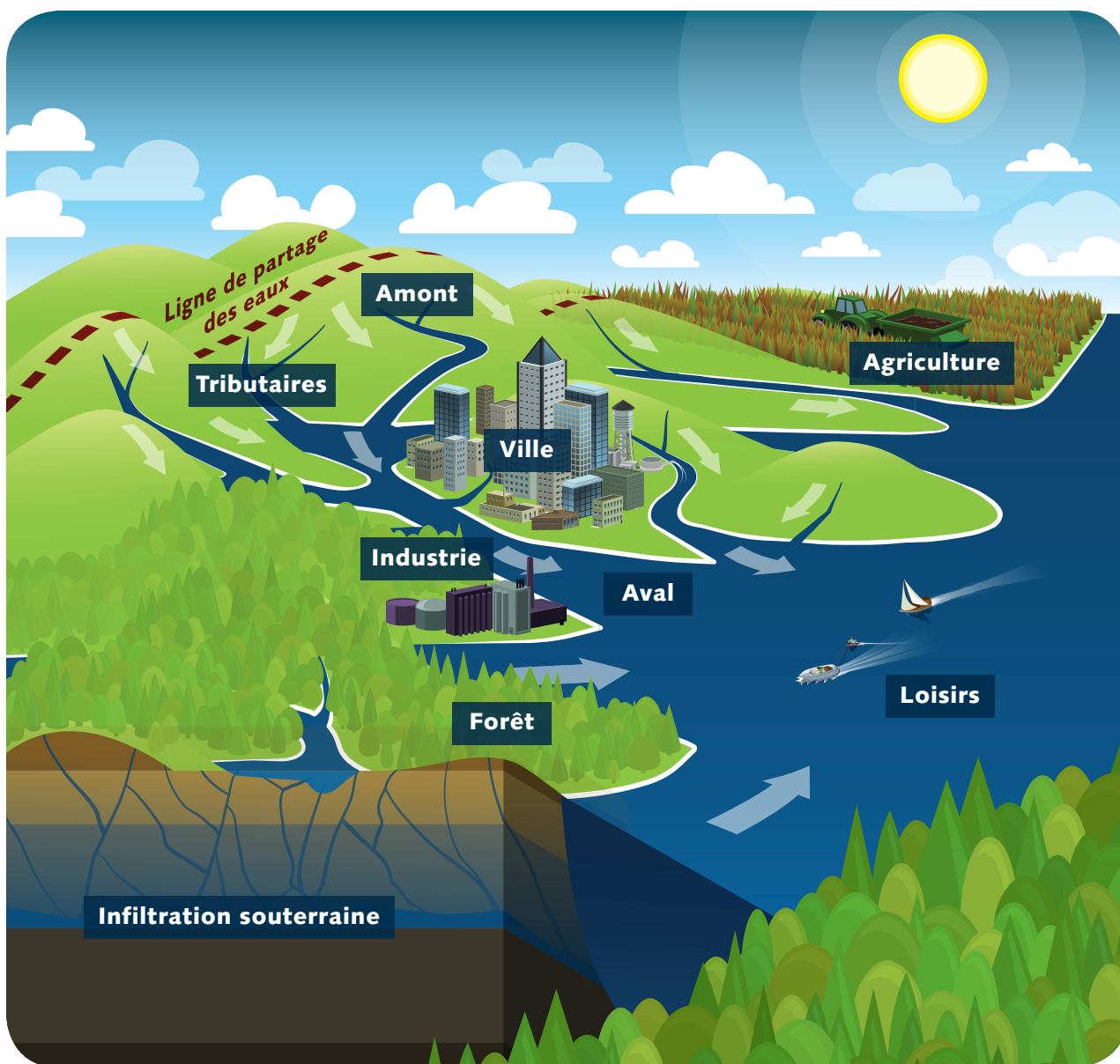
LE CYCLE DE L'EAU



2.2 LE BASSIN VERSANT

Le **bassin versant** est l'ensemble du territoire drainé par un cours d'eau et ses tributaires. L'ensemble de ces cours d'eau forme le réseau hydrographique. Le bassin versant regroupe les **eaux de surface** et les **eaux souterraines**. La **ligne de partage des eaux**, également appelée **ligne de crête**, détermine les limites naturelles du bassin versant. Cette ligne passe par les plus hauts sommets qui entourent la rivière, créant un effet d'entonnoir vers celle-ci. Le bassin versant forme, en quelque sorte, une vallée. L'eau s'écoule donc du point le plus haut vers le point le plus bas (de l'**amont** vers l'**aval**).

REPRÉSENTATION D'UN BASSIN VERSANT



La circulation de l'eau dans un bassin versant peut être influencée par :

- le relief (topographie) ;
- la géologie (type de sol) ;
- le climat et les saisons ;
- la végétation ;
- les aménagements urbains, industriels et agricoles.

L'impact des activités humaines sur les eaux d'un bassin versant

En tenant compte que toute l'eau qui circule dans le bassin versant se dirige vers un seul et même point, l'**exutoire**, ce n'est plus seulement à la rivière qu'il faut porter une attention particulière, mais à tout ce qui l'entoure. Les particularités du bassin versant et de toutes les activités qui s'y déroulent, ont une influence très importante sur les caractéristiques du cours d'eau.

Les propriétés physicochimiques de l'eau de la rivière sont représentatives des caractéristiques du bassin versant. La santé du bassin versant est dépendante de tous les affluents et des activités qui s'y déroulent. Une source de contamination importante touchant une région éloignée de la rivière principale peut atteindre cette rivière si la source de contamination se trouve dans le même bassin versant. Ainsi, les analyses de l'eau fournissent des renseignements précieux sur l'état de santé général du bassin versant. La gestion de celui-ci revient entre autres aux organismes de bassins versants et à leurs professionnels. Découvrez à quoi ressemblent leur travail, notamment celui de biologiste, dans [cette vidéo!](#)

SAVAIS-TU?

LA GESTION PAR BASSIN VERSANT PERMET :

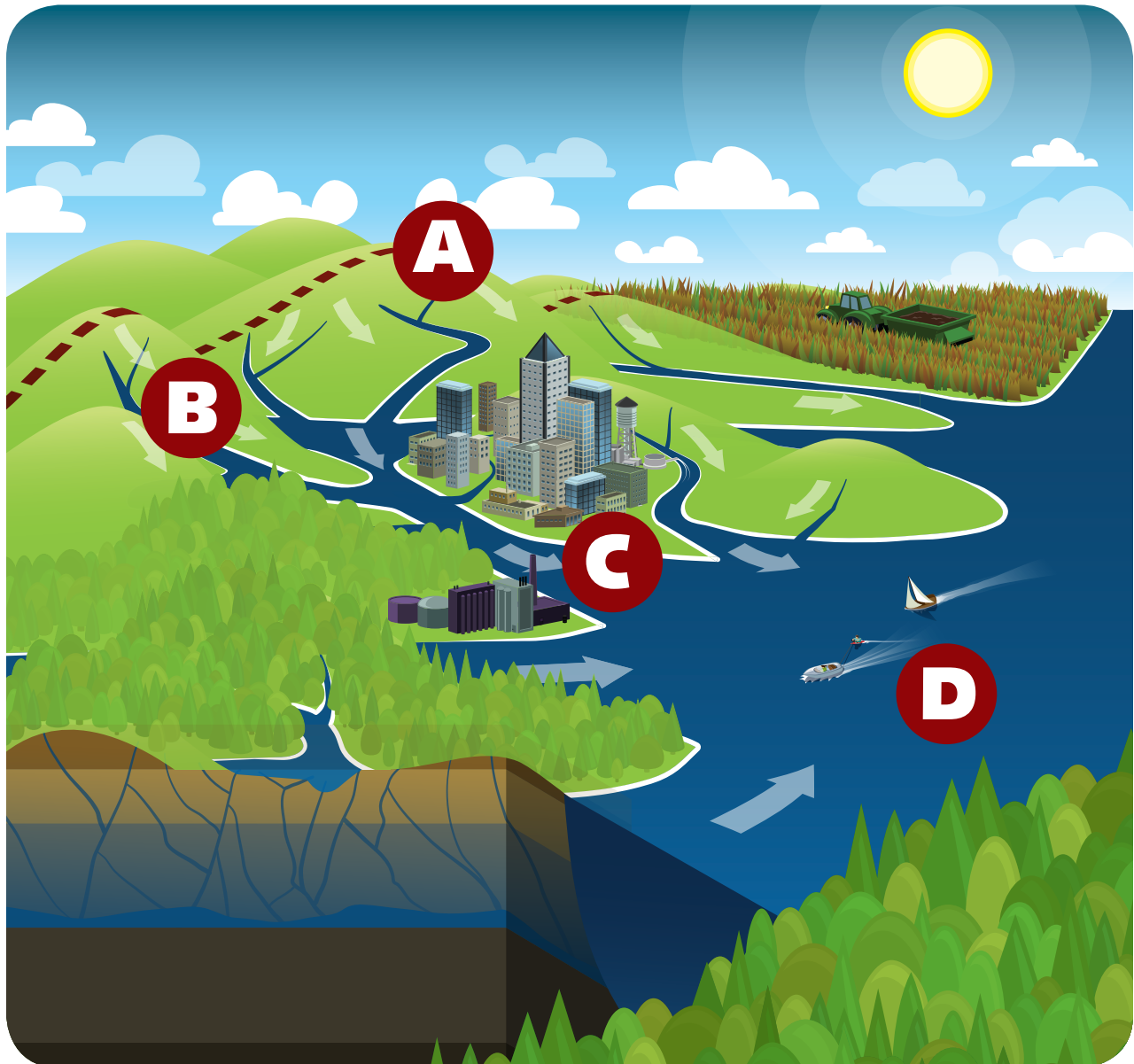
- de tenir compte de toutes les interactions entre l'eau, la faune, la flore, le développement et les activités humaines afin d'exercer un meilleur contrôle sur la qualité des cours d'eau.
 - d'englober différents domaines tels que la protection des rivières, des lacs et des milieux humides, de la faune et des habitats ;
la protection des sources d'approvisionnement en eau potable ;
les activités nautiques et la sécurité des populations.
- de partager équitablement la ressource entre les différents usagers.

ACTIVITÉS

1. Complète l'illustration à l'aide des termes suivants

Ligne de partage des eaux | Amont | Aval | Tributaire

REPRÉSENTATION D'UN BASSIN VERSANT



2. Un déversement survient au point C. Quels points seront affectés par cette pollution ?

Explique ta réponse :

Point A : _____

Point B : _____

Point D : _____

3. Sur ce bassin versant, nomme 3 éléments qui peuvent influencer la circulation de l'eau.



3. LA LITHOSPHERE

La **lithosphère** est la couche externe solide de la Terre. Elle comprend la croûte terrestre et la partie supérieure du manteau.

3.1 LES HORIZONS DU SOL

Un sol se forme très lentement, parfois pendant des centaines ou des milliers d'années. Sous l'action du climat, de l'érosion, des végétaux et des microorganismes, la roche-mère se fissure et le sol s'enrichit d'humus. Le sol s'épaissit progressivement pour se profiler en différents horizons. Les horizons du sol sont des couches superposées ayant chacune des caractéristiques.

LES PRINCIPAUX HORIZONS DU SOL



LÉGENDE

Horizon O - Litière et humus

composés de déchets végétaux et d'animaux en décomposition / riche en éléments nutritifs.

Horizon A - Terre arable

mélange d'humus et de minéraux solubles dans l'eau / riche en matière organique et importante pour la croissance des végétaux.

Horizon B - Sous-sol

très riche en minéraux, les racines des arbres le traversent pour y puiser les éléments nécessaires à leur croissance.

Horizon C - Roche-mère fragmentée

composé de la dégradation de la roche-mère / contient de l'eau dans les espaces libres mais aucune matière organique.

Horizon R - Roche-mère non altérée

début de la formation du sol où l'eau y circule à travers les fractures.

ACTIVITÉS

1. Qui suis-je ?

a. Je suis un horizon qui sert à la croissance des plantes.

b. J'aide à dégrader les polluants organiques qui s'infiltrent dans le sol.

c. Je suis un horizon très riche en éléments nutritifs.

d. Je contiens peu d'éléments nutritifs.

e. J'aide à filtrer et à épurer l'eau souterraine.

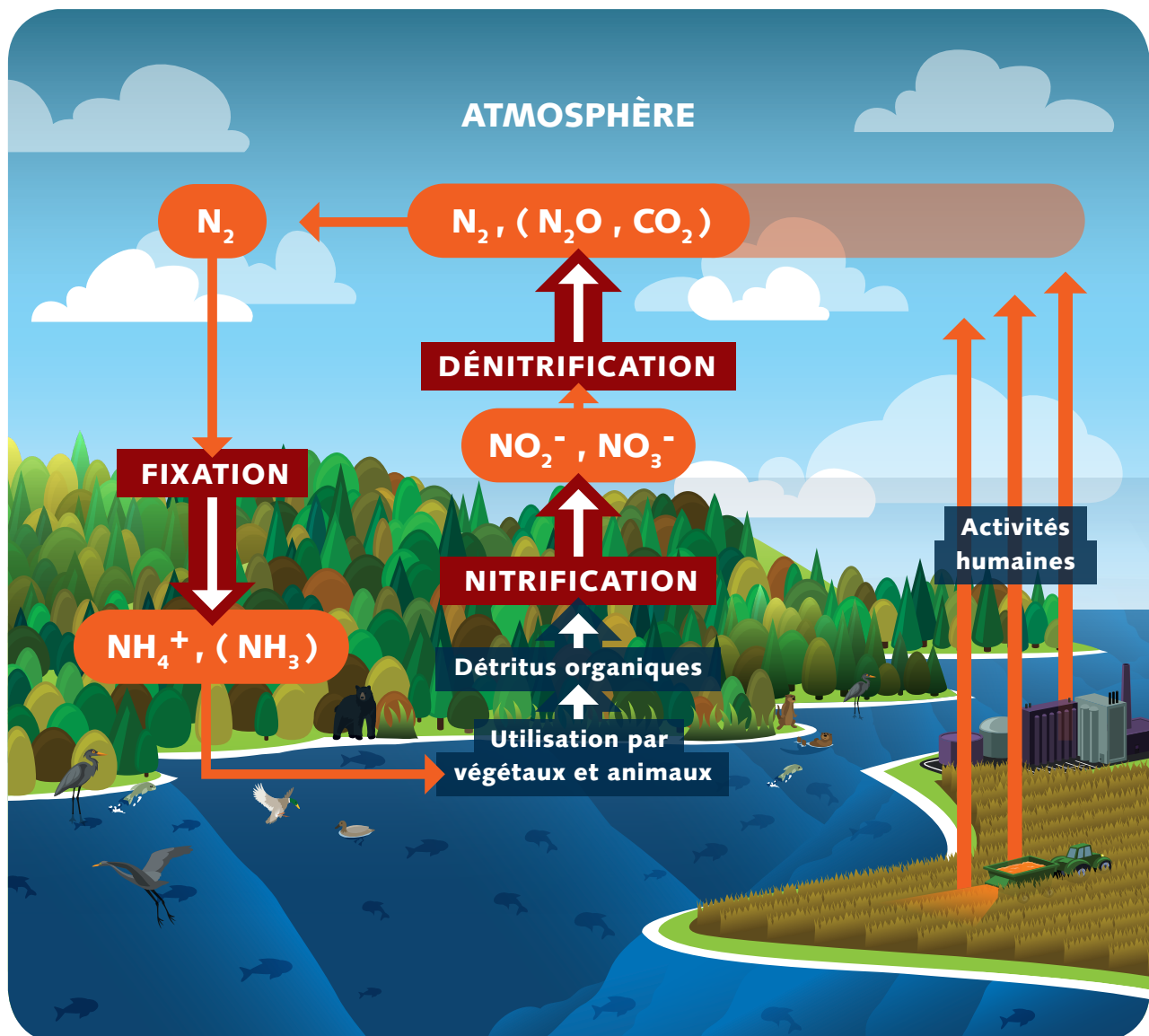


4. LES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

4.1 LE CYCLE DE L'AZOTE

L'azote est le principal gaz composant l'atmosphère terrestre (78%). Il est présent sous sa forme diatomique N_2 , puisque ce gaz est relativement inerte et peu réactif. L'azote est un élément nutritif essentiel dans les écosystèmes aquatiques et terrestres pour fabriquer des protéines et des acides nucléiques, mais rares sont les organismes qui peuvent l'utiliser sous cette forme. C'est pourquoi, l'azote doit être fixé, c'est-à-dire lié à d'autres types d'atomes comme l'hydrogène ou l'oxygène, avant d'être utilisé.

CYCLE DE L'AZOTE



Cinq processus de base sont présents dans le cycle de l'azote

i. La fixation de l'azote dans le sol ou dans l'eau

La **fixation** de l'azote est un processus de transformation de l'azote gazeux pour le rendre assimilable par les plantes. Il existe trois méthodes naturelles qui permettent de réaliser cela.

- Les **orages** : lorsque la foudre fournit une quantité d'énergie suffisante, les molécules de diazote sont séparées, ce qui engendre la formation d'ammoniac (NH_3).
- Les **bactéries et cyanobactéries fixatrices d'azote** présentes dans le sol transforment l'azote atmosphérique en ammoniac (NH_3).
- Les **bactéries des nodules de légumineuses** qui vivent en association avec des bactéries fixatrices d'azote faisant partie du genre *Rhizobium*, utilisent une enzyme qui transforme l'azote inorganique en azote organique (et donc utilisable par les êtres vivants) en absence d'oxygène.

Une portion de l'ammoniac est utilisée par les végétaux et les animaux, alors qu'une autre portion réagit avec de l'hydrogène pour former de l'ammonium (NH_4^+).

SAVAIS-TU? LA RÉACTION CHIMIQUE DE LA FIXATION DE L'AZOTE SE DÉROULE COMME SUIT :

AZOTE GAZEUX + MATIÈRE ORGANIQUE + EAU



AMMONIUM + DIOXYDE DE CARBONE



Dans un milieu où le pH est élevé, l'ammonium aura tendance à se transformer en ammoniac gazeux :

AMMONIUM + HYDROXYDE \longrightarrow AMMONIAC GAZEUX + EAU



ii. La nitrification de l'azote

La **nitrification** est un processus qui transforme les produits obtenus par la fixation de l'azote (NH_4^+ et NH_3) en NO_x , soit en nitrites (NO_2^-) ou en nitrates (NO_3^-). Il s'agit d'une réaction d'oxydation qui s'effectue grâce à des bactéries dans le sol et dans l'eau.

SAVAIS-TU? LA RÉACTION CHIMIQUE DE LA NITRIFICATION DE L'AZOTE SE DÉROULE COMME SUIT :

AMMONIUM + OXYGÈNE \longrightarrow NITRITE + EAU + HYDROGÈNE



NITRITE + OXYGÈNE \longrightarrow NITRATE



iii. L'absorption d'azote par les végétaux et les animaux

Grâce à leurs racines, les végétaux sont capables d'absorber le nitrate et l'ammonium présents dans le sol ou dans l'eau. En mangeant les végétaux, les animaux herbivores ingèrent leur azote.

iv. La décomposition des déchets

L'azote se retrouve dans les déchets végétaux et animaux. Certains champignons et bactéries décomposent ces substances et produisent alors de l'ammoniac. Cet ammoniac va pouvoir se dissoudre pour former de l'ammonium.

v. La dénitrification

Finalement, le processus de **dénitrification** retourne l'azote dans l'atmosphère sous sa forme diatomique (N₂). Cette transformation engendre la production de CO₂ et d'oxyde d'azote (N₂O), un gaz à effet de serre impliqué dans la destruction de la couche d'ozone dans la stratosphère.

**SAVAIS-TU?
LA RÉACTION CHIMIQUE
DE LA DÉNITRIFICATION DE L'AZOTE
SE DÉROULE COMME SUIT :**

NITRATE + MATIÈRE ORGANIQUE + HYDROGÈNE



AZOTE GAZEUX + DIOXYDE DE CARBONE + EAU



En conclusion, les nitrites et les nitrates sont présents naturellement dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH₄⁺). Il s'agit en fait d'une réaction d'oxydation qui se fait grâce à des bactéries présentes dans l'eau et le sol. Dans certaines conditions, lorsqu'il n'y a pas assez d'oxygène, le nitrate (NO₃⁻) peut se convertir en nitrite (NO₂⁻).

Facteurs qui influencent le cycle de l'azote

Les activités humaines augmentent considérablement le processus de dénitrification par l'utilisation d'engrais par exemple, puisque cela ajoute des composés ammoniacés (NH₄⁺ et NH₃) et des nitrates (NO₃⁻) dans le sol. Cette augmentation est une source de nutriments pour les algues, provoquant leur prolifération. D'autre part, les nitrates peuvent atteindre les eaux souterraines et les contaminer.

Autres sources anthropiques : mauvais traitement des rejets septiques, lixiviation des engrais chimiques et du fumier animal.

Pour plus d'informations :

Cycle de l'azote animé : http://www.larousse.fr/encyclopedie/animations/Azote_cycle_de_lazote/1101012

STE LES MOLÉCULES ET LES IONS POLYATOMIQUES

Les nitrites et les nitrates sont des ions polyatomiques. Il s'agit d'un groupe d'atomes liés chimiquement et portant une charge électrique. Il existe une grande diversité d'ions polyatomiques comme :

NH_4^+ : ammonium

NO_2^- : nitrite

NO_3^- : nitrate

SO_4^{2-} : sulfate

CO_3^{2-} : carbonate

PO_4^{3-} : phosphate

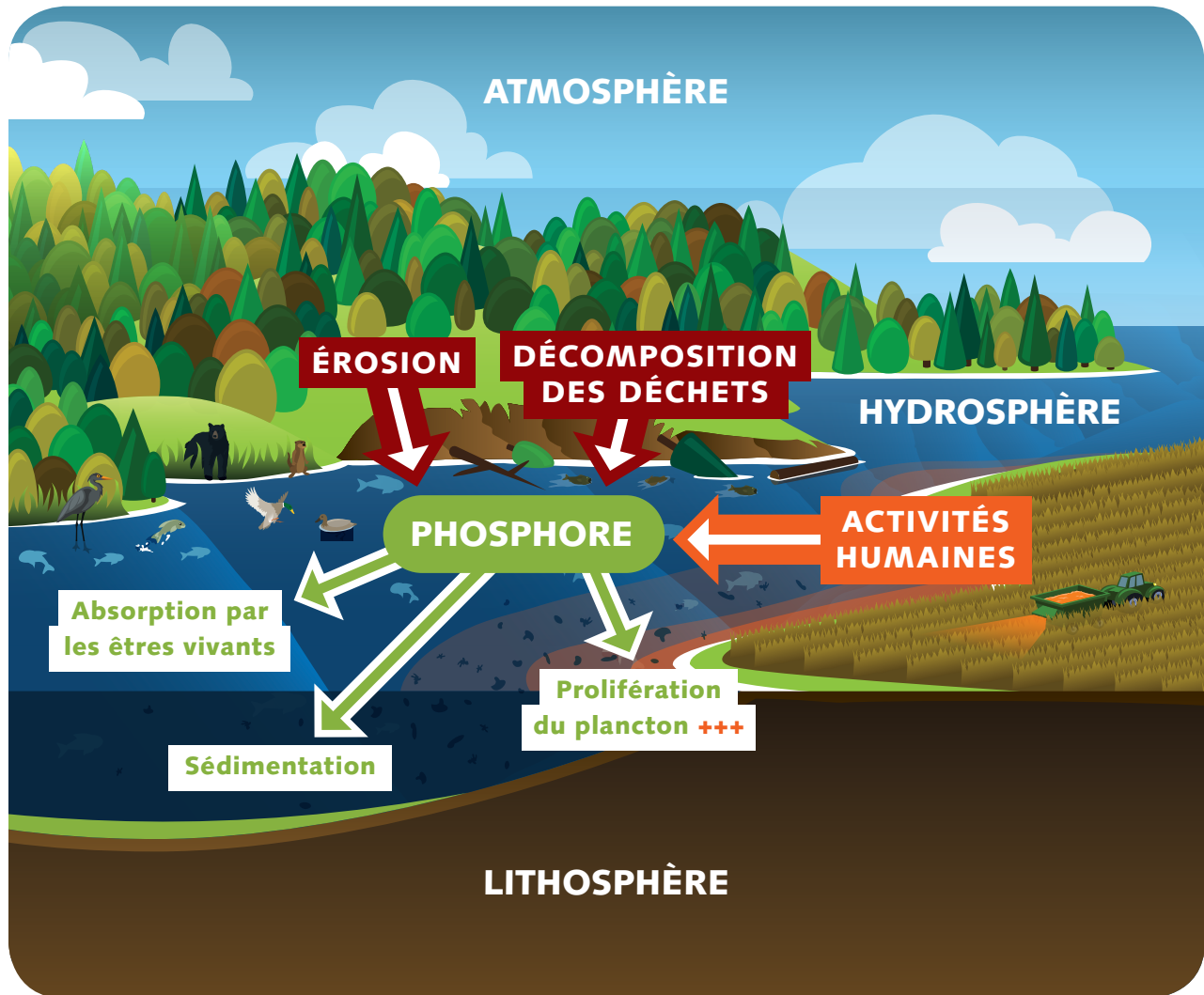
OH^- : hydroxyde



STE 4.2 LE CYCLE DU PHOSPHORE

Le phosphore est un élément essentiel à la vie puisqu'il sert, notamment, de matériau de base à l'ADN, aux dents, aux os, aux coquilles et à la croissance des végétaux. Le phosphore provient principalement de l'érosion des roches sédimentaires qui en libère de petites quantités, sous la forme dissoute de phosphates directement assimilables par les végétaux.

CYCLE DU PHOSPHORE



STE Voici les processus du cycle du phosphore :

I. L'érosion

En milieu naturel, le phosphore est présent dans les roches de la lithosphère. Par l'action de la pluie et du vent, une petite quantité de ce phosphore est libérée sous forme de phosphate dans l'environnement.

II. L'absorption par les organismes vivants

Les phosphates entrent dans la chaîne alimentaire. Étant essentiels à la croissance des végétaux, ils sont absorbés par les plantes. Ces dernières sont mangées par des herbivores qui ingèrent ainsi des phosphates. Les herbivores peuvent être par la suite mangés par des carnivores.

III. La décomposition

Une certaine quantité de phosphates est ensuite retournée dans le sol par les excréments des animaux ainsi que par la décomposition des animaux et des végétaux qui meurent. Ces phosphates redeviennent alors disponibles dans le sol pour recommencer le cycle.

IV. La prolifération du plancton et la sédimentation

Une autre partie des phosphates provenant de l'érosion des roches ou de la décomposition est transportée vers les océans. Ils peuvent alors être utilisés par certains organismes benthiques ou par le plancton pour former son squelette. Une fraction se déposera sur le fond marin suite au décès de certains organismes vivants et s'intégrera aux sédiments. Progressivement, ils seront transformés en roches sédimentaires et réintégreront le cycle par le mouvement des plaques tectoniques qui feront remonter ces roches à la surface.

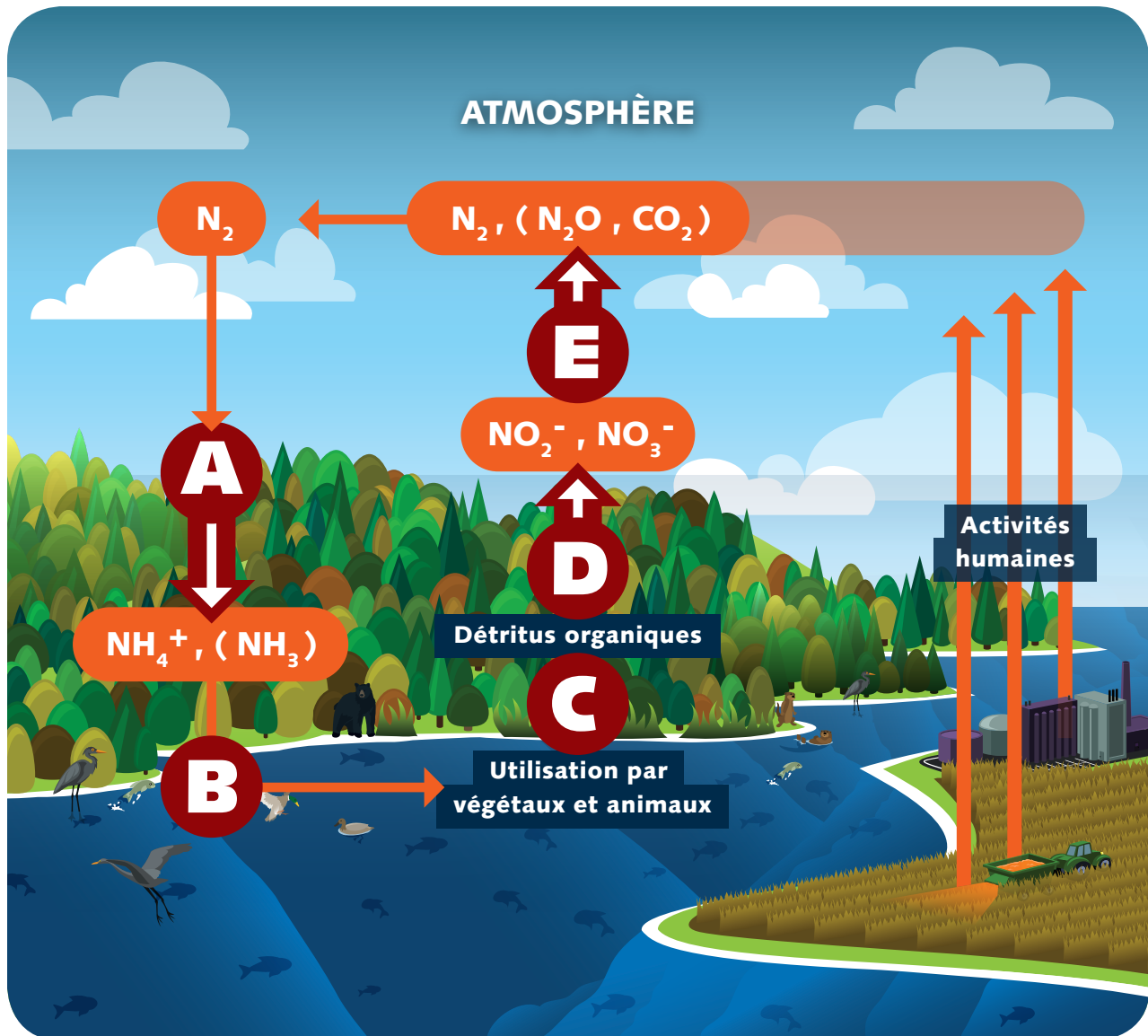
FACTEURS QUI INFLUENCENT LE CYCLE DU PHOSPHORE

L'accroissement des activités anthropiques a considérablement augmenté la disponibilité du phosphore dans l'environnement. L'utilisation massive d'engrais ainsi que les rejets de résidus de savons dans les eaux usées résidentielles et industrielles sont quelques exemples de perturbations d'origine humaine qui affectent directement les quantités de phosphore dans les milieux naturels.

Les conséquences environnementales de l'apport de la **biodisponibilité** de ces éléments sont nombreuses : accélération de l'**eutrophisation** des lacs, cours d'eau et milieux humides, augmentation du taux de mortalité de certaines espèces de poissons et amphibiens (seuil de **toxicité** trop élevé), prolifération accélérée des algues toxiques dans les lacs et les eaux côtières, limitation de l'utilisation de l'eau (contamination), élévation du fardeau économique en ce qui concerne le traitement des eaux contaminées, etc.

ACTIVITÉS

1. Voici un schéma du cycle de l'azote.



Pour chaque énoncé du tableau :

- Nomme le processus du cycle de l'azote
- Écris la lettre qui illustre ce processus

Énoncé	Processus	Lettre
Transformation du diazote en ammonium assimilable par les plantes.		
Transformation de l'azote contenu dans des déchets en ammoniac.		
Absorption des nitrates et de l'ammonium présent dans le sol et l'eau.		
Transformation des nitrates en diazote.		
Transformation de l'ammonium en nitrites puis en nitrates.		

2. Explique pourquoi les nitrites et les nitrates peuvent devenir une problématique pour l'eau potable.

3. Coche le ou les cycles biogéochimiques pouvant être associés à chacune des situations suivantes.

Situation	Cycle de l'azote	Cycle du phosphore
L'utilisation massive d'engrais peut perturber le cycle.		
Les bactéries décomposent la biomasse constituée de matière végétale et de reste d'animaux morts		
L'action du vent et de la pluie y contribue.		
Les résidus de savons peuvent accélérer l'eutrophisation des lacs.		
Un des processus du cycle peut engendrer la production de gaz à effet de serre.		

STE 4. L'eutrophisation et le cycle du phosphore

a. Quel est le lien entre l'eutrophisation et le cycle du phosphore?

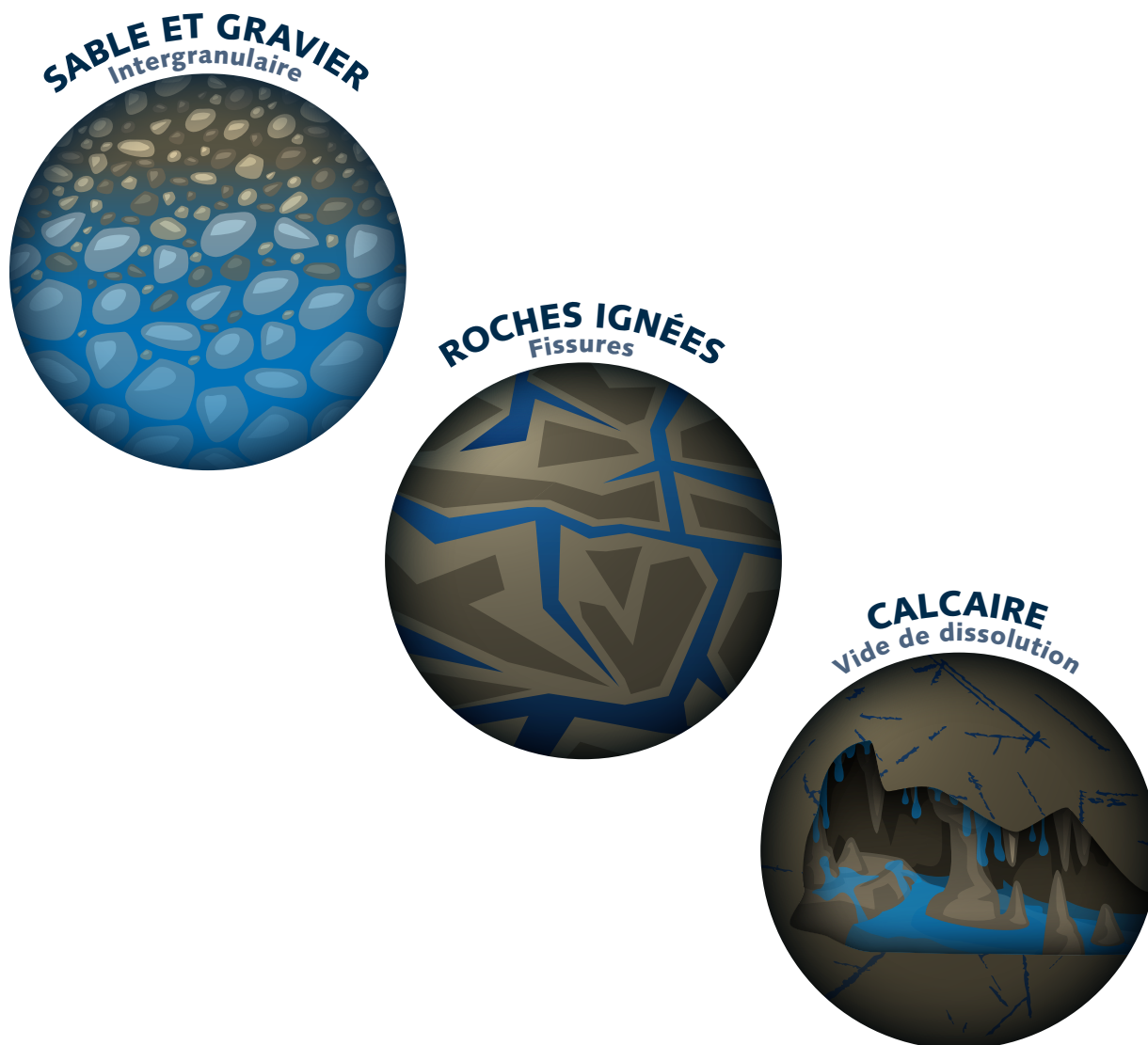
b. Dans le schéma du cycle du phosphore, quel élément peut être à l'origine du phénomène de l'eutrophisation? Explique ton choix.

5. L'EAU SOUTERRAINE

30% de l'eau douce est contenue dans les eaux souterraines, source d'eau potable pour le quart de la population canadienne. Pour certaines provinces, l'eau souterraine est leur principale source d'eau potable (100% à l'Île-du-Prince-Édouard ; 60% au Nouveau-Brunswick).

Contrairement à la croyance, les eaux souterraines ne sont pas stockées dans des sortes de grands lacs ou rivières souterraines. Omniprésentes dans le sol, elles occupent les interstices des grains de sable (dépôts meubles) et les fissures des roches. Dans les dépôts meubles, l'eau circule dans les interstices alors que dans les roches fracturées, elle circule dans les fissures.

PRINCIPAUX TYPES DE POROSITÉ



5.1 LES SOLS ET LA FILTRATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Par ses propriétés, le sol filtre et épure en partie l'eau qui le traverse jusqu'à la roche mère. Par la suite, l'épuration de l'eau se prolonge. Les germes pathogènes sont généralement éliminés durant la filtration, la plupart ne pouvant survivre en raison de l'absence d'oxygène. Plusieurs polluants organiques peuvent être également dégradés par les microorganismes présents dans le sol ou dans l'eau. Cependant, la filtration physique par le sol n'a pas d'effet sur les éléments dissous tels que les nitrates ou le chlorure, et donc ne résout pas les problèmes de pollution chimique comme celle provenant de l'épandage d'engrais chimique. Afin de limiter les contaminations qui peuvent survenir entre les eaux usées, les sols et les eaux souterraines, des installations peuvent toutefois être mises en place, par exemple des fosses septiques. Comment s'assure-t-on que ces dernières fonctionnent bien? Découvrez le dans ces vidéos, où vous découvrirez [comment vérifier la conformité d'une installation septique](#) et surtout, [qui effectue ce genre de travail!](#)

SAVAIS-TU? DU TEMPS POUR ÉPURER!

On considère qu'un trajet souterrain de 200 jours permet l'élimination des bactéries et que 550 jours sont nécessaires pour éliminer les virus présents dans l'eau.

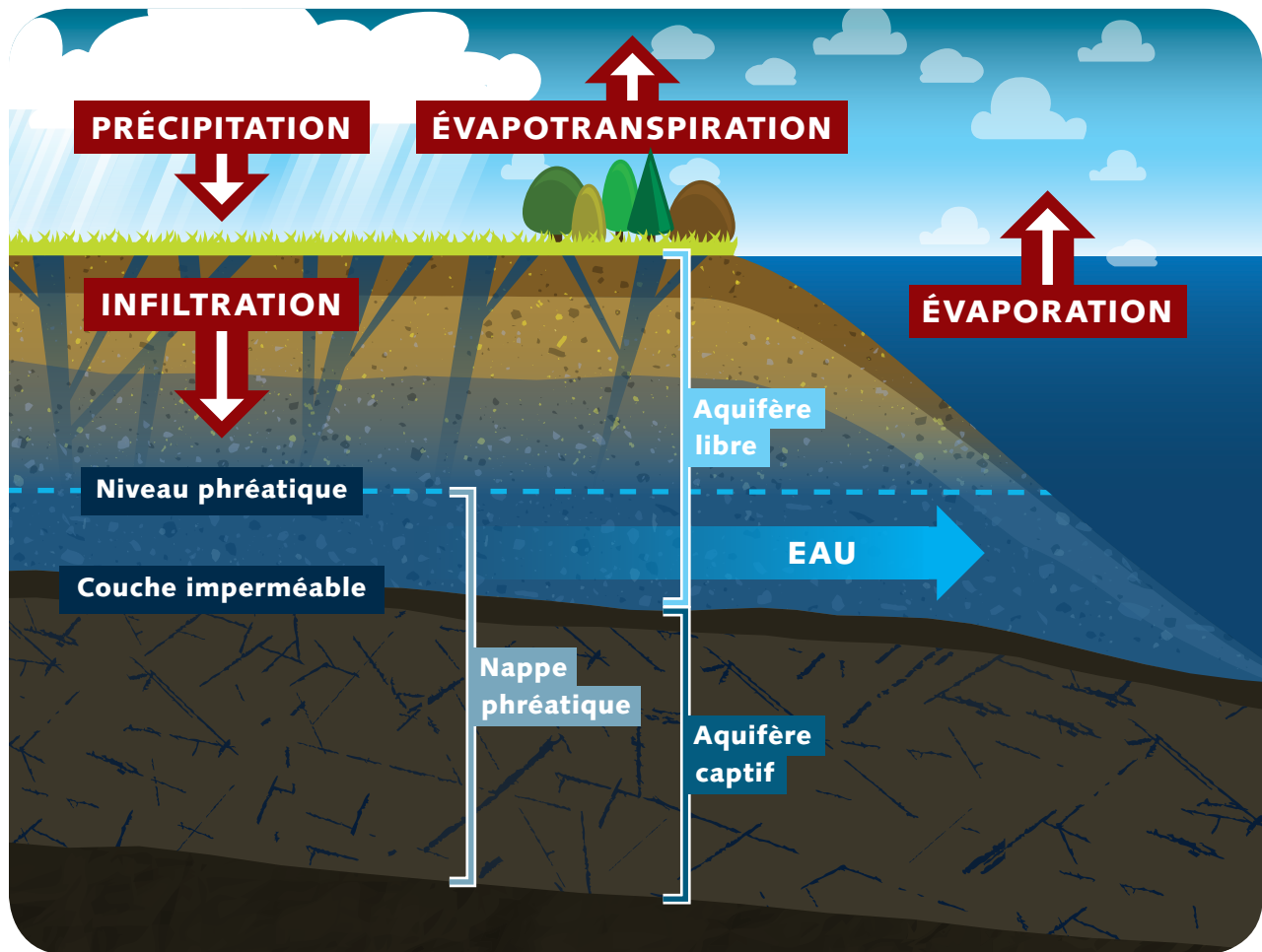
5.2 LE PARCOURS SOUTERRAIN DE L'EAU

Comme le montre le cycle hydrologique à la section 2.1, l'eau qui retombe sur le sol sous forme de précipitations peut suivre trois parcours différents :

- elle s'évapore et participe ainsi au cycle atmosphérique;
- elle ruisselle sur le sol pour alimenter les eaux de surface;
- elle s'infiltré dans le sol et, après un parcours souterrain plus ou moins long et complexe, elle refait surface.

La quantité d'eau qui s'infiltré dans le sol dépend de la topographie, de la couverture végétale, de l'état du sol (c.-à-d., sec ou humide, nu ou recouvert, meuble ou compact) et des précipitations (volume total et répartition au cours des saisons).

CYCLE DE L'EAU SOUTERRAINE



Le parcours de l'eau dans le sol

- Par gravité, l'eau descend et s'infiltré entre les fissures des roches et des particules de sol – c'est la **couche non saturée**.
- Éventuellement, l'eau atteint une couche perméable où l'espace entre les particules est déjà saturé d'eau. Quand l'eau entre dans cette **couche saturée**, elle fait partie de la **nappe phréatique**. Le dessus de cette zone saturée s'appelle le **niveau phréatique**.
- Cette zone saturée va, par accumulation de l'eau, constituer un **aquifère** accessible à l'usage par l'Homme. Certains aquifères peuvent accumuler les eaux de précipitations de plusieurs années. C'est dans les aquifères que peuvent être installés des puits. D'autres au contraire, par leur faible capacité de stockage, peuvent aller jusqu'au tarissement en été.
- L'eau réapparaît au-dessus du sol ; c'est la **résurgence**.

Dans son parcours souterrain, l'eau va progressivement se charger en sels minéraux, c'est la **minéralisation**. La composition minérale de l'eau va dépendre de la nature des aquifères traversés et des caractéristiques de l'eau.

5.3 DYNAMIQUE DE L'EAU SOUTERRAINE

L'eau qui remplit les cavités se situe généralement dans les 100 premiers mètres sous le sol, où réside la plus grande partie de l'eau douce sur Terre. L'eau souterraine peut séjourner sous terre pendant quelques jours jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'années.

Comme pour l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule du point le plus haut vers le point le plus bas. Elle atteint la nappe phréatique pour constituer des aquifères et éventuellement, émerge dans des cours d'eau, des lacs ou d'autres zones humides. Contrairement à l'eau de surface, les eaux souterraines voyagent lentement, de quelques centimètres par siècle dans l'argile à quelques mètres par jour dans des formations rocheuses. La vitesse de parcours dépend de chacune des couches du sol, qui sont plus ou moins perméables à l'eau.

La perméabilité d'une couche dépend en partie de la taille des grains qui la composent :

- plus les grains sont gros, plus elle est perméable. L'eau y circule rapidement.
Si la couche est composée de gravier, elle est extrêmement perméable.
- plus les grains sont fins, moins elle est perméable. L'eau y circule doucement.
Si la couche est composée d'argile, elle est très peu perméable.

5.4 LES AQUIFÈRES

Un **aquifère** est une formation géologique de roches perméables, poreuses ou fissurées pouvant accumuler et produire des quantités suffisantes d'eau pour les usages humains. Les aquifères ont différentes dimensions et formes, couvrant de quelques hectares à des milliers de kilomètres sous la terre.

Il existe deux principaux types d'aquifères :

Les aquifères libres

Ce sont des nappes à surface libre limitées par la surface de saturation. Ils se rencontrent dans des roches poreuses et perméables. Généralement, ils sont peu profonds et aucun terrain perméable ne les sépare de la surface du sol. Ces nappes sont plus vulnérables à la pollution car elles sont alimentées directement par les précipitations recueillies sur tout le bassin versant et par les infiltrations des cours d'eau.

Les aquifères captifs

Ils se situent en-dessous de couches imperméables et sont souvent plus profonds que les aquifères libres. L'alimentation en eau se fait de façon indirecte à partir de zones d'infiltration éloignées.

5.5 LES RÉSURGENCES

Après un parcours souterrain de quelques années à plusieurs milliers d'années, l'eau qui se trouve dans les aquifères, va émerger en surface (source) ou dans un plan d'eau. Cette émergence se produit naturellement lorsque l'eau rencontre une couche imperméable (roche dure ou argile). Son débit est régulier et la qualité de leur eau est représentative de celle de l'aquifère. L'émergence de l'eau souterraine peut contribuer grandement à l'écoulement de l'eau de surface, principalement durant les périodes sèches où certains cours d'eau ne sont alimentés que par l'eau souterraine.

L'Homme peut provoquer artificiellement l'émergence de l'eau en construisant un puits ou en réalisant un forage: voies de communication directes avec l'aquifère, ces ouvrages doivent être conçus pour éviter tout risque de pollution.

5.6 LES EAUX KARSTIQUES

Les eaux de pluie sont naturellement acides et dissolvent le calcaire de la roche en circulant dans les fractures, créant un réseau de cavernes souterraines. Ces terrains calcaires sont appelés terrains karstiques et sont assez rares au Québec. Bien qu'ils fassent la joie des spéléologues, ces terrains causent plusieurs soucis pour la construction étant des zones instables et des affaissements de terrain (p.ex. les «karsts» ou grottes de Courville à Québec). L'eau karstique ne subit pas de filtration. Elle est donc aussi vulnérable à la pollution que les eaux de surface.

5.7 BASSIN VERSANT VERSUS BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE

Le bassin hydrogéologique correspond à la zone de réception des eaux qui vont rejoindre un aquifère. Ce bassin peut avoir des délimitations différentes de celles du bassin versant. Un cours d'eau d'un bassin versant peut être alimenté par les eaux souterraines provenant d'un bassin versant adjacent.

SAVAIS-TU? QU'EST-CE QUE LA PIÉZOMÉTRIE ?

Afin de connaître la quantité d'eau souterraine disponible, il est indispensable de surveiller la profondeur de la surface des nappes, c'est-à-dire le niveau piézométrique. La **piézométrie** est **la science qui mesure la profondeur de la surface de la nappe d'eau souterraine**. Les sondages sont réalisés à l'aide de piézomètres. Les données récoltées permettent de tracer des courbes et ainsi de définir la surface piézométrique de la nappe phréatique.

6. LES CONTAMINANTS DE L'EAU ET LES SOLUTIONS CHIMIQUES

De nombreux contaminants peuvent être retrouvés dans les sources d'eau potable, que ce soit dans les eaux de surface ou souterraines. Certains contaminants proviennent de sources naturelles alors que d'autres sont le résultat d'**activités anthropiques**, des activités provoquées directement ou non par l'action de l'Homme.

Parmi les centaines de contaminants pouvant se retrouver dans les sources d'eau, le gouvernement canadien en a sélectionné plus de 90 qui font l'objet d'une norme précise afin de s'assurer de la qualité de l'eau de consommation.

Les eaux de surface peuvent être contaminées par des sources chimiques, biologiques ou physiques.

a. Exemples de sources chimiques de contamination

Les trihalométhanes (TMH)

Symbole : CHX_3

Concentration maximale de qualité de l'eau : 0,1 mg/l

Lorsque le chlore est utilisé pour traiter l'eau, il peut réagir avec la matière organique (végétation, feuilles mortes, etc.) présente dans l'eau, ce qui engendre la formation de substances chimiques appelées les trihalométhanes (THM). Puisque le chlore est principalement utilisé pour traiter les eaux de surface, les trihalométhanes se retrouvent principalement dans les réseaux de distribution d'eau potable.

Le fluor

Symbole : F

Numéro atomique : 9

Masse atomique : 19,00

Concentration maximale de qualité de l'eau : 1,5 mg/l

Le fluor est un composant de la croûte terrestre. Cet élément est présent sous la forme de fluorure (F⁻) dans le milieu naturel ainsi que dans la plupart des aliments de consommation.

Il se retrouve dans la fabrication d'engrais à base de phosphates, dans les eaux de ruissellement des zones agricoles où des engrais chimiques sont utilisés, et dans l'évacuation des systèmes de traitement des eaux usées provenant de régions où l'eau contient du fluorure.

Le soufre

Symbole : S

Numéro atomique : 16

Masse atomique : 32,07

Concentration maximale d'ordre esthétique : ≤ 500 mg/l

Les sulfates, un sel de l'acide sulfurique H_2SO_4 , sont présents dans le milieu naturel. Ils proviennent principalement de la dissolution de minéraux comme le gypse et l'anhydrite dans les eaux souterraines. Leur présence peut aussi être reliée à l'intrusion d'eau salée et l'évacuation des eaux d'infiltration des mines et des carrières de roches acides dans les sources d'eau potable.

Les activités anthropiques sont responsables de rejets de sulfates dans l'environnement. Les usines utilisant les sulfates et l'acide sulfurique dans leurs procédés, rejettent une importante quantité de sulfates dans l'environnement. La combustion des carburants fossiles et les méthodes de grillage en métallurgie peuvent également contribuer à augmenter le rejet de sulfates dans le milieu naturel.

Autres contaminants de l'eau potable

Chlore (voir section 6.1)

Fer (voir section 6.2)

Nitrates-Nitrites (voir section 4.1)

Phosphate (voir section 4.2)

b. Exemple de source biologique de contamination

Les coliformes fécaux

Bactérie : *Escherichia coli*

Unité : unité formatrice de colonies (UFC)

Concentration maximale de qualité de l'eau: 0 UFC/100 ml

La présence de coliformes fécaux dans l'eau est signe qu'elle a été contaminée par les selles ou l'urine d'animaux **homéothermes**, des organismes qui conservent une température interne constante. Cette contamination peut provenir du lessivage de terres agricoles ayant des bovins ou d'un mauvais traitement des eaux usées. Lorsqu'il y a présence de coliformes fécaux et plus spécifiquement de la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*), elle peut également contenir d'autres bactéries, des virus ou des parasites pouvant causer de nombreux problèmes de santé tels que la diarrhée, des crampes abdominales, des nausées et des vomissements.

c. Source physique

Les déchets et les autres débris

Ces contaminants insolubles représentent une source de pollution physique puisqu'ils modifient la composition du milieu. Ces débris peuvent affecter grandement les écosystèmes aquatiques en polluant l'eau ou en pénétrant dans la chaîne alimentaire s'ils sont ingérés par les animaux.

6.1 LES PROPRIÉTÉS DES SOLUTIONS – L'EXEMPLE DU CHLORE

Symbole : Cl

Numéro atomique : 17

Masse atomique : 35,45

Concentration maximale d'ordre esthétique : ≤ 250 mg/l

En milieu naturel, le chlore est uniquement présent sous forme combinée et se retrouve principalement sous forme de sel, le chlorure de sodium (NaCl). Il peut également être associé à d'autres éléments pour former des minéraux naturels comme la carnallite, $\text{KMgCl}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ et la sylvine, KCl.

Le chlorure (Cl⁻) est présent à l'état naturel dans les eaux souterraines suite à l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols. La **lixiviation** est le phénomène par lequel les éléments solubles (des polluants par exemple) sont entraînés dans les sources d'eau par infiltration. Lorsque le chlorure est combiné au sodium (Na⁺), la dissolution des dépôts de sel devient une importante source naturelle de cet élément dans l'eau potable et les eaux souterraines.

Sources artificielles

Puisque le **chlorure de sodium** est très utilisé en hiver sur les routes de la province (sels de voirie), sa dissolution est une importante source de contamination de l'eau potable et des eaux souterraines. Il existe d'autres sources artificielles comme les lixiviats issus des décharges de déchets ou des sites d'enfouissement, les adoucisseurs d'eau, les eaux d'égout, l'exploitation des puits de pétrole et le rejet des produits chimiques par les usines.

a. *Les électrolytes*

Un **électrolyte** est une substance qui, dissoute dans l'eau, se dissocie en deux ions, l'un positif et l'autre négatif. C'est donc une substance qui est conductrice de courant puisqu'elle contient des ions mobiles. Les électrolytes peuvent être sous forme solide ou liquide. Un électrolyte solide, comme le sel, devra être dissout en solution pour permettre la conductivité électrique.

Il existe 3 types d'électrolytes :

i. acides formés d'un ion H^+ et d'un non-métal : H_2SO_4 (acide sulfurique) $\rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

ii. bases formés d'un métal et d'un ion OH^- : NH_4OH (ammoniaque) $\rightarrow NH_4^+ + OH^-$

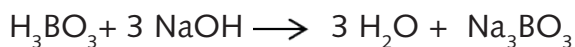
iii. sels formés d'un métal et d'un non-métal : $NaCl$ (sel) $\rightarrow Na^+ + Cl^-$

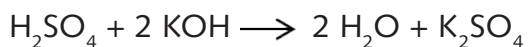
STE

Plus un électrolyte est fort, plus il conduit l'électricité en solution. Le chlorure de sodium présent dans les sources d'eau est considéré comme étant un électrolyte fort.

ACTIVITÉS

1. Identifie l'acide, la base et le sel dans les équations suivantes.





6.2 LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES – L'EXEMPLE DU FER

Symbole : Fe

Numéro atomique : 26

Masse atomique : 55,85

Concentration maximale d'ordre esthétique : $\leq 0,3$ mg/l

Le fer est le principal composant de la croûte terrestre. Il est habituellement combiné à l'oxygène formant ainsi des minerais d'oxyde de fer tels que l'hématite (Fe_2O_3), la magnétite (Fe_3O_4) et la limonite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Suite à l'**altération météorique**, la modification des propriétés physicochimiques des minéraux et des roches par l'eau ou l'air, le fer se retrouve dans les sources d'eau.

Sources artificielles

Les objets faits en fonte ou en acier (p. ex. : canalisations, pompes, réservoirs), le **cuvelage des puits**, soit l'ensemble des opérations et des matériaux servant au forage du puits et à la protection des parois pour assurer la durabilité du puits, peuvent être en contact avec l'eau et devenir de potentielles sources artificielles de fer dans les sources d'eau. Les rejets industriels, les **eaux d'exhaure acide** (eaux qui drainent les mines), les eaux usées ainsi que les **lixiviats** des sites d'enfouissement des déchets affectent aussi la [concentration de fer dans l'eau](#). Avant d'être consommée, l'eau potable a donc besoin de subir [une analyse des métaux](#), afin de mieux contrôler ses différents taux de métaux.

a. Quelques transformations chimiques – l'oxydation du fer

L'**oxydation** est une réaction chimique au cours de laquelle il se produit un échange d'électrons entre les composés impliqués. L'élément qui capte l'électron est appelé **oxydant** alors que celui qui le perd est nommé **réducteur**. À l'état naturel, le fer est présent sous deux formes:

Le fer ferreux : Fe^{2+} (forme soluble)

Le fer ferrique : Fe^{3+} (forme complexe)

L'**oxydation** du fer ferreux en fer ferrique se produit dans des conditions humides et aérobiques (en présence d'oxygène). Dans les eaux bien aérées, c'est le potentiel d'oxydo-réduction qui est responsable de cette oxydation en fer ferrique. Ce composé peut ensuite se **précipiter** sous forme d'hydroxyde de fer ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), ce qui entraîne l'élimination naturelle du fer dissous.

La **précipitation** est une réaction chimique au cours de laquelle deux solutions aqueuses réagissent pour former une nouvelle solution aqueuse ainsi qu'un solide appelé le précipité.

b. Neutralisation acidobasique

L'oxydation du fer ferreux (Fe^{2+}) en solution aqueuse dépend du pH et de la concentration en oxygène. Lorsque le **pH** est bas, <4 , l'oxydation chimique n'est plus significative. En présence d'un environnement acide, cette réaction chimique ne se produit presque plus. Le fer reste donc dans son état de fer ferreux et sera utilisé par des bactéries **acidophiles**, des bactéries qui peuvent survivre et se reproduire dans un environnement acide.

Dans un environnement au **pH** neutre (entre 6 et 8) et bien aéré (saturation en oxygène), l'oxydation est rapide et il est souvent possible d'observer une coloration orangée ou rougeâtre de l'eau. Il s'agit de ce phénomène que nous pouvons observer lors de la formation de la rouille sur les métaux.

SAVAIS-TU?

Le potentiel d'hydrogène, le pH, est la mesure de l'activité chimique des ions d'hydrogène (H^+) contenus dans une solution aqueuse. Le pH permet de classer les solutions en fonction de leur niveau d'acidité. L'échelle du pH s'étend de 0 à 14. Les solutions neutres auront un pH égal à 7, les solutions acides auront un pH inférieur à 7 alors que les solutions basiques auront un pH supérieur à 7. Un acide est un composé qui libère des ions H^+ une fois dissous en solution.

Ex : H_3BO_2 , H_2SO_4 , HCl , CH_3COOH

Une base est un composé qui libère des ions OH^- une fois dissous en solution.

Ex : $NaOH$, KOH , $CaOH_2$

À l'inverse du pH, le pOH permet de mesurer l'alcalinité ou la basicité d'une solution. Il représente la concentration en ions OH^- . L'échelle pOH est également divisée en échelons de 0 à 14, 0 étant le degré de basicité le plus élevé alors que 14 est le degré de basicité le plus faible. L'échelle pOH va donc en sens opposé à celle du pH. Il existe une relation entre l'échelle pH et l'échelle pOH soit : $pH+pOH=14$.

c. Le balancement d'équation

Pour balancer une équation chimique, il faut équilibrer le nombre total d'atomes de chaque côté de l'équation en appliquant la loi de conservation de la matière. La méthode de balancement utilisant la molécule la plus complexe, soit la molécule possédant le plus d'atomes, est la suivante :

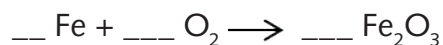
- 1) Identifie la molécule la plus complexe dans l'équation et attribue un coefficient.
- 2) Balance les atomes qui sont différents de l'hydrogène (H) et de l'oxygène (O).
- 3) Balance les atomes d'hydrogène (H) ou ceux de l'oxygène (O). Choisis celui qui est le moins présent dans l'équation.

4) Balance les atomes d'hydrogène (H) ou d'oxygène (O) (restant selon le balancement de l'étape 3).

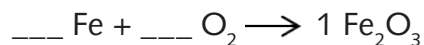
5) Assure-toi que les coefficients sont des entiers et qu'ils sont réduits au maximum.

Exemple : l'oxydation du fer

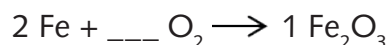
Fer + dioxygène \longrightarrow oxyde ferrique



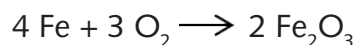
1) La molécule la plus complexe est : Fe_2O_3



2) Balance les atomes différents de H et O



3) Balance les atomes d'oxygène (plus présent)



6 atomes d'O de chaque côté

4) Balance les atomes d'hydrogène (aucun)

5) Assure-toi que les coefficients sont entiers et réduits

L'équation balancée pour l'oxydation du fer est donc : $4 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$

Cette réaction produit de la rouille, la coloration brunâtre et orangée dans certains cours d'eau. Le contact des roches contenant du fer avec l'eau et l'oxygène produit l'oxydation et ainsi, la transformation du fer en oxyde ferrique créant une couleur orangée.

ACTIVITÉS

1. Trouve des solutions courantes qui sont :

a. Acides

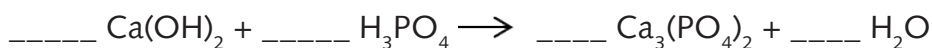
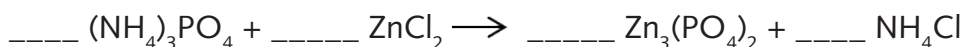
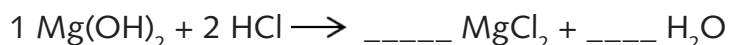
b. Basiques

c. Neutres

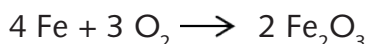
**2. La coloration orangée de l'eau est causée par l'oxydation du fer dans l'eau
Qu'est-ce que l'oxydation?**

- a) Une réaction chimique se produisant uniquement dans des conditions anaérobiques (sans oxygène).
- b) Une réaction chimique impliquant un échange d'électron.
- c) Une réaction chimique produisant de la chaleur.
- d) Une réaction chimique se produisant uniquement avec des gaz.

3. Balance les équations suivantes.



4. Dans la réaction d'oxydation suivante, indique lequel des atomes est l'oxydant et lequel est le réducteur.



L'oxydant est :

Le réducteur est :

5. Complète le tableau présentant la concentration des ions H⁺ selon le pH d'une solution

pH	Concentration des ions H ⁺ (mol/l)
0	1 x 10 ⁻⁰
1	1 X 10 ⁻¹
2	1 x 10 ⁻²
3	
4	
5	
6	
7	
8	

pH	Concentration des ions H ⁺ (mol/l)
9	
10	
11	
12	
13	
14	

La concentration des ions H⁺ dans une solution augmente donc d'un facteur de _____ pour chaque augmentation de 1 dans l'échelle du pH.

6.3 LA SOLUBILITÉ, LA CONCENTRATION ET LA SENSIBILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES AUX CONTAMINANTS

La contamination des eaux souterraines liées aux activités anthropiques est un important problème qui nécessite l'intérêt et l'attention de chaque citoyen. Lorsque le degré de pollution atteint un niveau critique, cela peut engendrer un danger pour la santé publique. Pour s'assurer de sauvegarder cette ressource, il faut donc prévoir des moyens de conservation.

Certaines contaminations des eaux souterraines sont le résultat d'infiltrations dans le sol de contaminants produits par les activités humaines. Par exemple, les eaux provenant du lessivage des terres agricoles peuvent contenir de nombreux polluants. Ces rejets peuvent s'infiltrer dans les différentes couches du sol. Les polluants peuvent être **biodégradés**, décomposés par des microorganismes, jusqu'à un certain degré dans la zone non saturée. Par contre, une fois que le polluant traverse cette zone tampon, il atteint la couche aquifère où il sera **dilué** dans l'eau et propagé dans la source d'eau souterraine.

Une fois contaminée, l'eau souterraine est très difficile à traiter posant de grandes difficultés techniques et nécessitant des traitements très coûteux quand ils sont possibles. La prévention et la préservation de cette ressource sont donc la meilleure option pour conserver cette source d'eau.

a. La dissolution

La contamination des eaux souterraines par des métaux lourds peut résulter de la dissolution de soluté dans l'aquifère, soit le processus par lequel un ou plusieurs solutés sont dissous dans un solvant formant ainsi un mélange homogène. La dissolution peut être artificielle, souvent reliée aux activités humaines ou naturelles issues du contact de l'eau avec des gisements dans le sol.

Il existe deux formes de dissolution :

La dissolution moléculaire

Les molécules de soluté dissoutes restent entières et ne se séparent pas en ions. Cette solution ne conduit pas l'électricité.

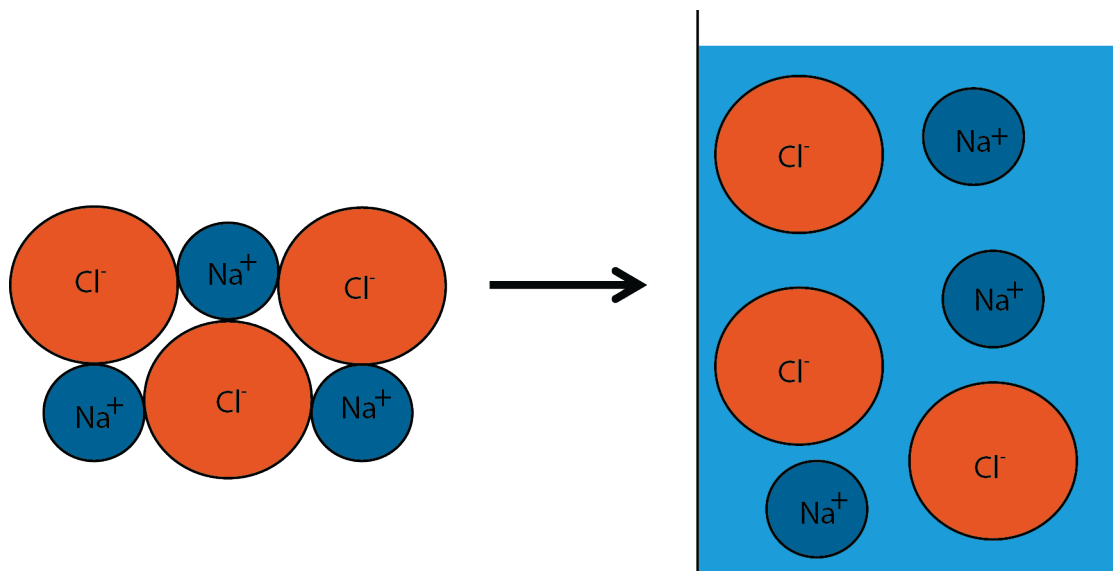
La dissolution ionique

Les molécules de soluté dissoutes se séparent en ions dans le solvant. Cette solution conduit donc l'électricité.

Lors d'une dissolution, qu'elle soit moléculaire ou ionique, la masse sera toujours conservée alors que le volume de la solution variera.

Exemple d'une dissolution ionique – le sel

Le sel, NaCl, peut être une source de contamination de l'eau souterraine. Lorsque qu'il entre en contact avec l'eau souterraine, il se dissout dans le solvant, l'eau souterraine. Comme le montre la figure suivante, il s'agit d'une dissolution ionique puisque les ions sont séparés suite à la dissolution.



Certains facteurs influenceront l'ampleur d'une contamination par un contaminant. Il est donc essentiel de bien connaître ces paramètres.

i. La **solubilité** d'un contaminant, soit la capacité du soluté à se dissoudre dans un solvant pour former une solution homogène. La solubilité est exprimée en g/100ml. Les facteurs qui l'influencent sont :

1) **La température** - Dans des solutés solides et liquides, plus la température augmente, plus la solubilité augmente. Pour des solutés gazeux, plus la température diminue, plus la solubilité augmente.

2) **La pression** - Plus la pression est grande, plus la solubilité augmente.

3) **La nature** du soluté.

ii. La **concentration**, soit le rapport entre la quantité de soluté et la quantité totale d'une solution.

ACTIVITÉS

1. Quel sera l'impact sur la concentration d'une solution :

a. lors d'une dilution (ajout de solvant dans la solution)

b. lors d'une dissolution (ajout de soluté dans la solution)

c. lors de l'évaporation du solvant

b. Le calcul de la concentration d'un contaminant

i. La concentration massique en g/l

Formule pour calculer la concentration en grammes par litre :

$$C = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

où

C = concentration (g/l)

$m_{\text{soluté}}$ = masse de soluté (g)

V_{solution} = volume de la solution (l)

ii. La concentration en pourcentage

Formule pour calculer la concentration en pourcentage d'un soluté solide et d'une solution liquide (g/100ml) :

$$\% \text{ m/V}$$

Exemple

Trouve la masse de NaCl nécessaire pour préparer 1,5l d'une solution concentrée à 17%.

$$\frac{X}{1500 \text{ ml}} = \frac{17\text{g}}{100 \text{ ml}}$$

$$x = \frac{1500\text{ml} \times 17\text{g}}{100\text{ml}}$$

$$X = 255\text{g}$$

Formule pour calculer la concentration en pourcentage d'un soluté solide et d'une solution solide (g/100g) :

$$\% \text{ m/m}$$

Exemple

Dans un médicament pour les maux de tête, il y a 0,0035g de soluté médicinal par comprimé de 3,8g. Quelle est la concentration?

$$\frac{0,0035\text{g}}{3,8\text{g}} = \frac{x}{100\text{g}}$$

$$x = \frac{100\text{g} \times 0,0035\text{g}}{3,8\text{g}}$$

$$x = 0,09\%$$

Formule pour calculer la concentration en pourcentage d'un soluté liquide et d'une solution liquide (ml/100ml) :

% V/V

Exemple

Calcule la concentration en % d'acide s'il y en a 85 ml dans 1,5l de vinaigre.

$$\frac{x}{100\text{ml}} = \frac{85\text{ml}}{1500\text{ml}}$$

$$x = \frac{100\text{ml} \times 85\text{ml}}{1500\text{ml}}$$

$$x = 5,67\%$$

iii. La concentration en ppm

Cette unité de mesure est très utile pour calculer de faible concentration. La formule pour calculer la concentration en ppm est :

$$\text{PPM} = \frac{\text{g}}{1\,000\,000\text{ ml}}$$

STE LA CONCENTRATION MOLAIRE

Formule pour calculer la concentration molaire en mol/l :

$$C = \frac{n}{v} \quad \text{où} \quad n = \frac{m}{M}$$

C = concentration molaire (mol/l)

n = nombre de moles (mol)

V = volume (l)

m = masse (g)

M = masse molaire (g/mol)

ACTIVITÉS

1. Un technicien dissout 38 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 850 ml d'eau. Quelle est la concentration en g/l de cette solution?

2. Quelle est la quantité de potassium en mg si l'apport de cet élément est de 0,188% m/V pour une portion de 300 ml?

3. Une bouteille d'eau de 750 ml contient 98,5 ml de fluor. Quelle sera la concentration de cette bouteille d'eau en % V/V?



4. Sur l'étiquette de la poche de sable, il est indiqué qu'il contient 24% m/m de matière filtrante. Pour filtrer 1l d'eau, vous utilisez 265g de ce sable. Quelle sera la quantité en gramme de matière filtrante utilisée pour cette filtration?

5. Une solution a une concentration de 82 ppm d'aluminium dans 500 ml d'eau. Quelle est la masse de métal dissoute dans la solution?

STE

6. Quelle est la concentration molaire de 3,5 L d'une solution contenant 575 g de chlorure de sodium (NaCl)?

7. Complète le tableau suivant :

pH	mol/l	g/l	ppm	% m/V	* Masse molaire (g/mol)
KI		0,02			
H ₂ SO ₄	0,88				
MnO ₂				1,4	
Mg(OH) ₂			55		

* Utilise une feuille pour faire des calculs

c. Les dilutions

La **dilution** est un processus qui consiste à diminuer la concentration d'une solution en ajoutant du solvant. La solution finale aura donc toujours une concentration inférieure à celle de départ. Lors d'une dilution, la quantité de soluté ne change jamais. La masse de soluté au départ est donc la même que celle après la dilution soit $m_1 = m_2$

À partir de la formule de la concentration, il est possible d'isoler la masse.

$$C = \frac{m}{V} \longrightarrow m = C \times V$$

Par substitution, on obtient une formule qui permet de faire le lien entre les concentrations et les volumes initiaux et finaux.

$$\text{Formule: } C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Où

C_1 : concentration initiale

V_1 : volume de la solution initiale

C_2 : concentration finale

V_2 : volume de la solution finale

Exemple

On veut préparer une solution de 100 ml à 5g/l à partir d'une solution de 500 ml à 20 g/l. Calcule le volume de la solution initiale à utiliser.

Tu sais que :

C_1 : 20 g/l

C_2 : 5 g/l

V_2 : 100 ml

Pour trouver le volume de la solution 1, il faut réaliser les étapes suivantes :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$20 \text{ g/l} \times V_1 = 5 \text{ g/l} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ g/l} \times 100 \text{ ml}}{20 \text{ g/l}}$$

$$V_1 = 25 \text{ ml}$$

ACTIVITÉ

1. Robert dispose de 3l d'une solution salée à 30%. Pour diluer sa solution, il prélève un certain volume et ajoute 500ml d'eau. Il obtient alors une solution à 50 g/l. Quel est le volume de la solution initiale prélevée?



ACTIVITÉS DE RÉVISION

1. Qui suis-je?

a. Réaction chimique se produisant entre deux solutions aqueuses dont le résultat produit une nouvelle solution aqueuse ainsi qu'un solide.

b. Processus qui permet de séparer plusieurs phases d'un liquide ou de solides en suspension dans une solution avec l'action de la gravité.

c. Processus qui permet de diminuer la concentration d'une solution en y ajoutant du solvant.

d. Processus qui permet de former un mélange homogène composé d'un soluté dissout et d'un solvant.

e. Il s'agit de la capacité d'un soluté de se dissoudre dans un solvant pour former une solution homogène.

f. Réaction chimique dans laquelle se produit un échange d'électron entre les composés.

g. Ce phénomène engendre la modification de la composition chimique ou physique des propriétés de l'eau.

h. Processus de décomposition de la matière organique par des microorganismes.

i. Procédé qui permet de séparer une phase liquide et une phase solide avec l'aide d'un milieu poreux.

2. Vrai ou faux?

Si la réponse est fausse, explique pourquoi.

a. Le fer peut se retrouver naturellement dans les sources d'eau potable.

b. Dans une réaction d'oxydation, l'élément qui capte l'électron est nommé réducteur.

c. La formation de la rouille est un exemple de dissolution.

d. Une solution de pH 2 est une solution acide.

e. Le vinaigre est un exemple de solution basique.

f. Avec un pH de 7, l'eau distillée est neutre.

g. Une solution avec un pH de 15 est basique.

h. Une solution basique aura un pH supérieur à 7.

i. Un électrolyte est une substance qui ne conduit pas l'électricité.

j. Il existe seulement des électrolytes faibles.

k. Lors d'une dilution, la concentration finale sera toujours plus élevée que celle initiale.

STE 6.4 LES EFFETS DES CONTAMINANTS

La contamination des sources d'eau potable peut avoir des impacts sur la qualité de l'eau pour notre consommation, mais également sur la faune et la flore aquatiques. En effet, les contaminants, des agents qui peuvent causer une modification des propriétés chimiques, physiques ou biologiques, peuvent entrer dans les organismes et, par le fait même, dans la chaîne alimentaire.

Deux phénomènes découlent de la présence de contaminants dans l'environnement : la bioaccumulation et la bioconcentration.

Bioaccumulation

Phénomène défini comme étant l'accumulation d'un contaminant dans les tissus d'un être vivant suite à la consommation de proies contaminées ou encore, par l'absorption directe dans son milieu de vie. Il y a présence de bioaccumulation dans un organisme lorsque ce dernier absorbe un contaminant plus rapidement qu'il peut l'éliminer de manière naturelle.

Bioconcentration

Forme de bioaccumulation qui se produit lorsque l'organisme absorbe directement de son milieu de vie le contaminant. Les moules, qui sont des organismes qui filtrent l'eau pour s'alimenter, absorbent directement les contaminants du milieu.

Dans le cas spécifique de la chaîne alimentaire, la quantité présente d'un contaminant augmentera à chaque niveau trophique puisque les prédateurs accumulent toutes les toxines contenues dans leurs proies. Un grand prédateur comme le requin, héritera des contaminants du poisson qu'il a mangé qui conserve également, toutes les toxines de ses proies précédentes. Cette accumulation dans les tissus des organismes porte le nom de **bioamplification**.

Puisque les contaminants peuvent avoir un effet direct sur la santé des organismes vivants, il est primordial d'en connaître leur **seuil de toxicité**, soit la concentration minimale d'un contaminant pour laquelle un effet néfaste se produit sur l'organisme.

STE ACTIVITÉS

- 1. Lorsque les moules d'eau douce absorbent des contaminants par filtration pour se nourrir, il s'agit du phénomène de bioconcentration. vrai ou faux?**

- 2. Phénomène défini comme étant une accumulation de contaminants dans les tissus d'un organisme vivant.**

7. LE PARCOURS DE L'EAU POTABLE

L'acheminement de l'eau au domicile des utilisateurs nécessite de nombreuses étapes. De la captation de l'eau à la source (eaux de surface ou souterraines) jusqu'à la distribution, l'eau passe par de nombreuses étapes distinctes.

7.1 LE CAPTAGE DE L'EAU

a. La captation de l'eau de surface

La prise d'eau est un ouvrage qui permet de puiser l'eau d'une rivière, d'un lac ou d'un réservoir. Généralement, c'est une grande conduite d'adduction qui est munie d'une grille empêchant les herbes, les poissons ou les autres corps étrangers d'entrer.

b. La captation des eaux souterraines

Un système de captage des eaux souterraines est une installation qui permet de puiser, c'est-à-dire de prélever l'eau contenue dans les nappes phréatiques. Plusieurs systèmes existent mais au Québec, les **puits tubulaires**, aussi appelés puits artésiens, ainsi que les **puits de surface** sont les techniques de captage les plus communes.

Pour déterminer le type de puits à utiliser, il faut considérer plusieurs aspects et contraintes :

- le type de sol
- la profondeur de la nappe phréatique
- l'inclinaison du sol
- les besoins en eau
- les risques de contamination
- la législation
- les coûts

Le **puits tubulaire**, ou puits artésien, est obtenu en forant une couche de roches imperméables pour atteindre l'aquifère captif. Le puits sera foré en aval de la source ce qui aura pour effet d'exercer une pression sur l'eau du puits et la poussera ainsi à jaillir du puits.

Le **puits de surface** est utilisé lorsque les conditions ne sont pas propices à la mise en place d'un puits artésien. Ce dernier s'alimente directement dans un aquifère libre. Par contre, cette technique de captage est plus susceptible à une diminution du niveau d'eau lors des périodes de sécheresse car ce puits est réalisé plus près de la surface et dépend grandement des précipitations. D'autre part, l'eau alimentant ces puits est plus vulnérable à la pollution.

D'autres techniques de captage peuvent être aussi utilisées : les **puits à pointe filtrante**, le **captage de source**, les **puits rayonnants** et les **drains horizontaux**.

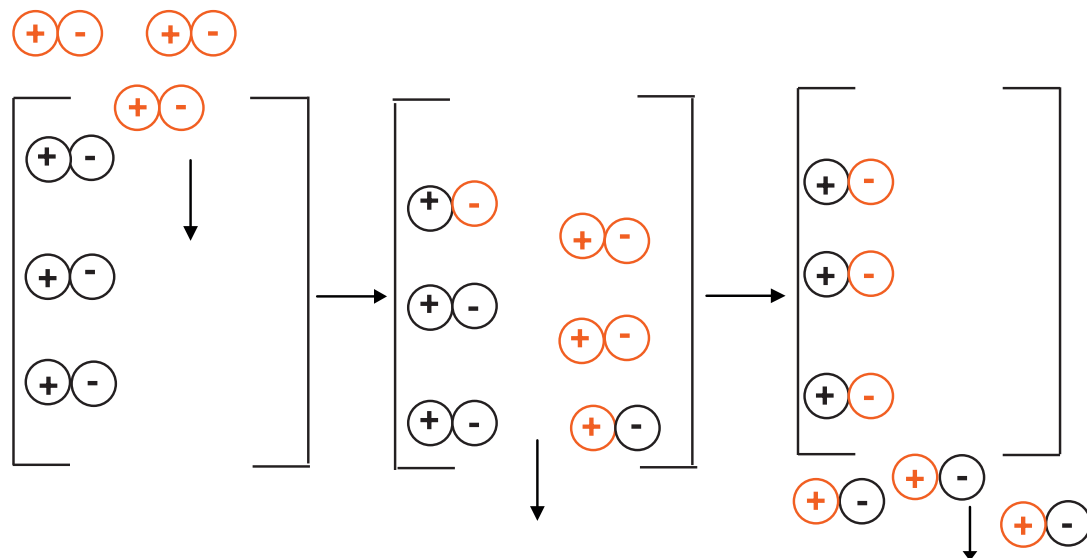
7.2 LE TRAITEMENT

L'eau provenant de puits individuels ne passe pas nécessairement par un traitement avant d'être consommée. Cependant, les eaux provenant de réseaux d'aqueduc municipaux, de surface ou souterraine, sont préalablement traitées avant d'être acheminées pour consommation. Ces étapes sont supervisées par plusieurs professionnels. Il existe de nombreux traitements possibles.

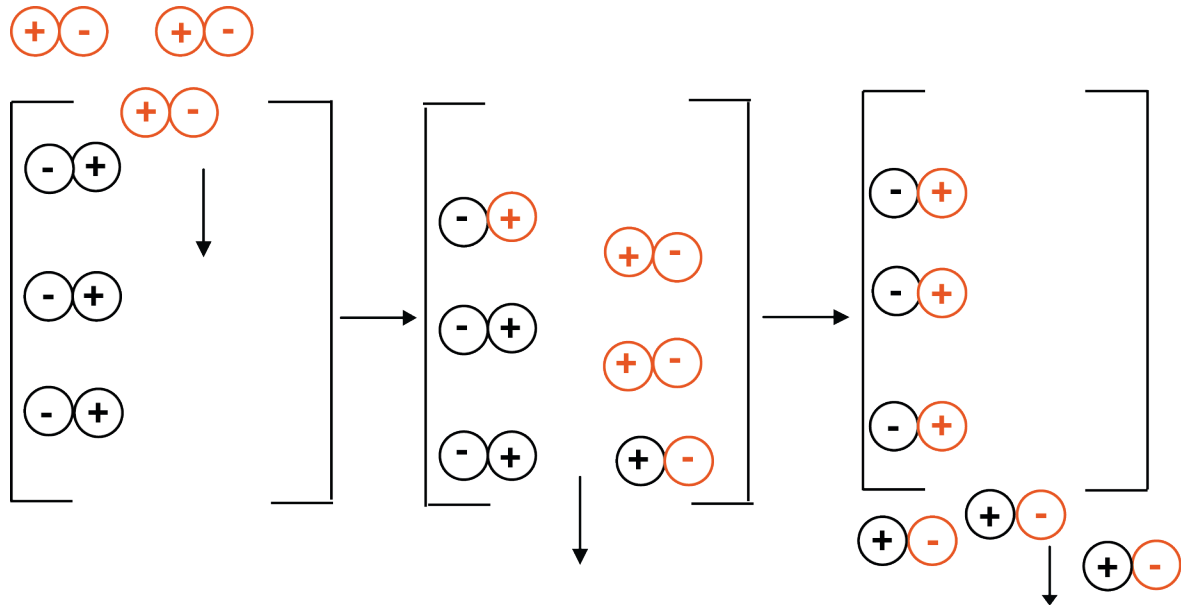
I. Échangeur d'ions

L'échange d'ions est un processus chimique par lequel les ions d'une certaine **charge** contenus dans une solution sont éliminés de cette dernière en étant absorbés par un matériau solide (l'échangeur). Par la suite, ils sont remplacés par des ions inoffensifs, de charge équivalente, émis par le solide. Cette méthode est souvent utilisée pour l'adoucissement et la déminéralisation de l'eau ou encore, pour traiter les eaux chargées de métaux lourds.

Échangeur d'anions : la solution à traiter (ions en rouge) traverse ce système de traitement où les charges négatives nocives sont absorbées (ion négatif rouge) par l'échangeur et remplacées par des ions de même charge mais inoffensifs (ion négatif noir).

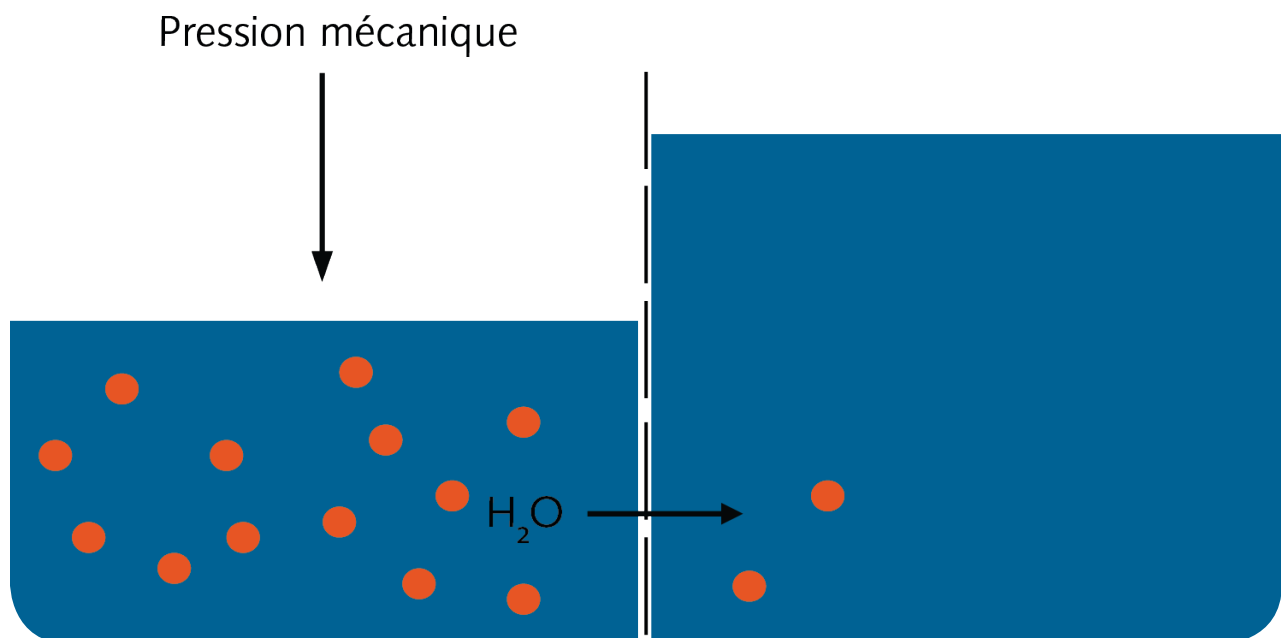


Échangeur de cations : la solution à traiter (ions en rouge) traverse ce système de traitement où les charges positives nocives sont absorbées (ion positif rouge) par l'échangeur et remplacées par des ions de même charge mais inoffensifs (ion positif noir).



II. Osmose inversée

L'**osmose** est un processus par lequel l'eau se déplace à travers une paroi, une membrane, afin d'équilibrer les concentrations. La force qui pousse l'eau à traverser la membrane, est définie comme étant la pression osmotique. Elle est dépendante de la différence de concentration entre les deux solutions. Le principe de l'osmose inversée implique que l'eau se déplace dans le sens inverse, c'est-à-dire contre la pression osmotique.



Pour réaliser cela, il faut appliquer à la solution concentrée une pression mécanique plus grande que la pression osmotique. En exerçant cette pression dite hydrostatique, l'eau est forcée à quitter le compartiment de filtration malgré l'augmentation de la concentration en soluté qui s'y produit.

III. Filtration aux sables verts

Cette méthode de filtration est efficace pour réduire les concentrations des ions de fer, de manganèse et de soufre. Le sable est chargé de molécules d'oxygène ce qui crée une **oxydation** de ces ions lorsqu'ils entrent en contact avec le sable. Ils sont ensuite **précipités** et ainsi retenus dans le filtre.

IV. Distillation

La distillation est un principe qui utilise la différence de **volatilité**, c'est-à-dire la capacité d'un soluté à s'évaporer en fonction de la température, de tous les solutés d'une solution. Le composé le plus volatile s'évaporerait plus facilement. En utilisant la **condensation** de ces gaz, un liquide appelé **distillat** est obtenu. Pour assurer l'efficacité de ce traitement, il faut que les contaminants aient une température d'**ébullition** différente de celle de l'eau.

V. Traitement par le chlore

Le chlore est un désinfectant qu'on ajoute à l'eau potable pour diminuer ou éradiquer les microorganismes présents. Cela permet de réduire sensiblement les risques de transmission de maladies par l'eau. Son élimination complète n'est habituellement pas nécessaire avant la consommation de l'eau. Par contre, les usines de traitement de l'eau qui procèdent à une **surchloration** doivent aussi en réduire la concentration avant de la distribuer aux consommateurs.

SAVAIS-TU? LA SURCHLORATION

Certaines usines de traitement vont utiliser une très grande quantité de chlore pour traiter l'eau. Si cette quantité dépasse les normes établies, elles devront s'assurer de diminuer la concentration de chlore avant de distribuer l'eau. Pour ce faire, il est possible d'ajouter du bisulfite de sodium (NaHSO_3) ou du dioxyde de soufre (SO_2) dans l'eau, ce qui réduira la concentration de chlore.

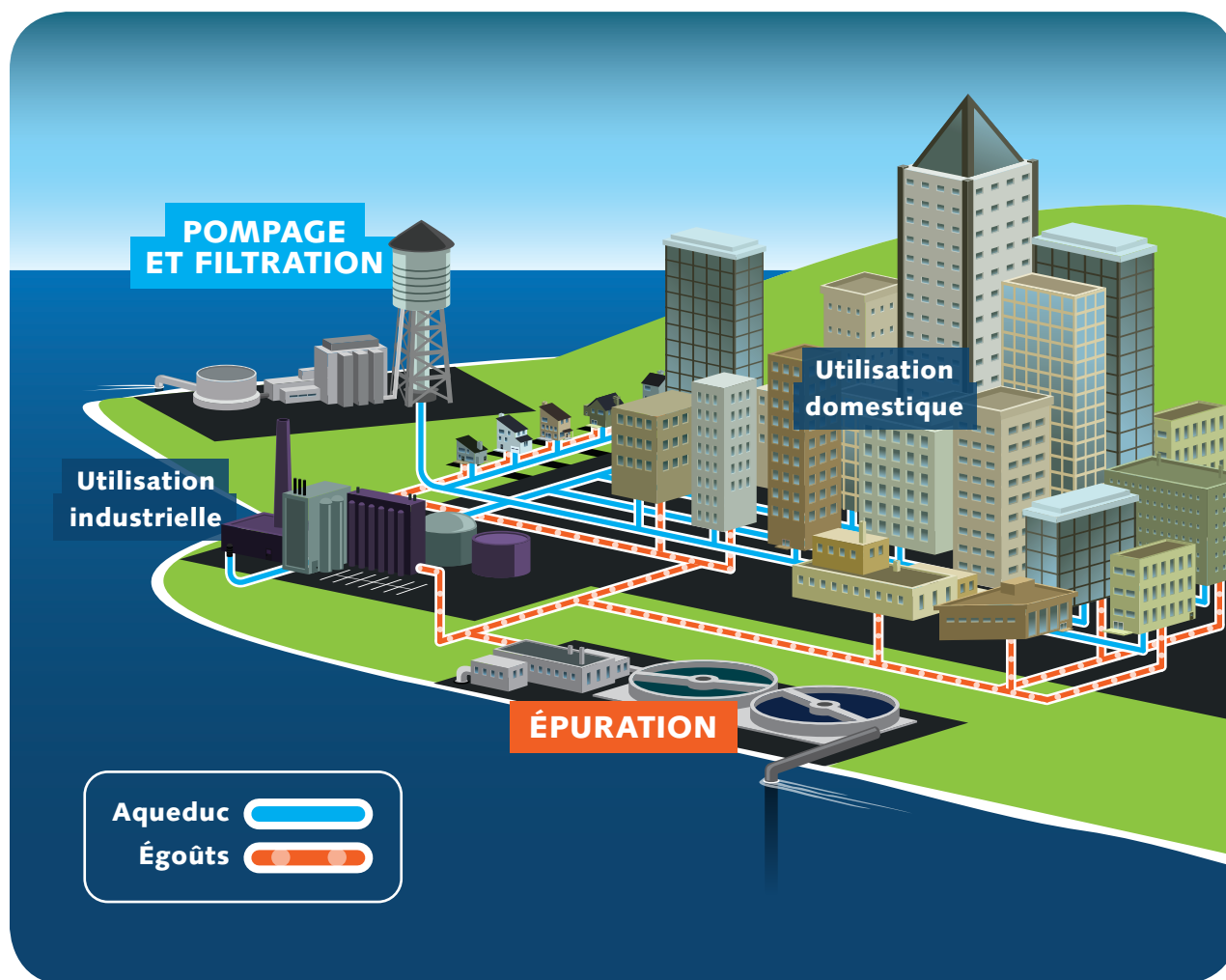
Lorsque la technique de désinfection par le chlore est utilisée, il faut compter deux étapes distinctes dans le processus :

- La **désinfection primaire** : utilisation de chlore dans une usine de traitement de l'eau potable afin d'inactiver les pathogènes microbiens.
- La **désinfection secondaire** : réalisation à la suite de la désinfection primaire. Elle a lieu lorsque l'eau quitte l'usine de traitement ou à différents points de rechloration répartis sur le réseau de distribution. Elle permet de limiter la croissance de biofilms et de réduire le risque de contamination microbienne dans le réseau de distribution.

7.3 LE POMPAGE, LE TRANSPORT ET LE STOCKAGE DE L'EAU

Une fois l'eau traitée, elle est acheminée dans les réseaux de distribution via de grandes conduites d'adduction. C'est le réseau d'aqueduc. Pour faire face à une demande variable au cours du temps, il est nécessaire de constituer, pendant les périodes creuses, des réserves (p. ex. : barrages réservoirs, châteaux d'eau).

CHEMIN DE L'EAU



Ces réserves sont stockées dans des réservoirs souvent situés sur des reliefs afin que l'eau puisse s'écouler par gravité, pour maintenir la pression dans le réseau et ainsi éviter les coups de bélier (phénomène de surpression pouvant se produire lorsqu'il y a un changement brusque de la vitesse d'un liquide).

7.4 LA DISTRIBUTION

Selon la municipalité et la localisation des habitations, l'eau potable provient de puits ou du réseau d'aqueduc, c'est-à-dire que les maisons sont directement connectées au réseau de distribution municipal de l'eau potable. Parmi les utilisateurs de l'eau d'aqueduc, certains possèdent un compteur d'eau qui calcule la quantité de litres d'eau consommée par habitation, soit la quantité d'eau qui entre dans le domicile. Cela indique donc la consommation réelle d'eau pour une maison.





Ville et
campagne:
eau potable et
eaux souterraines



Groupe
d'éducation
et d'écosurveillance
de l'eau

69, avenue Juchereau CP 700, Québec (Québec) G1R 4S9
T. 418 666-6169 F. 418 821-7069 C. info@g3e-ewag.ca

www.g3e-ewag.ca