

# QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



## HERITAGE INDÉSIRABLE

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Durée	Clientèle visée	Article lié
75 minutes	Les élèves de deuxième année du deuxième cycle. Science et technologies (ST)	« Héritage indésirable » (Magazine Québec Science, volume 56, numéro 8, juin 2018, pages 10-11), rédigé par la journaliste Alice Mariette.

### OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez discuter en classe d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages.

L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

### CONCEPTS ABORDES

*Selon la progression des apprentissages*

#### Univers Terre et espace

- A. Caractéristiques de la Terre
  - 2. Lithosphère
    - a. Cycles biogéochimiques
      - ii. Cycle de l'azote ; Décrire des transformations liées à la circulation de l'azote (ex. : fixation de l'azote, nitrification, dénitrification)
  - 3. Hydrosphère
    - b. Bassin versant
      - i. Définir un bassin versant comme étant un territoire entourant un réseau hydrographique
      - ii. Décrire certains impacts de l'activité humaine sur les cours d'eau d'un bassin versant

#### Univers matériel

- A. Propriétés
  - 3. Propriétés des solutions
    - d. Concentration
      - iv. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm)
    - g. Échelle pH
      - i. Décrire l'échelle pH (acidité, alcalinité, neutralité, valeurs croissantes et décroissantes)
      - ii. Déterminer le pH de quelques substances usuelles (ex. : eau distillée, eau de pluie, salive, jus de citron, produit nettoyant)
- B. Transformations
  - 3. Transformations chimiques
    - K. Balancement d'équations chimiques
- C. Organisation
  - 1. Structure de la matière
    - m. Ions polyatomiques
      - i. Reconnaître des ions polyatomiques usuels (ex. :  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) à l'aide de leur nom, de leur formule ou de leur composition

---

## RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Entre 1866 et 1966, les berges du Saint-Laurent dans le secteur de l'autoroute Bonaventure, à Montréal, étaient un site d'enfouissement peu réglementé. Le projet Solution Bonaventure a été lancé en 2016 par plusieurs organismes afin de traiter les eaux souterraines contaminées. Le centre de traitement permet de réduire les matières en suspension, l'ammoniac (une substance toxique pour la vie aquatique) et les hydrocarbures.

---

## FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

---

## SUGGESTION D'AMORCE

**On utilise une énorme quantité d'eau par habitant au Québec. Il est important que cette eau soit traitée afin d'assurer sa salubrité et notre bonne santé. Qu'en est-il de l'eau que l'on rejette ?**

**Pourquoi est-il important de bien gérer nos eaux usées ? Comment nos déchets peuvent-ils influencer la nature autour de nous ?**

1. En juin 2016, le projet environnemental Solution Bonaventure a été mis sur pied afin de décontaminer les eaux souterraines dans le secteur de l'autoroute Bonaventure à Montréal.

Un bassin versant est une portion de territoire qui recueille toutes les précipitations et les entraîne vers un même endroit. Lorsque l'hydrosphère est contaminée, la pollution peut affecter de grandes étendues et contaminer d'autres bassins versants.

À l'aide de la carte, réponds aux questions suivantes. Le secteur contaminé de l'autoroute Bonaventure est indiqué avec le cercle rouge sur la carte.



Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_ponts\\_de\\_Montr%C3%A9al](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_ponts_de_Montr%C3%A9al)

- a) Est-ce qu'une population de poissons près de l'île Charron pourrait être affectée par la pollution dans le secteur de l'autoroute Bonaventure ? Explique ta réponse.

Oui (1), car le fleuve St-Laurent coule vers le nord-est et l'île Charron se trouve en aval du secteur contaminé (1).

1 2

- b) Pourquoi une population de poissons près de l'île Dorval serait moins affectée par la pollution qu'une population près de l'île Charron ?

Parce que l'île Dorval se trouve en amont du secteur contaminé tandis que l'île Charron est en aval.

1

c) Est-ce que l'île de la Visitation serait touchée ? Pourquoi ?

Non (1), l'eau contaminée près de l'autoroute Bonaventure ne se déverse pas dans les rivières affluentes à l'île de la Visitation / le fleuve contaminé n'est pas affluent (1)

1 2

2. La toxicité de l'eau dans le secteur de l'autoroute Bonaventure est notamment due à l'azote ammoniacal. Ce composé fait partie du cycle de l'azote, un cycle biogéochimique responsable des échanges d'azote sur la Terre. On retrouve l'azote en très grande quantité dans l'air : l'azote atmosphérique.

a) Quelle est la formule chimique de l'azote atmosphérique ?

- a.  $N_2$
- b.  $NO_3$
- c.  $NH_3$
- d.  $NH_4$

1

b) Vrai ou faux ? Les plantes et les animaux peuvent tous utiliser l'azote atmosphérique directement. Justifie ta réponse.

Faux (1), l'azote doit être transformé pour être assimilé par la plupart des plantes et les animaux

1 2

c) L'azote est un composé très important dans la construction de nombreuses molécules essentielles chez les plantes et les animaux. Parmi les molécules suivantes, lesquelles contiennent de l'azote ?

- a. Les acides nucléiques qui forment l'ADN (1)
- b. Le glucose
- c. Les acides aminés qui forment les protéines (1)
- d. Les acides gras

1 2

3. L'azote atmosphérique ( $N_2$ ) subit plusieurs transformations lorsqu'il se retrouve dans la lithosphère (dans le sol) ou dans l'hydrosphère (dans l'eau). Différents processus permettent de faire passer l'azote d'une forme à une autre.

La première transformation se nomme la fixation de l'azote. L'azote atmosphérique ( $N_2$ ) est alors transformé en ammoniac,  $NH_3$ .

a) Quels organismes sont responsables de cette fixation ?

Des bactéries (1) fixatrices de l'azote

1

- b) Une partie de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) produit par la fixation peut ensuite être absorbée par les plantes. Une autre partie de cet ammoniac réagit avec l'hydrogène pour former de l'ammonium. Quelle est la formule chimique et la charge de l'ammonium ?

$\text{NH}_4^+$  (1 point pour  $\text{NH}_4$ , 1 point pour le +)

1 2

4. La deuxième transformation subie par l'azote est une réaction d'oxydation. En utilisant l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), des bactéries parviennent à former des molécules facilement assimilables par les plantes : les nitrites et les nitrates.

- a) Quel est le réactif le plus courant d'une réaction d'oxydation ?

L'oxygène,  $\text{O}_2$  (1)

1

- b) Quel est le nom donné à la réaction d'oxydation de l'ammoniac dans le cycle de l'azote ?

La nitrification (1)

1

- c) L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est d'abord transformé en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ). Complète l'équation :



1 2 3

- d) Le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) est ensuite transformé en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Écris et balance cette équation.  
(Indice : 2 réactifs, 1 produit)



1 2 3

5. Une partie du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) produit est absorbée par les plantes. Une autre partie du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est cependant utilisée par des bactéries dénitrifiantes. Celles-ci retransforment le nitrate en diazote ( $\text{N}_2$ ).

Est-ce que le diazote reste dans la lithosphère ? Si non, où va-t-il ?

Non (1), le diazote gazeux retourne dans l'atmosphère (1)

1 2

6. Dans le cycle de l'azote, l'azote ne provient pas seulement du diazote atmosphérique ( $N_2$ ). En fait, dans les milieux aquatiques, la très grande majorité de l'azote provient de la décomposition de matière organique. Cette décomposition transforme l'azote contenu dans les matières organiques en ammoniac ( $NH_3$ ), qui retourne dans le cycle de l'azote.

- a) Nomme 2 processus par lesquels un poisson, dans un cours d'eau, peut contribuer au cycle de l'azote en produisant de l'ammoniac ( $NH_3$ )

Par les selles et l'urine du poisson (1)

Par la décomposition du poisson après sa mort (1)

1 2

7. La toxicité de l'eau dans le secteur du pont Champlain est notamment due à l'azote ammoniacal. Il est normal de retrouver de l'ammoniac dans l'eau. Cependant, les concentrations ont grandement augmenté dans ce secteur qui était auparavant utilisé comme site d'enfouissement non confiné.

- a) Quelle réaction chimique produit ce surplus de déchets ?

- i. Assimilation
- ii. Nitrification
- iii. Décomposition
- iv. Fixation d'azote

1

- b) Explique dans tes mots pourquoi la concentration d'ammoniac augmente dans ce secteur. Quelles étapes du cycle de l'azote sont déséquilibrées ? D'où vient le surplus d'azote ?

La concentration d'ammoniac augmente en raison des nombreux déchets disposés dans le site d'enfouissement (1). Ces déchets (surtout les déchets organiques qui contiennent beaucoup d'azote) font en sorte que la décomposition est beaucoup plus importante (1).

La nitrification ne peut pas transformer tout le surplus d'ammoniac, donc l'ammoniac augmente. (1)

1 2 3

8. Afin de protéger les poissons et la santé globale du fleuve, un centre de traitement décontamine l'eau en deux grandes étapes.

L'eau est d'abord mise en contact avec de l'oxygène, puis filtrée pour éliminer les matières en suspension. La deuxième étape consiste à capter l'azote ammoniacal à l'aide d'un réacteur biologique.

Les filtres présents dans le centre de traitement ont permis de réduire les matières en suspension d'environ 40 ppm (parties par million) à 15 ppm.

- a) En utilisant les termes solution et soluté, que représente la concentration en ppm ?

Il s'agit du nombre de parties de soluté (1) dissout dans un million de parties de solution (1)

1 2

- b) Quelle est la concentration, en mg/L, de matières en suspension dans l'eau après avoir été filtrée ?

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ g}} = \frac{1 \text{ g}}{1\,000\,000 \text{ mL}} = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ L}}$$

$$15 \text{ ppm} = \frac{15 \text{ mg}}{1 \text{ L}}$$

1 2

- c) Si on retrouve 5 g de matières en suspension dans 250 L d'eau, quelle est la concentration en ppm ?

$$C = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} \times 1\,000\,000$$

$$m_{\text{soluté}} = 5 \text{ g}$$

$$m_{\text{solution}} = 250 \text{ L} = 250\,000 \text{ mL} = 250\,000 \text{ g}$$

$$C = \frac{5 \text{ g}}{250\,000 \text{ g}} \times 1\,000\,000 = 20 \text{ ppm}$$

1 2 3

- d) Si on filtre 375 litres d'eau usée, quelle masse de matières en suspension (en g ou en mg) sera retirée par les filtres ?

Comme la concentration passe de 40 ppm à 15 ppm, 25 ppm de matières en suspension sont retirées.

$$25 \text{ ppm} = \frac{25 \text{ mg}}{1 \text{ L}}$$

$$\frac{25 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{X}{375 \text{ L}}$$

$$X = \frac{25 \text{ mg} \times 375 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 9\,375 \text{ mg} = 9,375 \text{ g}$$

1 2 3



9. Un réacteur biologique est utilisé après la filtration de l'eau afin de capter l'azote ammoniacal. Un réacteur biologique utilise une grande quantité de microorganismes afin d'effectuer une transformation chimique.

- a) En te référant au cycle de l'azote dans un milieu naturel, quel type d'organismes et quelle réaction pourraient être utilisés afin de diminuer la concentration en azote ammoniacal, tout en restant dans l'eau ?

La réaction de nitrification (1) qui est réalisée par les bactéries nitrifiantes (1)

1 2

- b) Quels seraient les produits recueillis ?

Du nitrite et du nitrate (1)

1

- c) En plus de faciliter la filtration de l'eau, la mise en contact de l'eau avec une grande quantité d'oxygène ( $O_2$ ) est absolument essentielle pour le bon fonctionnement du réacteur biologique. Pourquoi ?

La nitrification est une réaction d'oxydation, ce qui veut dire que l'oxygène est un réactif essentiel

1 2

- d) Quelles bactéries devraient aussi être présentes si on veut libérer l'azote dans l'atmosphère sous forme de diazote gazeux ( $N_2$ ) ?

Les bactéries dénitrifiantes

1

10. Ce réacteur permet de capter de l'azote ammoniacal (ammoniac) et d'en abaisser la concentration de 50 mg/L à 3 mg/L. Cependant, le taux dépend de la température de l'eau et de son acidité.

Les bactéries transforment l'ammoniac en utilisant des enzymes, des protéines hautement spécialisées qui transforment un réactif en produit. Le rendement des enzymes varie selon la température ; autrement dit, les enzymes sont plus efficaces à une certaine température. Le pH peut aussi affecter le rendement des enzymes, mais il peut également modifier les réactifs de départ.

Vrai ou faux ? Si l'énoncé est faux, corrige-le.

- a) Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution

Vrai (1)

b) Plus une solution contient d'ions  $\text{HO}^-$ , plus elle est acide

Faux, plus une solution contient d'ions  $\text{H}^+$ , plus elle est acide (1)

OU plus une solution contient d'ions  $\text{HO}^-$ , plus elle est basique

c) Le pH indique la concentration d'ions  $\text{H}^+$

Vrai (1)

d) Une solution avec un pH de 10 est acide

Faux, une solution avec un pH de 10 est basique (1)

e) Une solution avec un pH de 2 est 10 fois plus acide qu'une solution avec un pH de 3

Vrai (échelle logarithmique) (1)

f) Une solution avec un pH de 2 est 20 fois plus acide qu'une solution avec un pH de 4

Faux, un pH de 2 est 100 fois plus acide qu'un pH de 4 ( $10^2$  fois plus acide) (1)

1 2 3 4 5 6

11. Si l'eau dans la centrale de filtration est très acide, le rendement du réacteur biologique sera diminué.

D'une part, comme avec la température, les enzymes des bactéries sont plus efficaces à un certain pH.

D'autre part, lorsque le pH est très faible, l'ammoniac a tendance à se transformer en un autre produit.

a) Lorsque l'eau est acide, qu'arrive-t-il à la concentration d'ions  $\text{H}^+$ ?

La concentration en ions  $\text{H}^+$  est plus grande dans une solution acide (1)

1

b) Quel produit est créé lorsque l'ammoniac réagit avec de l'hydrogène ?

L'ammoniac réagit avec l'hydrogène pour former des ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). (1)

1

/53

# POUR ALLER PLUS LOIN

Le cycle de l'azote peut se dérouler aussi bien dans la lithosphère que dans l'hydrosphère.

Dessine un schéma illustrant le cycle de l'azote dans un milieu aquatique. Considère que l'azote peut entrer dans le cycle sous forme de gaz et sous forme de nourriture pour les poissons.

Indique clairement les différentes étapes du cycle ainsi que les composés qui sont formés.

*Conçu et réalisé grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.*

*Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique*