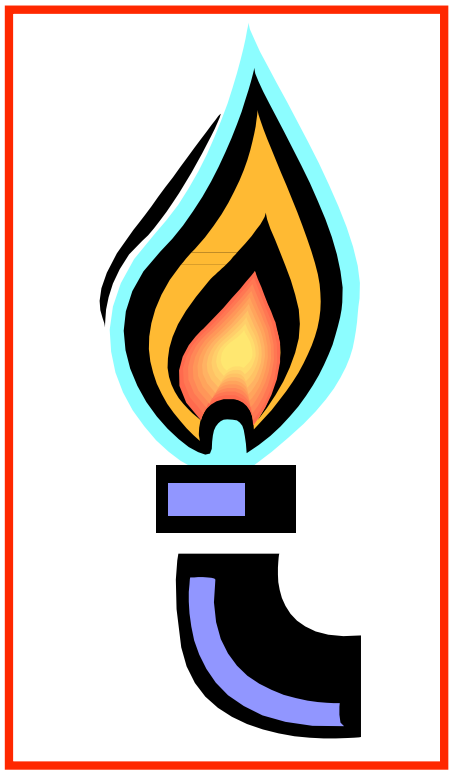
centre de développement pédagogique
pour la formation générale en science et technologie



LE BIOGAZ

CAHIER DE L'ÉLÈVE

DOCUMENT DE TRAVAIL

Table des matières

Du méthane libéré dans l'atmosphère! **3**
Votre défi : **4**
Quelques faits qui méritent votre attention… **8**
La pollution de l'eau **10**
Méthodes d'épuration de l'eau **11**
La méthanisation **12**
Transformation d'énergie et capacité thermique massique **17**
Capacité thermique massique **18**
La nomenclature chimique et l'équation chimique **21**
L'équation chimique **23**
Balancer une équation chimique et stœchiométrie **25**
Étude du biogaz : Vous voilà prêts à relever le défi! **27**
Outil de calcul d'empreinte écologique personnelle **34**
Ressources consultées **41**

Du méthane libéré dans l'atmosphère!

NOTE : Cette activité a été élaborée dans le cadre de sessions de formation. Elle nécessite des adaptations avant de l'utiliser auprès d'élèves.



Les gaz à l'état de traces dans l'atmosphère jouent le même rôle que les parois de vitre dans une serre. Ces gaz à l'état de traces retiennent une grande partie de la chaleur solaire près de la surface de la terre pendant la nuit. Ces gaz, appelés gaz à effet de serre (GES), aident à maintenir les climats que l'on connaît sur Terre. Sans ces GES, notre planète serait une véritable glacière. Cependant, trop de chaleur peut aussi être néfaste! En effet, une augmentation de ces gaz signifie également une augmentation de la température globale de notre planète. L'effet de serre est essentiel à la vie, mais une augmentation de l'effet de serre a forcément un impact sur l'évolution de la vie sur notre planète. Les recherches tendent à démontrer que certains épisodes beaucoup plus chauds ou beaucoup plus froids ont eu lieu. Chaque fois, la biodiversité de la planète a connu de grands bouleversements.

Il existe quatre principaux gaz à effet de serre, le CO_2 étant le plus souvent cité comme le plus grand responsable des changements climatiques. La vapeur d'eau (H_20) est le gaz qui contribue le plus à l'effet de serre. Le méthane (CH_4) et l'oxyde de diazote (N_2O) sont les trois autres gaz les plus importants bien que les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrofluorocarbures (HCFC) utilisés en réfrigération y contribuent également.



Suggestion de vidéo disponible sur YouTube:
http://ca.youtube.com/watch?v=T8TZ_1w3uLY

Attardons-nous au méthane…
Le méthane (gaz naturel) est produit lorsque des matières organiques se décomposent (pourrissent) dans un milieu qui ne contient pas d'oxygène (décomposition anaérobie). Cela se produit dans la nature. C'est ce qui est à l'origine des gisements de combustibles fossiles (hydrocarbures – pétrole et gaz naturel) qui

sont extraits par l'humain pour en produire de l'énergie.

La matière organique provenant de végétaux et d'animaux morts se dépose sur les fonds océaniques et se retrouve dans les sédiments. Dans les couches supérieures de sédiments, en l'absence d'oxygène et de lumière, sous l'action de bactéries anaérobies (naturellement contenues dans la matière organique) ; cette matière organique se transforme en méthane. Une partie du méthane se combine aux molécules d'eau pour former ce qu'on appelle de l'hydrate de méthane[1]. Outre sur les talus continentaux (au fond des océans) on retrouve ces hydrates de méthane dans les pergélisols de régions très froides.



Suggestion de séquence vidéo disponible sur YouTube :
http://ca.youtube.com/watch?v=B36EoEuKjVg

Votre défi :

Comme citoyens éclairés que vous êtes et en tant que chercheurs en herbe, vous devrez vous pencher expérimentalement sur la quantité d'énergie produite par la combustion d'un biogaz[2]. À l'aide de vos connaissances sur le sujet, vous devrez estimer les retombées environnementales d'un tel procédé.
Pour vous soutenir dans votre mission, nous vous proposons de vous familiariser avec certains concepts relatifs à l'éducation à l'environnement ainsi qu'à des concepts et des techniques scientifiques relevant principalement de la chimie.

[1] L'hydrate de méthane est formé de molécules d'eau formant des cages dodécaédriques qui piègent des molécules de gaz comme le méthane, le sulfure d'hydrogène. Ces cages peuvent stocker de considérables quantités de gaz (par exemple 164 cm^3 de méthane dans 1 cm^3 d'hydrate de méthane). – Source : Wikipedia, 19 janvier 2009.

[2] Gaz combustible produit par la décomposition de matières organiques. – Source : Antidote Prisme



Période de réchauffement (sans biogaz!)

Construction d'un réseau de concepts associés au défi proposé…
Suite au visionnement des 2 courtes séquences vidéo, à la lecture du texte d'introduction et à l'aide de vos connaissances, élaborez un réseau de concepts en utilisant les termes proposés ci-dessous. Vous pouvez ajouter les concepts que vous jugez utiles pour le compléter.

Matière organique	Énergie	Atmosphère
Pergélisol	Combustibles fossiles	Matières résiduelles
Décomposition anaérobie	Gaz à effet de serre	Combustion
Changement climatique	Méthane	Réaction exothermique

Biogaz

Notes personnelles :



L'effet de serre

Modélisation de l'effet de serre : schématisez le montage proposé, notez les observations et les explications proposées.

Schéma du montage
Observations et explications proposées:



Avons-nous une responsabilité individuelle et un pouvoir d'action sur l'augmentation de l'effet de serre?

Vous avez certainement entendu parler de « l'empreinte écologique » au cours des derniers mois. Ce concept assez récent dans l'histoire de l'éducation à l'environnement est attribuable à deux chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique à Vancouver qui ont élaboré un outil pour estimer l'impact environnemental des sociétés. Ils ont publié en 1996, un ouvrage intitulé «Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth » par Mathis Wackernagel et William E. Rees.

L'outil proposé, jugé utile par de nombreux intervenants en recherche et en éducation relative à l'environnement, a été repris à travers le monde. Nous

désignons ce concept en français par : **l'empreinte écologique**. Le concept est de plus en plus utilisé pour sensibiliser la population de la planète aux effets qu'entraînent nos habitudes individuelles de consommation ainsi que nos habitudes de vie. Il s'agit de tenter de d'estimer et de chiffrer ces habitudes à l'aide d'un outil mathématique. Il devient ensuite possible d'utiliser les données recueillies à des fins de comparaisons et de suivi pour estimer les effets (positifs ou négatifs) de nos actions sur la conservation, l'équilibre et le maintien des ressources de notre planète. Ces préoccupations sont intimement liées au concept de développement durable.[3]

L'outil de calcul de messieurs Wackernagel et Rees permet de quantifier, en terme de superficie (hectares) de ressources terrestres et aquatiques, ce qui est nécessaire à un individu ou une collectivité pour produire la nourriture, les biens, l'énergie et absorber les matières résiduelles de sa consommation.

> « L'empreinte écologique est la superficie de terres productives et d'écosystèmes aquatiques nécessaires à produire les ressources utilisées et à assimiler les déchets produits par une population définie à un niveau de vie matériel spécifié, là où cette terre se trouve sur la planète. » (Rees, 1996)

Plusieurs outils de calcul sont disponibles sur Internet. Nous vous en proposons un à l'annexe 1. Il est disponible sur le site Internet de *Green Teacher*.

[3] « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. » - Définition du ministère du Développement durable, Environnement et Parcs du Québec.



Quelques faits qui méritent votre attention…

Importance relative et durée de vie des principaux gaz à effet de serre

Gaz à effet de serre (GES)	Durée approximative de séjour dans l'atmosphère	Potentiel de réchauffement sur 100 ans comparative-ment au CO_2	Pourcentage de la responsabilité attribuée dans les changements climatiques du dernier siècle	Provenance
Dioxyde de carbone (CO_2)	50 à 200 ans selon les estimations	1	54,9 %	Combustion de pétrole et de gaz, fabrication de ciment, déboisement et produit naturellement par la photosynthèse, les éruptions volcaniques et les feux de forêts.
Méthane (CH_4)	12 ans	20 à 23 selon les estimations	18 %	Production pétrolière et gazière, exploitation des mines de charbon, rizières, dépotoirs et produit naturellement par la décomposition de matières organique et la digestion du bétail.
Oxyde de diazote (N_2O)	120 ans	296	5,6 %	Combustion d'hydrocarbures, de charbon et de bois, engrais, exploitation des mines de charbon et produit naturellement
Autres GES	Variée	Varié	20,3 %	Fluides de refroidissement et pollution industrielle.

Source : ClimateChangeNorth.ca – Fiche d'information sur les gaz à effet de serre



Le Biogaz

Le biogaz est un mélange gazeux produit lors d'un procédé biologique naturel appelé la digestion anaérobie. En absence d'oxygène, des bactéries méthanogènes décomposent la matière organique et produisent, lors de cette opération, un mélange gazeux formé principalement de méthane et de dioxyde de carbone dans des proportions respectives d'environ 60% et 40%. Le biogaz produit lors de ce processus est libéré dans l'atmosphère.



C'est à Alessandro Volta[4] que l'on attribue la découverte de la méthanisation en 1776. Il semble que Monsieur Volta, en se promenant avait remarqué un dégagement gazeux d'un marais. Après s'être penché sur la question, il découvrit que ce gaz était inflammable. On appelait ce gaz à l'époque : « gaz des marais ». Deux ans plus tard, en 1778, il réussit à isoler le méthane.

Bien que ce processus soit naturel - marécage, tourbières, forêts tropicales, toundra ainsi que la digestion animale (principalement des ruminants) - l'élevage de bétail à grande échelle ainsi que l'entreposage de matières résiduelles dans les dépotoirs contribue à augmenter de façon significative la quantité de méthane atmosphérique. Nous retrouvons le potentiel de réchauffement du méthane dans le tableau de la page précédente.

Comme ce gaz est inflammable, l'énergie produite par sa combustion a permis des applications dans divers domaine. Les humains ont effectivement besoin d'énergie pour se chauffer, cuire leurs aliments et transformer des ressources. La connaissance scientifique et l'innovation technologique ont permis de produire et récupérer ce gaz en fabriquant des « digesteurs[5] ».

En Inde et en Chine, des centaines de milliers de « digesteurs maisons rudimentaires » permettent aux familles de cuisiner sur des réchauds au biogaz. Durant la deuxième guerre mondiale, des véhicules de l'armée allemande, munis de moteurs à gaz, fonctionnaient aux biogaz récupérés des fumiers de fermes.

Au cours des cinquante dernières années, de remarquables progrès technologiques et scientifiques dans le développement de systèmes de digestion anaérobie, ont permis l'augmentation de la productivité en méthane (CH_4) à partir de rejets organiques.

Nous trouvons aujourd'hui un nombre grandissant d'installations de production de méthane à partir de matière résiduelle organique – boues d'usines de traitement de l'eau, lisier de bétail, sites d'enfouissement d'ordures ménagères. En Europe, des villages sont alimentés en électricité par des installations centralisées pour la production de biogaz.

---

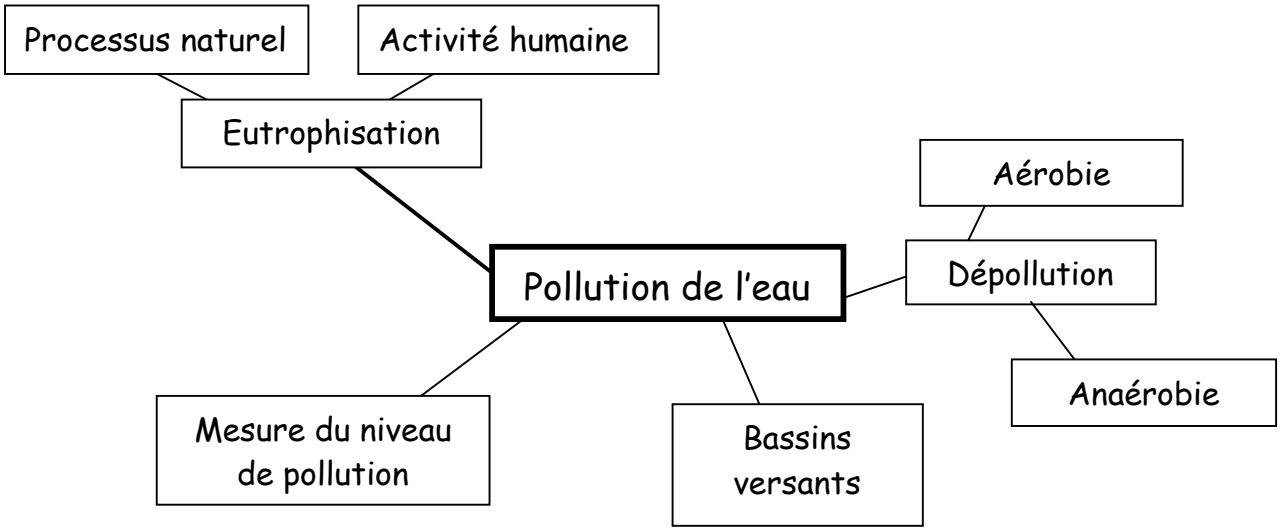
[4] Alessandro Volta (1745 - 1827) est un physicien italien. Il est connu pour ses travaux sur l'électricité et pour l'invention de la première pile électrique, appelée pile voltaïque. – Source : Wikipedia, 21 janvier 2009

[5] Nom donné au dispositif qui permet de produire des biogaz en milieu fermé pour pouvoir les récupérer. Il s'agit de digestion de matière organique d'origine végétale ou animale.



La pollution de l'eau

Carte d'exploration des concepts



On qualifie d'eau polluée une eau dans laquelle on retrouve essentiellement des solides en suspension ou dissous. L'industrie utilise une quantité d'eau importante dans la transformation de ressources, dans la fabrication de biens de consommation et de produits alimentaires. Nous ne pouvons pas passer sous silence les besoins en eau du domaine de l'agriculture.

L'eau ruisselle, se retrouve dans les nappes phréatiques ou se retrouve dans les cours d'eau avoisinants après le lessivage des sols. Évidemment, cette eau peut contenir différents solides et microorganismes selon l'usage qui en est fait en amont.

1. Qu'est-ce que l'eutrophisation ? (Le site du Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs est une source d'information utile.)

_____

_____

2. Pourquoi l'eau polluée est-elle néfaste pour l'environnement ?

_____

3. Comment mesure-t-on le niveau de pollution de l'eau ?



Méthodes d'épuration de l'eau

Il y a deux méthodes pour nettoyer l'eau: aérobie et anaérobie.

Aérobie : On injecte de l'air dans l'eau pour oxygéner et favoriser la croissance des microorganismes qui vont manger les solides en suspension et dissous. Les microorganismes vont croître puis s'amalgamer pour ensuite être décantés et laisser s'échapper une eau claire et bien oxygénée. Cette technique est rapide mais passablement coûteuse.

Anaérobie : On stock l'eau polluée dans des cuves hermétiques en absence d'oxygène pour permettre la croissance des microorganismes anaérobies qui vont manger les solides en suspension et dissous pour produire du biogaz. Ils vont ensuite être décantés pour laisser s'échapper une eau beaucoup moins polluée mais qui devra être traitée par un système aérobie décrit ci-haut. Cette technique est plus lente mais permet de traiter de l'eau extrêmement polluée à faibles coûts et occasionne la production de biogaz.

La méthanisation



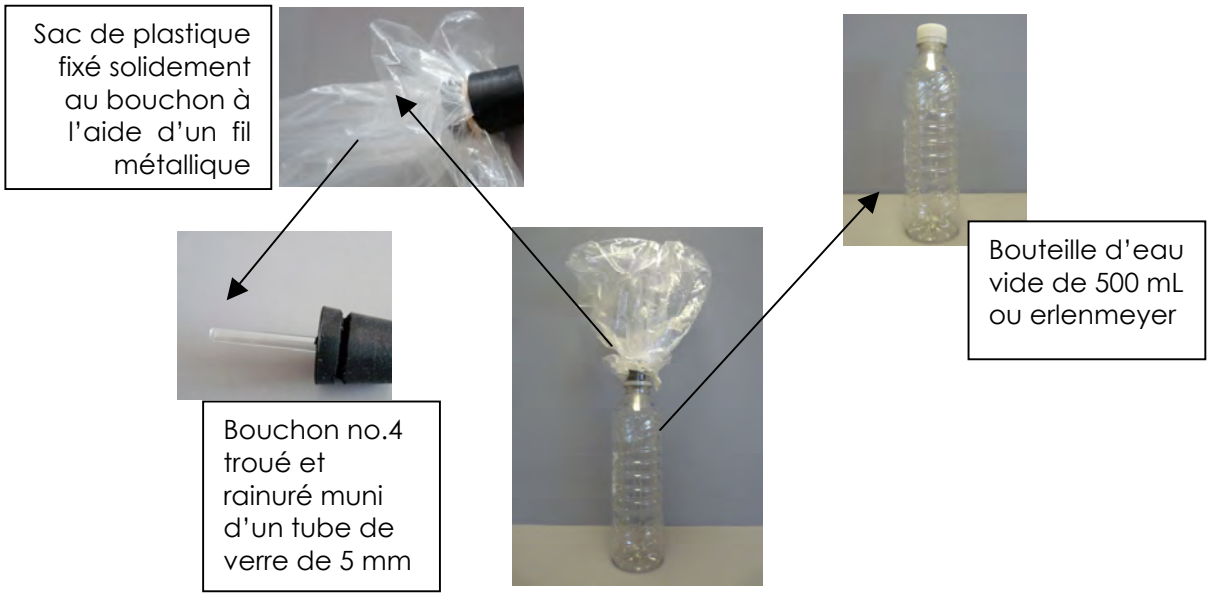
Animation portant sur la méthanisation :
http://www2.cslaval.qc.ca/cdp/UserFiles/File/previews/methanisation/

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la méthanisation est un processus naturel. C'est le produit de bactéries méthanogènes exclusivement anaérobies. Elles sont présentes dans les déchets d'origine organique. Par contre, la méthanisation fait intervenir plusieurs types de bactéries. On note trois phases au processus. Chacune de ces phases correspond au type de bactéries présentes et leur action.

Phase	Type de bactéries
Hydrolytique et fermentative	Bactéries acidogènes
Acétogénèse	Bactéries acétogènes
Méthanogénèse	Bactéries méthanogènes

Certaines conditions sont essentielles aux bactéries pour que le processus de méthanisation se produise. Les bactéries doivent se trouver dans un environnement dont le pH se situe autour de la neutralité (de 6 à 8). Aussi, il existe trois zones de températures optimales pour l'activité bactérienne. L'une autour de 20 °C (zone psychrophile), la seconde aux environs de 35 °C (zone mésophile) et la troisième de 55 à 60°C (zone thermophile).

Afin de bien saisir le processus, réalise le montage suivant :



Protocole :

1. Verser 450 mL de jus de raisins ou de jus de pommes dans la bouteille.
2. Ajouter 2,0 g de levure artisanale.
3. Vider l'air du sac en comprimant le sac ou en aspirant à l'aide d'une seringue.
4. Installer le bouchon muni du sac sur la bouteille en s'assurant de l'étanchéité du système.
5. Déposer sur le comptoir durant 24 à 48 heures.
6. Retirer le sac en prenant soin de boucher le tube à l'aide d'un tube de vinyle muni d'une pince.
7. Identifier le gaz recueilli à l'aide des tests d'identification des gaz connus.

Résultats :

Le gaz recueilli est _____ car_____.

- Ce processus se nomme **la fermentation**. Il s'agit d'une réaction anaérobie, elle se passe donc_____. C'est une réaction biochimique de conversion d'énergie chimique contenue dans une molécule organique, dans ce cas-ci, _____ en une autre forme d'énergie par des champignons, des bactéries ou des _____. Ces organismes transforment _____ en _____et en _____.
- La température de fermentation idéale est de 35 °C à 40 °C.



Activons nos neurones !

Au cours des deux dernières années scolaires, dans vos cours de science et technologie, vous avez étudié les transformations de la matière et plus particulièrement des formes d'énergie. En vous servant de vos connaissances en la matière, répondez aux questions qui suivent.

1. Qu'est-ce qu'une combustion ?

2. Énumérez et expliquez les transformations de formes d'énergie impliquées pour allumer une ampoule dans une maison à partir d'électricité produite par de combustibles fossiles. (Voir diagramme p. 17)

Explications :

3. À l'aide de l'information présentée et des ressources consultées, croyez-vous qu'il soit utile de produire de l'énergie à partir de biogaz? Expliquer votre réponse.



Réactions exothermiques et endothermiques

RAPPEL : Vous avez déjà remarqué que la matière se transforme. Certains changements se produisent sans modifier la nature ni les propriétés caractéristiques de la matière. Ce sont des **changements physiques**. D'autres types de changements entraînent la modification des propriétés de caractéristiques de la matière et par le fait même, de sa nature. Ce sont des **changements chimiques.** Certains indices nous permettent généralement détecter un changement chimique. Quels sont ces indices?

Laboratoire dirigé

Observez différents phénomènes et complétez le tableau ci-dessous.

Phénomène	**Type de transformation (chimique ou physique)**	**Justification du classement**	**Variation de température (augmentation, diminution ou nulle)**
$Pb(NO_3)_{2(aq)}$ et $NaI_{(s)}$			
Ruban de $Mg_{(s)}$ dans une flamme			

Vaporisation de l'eau			
Sachets chauffants (Hot Paws)			
Démonstration à faire sous la hotte ! Mélange de $NH_4SCN_{(s)}$ et de $Ba(OH)_2 \bullet 8H_2O_{(s)}$ dans un bécher			
Compresses froides d'urgence			
Éclisse de bois enflammée			
$Mg_{(s)}$ et $HCl_{(aq)}$			
Électrolyse d'une solution de KI en présence de phénolphtaléine avec électrodes de carbone			
Solution d'acide citrique et $NaHCO_{3(s)}$			
Mélange gazeux contenant du CO_2 qui barbote dans de l'eau de chaux			

Conclusion :
Certains phénomènes **nécessitent de l'énergie** alors que d'autres **libèrent de l'énergie** lorsqu'ils se produisent. Aussi, rappelons-nous que la température est la mesure indirecte de l'agitation moyenne des particules d'une substance ou le degré de chaleur présente dans cette substance. Or, le terme « chaleur » porte également le nom **d'énergie thermique**. La variation de température observée nous permet donc de conclure à **un gain ou une perte d'énergie**.

D'après vous, lorsque l'on note une diminution de la température, est-ce que la substance absorbe ou dégage de l'énergie? _____

À l'inverse, lorsque l'on note une augmentation de la température, est-ce que la substance absorbe ou libère de l'énergie? _____

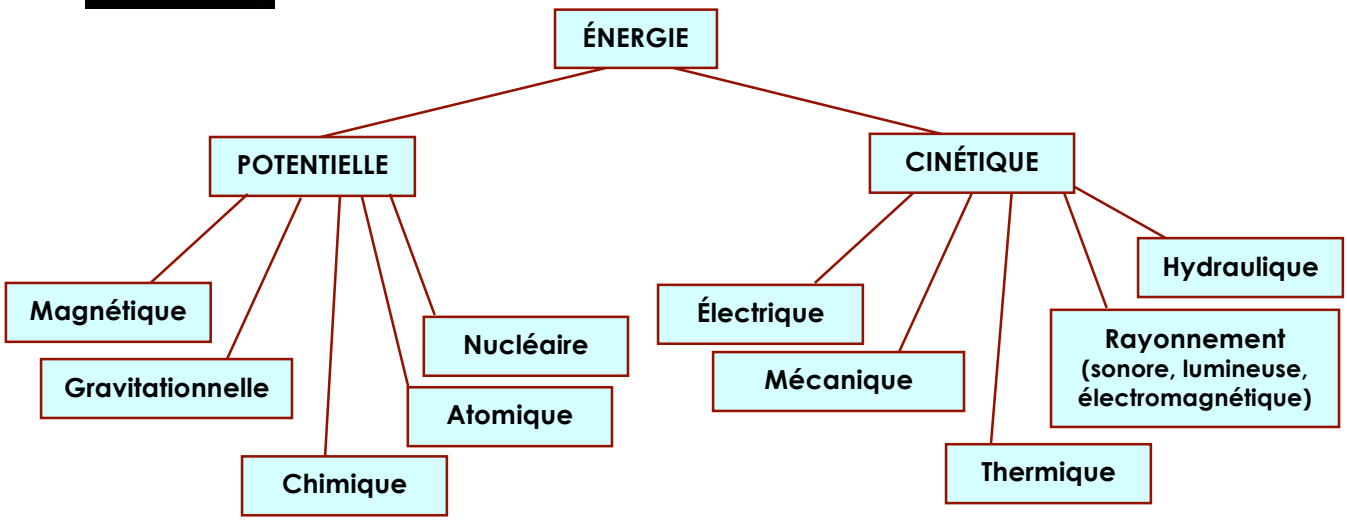
- **Les phénomènes qui absorbent de l'énergie sont appelés endothermiques.** Le préfixe *endo*, qui vient du grec, signifie « à l'intérieur ou en dedans ». Le mot *endothermique* signifie donc « chaleur en dedans ou absorbée ».

- **Les phénomènes qui dégagent de l'énergie sont appelés exothermiques.** Le préfixe *exo*, qui vient du grec, signifie « à l'extérieur ». Le mot *exothermique* signifie donc « chaleur à l'extérieur ou dégagée ».



Transformation d'énergie et capacité thermique massique

- RAPPEL : Diagramme des formes d'énergie



L'énergie est un concept abstrait mais tout de même réel qui devient tangible que par les effets qu'elle engendre. En effet, un travail est accompli, un déplacement se produit, la température augmente, un changement de phase se produit, un projectile atteint une cible, etc. L'unité de mesure de l'énergie est le joule[6] (J).

- Nous parlons de ***transfert d'énergie*** lorsqu'elle passe d'une substance à une autre. L'énergie peut également passer d'une forme à une autre, dans ce cas, il s'agit de ***transformation d'énergie***.

Exemple: Un brûleur à alcool est utilisé pour faire bouillir de l'eau. Les molécules de l'alcool ont une énergie potentielle chimique qui se libère lors de la combustion. Cette énergie est transformée en énergie cinétique par les molécules des substances en contact (air, contenant, eau). Ces molécules agitées produisent de la chaleur, l'énergie thermique. Comme elles sont en contact les unes avec les autres, il

[6] James Prescott Joule est un physicien britannique (1818-1889). Il est connu pour ses recherches sur le travail mécanique et sa théorie de la conservation de l'énergie. Il a également énoncé la relation entre la chaleur dissipée par une résistance traversée par un courant électrique (loi de Joule). L'unité de mesure de l'énergie porte aujourd'hui son nom.

y a un transfert d'énergie d'une substance à l'autre. Les molécules de l'eau s'agitent et acquièrent suffisament d'énergie pour passer de la phase liquide à la phase gazeuse. Les molécules de vapeur d'eau possèdent donc une plus grande quantité d'énergie cinétique que l'eau liquide. La vaporisation est donc un phénomène physique endothermique.

Capacité thermique massique

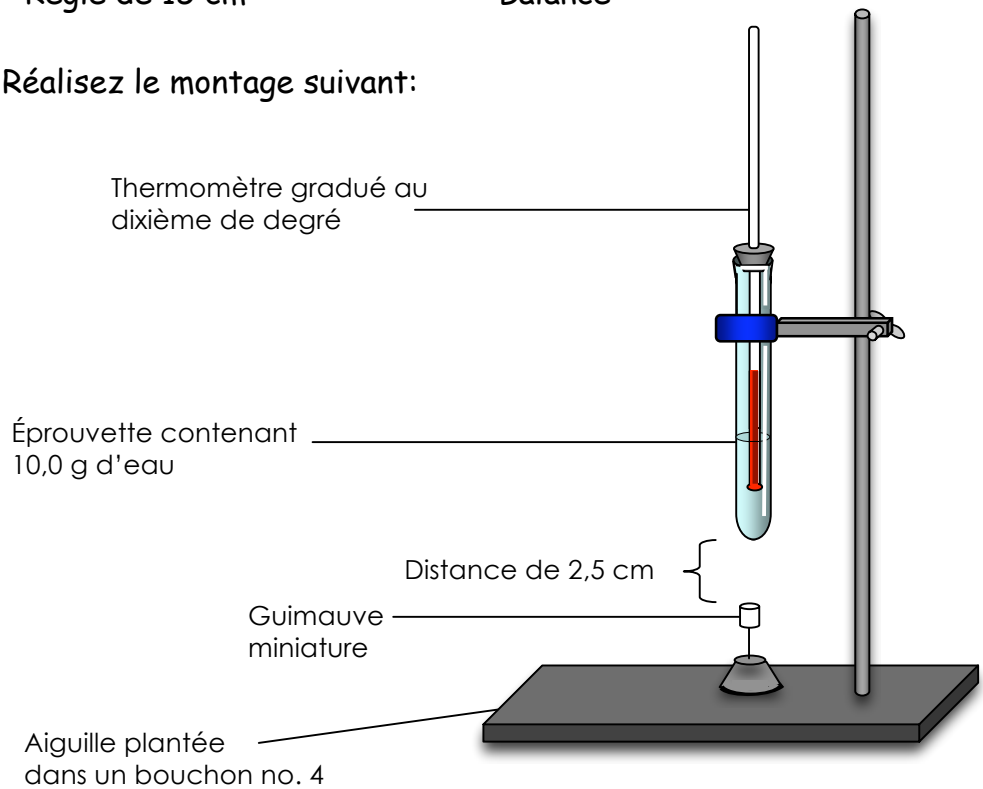
Est-ce que toutes les substances se réchauffent ou refroidissent à la même vitesse? Qu'est-ce que la capacité thermique massique? Peut-elle nous être utile? Comment estime-t-on sa valeur?

Nous vous proposons une manipulation simple qui vous permettra de trouver des réponses à ces questions.

Matériel nécessaire:

- Support universel
- Support à éprouvettes
- Thermomètre
- 10,0 g d'antigel
- 3 guimauves miniatures
- Aiguille
- Règle de 15 cm
- Pince universelle
- 3 éprouvettes avec bouchons troués
- 10,0 g d'eau
- 10,0 g d'huile végétale
- 1 bouchon de caoutchouc no. 4 ou plus
- Allumettes
- Balance

Réalisez le montage suivant:



Protocole :

1. Réaliser le montage illustré.
2. Peser 10,0 g d'eau et déposer dans l'éprouvette.
3. Installer la guimauve miniature sur l'aiguille en s'assurant d'avoir une distance de 2,5 cm entre le dessus de la guimauve et le fond de l'éprouvette.
4. Noter la température initiale de l'eau.
5. Allumer la guimauve par le dessous et laisser brûler jusqu'à ce qu'elle s'éteigne.
6. Noter la température finale de l'eau.
7. Répéter les opérations 2 à 6 en utilisant de l'huile végétale et de l'antigel.

Tableau de résultats :

Variation de la température du liquide

Liquide	Température initiale (± 0,05 °C)	Température finale (± 0,05 °C)	Δ T (± 0,1 °C)
10,0 g d'eau			
10,0 g d'huile végétale			
10,0 g d'antigel			

Questions :

1. Est-ce que la quantité d'énergie fournie à chacune des éprouvettes est la même? Pourquoi?

2. Peut-on affirmer que chacun des liquides a reçu la même quantité d'énergie?

3. Est-ce que la variation de température est la même pour les trois liquides soumis au chauffage? Justifiez votre réponse.

4. Est-ce que la quantité de chacun des liquides est la même?

Joseph Black, un chimiste et physicien écossais du 18e siècle avait réalisé une expérience similaire. Il en déduisait ainsi que des substances de nature différente, soumises à la même quantité de chaleur subissaient des variations de température différentes. Il avait donné le nom de *capacité de chaleur* à la **chaleur nécessaire pour faire varier de 1°C une masse de 1 g d'une substance donnée.**
Le nom de cette propriété caractéristique a changé quelques fois. Son nom est passé successivement de *capacité de chaleur* à *chaleur spécifique*, à *chaleur massique* pour finalement être nommée **capacité thermique massique (c)** depuis le début des années 90.

Sachant que la chaleur est de l'énergie thermique (Q) et que l'unité de mesure de l'énergie est le joule (J); l'unité de mesure de la capacité thermique massique est J/g•°C.

Questions :

1. Si 4,18 J sont nécessaires pour faire augmenter de 1°C la température de 1,0 g d'eau; quelle quantité d'énergie sera nécessaire pour faire varier de 1 °C la température de 8,0 g d'eau ?

---

2. Quelle quantité d'énergie sera nécessaire pour faire augmenter de 5 °C la température de 5,0 g d'eau?

---

3. Quelle serait la quantité d'eau si l'on constate une augmentation de 10°C lorsque l'on fournit 4180 J ?

---

4. Quelle serait l'équation mathématique pour calculer la quantité de chaleur ou l'énergie thermique (Q)?

Q=

5. Estimez la quantité d'énergie dégagée par la combustion d'une guimauve miniature?

---

6. Plénière : Est-ce que la chaleur dégagée est entièrement transmise à l'eau?



La nomenclature chimique et l'équation chimique

Pour éviter la confusion en science, on a harmonisé le langage en adoptant des règles universelles pour nommer les éléments et les composés chimiques. C'est *l'Union internationale de chimie pure et appliquée* (UICPA) qui est l'autorité reconnue en matière de règles à adopter pour la nomenclature, les symboles et la terminologie en chimie.
Il est utile de s'approprier certaines de ces règles afin d'améliorer notre compréhension lorsqu'on consulte des sources de référence et pour communiquer plus aisément entre collègues et experts. Ces connaissances peuvent également s'avérer utiles pour marquer des points dans certains jeux de société !

1. Molécules formées de plus d'un atome du même élément :
On nomme l'élément en ajoutant un préfixe qui informe sur le nombre d'atomes qui composent la molécule.

Exemples : Cl_2 se nomme dichlore.
H_2 se nomme dihydrogène.
P_4 se nomme tétraphospore.

Note : Certaines substances sont connues sous une appellation distincte qui échappe à ces règles. Ces noms sont généralement acceptés et il demeure plus utile d'utiliser le terme le plus connu. C'est le cas d'O_3, que nous pouvons nommer *trioxygène*, mais qui est mieux connu sous la désignation ozone.

Les préfixes à connaître :

Proportion	Préfixe
1	mono*
2	di
3	tri
4	tétra (tétr)
5	penta (pent)
6	hexa
7	hepta
8	octa
9	nona
10	déca

* Lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté possible, on peut omettre le préfixe *mono-*.

2. Composés binaires :

Le deuxième élément présent dans la formule chimique est nommé en premier. On lui ajoute le suffixe *–ure* et l'on termine en nommant le premier. Les préfixes sont encore utilisés pour indiquer la proportion dans laquelle on retrouve l'élément dans la molécule.

Exemples : NaCl se nomme chlorure de sodium.
$CaCl_2$ se nomme dichlorure de calcium.
PCl_4 se nomme tétrachlorure de phosphore.
CO_2 se nomme dioxyde de carbone*.

* Comme dans toute règle, il existe quelques exceptions. Dans le cas de l'oxygène, le terme devient oxyde.

Quelques exceptions à connaître :

oxygène = oxyde
soufre = sulfure
hydrogène = hydrure
azote = nitrure
carbone = carbure

3. Composé comportant un ion polyatomique :

L'atome qui termine la molécule se termine par –o (oxygène devient *oxo*) et l'on ajoute le suffixe – ate à celui du milieu. Finalement on nomme le premier. Il faut toujours continuer d'appliquer la règle du préfixe pour respecter les proportions.

Exemples : $CaCO_3$ se nomme trioxocarbonate de calcium
Na_2SO_4 se nomme tétroxosulfate de disodium
NaOH se nomme hydroxyde de sodium*

* Plusieurs ions sont désignés autrement; il faut les reconnaître. Nous vous demanderons d'en connaître deux :

OH^- = hydroxyde
NH_4^+ = ammonium

Exemple : NH_4NO_3 se nomme trioxonitrate d'ammonium.

4. Molécule où l'ion polyatomique est multiplié :

L'ion est inscrit dans une parenthèse après laquelle nous retrouvons l'indice qui le multiplie. On fait précéder le nom de l'ion par les termes bis, tris et tétrakis pour deux, trois ou quatre. On inscrit le nom de l'ion entre parenthèse et l'on nomme le premier. Les autres consignes continuent de s'appliquer.

Exemples : $Cr(OH)_3$ se nomme tris (hydroxyde) de chrome.
$Ca_3(PO_4)_2$ se nomme bis (tétroxophosphate) de tricalcium.

Maintenant, saurez-vous mettre ces règles en application? Nommez les molécules suivantes :

Formule chimique	Nom de la molécule
HCl	
$Mg(NO_3)_2$	
O_2	
H_2SO_4	
NH_4I	
Fe_2O_3	
$PbNO_3$	
$CuSO_4$	
NaI	
H_3PO_4	

L'équation chimique

En chimie, afin de faciliter les échanges et pour simplifier la communication, nous utilisons **l'équation chimique afin de représenter les réactions chimiques.** Il suffit de connaître quelques règles de base pour traduire correctement une réaction chimique en équation chimique.

- Les substances mises en contact au départ ou qui réagissent **(les réactifs)** pour former de nouvelles substances **(les produits)** sont toutes exprimées par leur formule chimique respective.
- Les réactifs sont placés du côté gauche de l'équation et les produits sont placés du côté droit de l'équation.

- On ajoute des coefficients aux formules chimiques pour indiquer le nombre de molécules en jeu dans la réaction.
- Une flèche représente la transformation ou le sens de la réaction chimique.

Exemple : Deux molécules de dihygrogène réagissent avec une molécule de dioxygène pour former deux molécules d'eau. Cette réaction se traduit par :

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

- Si une réaction est **exothermique**, elle_____ de l'énergie. Dans l'équation chimique, on indique l'énergie du côté des _____.
- Si une réaction est **endothermique**, elle _____ de l'énergie. Dans l'équation chimique, on indique l'énergie du côté des _____.

Exercices :
Traduisez les réactions chimiques suivantes par l'équation chimique appropriée.

1) Sous l'action de la chaleur, une molécule de trioxocarbonate de calcium se décompose en oxyde de calcium et en dioxyde de carbone.

---

2) Une molécule de tétroxosulfate de dihydrogène réagit avec deux molécules d'hydroxyde de potassium pour produire une molécule de tétroxosulfate de dipotassium et deux molécules d'eau en dégageant de la chaleur.

---

3) De l'énergie est libérée lors de l'oxydation de quatre molécules de fer en présence de trois molécules de dioxygène et forment deux molécules de trioxyde de difer.

---

4) La réaction de deux molécules de monoxyde de carbone avec une molécule de dioxygène libére de l'énergie en produisant deux molécules de dioxyde de carbone.

---

5) Le dioxyde de carbone barbote dans une solution saturée de trioxocarbonate de calcium (de l'eau de chaux) pour produire du dihydrohyde de calcium et de l'eau.



Balancer une équation chimique et stœchiométrie

- RAPPEL : Loi de la conservation de la matière

Antoine Laurent de Lavoisier, un chimiste français du 18e siècle est reconnu pour son travail méticuleux dans l'étude des gaz. Il a été le premier à élaborer ce que l'on appelle aujourd'hui *la méthode scientifique*.

Les chimistes d'aujourd'hui lui doivent de nombreux instruments de travail en chimie. Il a conçu des balances beaucoup plus précises que celles qui existaient à l'époque, lui permettant de poursuivre ses recherches l'ont mené à l'énoncé de la *loi de la conservation de la matière* : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

Il a démontré que les substances réagissent ensemble dans des proportions définies pour former de nouvelles substances. Durant ces réactions, l'énergie présente dans les molécules de chaque côté de l'équation est également conservée. La différence d'énergie entre les molécules des réactifs et des produits se traduit par un surplus d'énergie d'un côté ou l'autre de l'équation.

Balancer une équation chimique

Une équation chimique doit nécessairement être balancée à l'aide de **coefficients stœchiométriques** pour illustrer les proportions dans lesquelles on retrouve les réactifs et les produits.

Pour que l'équation soit balancée, il faut nécessairement retrouver le même nombre d'atomes de chaque espèce de part et d'autre de l'équation. Pour y arriver, seul l'usage de coefficients est permis. On ne peut jamais modifier la formule chimique d'un réactif ou d'un produit car cela aurait pour effet d'en modifier la nature.

Exemples :

1) $2\,H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

Réactifs — Produits

2 x 2 = 4 atomes de H — 2 x 2 = 4 atomes de H

2 atomes de O — 2 atomes de O

2) $2AgNO_3 + CaCl_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + 2AgCl$

Réactifs — Produits

2 atomes d'Ag — 2 atomes d'Ag

2 atomes de N — 2 atomes de N

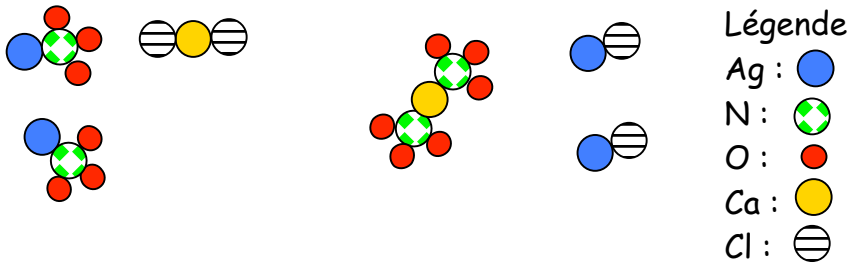
2 x 3 = 6 atomes de O — 2 x 3 = 6 atomes de O

1 atome de Ca 1 atome de Ca
2 x 1 = 2 atomes de Cl 2 x 1 = 2 atomes de Cl

On remarque que le coefficient stœchiométrique multiplie l'ensemble de la molécule alors que l'indice multiplie l'atome ou l'ion polyatomique qui le précède. Le modèle de Dalton est intéressant pour illustrer ce principe.

Reprenons l'équation (2) :

$2AgNO_3 + CaCl_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + 2AgCl$



Exercices :
Balancez les équations chimiques suivantes :

1. $Al + Cl_2 \longrightarrow AlCl_3$

2. $Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$

3. $Fe_2O_3 + CO \longrightarrow Fe + CO_2$

4. $S_8 + O_2 \longrightarrow SO_2$

5. $CaCO_3 + NaCl \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$

Écrivez l'équation chimique équilibrée de la combustion du tétrahydrure de carbone gazeux (méthane) dans le dioxygène gazeux qui donne du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau en libérant de l'énergie.



Étude de l'énergie fournie par la combustion biogaz : Vous voilà prêts à relever le défi!

Nous vous proposons d'effectuer votre recherche à partir de deux échantillons de gaz.

Dans vos mots, expliquez le défi qui vous est proposé et ce que vous en connaissez.

Indiquez, en vous servant de vos connaissances scientifiques, ce que vous comptez faire pour y arriver.

Dresser la liste du matériel nécessaire à votre recherche expérimentale.

Rédigez le protocole expérimental envisagé.

Consignez et organisez les données recueillies. Noter les ajustements effectués en cours d'expérimentation en prenant soin de les justifier.

À partir des données recueillies (les vôtres et celles de collègues), analyser vos résultats afin de mettre en lumière le rendement énergétique des deux échantillons. Expliquez votre démarche.

Quels sont les aspects qui pourraient être améliorés dans votre recherche expérimentale? Justifiez votre réponse.

Rédigez court texte qui circonscrit tous les aspects du défi proposé. Votre texte devra s'attarder aux aspects suivants :

- **Effet de serre**
- **Explication du processus de méthanisation**
- **Impacts de l'exploitation des biogaz**
- **Développement durable et empreinte écologique**
- **Transformation de l'énergie**

Qu'avez-vous appris? Que retenez-vous de cette situation d'apprentissage et d'évaluation?

Annexe 1

OUTIL DE CALCUL D'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE PERSONNELLE

- Encercler le nombre de points qui correspond le mieux à vos habitudes.
- Compléter chaque rubrique en vous basant sur une journée ordinaire de votre quotidien.
- Additionner les points encerclés de chaque rubrique et noter la somme partielle pour la catégorie concernée.
- Reporter toutes les sommes partielles dans le sommaire, à la fin du questionnaire.

Section A - Consommation d'eau **Mes points**

1.
   - Je ne prends pas de douche ou de bain. (0)
   - Je prends une douche de une à deux minutes ou je remplis la baignoire au quart. (50)
   - Je prends une douche de trois à six minutes ou je remplis la baignoire à la moitié. (70)
   - Je prends une douche d'au moins dix minutes ou je remplis complètement la baignoire. (90)

2.
   - Je tire la chasse d'eau chaque fois que je vais aux toilettes. (40)
   - Je tire parfois la chasse d'eau quand je vais aux toilettes. (20)

3. Quand je me lave les dents, je laisse couler l'eau. (40)
4. J'ai lavé la voiture ou j'ai arrosé la pelouse aujourd'hui. (80)
5. Nous utilisons des toilettes économiques (6 – 9 litres par remplissage). (- 20)
6. Nous utilisons des pommes de douche à faible débit. (- 20)
7. Nous utilisons un lave-vaisselle au cours de la journée. (50)

Somme partielle (A) : _____

Section B - Alimentation

1. Au cours d'une journée, je mange en général :
   - Du bœuf (150/portion)
   - Du poulet (100/portion)
   - Du poisson d'élevage (80/portion)
   - Du poisson sauvage (40/portion)
   - Des œufs (40/portion)
   - Du lait/des produits laitiers (40/portion)

- Des fruits (20/portion)
- Des légumes (20/portion)
- Des féculents : pain, céréales, riz (20/portion)

2.
- Tous mes aliments sont cultivés localement. (0)
- Certains de mes aliments sont cultivés localement. (30)
- Aucun de mes aliments n'est cultivé localement. (60)

3.
- Tous mes aliments sont biologiques. (0)
- Certains de mes aliments sont biologiques. (30)
- Aucun de mes aliments n'est biologique. (60)

4.
- Je fais du compost avec mes restes et pelures de fruits et de légumes. (20)
- Je ne fais pas de compost avec mes restes et pelures de fruits et de légumes. (60)

5.
- Tous mes aliments sont préparés en industrie. (100)
- Certains de mes aliments sont préparés en industrie. (30)
- Aucun de mes aliments n'est préparé en industrie. (0)

6.
- Tous mes aliments sont emballés. (100)
- Certains de mes aliments sont emballés. (30)
- Aucun de mes aliments n'est emballé. (0)

7. Au cours d'une journée ordinaire, je (ne) jette :
- Aucun aliment (0)
- Un quart de mes aliments (100)
- Un tiers de mes aliments (150)
- La moitié de mes aliments (200)

Somme partielle (B) : _____

Section C - Moyens de transport

1. En général, je circule :
   - À pied (0)
   - À bicyclette (5) par trajet
   - Dans les transports publics (30) par trajet
   - Dans un véhicule privé (200) par trajet

2.
   - Notre véhicule familial a une consommation de moins de 6 L/100 Km (-50)
   - Notre véhicule familial a une consommation de 6 à 9 L/100 Km (50)
   - Notre véhicule familial a une consommation 10 à 13 L/100 Km (100)
   - Notre véhicule familial a une consommation de plus de 13 L/100 Km (200)

3. Le temps que je passe dans des véhicules chaque jour est :
   - Nul (0)
   - Moins d'une demi-heure (40)
   - Entre une demi-heure et 1 heure (60)
   - Plus d'une heure (100)

4. De quelle taille est la voiture dans laquelle je circule en général ?
   - Pas de voiture (- 20)
   - Petite (50)
   - Moyenne (100)
   - Grande (SUV, de type 4x4) (200)

5. Nombre de voitures à la maison?
   - Aucune (- 20)
   - 1 voiture (50)
   - 2 voitures (100)
   - Plus de deux voitures (200)

6. Dans une journée, je marche ou je cours :
   - 5 heures ou plus (- 75)
   - de 3 à 5 heures (- 25)
   - de 1 à 3 heures (0)
   - d'une demi-heure à 1 heure (10)
   - moins de 10 minutes (100)

Somme partielle (C) : _____

Section D - Logement

1. Nombre de pièces par personne : divise le nombre de pièces par le nombre de personnes dans ton foyer.
   - Moins de 2 pièces par personne (10)
   - De 2 à 3 pièces par personne (80)
   - De 4 à 6 pièces par personne (140)
   - 7 pièces ou plus par personne (200)

2. Nous partageons notre logement avec des gens qui n'appartiennent pas à notre famille. (- 50)

3.
   - Nous possédons une résidence secondaire qui est souvent inoccupée. (400)
   - Nous en partageons une résidence secondaire avec d'autres gens. (200)

Somme partielle (D) : _____

Section E - Consommation d'énergie

1. Au cours des mois les plus froids, la température de la maison est de :
   - Moins de 15°C (- 20)
   - 15 à 18°C (50)
   - 19 à 22°C (100)
   - 22°C ou plus (150)

2. Nous séchons les vêtements dehors ou à l'intérieur sur un séchoir.
   - Toujours (- 50)
   - Parfois (20)
   - Jamais (60)

3. Nous avons un réfrigérateur basse consommation d'énergie.
   - Oui (- 50)
   - Non (50)

4. Nous utilisons des ampoules fluocompactes.
   - Oui (- 50)
   - Non (50)

5. J'éteins la lumière, l'ordinateur et la télévision quand je n'en ai pas besoin.
   - Oui (0)
   - Non (50)

6. Pour me rafraîchir, j'utilise :
   - La climatisation dans la voiture (30)
   - La climatisation dans la maison (30)
   - Un ventilateur électrique (- 10)
   - Rien (- 50)

7. Temps passé à des activités extérieures ne nécessitant pas d'énergie (essence ou électricité) durant une semaine.
   - 7 heures (0)
   - 4 à 6 heures (10)
   - 2 à 3 heures (20)
   - 2 heures ou moins (100)

Somme partielle (E) : _____

Section F - Habillement

1. Je change de vêtements tous les jours et je les mets au lavage. (80)
2. Je porte des vêtements qui ont été raccommodés ou ajustés. (- 20)
3. Un quart de mes vêtements sont faits main ou d'occasion. (- 20)
4. J'achète la plupart de mes vêtements neufs tous les ans. (120)
5. Je donne à la boutique de vêtements d'occasion locale des vêtements que je ne porte plus.
   - Oui (0)
   - Non (100)
6. J'achète si possible des chemises en chanvre plutôt qu'en coton. (- 10)
7.
   - Je porte le quart des vêtements qui sont dans mon armoire. (100)
   - Je porte la moitié des vêtements qui sont dans mon armoire. (75)
   - Je porte les trois quarts des vêtements qui sont dans mon armoire. (50)
   - Je porte la quasi-totalité des vêtements qui sont dans mon armoire. (25)

8.
- J'ai 2 ou 3 paires de chaussures. (20)
- J'ai 4 à 6 paires de chaussures. (60)
- J'ai 7 ou plus paires de chaussures. (90)

Somme partielle (F) : _____

Section G - Matériaux divers

1. Toutes mes ordures de la journée tiendraient dans :
   - Une boîte à chaussures (20)
   - Un grand seau (60)
   - Une poubelle (200)
   - Je n'ai pas jeté d'ordures aujourd'hui ! (- 50)

2. Je réutilise les objets plutôt que de les jeter. (- 20)

3. Je répare les objets plutôt que de les jeter. (- 20)

4. Je recycle tout mon papier, mes boîtes de conserve, le verre et le plastique. (- 20)

5.
   - J'évite généralement d'acheter des articles jetables. (- 10)
   - J'achète régulièrement des articles jetables. (60)

6. J'utilise généralement des piles rechargeables. (- 30)

7. Ajoute un point pour chaque dollar que tu dépenses en moyenne par jour. (0)

Somme partielle (G) : _____

Section H - Loisirs

1. Pour mes loisirs habituels, la superficie totale de terres transformées en terrains de jeu, patinoires, piscines, salles de gym, pistes de ski, parkings, etc., occupe :
   - Rien (0)
   - Moins d'1 hectare (100 ares) (20)
   - De 1 à 2 hectares / 100 à 200 ares (60)
   - 2 hectares ou plus / 200 ares ou plus (100)

2. Dans la journée, je me sers de la télé ou de l'ordinateur
   - Pas du tout (0)
   - Moins d'une heure (50)
   - Plus d'une heure (80)

3. De combien d'équipement ai-je besoin pour mes activités ordinaires ?
   - Aucun (0)
   - Très peu (20)
   - Un peu (60)
   - Beaucoup (80)

Somme partielle (H): _____

Sommaire

Reporte les sommes partielles de chaque rubrique et additionne-les pour obtenir la somme totale :

Section A - Consommation d'eau _____

Section B – Alimentation _____

Section C - Moyens de transport _____

Section D – Logement _____

Section E - Consommation d'énergie _____

Section F – Habillement _____

Section G - Matériaux divers _____

Section H – Loisirs _____

Somme totale : _____

Somme totale ÷ 100 = empreinte écologique exprimée en hectares.

Mon empreinte écologique est : _____ hectares

L'hectare est une unité de mesure de superficie (ha) et correspond à 100 m x 100 m ou 10 000 m^2.

Note : Pour obtenir un résultat en ares, il faut multiplier la somme totale par 100. L'are est une unité de mesure de superficie (a) et correspond à 10 m x 10 m ou 100 m^2.

Remerciements

Nous remercions Monsieur Éric Camirand de la compagnie Électrigaz qui a collaboré pour la rédaction du texte portant sur la pollution de l'eau et qui a validé le contenu de la SAÉ.

Nous remercions également Monsieur Jean-Claude Frigon, chef de projet à l'Institut de recherche en biotechnologie du CNRC-NRC qui a contribué au développement de cette SAÉ par son expertise en digestion anaérobie et ses conseils.

Finalement, nous remercions Monsieur Dubé, M. Sc. Département des sciences biologiques à l'UQAM pour son expertise et son soutien dans l'élaboration de protocoles de travail sécuritaire en laboratoire.

Ressources consultées

Webographie

UCAR – The University Corporation for Atmospheric Research
www.ucar.edu/news/releases/

Méthanisation.info – Site français du Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, INRA
http://www.methanisation.info/

ClimateChangeNorth.ca – Site de la Société de conservation du Yukon
http://www.climatechangenorth.ca/section-BGF/

Planète Terre – Site de M. Pierre-André Bourque et du Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval à Québec
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Electrigaz - Une entreprise spécialisée dans l'étude, la conception et la réalisation de systèmes de biogaz. Leurs bureaux sont à Harrington, au Québec
www.electrigaz.com

La Recherche – Magazine d'information scientifique francophone
http://www.larecherche.fr/content/recherche/

Green Teacher - Green Teacher est une organisation à but non-lucratif qui publie des ressources pour aider les intervenants en éducation à sensibiliser les jeunes des niveaux primaire et secondaire à l'environnement.
http://www.greenteacher.com/francais.html

Ressources Naturelles Canada
Documents de recherches disponibles portant sur les hydrates de gaz arctiques.
http://gsc.nrcan.gc.ca/permafrost/arcticgas_f.php

Atlas du Canada
Cartographie disponible en ligne sur l'eau douce, les bassins hydrographiques et les bassins versants
http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/archives/poster/watershed_bassin_versant
http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/freshwater/distribution/drainage

Ressources Naturelles Canada
Document de référence sur l'utilisation de l'eau par les secteurs des ressources naturelles.
http://www.nrcan-rncan.gc.ca/com/resoress/publications/wateau/index-fra.php

Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs
Le réseau de surveillance volontaire des lacs du Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs
Document de référence sur l'eutrophisation
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsv-lacs/methodes.htm

Bibliographie

WACKERNAGEL, Mathis. et REES, William, Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers, Philadelphia, Pennsylvanie, 1996

Mc QUARRIE, Carole, Mc QUARRIE, Donald et ROCK, Peter A., Chimie Générale – Troisième édition, Éditions De Boeck Université, 1992