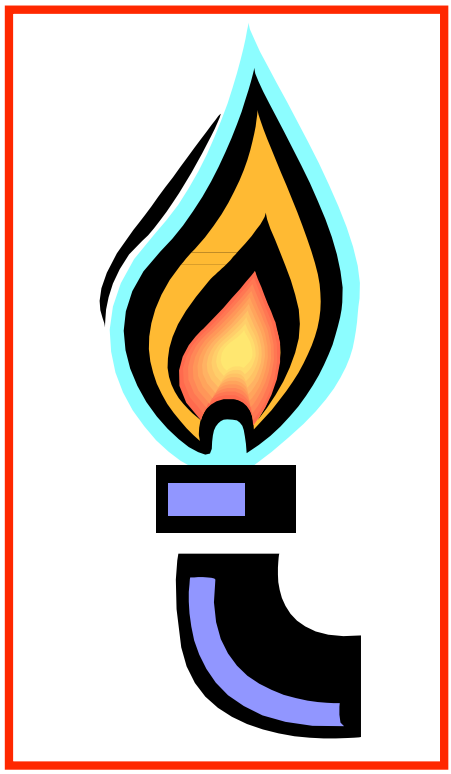
centre de développement pédagogique
pour la formation générale en science et technologie



LE BIOGAZ

GUIDE DE L'ANIMATEUR

DOCUMENT DE TRAVAIL

Table des matières

Évaluation de la compétence 1 en fonction du mandat proposé à l'élève 4

Planification d'enseignement suggérée 5

Réponses attendues du cahier de l'élève 6

- **Exemple de réseau de concepts - page 5 ..... 6**
- **Démonstration : Effet de serre - page 6 ..... 6**
- **Suggestions et informations en lien avec l'empreinte écologique – page 7 ..... 7**
- **La pollution de l'eau – page 10 et 11 ..... 8**
- **Manipulation : La fermentation – page 13 ..... 8**
- **Manipulation : La chaleur thermique massique – page 19 ..... 9**

Section destinée aux techniciens(nes) en travaux pratiques pour la préparation du matériel et des montages 10

- **Démonstration : « L'effet de serre » 10**
- **Manipulation : « La Fermentation » 11**
- **Manipulation : « La capacité thermique massique » 12**
- **Préparation des échantillons pour l'expérimentation 13**

Ressources consultées et suggérées pour en savoir plus… 17

- **Remerciements 18**

Coup d'œil sur la SAÉ « Le biogaz »

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

PRÉPARATION



1 Déclencheur

- Mise en situation
- Présentation de 2 courtes séquences vidéo et du défi proposé



2 Activation des connaissances antérieures

- Construction d'un réseau de concepts
- Retour sur les formes d'énergie
- Représentation préalable (p.15 du cahier)

RÉALISATION ET INTÉGRATION



3 Activités d'apprentissage

- La pollution de l'eau et la méthanisation
- Réactions exothermiques et endothermiques
- Effet de serre, empreinte écologique
- Capacité thermique massique
- Nomenclature, équations chimiques et stœchiométrie



4 Établir un plan

- L'élève circonscrit le problème
- L'enseignant balise le questionnement et précise les critères d'évaluation tant pour la démarche expérimentale que pour le texte explicatif



5 Tâche complexe

- Élaboration de la démarche de recherche expérimentale
  - Analyse des éléments du contexte pour baliser la démarche
  - Transfert des connaissances dans son expérimentation et dans son analyse des données recueillies



6 Activité de synthèse

- Document synthèse (texte)
  - Considération de l'ensemble des paramètres et des impacts environnementaux
- Autoévaluation et valorisation
  - Analyse critique de sa démarche
  - Le point sur ses apprentissages

Évaluation de la compétence 1 en fonction du mandat proposé à l'élève

Les élèves devraient:

S'approprier les concepts touchés par la production de biogaz, l'empreinte écologique et l'effet de serre pour être en mesure de circonscrire le contexte du défi proposé.(C_d1 – Représentation adéquate de la situation)

Les élèves doivent s'approprier l'information présentée sous diverses formes (écrite, vidéo, démonstration et activités d'apprentissage) en grand groupe, en équipe de deux et individuellement selon les activités proposées. Ils doivent faire appel à leurs connaissances antérieures pour circonscrire le contexte du problème.

Élaborer un protocole expérimental
(C_d1 – Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation)

À partir du matériel proposé, d'un montage de base et des techniques proposées dans diverses activités d'apprentissage, les élèves doivent se réunir en équipes de 2 et planifier leur démarche expérimentale. Il peut être utile de travailler en collaboration avec une autre équipe pour obtenir une plus grande plage de données. Chaque équipe devrait soumettre son protocole pour approbation.

Réaliser la démarche expérimentale (C_d1 – Mise en œuvre adéquate du plan d'action)

Chaque équipe procède à l'expérimentation en effectuant les ajustements nécessaires. Les élèves recueillent les données nécessaires.

Conclure et réfléchir aux retombées possibles de l'exploitation des biogaz.
(C_d1 – Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes)

Chaque élève, à partir des données recueillies et des tendances qui s'en dégagent, répond à son interrogation de départ. Il rédige un texte explicatif en lien avec le défi qui lui était soumis.

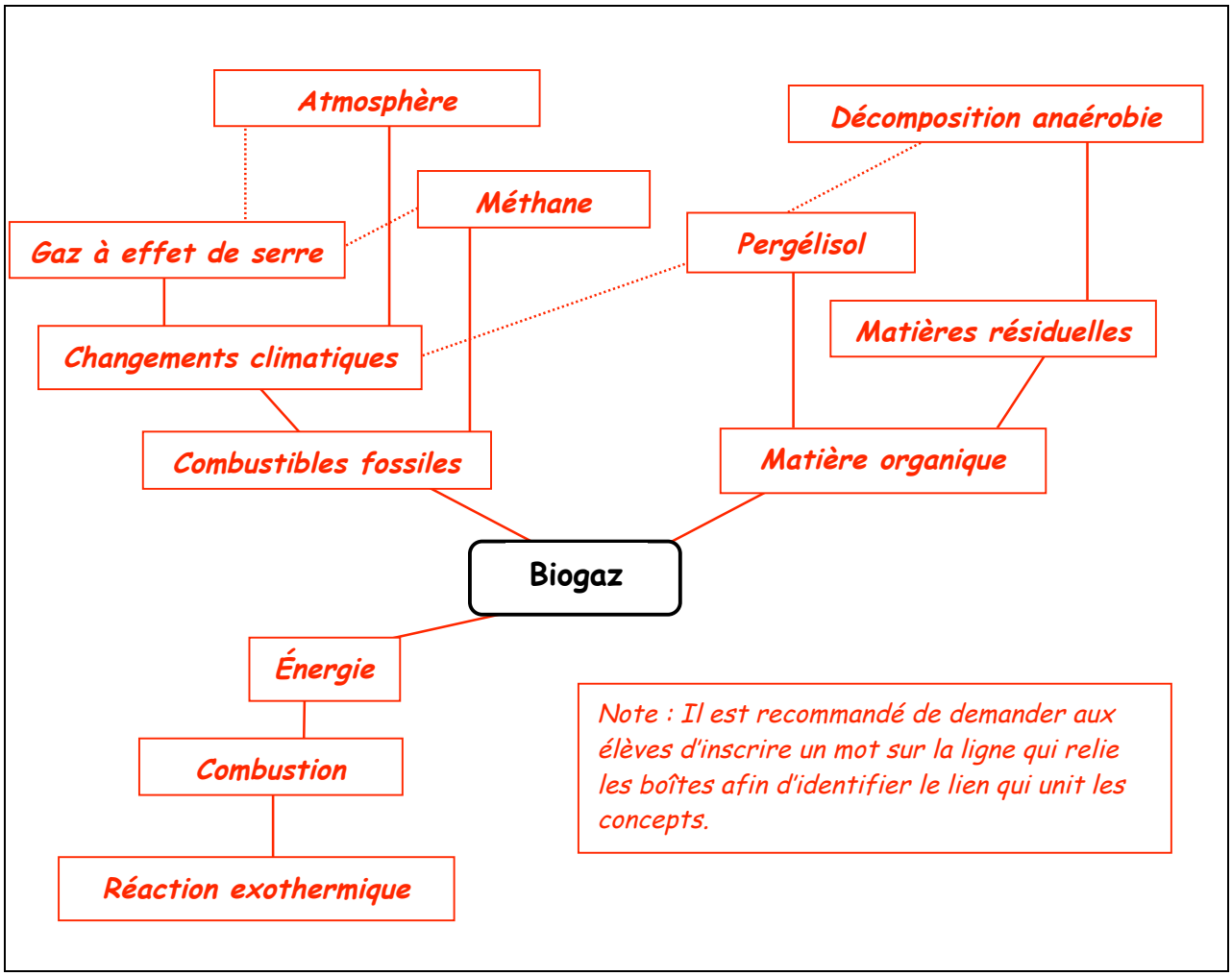
Planification d'enseignement suggérée

Durée totale de la SAÉ : 7 périodes de 75 minutes (travail à la maison)

Cours	Description sommaire en fonction du cahier de l'élève	À prévoir
Cours 1	• Déclencheur : Du méthane libéré dans l'atmosphère ! – page 3 • Visionnement de 2 courtes séquences proposées • Défi proposé • Construction d'un réseau de concept • Travail à la maison : Calcul individuel de l'empreinte écologique – pages 6 à 7 et annexe 1	- Projecteur multimédia et l'accessibilité aux séquences vidéos proposées ou prévoir une alternative; - Tableau (poster) pour la compilation des empreintes écologiques individuelles.
Cours 2	• Chaque élève inscrit son empreinte écologique dans le tableau prévu • Démonstration sur l'effet de serre – page 6 • Le biogaz et la pollution de l'eau – pages 8 à 11 • Séquence vidéo sur la digestion anaérobie et préparation des montages de fermentation – pages 12	- Matériel de démonstration sur l'effet de serre; - Matériel pour montages de fermentation.
Cours 3	• Les élèves complètent la section « résultats » du laboratoire dirigé sur la fermentation – page 13 • Laboratoire dirigé : Changements chimiques et physiques/réactions endothermiques et exothermiques – pages 15 et 16 • Travail à la maison : pages 14 et 15	- Matériel pour identification des gaz; - Matériel pour laboratoire : chimique/physique endo/exo.
Cours 4	• Retour sur les phénomènes endothermiques/ exothermiques et formes d'énergie – page 17 • Laboratoire dirigé : La capacité thermique massique – pages 18 et 19 • Travail à la maison : pages 19 et 20	- Matériel et montages pour laboratoire : La capacité thermique massique
Cours 5	• Retour sur le calcul de l'empreinte écologique du groupe • Retour sur la capacité thermique massique et question 6 de la page 20 en plénière • Nomenclature chimique et l'équation chimique – pages 21 à 26 • Travail à la maison : terminer les exercices	
Cours 6	• Retour sur l'équation chimique et correction des exercices • Formation des dyades et réunion en groupe de 2 équipes pour la planification de l'étude du rendement du biogaz • Travail à la maison : planification de la démarche expérimentale et début de la rédaction du texte explicatif – page 32	- Présentation du matériel disponible et de l'organisation des échantillons de biogaz
Cours 7	• Réalisation de la démarche expérimentale - collecte de données et partage des données • Travail à la maison : compléter le rapport et le texte	- Date de remise de l'étude du rendement et du texte

Réponses attendues du cahier de l'élève

Exemple de réseau de concepts - page 5



Démonstration : Effet de serre - page 6

Dans cette démonstration, les sphères de styromousse représentent la Terre, les lampes tiennent le rôle du Soleil et le bocal illustre l'atmosphère terrestre.

Protocole :

1. Noter la température initiale des deux thermomètres.
2. Allumer simultanément les lampes chauffantes.
3. Noter la température des deux thermomètres aux minutes durant cinq minutes.
4. Éteindre les lampes.
5. Noter la température des 2 thermomètres aux minutes durant 5 minutes.

On remarque qu'au début, les températures initiales des deux montages sont identiques. Dès les premières minutes de chauffage par les lampes, la température du montage ayant une atmosphère augmente plus rapidement. L'écart tend à augmenter avec le temps - le bocal permettant un effet de serre au même titre que l'atmosphère terrestre en emprisonnant une partie du rayonnement.

Une fois les lampes éteintes (analogie avec ce qui se produit durant la nuit), le modèle avec l'atmosphère (le bocal) se refroidit beaucoup plus lentement. En effet, le montage n'ayant pas d'atmosphère revient rapidement à la température initiale alors que l'autre tend à conserver l'énergie emmagasinée. Cela permet de faire une analogie avec les écarts de températures jour/nuit observés sur des planètes sans atmosphère.

Cette démonstration permet d'apprécier les bienfaits de l'effet de serre pour la régulation de la température à la surface de la Terre.

Suggestions et informations en lien avec l'empreinte écologique – page 7

- Calculer la moyenne des empreintes écologiques de la classe en hectares.
- Il est important de souligner que l'empreinte écologique représente la superficie de « …**terres productives et d'écosystèmes aquatiques…»** . Or, dans un pays comme le nôtre, les terres productives ne représentent pas l'ensemble de la superficie du pays.
- Il est important de souligner que cet outil n'est pas d'une grande précision et qu'il est construit à l'aide d'estimations et d'outils statistiques. C'est cependant un outil très utile pour comparer des sociétés entre-elles. Il permet également de sensibiliser le participant à son rôle de citoyen.
- La superficie totale du Canada est de 9,98 milliards d'hectares, mais la superficie habitée, comportant l'essentiel des terres productives, représente une étroite bande de terre le long de la frontière avec les Etats-Unis. On peut estimer cette superficie à moins de 10 % de la superficie totale du pays – un peu moins d'un milliard d'hectares.
- La capacité productive de la terre est de 11,4 milliards d'hectares car il faut exclure les déserts, les calottes glaciaires et les océans. Cela représente une empreinte écologique d'environ 1,9 hectares par habitant.
- La population du Canada est d'environ 33 000 000 d'habitants et l'empreinte écologique au Canada est estimée à environ 8,84 hectares en moyenne.
- 25 % des plus riches de la population mondiale consomme 75 % de toutes les ressources disponibles.
- La moyenne mondiale de l'empreinte écologique se situe autour de 2,4 hectares selon les sources consultées. Elle excède la capacité biologique de la Terre depuis 1999.

- Quelques données recueillies sur l'empreinte écologique moyenne selon le pays d'origine :

Empreinte (hectares)	Pays	Empreinte (hectares)	Pays
10,13	Émirats arabes unis	5,26	France
9,70	États-Unis	0,80	Inde
8,84	Canada	0,53	Bangladesh
7,58	Australie	0,47	Mozambique

La pollution de l'eau – page 10 et 11

Question 1. Qu'est-ce que l'eutrophisation ?

Il s'agit d'un processus naturel d'enrichissement d'un milieu aquatique. Il peut être accéléré par l'activité humaine, particulièrement par l'utilisation d'engrais et de fertilisants. Elle entraîne une augmentation importante de l'apport en phosphore et en azote. Ceci engendre une prolifération des plantes aquatiques, des algues, du phytoplancton et des cyanobactéries. La quantité de lumière disponible diminue graduellement et les végétaux ne peuvent plus faire de photosynthèse. La quantité d'oxygène disponible diminue rapidement et la matière végétale et animale se dépose graduellement au fond du lac. Les bactéries anaérobies prolifèrent. Le lac se transforme graduellement en marais.

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

Les solides et les microorganismes contenu dans l'eau tentent constamment de consommer l'oxygène dissous dans l'eau ne laissant rien pour la vie aquatique (algues, poissons).

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

*On met une petite quantité d'eau polluée dans une grande quantité d'eau bien oxygénée. On attend plusieurs jours (5 ou 20) puis on mesure la quantité d'oxygène qui a été consommée par l'eau polluée. Cela nous donne une mesure de pollution de l'eau qu'on appelle : **D**emande **B**iologique en **O**xygène (DBO_5 ou DBO_{20}).*

Manipulation : La fermentation – page 13

Le gaz recueilli est du *dioxyde de carbone* car il brouille *l'eau de chaux*.

- Ce processus se nomme **la fermentation**. Il s'agit d'une réaction anaérobie, elle se passe donc *en l'absence d'oxygène*. C'est une réaction biochimique de conversion d'énergie chimique contenue dans une molécule organique, dans ce cas-ci, *le jus de raisins ou de pommes* en une autre forme d'énergie par des champignons, des bactéries ou des *levures*. Ces organismes transforment *le sucre des fruits* en *dioxyde de carbone* et en *alcool*.
- La température de fermentation idéale est de 35 °C à 40 °C.

Manipulation : La chaleur thermique massique – page 19

NOTE : Après de nombreux essais, on constate que l'énergie fournie par la combustion d'une guimauve miniature est constante lorsqu'on l'allume toujours de la même façon.

Variations moyennes de température pour 10,0 g de liquide

Liquide	Δ Température (°C)
Eau	*12*
Huile végétale*	*23*
Antigel	*19*

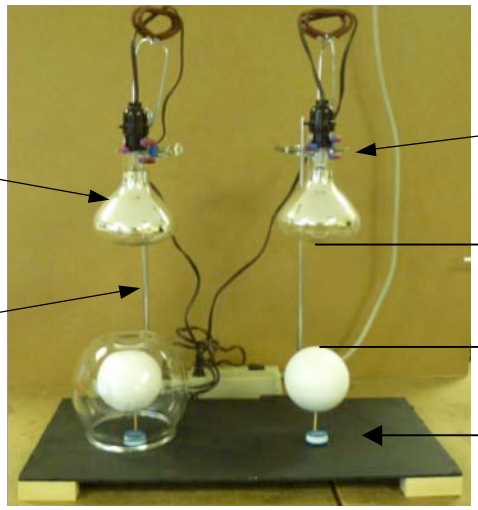
* L'huile utilisée est de l'huile de canola. Il y aura une variation différente en fonction du type huile utilisée (huile d'olive ou autre), par contre la valeur de la variation devrait toujours être la plus élevée.

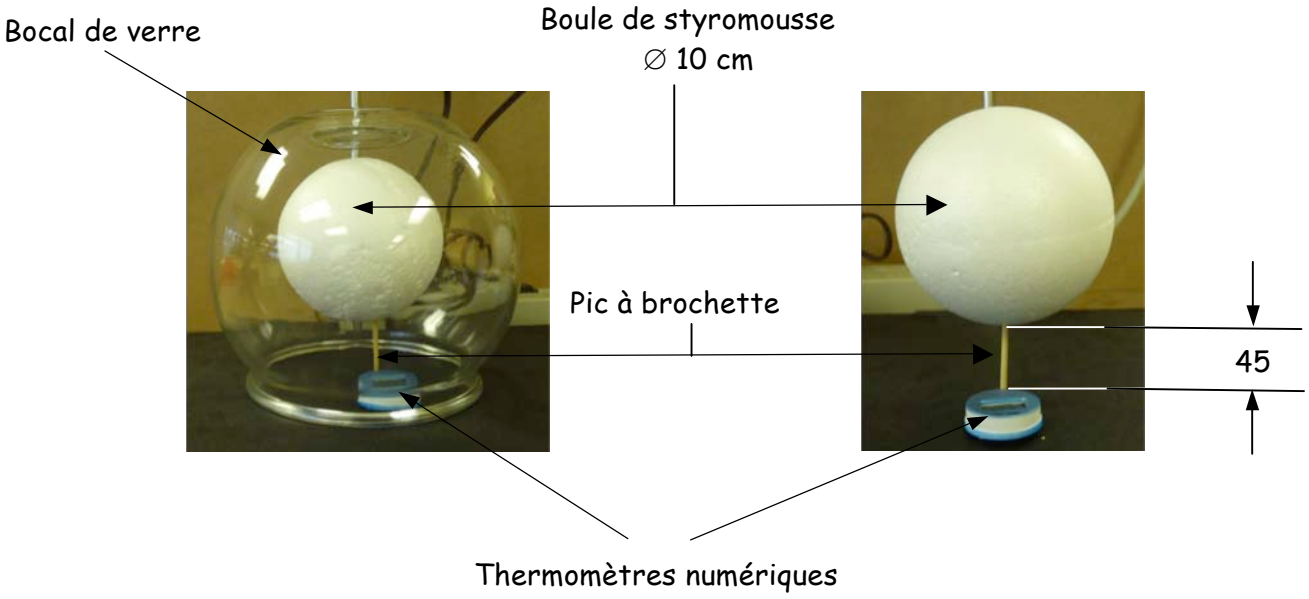
Section destinée aux techniciens(nes) en travaux pratiques pour la préparation du matériel et des montages

Démonstration : « L'effet de serre »

Matériel requis :

- 2 supports universels
- 2 pinces universelles
- 2 thermomètres numériques
- 2 lampes de 250 W
- Pic à brochette
- 2 boules de styromousse ∅ 10 cm
- Bocal à poisson en verre
- Support en carton-mousse (foamcore) (605 mm x 290 mm)
- 4 blocs de bois (pattes)
- Colle chaude





Manipulation : « La Fermentation »

Matériel requis pour les étudiants (par poste de travail) :

- Cylindre gradué 500 mL
- Compte-gouttes
- Balance (précise au dixième de gramme)
- Pèse matière
- Spatule
- Bouteille d'eau vide 500 mL ou erlenmeyer de 500 mL
- Ensemble « Bouchon/Sac »
- Jus de raisin ou pomme
- Levure à pain artisanale

Matériel pour la fabrication l'ensemble « Bouchon/Sac » :

- Couteau à lame rétractable
- Coupe-verre
- Pince coupante
- Règle
- Étau
- Glycérine
- Tube de verre ∅ 5mm (6 cm de long)
- Bouchon de caoutchouc no.5 à un trou
- Sac de plastique (genre « sac avec attaches pour congélation » (format : 20 cm x 33 cm)
- Fil métallique no.22 (20 cm de long) (ou tout autre fil similaire)

NOTE : Le numéro du bouchon à employer dépend du goulot de la bouteille utilisée pour le montage. De plus, si vous utilisez un erlenmeyer au lieu de la bouteille, vous devez vous assurer d'avoir un bouchon assurant l'étanchéité du montage.

Préparation de l'ensemble « Bouchon/Sac » :

1	Fixer le bouchon dans un étau (bord supérieur à l'extérieur des serres de l'étau). À l'aide du couteau à lame rétractable, rainurer le bouchon à 7 mm du bord supérieur - la rainure doit être assez profonde (± 5 mm).	
2	Insérer le tube de verre dans le bouchon (utiliser une goutte de glycérine pour l'insertion du tube de verre).	

3	Couper 20 cm de fil métallique. Fixer solidement le sac de plastique au bouchon à l'aide du fil métallique. S'assurer que l'ensemble est bien étanche.	

Manipulation : « La capacité thermique massique »

Matériel requis pour les étudiants (par poste de travail) :

- Support universel
- Pince universelle
- Bouchon n° 4 avec tige de cuivre ou aiguille
- Support à éprouvettes
- 3 éprouvettes 25 x 150
- 3 bouchons n° 4 avec un trou + thermomètre
- Balance (précise au dixième de gramme)
- Compte gouttes
- 3 contenants de pesée
- Règle de 15 cm
- Allumettes ou allume-feu
- Petite assiette d'aluminium (facultatif)

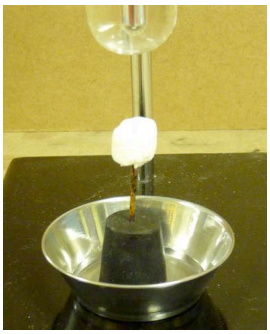
  Note : Il est préférable que les thermomètres soient, déjà, insérés dans les bouchons troués. Cette manipulation devrait être faite par le personnel technique. Ainsi, on évite les blessures et bris de thermomètres.

Substances requises pour les étudiants (par poste de travail) :

- 3 guimauves miniatures
- 10,0 g d'antigel
- 10,0 g d'eau
- 10,0 g d'huile végétale

Montage du bouchon à guimauve :





Préparation des échantillons pour l'expérimentation

Nous ne recommandons pas de faire construire de bio-digesteurs aux élèves afin d'éviter toute contamination par des bactéries présentes dans la matière organique en décomposition. Aussi, l'espace nécessaire à l'entreposage des bio-digesteurs, la gestion des résidus organiques (et des odeurs) ainsi que le temps requis pour produire un biogaz de qualité nuiraient au bon déroulement de la SAÉ. Cela pourrait également comporter des risques.

Les échantillons sont préparés à partir de sacs qui ne devraient pas excéder 1 000 mL, préalablement remplis de gaz naturel (provenant des installations de gaz du laboratoire ou d'une bonbonne) et d'une bonbonne de CO_2.

Recommandations :

- Travailler sous la hotte et respecter les recommandations du Service du répertoire toxicologique de la CSST : http://www.reptox.csst.qc.ca
- Utiliser un sac relié à un bouchon et faire le vide à l'aide d'une seringue
- Ne pas excéder 1 000 mL de gaz pour le méthane ou gaz naturel
- Utiliser des sacs à sandwich sans glissière et coupé le rabat pour la préparation des échantillons
- Ne pas préparer d'échantillon excédant 300 mL de gaz pour éviter d'atteindre la température d'ébullition de l'eau au moment de la combustion de l'échantillon.

Échantillons proposés :

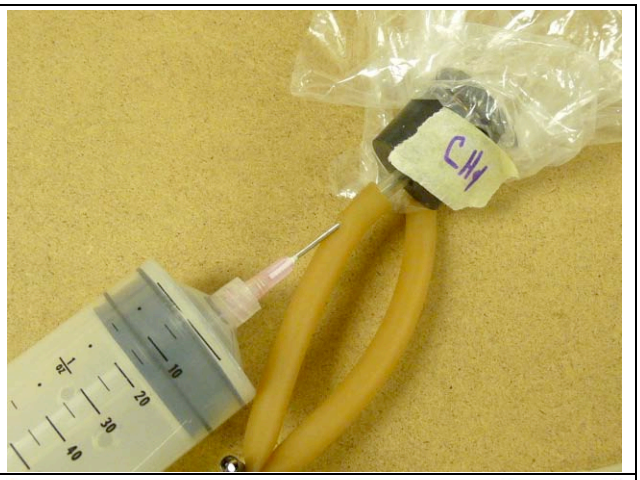
# Échantillon	Proportion de CH_4 (%)	Proportion de CO_2 (%)	Volume de CH_4 (mL)	Volume de CO_2 (mL)	Volume total du sac (mL)
1	60	40	120	80	200
2	60	40	150	100	250
3	60	40	180	120	300
4	80	20	160	40	200
5	80	20	200	50	250
6	80	20	240	60	300
7	100	0	200	0	200
8	100	0	250	0	250
9	100	0	300	0	300

Préparation de l'ensemble « Bouchon/Sac » pour l'expérimentation :

1	Fixer le bouchon dans un étau (bord supérieur à l'extérieur des serres de l'étau). À l'aide du couteau à lame rétractable, rainurer le bouchon à 7 mm du bord supérieur (la rainure doit être assez profonde (± 5 mm)).	
2	Insérer un compte-gouttes de verre dans le bouchon (utiliser une goutte de glycérine pour l'insertion). La pointe doit être insérée dans le bouchon. Fixer le sac à sandwich avec un fil métallique au bouchon (on doit couper le rabat avant de fixer). Identifier le sac.	

Préparation des sacs-échantillons pour l'expérimentation :

1	Pour préparer les sacs-échantillons le matériel suivant sera nécessaire : • Seringue 140 cc avec aiguille de prélèvement • Sac de gaz 1000 mL (sac réservoir) • Tubulure de caoutchouc • Pince à tube ou pince à feuilles.	

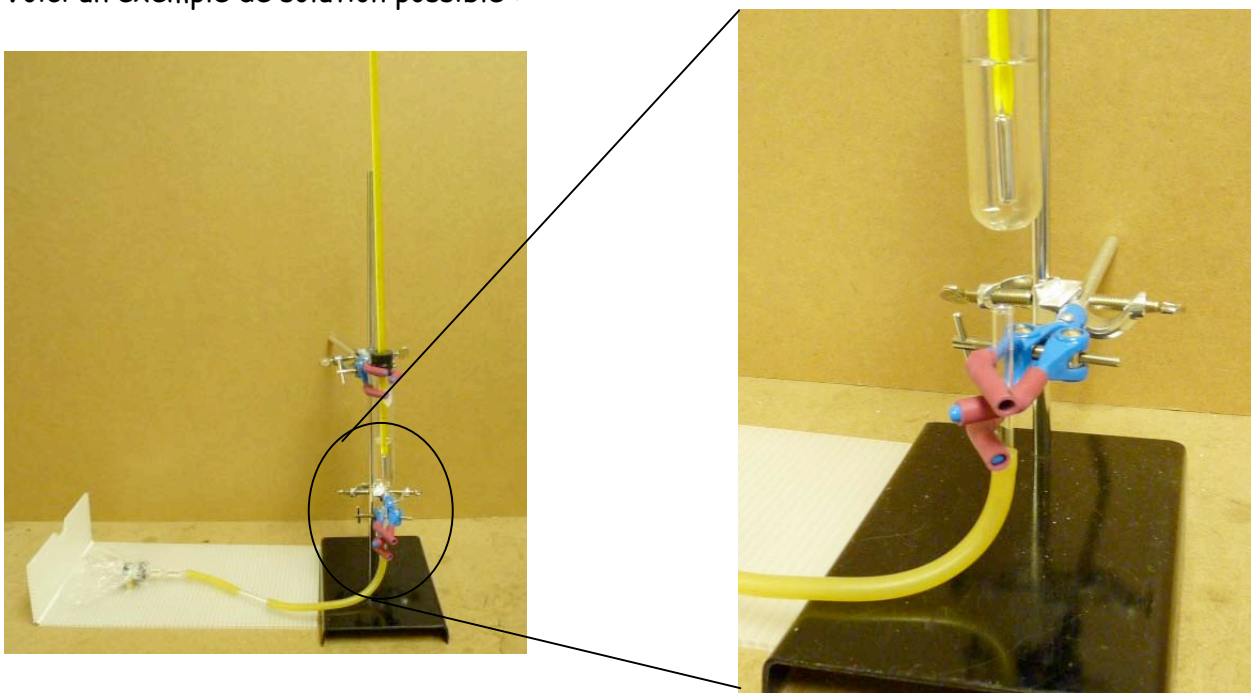
2	Remplir un sac de 1000 mL de CH_4 et remplir un deuxième sac de CO_2. Prélever la quantité de gaz (selon le tableau : Échantillons proposés).	
3	Injecter le gaz prélever dans le sac échantillon. Faire le mélange de gaz, selon l'échantillon désiré.	

NOTE : Lorsque l'on prélève le gaz, il est important de tirer lentement le piston. Cela permet d'avoir une bonne quantité de gaz. De plus, on doit s'assurer de bien comprimer le sac réservoir lors du prélèvement.

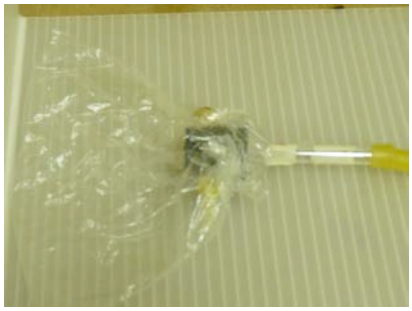
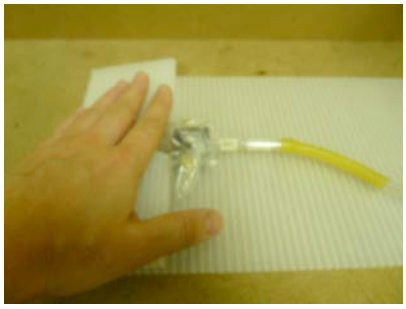
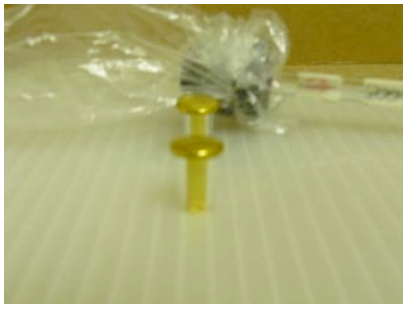
Préparation du montage pour l'expérimentation :

Lors de l'expérimentation, l 'étudiant devrait faire un montage très semblable à celui utilisé lors de la manipulation sur la capacité thermique massique. La liste de matériel sera donc très similaire.

Voici un exemple de solution possible :



Pour presser uniformément le sac échantillon, il est préférable d'avoir un petit pressoir. Il est possible de confectionner un pressoir rudimentaire.
Voici un exemple de pressoir :

Ressources consultées et suggérées pour en savoir plus…

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 bassin 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

LEIGH, G.H., FAVRE, H.A., METANOMSKI, W.V., Principes de nomenclature de la chimie. Introduction aux recommandations de l'IUPAC, Première édition, De Boeck Université, 2001

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

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.