

Nom : **Prénom :** mars 2021 Note : /20

Durée : 60 minutes. La plupart des réponses devront être justifiées. Rendre l'énoncé avec la copie et émarginer (sinon 0) et tenir compte des chiffres significatifs !

Exercice 1 (35 minutes) : 10 pts La cogénération : C'est la production simultanée d'électricité et de chaleur à partir d'un combustible dans un dispositif unique : le cogénération. Dans une exploitation agricole, le combustible peut être le biogaz issu de la méthanisation des déchets organiques produits : fumier, résidus végétaux, etc.

L'objectif de cet exercice est d'étudier une installation de ce type. Les documents utiles sont rassemblés en fin d'exercice.

1) La méthanisation :

Vérifier la cohérence entre la composition du biogaz obtenu par méthanisation (document 1) et les données énergétiques présentes dans le document 4.

2) La cogénération :

2.1. Calculer en MW×h (10^6 W×h) la quantité d'énergie libérée en un an par la combustion du biogaz dans cette installation, puis le volume de biogaz correspondant dans les conditions normales de pression et de température (s'aider du doc 3 et faire des calculs détaillés avec formules).

2.2. Déterminer, en m³, le volume d'eau qui peut être chauffé de 10°C à 70°C chaque année grâce à l'énergie thermique produite par l'installation (formule et calculs détaillés obligatoire).

Justifier que l'on peut utiliser l'eau chaude produite pour la salle de traite et pour la consommation de plusieurs usagers.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180 \text{ J} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$
- $1 \text{ kW} \times \text{h} = 3600 \text{ kJ}$
- Masse volumique de l'eau : $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

2.3. Calculer l'énergie électrique annuelle produite par le cogénérateur en utilisant la puissance électrique du cogénérateur ($P = 104 \text{ kW}$) (formule littérale et calcul détaillé obligatoire). Comparer ce résultat avec une autre donnée présente dans le document 3. Interpréter l'écart éventuel constaté (voir document 2).

3. Enjeux environnementaux :

En prenant appui sur les documents et les résultats précédents, donner deux arguments montrant l'intérêt environnemental d'un dispositif méthanisation-cogénération dans une exploitation agricole.

Document 1 : Méthanisation

La méthanisation est un processus biologique naturel permettant de valoriser des matières organiques. Pendant 40 à 60 jours, ces matières sont placées à l'intérieur d'une cuve, le digesteur, qui est chauffée et brassée en absence de d'oxygène. La fermentation anaérobie qui a lieu produit un gaz, appelé « biogaz », et un engrais de haute valeur fertilisante, appelé « digestat ».

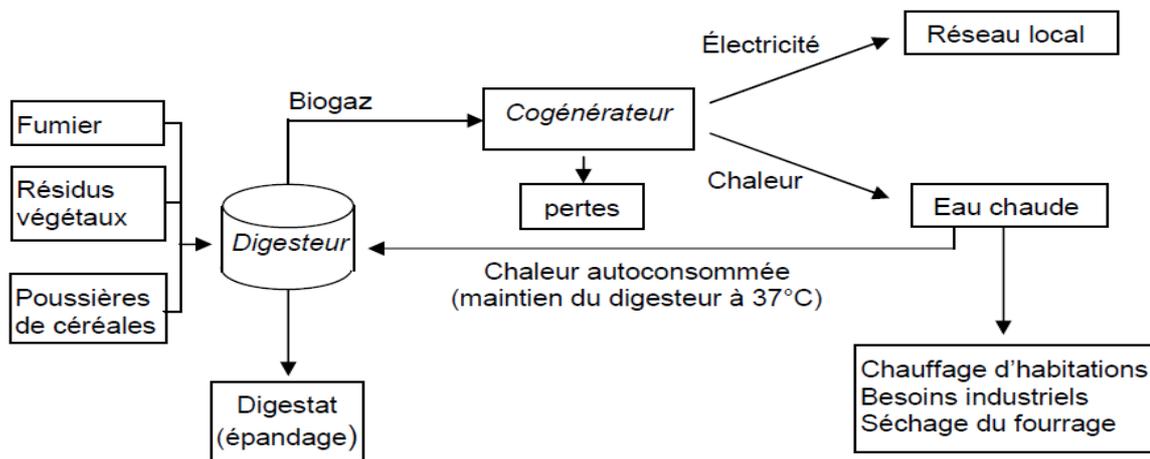
Schéma de principe de la méthanisation :



D'après <http://www.solagro.org>

1)ana , com/1,5
2.1) ana , réal/2,5
2.2) ana , réal/2,5
2.3) réa, ana, com/2,5
2.4) ana , com/1

Document 2 : Schéma de fonctionnement global d'une unité de cogénération



D'après <http://www.solagro.org>

Document 3 : Caractéristiques d'une installation de cogénération



Le GAEC les Châtelets, sur la commune de Gruffy (74) est une exploitation agricole de type élevage bovin. Ce GAEC a souhaité développer une structure de méthanisation – cogénération, mise en service à l'automne 2009. Cette structure est constituée d'un digesteur en acier (1), d'une trémie d'alimentation (2) et d'un module de cogénération(3).

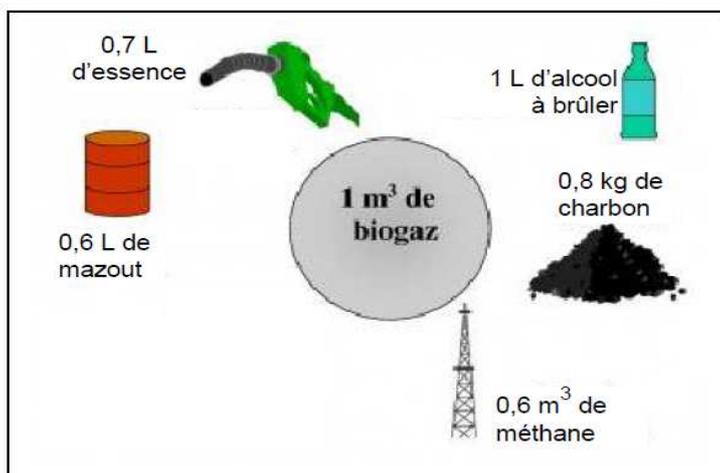
Caractéristiques :

- Digesteur de 675 m³
- Puissance électrique du cogénérateur : 104 kW
- Production annuelle d'énergie par le cogénérateur :
 - thermique : 860 MWh
 - électrique : 830 MWh
- Efficacité énergétique (ou rendement) globale : 70% (rapport de l'énergie totale produite par le cogénérateur à l'énergie issue de la combustion du biogaz)
- 3200 tonnes/an de matière organique valorisée
- Économie de CO₂ : environ 420 tonnes/an
- 200 L d'eau chaude sont consommés par jour dans la salle de traite
- Réseau de chaleur pour plusieurs usagers.

D'après <http://www.cogenerationbiomasserhonealpes.org>

Document 4 : Équivalences énergétiques

Les volumes gazeux sont mesurés dans les conditions normales de pression et de température.



La combustion de 1 m³ de méthane produit une énergie égale à 10 kWh.

D'après www.ecobase21.net

Exercice 2 : Principe du thermoplongeur (6 pts) (15 minutes)

Un récipient possède une capacité thermique $C=100 \text{ J}\times\text{k}^{-1}$. On y verse une masse $m=1,00 \text{ kg}$ d'eau. Un conducteur ohmique de résistance $R=1,20 \text{ }\Omega$ et de capacité thermique $C'=20 \text{ J}\times\text{k}^{-1}$ est plongé dans l'eau. On place l'ensemble dans une enceinte, qui empêche tout transfert thermique avec l'extérieur, et on mesure sa température initiale $\theta_0=14,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Donnée : C_{eau} (capacité thermique massique de l'eau) $=4,18 \text{ KJ}\times\text{K}^{-1}\times\text{kg}^{-1}$

A l'instant initial, on alimente le dipôle ohmique par un générateur de tension de valeur $U_0=48,0 \text{ V}$.

- a°) Calculer la capacité thermique du système formé par le récipient + eau + dipôle électrique (formule littérale + calcul détaillé obligatoire).
- b°) Donner l'expression littérale de l'énergie thermique Q reçue par ce système pendant une durée Δt en admettant que cette énergie est égale à l'énergie par effet Joule fournie par la résistance $R=1,20 \text{ }\Omega$ soumis à une tension $U_0=48,0 \text{ V}$.
- c°) Déterminer la valeur de Δt nécessaire à l'entrée en ébullition de l'eau à $100 \text{ }^\circ\text{C}$ (formule littérale et calcul détaillé obligatoire).

a°) ana, réal/2
b°) sav/2
c) sav, réal/2

Exercice 3 : Enigme (4 pts) (10 minutes)

Deux glaçons identiques sont sortis du congélateur. L'un d'eux est laissé à l'air libre et le second est placé dans un pull réputé « bien chaud ».

Lequel des deux glaçons sera le premier fondu ? (Justifier en indiquant si le terme bien chaud est adapté)

ana, com/4
----------	---------