Fiche N°13-3
Energie chimique

Travaux dirigés
Méthanisation

A.2. - Production de méthane pour le chauffage du bâtiment agricole

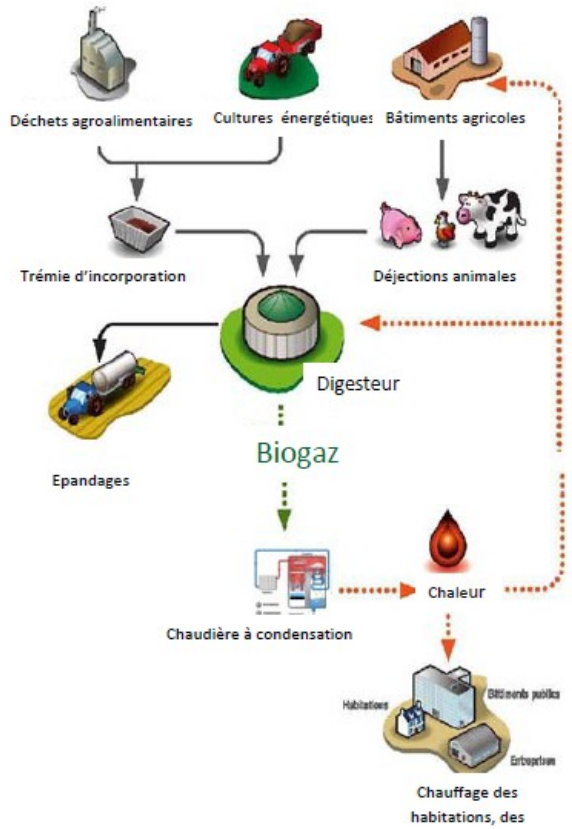
L'exploitation doit maintenir la température intérieure de ses bâtiments agricoles aux alentours de 25°C. L'exploitant envisage de réaliser un projet de méthanisation (**document 4 page 7/16**). Le méthane produit servirait à alimenter une chaudière à condensation. L'énergie produite permettrait alors :

- de chauffer le bâtiment agricole à 25°C pour une grande partie de l'année (printemps, hiver, automne),
- de chauffer le digesteur* entre 55°C et 60°C,
- de sécher la production de chanvre (produit isolant naturel) en été.

* **Définition du digesteur** : Nom donné au réacteur chimique où se déroule la fermentation des déchets à forte teneur en matière organique. Ce réacteur est composé d'une cuve cylindrique étanche au gaz et isolée thermiquement.

A.2.1. En vous aidant du **document 4** , expliquer pourquoi : *« L'énergie thermique produite à partir de biogaz constitue une source d'énergie renouvelable et propre. »*. Vous citerez deux avantages à cette production d'énergie.

ANNEXES PARTIE A.1.2.



Document 4 – Principe de la méthanisation

La méthanisation est un procédé de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène.

Cette dégradation a lieu grâce à l'action de différentes bactéries et conduit à une production de biogaz (constitué principalement de méthane). Le méthane sert de combustible carburant à la chaudière à condensation. L'énergie produite peut être valorisée selon les besoins aux abords de l'installation (habitations, bâtiments d'élevage, serres…). L'énergie thermique produite à partir de biogaz constitue une source d'énergie renouvelable et propre.

Les avantages de la méthanisation

- **Diminution** de la production des gaz à effet de serre (CH_4, CO_2…).
- **Réduction** importante des odeurs lors du stockage des effluents et lors de l'épandage.
- **Reconquête** des plans d'épandage (distance par rapport aux tiers).

Source : AEB méthafrance

Fiche N°13-3
Energie chimique

Travaux dirigés
Méthanisation

A.2.2. Le méthane produit servira de combustible à une chaudière à condensation (**document 6**).

A.2.2.a) En vous aidant du **document 6** , donner la différence essentielle entre une « chaudière ancienne » et une chaudière à condensation.

A.2.2.b) Quelle grandeur du P.C.I. ou du P.C.S. devrait-on associer à une chaudière à condensation ?

Document 5 : entreprises, des bâtiments publics

Gaz issus de la combustion et gaz spectateur	CO_2	H_2O	N_2
Masse molaire moléculaire (en $g.mol^{-1}$)	44	18	28
Quantité de matières en moles des gaz issus de la combustion d'1kg de méthane.	62,5	125	500
Masse (en g) des gaz issus de la combustion d'1kg de méthane.	2750	2250	14000

A.2.3. **La combustion :**

A.2.3.a) Écrire l'équation équilibrée de la combustion complète du méthane CH_4 dans le dioxygène de l'air.

A.2.3.b) Calculer la masse molaire moléculaire du méthane.

Données : $M_C = 12,0\ g.mol^{-1}$; $M_H = 1,0\ g.mol^{-1}$

Dans une chaudière à condensation, différents gaz (CO_2, H_2O et N_2) vont céder leur énergie par refroidissement, puis par condensation. Dans la suite de l'exercice, on voudrait connaître l'énergie produite par le refroidissement de ces gaz et par condensation de l'eau. Pour la suite de l'exercice, on considérera la combustion de 1,00 kg de méthane.

A.2.3.c) Calculer la quantité de matière n_{CH4} correspondant à 1,00 kg de méthane.

A.2.3.d) En déduire que la quantité de matière de dioxyde de carbone produite est de $n_{CO2} = 62,5$ mol et que la quantité de matière d'eau formée vaut $n_{H2O} = 125$ mol.

A.2.3.e) La quantité de matière de dioxygène consommée lors de la combustion de 1,00 kg de méthane est de $n_{O2} = 125$mol.

Fiche N°13-3
Energie chimique

Travaux dirigés
Méthanisation

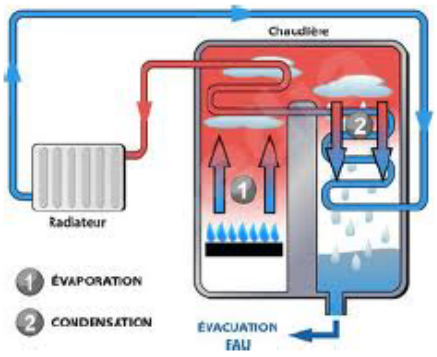
Lors de la combustion, le dioxygène de l'air est consommé mais pas le diazote N_2.
On considère que l'air est composé en fraction molaire de 20% de O_2 et 80% de N_2.

Parmi les 4 solutions suivantes, indiquer la quantité de matière n_{N2} de diazote correspondante :

n_{N2} = 31,2 mol n_{N2} = 500 mol n_{N2} = 125 mol n_{N2} = 62,5 mol

A.2.3.f) En vous aidant des données du **document 5 page 6**, vérifier la valeur de la masse de dioxyde de carbone formée par la combustion de 1,00 kg de méthane.

Document 6 : étude de la récupération d'énergie dans les chaudières à condensation :



Une technologie innovante au service de l'économie d'énergie

Les chaudières à condensation se distinguent de leurs consœurs plus anciennes par leur mécanisme de fonctionnement différent : elles ne se contentent pas de brûler du combustible pour chauffer, dans la mesure où les vapeurs de combustion, condensées, servent à chauffer de nouveau les eaux de retour. L'économie d'énergie est substantielle, même en comparaison avec les chaudières classiques les plus modernes. Comptez sur une réduction de vos factures de 20% à 35% !

Rendement chaudière à condensation

Les chaudières à condensation sont les plus performantes des chaudières modernes. Leur efficacité économique et écologique est très forte : elles permettent d'économiser du combustible grâce à leur fonctionnement particulier qui évite la déperdition d'énergie inutile. On dit que ces chaudières ont de très hauts "rendements". Comment s'apprécie le rendement, et que signifie-t-il exactement ?

Comment appréhender la notion de rendement ?

On peut formuler la notion de rendement de la manière suivante : Rendement = (Quantité d'énergie qui sort de la chaudière sous forme de chaleur) / (Quantité d'énergie qui rentre dans la chaudière sous forme de combustible et qui est produite par la condensation). Mais deux types de mesures sont possibles :

- le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) compare uniquement la "quantité" de chaleur finale effectivement produite avec la quantité de combustible pur qui est utilisée pour cela.
- le PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) compare la "quantité" de chaleur finale effectivement produite avec la quantité de combustible pur utilisée + l'énergie produite par la condensation des fumées (celle-là même qui fait l'efficacité des chaudières à condensation) qu'on appelle "chaleur latente".

Fiche N°13-3
Energie chimique

Travaux dirigés
Méthanisation

En PCI, le rendement des chaudières à condensation est supérieur à 100% (car il ne prend pas en compte la chaleur latente), alors qu'en PCS il est nécessairement inférieur à 100% (car il prend en compte toutes les sources d'énergie présentes). On continue néanmoins d'utiliser la mesure PCS, même si elle est moins évidente. Pourquoi ? Parce qu'elle seule permet de comparer les chaudières modernes et anciennes, et les chaudières anciennes entre elles !

Quelques comparaisons...

Rentrons dans le vif du sujet : une chaudière à condensation atteint des rendements PCI de 105% à 110%, et en PCS de 96% à 99%, tandis qu'une chaudière classique produira de la chaleur avec du 90% PCI et 81% PCS au maximum. La différence est grande. Mais soyons plus concrets : par rapport aux "vieilles" chaudières, traditionnelles, l'économie sera de 20 à 35 % par rapport aux chaudières "modernes" traditionnelles.

Extrait d'articles : www.durable.com

A.2.4. Différence de bilan énergétique

On souhaite vérifier, dans cette partie, les économies évoquées dans l'article du **document 6 page 8/16**.

Sur une « chaudière ancienne », les fumées sont évacuées à une température d'environ 200 °C. Actuellement pour une chaudière à condensation la température de sortie des fumées est d'environ 55 °C et l'eau condensée est évacuée à une température de 20 °C. On continuera dans cette partie à raisonner sur la combustion de 1,00 kg de méthane.

A.2.4.a) En vous aidant du **document 5 page 7/16**, compléter le **tableau 1 de la page 16/16** à rendre avec votre copie.

Données :

- L'énergie libérée Q (en joule) par un fluide lorsque sa température varie sans changement d'état est : $Q = m.C_p.\Delta\theta$ où Cp est la capacité thermique massique (en $J.kg^{-1}.K^{-1}$), m est la masse (en kg) et $\Delta\theta$ la variation de température (en °C).
- L'énergie libérée Q (en joule) par un fluide lors de son changement d'état est : Q = m.L où L est la chaleur latente de changement d'état (ou enthalpie standard de changement d'état) (en $J.kg^{-1}$) et m est la masse (en kg).
- Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) du méthane est 50,1 $MJ.kg^{-1}$. Cela signifie que la combustion d' 1kg de méthane produit 50,1 MJ sans compter l'énergie des gaz condensés.
- L'eau bout à 100°C sous la pression d'une atmosphère (1 atm = 1013 hPa). L'enthalpie massique de vaporisation de l'eau, égale à l'énergie fournie pour transformer l'eau liquide en vapeur, est de 2257 $kJ.kg^{-1}$.

A.2.4.b) La valeur totale de l'énergie récupérée permet-elle de justifier les économies présentées dans l'article du **document 6 page 8/16** ?

Fiche N°13-3
Energie chimique

Travaux dirigés
Méthanisation

DOCUMENT RÉPONSE
(à rendre avec la copie)

Tableau 1 - partie A.1.2

Constituants	Récupération d'énergie	masse (kg)	Cp ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)	$\Delta(\theta)$ (°C)	L($J.kg^{-1}$)	E récupérée (J)
CO_2(gaz)	de 200°C à 55°C	2,75	650			
N_2 (gaz)	de 200°C à 55°C	14	730			
H_2O (gaz)	de 200°C à 100°C	2,25	1410			
H_2O (gaz-Liquide)	à 100°C	2,25			$2,26.10^6$	
H_2O (liquide)	de 100°C à 20°C	2,25	4185			
					Total en MJ	.....