Une voie de valorisation possible pour le dioxyde de carbone

Bac S 2013 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Question préalable. À l'aide des connaissances et des documents, proposer trois pistes mises en œuvre actuellement pour limiter l'émission de CO_2 dans l'atmosphère.

- **Émettre moins à la source** : réduire le recours aux combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) par les économies d'énergie et par les énergies renouvelables.
- **Capter puis stocker** le CO_2 (document 2) : stockage géologique dans le sous-sol, ou stockage biologique par la végétation, d'où l'intérêt de reboiser et de limiter la déforestation.
- **Capter puis valoriser** le CO_2 (documents 2 et 3) : usage direct, par exemple comme gaz réfrigérant, ou conversion par hydrogénation en méthanol, en éthanal ou en méthane.

Trois pistes : réduire la consommation de combustibles fossiles, capter et stocker le CO_2, capter et valoriser le CO_2.

PIÈGE
Donner trois variantes d'une seule piste, par exemple trois produits de l'hydrogénation. Le barème attend trois pistes distinctes, chacune expliquée en quelques mots.

COMPRENDRE
Ce thème relevait de la chimie durable de l'ancien programme, qui ne figure plus dans la spécialité actuelle. L'extraction d'informations et le bilan énergétique restent des compétences attendues.

2 Question préalable. Faire le bilan énergétique global de la production et de la combustion de $1{,}0\ \text{m}^3$ de méthane obtenu par hydrogénation du CO_2.

Données utiles pour $1\ \text{m}^3$ de méthane : $4\ \text{m}^3$ de H_2 et $1\ \text{m}^3$ de CO_2 (document 4) ; électrolyse : $20{,}0$ MJ par m^3 de H_2 ; captage et stockage : $8{,}0$ MJ par m^3 de CO_2 ; hydrogénation : $7{,}0$ MJ par m^3 de CO_2 ; combustion : $33{,}0$ kJ par litre de méthane

Énergie dépensée pour produire $1{,}0\ \text{m}^3$ de méthane

- électrolyse fournissant $4\ \text{m}^3$ de dihydrogène : $4 \times 20{,}0 = 80{,}0$ MJ ;
- captage et stockage de $1\ \text{m}^3$ de CO_2 : $8{,}0$ MJ ;
- hydrogénation de $1\ \text{m}^3$ de CO_2 : $7{,}0$ MJ.

$$E_{\text{dépensée}} = 80{,}0 + 8{,}0 + 7{,}0 = 95{,}0\ \text{MJ}$$

Énergie récupérée par la combustion de ce méthane ($1{,}0\ \text{m}^3 = 1{,}0 \times 10^3$ L)

$$E_{\text{récupérée}} = 1{,}0 \times 10^3 \times 33{,}0 = 3{,}30 \times 10^4\ \text{kJ} = 33{,}0\ \text{MJ}$$

Bilan global

$$E_{\text{récupérée}} - E_{\text{dépensée}} = 33{,}0 - 95{,}0 = -62{,}0\ \text{MJ}$$

La combustion ne restitue que $\dfrac{33{,}0}{95{,}0} \approx 35\ \%$ de l'énergie dépensée.

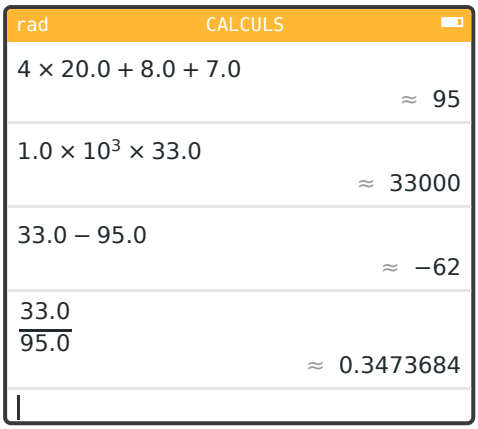
Bilan : $-62{,}0$ MJ par mètre cube de méthane. Le procédé consomme plus d'énergie ($95{,}0$ MJ) qu'il n'en restitue ($33{,}0$ MJ).

PIÈGE
Compter $20{,}0$ MJ pour le dihydrogène en oubliant qu'il en faut $4\ \text{m}^3$. Autre oubli fréquent : l'énergie de combustion est donnée en kJ par litre, à convertir en MJ par mètre cube.

COMPRENDRE
Les proportions du document 4 sont celles de l'équation $CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow CH_4 + 2\,H_2O$: à même pression et même température, les volumes de gaz sont proportionnels aux quantités de matière.

MÉTHODE
Bilan énergétique : lister chaque poste de dépense, tout ramener à la même quantité produite et à la même unité, sommer, puis comparer à l'énergie récupérée par une différence ou un rapport.

À LA CALCULATRICE



S Synthèse. Rédiger une synthèse argumentée d'environ 20 lignes : quels sont les enjeux environnementaux et l'intérêt énergétique de la valorisation du dioxyde de carbone ?

Données utiles documents 1 à 4 ; bilan de la question 2 : $95{,}0$ MJ dépensés, $33{,}0$ MJ récupérés

Introduction. Les activités humaines rejettent de plus en plus de dioxyde de carbone. Sa valorisation répond-elle à un enjeu environnemental, et est-elle intéressante sur le plan énergétique ?

Un enjeu environnemental. D'après le document 1, la production mondiale de CO_2 est passée d'environ 9 gigatonnes par an en 1960 à 35 en 2010 : elle a presque quadruplé. Sur la même période, l'écart de température moyenne à la surface de la Terre est passé d'environ $-0{,}05$ °C à $+0{,}45$ °C, soit une hausse voisine de $0{,}5$ °C. Comme le CO_2 absorbe le rayonnement infrarouge émis par le sol (effet de serre), il est très probablement l'une des causes de ce réchauffement. Limiter sa présence dans l'atmosphère est donc un enjeu majeur.

Les réponses possibles. Outre la réduction des émissions, le CO_2 peut être capté puis stocké, dans le sous-sol ou par la végétation (document 2). Il peut aussi être valorisé : directement, comme gaz réfrigérant, ou après conversion par hydrogénation en méthanol, en éthanal ou en méthane (document 3). Aujourd'hui, seulement $0{,}5$ % des émissions sont valorisées ; cette part pourrait atteindre 5 à 10 %. Le CO_2 devient alors une matière première et non plus un simple déchet.

Un intérêt énergétique limité. Produire $1\ \text{m}^3$ de méthane demande $95{,}0$ MJ alors que sa combustion n'en restitue que $33{,}0$: le bilan est déficitaire de $62{,}0$ MJ. L'essentiel de la dépense ($80{,}0$ MJ) vient de l'électrolyse qui fournit le dihydrogène. Le procédé n'a donc de sens que si cette énergie est renouvelable, comme dans l'unité japonaise alimentée par l'énergie solaire (document 4) : le méthane sert alors à stocker une partie de cette énergie sous forme chimique. De plus, sa combustion reforme du CO_2 : celui-ci n'est recyclable que s'il est émis en un lieu fixe, dans une centrale électrique, et non de façon diffuse par des véhicules.

Conclusion : valoriser le CO_2 réduit les rejets de ce gaz à effet de serre, mais sa conversion en méthane coûte plus d'énergie qu'elle n'en rend. C'est une piste complémentaire de la réduction des émissions, pertinente avec une énergie renouvelable.

PIÈGE
Affirmer que les graphiques prouvent que le CO_2 cause le réchauffement. Deux courbes qui montent ensemble montrent une corrélation ; le lien de cause vient de l'effet de serre, à citer explicitement.

COMPRENDRE
Les deux questions préalables préparent la synthèse : les pistes de la première nourrissent les enjeux, le bilan de la deuxième fonde le regard critique sur l'intérêt énergétique.

MÉTHODE
Synthèse de documents : reprendre la problématique, un paragraphe par idée, chaque argument appuyé sur un document cité et sur une valeur chiffrée, des connecteurs logiques, une conclusion qui répond à la question, environ 20 lignes.