

## Résolution de problème : Les hydrates de méthane, un nouveau défi pour le Japon ?

Après avoir présenté les hydrates de méthane et le contexte énergétique du Japon, répondre au problème suivant : **À consommation d'électricité constante, pendant combien de temps le Japon peut-il espérer exploiter les hydrates de méthane en remplacement total du nucléaire ? Cette solution est-elle "durable" ?**

L'ensemble de la démarche de résolution devra être détaillée et accompagnée de ses calculs.

### **Document 1 : En décidant de sortir du nucléaire, le Japon va devenir le laboratoire mondial des énergies renouvelables**

La décision avait beau être attendue, elle revêt une portée économique et politique considérable au niveau mondial : un an et demi après le terrible séisme qui a frappé le Japon et entraîné la catastrophe de Fukushima, le gouvernement japonais a annoncé, vendredi 14 septembre, l'arrêt progressif de la production d'électricité nucléaire sur trente ans (...) Mais au-delà de cette décision politique majeure qui engage l'avenir à long terme du Japon, le gouvernement japonais construit une ambitieuse stratégie énergétique qui repose sur trois piliers complémentaires : développer massivement toutes les énergies renouvelables et non-conventionnelles, y compris les énergies issues de la mer, réduire de manière considérable la consommation d'énergie du pays et améliorer l'efficacité énergétique globale de l'économie nippone. (...) Le salut énergétique pour le Japon pourrait bien venir d'une voie prometteuse mais longtemps inaccessible : les hydrates de méthane emprisonnés au fond des océans. L'information est passée inaperçue en Europe mais début 2012, une équipe de recherche américano-japonaise a en effet réussi pour la première fois au monde à extraire de manière continue pendant deux mois des hydrates de méthane dans la région de North Slope, en Alaska en utilisant une nouvelle méthode prometteuse qui consiste à récupérer ces hydrates en injectant un mélange de CO<sub>2</sub> et d'azote dans un puits d'un kilomètre de profondeur.

Or, selon différentes estimations géologiques, il y aurait au fond des mers entourant le Japon au moins 7 milliards de m<sup>3</sup> d'hydrates de méthane (...) à condition toutefois de mettre au point des technologies de récupération qui préservent l'environnement et préviennent efficacement les risques de pollution et d'émissions massives de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère. (...)

Source : RTFLASH Recherche et Technologie  
(Lettre gratuite hebdomadaire d'informations scientifiques et technologiques du vendredi 21 septembre 2012)

### **Document 2 : Les 10 plus grands producteurs mondiaux d'électricité en 2010**

Pays	Production d'électricité ( kWh )
Allemagne	614 069 000 000
Canada	597 986 000 000
Corée du sud	478 040 000 000
Espagne	295 299 000 000
Etats Unis	4 337 070 000 000
France	567 637 000 000
Italie	295 019 000 000
Japon	1 071 320 000 000
Mexique	268 433 000 000
Royaume Uni	378 096 000 000

Source : La banque mondiale

### **Document 3 : Les différentes sources de production d'électricité au Japon en 2010**

Sources	Pourcentage de la production totale (%)
Charbon	26,9
Gaz naturel	27,5
Nucléaire	26,7
Hydroélectricité	6,9
Autre	

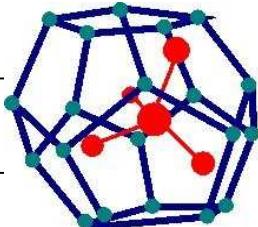
Source :  
<http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/statistiques/6>

#### **Document 4 : Hydrates de méthane**

L'hydrate de méthane est un composé solide, résultat de la cristallisation d'un mélange d'eau et de méthane sous certaines conditions de température et de pression. C'est une source potentielle d'énergie fossile mais son exploitation s'avère actuellement complexe et coûteuse. Classé avec les gaz non conventionnels (gaz de schiste, gaz de charbon et gaz compact), il est localisé **principalement dans les régions où se trouve le pergélisol (couche du sol gelée en permanence, en Arctique par exemple) ou dans les couches sédimentaires des fonds océaniques**.

L'hydrate de méthane est constitué de molécules de méthane ( $\text{CH}_4$ ), entourées par un réseau de molécules d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) disposées en cage d'où le nom de clathrate (du latin *clatagus*, encapsulé), aussi donné aux hydrates. À pression normale et à température ambiante, la cage de molécules d'eau se dissocie et libère une quantité considérable de méthane : lorsque l'hydrate « fond », 1 m<sup>3</sup> d'hydrate de méthane produit généralement 164 m<sup>3</sup> de méthane. La part des hydrates dans la production de méthane reste cependant très modeste.

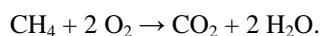
Notons que l'expression « hydrates de gaz » est souvent utilisée pour désigner les hydrates de méthane. Bien que des hydrates puissent se former avec d'autres gaz que le méthane (dioxyde de carbone, hydrogène sulfuré, éthane, butane, propane...), l'amalgame est dû à la prépondérance des hydrates de méthane. Ceux-ci représentent 90% des hydrates de gaz naturel.



Source : CDE, Connaissancesdesénergies.org

#### **Document 5 : Le méthane**

Aux conditions normales de température et de pression, c'est un gaz incolore et inodore. (...) Le méthane est un combustible qui compose jusqu'à 90 % le gaz naturel. La réaction de combustion du méthane s'écrit :



La combustion d'1 m<sup>3</sup> de méthane à 15 °C (gaz naturel) libère une énergie de 9,89 kWh.

Source : wikipédia

Le méthane est un puissant gaz à effet de serre, entre 20 fois et 25 fois plus intense que celle du CO<sub>2</sub>. Les scientifiques émettent l'hypothèse que le méthane aurait déjà par le passé entraîné des changements climatiques de grande envergure. Ils imputent l'élévation de température entre le Paléocène et l'Eocène, il y a 55,5 millions d'années, à la dissociation des hydrates de méthane et le relargage dans l'atmosphère du méthane entraînant une hausse moyenne des températures du fond des océans de 5-7°C.

On sait maintenant qu'il suffit d'une faible élévation de la température pour que les hydrates de méthane deviennent instables et libèrent leur gaz dans l'atmosphère. Une hausse de quelques degrés due au réchauffement climatique pourrait donc avoir un effet catastrophique en déstabilisant les clathrates et en provoquant donc une émission massive de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Selon les modèles à l'étude, la hausse induite de la température moyenne mondiale pourrait atteindre 5°C. Les volumes de méthane relâchés dans l'atmosphère pourraient être colossaux.

Source : bulles-de-savants.com

#### **Document 6 : Les hydrates de méthane dans le milieu naturel**

Les clathrates du plateau océanique sont présents dans les sédiments marins. Ces sédiments ne sont pas isolés du reste de la faune et de la flore océanique. Ils abritent de nombreuses espèces et sont essentiels pour la survie des crustacés : coquillages, moules et vers de glaces. En effet, les hydrates sont présents dans les abysses (dans les profondeurs des océans), et dans ces zones le méthane contenu dans les hydrates est la seule source d'énergie : il n'y a que peu d'oxygène et pas de lumière dans ces régions, ces animaux survivent uniquement grâce aux clathrates. Ainsi l'exploitation des hydrates de gaz par l'homme, réduirait considérablement la part de méthane pour les animaux marins et l'installation des différentes canalisations, du matériel de forage détruirait l'environnement de nombreuses espèces. Ainsi tout l'écosystème serait bouleversé.

Les hydrates présents dans les sédiments marins permettent de cimenter ces derniers. Alors, si l'équilibre thermodynamique de ces hydrates est rompu, et qu'il y a un dégazage, que deviendrait la stabilité des sols océaniques, composés à la surface essentiellement par les sédiments ? Il est fort possible que le sol viendrait à être déstabilisé sur une grande zone, si une extraction et une exploitation des hydrates étaient réalisées. Cela provoquerait de gigantesques glissements de terrain sous-marin, modifiant ainsi tout un environnement.

Source : Etud.insa-toulouse.fr

## Résolution de problème

### Les hydrates de méthane, un nouveau défi pour le Japon ?

#### Éléments de correction

Le Japon est le deuxième plus grand producteur d'électricité après les Etats-Unis. Depuis l'accident nucléaire de Fukushima, le gouvernement japonais souhaite faire évoluer sa politique énergétique et affiche, le 14 septembre 2012, sa volonté de sortir complètement du nucléaire. Pour y parvenir, il souhaite développer les énergies renouvelables ou non conventionnelles, réduire la consommation d'électricité et améliorer l'efficacité globale de l'économie nippone.

Dépendant des importations pour des sources d'énergie comme le charbon et le gaz naturel, le Japon aimerait exploiter une source présente dans ses fonds marins, les hydrates de méthane. Il s'agit de molécules de méthane emprisonnées dans une cage de molécules d'eau. On peut les trouver dans les couches sédimentaires des fonds océaniques, ils se sont formés sous certaines conditions de température et de pression, par la cristallisation d'un mélange d'eau et de méthane. Si ces conditions reviennent à la normale, les cages de molécules d'eau se dissocient et de grandes quantités de méthane sont libérées, d'où une possible exploitation.

**Pendant combien de temps le Japon peut-il espérer exploiter les hydrates de méthane en remplacement total du nucléaire ?**

#### 1 - Quantité d'énergie libérée par l'exploitation des hydrates de méthane.

Les fonds marins japonais contiendraient environ 7 milliards de  $m^3$  d'hydrates de méthane (doc 1) et  $1m^3$  libérerait  $164m^3$  de méthane (doc 4).

Il y a donc :  $7 \times 10^9 \times 164 = 1,1 \times 10^{12} m^3$  de méthane

L'énergie libérée par la combustion d' $1m^3$  de méthane est de 9,89 kWh (doc 2).

**Énergie totale libérée :  $E_{lib} = 1,1 \times 10^{12} \times 9,89 = 1,1 \times 10^{13} kWh$**

#### 2- Quantité d'énergie électrique annuelle issue du nucléaire

26,7 % de l'électricité produite est d'origine nucléaire (doc3)

Quantité d'énergie électrique produite = production totale  $\times$  26,7%

**Quantité d'énergie électrique produite :  $E_{cons} = 1,1 \times 10^{12} \times 0,27 = 3,0 \times 10^{11} kWh$**

#### 3- Nombre d'années d'exploitation

$$N = \frac{E_{lib}}{E_{cons}} = \frac{1,1 \times 10^{13}}{3,0 \times 10^{11}} = 37 \text{ ans}$$

L'exploitation des hydrates de méthane donnerait une autonomie au Japon vis-à-vis du nucléaire de 37 ans, chiffre qui semble faible compte tenu de l'impact de l'exploitation sur l'environnement. En effet, cette exploitation s'avère pour le moment délicate et pourrait provoquer la libération du méthane dans l'atmosphère. Celui-ci étant un gaz à effet de serre 20 à 25 fois plus fort que le dioxyde de carbone, on peut craindre une action sur les climats.

D'autre part, les hydrates de méthane assurent la cohésion des sédiments, leur disparition pourrait entraîner des glissements de terrains. Ils constituent également une source d'énergie pour la faune et la flore qui seraient déjà déstabilisées par l'installation du matériel de forage.

Cependant les conséquences humaines et environnementales de l'accident de Fukushima sont considérables, il est donc difficile pour n'importe quel pays de faire des choix sans prendre de risques.