

DM SCIENCES PHYSIQUES N°3**Thermokarst dû aux bulles de méthane**

L'hydrate de méthane (CH_4), $46 \text{ H}_2\text{O}$, naturellement présent dans le sol, est un composé d'origine organique, constitué d'une fine cage de glace dans laquelle le méthane CH_4 est piégé : le sol gelé constitue une sorte d'éponge qui stabilise le méthane sous forme solide. L'hydrate de méthane est stable à des basses températures et de fortes pressions. À une profondeur donnée, un réchauffement peut le rendre instable, donnant naissance à de l'eau liquide et à du gaz méthane.

Les bulles de méthane forment une sorte de nasse qui vient éclater à la surface, engendrant le thermokarst. On voit des cratères gigantesques se former comme sur la photo ci-après. Ce cratère a une profondeur $H=50\text{m}$ et un rayon $R=40\text{ m}$.

En Sibérie, le réchauffement climatique est 2,5 fois plus important qu'ailleurs et certains biologistes craignent que des virus vieux de plusieurs milliers d'années soient ainsi réactivés et créent des situations sanitaires à très haut risque.



Photographie extraite d'articles Wikipédia

La taïga peut avoir l'aspect d'un véritable brasier pendant les mois d'été. Le départ des feux peut être d'origine humaine mais ils sont entretenus par la grande quantité de méthane qui vient en surface. Le méthane est auto-inflammable comme le montre l'existence des feu-follets au-dessus des marécages.

1- Écrire les réactions de combustion complète (réaction 1) ou incomplète (réaction 2) du méthane CH_4 dans le cas où l'eau est à l'état liquide. Une combustion complète donne naissance à la forme oxydée du carbone CO_2 tandis qu'une combustion incomplète donne naissance à la forme oxydée CO .

2- Calculer les enthalpies standards de ces deux réactions, supposées indépendantes de la température. Commenter.

Constituant physicochimique	CH ₄ (g)	CO (g)	CO ₂ (g)	H ₂ O (liq)
$\Delta_f H^\circ (298\text{K})$ en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	- 74,4	- 111	- 393,5	- 285,8

3- En assimilant les bulles de méthane à des sphères, de rayon de 40 m à 273 K et 1 bar, calculer l'énergie maximale libérée par l'oxydation de la bulle. Évaluer le volume d'air nécessaire. On considère les gaz parfaits et l'air comme un mélange parfait contenant 20 % de dioxygène et du diazote.

4- En supposant la combustion complète et totale, quelle température finale obtiendrait-on à partir d'une température estivale de 27 °C ? On supposera la combustion suffisamment rapide pour supposer que le système siège de la transformation chimique évolue de manière isobare adiabatique.

La température finale est telle que l'eau est à l'état gazeux dans l'état final.

On admet que les gaz parfaits sont caractérisés par une capacité thermique molaire isobare qui vaut

$$C_p = 21 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

La capacité thermique isobare molaire de l'eau liquide vaut $C_p' = 75 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ et son enthalpie molaire de vaporisation à 100°C vaut $L_{vap} = 40,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Commenter, sachant que la température d'auto-inflammation des herbes sèches et brindilles est de l'ordre de 300 °C.