

Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir

2^{ème} partie – Exercice 2 Spé

Les clathrates de méthane inquiètent les scientifiques : leur déstabilisation pourrait engendrer une amplification du réchauffement climatique actuel. On se propose de comprendre pourquoi et comment les clathrates de méthane peuvent être un facteur de variation climatique et justifier ainsi l'inquiétude de la communauté scientifique.

Le document 1 montre que les clathrates de méthane sont des solides constitués d'une molécule gazeuse de méthane entourée de molécules d'eau. On apprend également qu'un mètre cube de ces hydrates de méthane libère 164 m^3 de méthane qui rejoint ensuite l'atmosphère.

- ⇒ On constate donc qu'à partir d'un seul mètre cube de clathrates, le volume de CH_4 gazeux libéré est très important. Or, le méthane est un gaz à effet de serre : la libération de CH_4 (méthane) gazeux vers l'atmosphère pourrait donc accélérer le réchauffement climatique actuel.

On cherche à vérifier qu'il existe bien une corrélation entre les variations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les variations de température atmosphérique.

Le document 2 montre des résultats d'analyse de carottes glaciaires provenant de plusieurs sites en Antarctique. On sait en effet que lors de la formation de la glace, des bulles d'air sont emprisonnées et l'analyse de leur composition en gaz révèle la teneur de gaz atmosphérique dans le passé. Ces mesures ont été effectuées sur de la glace âgée de 800 000 ans à l'actuel. On donne en parallèle les anomalies de température sur la même période.

Les variations de la teneur en CO_2 et en CH_4 évoluent de façon synchrone : par exemple dans les glaces d'âge récent, les teneurs en CO_2 et en CH_4 sont respectivement de 280 ppmv et 600 à 700 ppbv. Sur cette même période, l'anomalie de température enregistrée est de zéro : cette valeur sert de référence.

Par contre, lorsque les teneurs en CO_2 et en CH_4 sont plus faibles comme par exemple entre -100 000 et -20 000 ans, on observe une anomalie des températures comprise entre -4 et -8°C, ce qui suggère un climat plus froid sur cette période. A l'inverse, lors d'une augmentation de la teneur de ces gaz, on observe une augmentation de la température.

- ⇒ On en déduit qu'il existe bien une corrélation entre la teneur en CO_2 et en CH_4 atmosphérique et la température. Sachant que ces deux gaz sont à effet de serre, on comprend que toute hausse de leur teneur dans l'atmosphère induira une augmentation de la température.

On se propose de vérifier l'importance des gisements de clathrates et les conditions de leur formation.

Le document 3 explique que ces gisements sont présents essentiellement au niveau des marges continentales ainsi que des lacs. Ces gisements sont très nombreux notamment sur les côtes ouest du continent européen et est du continent nord-américain. Leur formation est liée à l'activité biologique de bactéries anaérobies qui, en transformant la matière organique, libèrent du méthane. Ce méthane, dans certaines conditions de pression et de température, est stocké sous forme de clathrate.

- ⇒ On en déduit que dans ce cas, le méthane est piégé et ne rejoint pas l'atmosphère.

Mais, ces gisements de clathrates sont stables à partir de 600 m de profondeur et pour une température de l'eau de 7°C.

- ⇒ On peut émettre l'hypothèse qu'une hausse de la température de l'eau peut déstabiliser les clathrates et libérer ainsi du méthane qui peut rejoindre ensuite l'atmosphère. En prenant en compte la répartition des gisements de clathrates, cette libération de méthane dans l'atmosphère pourrait augmenter de façon importante le réchauffement climatique.

Le document 4 est un diagramme pression-température indiquant le domaine de stabilité des clathrates, c'est-à-dire sous forme d'hydrate de méthane.

Sachant que ces gisements sont stables à partir de 600 m (donc soumis à une pression de 60 atm), la température pour laquelle ils sont stables est de 7°C. Mais, à cette même profondeur, une augmentation de 1°C déstabilise les clathrates et ces derniers libèrent de l'eau et du méthane gazeux.

- ⇒ On en déduit qu'une hausse de la température des eaux océaniques peut déstabiliser les gisements de clathrates et libérer de grande quantité de méthane qui passe ensuite dans l'atmosphère.

On se propose alors d'estimer les risques futurs d'un tel scénario.

Le document 5 montre différents scénarios de l'évolution du climat en supposant une augmentation de la température globale par rapport à l'année 2000. On précise également que les températures océaniques sont étroitement liées aux températures atmosphériques : « une augmentation de la température atmosphérique se traduit pas une augmentation de la température des eaux après un certain délai ».

Quatre simulations sont proposées :

- La première simulation est effectuée en estimant que les concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre se maintiennent. Par rapport à l'an 2000, en 2100 on peut s'attendre à une augmentation de la température moyenne globale en surface de 0,4°C.
- ⇒ On en déduit que dans ce scénario, cette augmentation de la température atmosphérique pourrait ne pas avoir d'incidence suffisante sur la température des eaux océaniques et engendré ainsi une déstabilisation des clathrates.
- Les trois stimulations suivantes sont effectuées en tenant compte cette fois d'une augmentation de la température atmosphérique de 1°C, 2°C et de presque 4°C pour le 4^{ème} scénario.
- ⇒ On en déduit que si la température augmente effectivement à ce rythme jusqu'en 2100, il y a alors de plus en plus de risque de déstabilisation des clathrates.

Synthèse :

Les gisements de clathrates sont stables dans des certaines conditions de pression et de température. A 600 m de profondeur au niveau des marges continentales et à une température de 7°C, ils sont stables (doc.3 et 4). Cependant, une hausse de 1°C de la température des eaux suffit à déstabiliser ces gisements (doc.4). Dans ce cas, les clathrates composés de méthane emprisonné dans des molécules d'eau libèrent du méthane gazeux (doc.1). Si on prend en compte les scénarios prévoyant une hausse de température de surface entre 1 à 4°C (doc.5), il y a un fort risque d'augmentation de la température des eaux océaniques entraînant alors la déstabilisation des clathrates. Or, cette déstabilisation libère une grande quantité de méthane (doc.1) et en tenant compte de la répartition et de l'importance des gisements de clathrates dans le monde (doc.3), le passage de ce méthane dans l'atmosphère peut amplifier le réchauffement climatique en augmentant la température (doc.2). Le méthane étant un gaz à effet de serre, il piège le rayonnement infra-rouge émis par la Terre ce qui contribue au réchauffement de l'atmosphère. Les scientifiques peuvent effectivement très raisonnablement s'inquiéter sachant que ces clathrates contiennent une quantité importante de carbone en comparaison des gisements de gaz naturel, de pétrole et de charbon.