

Arctique : ça sent le gaz !

le fond de l'océan et les pergélisols, libèrent à un rythme plus élevé que ne l'avaient pensé les experts, du gaz carbonique et surtout du méthane.

Pierre Cochonat - UIAB 5 oct. 2017



Arctique : ça sent le gaz !

- **Le méthane**

- Origine /répartition / quantité
- Le pergélisol (permafrost)
- Des glaçons qui brûlent : les hydrates de méthane



- **Les enjeux liés au méthane**

(hydrates et pergélisol)

- Risques naturels / ressources énergétiques
- Le climat
 - Évolution du climat au quaternaire
 - Évolution future (GIEC) / amplification Arctique



- **Le cas emblématique de l'ARCTIQUE**

- Fuites de méthane (permafrost / hydrates)
- Le rôle des bactéries
- Zones à risques pour le relargage de méthane
- Enjeux géopolitiques



la “bombe méthane”

LE METHANE

DEUX ORIGINES

- Biogénique
- Thermogénique

REPARTITION

Gelé dans le pergélisol

zones où la T° moy. annuelle est de -10° C., possible sur plusieurs centaines de m de profondeur.

Sous forme solide (hydrates)

plusieurs centaines de m d'épaisseur à partir du fond de l'océan, vers 400 – 500m m de profondeur d'eau, donc sur la pente continentale

Le gaz naturel (méthane sous forme gazeuse)

piégé dans des réservoirs (hydrocarbures, gaz de schiste, charbon...) sous couverture qui bloque la migration du méthane profond

Sources des émissions de méthane pour la décennie 2000-2009

- Agriculture (riz, animaux...) et aux déchets: 187–224 millions de tonnes (Mt) dont 87 à 94 Mt pour les ruminants.
- Carburants fossiles (dont pertes fugitives) 85–105 Mt.
- Biomasse et combustion de biocarburant : 32–39 Mt.
- Emissions des marécages : 177–284 Mt.
- Autres émissions naturelles (flux géologiques, termites...) : 61–200 Mt.

Source: GIEC.

LE METHANE

QUANTITE (stockée)

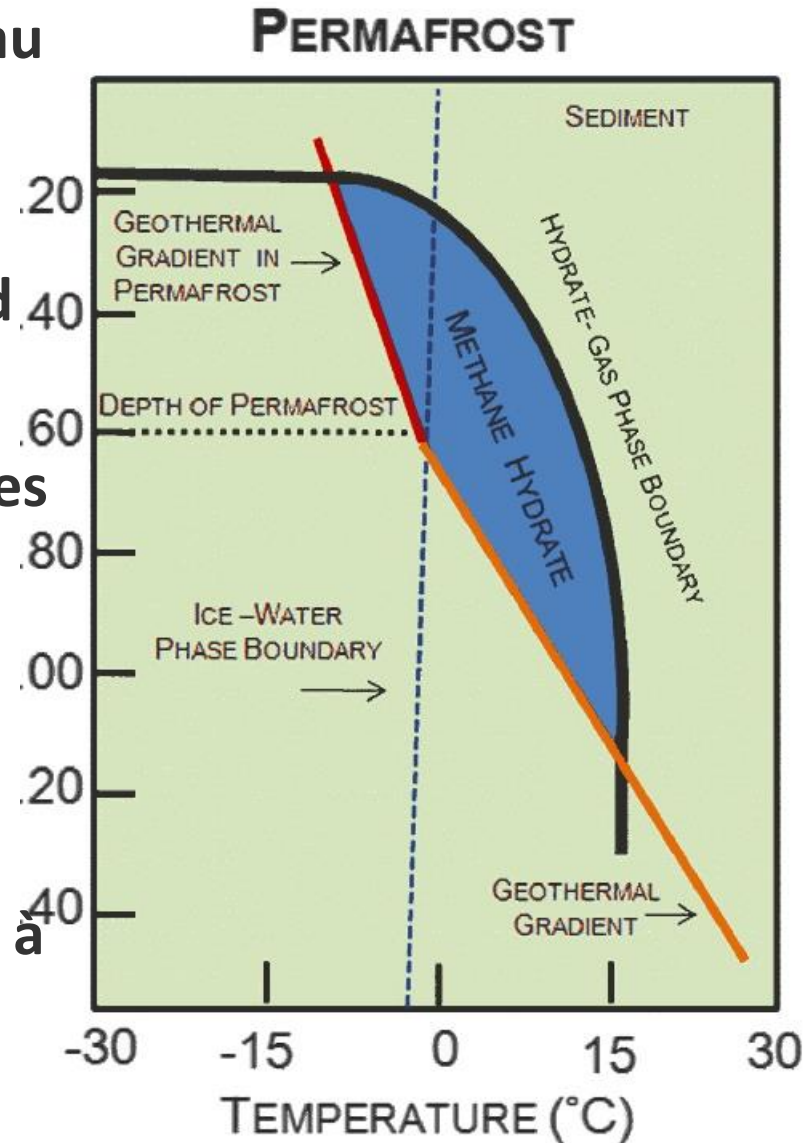
(estimation approximative, voire spéculation = valse des chiffres en tonnes de carbone, tonnes de méthane, volume de gaz méthane)

- En volume : la quantité de méthane dans le réservoir océanique (d'hydrates) serait comprise entre 1 et 5 millions de milliards de m³ (soit entre 0,5 et 2,5 ×10¹² tonnes de carbone) (*wikipedia*)
- Par comparaison, les réserves mondiales connues de gaz naturel seraient de 187 100 milliards de m³ (<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reserves-de-gaz-dans-le-monde>)

En volume le méthane stocké dans les hydrates de gaz (ressource non conventionnelle) représenterait 15 à 150 fois les réserves prouvées de gaz naturel conventionnel

PERGELISOL (*PERMAFROST*)

- Partie d'un sol gelé en permanence, au moins pendant deux ans,
- Environ 25 % des terres de l'hémisphère Nord (Amérique du Nord ... Sibérie)
- Épaisseur de 20m à plusieurs centaines de m.
- Age 7,5 Ma (miocène)
- D'ici à la fin du siècle, les zones couvertes par le pergélisol pourraient diminuer de 30 % (scenario optimiste) à 70 % (scenario pessimiste) (selon niveau du réchauffement)



PERGELISOL (*PERMAFROST*)



Deformation of military camp facilities, Russian Siberia

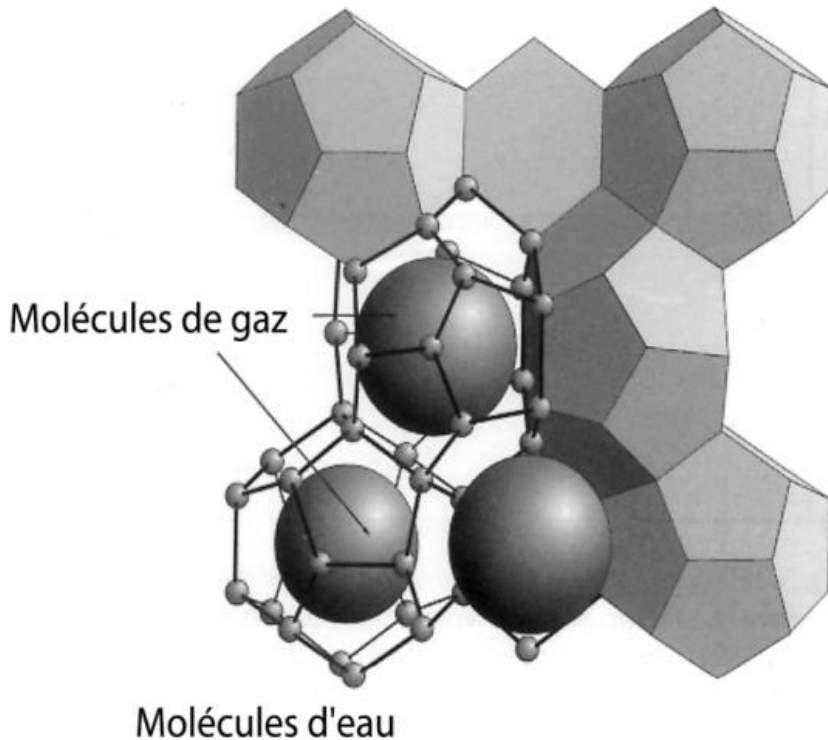
Des glaçons au fond des mers ? qui peuvent brûler !



LES HYDRATES DE GAZ

HYDRATES DE GAZ

Molécules de gaz
« encapsulées » :
Méthane (99%),
Ethane, CO_2 , H_2S



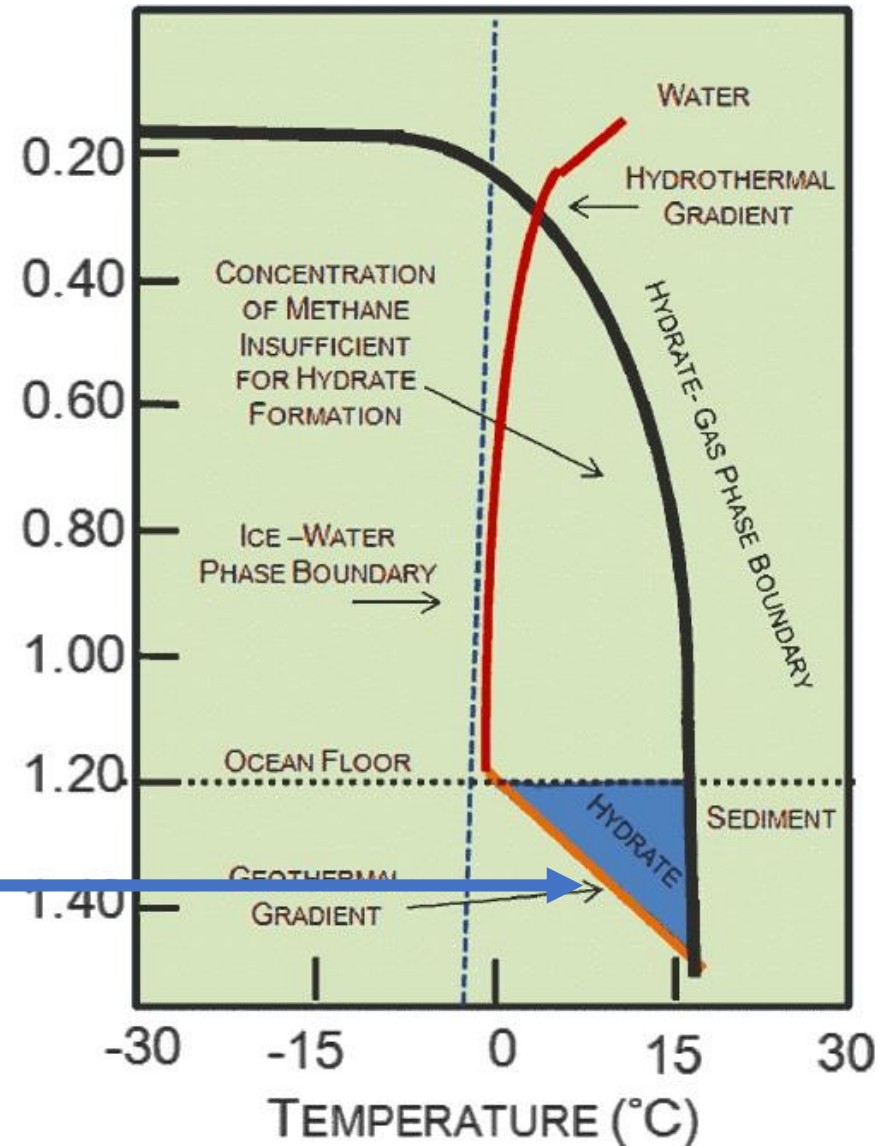
L'hydrate de méthane est constitué de molécules de méthane (CH_4), entourées par un réseau de molécules d'eau (H_2O) disposées en cage, d'où le nom de clathrates (du latin *clathrus*, encapsulé), aussi donné aux hydrates.

**1 vol. hydrate =
164 vol. gaz libre + eau**

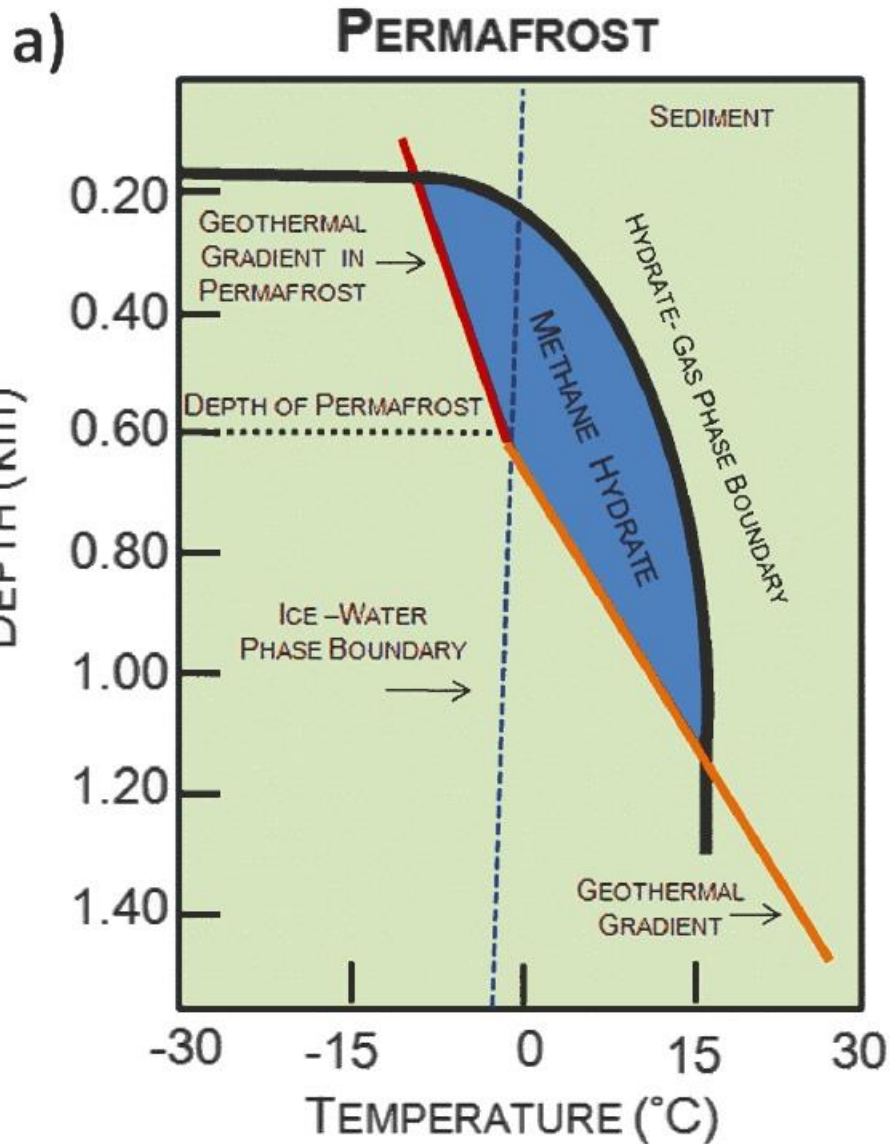
CONDITIONS de FORMATION des HYDRATES DE GAZ

b)

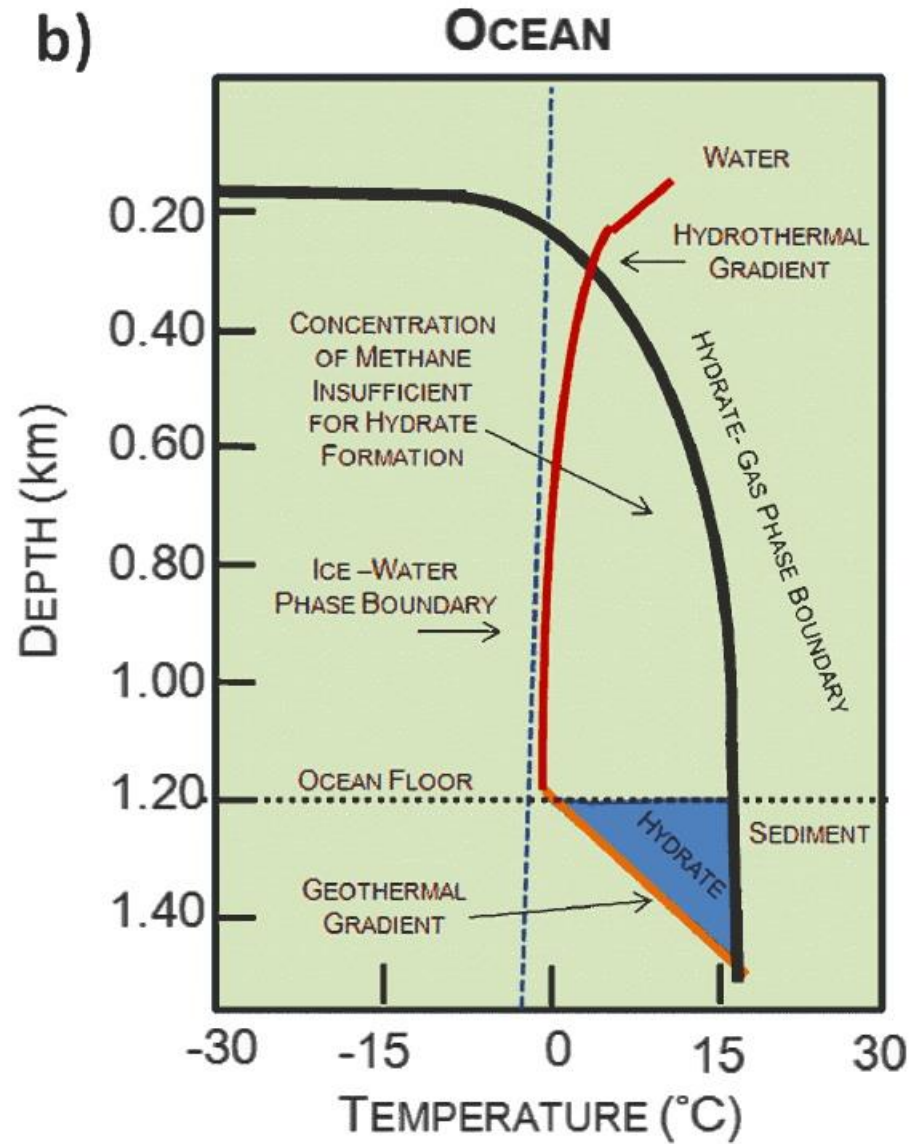
OCEAN



Hydrates de gaz dans le sédiment

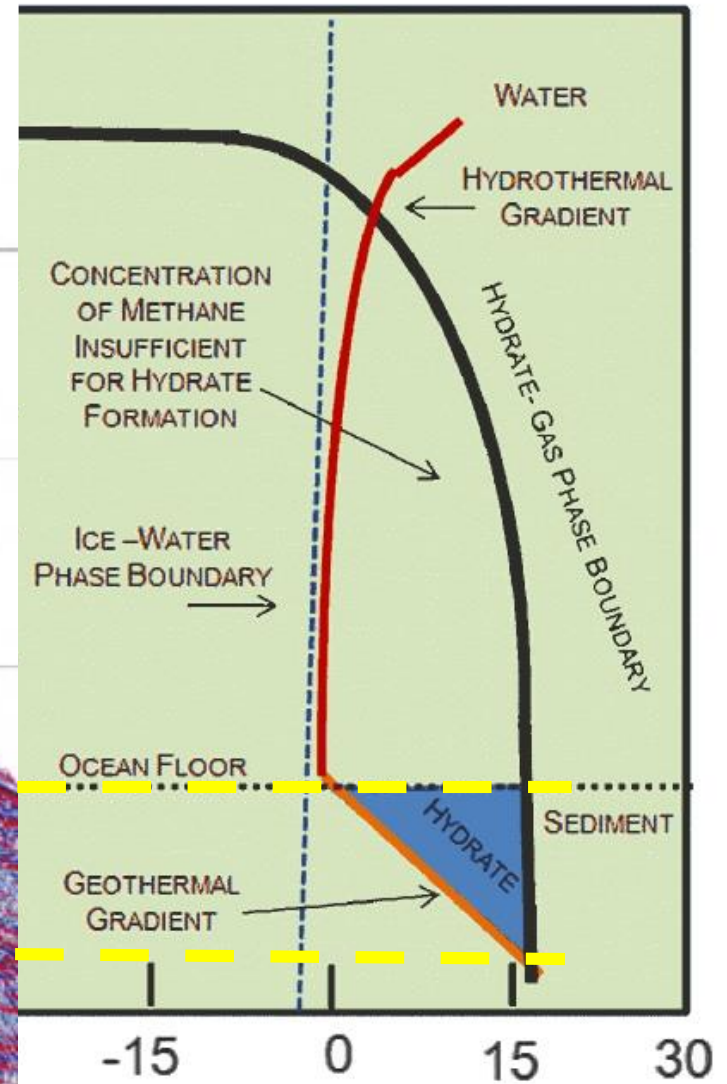
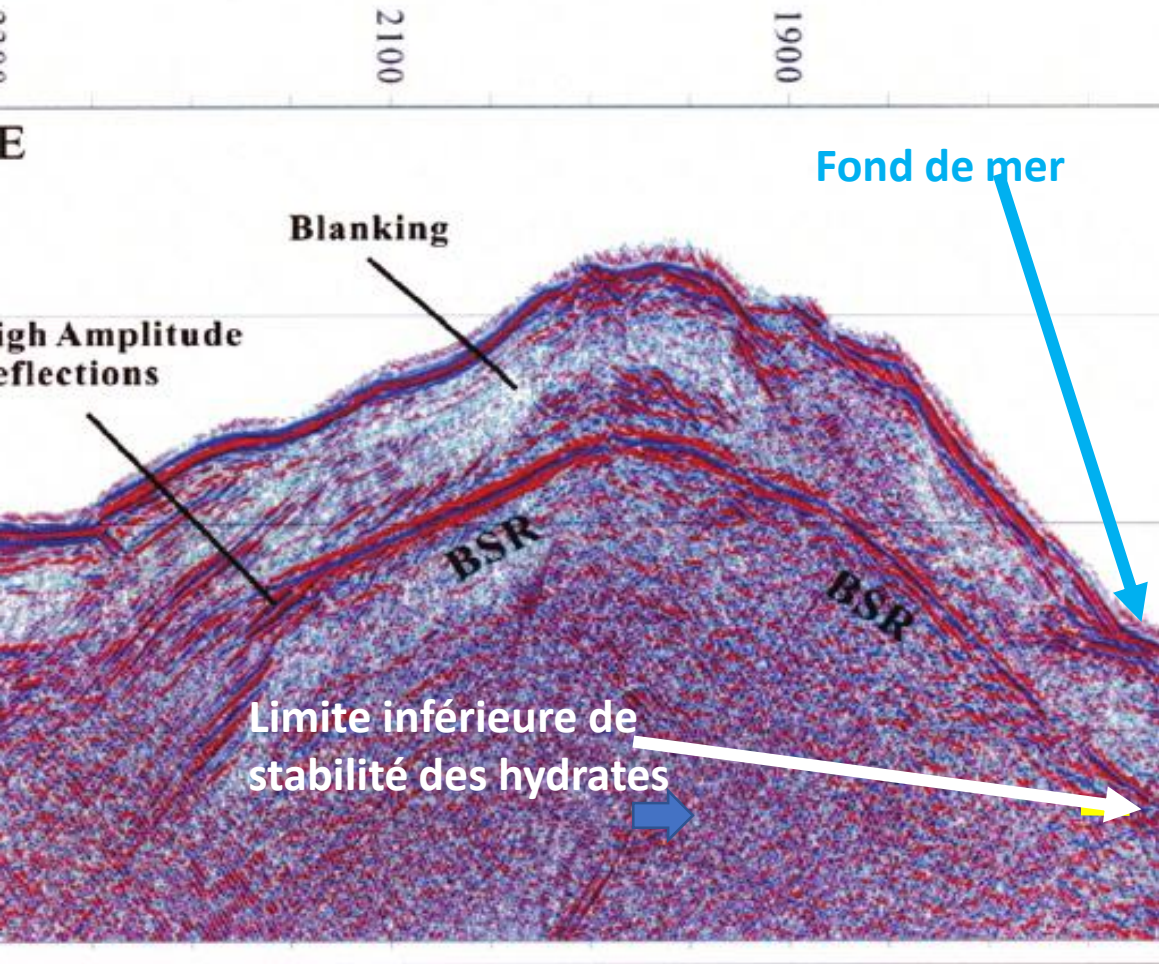


Milieu terrestre



Milieu océanique

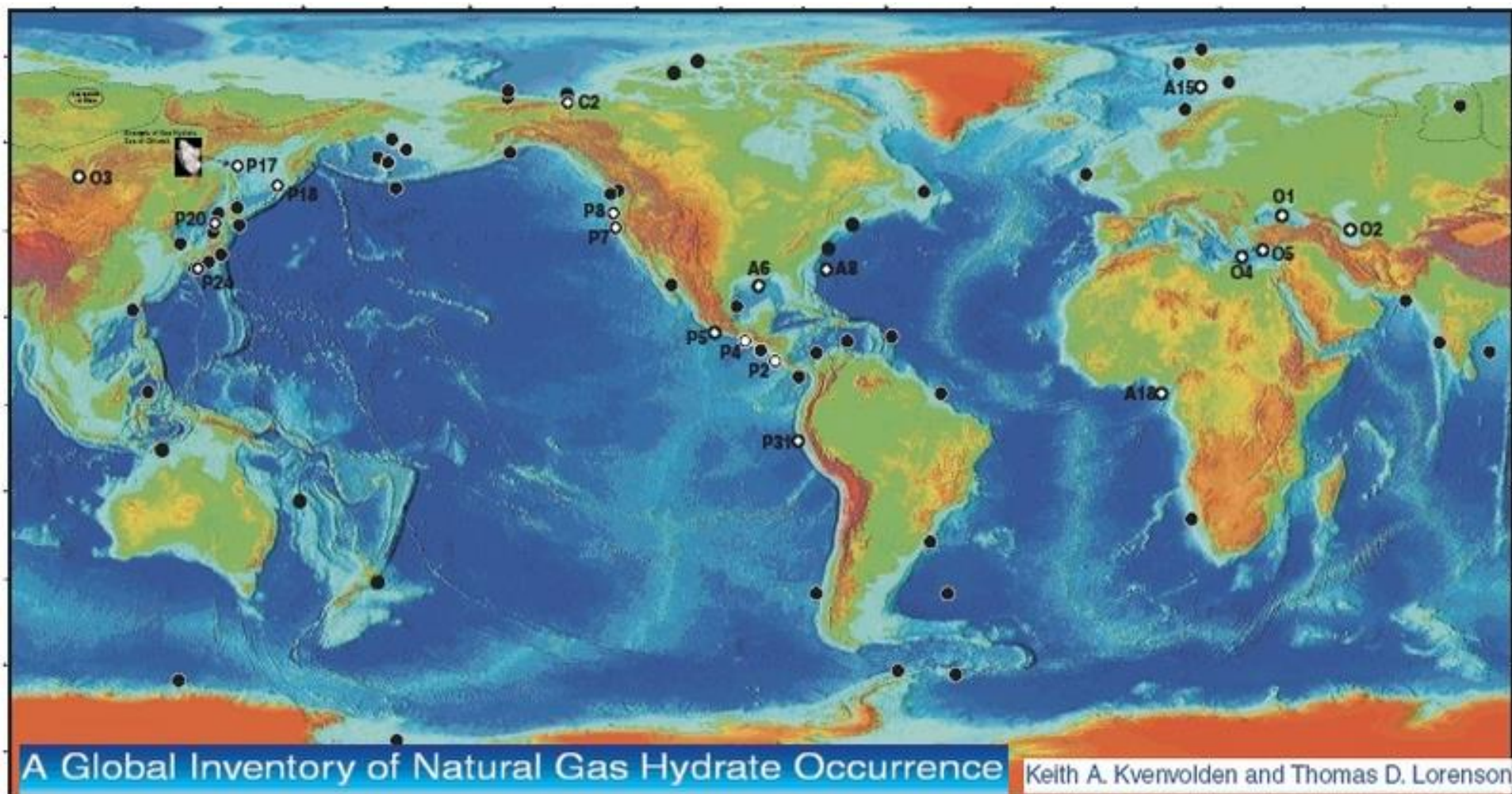
https://www.france-science.org/IMG/images_archives_be/70057_03_01.jpg



Signature géophysique

Hydrates de gaz

Présence sur les marges continentales

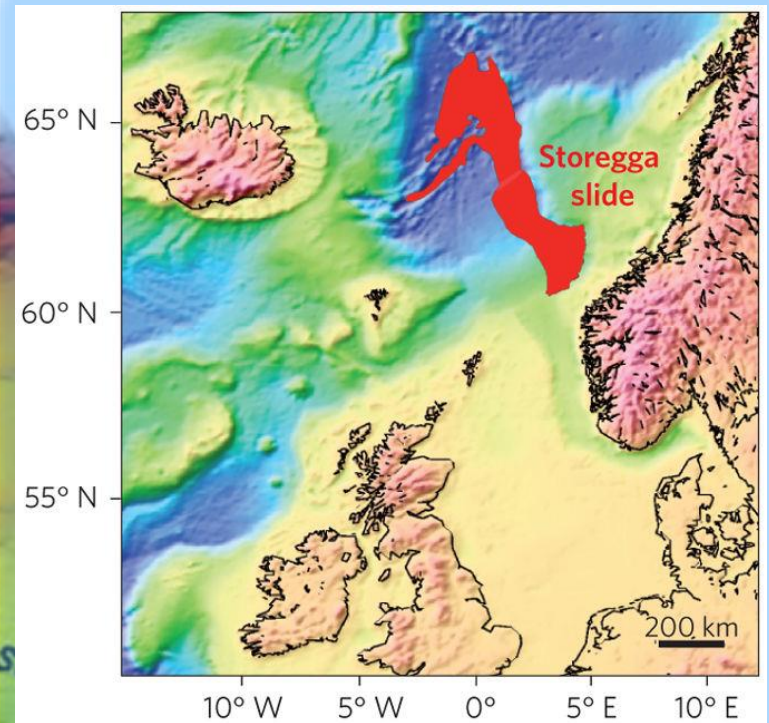
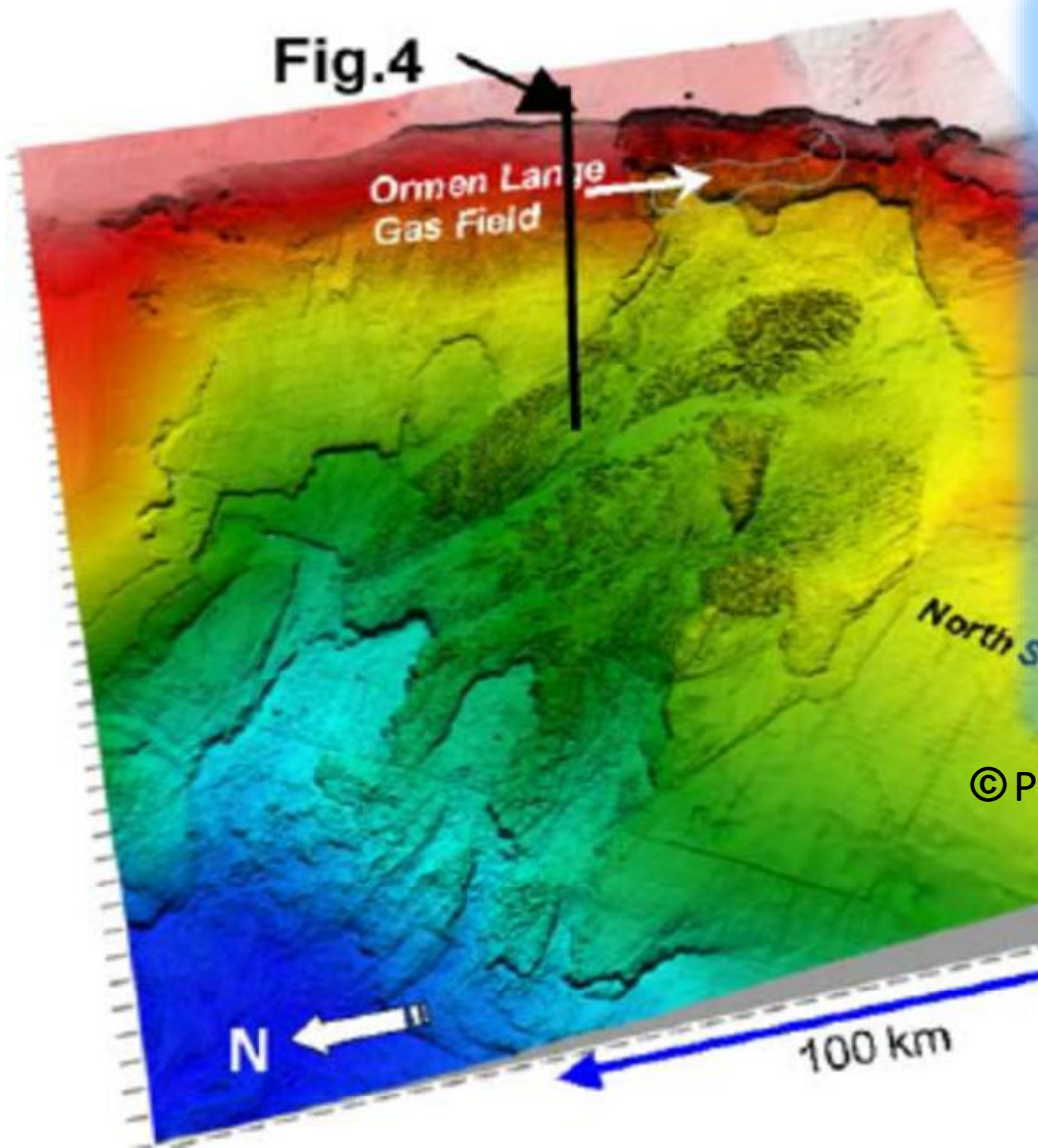


Enjeux liés au méthane

- **Risques naturels / ressources énergétiques**
(pour mémoire)
 - **Le climat**
Évolution passée du climat au quaternaire
Évolution future (GIEC)
Amplification Arctique

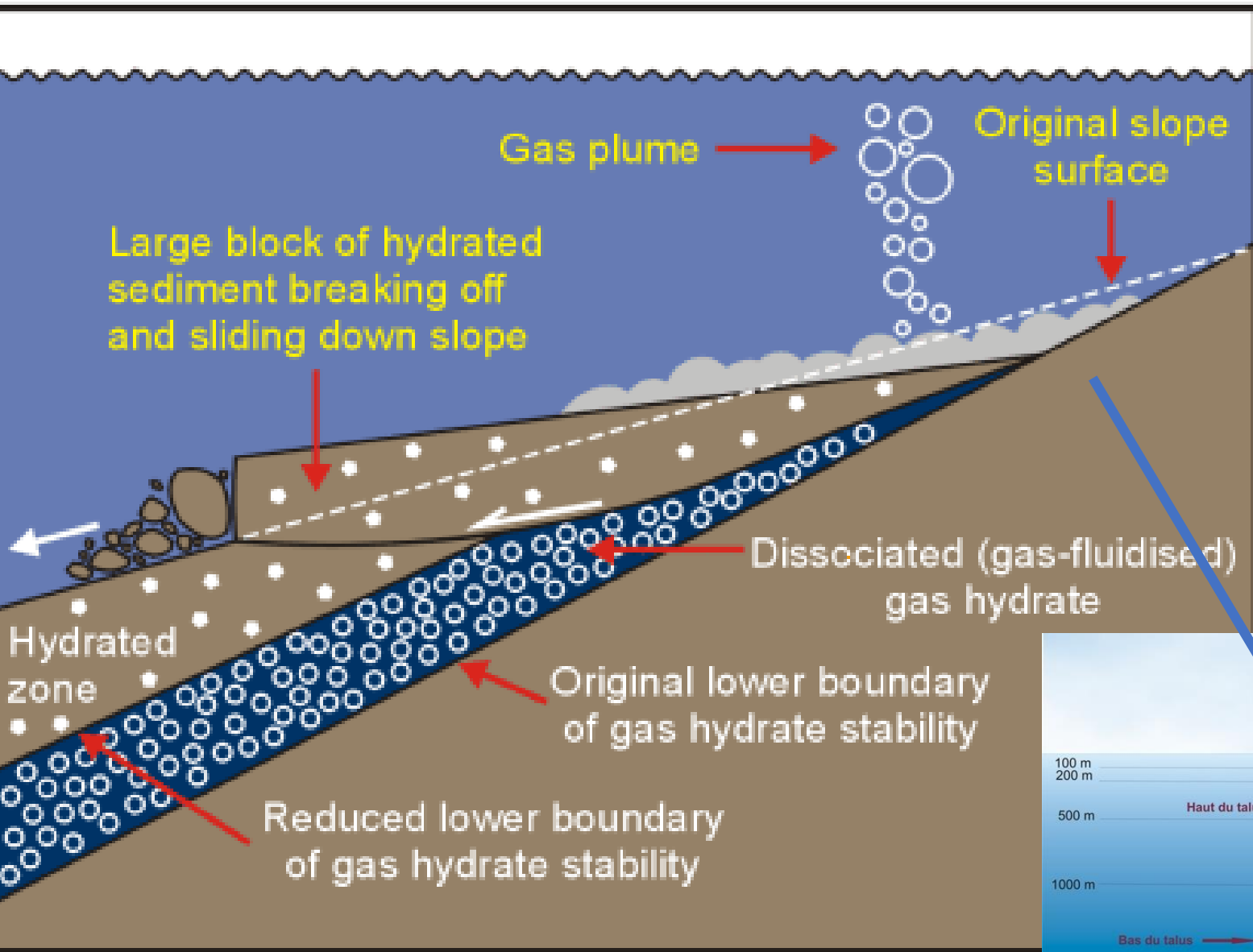
DISSOCIATION DES H.G. et GLISSEMENTS

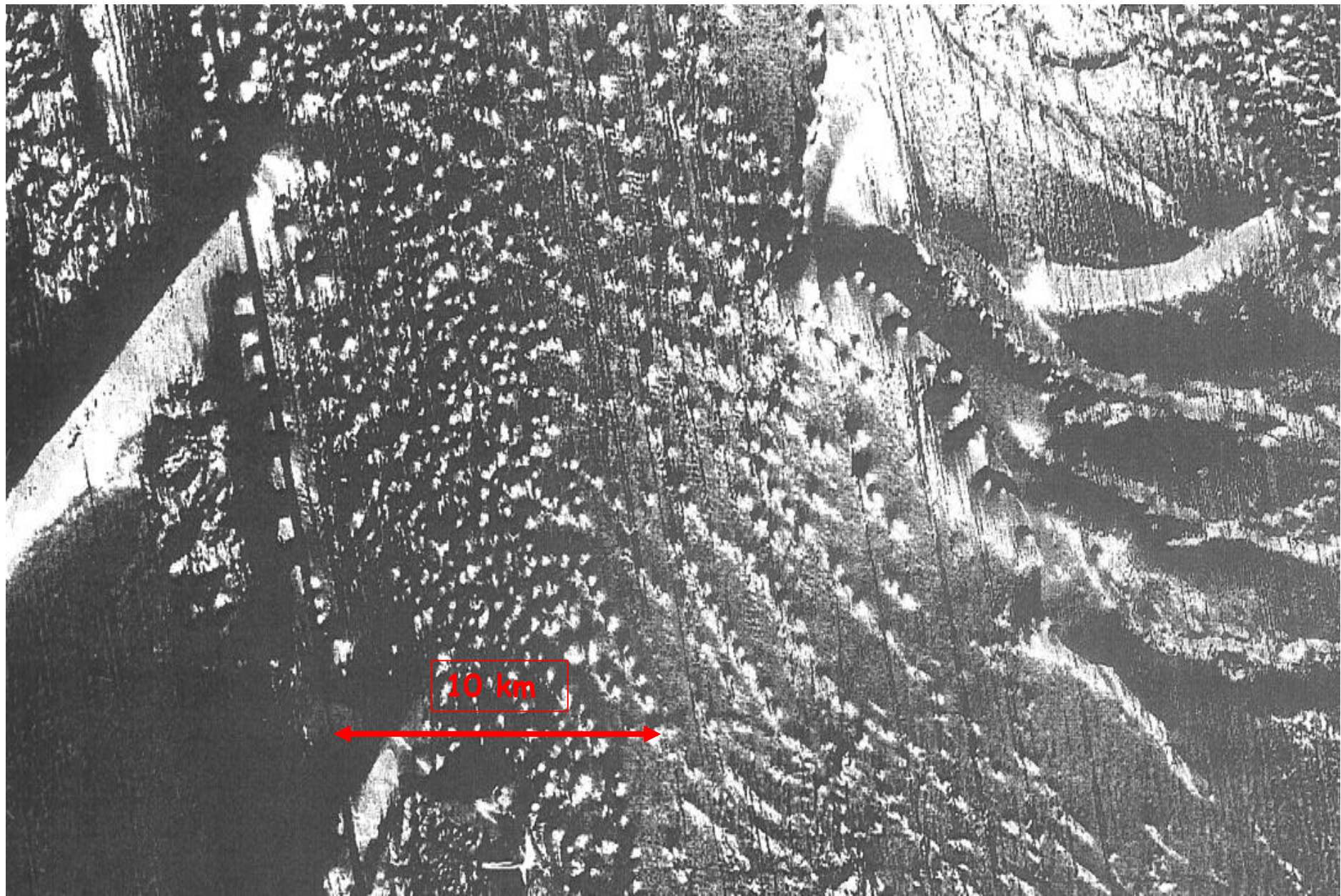
Cas emblématique du glissement de STOREGGA (marge norvégienne)



© P Bryn - 2005

DISSOCIATION DES H.G. et GLISSEMENTS

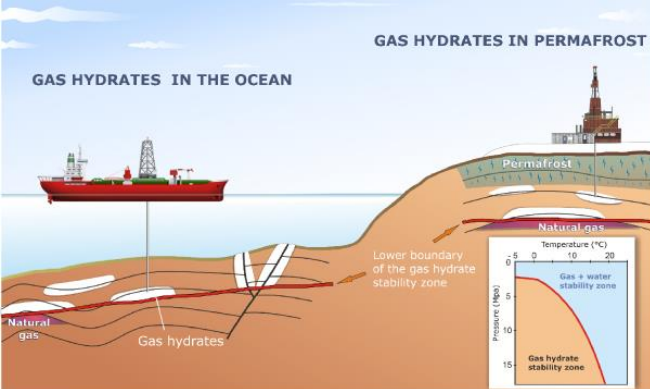




Dépressions circulaires = expulsion de fluide (les pockmarks)

A close-up photograph of a Nautilite robotic gripper, a specialized tool used in deep-sea research. The gripper is dark and metallic, with a white, porous, crystalline hydrate sample held between its jaws. The background is a dark, deep-sea environment with visible biological structures, including yellowish-brown shells and white, branching organisms. The lighting is focused on the gripper and the sample, highlighting the texture of the hydrate.

Sortie de fluide active
Le méthane qui s'échappe
se transforme instantanément en hydrates
dans la pince du Nautilite



Exploitation des hydrates de méthane

(des essais réalisés à terre et en mer)

• Différents essais

- de 1970 à 1978 le champ de gaz Messoyakha, en Sibérie occidentale sous le pergélisol
- en 2007-2008 Champ de Mallik (Alaska) : un test de production pendant six jours production cumulée de 13 000 m³
- en 2011 – 2012, puits Ignik en Alaska. Le puits a débité près de 28 000 m³ de gaz en 30 jours,

• Mais en le Japon et la Chine se réveillent

- fosse de Nankai (SE Japon) mars 2013, JOGMEC réalise un test de production de méthane par dépressurisation, avec succès par 1 000 m de profondeur d'eau à 330 m en sous-sol (commercialisation était envisagée en 2018 ??? / pour 1 siècle de consommation japonaise)

Exploitation des hydrates de méthane source de prétentions territoriales et de conflits ?

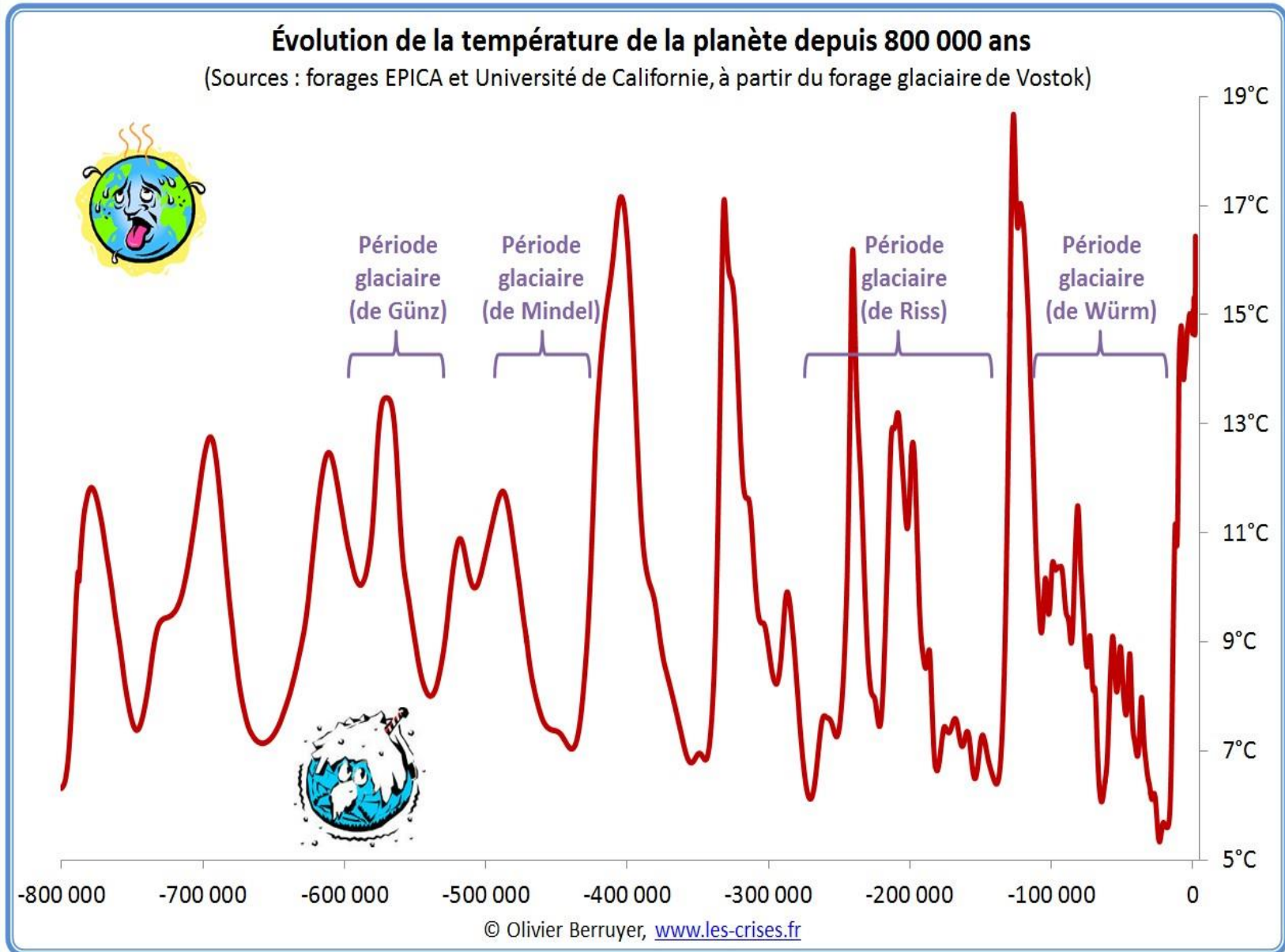


- En 2017, Pékin a annoncé une « avancée historique » suite à des forages réussis en mer de Chine méridionale : la Chine a extrait en 6 semaines plus de 235 000 m³ d'hydrates de méthane depuis les eaux situées à environ 300 km au sud-est de la ville de Zhuhai selon les autorités géologiques nationales.
- Les experts chinois estiment que cette « glace combustible » pourrait devenir une source d'énergie rentable « autour de 2030 ».

L'enjeu climat

En préambule : l'évolution du climat au quaternaire

Évolution du climat au quaternaire (cycles glaciaires / interglaciaires)

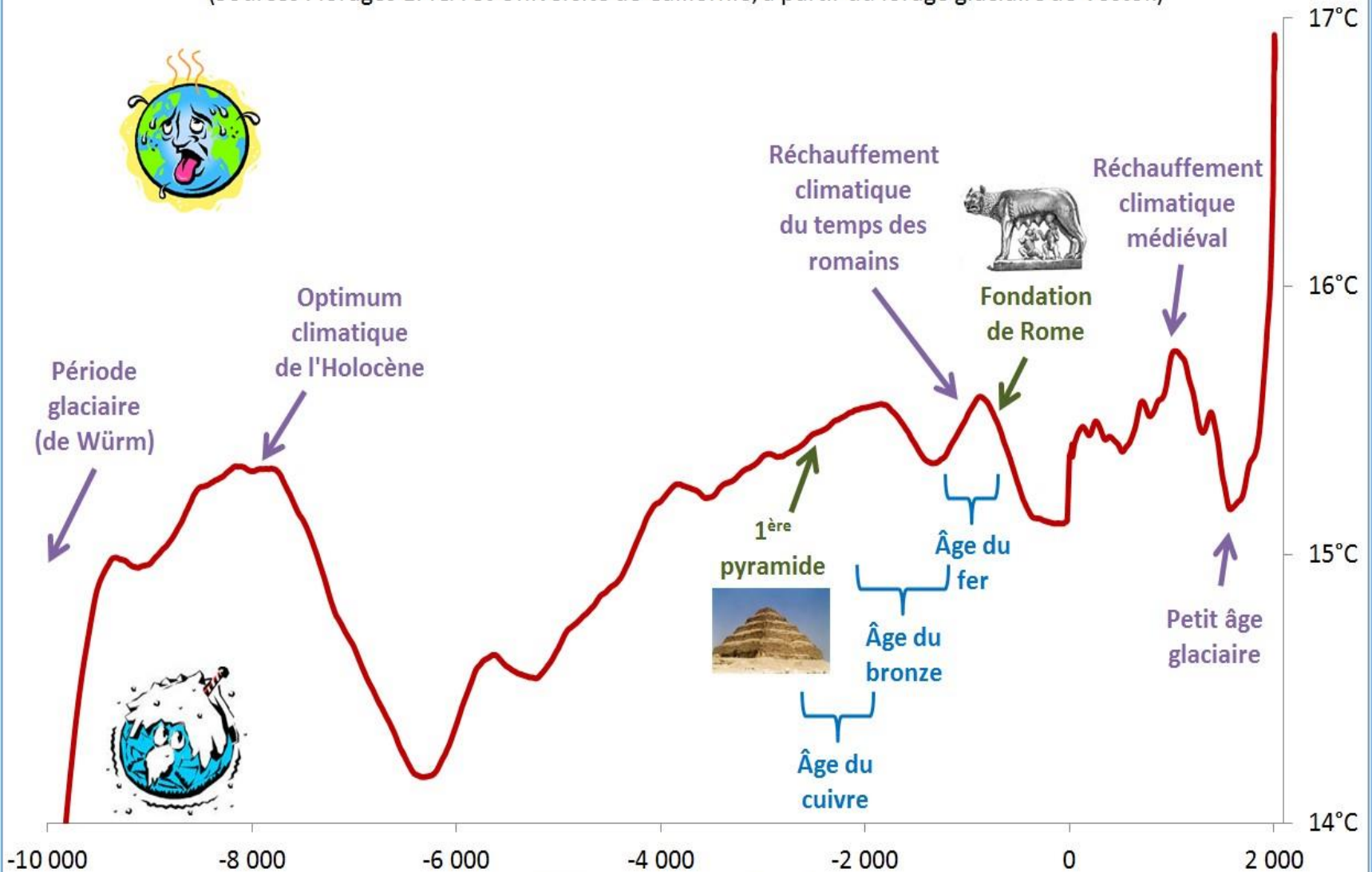


<https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/>

La température depuis 10000 ans:

Évolution de la température de la planète depuis 12 000 ans

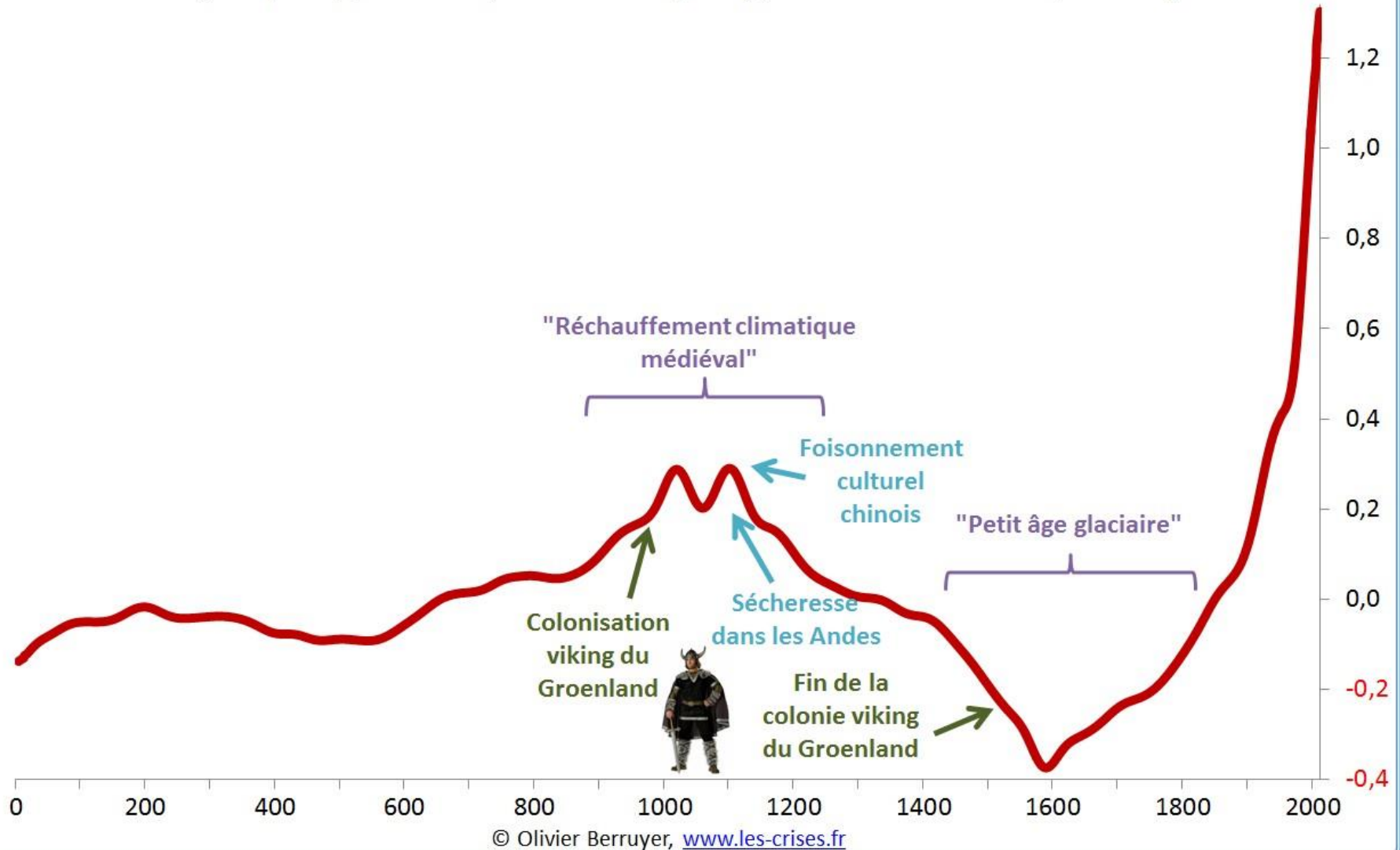
(Sources : forages EPICA et Université de Californie, à partir du forage glaciaire de Vostok)



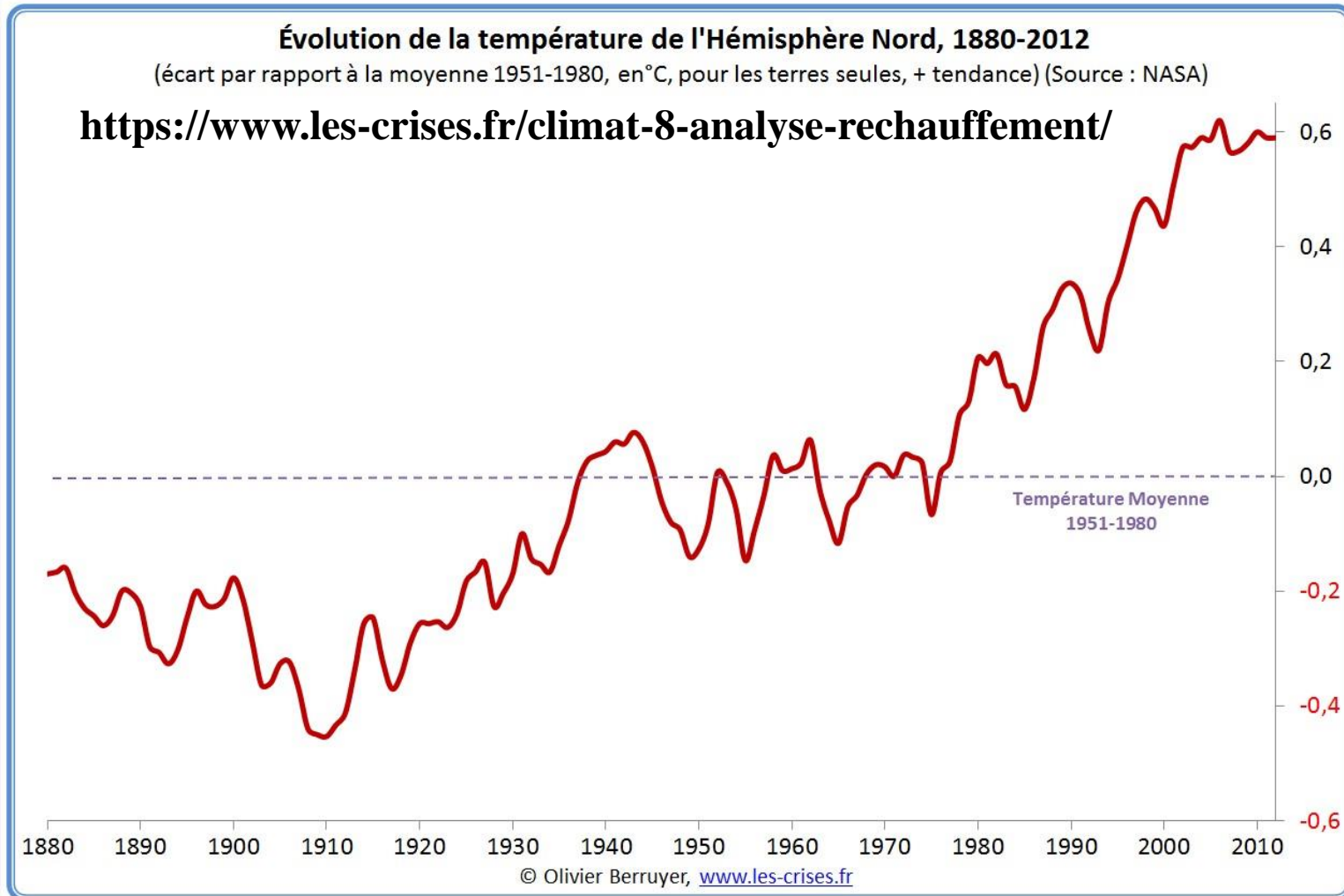
© Olivier Berruyer, www.les-crises.fr

La température depuis 2000 ans:

Évolution de la température de l'Hémisphère Nord depuis 2 000 ans
(écart par rapport à la moyenne 1000-2000, en °C) (Sources : Sonechkin et al. puis NASA)



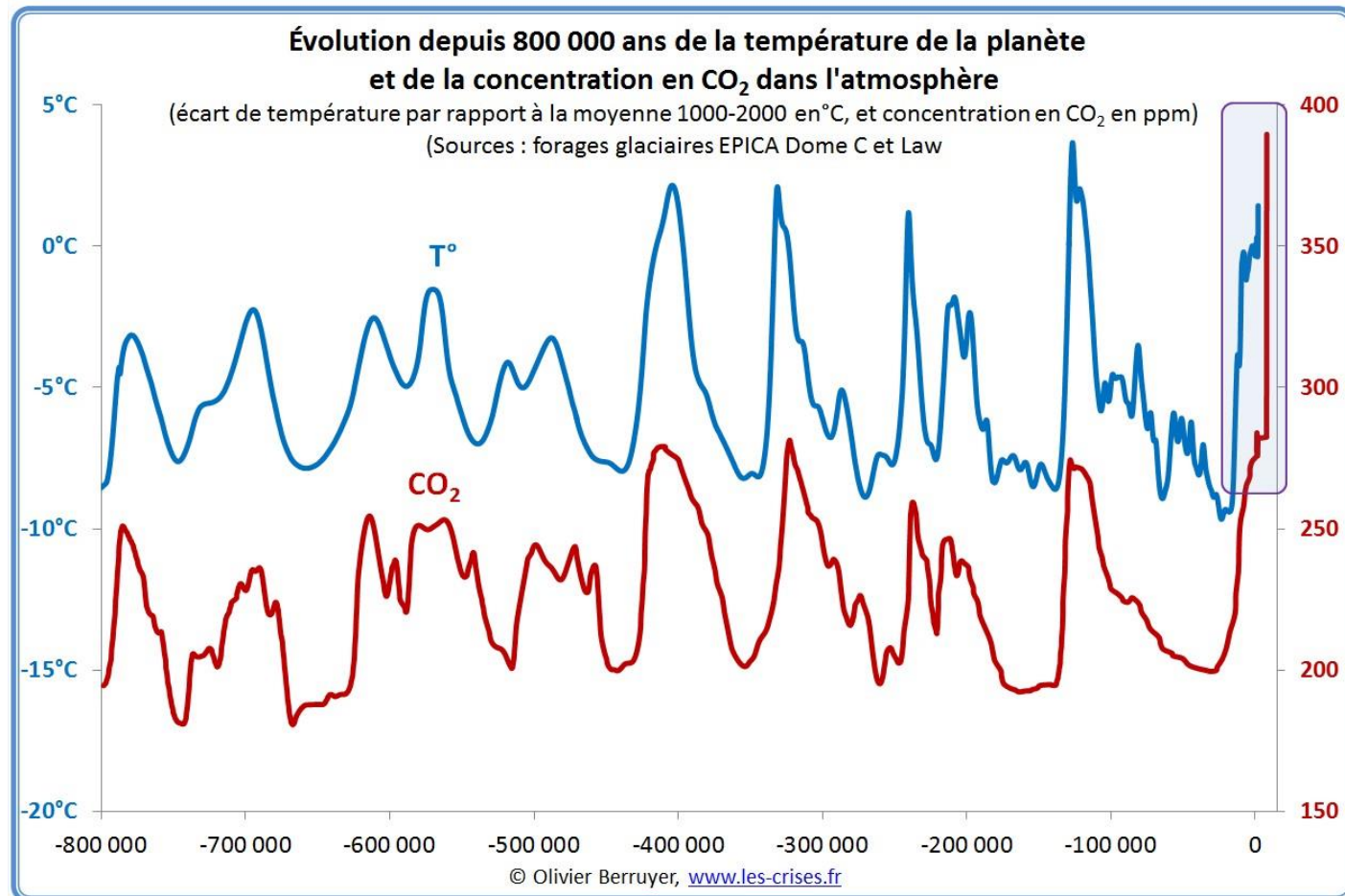
La température depuis 1880 :



- **Le réchauffement observé durant les 30 dernières années s'observait dans le passé plutôt sur 1 500 à 3 000 années !**
- **Bref, le réchauffement actuel est 50 à 100 fois plus rapide que les phases précédentes de réchauffement !!!!**

Pour rappel, l'évidence de la corrélation CO₂ et réchauffement:

<https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/>



L'enjeu climat

Prévisions (scenarios du GIEC)

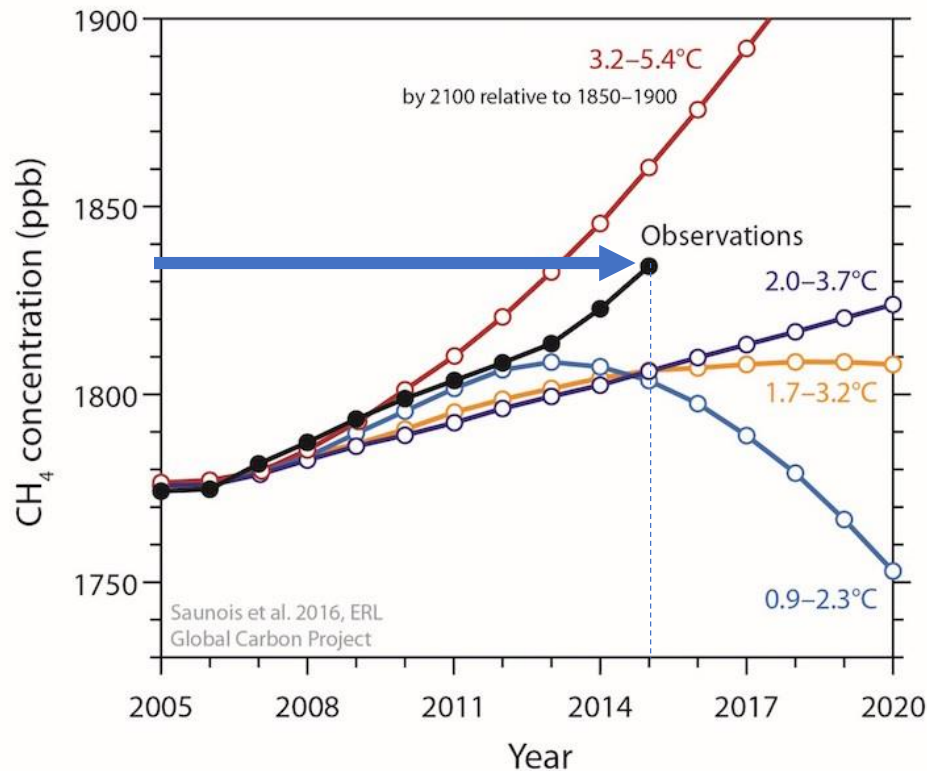
GIEC (Groupement intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)

Après le passé, le futur !



Les scientifiques s'alarment, le méthane, deuxième gaz à effet de serre après le CO₂, augmente à toute vitesse dans l'atmosphère.

La concentration de méthane dans l'atmosphère est actuellement plus de 2,5 fois plus importante qu'en 1750, avec 1.842 ppb (parties par milliards) en 2016. »



2015 : 1,842 ppb, nous suivons le pire scénario du GIEC qui prévoit une augmentation de 3,3°C à 5,5°C d'ici 2100

Evolution de concentration de méthane dans l'atmosphère, comparée aux scénarios de réchauffement

<https://reporterre.net/La-hausse-rapide-du-methane-alarme-les-climatologues>
(9mai 2017)

Vous aimez le CO2...

Vous allez adorer le CH4 !

<http://dr-petrole-mr-carbone.com/co2-ch4/> Publié le [5 novembre 2013](#) par [Vincent Rondreux](#)

- Le GIEC a intégré les émissions de méthane dans son dernier rapport, mais les boucles de rétroactions* possibles ne sont à ce jour pas prises en compte dans les différents scénarios. (**Rétroaction : processus initial provoque, dans un second processus, des changements qui influent à leur tour sur le processus initial*). Problème crucial en Arctique !
- A quantité égale, le méthane est un gaz à effet de serre considéré comme de 25 à 32 fois plus puissant que le CO2 sur une échelle de temps d'un siècle (potentiel de réchauffement global)
- Si les scientifiques prenaient une échelle de 10 à 20 ans pour évaluer la part de chaque gaz à effet de serre dans nos émissions, alors le méthane serait grosso modo au même niveau que le dioxyde de carbone.

Quantité de méthane qui pourrait s'échapper du pergélisol et des hydrates (fortes incertitudes !)

- Une (étude menée par l'Univ. D'Alaska, Nature Geoscience 2016) estime ainsi que depuis 60 ans, ce sont entre 200 millions et 2.5 milliards de tonnes de méthane !!!! qui se sont échappées des sols gelés de la région pan-arctique.

(alors que 1400 milliards de tonnes seraient stockées dans l'Arctique)

- Les modèles de prévision tablent à l'heure actuelle sur un rythme 100 à 900 fois plus rapide de la fonte du pergélisol dans les 100 prochaines années.

(Pour mémoire : -55 M. A. l'injection de méthane dans l'océan et l'atmosphère aurait entraîné l'augmentation de le t° du fond des océans d'environ 4 ° en 10000ans)

LE METHANE FAIT LE BUZZ SUR INTERNET !

Climat : la "bombe méthane" est sur le point d'exploser (Janvier 2017)

<https://e-rse.net/climat-bombe-methane-rechauffement-climatique-23394/#gs.G14rnBE>

Mr Pétrole & Mr Carbone
Blog de SortirDuPetrole.com
Réchauffement: la puissance du méthane revue à la hausse
(26 juin 2017)

La hausse rapide du méthane alarme les climatologues

<https://reporterre.net/La-hausse-rapide-du-methane-alarme-les-climatologues>
(9 mai 2017)



Le blog de ottolienthal
"Thomme est de glace aux vérités, et de feu pour les mensonges" La Fontaine

Accueil Contact

méthane, la menace du futur..

Publié le 19 juillet 2017 par ottolienthal

[Vidéo] En Sibérie, l'explosion d'une bulle de...
Un éleveur de rennes en Sibérie a assisté à l'explosion d'une bulle de méthane créant un cratère de 20 mètres de profondeur (l'équivalent d'un immeuble de sept étages) et de 8 mètres de...

<http://www.novethic.fr/empreinte-terre/climat/isr...>

Choisir sa pub
Over blog
Site de blog

Suivez-moi

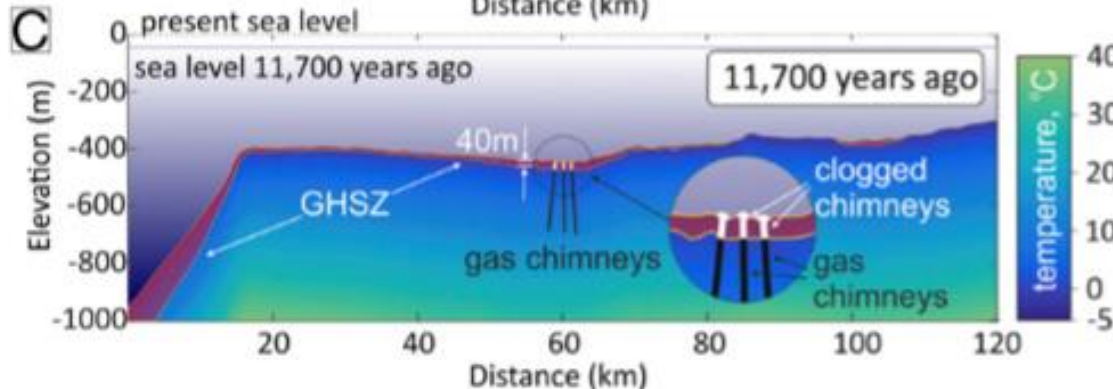
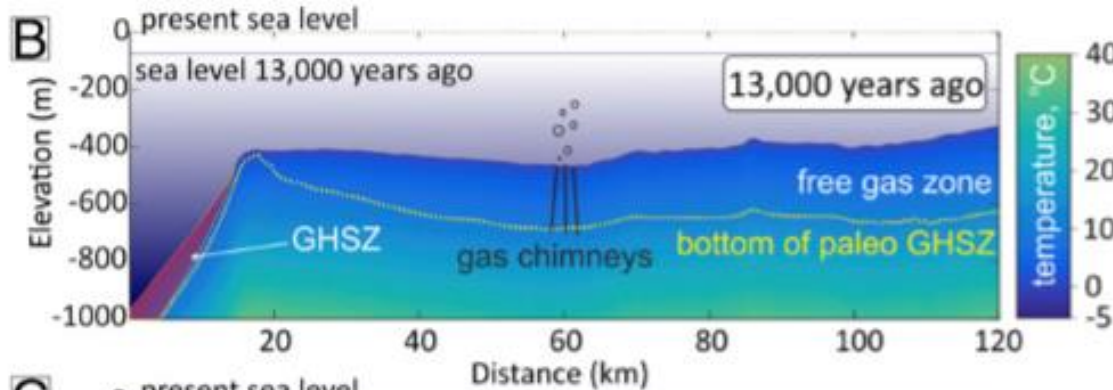
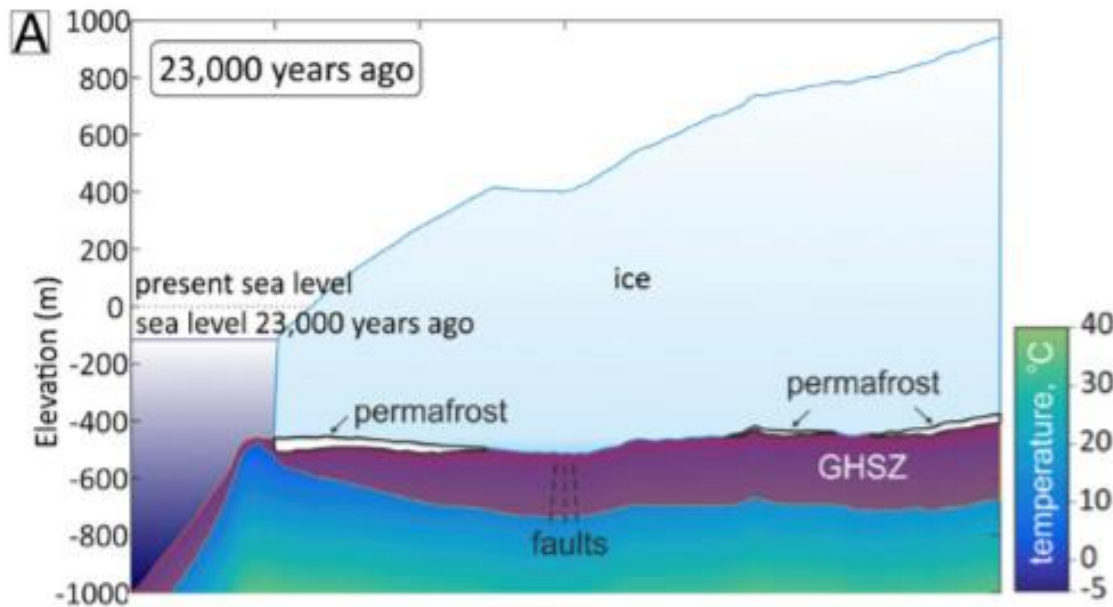
Le cas emblématique de l'Arctique

A terre 7000 bulles seraient prête à exploser ???

Cercle vicieux : l'emballement climatique

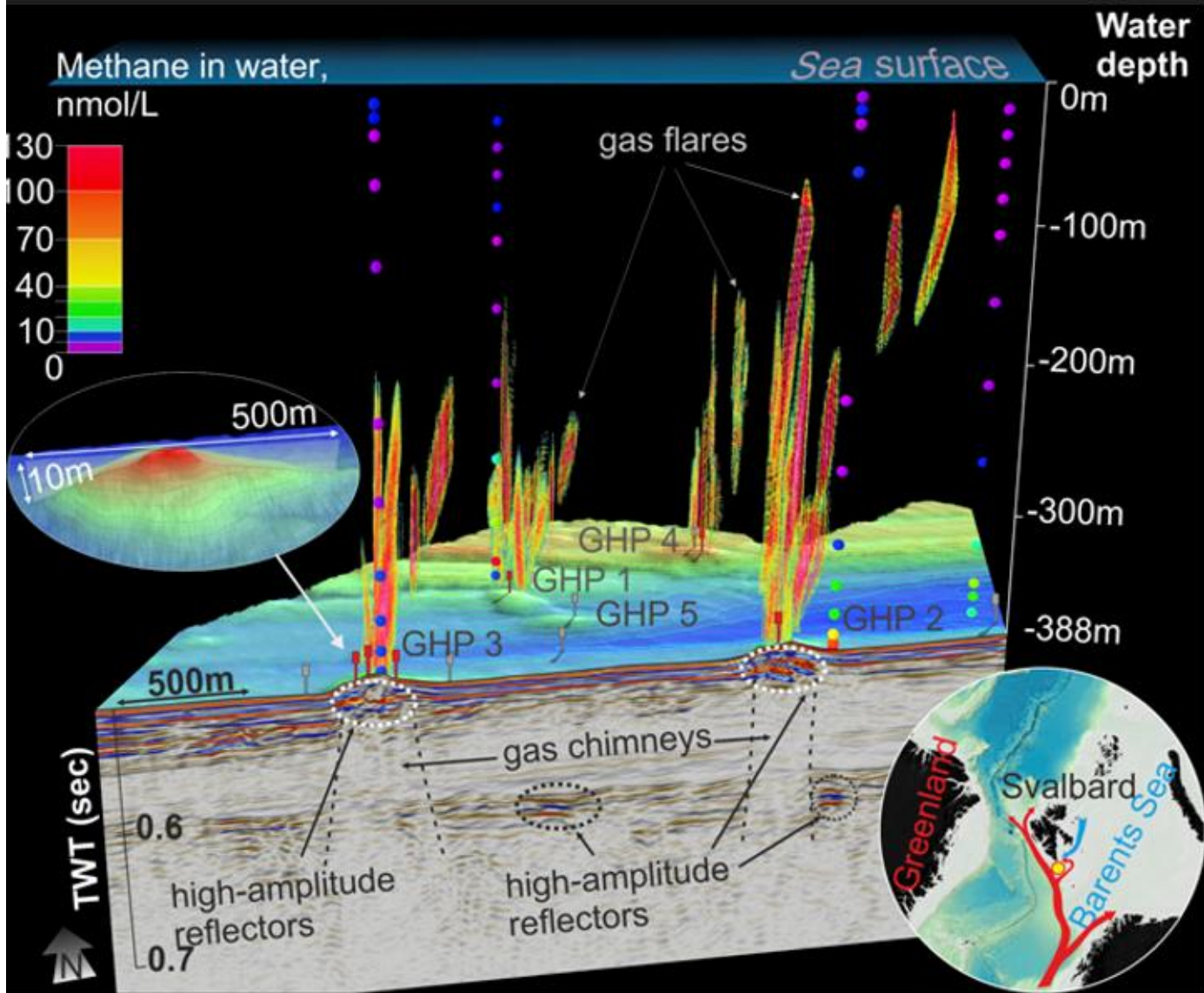


Evolution de la stabilité des hydrates lors des changements climatiques tardiglaciaires



(Pavel Serovet al. (2017) Postglacial response of Arctic Ocean gas hydrates to climatic amelioration. PNAS 2017 114: 6215-6220.

www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1619288114



A la recherche des bulles de méthane

L'acoustique pour détecter les bulles de méthane

(Pavel Serovet al. (2017) **Postglacial response of Arctic Ocean gas hydrates to climatic amelioration.** PNAS 2017 114: 6215-6220. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1619288114

Sorties de fluide en Arctique

([http://boutique.arte.tv/f10063-methane reve ou cauchemar](http://boutique.arte.tv/f10063-methane_reve_ou_cauchemar) Film documentaire, diffusé en 2013 sur Arte)

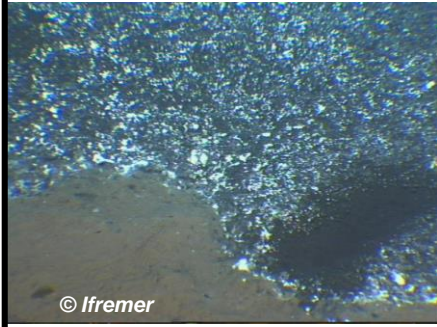
Quelques observations : (Campagne James Clark Ross sur la marge norvégienne (Ian Wright – Graham Westbrook – Rachael James))

- à **400 mètres** sous la surface, les panaches de bulles s'éteignent au plus à 100 mètres sous la surface. **aucun des relâchements de bulles n'atteint la surface.**
- débullages de méthane dans des eaux peu profondes, environ **80 mètres**, le méthane qui s'échappe du fond marin **parviendra dans l'atmosphère** sans avoir eu le temps d'être dégradé

Hydrates et biodiversité

(rôle des micro-organismes dans le sédiment ou à l'interface)

Sorties de fluides, pockmarks marqués par oasis de vie très riche : les bactéries utilisent la méthane émis par les fluides et transforme cette énergie en matière nutritive pour nourrir les hôtes (Karine Olu Ifremer – Regab -Golfe du Guinée) :



- Les bactéries méthanotrophes consomment le méthane
- Les bactéries méthanogènes dégradent la matière organique et rejettent du méthane

OXYDATION du METHANE et RÔLES des MICRO-ORGANISMES



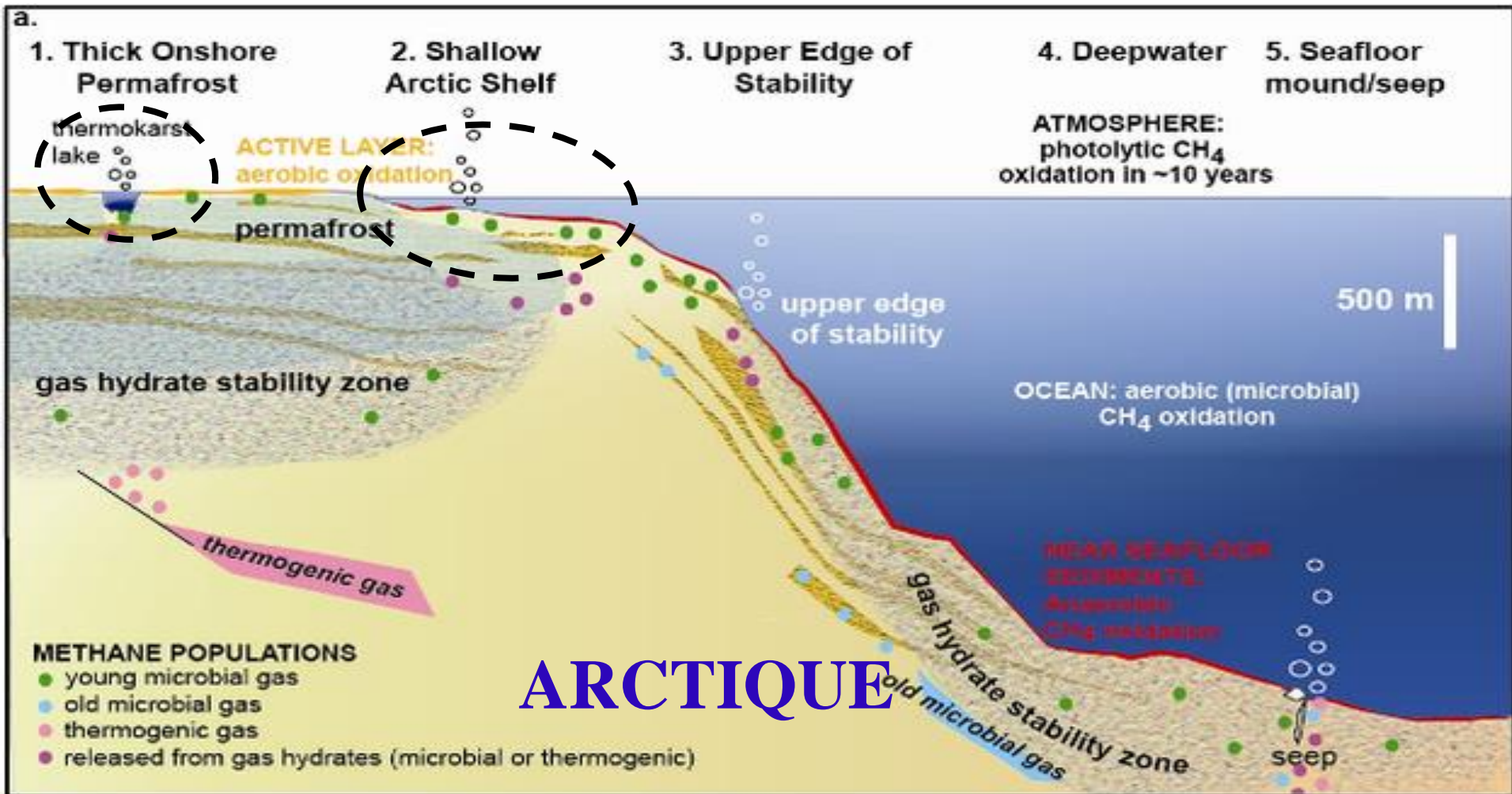
(un autre exemple : leçons de l'accident de Deep Water Horizon)

Avril 2010 : très forte concentration de gaz à 800/1000 m sous la surface (10^4 à 10^5 supérieur à la normale)

Août 2010 : plus de méthane dans l'eau, anomalie négative d'oxygène vers 1000 m. Le rôle majeur des bactéries dans l'oxydation aérobie est établi.

- L'oxydation dans la colonne d'eau présente l'avantage indéniable d'empêcher le méthane de gagner l'atmosphère, mais la réduction forte de l'oxygène et transformation en CO_2 augmente l'acidité de l'eau et gêne le développement des organismes

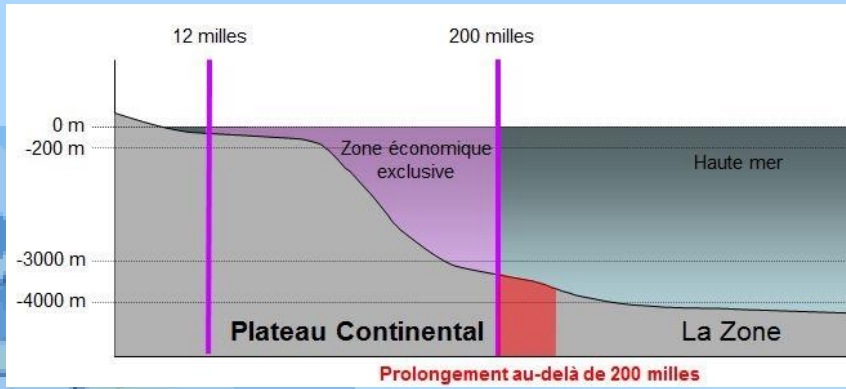
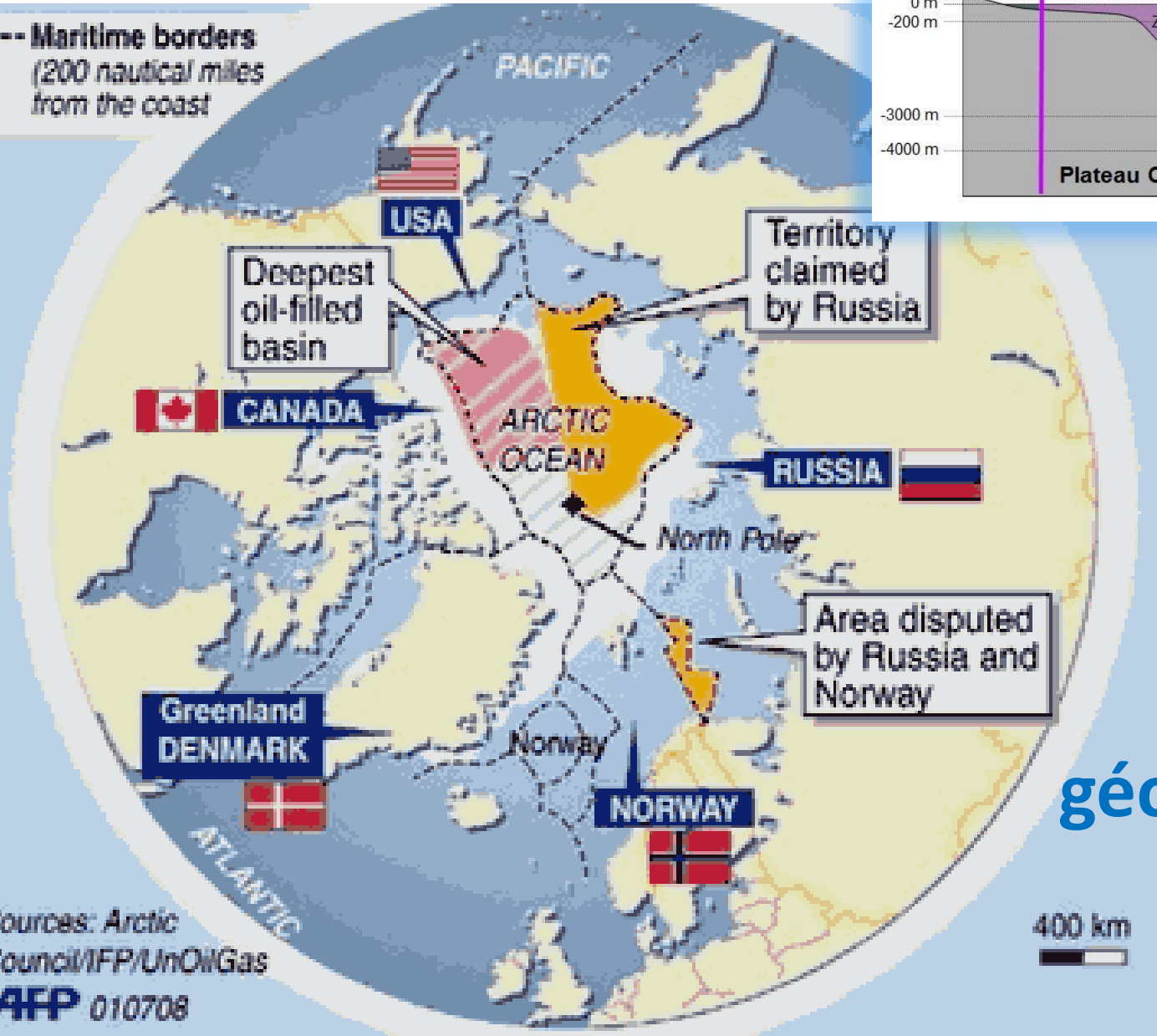
(pour résumer)



Ruppel, Nature Knowledge, Hydrates/Climate, April 2011

Un peu de géopolitique...

--- Maritime borders
(200 nautical miles
from the coast)



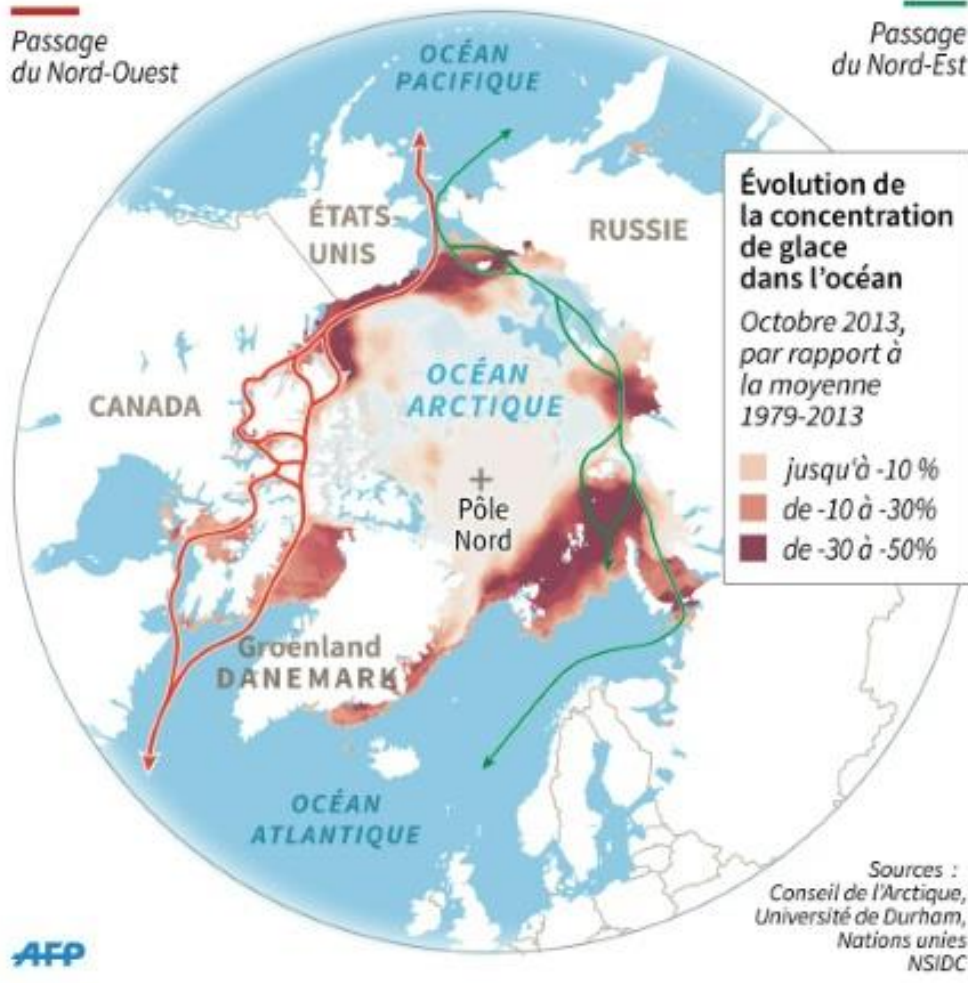
Enjeux géopolitiques...

Sources: Arctic
Council/IFP/UnOilGas
AFP 010708

Enjeux géopolitiques...

Le passage du Nord-Ouest

Emprunté pour la première fois par un cargo en 2013, le quart du trafic mondial pourrait y passer en 2030



La Russie semble bien décidée à se lancer de nouveau à la conquête du Pôle Nord. Objectif : marquer sa présence face aux quatre autres pays bordant l'océan arctique (Etats-Unis, Canada, Norvège et Danemark).

la route maritime du Nord deviendra un passage praticable sans brise-glace tout au long de l'année. Et c'est le chemin le plus court depuis la Chine, le Japon et d'autres économies asiatiques majeures vers l'Europe.

Donc la Russie est en train de la rétablir à la fois sur le plan aérien et sur le plan maritime mais aussi sur le plan de la sécurité militaire."

Enjeux géopolitiques... , les ressources



L'autre raison, ce sont les richesses minérales et énergétiques que recèle l'Arctique.

22% des réserves encore inexploitées de la planète en pétrole et en gaz s'y trouveraient. La Russie a déjà commencé les forages et en 2013, Greenpeace avait mené une action contre une plateforme pétrolière de Gazprom.

Actuellement, Moscou tente aussi de relancer la procédure auprès des Nations Unies pour revendiquer 1,2 million de kilomètres carrés dans l'océan Arctique.



POUR CONCLURE ... Mercator en 1595, déjà !

Gérard Mercator,
mathématicien, géographe
et cartographe, inventeur de
la projection cartographique
qui porte son nom

Photo: Source Septentrion

La carte Septentrionalium Terrarum descriptio (1595) de Gérard Mercator illustrant le pôle Nord, représenté par un rocher entouré d'eau, puis une surface en dur qui devait figurer non pas une terre ferme, mais une immense plaque de glaces flottantes, et enfin deux grands espaces d'eau libre en forme de croissant, qui expriment probablement la possibilité ou même l'espoir d'un passage du Nord-Ouest et d'un passage du Nord-Est.

A RETENIR

- **Importantes réserves de méthane piégées dans le pergélisol et les hydrates**
- **Le réchauffement climatique est un phénomène planétaire, mais les effets en Arctique et le rôle de l'Arctique sur le réchauffement devient prépondérant**
- **Risques de relargage dans l'atmosphère dus au réchauffement / Risque d'amplification (rétroaction)**
- **Rôle de certaines bactéries qui consomment le méthane, dans certains cas, avant d'arriver dans l'atmosphère**
- **Zone de *relargage vers l'atmosphère* identifiée sur le plateau continental (permafrost et hydrates) recouvert il y a 10 000 ans suite à la remontée des eaux (holocène) et bulles de méthane du pergélisol à terre**
- **Beaucoup d'enjeux en Arctique ; passage pour de nouvelles routes maritimes, risques naturels et accès aux ressources minérales et énergétiques**

POUR ALLER + LOIN...

- <https://e-rse.net/climat-bombe-methane-rechauffement-climatique-23394/#gs.G14rnBE>
- <https://www.connaissancedesenergies.org/print/fiche-pedagogique/hydrates-de-methane>
- http://boutique.arte.tv/f10063-methane_reve_ou_cauchemar Film documentaire, diffusé en 2013 sur Arte <http://www.sciencemag.org/news/2017/05/methane-slowng-global-warming-arctic>
- <http://dr-petrole-mr-carbone.com/rechauffement-la-puissance-du-methane-revue-a-la-hausse/>
- <http://dr-petrole-mr-carbone.com/co2-ch4/>
- http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml (rapport du GIEC)
- <https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/>
- <https://reporterre.net/La-hausse-rapide-du-methane-alarme-les-climatologues>
- <http://www.slate.fr/story/48317/methane-climat#>
- Climate change and the permafrost carbon feedback, Nature 520,171-179 (9 avril 2015)
Pavel Serov, et al.(2017). Postglacial response of Arctic Ocean gas hydrates to climatic amelioration
PNAS 2017 114: 6215-6220. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1619288114
- [KATEY WALTER et al.](#) (2016) Methane emissions proportional to permafrost carbon thawed in Arctic lakes since the 1950s Nature Geoscience Volume: 9, Pages: 679–682

MERCI

