

# 24. Les énergies non-renouvelables

## 24.3 Gaz naturel

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

Sami Maksoud, ing., M.Ing., CMVP, Energir

François Relotius, M.ing.

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Introduction et objectifs

- Selon le Key World Energy Statistics 2021 de l'IEA, le gaz naturel est la troisième source d'énergie primaire utilisée dans le monde (23,2 %) après le pétrole (30,9 %) et le charbon (26,8 %)
- Le gaz naturel existe sous différentes formes qui se distinguent de part leur origine, leur composition et le type de réservoirs dans lesquels ils se trouvent
- Il est une solution pour accompagner la transition énergétique et réduire les émissions de GES

# Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
  - Connaître la composition du gaz naturel et les différents types de gaz connus
  - Prendre connaissance des avantages de l'utilisation du gaz naturel
  - Découvrir comment est extrait le gaz naturel
  - Apprendre les processus suivis par le gaz naturel de l'extraction à la distribution
  - Connaître les statistiques actuelles

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Caractéristiques du gaz naturel***
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Question

- Quel est l'élément principal qui compose le gaz naturel ?  
  
A. L'éthane  
B. Le méthane  
C. L'azote  
D. Le dioxyde de carbone  
E. Aucune de ces réponses



ENR2020

# Caractéristiques du gaz naturel

- Qu'est-ce que le gaz naturel ?
  - Il est composé à 95% de **méthane** ( $\text{CH}_4$ ), à moins de 4% d'éthane ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) et d'azote (N) ainsi qu'à 1% de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )
  - Le méthane est produit dans la nature par les organismes vivants et la décomposition de substances organiques
  - Il est plus léger que l'air



# Caractéristiques du gaz naturel

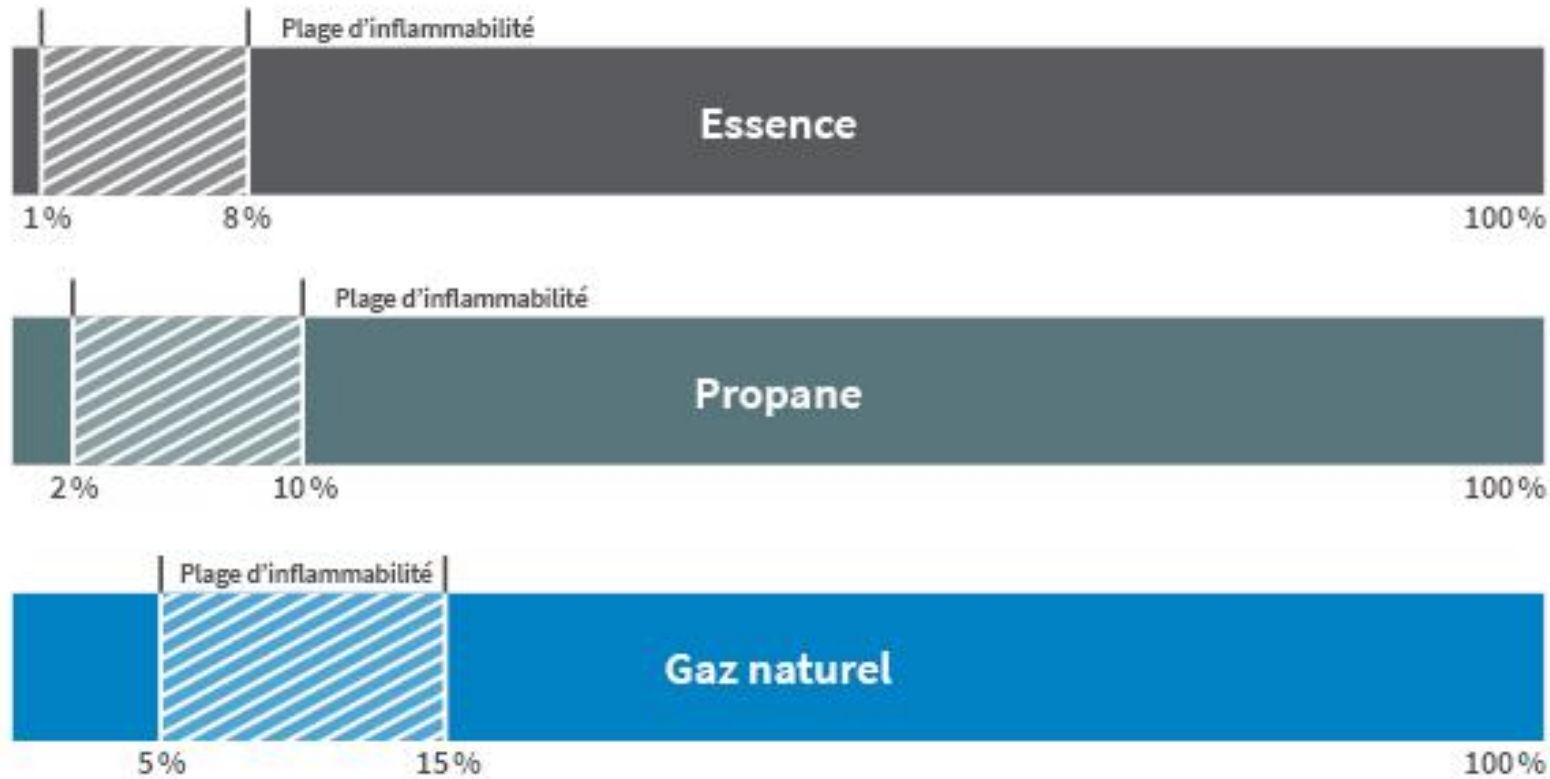
- Qu'est-ce que le gaz naturel ?
  - Il est naturellement inodore. On ajoute une substance odorante, nommée le **mercaptan**, qui permet de le détecter à des concentrations très faibles dans l'air (<1%)
  - Il n'est ni toxique ni soluble dans l'eau
  - Il se présente principalement sous forme **gazeuse** et **liquéfiée** (en dessous de  $-162^{\circ}\text{C}$  à pression atmosphérique)

# Caractéristiques du gaz naturel

- Une énergie sécuritaire
  - Il ne peut pas s'enflammer lui-même à moins d'être porté à de très hautes températures (538°C)
  - Il ne peut s'enflammer que s'il se retrouve dans une proportion de 5% à 15% dans l'air et qu'il est en présence d'une étincelle ou d'une décharge d'électricité statique
  - Il peut dégager du monoxyde de carbone si sa combustion est incomplète

# Caractéristiques du gaz naturel

- Plage d'inflammabilité

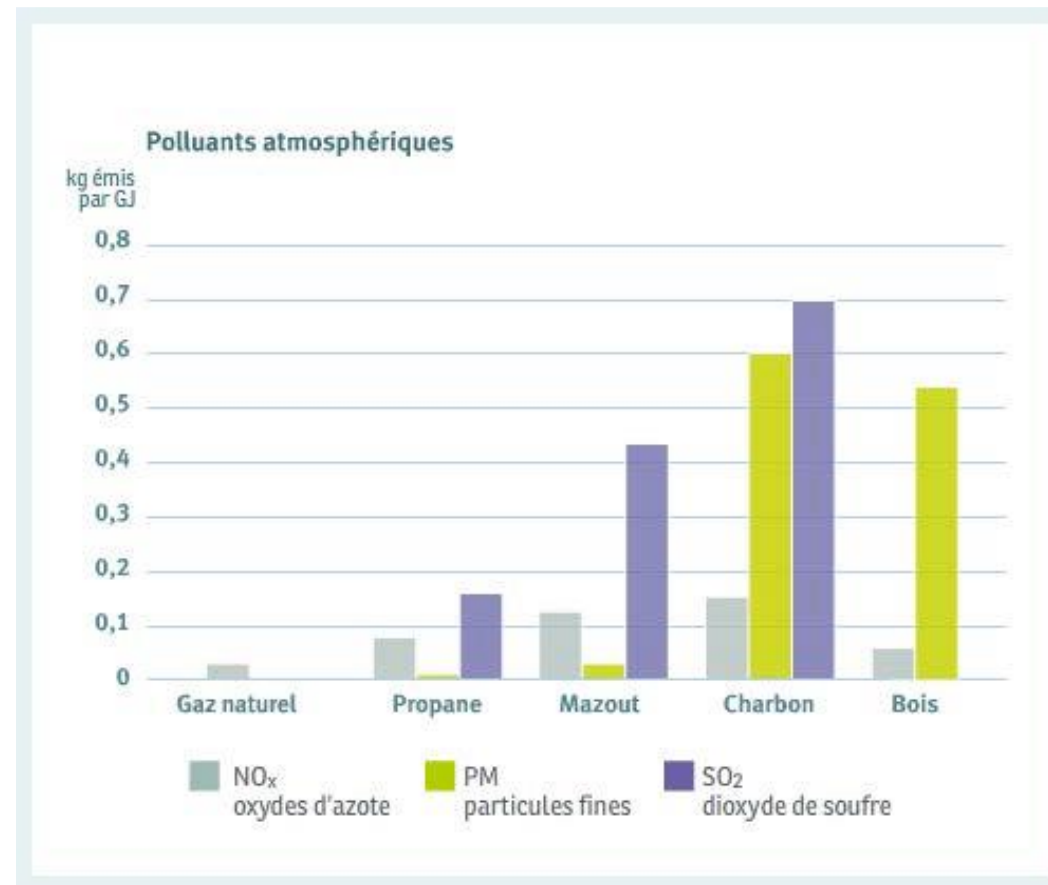


# Question

- Lors d'une combustion, laquelle de ces sources relâche le plus de polluants atmosphériques ?
  - Gaz naturel
  - Propane
  - Mazout
  - Charbon
  - Bois

# Question

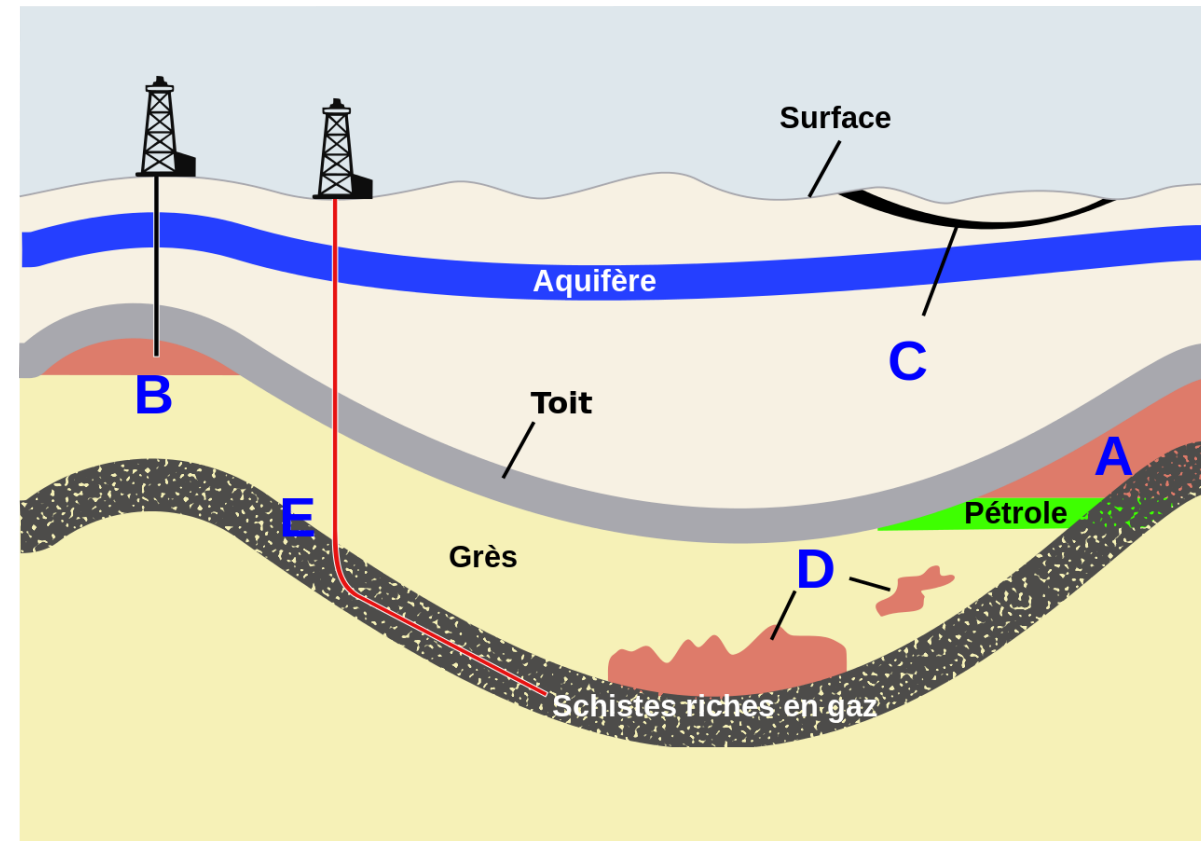
- Le gaz naturel est le moins polluant



Attention, il manque la colonne indiquant les émissions de CO<sub>2</sub> équivalent ici...

# Caractéristiques du gaz naturel

- Les différents gaz naturels :
  - A : gaz associé à un réservoir de pétrole
  - B : gaz conventionnel non associé
  - C : gaz de couche
  - D : gaz de réservoir compact
  - E : gaz de schiste

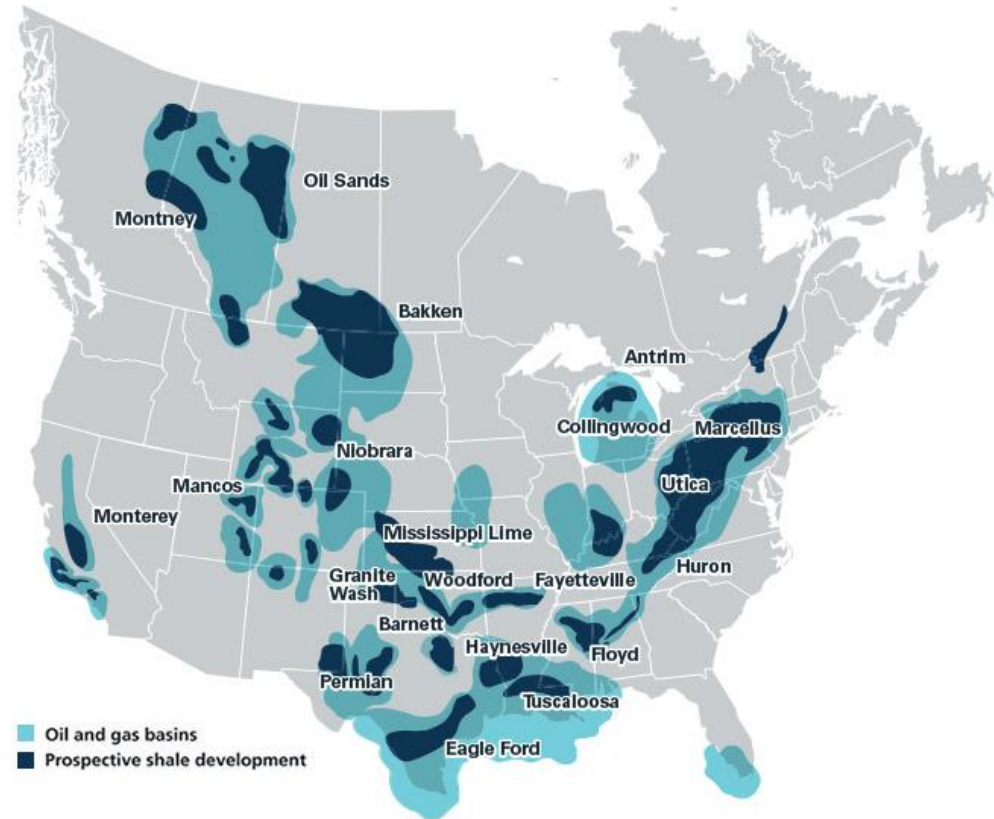


# Caractéristiques du gaz naturel

- Le gaz de schiste
  - Il est contenu dans les porosités des roches argileuses riches en matières organiques rendues imperméables
  - Son extraction est controversée. Elle affecte les sous-sols et les écosystèmes en surface. On observe des fuites de gaz, les produits toxiques utilisés peuvent polluer les nappes phréatiques et les quantités d'eau injectées sous pression sont astronomiques, **entre 7 et 28 millions de litres d'eau** par fracturation.

# Caractéristiques du gaz naturel

- Bassins de pétrole et gaz de schistes en Amérique du Nord



**Source :** Uncovering North American Energy,  
<https://www.uncoverenergy.com/ideas/black-gold-texas-tea/>

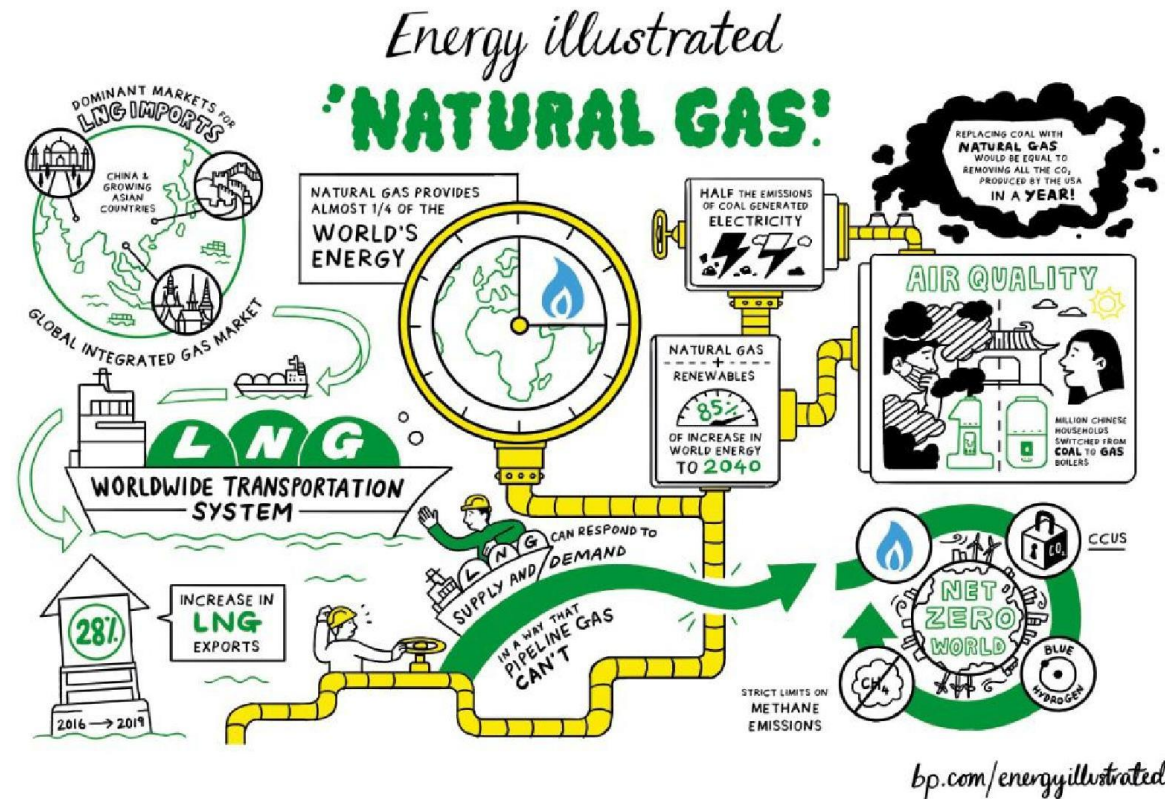


# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- ***Chaîne de valeur***
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Chaîne de valeur

- Généralités et perspectives :
  - BP Energy Illustrated : [Episode 4. Natural Gas](#)



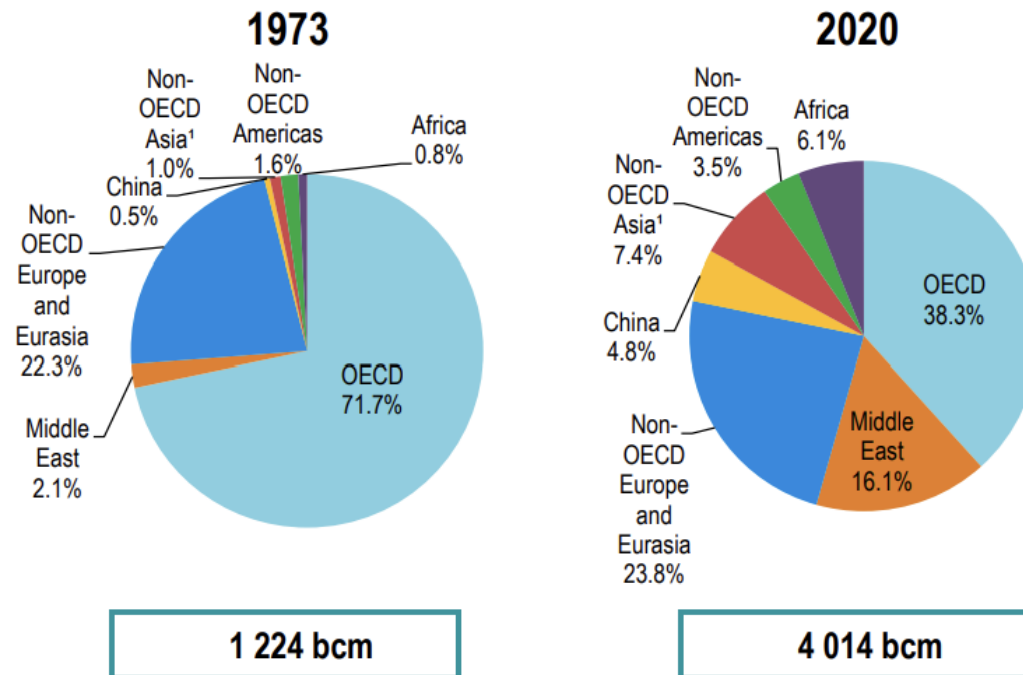
# Chaîne de valeur

- Le gaz naturel passe par plusieurs étapes :
  1. La production
  2. Le transport
  3. Le stockage
  4. La distribution
  5. La fourniture

# Chaîne de valeur

- Parts de production de gaz naturel de 1973 à aujourd'hui

Share of world natural gas production by region, 1973 and 2020

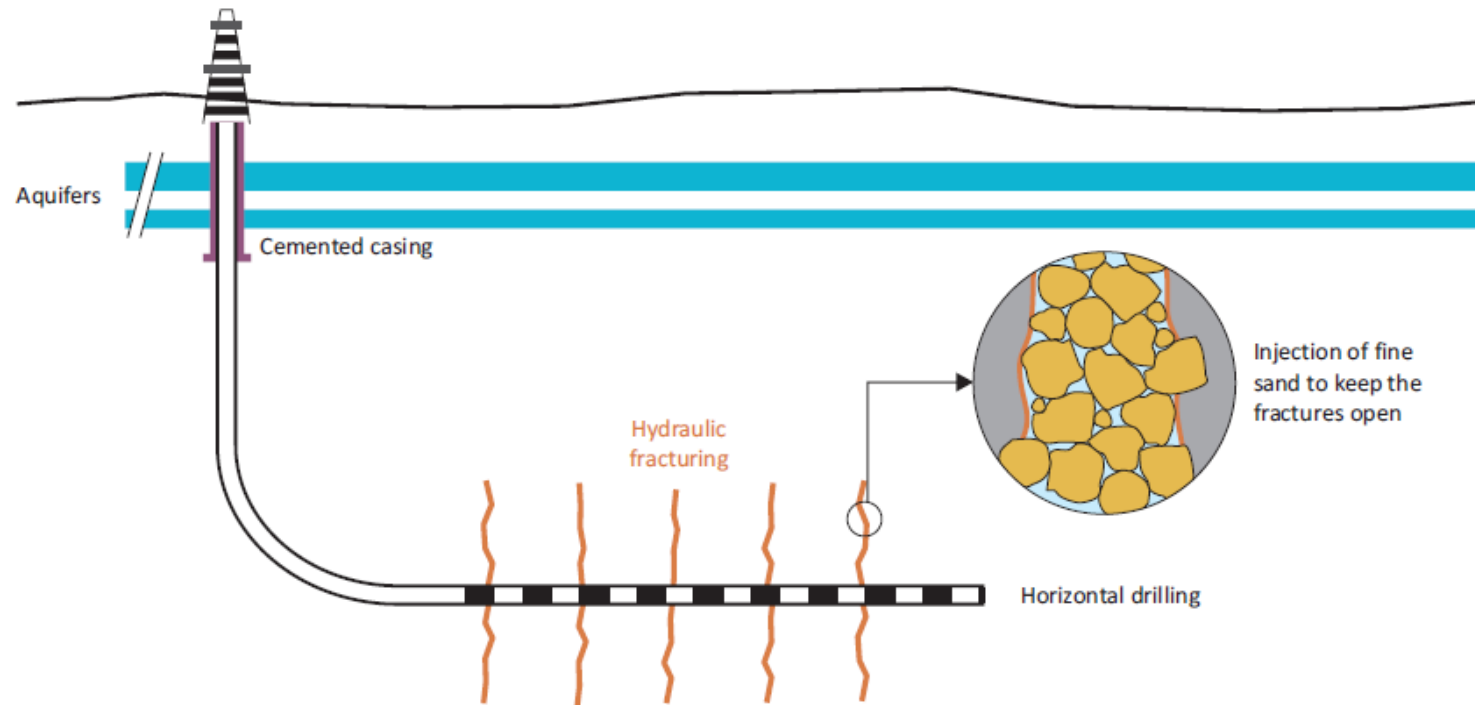


1. Non-OECD Asia excludes China.

Sources: [IEA, Natural Gas Information, 2021](#).

# Chaîne de valeur

- La fracturation hydraulique est la méthode la plus utilisée aujourd'hui pour extraire le gaz naturel :



Lien vidéo :

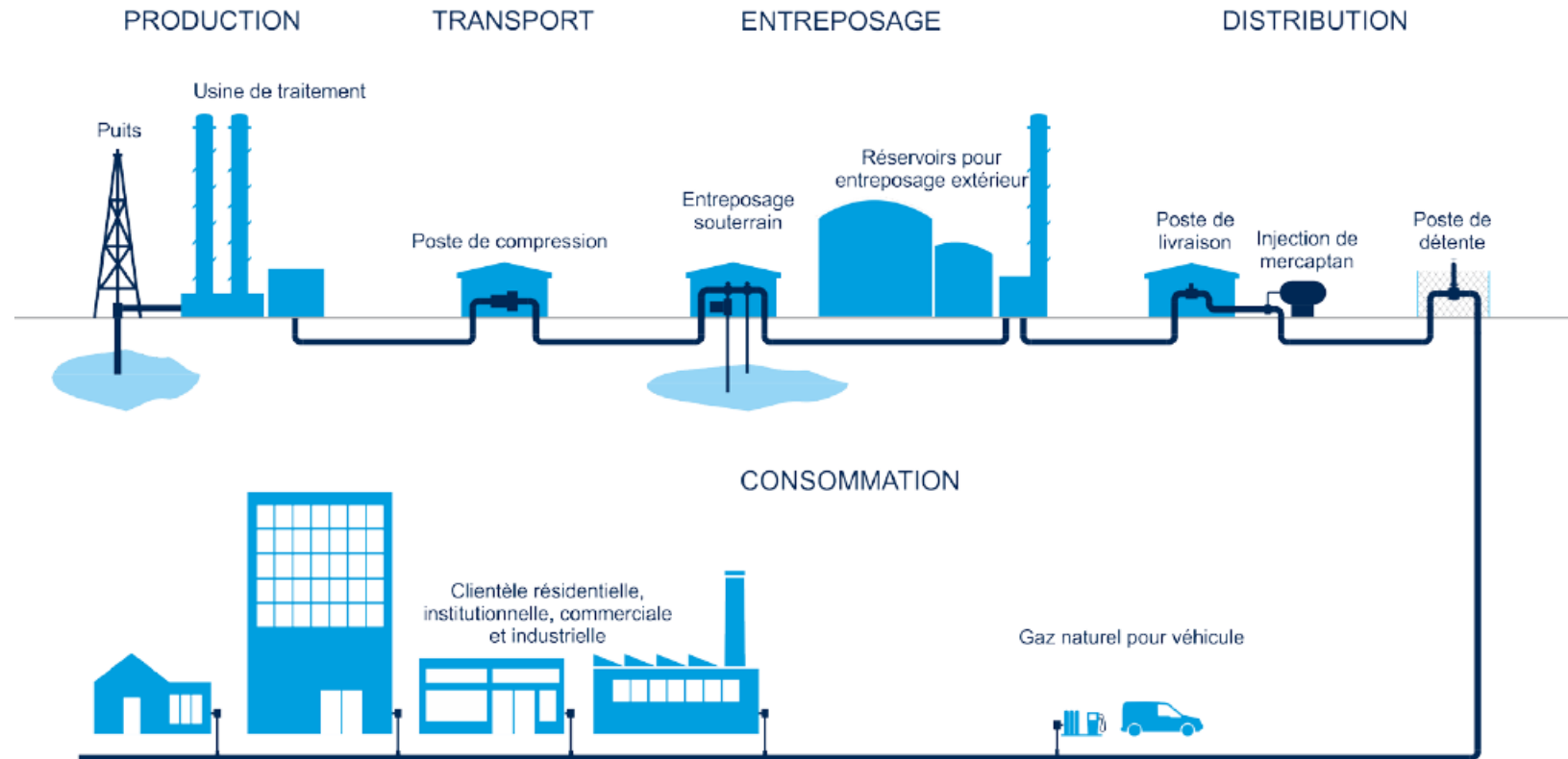
<https://www.youtube.com/watch?v=VY34PQUIwOQ>

# Chaîne de valeur

- Sous forme gazeuse ou liquéfiée, le gaz ne se transporte pas de la même manière :
  - Pour transporter le gaz naturel des gisements vers les lieux de consommation, les gazoducs sont le moyen le plus courant
  - Une partie croissante du gaz consommé est transporté sous forme liquide à l'aide de méthaniers.

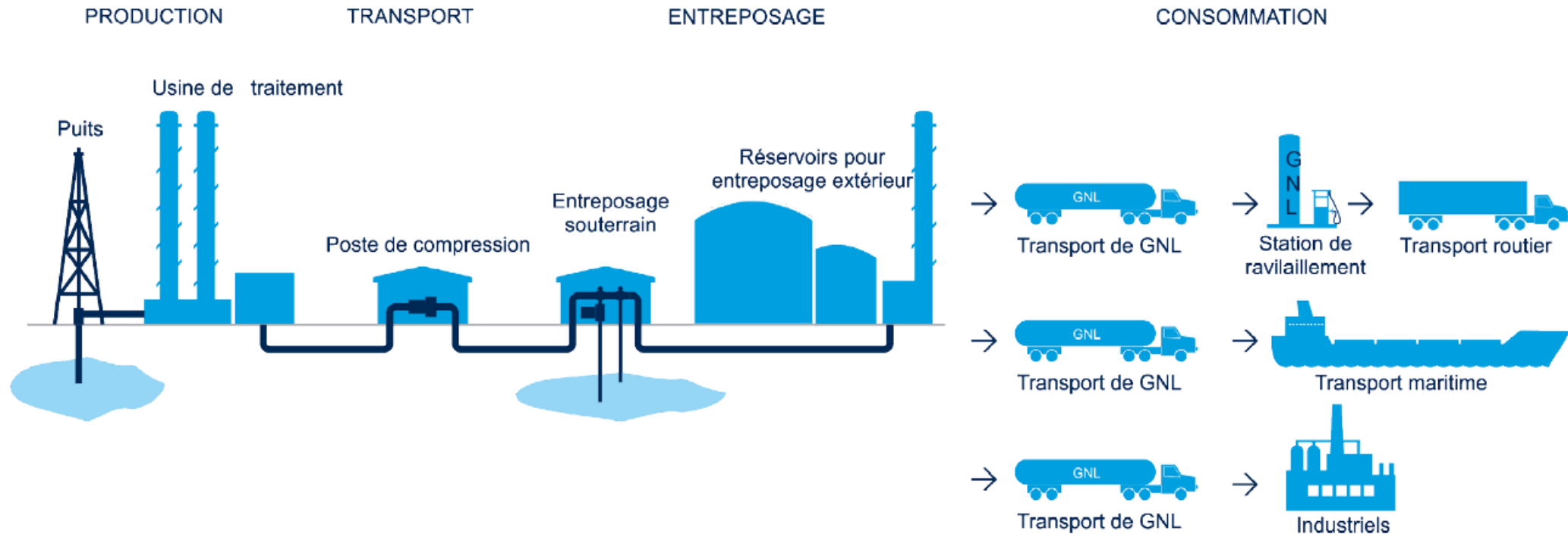
# Chaîne de valeur

- Acheminement du gaz naturel (gazeux)



# Chaîne de valeur

- Acheminement du gaz naturel liquéfié (GNL)





# Chaîne de valeur

- La distribution du gaz naturel en Europe



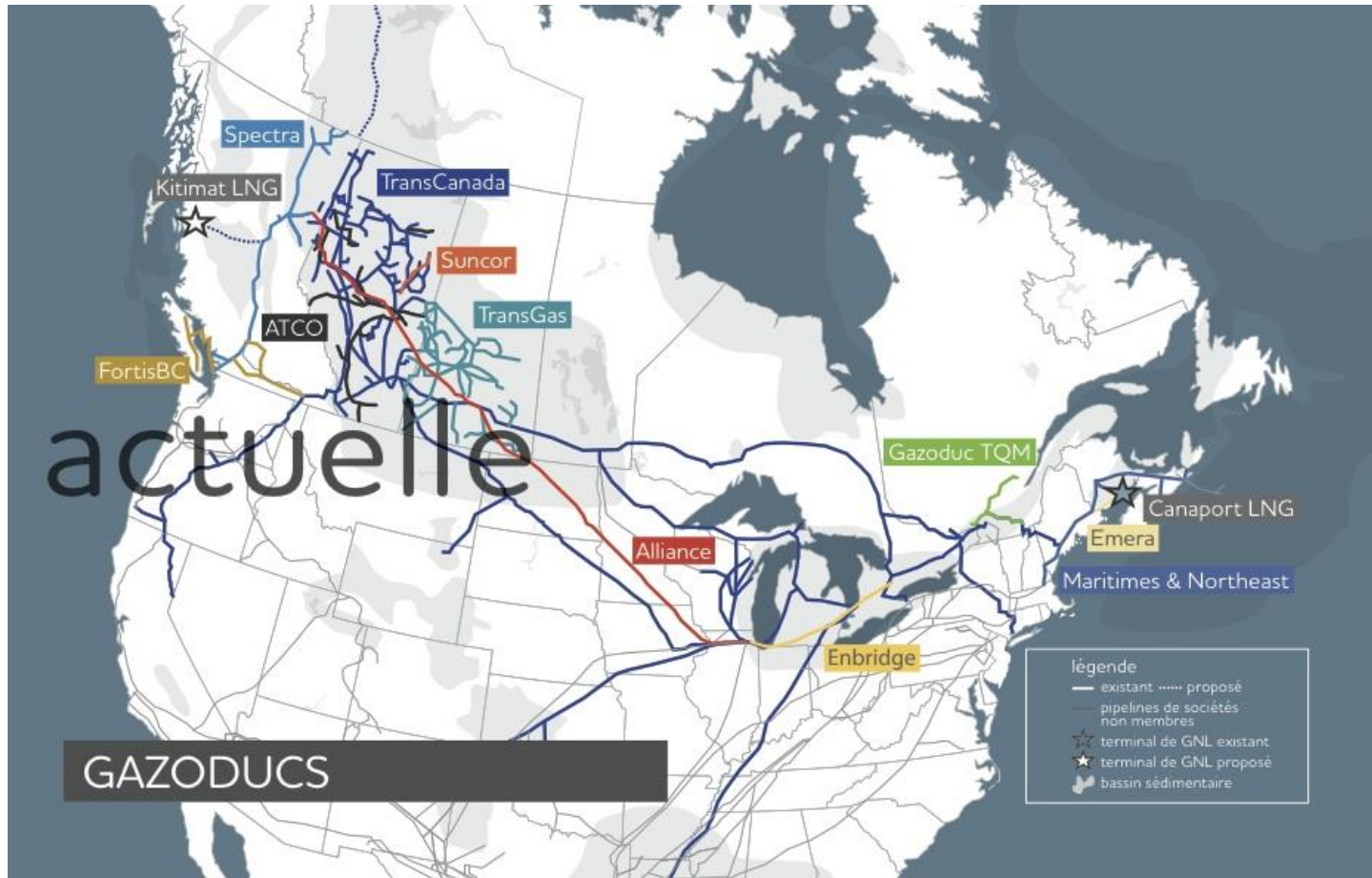
La Russie est le deuxième plus gros producteur de gaz naturel après les USA. Le Canada est 4<sup>e</sup>.

Source :

Alternatives Economiques, Approvisionnements énergétiques : gaz, la dépendance européenne

# Chaîne de valeur

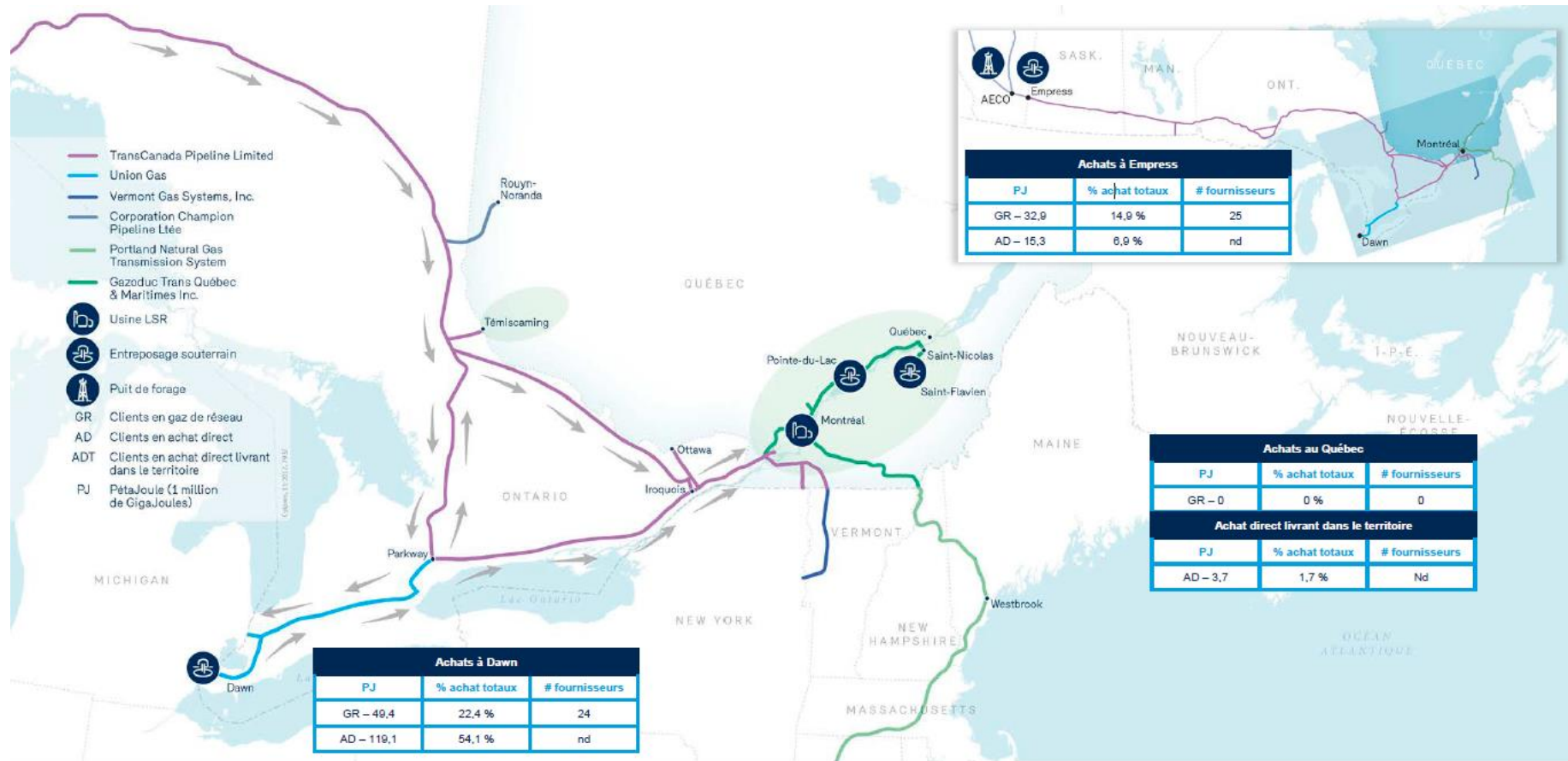
- La distribution du gaz naturel en Amérique du Nord



**Source :**  
About pipelines,  
La situation actuelle du réseau  
pipelinier nord-américain

# Chaîne de valeur

- Approvisionnement au Québec



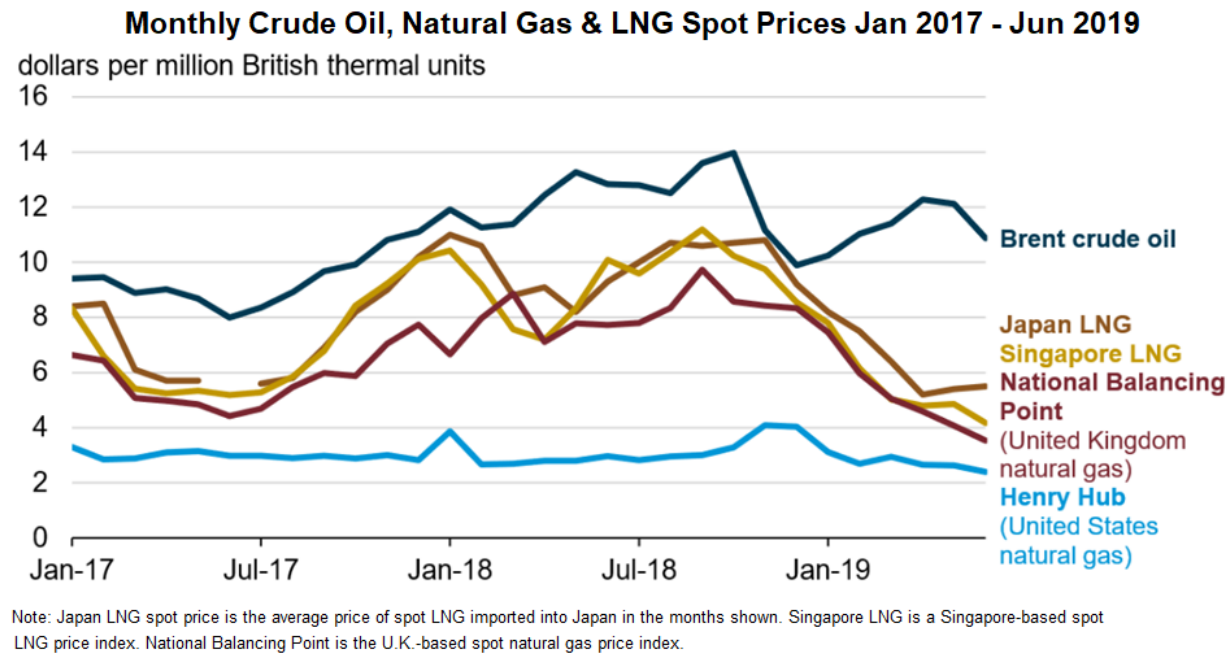
# Chaîne de valeur

- Réseau de distribution de gaz naturel au Québec



# Chaîne de valeur

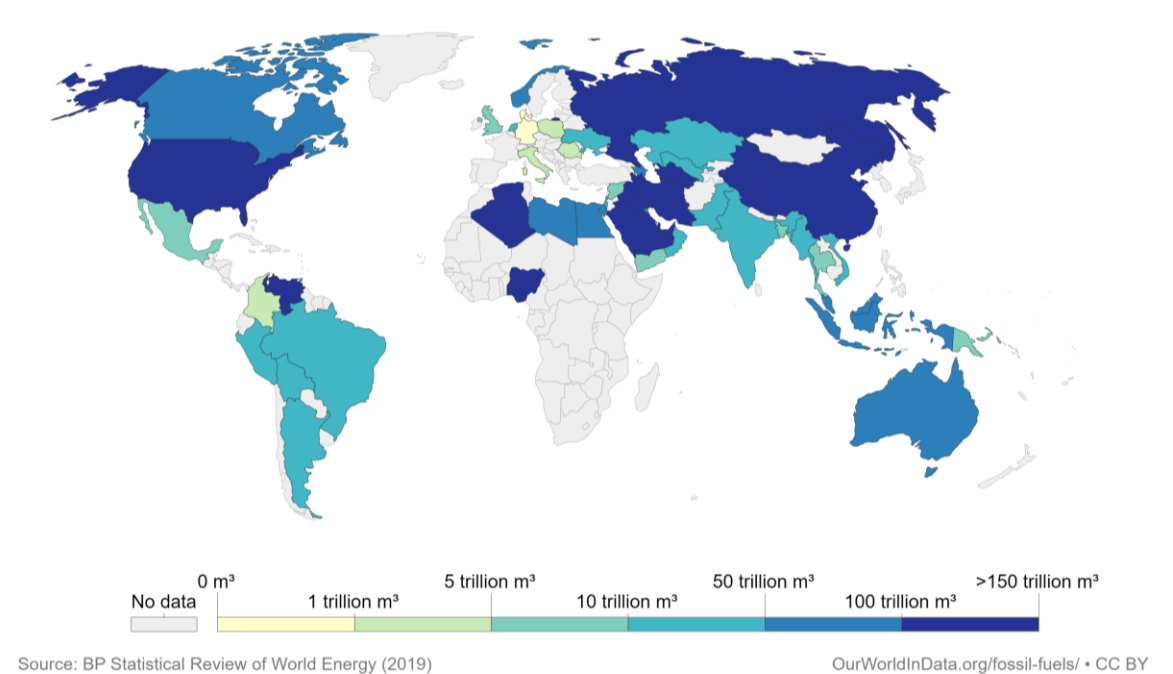
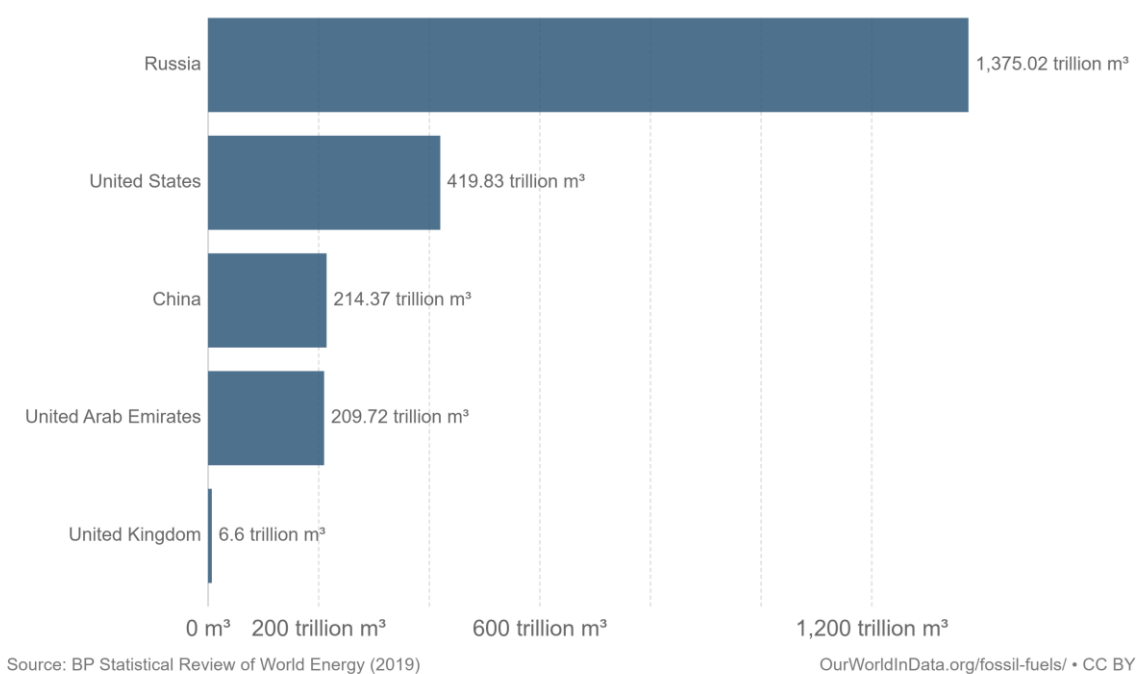
- Différences de prix du gaz naturel dans le monde
  - Le marché du gaz naturel est continental, contrairement au marché du pétrole



**Source :** U.S. Energy Information Administration, Bloomberg L.P.

# Chaîne de valeur

- Réserves prouvées de gaz naturel



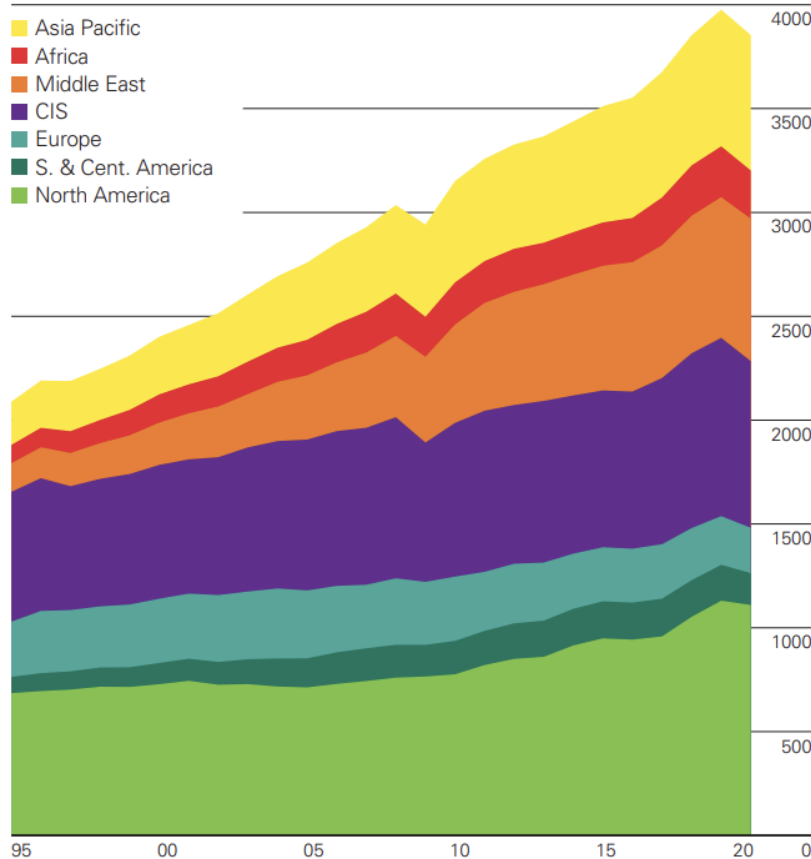
**Source :** Our world in data,  
<https://ourworldindata.org/grapher/natural-gas-proved-reserves?tab=chart>

# Chaîne de valeur

- Production et consommation du gaz naturel par région

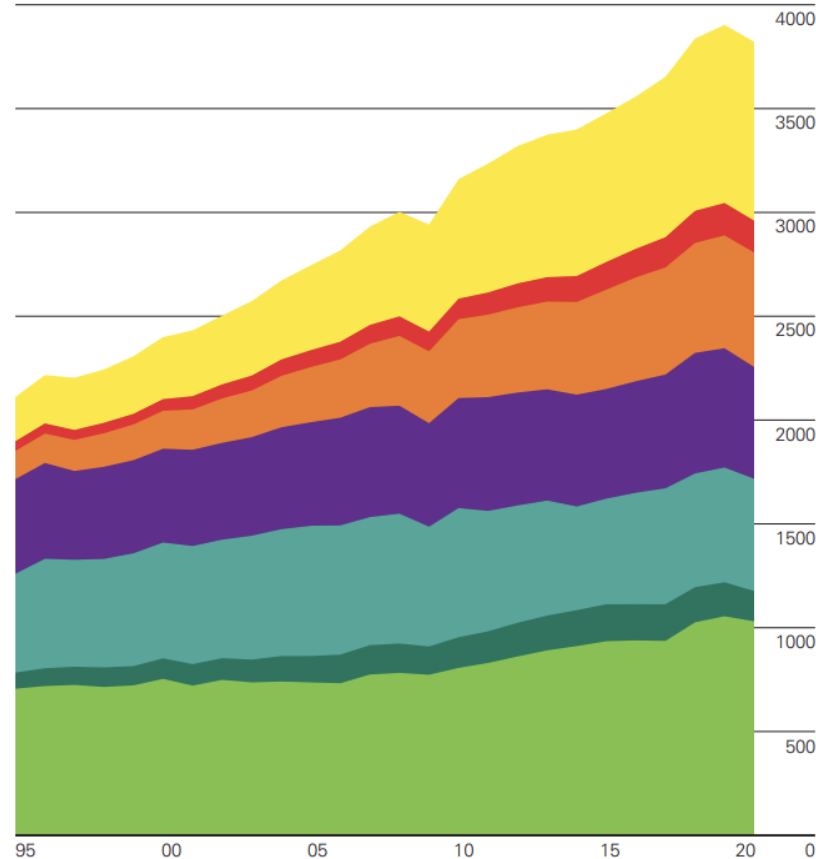
**Natural gas: Production by region**

Billion cubic metres



**Natural gas: Consumption by region**

Billion cubic metres



**Source : BP**  
Statistical Review of  
WorldEnergy 2021

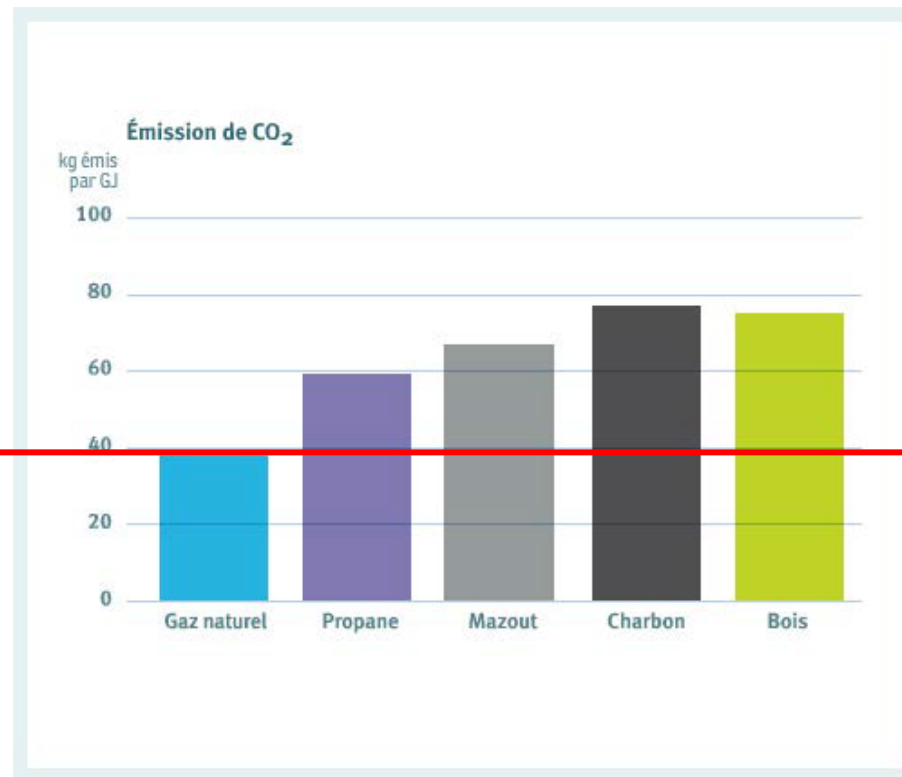
# Question

- Combien de kilogrammes de CO<sub>2</sub> par gigajoules sont émis lors de la combustion des sources suivantes ?
  - Gaz naturel
  - Propane
  - Mazout
  - Charbon
  - Bois



# Question

- Le gaz naturel est la source la moins polluante lors de la combustion (en analyse de cycle de vie on obtient des résultats différents).



# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- ***Les avantages du gaz naturel***
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Question



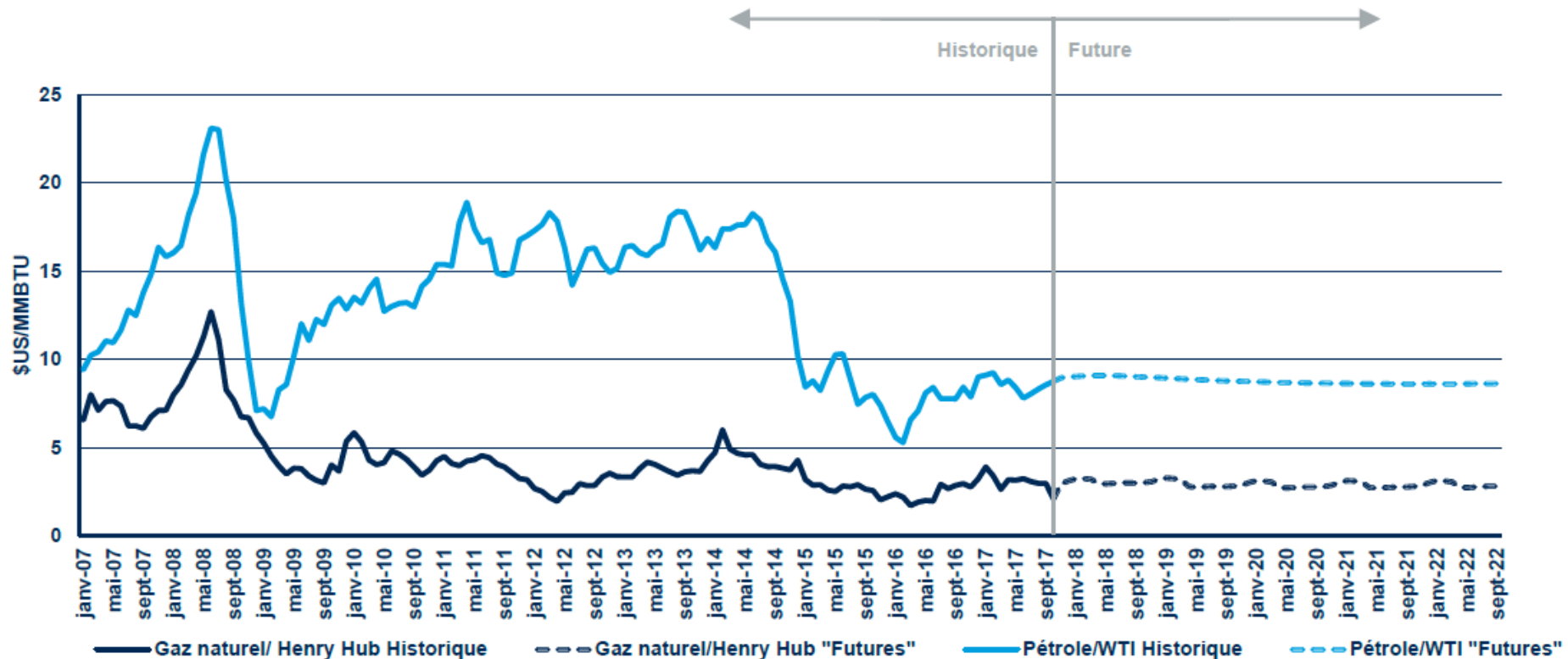
ENR2020

Selon vous, quels sont les avantages notables du gaz naturel ?

- A. Il permet une diversification des approvisionnements énergétiques des pays importateurs
- B. Il est utilisé dans beaucoup d'industries pour remplacer le mazout
- C. Il peut servir de carburant ou encore de source d'hydrogène pour une pile à combustible
- D. Il ne pollue pas
- E. Aucune de ces réponses

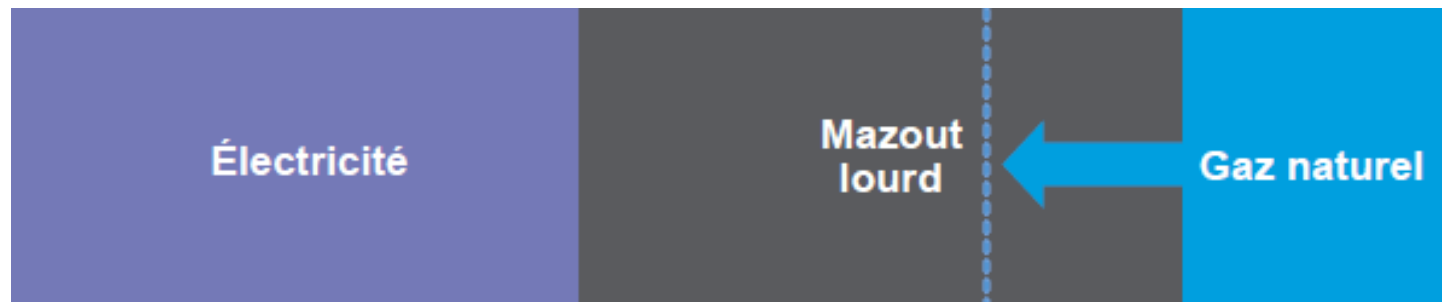
# Les avantages du gaz naturel

- L'avantage économique



# Les avantages du gaz naturel

- L'avantage environnemental (chiffres pour le Québec)
  - 32% des GES en moins
  - 99% des émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) en moins
  - 70% des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) en moins
  - 90% des particules fines en moins



# Les avantages du gaz naturel

- L'avantage environnemental (chiffres pour le Québec)
  - Le transport est le plus grand émetteur de GES : 41%
  - Le transport lourd de marchandises représente moins de 3% des véhicules, mais 27,3% des GES émis par le secteur du transport
  - Près de 700 véhicules au gaz au Québec, 22 millions dans le monde



# Les avantages du gaz naturel

- Son utilisation ne cesse d'augmenter, +5,3% en 2018 et +28,3% entre 2008 et 2018
- Il permet une diversification des approvisionnements énergétiques des pays importateurs = mix énergétique
  - Source de plus en plus utilisée pour produire de la chaleur et de l'électricité, éventuellement en cogénération

# Les avantages du gaz naturel

- Il est utilisé dans beaucoup d'industries (engrais, résines, solvants, raffinage, etc.)
- Il peut servir de carburant ou encore de source d'hydrogène pour une pile à combustible
- **Mais ne présente-t-il que des avantages ?**



# Les avantages du gaz naturel

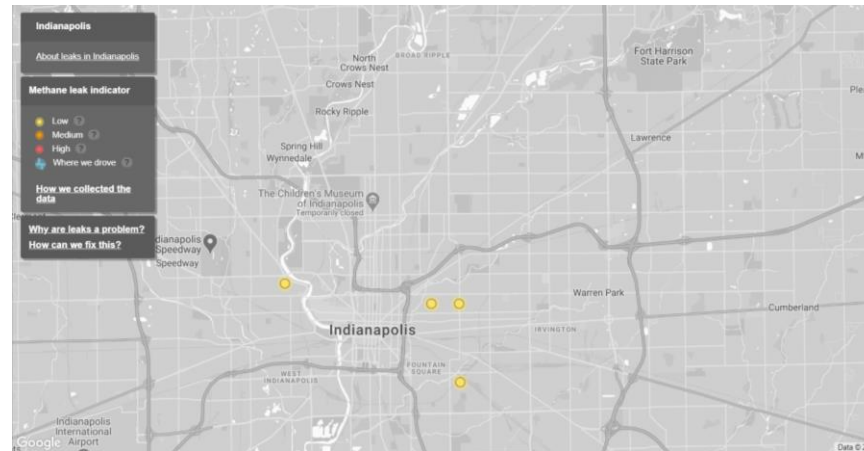
- Comme les autres, cette source présente aussi des risques :
  - Industriel : extrait, véhiculé et fourni sous-pression, il est **explosif et inflammable**
  - Malgré tout **émetteur de CO<sub>2</sub>** !
  - Environnement : l'extraction se fait de plus en plus profondément et les gaz exploités sont de plus en plus sales. Aussi, la fracturation hydraulique **utilise beaucoup d'eau** et les **fuites** sont inévitables. Selon l'IAE, les compagnies pétrolières et gazières émettent plus de 75 millions de tonnes de méthane dans l'atmosphère chaque année (= 1,5 GtCO<sub>2</sub> éq ~ 5% des émissions mondiale)

# Vidéo

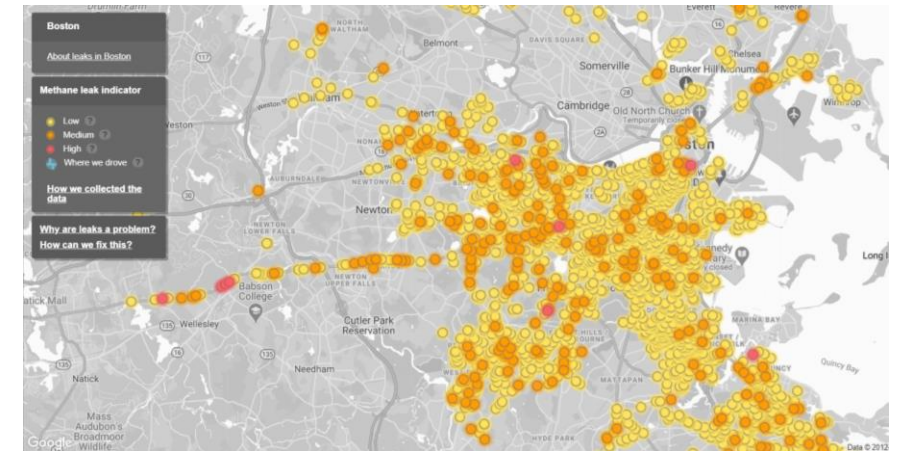
- Utilisation de la technologie infra-rouge pour cartographier les fuites de gaz en utilisant la Google car :



Dr. Joe von Fischer,  
CSU



Indianapolis  
Réseau gaz récent  
1 fuite par 200 miles conduit



Boston  
Réseau gaz ancien  
1 fuite par mile conduit

[Lien vers la vidéo !](#)

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- ***Le gaz naturel liquéfié***
- Les gaz naturels renouvelables
- Conclusion

# Le gaz naturel liquéfié

- Les caractéristiques du GNL :
  - Le gaz naturel devient liquide lorsqu'il est refroidi à - 162 °C (- 260 °F)
  - Il occupe 600 fois moins d'espace et est plus lourd que l'air jusqu'à - 100 °C
  - Le GNL est incolore, inodore et non odorisé (le mercaptan se cristalliserait)
  - Il est non toxique et non corrosif

# Question

- Quelle est la valeur du pouvoir calorifique inférieur en kJ pour chaque unité des éléments listés ?

– 1 kg de gaz naturel	>	<	3 600 kJ
– 1 kg de GNL	>	<	13 800 kJ
– 1 kWh d'électricité	>	<	44 000 kJ
– 1 kg d'essence	>	<	45 190 kJ
– 1 kg de Charbon	>	<	47 200 kJ
– 1 kg de Bois	>	<	17 200 - 30 700 kJ

Source : Wikipédia (2019), Combustible

# Le gaz naturel liquéfié

- Les coûts liés au GNL :
  - 1 usine de liquéfaction (3,5 millions de tonnes de GNL par an) = **400 – 500 millions USD**
  - 1 méthanier (capacité de 100 000 tonnes) = **200 millions d'euros** = prix d'un pétrolier de 300 000 tonnes



# Le gaz naturel liquéfié

- Livraisons de GNL à la mine de diamant Renard de Stornoway dans le nord du Québec :
  - Réduction des GES jusqu'à 43%
  - Réduction de 8 à 10 millions de dollars des coûts annuels d'exploitation
  - Réduction significative des émissions d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre.

# Le gaz naturel liquéfié

- Société des traversiers du Québec :
  - 3 traversiers propulsés au GNL
  - Consommation totale = 12 millions de m<sup>3</sup>/année
  - Réduction des GES = 9 700 tonnes/année





# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- ***Les gaz naturels renouvelables***
- Conclusion

# Les gaz naturels renouvelables

- Qu'est-ce que le gaz naturel renouvelable (GNR) ?
  - Production et valorisation de l'énergie issue de la gestion des **matières résiduelles**
  - Approvisionnement en **énergie locale** et renouvelable de véhicules et de bâtiments reliés au réseau gazier
  - Revenus municipaux associés à la vente d'énergie et économies liées à l'utilisation du gaz naturel dans les véhicules
  - Réduction des émissions de GES

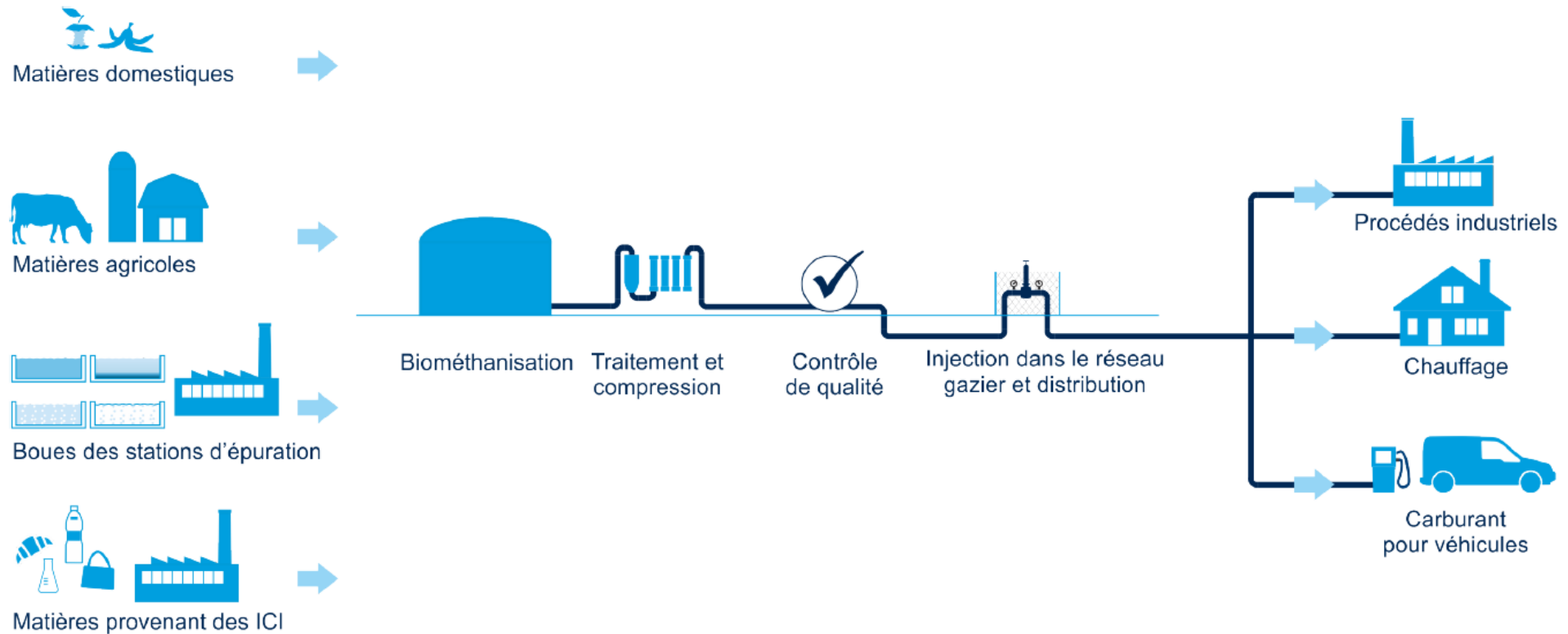
# Les gaz naturels renouvelables

- Le biométhane
  - Jusqu'à 99,4% de réduction de gaz à effet de serre par rapport au pétrole et au diesel
  - Gaz naturel issu de la dégradation de matières organiques des citoyens

**« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »**

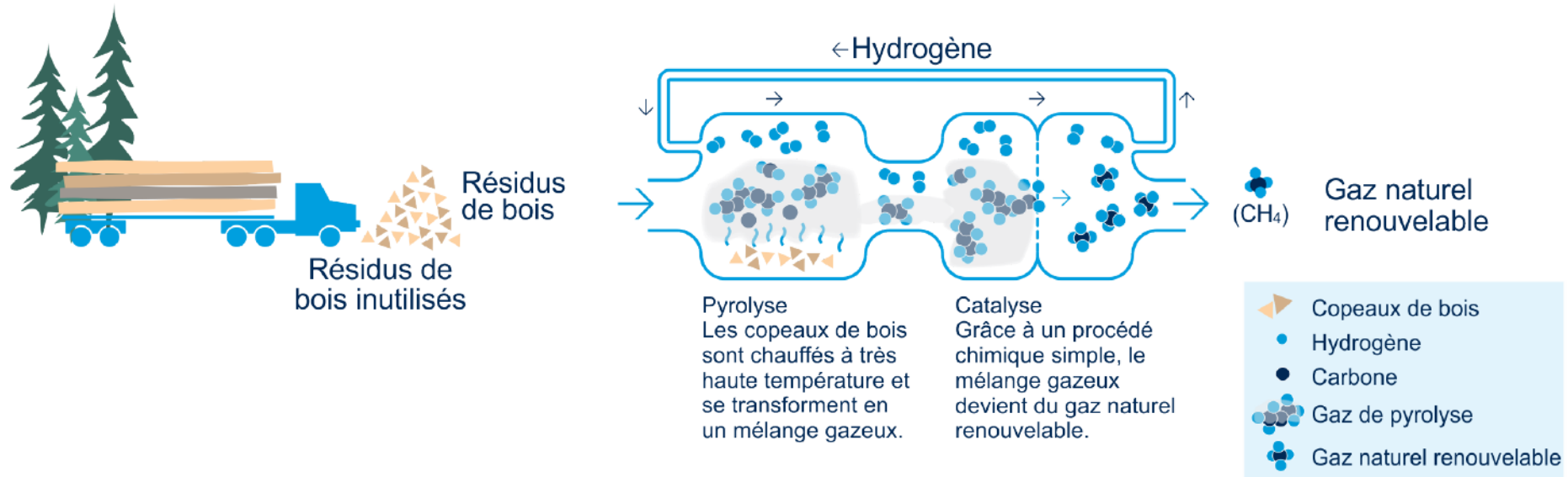
# Les gaz naturels renouvelables

- Le réseau gazier permet d'entreposer et de distribuer le GNR aux différents utilisateurs



# Les gaz naturels renouvelables

- Gaz naturel renouvelable issu de biomasses forestières
  - Les copeaux de bois résiduels représentent un potentiel pour la production de GNR en utilisant un procédé d'hydrogénation pyrocatalytique



# Les gaz naturels renouvelables

- Gaz naturel renouvelable issu des excréments bovins
  - Green Mountain Power, filiale d'Énergir à développer un programme de récupération et valorisation des excréments
  - **14 fermes bovines** participent à ce projet novateur afin d'alimenter les communautés du Vermont.
  - Le biogaz ainsi produit sert à générer de l'électricité

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Caractéristiques du gaz naturel
- Chaîne de valeur
- Les avantages du gaz naturel
- Le gaz naturel liquéfié
- Les gaz naturels renouvelables
- ***Conclusion***

# Conclusion

- Le gaz naturel est une source fossile en vogue. Son extraction et sa consommation ne cessent d'augmenter, car il est bon marché et qu'il émet beaucoup moins de GES que ces principaux concurrents, le pétrole et le charbon.
- Il existe différents types de gaz naturels. Des sales comme celui de schiste et des plus propres comme les énergies renouvelables.
- Il n'est pas la solution miracle, mais permettra d'accompagner, sur les prochaines décennies, la **transition énergétique** actuelle.
- Pendant ce temps au Québec....



# Conclusion

- La PEQ2030 accorde actuellement aux approvisionnements gaziers d'origine fossile **un statut privilégié** alors même que le cadre d'autorisation des projets énergétiques du Québec ne peut plus s'affranchir d'une prise en compte responsable des impacts climatiques de l'extraction et du transit de ses approvisionnements actuels et futurs en hydrocarbures fossiles.
- Entre autres, dans le calcul des émissions de GES de la filière du gaz naturel, l'impact climatique de chaque molécule de méthane perdue tout au long de la chaîne d'approvisionnement équivaut à **plusieurs dizaines de fois** celui d'une molécule de CO<sub>2</sub> produite lors de la combustion du méthane.  $PRG\ CH_4 \approx 70 \times PRG\ CO_2$

# Conclusion

- La production du gaz naturel renouvelable issu des procédés de biométhanisation des résidus organiques représente actuellement **une part négligeable** du marché du gaz naturel, de sorte que l'essentiel des impacts environnementaux et notamment climatiques de l'ensemble de la filière du gaz naturel est directement le fait de l'exploitation industrielle du gaz naturel fossile.

# Conclusion

- Le cas de l'usine de gaz naturel liquéfié (GNL) que le promoteur GNL Québec s.e.c. projette de construire à Grande-Anse au Québec est illustratif de l'importance d'inclure le bilan d'émissions de GES lié au **cycle de vie complet** d'une filière.
- Énergie Saguenay (16,4 gigamètres cubes, Gm<sup>3</sup>) de GNL par année, soit **le double de la consommation** de gaz naturel du Québec en 2016) projette de liquéfier du gaz naturel provenant des réservoirs géologiques de l'ouest du continent pour le vendre sur le marché international, au départ d'un quai de chargement maritime sur le Saguenay.

# Conclusion

- La question est donc de savoir comment la filière du gaz naturel, liquéfié ou non, faciliterait l'atteinte d'un nouveau mix énergétique en adéquation avec **les objectifs de réduction de GES**.
- En quoi le gaz naturel serait-il spécifiquement plus avantageux en matière d'investissements structurants de décarbonisation de l'économie du Québec qu'un scénario d'allocation de ressources qui s'intéresserait à la mise en valeur des gisements **d'efficacité énergétique** et des **énergies renouvelables**?

Simon-Philippe Breton, Louis-Étienne Boudreault, Bernard Saulnier et Lucie Sauvé  
Membres du Collectif scientifique sur la question du gaz de schiste et des enjeux énergétiques au Québec  
Article, LeDevoir 14 février 2019



**Merci de votre attention !**

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

