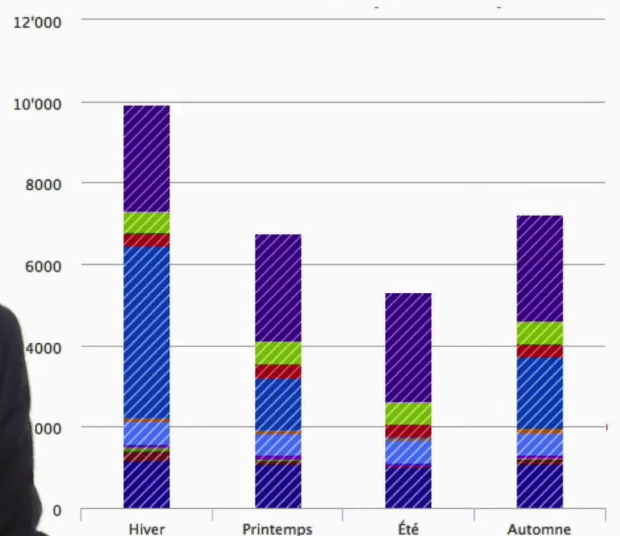


Rappel: Consommation d'énergie finale en kWh/habitant



La transition énergétique suisse

Les importations de combustibles Transition énergétique suisse : comprendre pour mieux choisir. Chers participants, après avoir vu le contexte de nos importations d'électricité nous allons voir maintenant les importations encore plus importantes d'énergie que l'on fait, à savoir l'importation des combustibles et des carburants qui représentent une partie très, très importante de nos besoins.

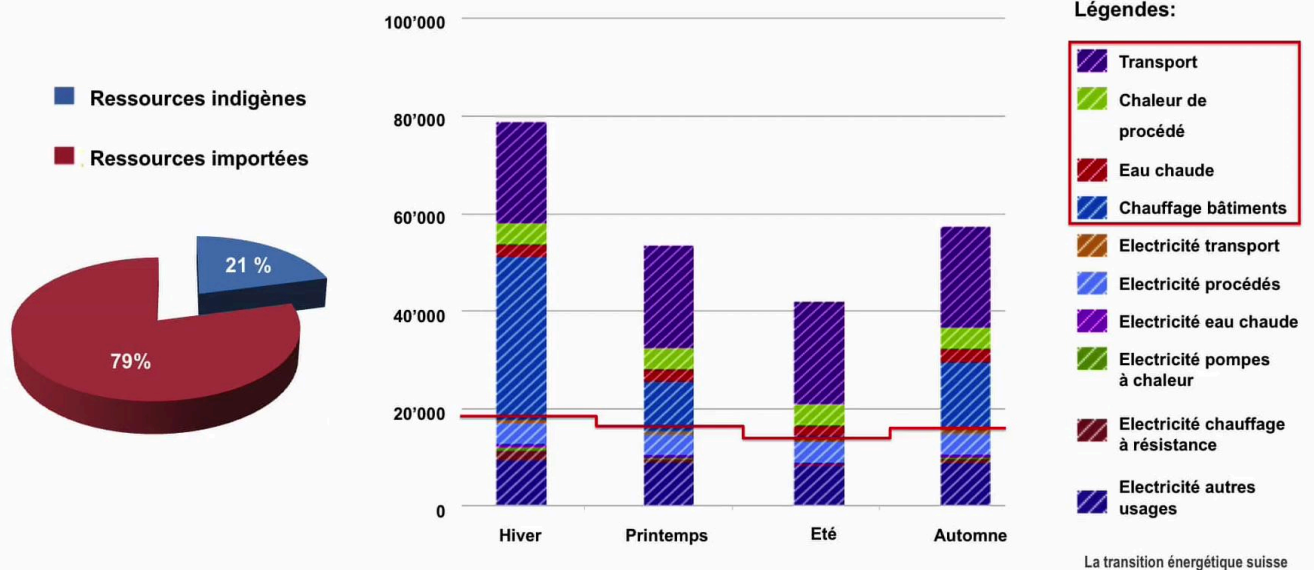
Notes

Summary



0m 03s

## Consommation d'énergie finale en 2011 [GWh]



Ces ressources importées représentent plus des 3/4 de nos besoins, essentiellement pour couvrir les besoins des transports routiers ou aériens, et les besoins de chaleur, qu'ils soient de type procédé industriel ou le chauffage des habitations, ou encore l'eau chaude, les consommations qui sont ici au-dessus de la barre rouge représentée sur ce diagramme. Ces derniers besoins, liés à l'habitat ont une forte croissance saisonnière, avec des pics en hiver, comme nous le voyons ici, alors qu'une consommation plus faible en été, bien sûr, puisque nous avons bien moins besoin de chauffage. Par ailleurs, même au-dessous de cette barre rouge, on aurait pu représenter encore la consommation des combustibles nucléaires qui sont également importés, dont nous dirons deux mots. Mais voyons tout d'abord comment la Suisse est alimentée en combustibles fossiles, essentiellement pétrole et gaz.

Notes

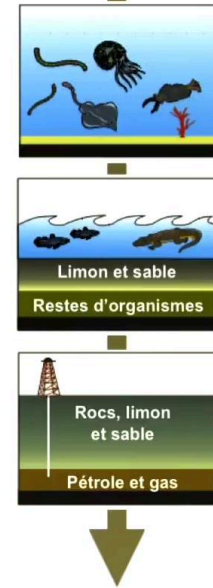
Summary



0m 25s

# Pétrole et gaz: des millions d'années de formation

Hydro- (H)  
carbure (C)



La transition énergétique suisse

Le pétrole et le gaz naturel sont des composés de carbone et d'hydrogène c'est la raison pour laquelle on parle d'hydrocarbures, l'hydrogène est pour hydro et carbure est pour carbone. L'hydrogène va former H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire de l'eau, et puis le carbure ou le carbone va former plutôt du CO<sub>2</sub> qui est à l'origine de certains problèmes que nous avons à l'heure actuelle. Ces hydrocarbures sont formés à partir d'organismes vivants : des algues, des végétaux qui ont été accumulés sur des millions d'années et transformés progressivement grâce aux pressions et températures importantes au gré de leur migration vers les couches profondes, avec des températures et des pressions nettement plus élevées.

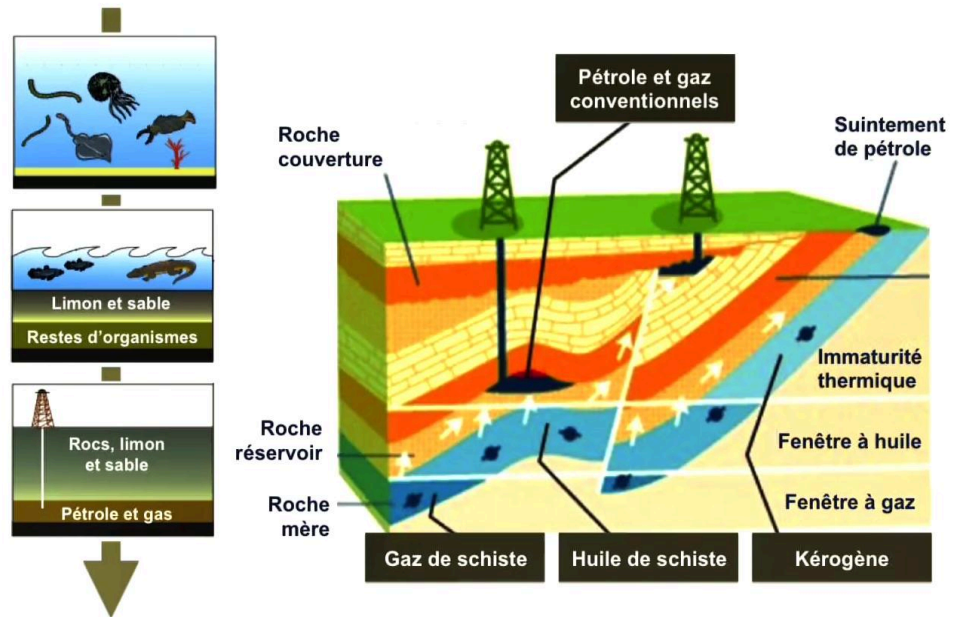
Notes

Summary



1m 24s

# Pétrole et gaz: des millions d'années de formation



La transition énergétique suisse

Ils se forment dans des roches peu perméables qu'on appelle les roches mères que l'on voit ici représentées en bleu. Toutefois, une partie de ces hydrocarbures, sous l'effet de la pression et de la température, peuvent s'échapper des roches mères. Et à ce moment-là, elles peuvent être captées par des dômes de structures qui se trouvent au-dessus et forment à ce moment-là ce qu'on appelle des réservoirs de pétrole ou de gaz, des gisements que l'on peut exploiter simplement par la pression naturelle ou simplement en pompant. Et les hydrocarbures qui sont restés captés dans cette partie des roches mères, forment ce que l'on appelle les huiles de schiste ou les gaz de schiste, et qui font partie des hydrocarbures non-conventionnels. Dans cette dernière catégorie on trouve également les hydrocarbures qui ont pu migrer jusqu'à la surface et on parlera alors de sable bitumineux par exemple, c'est ce qui est exploité au Canada à l'heure actuelle, à grands coups de mines à ciel ouvert, avec des impacts environnementaux non négligeables.

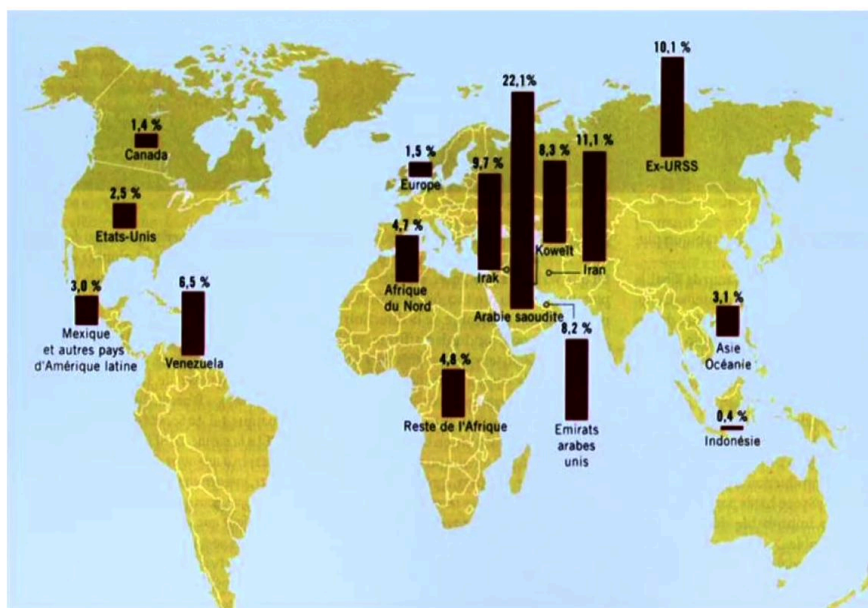
Notes

Summary





# Réserves mondiales de pétrole conventionnel



La transition énergétique suisse

Comme nous le voyons sur cette carte des réserves prouvées au niveau mondial en 2012, les réserves principales se trouvent au Moyen-Orient bien sûr dans cette zone qu'on appelle le fer à cheval, qui va de l'Arabie Saoudite en passant par l'Iraq jusqu'à l'Iran, et on a également dans les pays de l'ex-URSS cette partie supérieure ici, et puis finalement aussi en Amérique, au Venezuela bien sûr, en Amérique du sud, et dans toute cette partie d'Amérique du nord qui ont des réserves importantes. La production européenne, elle, est en déclin, c'est essentiellement la Mer du Nord que nous connaissons.

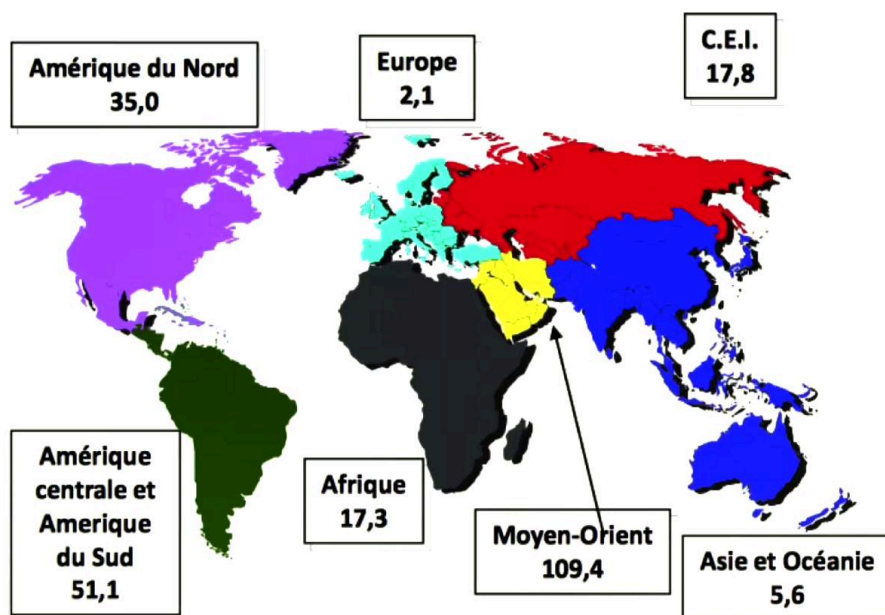
Notes

Summary



3m 24s

# Réserves mondiales de pétrole



(en milliards de tonnes)

- Total 238,3
- Moins de 1% en Europe

BP Statistical review 2013

La transition énergétique suisse

Cette autre carte résume les réserves par continent et la dure réalité des réserves de pétrole très faibles en Europe comme nous l'avons déjà dit. Le rapport entre la consommation de l'Europe des 28 et de la Suisse par rapport aux réserves n'est que d'une année, donc ça veut dire que c'est extrêmement faible. Si on inclut encore alors, la partie de la Russie et des pays de l'ancienne URSS on monte à quelques 25 ans.

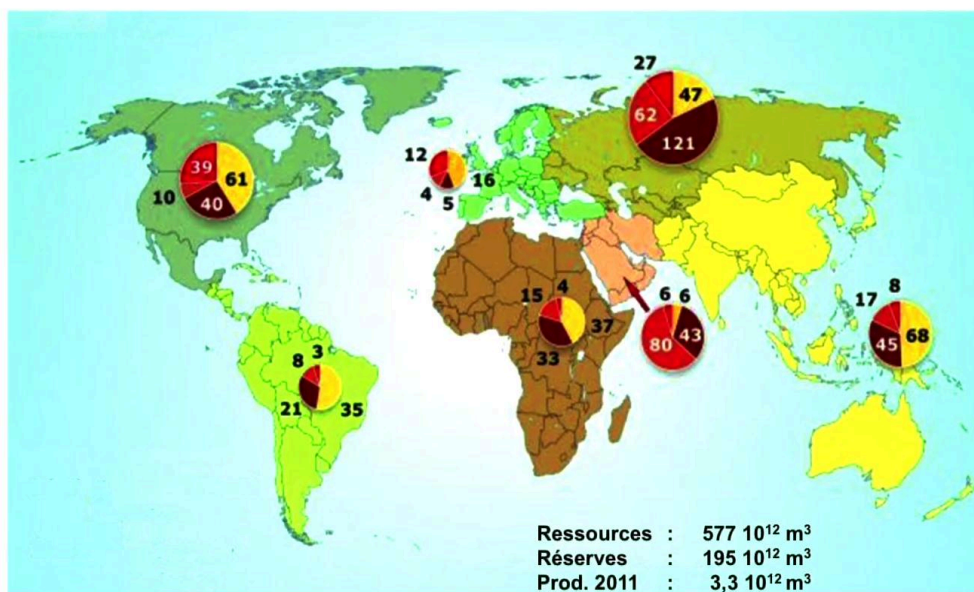
Notes

Summary



4m 05s

# Réserves mondiales de gaz naturel



La transition énergétique suisse

Un autre hydrocarbure qui prend de plus en plus d'importance en Suisse est le gaz naturel dont on voit sur cette carte l'estimation des ressources et réserves prouvées. Cela concerne aussi bien les ressources conventionnelles, que les ressources non-conventionnelles, et les réserves prouvées sont ici, et ça c'est la production cumulée que l'on a déjà exploitée jusqu'à maintenant. Et on voit un tout petit peu, par l'ampleur de ces cercles, que l'Europe en elle-même, n'a pas beaucoup de ressources.

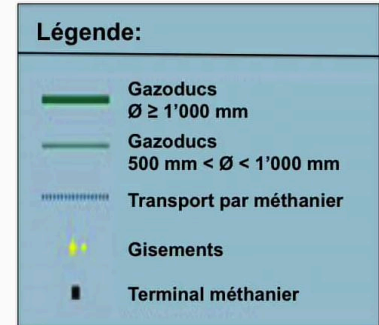
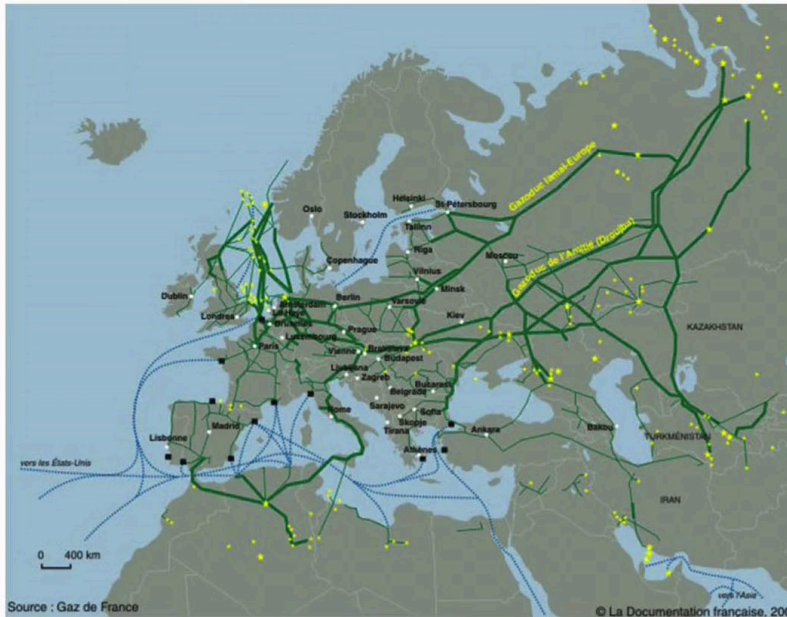
Notes

Summary





# Le réseau des principaux gazoducs européens



La transition énergétique suisse

Il existe de très nombreux pipelines pour le pétrole et le gaz en Europe. Quand on parle du gaz, on parle de gazoduc. Malheureusement, certains traversent des régions politiquement troublées et instables, ce qui constitue toujours une certaine menace pour cet approvisionnement et nécessite l'établissement de stocks préventifs. Pour le gaz naturel on peut dire que les sources d'approvisionnement viennent de l'Algérie, essentiellement par le biais de Gibraltar, l'Espagne, par le biais aussi de la Sicile et de l'Italie, en passant par la Tunisie, et bien sûr, tout ce qui vient de la Mer du Nord, qui est toujours en exploitation. Et finalement, les principaux gazoducs qui viennent de la Russie et des pays de l'ancienne URSS. On voit ici sur cette carte aussi, représentées les routes en bleu, qui sont les routes maritimes, car de plus en plus les gaz comme le gaz naturel sont transportés sous forme liquéfiée, dans des bateaux appelés des méthaniers parce que le gaz naturel est surtout composé de méthane  $\text{CH}_4$ , qui présente l'avantage, par rapport aux autres hydrocarbures, d'avoir 4 atomes d'hydrogènes pour 1 atome de carbone. Ça veut dire qu'on fait 4 molécules d'eau pour 1 molécule de  $\text{CO}_2$  et c'est deux fois plus que la plupart des combustibles liquides utilisés. C'est la raison pour laquelle le gaz naturel est favorisé quand il s'agit de discuter d'effet de serre.

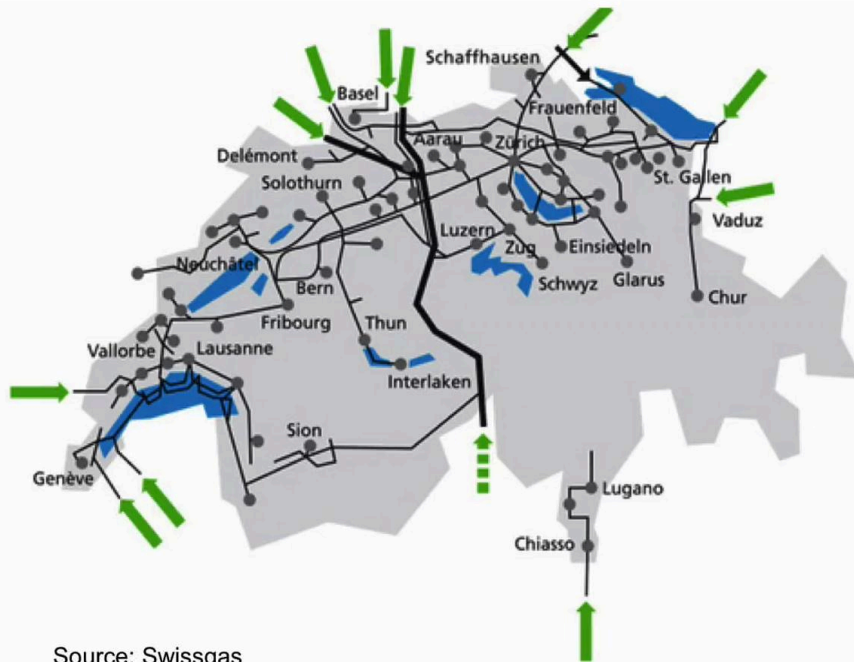
Notes

Summary

5m 04s



# Réseau suisse de transport de gaz naturel



## Légende:

- Gazoduc transeuropéen
- Réseaux de transport
- Points d'entrée actuels
- Points d'entrée projetés
- Points d'entrée (rés. local)
- Entreprises gazières

Source: Swissgas

La transition énergétique suisse

En Suisse, les réseaux de transport de gaz naturel, et bien on voit que les principales entrées sont tout autour de la Suisse et que l'on a une relativement bonne distribution de ces ressources à la frontière. Pour rappel, le méthane liquide qui arrive dans les pays méthaniers est à, à peu près, moins 160 degrés et ensuite converti en gaz pour être amené en Suisse, dans les différents réseaux que j'avais montré tout à l'heure.

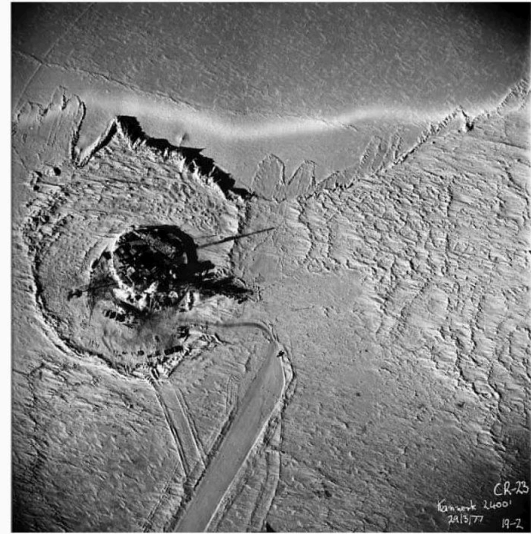
Notes

Summary



6m 36s

# Pétrole et gaz: exploration dans l'arctique (1977)



La transition énergétique suisse

Même si les réserves prouvées se maintiennent, voire même, augmentent, grâce aux ressources non conventionnelles dont on a parlé. L'Homme est déjà allé explorer très loin sur la planète. Comme ici, dans l'Arctique, où j'ai eu personnellement l'occasion de collaborer à l'exploration de gaz et de pétrole et où on voit ici, sur une île de sable, dans le cas présent, qui est installée durant l'été, on voit un derrick qui est en train de forer, et on voit également que la glace qui a été poussée par les vents, a formé un mur ici de quelques 12 mètres de hauteur de blocs de glace, et bien sûr ces mouvements de glace menacent de cisailer ce genre d'île, et ça c'est une des problématiques de ces explorations dans des zones extrêmement sensibles. On est déjà allé explorer aussi dans les océans, très profond puisque on est allé à plus de 2000 mètres de profondeur au large des côtes du Brésil par exemple.

Notes

Summary



7m 03s

# Pétrole et gaz: extraction en conditions extrêmes



<https://www.linkedin.com/pulse/20140608051128-93853805-review-on-fatigue-life-reliability-in-offshore-structures>



<http://archive.russiaeurasiablog.futureforeignpolicy.com/2012/05/russia-and-scramble-for-arctic.html>

La transition énergétique suisse

Ces deux photos assez spectaculaires montrent bien dans quelles conditions difficiles il faut parfois œuvrer pour étancher la soif d'or noir de notre monde moderne.

Notes

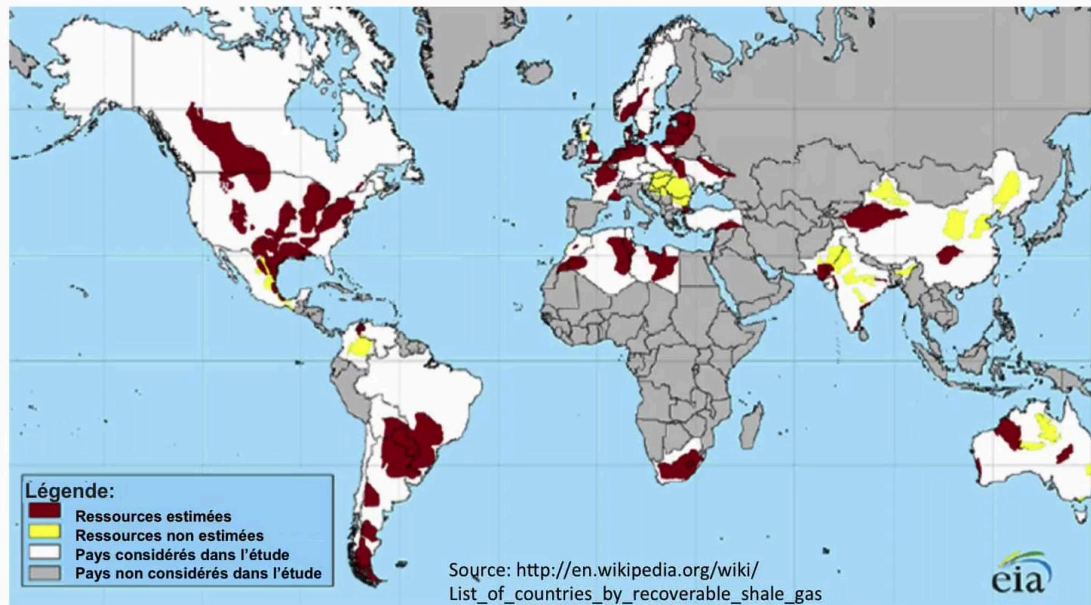
Summary



8m 01s



# Une nouvelle ressource: le gaz de schiste



La transition énergétique suisse

Une nouvelle ressource, le gaz de schiste. Au niveau mondial, de nouvelles techniques de forage et de fracturation de roches dites mères, comme on l'a vu, ont permis l'exploitation de ressources en hydrocarbures, pétrole ou gaz, jusque-là inexplorées. Ces cartes montrent la localisation géographique de ces ressources dont une partie très importante bien sûr est aux Etats-Unis et c'est là qu'on a des milliers de forages récemment qui ont été faits. Et ça, ça a été favorisé aux Etats-Unis par, notamment, l'exemption faite par l'administration Bush, de respecter le *Clean Water Act*, ça veut dire, quelquefois ces explorations ont été faites de manière un petit peu trop rapide et ont causé quelques problèmes qui conduisent à des évaluations pas toujours positives par rapport au gaz de Schiste. A part ça ces nouvelles techniques de forages horizontaux et de fracturation des roches sous pression demandent un grand nombre de forages et peuvent être problématiques dans des zones à haute densité de population comme en Europe, et donc il y a ici un débat qui est ouvert. Mais pour donner une petite idée, rien que dans cette zone du Dakota du nord ici aux Etats-Unis, pour maintenir la production, on estime qu'il faudra réaliser plus de 1000 forages par année, rien que pour maintenir la production, ça veut dire que c'est des mises en oeuvre qui sont certainement très importantes.

Notes

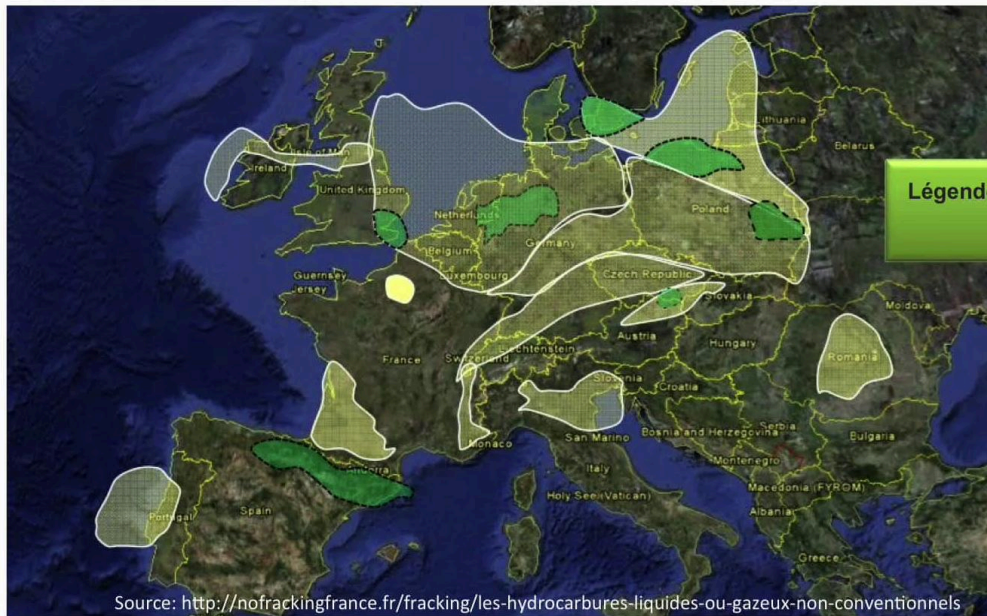
Summary



8m 11s



# Gaz de schiste en Europe et en Suisse



Légende:

vert : bassins explorés  
Jaune : bassins potentiels

Voir aussi la récente  
table ronde sur la  
fracturation  
hydraulique pour  
l'énergie sous  
[www.fifel.ch](http://www.fifel.ch)

EPRC 2009

La transition énergétique suisse

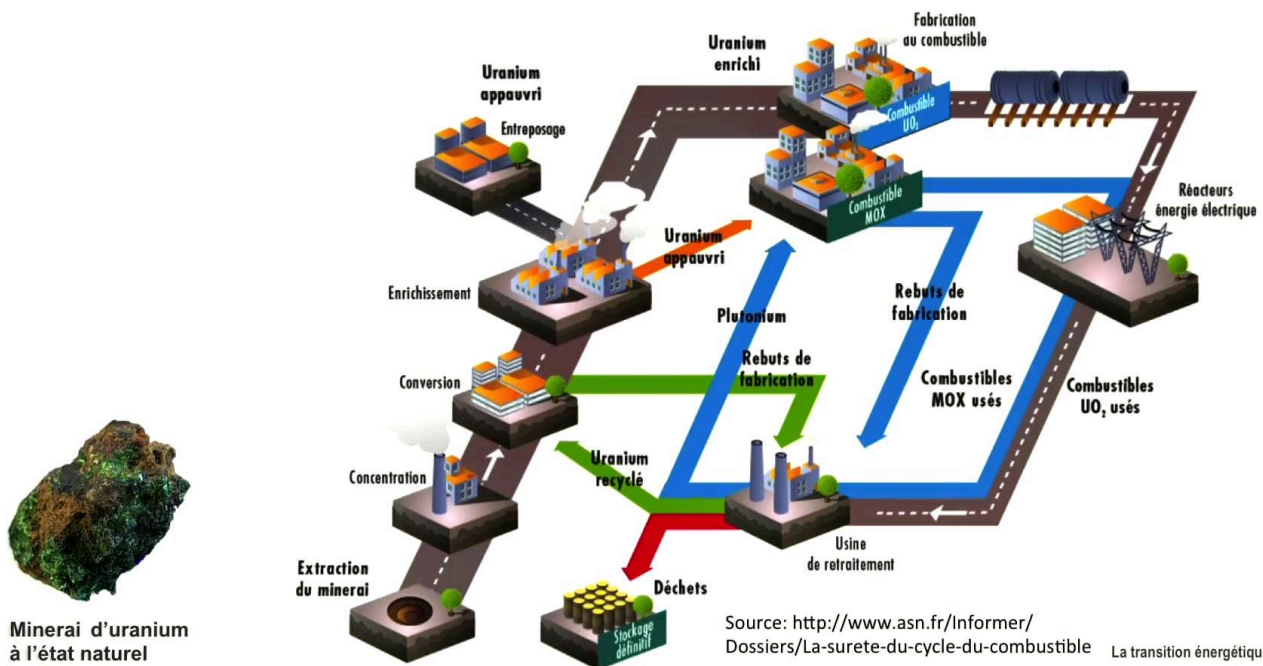
Pour ce qui est de l'Europe plus spécifiquement, on voit sur cette carte les différentes zones qui sont estimées comme étant des réserves importantes, notamment en Roumanie, en Pologne, au Royaume-Uni et en France, mais jusqu'à présent, la France a interdit l'exploration avec ce genre de technologies donc les choses sont encore ouvertes. Pour ceux qui sont intéressés à compléter leur information, je les invite à regarder sur internet la récente table ronde organisée à l'EPFL, elle est disponible sur le site [fifel.ch](http://fifel.ch) ou le site du centre de l'énergie de l'EPFL.

Notes

Summary



# Le combustible nucléaire: cycle du combustible



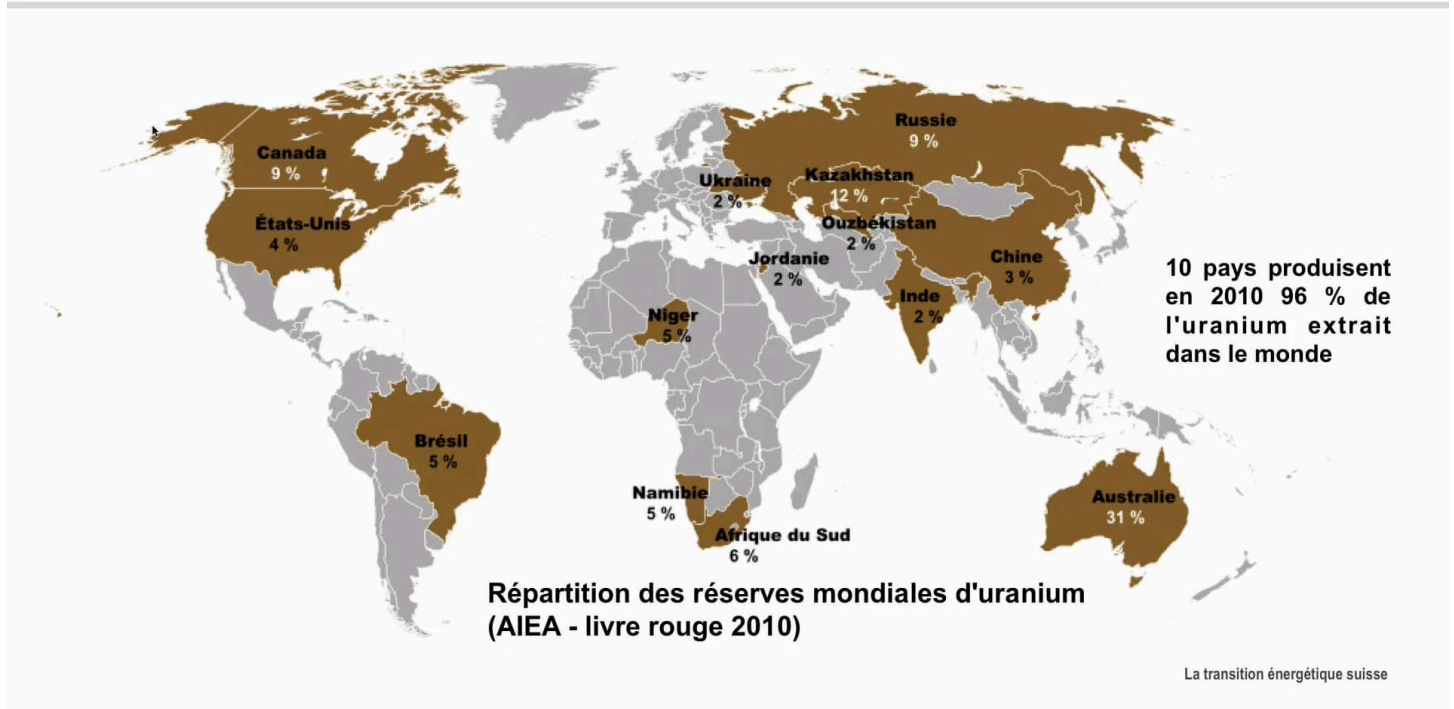
Maintenant, parlons d'un autre combustible, le combustible nucléaire. Ça n'est pas à proprement parler un combustible, mais on parle de combustible et de cycle de combustible nucléaire. Et on voit qu'en partant du minerai d'uranium naturel et bien il y a toute une série de concentrations, de conversions, d'enrichissements, et finalement, de mise en forme de cet uranium dans des barres que l'on va ensuite insérer dans les réacteurs nucléaires qui sont répartis dans le monde et ensuite on a également un retraitement important des combustibles qui restent. Donc le schéma présenté ici donne une idée du nombre et de la complexité de ces opérations que l'on désigne globalement sous le vocable de cycle de combustible nucléaire.

Notes

Summary



# Le combustible nucléaire: pays producteurs



A noter que d'un point de vue de dépendance géostratégique, c'est plus le nombre très limité de pays qui ont la capacité d'enrichir l'uranium au niveau de 3% en uranium 235, que la disponibilité de l'uranium lui-même qui est important. Les pays qui ont cette capacité sont donc critiques pour l'approvisionnement des centrales et on retrouve ces capacités aux Etats-Unis, en Russie, essentiellement, mais aussi un peu en Grande-Bretagne, au Japon et en Chine.

Notes

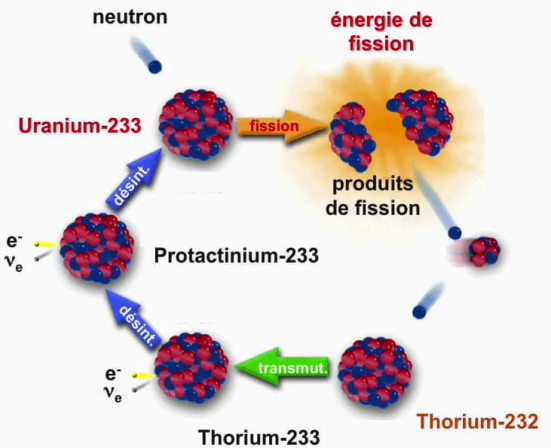
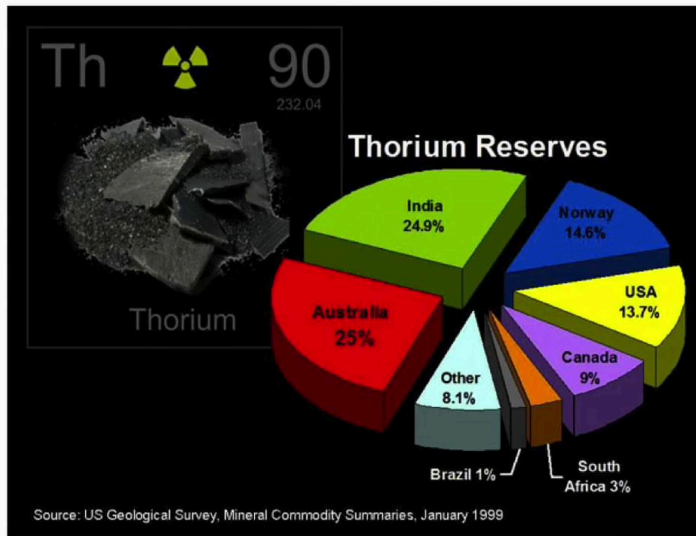
Summary



10m 59s

# L'autre combustible nucléaire: le thorium

## Prometteur, mais encore inexploité



La transition énergétique suisse

Un autre combustible nucléaire qui est prometteur, c'est le thorium, il n'est pas encore exploité, et comme l'uranium 233 fissile peut être obtenu à partir du thorium 232, ça représente un grand avantage. Donc on peut partir du thorium et le transformer en uranium 233, qui lui, est fissile, et on peut alors l'exploiter dans des centrales adaptées, qui malheureusement n'existent pas encore. Mais le thorium a des réserves très importantes à travers le monde, comme on le voit ici en Inde, en Australie en Norvège, aux USA et au Canada, pour ne citer que les principales sources de thorium dans le futur. Alors, il n'est pas évident de développer de nouveaux réacteurs dans une nouvelle filière, économiquement, mais c'est une des perspectives qu'on peut imaginer dans le futur.

Notes

Summary





# Conclusions



- La Suisse est dépendante à plus de 75% des importations de ressources fossiles et nucléaires
- L'Europe des 28 plus la Suisse n'a des réserves propres que pour une année environ
- Toutefois le rapport entre les ressources mondiales en pétrole et en gaz et la consommation actuelle a augmenté légèrement au-delà de 50 ans mais les conditions géopolitiques restent instables
- Des ressources non conventionnelles d'hydrocarbures existent en Europe et en Suisse mais leur exploitation est controversée
- Les ressources en combustible nucléaire ne posent pas de problème à l'échelon du siècle, mais l'exploitation des mines d'uranium fait aussi l'objet de controverses

La transition énergétique suisse

Nous avons donc vu que la Suisse est dépendante à plus de 3/4 pour ses importations de combustibles fossiles et nucléaires. Que l'Europe des 28 plus la Suisse n'ont des réserves propres que pour une année environ, et toutefois, on se rassure en se disant que le rapport entre les ressources mondiales en pétrole et en gaz et la consommation actuelle, a légèrement augmenté et est de plus de 50 ans, pour autant que, naturellement on ait des conditions géopolitiques qui soient stables. Des ressources non-conventionnelles d'hydrocarbures existent en Europe et en Suisse, mais leur exploitation est très controversée. Les ressources en combustibles nucléaires ne posent pas de problèmes à l'échelon du siècle, ce d'autant qu'il y a de nouvelles technologies qui se développent, mais l'exploitation des mines d'uranium, par exemple, fait aussi l'objet de controverses.

Notes

Summary



12m 27s