

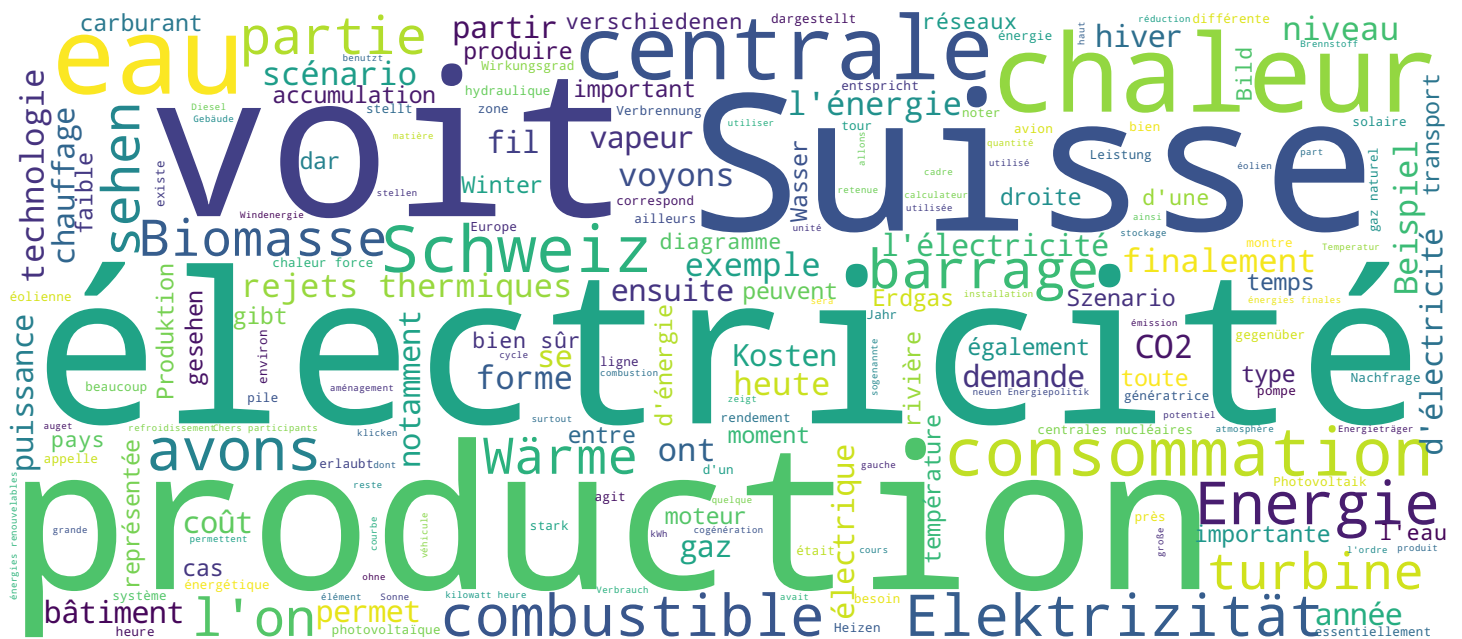
Offre d'électricité en 2011

Transition énergétique suisse: comprendre pour choisir



Prof D. Favrat

avec des contributions de P.-A. Haldi, F. Maréchal, F. Vuille, Ph. Gillet, V. Codina et A. Bolcs



Search MOOC



Video



EPFL



La transition énergétique suisse

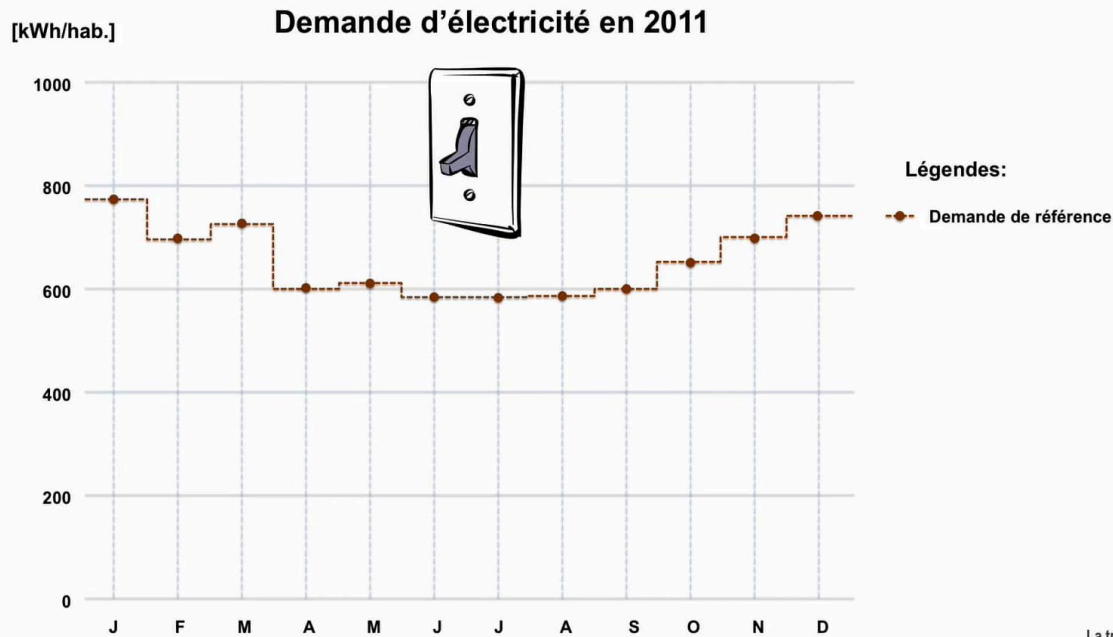
Offre d'électricité en 2011 : Transition énergétique suisse : comprendre pour choisir Chers participants, Nous avons vu comment la consommation d'électricité s'établissait en Suisse, notamment en 2011 - qui est notre année de référence- et maintenant nous allons nous pencher sur les différents moyens que nous avons pour produire cette électricité en Suisse, et voir ce qu'il nous faudra pour importer et les technologies qui s'y réfèrent.

Notes

Summary



0m 03s



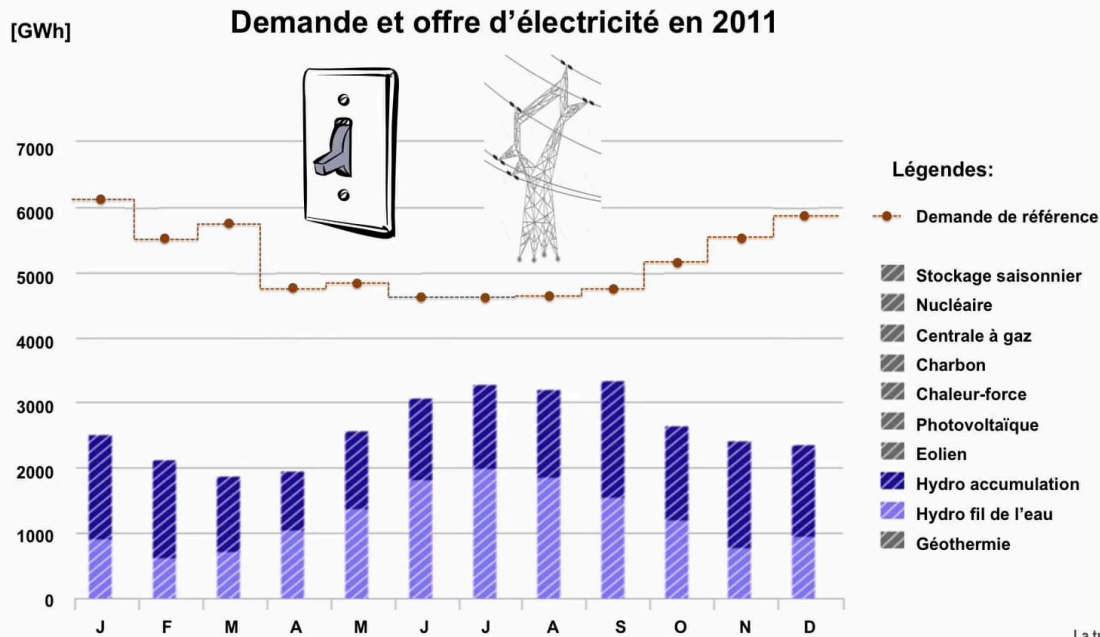
Nous voyons ici la demande 2011, et nous allons pouvoir faire passer une ligne par le sommet de chacune de ces barres, pour représenter la demande complète en 2011 et ensuite pouvoir examiner comment nous l'avons satisfaite. Nous avons ici la demande complète avec cette ligne traitillée et maintenant nous allons pouvoir supprimer les barres colorées pour mieux représenter ce que nous voulons faire, c'est-à-dire : comment nous avons satisfait cette demande avec la production.

Notes

Summary



0m 26s



La Suisse est connue pour être le château d'eau d'Europe et l'hydraulique est une composante importante de l'approvisionnement de notre pays en électricité. Nous pouvons visualiser tout d'abord la production mensuelle au fil de l'eau, soit des centrales qui sont établies le long des rivières en jouant sur de faibles différences de niveau d'eau. Comme nous pouvons tous l'observer, les rivières ont bien moins d'eau en hiver qu'en été, car une partie de l'eau, des précipitations, reste sur les montagnes sous forme de neige. Par contre en été, à la fonte des glaces, le courant est beaucoup plus important et le tout reflète cette production d'électricité au fil de l'eau que nous voyons ici en barres bleu clair et qui montre cette production importante que nous avons sur l'été. Ajoutons maintenant en bleu foncé la production électrique provenant de barrages d'accumulation comme le barrage de la Grande-Dixence. Cette production ne permet pas de compenser la variation saisonnière de l'hydraulique de rivière, car les barrages de retenue n'ont pas une capacité suffisante pour pouvoir conserver toute l'eau d'été pour ne la turbiner qu'en hiver. En réalité, nous turbinons l'été en même temps qu'on les remplit sinon les bassins d'accumulation déborderaient.

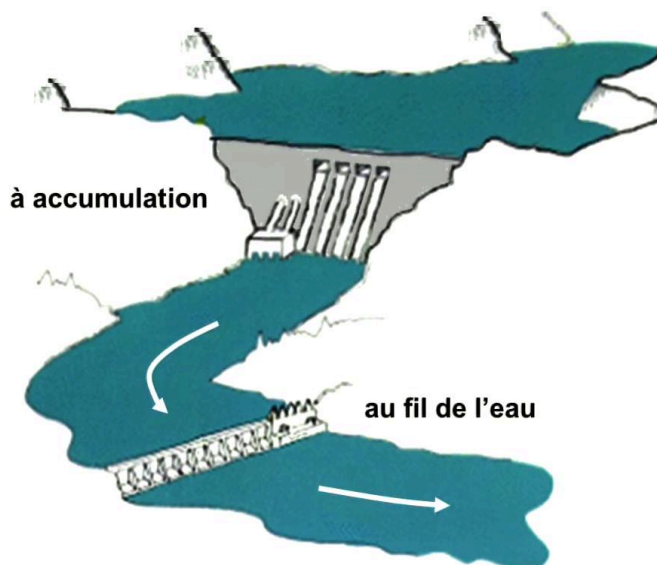
Notes

Summary





Aménagements hydroélectriques



La transition énergétique suisse

Sur ce dessin, on voit une représentation des deux types principaux d'aménagements hydrauliques : des barrages d'accumulation qui sont en altitude, et finalement les barrages au fil de l'eau qui permettent de créer cette différence de niveau, même faible, qui va être exploitée dans des turbines.

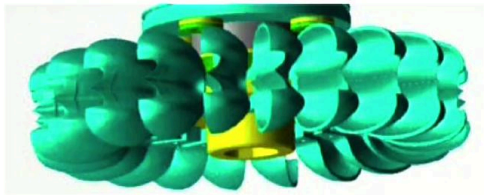
Notes

Summary

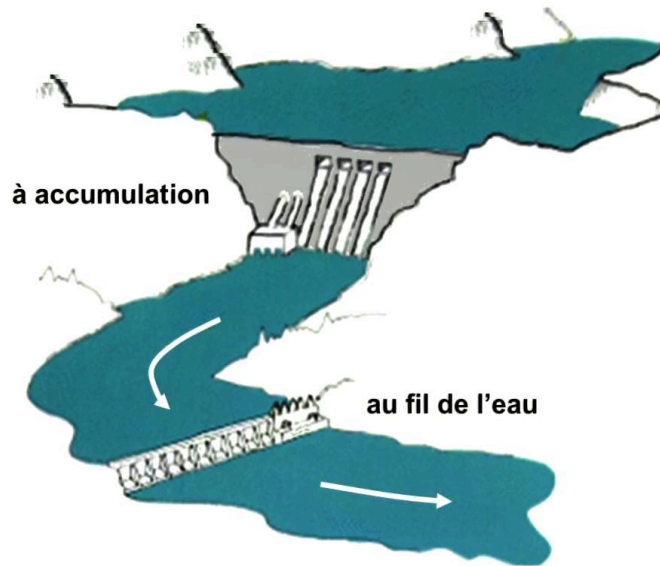


2m 31s

Electricité à partir de la force hydraulique



**A m é n a g e m e n t s
h y d r o é l e c t r i q u e s**



La transition énergétique suisse

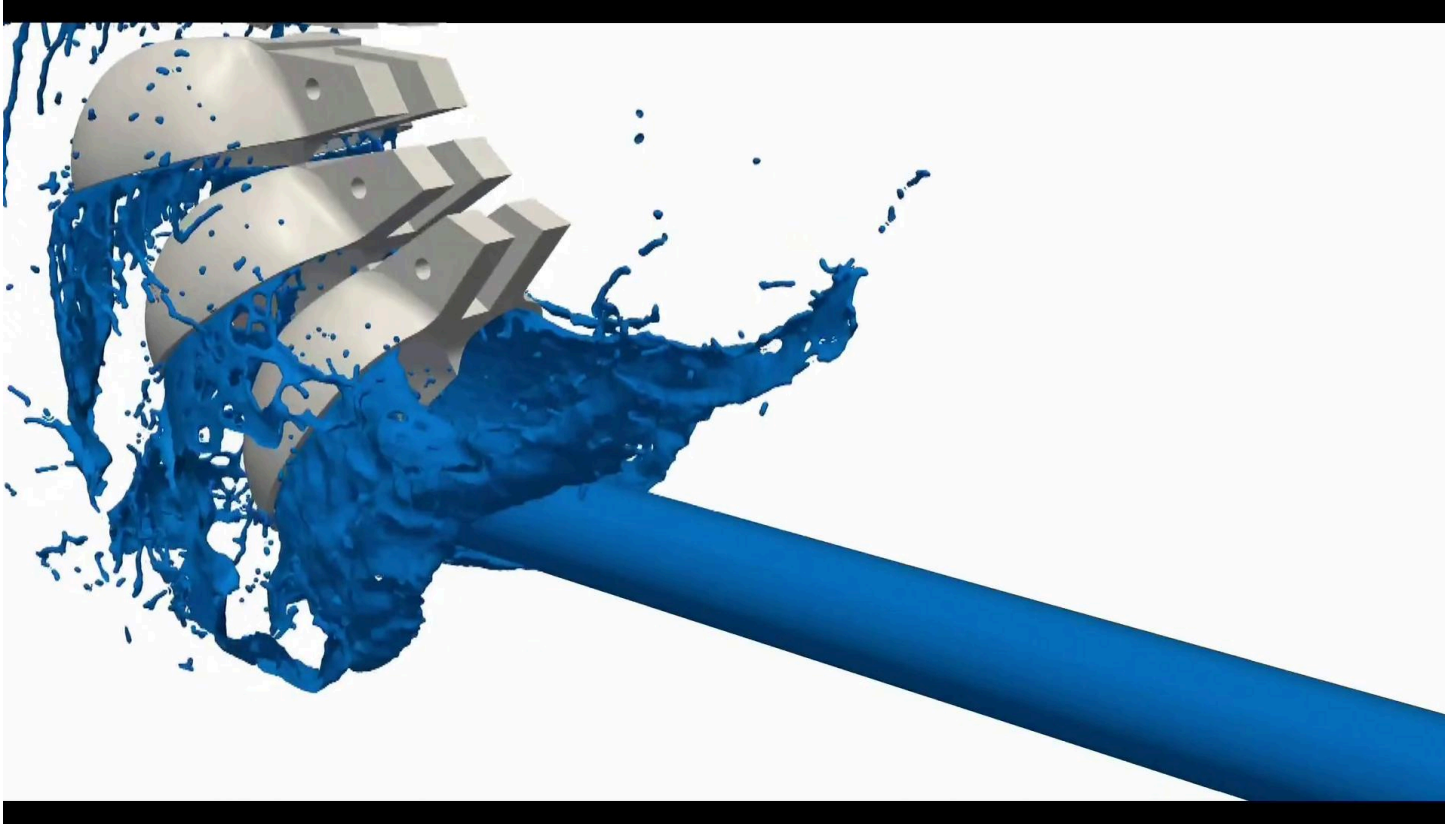
Les techniques utilisées dans les deux cas sont différentes car, pour les centrales à accumulation et à haute chute, on considère des turbines de type Pelton, comme ici, qui ont des sortes de cuillères en forme d'auget que nous voyons et qui sont ensuite entraînées par des jets d'eau qui vont gicler sur ces augets permettant la rotation de l'arbre et de la génératrice. À noter que ces turbines ne peuvent pas être inversées pour aussi faire du pompage.

Notes

Summary



2m 51s



Ce film permet de visualiser comment un jet d'eau, représenté ici en bleu, interagit avec les augets d'une turbine Pelton qui sont échancrés de telle sorte que l'on ait un passage harmonieux d'un auget à l'autre, qui permet finalement de faire tourner le rotor d'une telle turbine; or, comme nous l'avons dit, ces turbines Pelton sont essentiellement utilisées pour convertir de grandes chutes d'eau comme celles du barrage de la Grande-Dixence.

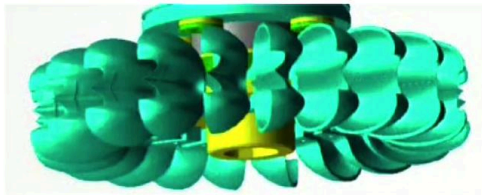
Notes

Summary

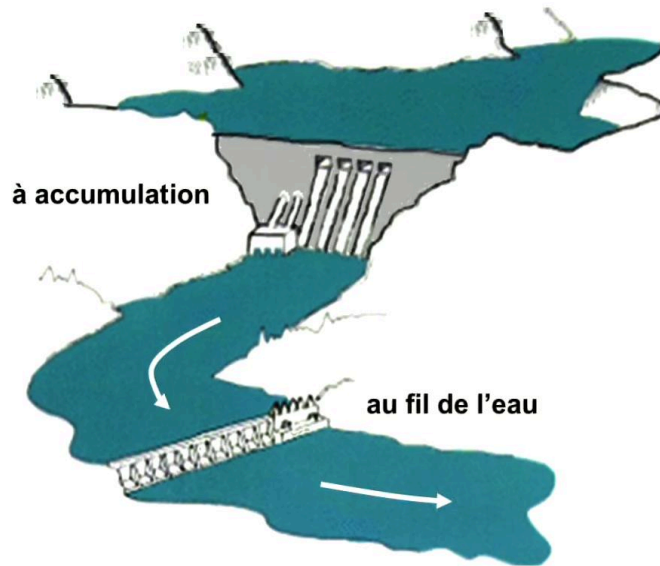
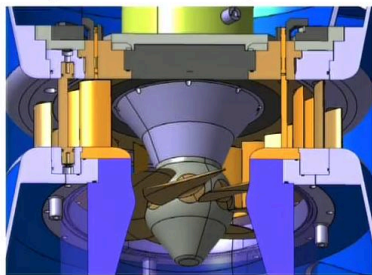
3m 26s



Electricité à partir de la force hydraulique



A m é n a g e m e n t s h y d r o é l e c t r i q u e s



La transition énergétique suisse

Dans les centrales au fil de l'eau comme celle-ci, nous avons souvent des turbines de type Kaplan, qui sont comme des hélices de bateau, mais elles sont bien adaptées aux faibles chutes et donc particulièrement adaptées à l'hydraulique au fil de l'eau. Nous distinguons ici les pales d'une turbine Kaplan qui va entraîner également une génératrice.

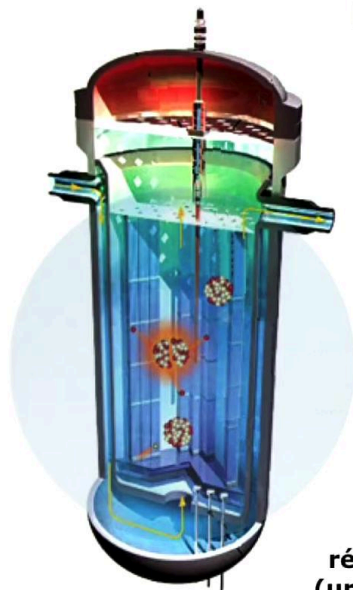
Notes

Summary

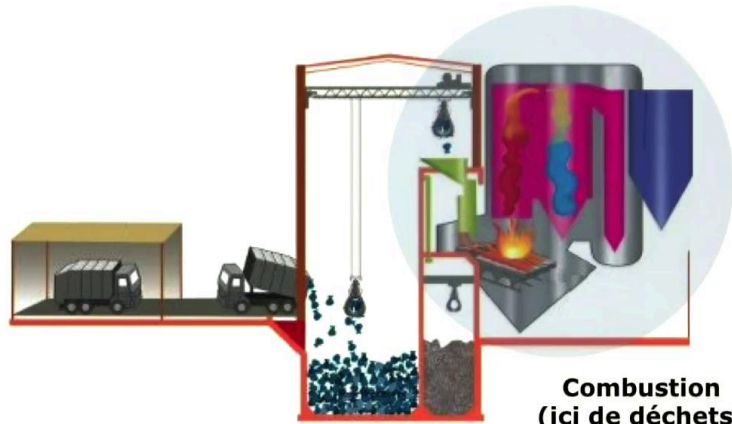


4m 00s

Principales sources de chaleur



**réactions de fission
(uranium, plutonium)**



**Combustion
(ici de déchets)**

La transition énergétique suisse

Pour les chutes de moyenne hauteur on utilise des turbines dites Francis qui ont des canaux fermés dans lesquels l'eau est déviée comme on le voit sur ce film. L'eau entre radialement en haut et ressort axialement en bas, étant accompagnée d'une jolie torche de vapeur en sortie, comme on le voit représenté en vert clair. Ces turbines peuvent être entraînées à l'envers pour assurer aussi du pompage, et sont donc bien adaptées aussi au pompage-turbinage, qui est un mode de stockage nuit/jour par exemple, qui est très efficace. Et une installation récente comme Nant de Drance en Valais, utilise plusieurs de ces pompes-turbines de type Francis. La Révolution industrielle a commencé à partir du moment où l'on a été capable de convertir partiellement la chaleur en électricité, cette chaleur pouvant être obtenue en brûlant un combustible, comme ici à droite, dans des centrales d'incinération d'ordures, où l'on voit les camions qui déversent leurs ordures dans un puits, puis ensuite une grue qui va les amener dans un four, à partir duquel on va générer de la vapeur, pour pouvoir faire un cycle thermique à vapeur et produire de l'électricité.

Notes

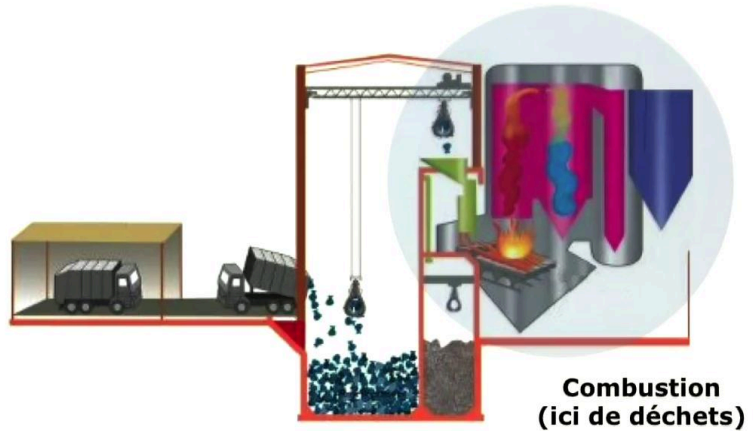
Summary



Principales sources de chaleur



**réactions de fission
(uranium, plutonium)**



**Combustion
(ici de déchets)**

La transition énergétique suisse

On voit aussi une autre forme d'appoint de chaleur, comme représentée ici à gauche, qui est celle d'un réacteur nucléaire, où des réactions nucléaires provoquent un échauffement et on peut chauffer de l'eau dans ce contexte et ensuite l'exploiter également dans un cycle à vapeur pour faire de l'électricité.

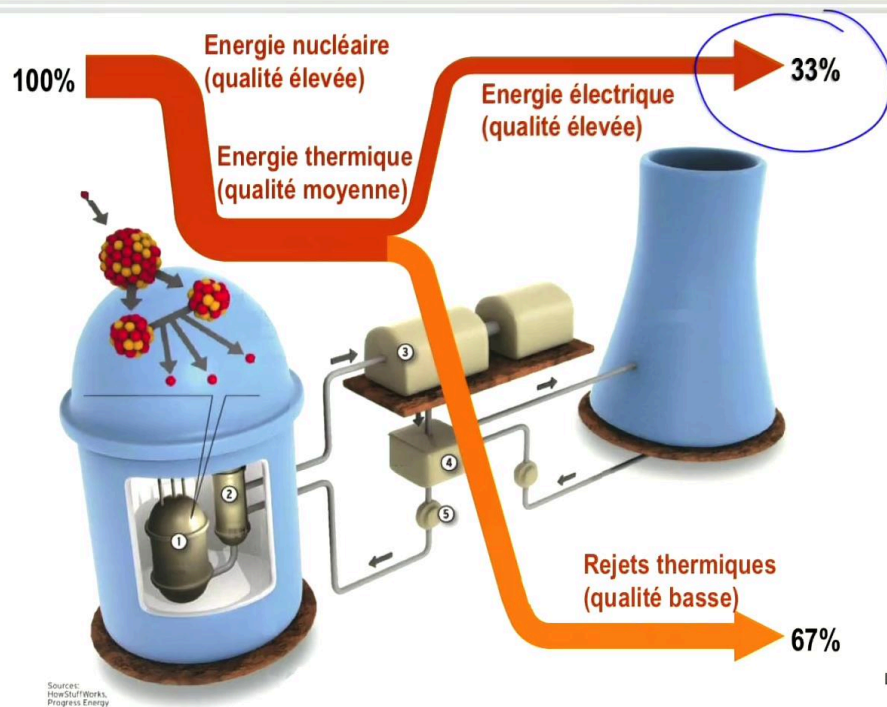
Notes

Summary



5m 51s

Electricité à partir de chaleur



La transition énergétique suisse

On ne peut cependant convertir qu'une partie de la chaleur en électricité, le reste doit être transmis à une source froide, qui sera l'atmosphère ou de l'eau de rivière, ou de lac ou de mer lorsque les centrales sont installées près de grandes nappes d'eau. C'est ce qu'on appelle les rejets thermiques qui viennent se dissiper dans les tours de refroidissement que l'on voit ici et qui sont proches de toutes les grandes centrales thermiques. À noter qu'au lieu de dissiper dans l'environnement avec ces tours, les rejets thermiques peuvent être aussi utilisés dans des réseaux de chauffage à distance, dans le cadre d'installations de cogénération de chaleur et d'électricité appelées aussi centrales chaleur-force. Dans le cadre des centrales nucléaires, actuellement en Suisse, environ 33% seulement de l'énergie chaleur est utilisée pour être convertie en électricité, le reste, environ les 2/3 soit 67%, doit être rejeté dans l'atmosphère, et il n'existe qu'une faible possibilité d'utiliser ces rejets thermiques dans des réseaux de chauffage urbains, car il s'agit de quantités extrêmement importantes, il existe une petite installation en Suisse, qui le fait cependant, mais en n'exploitant qu'une portion extrêmement faible de la quantité de chaleur disponible.

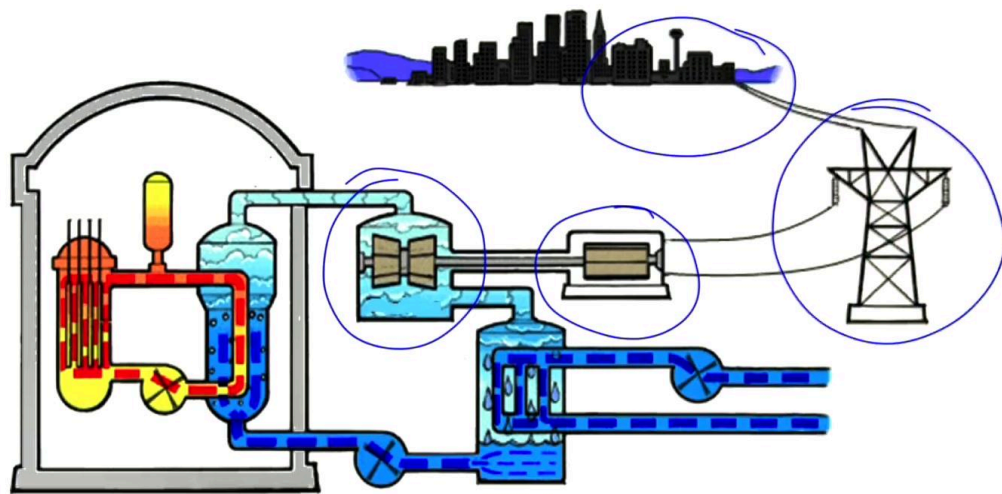
Notes

Summary



6m 12s

Electricité: vue schématique d'ensemble



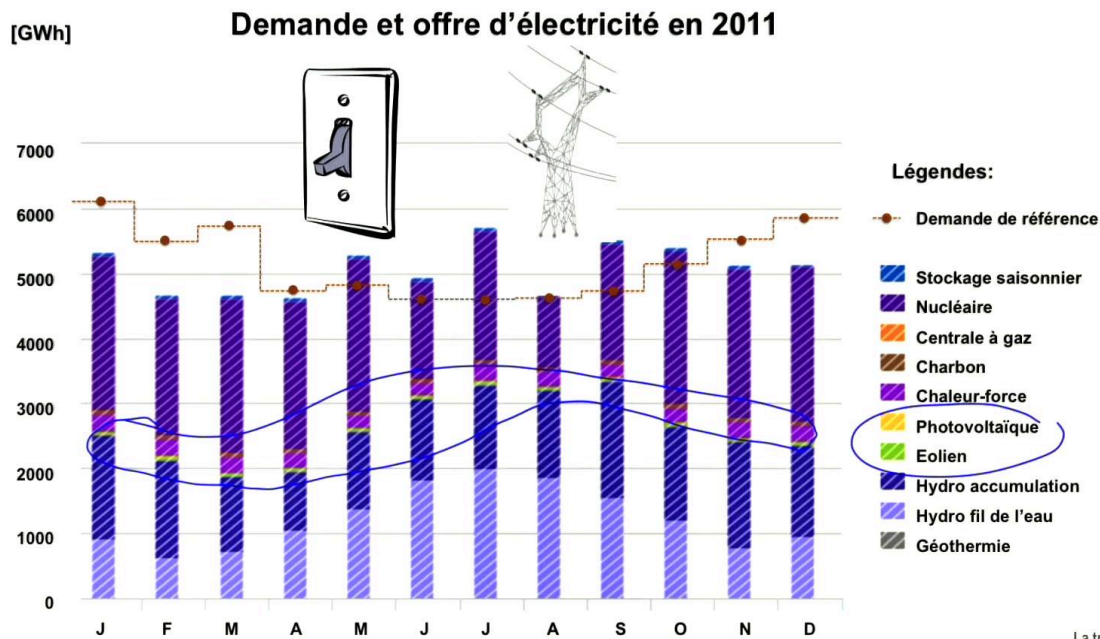
La transition énergétique suisse

Une image plus complète nous montre un réacteur nucléaire qui génère de la vapeur, qui entraîne ensuite une turbine et ensuite qui, elle-même, entraîne une génératrice, et finalement, on a des lignes à haute tension pour distribuer et pour transporter cette électricité vers les utilisateurs.

Notes

Summary





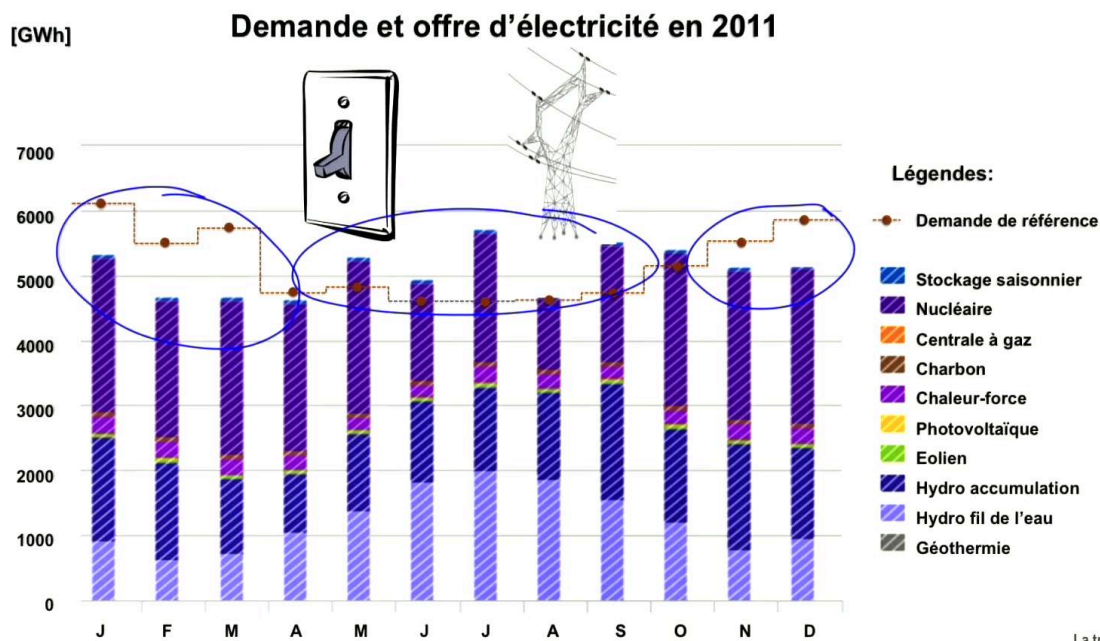
Revenons maintenant au diagramme de notre calculateur et voyons en violet apparaître la partie de production à partir de centrales nucléaires en 2011. La Suisse a actuellement cinq réacteurs nucléaires permettant de fournir en hiver près de 50% de la production suisse. La production a été ici légèrement plus faible en juin et en août en raison de nécessités de maintenance qu'il faut respecter chaque année. Il existe par ailleurs d'autres sources de production d'électricité à partir de carburant, comme les hydrocarbures ou les ordures ménagères qu'on a mentionnées tout à l'heure, et ceci, dans des centrales en général de type chaleur-force, c'est-à-dire produisant à la fois l'électricité et la chaleur. Cette production constitue environ 5% au total et est représentée par cette petite bande grenat ici, qui est venue s'intercaler dans nos barres verticales. Enfin, nous avons accumulé du retard sur nos voisins en matière d'éolien et de solaire photovoltaïque, ces deux sources qui sont représentées en vert et jaune dans la légende ici. Ce bilan global d'électricité avec ici ces barres jaunes et vertes qui sont très faibles dans la partie intermédiaire, montrent bien qu'en Suisse en 2011, nous avons une production de moins de 1% de l'électricité sous cette forme.

Notes

Summary



7m 57s



Ce bilan global de l'électricité illustre le fait que la Suisse peut exporter en été, mais qu'elle doit importer en hiver.

Notes

Summary

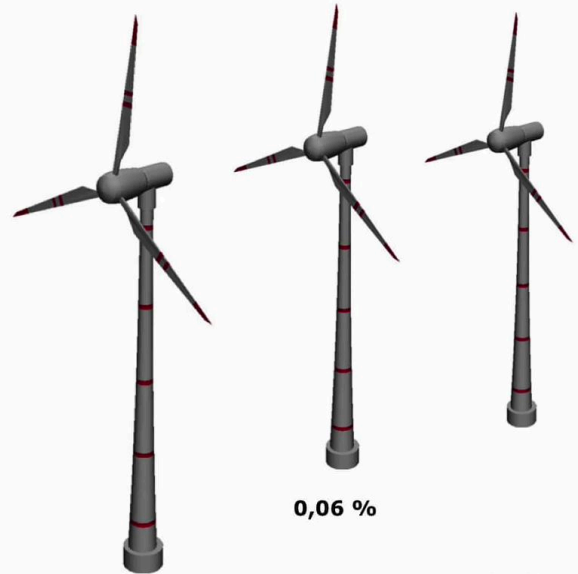


9m 36s

Contribution des différents types de centrales



0,25 %



0,06 %

La transition énergétique suisse

Et ceci est particulièrement évident depuis environ une dizaine d'années. Comme je l'ai dit tout à l'heure, la production à partir des deux nouvelles énergies renouvelables que sont le solaire photovoltaïque ici qui représentait 0,25% ou l'éolien à droite qui représentait 0,06% en 2011 était encore extrêmement faible, mais leur taux de croissance est très important et nous verrons donc dans les prochaines années une part générée par ces énergies beaucoup plus importante.

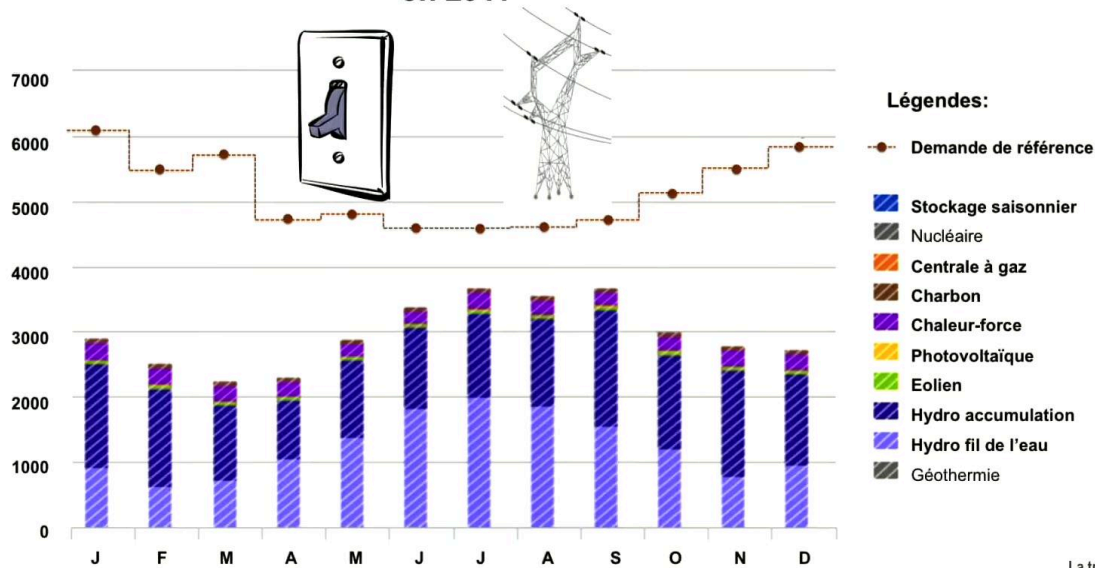
Notes

Summary



9m 56s

[GWh] **Demande et offre d'électricité sans nucléaire en 2011**



Dans ce dia, nous avons supprimé maintenant la production nucléaire, et nous voyons que, si nous avons fermé les centrales nucléaires en 2011, nous aurions la figure telle qu'elle est ici, avec la demande et la production, et avec une bien plus forte dépendance encore aux importations.

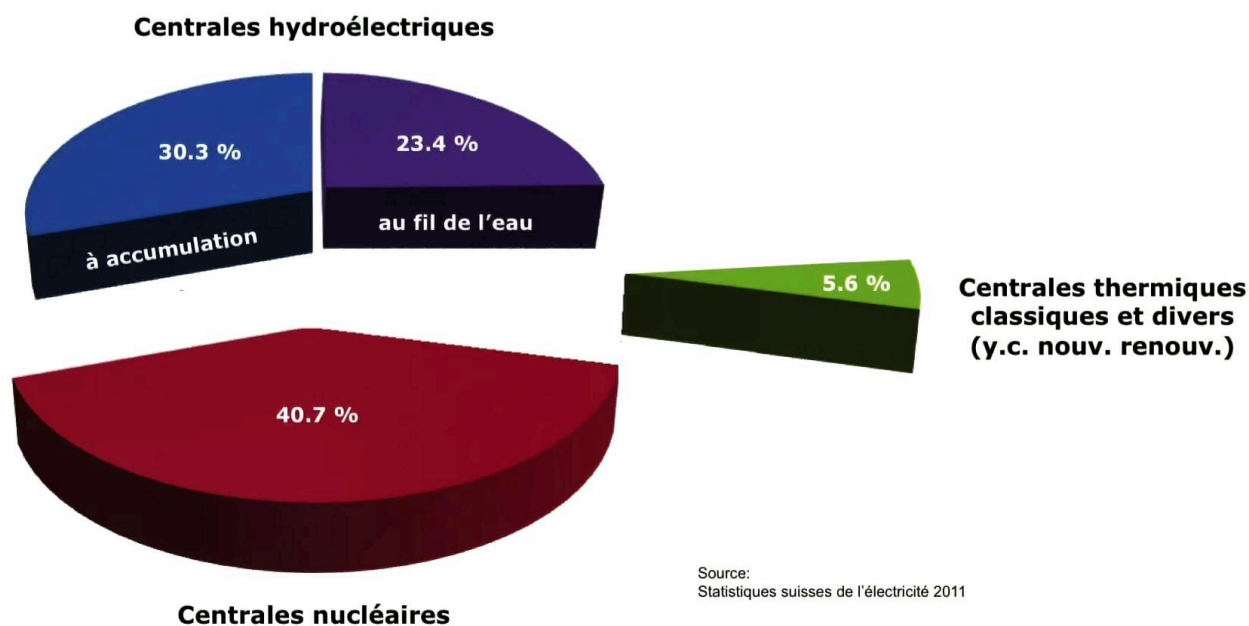
Notes

Summary

10m 30s



Contribution des différents types de centrales



La transition énergétique suisse

Ce diagramme en forme de gâteau nous permet de visualiser les principales sources de production d'électricité en Suisse et nous voyons que l'hydraulique représentait en 2011 seulement 53,7% entre le fil de l'eau et l'accumulation, et le nucléaire un peu plus de 40% avec les autres sources thermiques dont j'ai parlé qui représentaient entre 4 et 6%, ici, 5,6% en 2011.

Notes

Summary



10m 54s

Electricité: un difficile équilibre



La transition énergétique suisse

L'électricité est un exercice d'équilibre puisqu'en grande partie il s'agit de consommer l'électricité au moment où elle est produite, à part quelques opérations de stockage qui existent, mais globalement il s'agit de respecter ces deux éléments. Il est nécessaire pour cela et très utile d'avoir des réseaux qui soient largement interconnectés en Europe, car ça permet de mieux jouer sur les synergies de production.

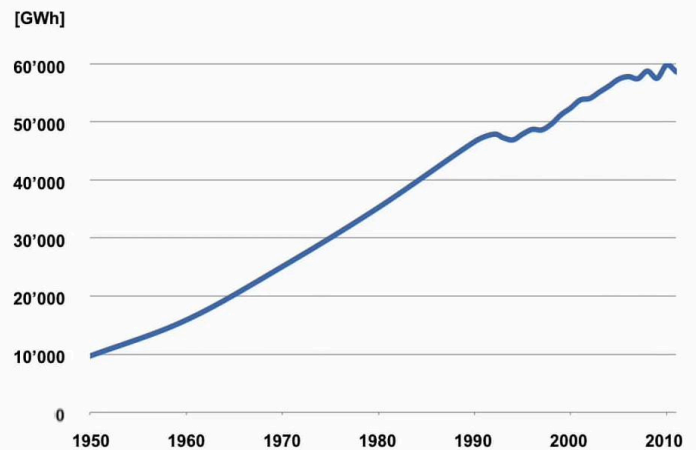
Notes

Summary



11m 28s

Une consommation d'électricité en hausse



La transition énergétique suisse

Cependant, la dépendance aux importations est d'autant plus préoccupante que la consommation n'a fait qu'augmenter durant les 60 dernières années avec, de temps en temps, de courtes stabilisations comme on le voit sur cette courbe. D'où l'importance des considérations de production dans les futurs scénarios de stratégie énergétique que nous allons analyser.

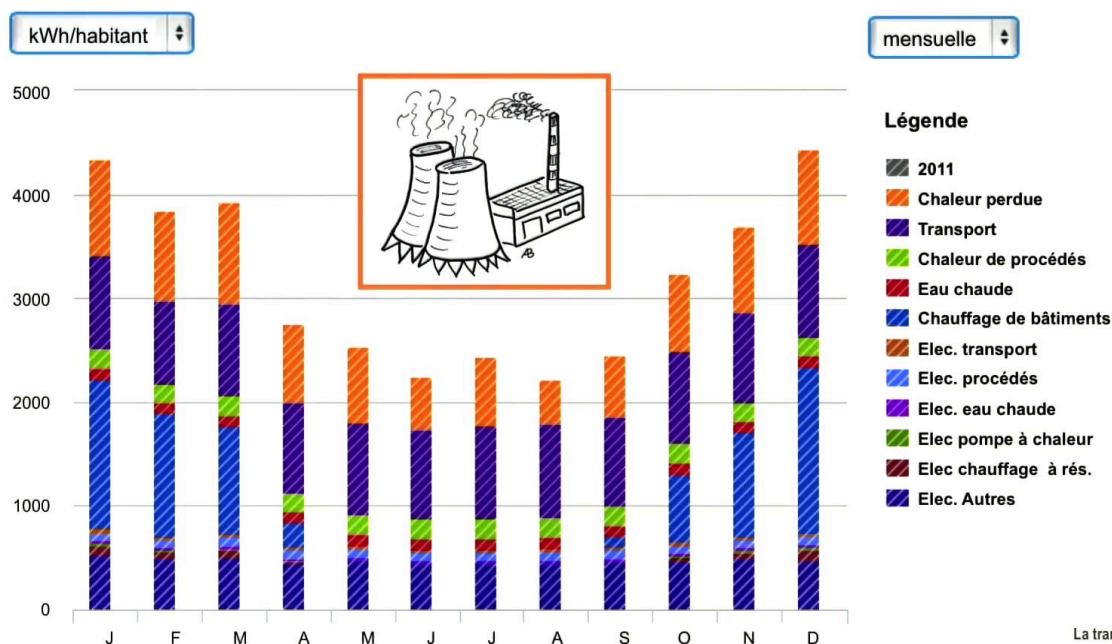
Notes

Summary



12m 03s

Importances des rejets thermiques (prod. électricité)



Dans une stratégie énergétique, il convient de souligner l'importance des rejets thermiques pour la production d'électricité. Si nous reprenons le graphe que nous avons établi avec les énergies finales, nous avons ici ajouté des barres qui représentent les rejets thermiques des centrales de production d'électricité. Il ne s'agit alors pas à proprement parlé d'énergies finales, si ce n'est au sens des opérateurs de centrales qui eux doivent payer en combustibles l'électricité, plus les rejets thermiques, puisqu'ils doivent acheter les combustibles correspondants. L'intérêt d'ajouter les rejets thermiques est d'illustrer dans les futurs scénarios, les progrès que l'on pourrait faire pour mieux utiliser les énergies disponibles et en réduire les importations de combustibles. Ces rejets thermiques ici sont symbolisés par ces tours de refroidissement.

Notes

Summary



12m 32s

Conclusions



- Les différentes sources de production d'électricité en Suisse
- La Suisse est déficitaire en électricité en hiver et doit importer l'électricité
- La production par centrales thermiques (nucléaires, incinération d'ordures,...) produisent des rejets thermiques (pertes de chaleur)

La transition énergétique suisse

En guise de conclusion nous avons vu que les différentes sources de production d'électricité en Suisse c'était l'hydraulique, le nucléaire et une partie de thermique avec l'incinération d'ordures notamment. La Suisse est déficitaire en électricité en hiver, comme nous l'avons vu elle doit donc l'importer durant ces mois-là et puis par ailleurs, nous avons également établi qu'il était nécessaire pour la production d'électricité par centrale thermique Il était nécessaire d'émettre des rejets thermiques dans l'atmosphère, qu'on appellera pertes de chaleur et qu'on va ajouter à la consommation d'énergie finale pour avoir un tout cohérent pour apprécier les scénarios pour 2035 et 2050.

Notes

Summary



13m 35s