





## Partie 2

- Recherche de la hauteur et nouvelles technologies
- Problématique des fermes éoliennes
- Evolution de l'éolien en Suisse et dans le monde
- Avantages et inconvénients
- Conclusions générales

La transition énergétique suisse

L'énergie éolienne (partie 2) Chères participantes et chers participants nous voilà à la deuxième partie du cours qui traite de l'énergie éolienne. Dans cette partie, on va examiner la recherche de la hauteur et les nouvelles technologies en matière d'éolien, la problématique des fermes éoliennes, l'évolution de l'éolien en Suisse et dans le monde au cours des dernières années et ce qu'on peut attendre pour le futur, des avantages et des inconvénients résumés de ces technologies, et finalement, on passera à des conclusions générales.

Notes

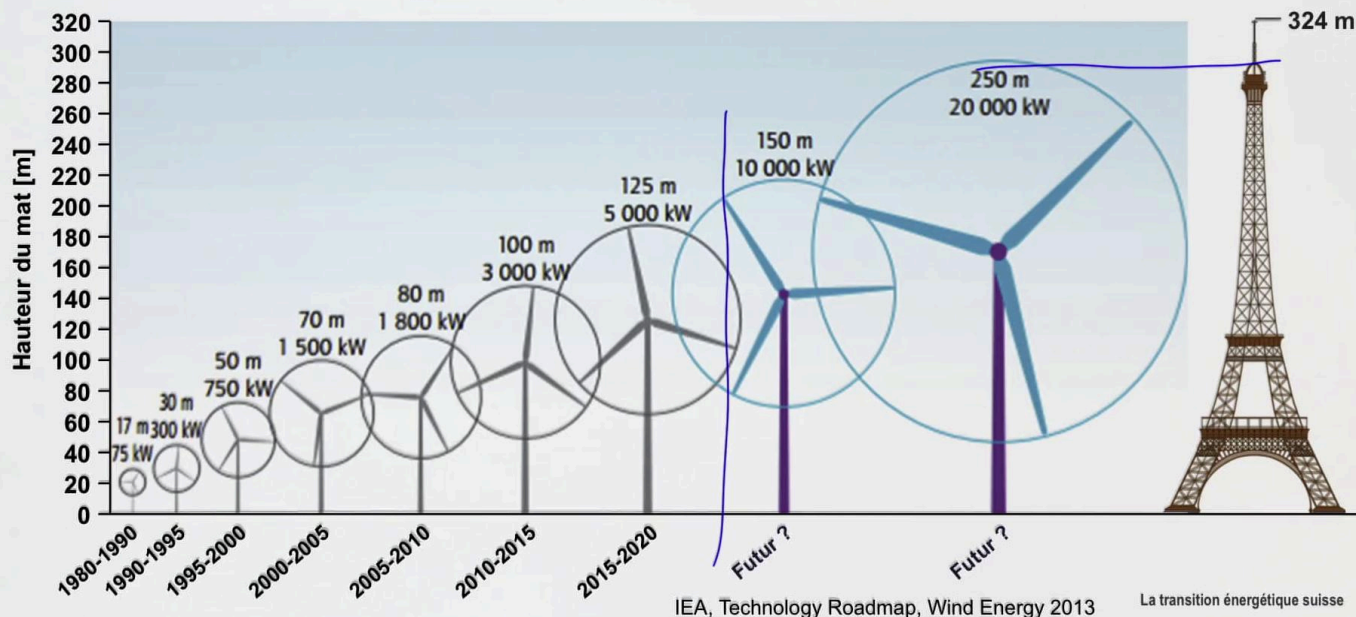
Summary



0m 03s

# Technologies d'aujourd'hui et de demain

## La course à la puissance, augmentation du diamètre des rotors



Comme on l'a vu, la vitesse moyenne du vent augmente avec la hauteur, donc la tendance normale d'évolution des éoliennes correspond à des mâts de plus en plus hauts et des diamètres de roues de plus en plus grands. En Suisse, la plus grande est celle de la vallée du Rhône avec une puissance de 3 000 kW et d'autres plus hautes sont prévues avec notamment plus de 7 000 kW, notamment dans les bois du Jorat. On va se situer à peu près dans cette limite-là. Et on voit que les tendances vont vers les éoliennes de plus en plus grandes qui atteignent, en bout de pale, la hauteur de la tour Eiffel pour avoir une représentation de ces technologies.

Notes

Summary



## La course à la puissance, production groupée ("fermes éoliennes")

Offshore



Onshore



<http://conservativepapers.com/news/2013/05/14/obama-administration-gives-wind-farms-a-pass-on-eagle-deaths-prosecutes-oil-companies/>

La transition énergétique suisse

Ces figures montrent des exemples contrastés d'application d'éolienne en mer, ici à gauche avec l'ensemble des tourbillons qui sont générés par les éoliennes elles-mêmes. Lorsqu'on fait une ferme d'éoliennes offshore, il s'agit bien sûr de tenir compte des différentes influences entre les éoliennes elles-mêmes. Il en va de même dans des champs comme des champs onshore que l'on a pu retrouver aux États-Unis avec une multitude de petites éoliennes relativement rapprochées et il y a pas mal d'études à l'heure actuelle pour essayer d'optimiser le positionnement de ces différentes éoliennes. Ce n'est pas inintéressant de voir quels sont les concepts innovants qui sont imaginés autour de cette utilisation du vent.

Notes

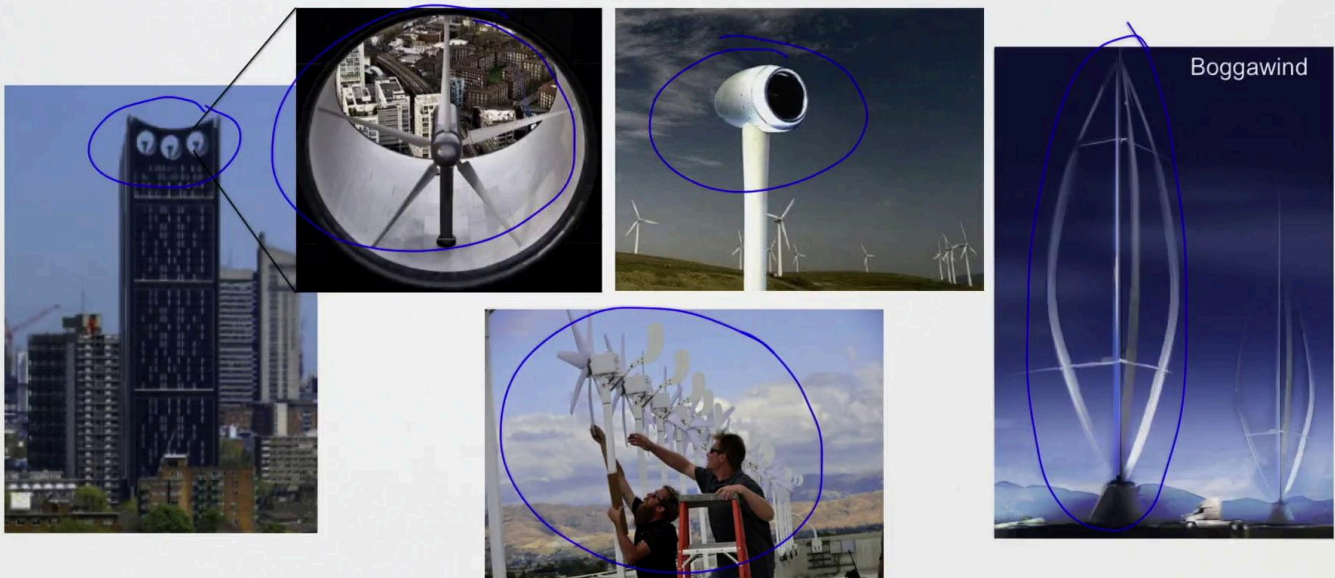
Summary



1m 34s



## Des concepts innovants (1)



La transition énergétique suisse

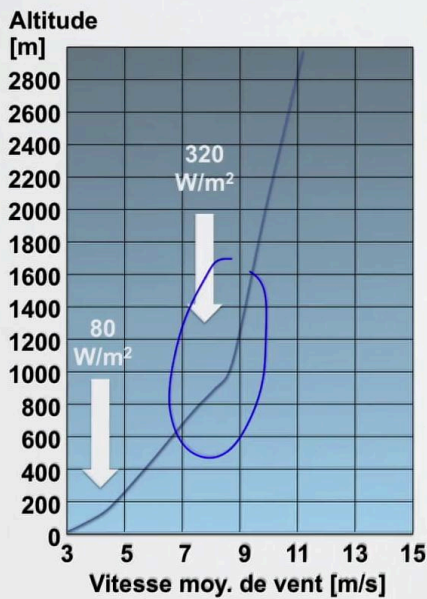
On voit ici à gauche par exemple, trois éoliennes qui seraient installées au sommet d'un bâtiment, d'une tour avec une vue plus proche ici d'une de ces éoliennes. Là, l'avantage c'est que l'énergie pourrait être utilisée directement dans le bâtiment sans passer par le réseau d'électricité global. On a aussi des concepts qui visent à établir un peu, à caréner les éoliennes et faire des sortes de turbo-réacteurs qui permettent de mettre plusieurs hélices dans le même carénage. Mais ces concepts n'ont pas vraiment été développés plus avant à l'heure actuelle. On a également les éoliennes à axe vertical ici. On a une jeune compagnie en Suisse qui essaye de les promouvoir avec différents avantages : des bruits légèrement moindre par rapport aux autres éoliennes. Et finalement, on a aussi dans une grande maison informatique aux États-Unis, on retrouve des éoliennes qui sont des multitudes d'éoliennes installées sur le toit de ces bâtiments de bureaux de cette compagnie informatique.

Notes

Summary



2m 25s



## Des concepts innovants (2)

Aller chercher les vents là où ils soufflent le plus fort et avec le plus de constance, c'est-à-dire en altitude

La transition énergétique suisse

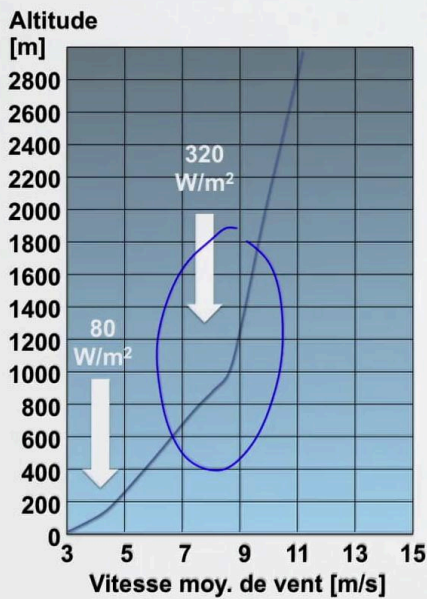
Parmi les concepts innovants, on va bien sûr avoir des concepts qui vont essayer d'aller chercher l'énergie plus haut en altitude où la puissance est plus importante.

Notes

Summary

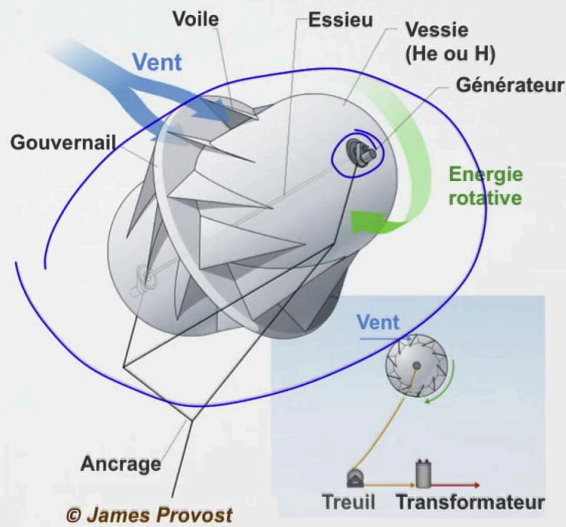


3m 34s

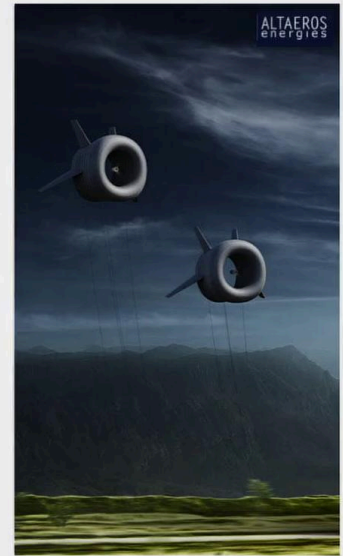


[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89olienne\\_a%C3%A9roport%C3%A9#media/File:Airborne\\_wind\\_generator-en\\_fr\\_%282%29.svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89olienne_a%C3%A9roport%C3%A9#media/File:Airborne_wind_generator-en_fr_%282%29.svg)  
<http://www.kitves.com/wind.aspx>

## Des concepts innovants (2)



© James Provost



La transition énergétique suisse

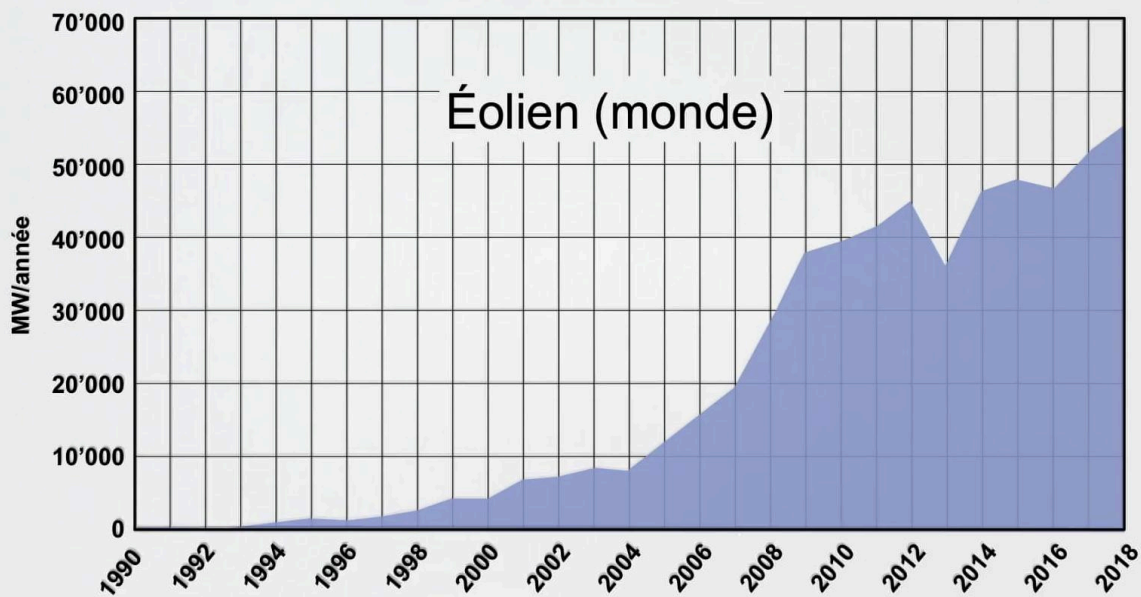
Et ça, on peut le faire, certains imaginent d'avoir par exemple des éoliennes carénées comme un ballon qui est rempli d'hélium qui permet de les maintenir en altitude avec bien sûr des filins qui vont ramener à la fois l'électricité au sol mais aussi tenir cette éolienne. On peut aussi imaginer qu'avec ce genre de dispositifs on pourra ramener l'éolienne au sol en cas d'événement atmosphérique majeur, des vents beaucoup trop importants. Par ailleurs, il y a aussi des concepts comme celui-ci où on a le ballon lui-même qui tourne autour d'un axe équipé de la génératrice et qui permet aussi de ramener des choses au sol. On a aussi imaginé des cerfs-volants pour ramener l'électricité. Mais pour l'instant, ces concepts restent encore essentiellement sur le papier.

Notes

Summary



# Puissance installée annuellement (Monde)



Navigant research

La transition énergétique suisse

Si on regarde maintenant la puissance installée à travers le monde on voit que chaque année, on a une puissance installée qui a augmenté très fortement dans les années 2004 à 2012 avec un léger creux en 2013.

Notes

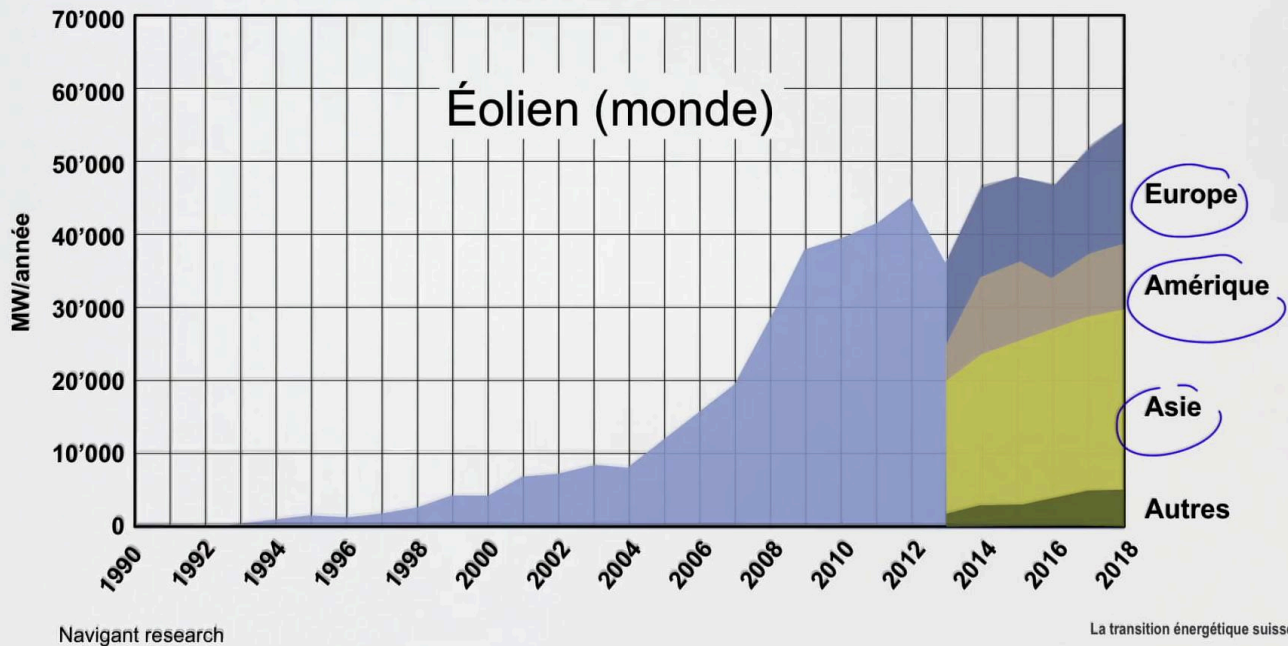
Summary



4m 41s



# Puissance installée annuellement et prévision



Et puis, pour le futur, ça c'est valable au niveau du monde et dans le futur on va voir des prévisions qui sont de croissance importante en Europe, en Amérique, en Asie et accessoirement dans d'autres pays. Mais on peut dire que globalement, il y a l'équivalent... - ce qu'on prévoit pour 2018 par exemple - l'équivalent d'environ 50 centrales nucléaires qui seraient installées à travers le monde, seulement sous forme d'éolien.

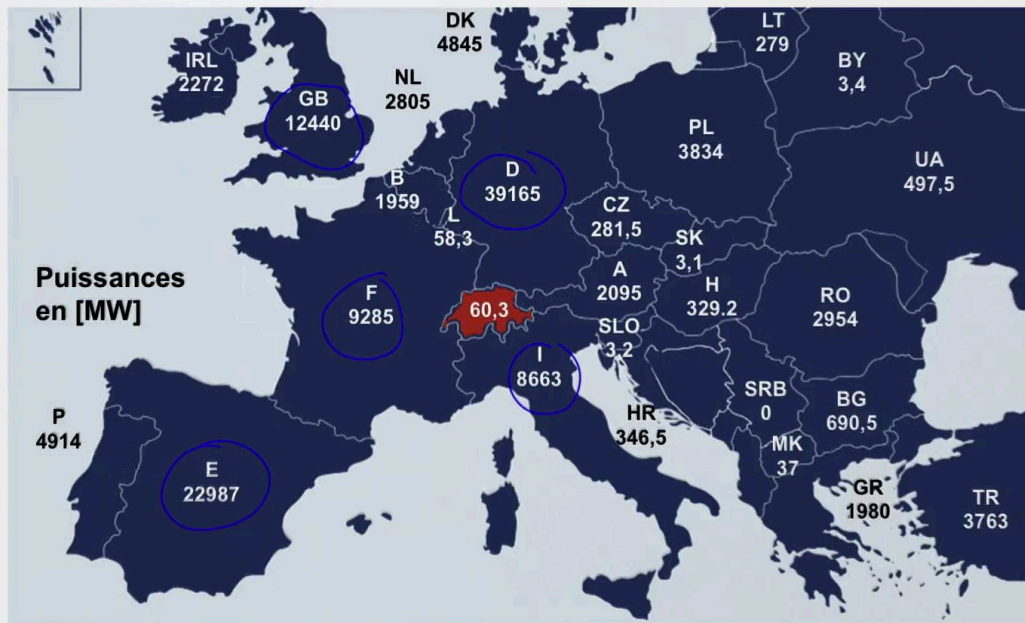
Notes

Summary



5m 00s

# Situation actuelle (2014) en Europe



Source: Ewea.org

Wind in power statistics 2014

La transition énergétique suisse

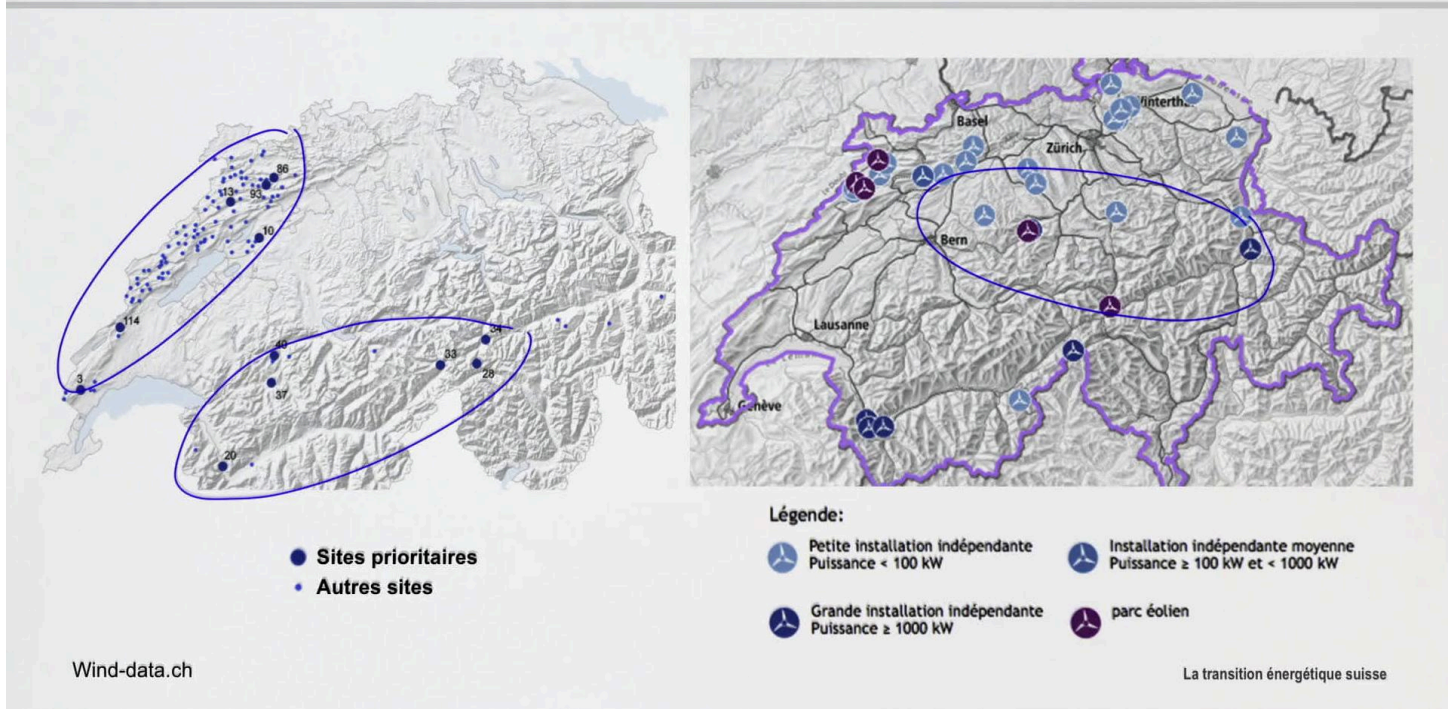
Si on regarde maintenant ces puissances installées au niveau de l'Europe on voit que les grands pays comme la Grande-Bretagne, ou bien l'Allemagne possèdent des quantités installées très très importantes. Même la France ou l'Italie qui nous entourent et également l'Espagne qui a aussi énormément de potentiel éolien. Or, si on regarde ces chiffres-là, on voit que la Suisse avec 60 MW est effectivement extrêmement faiblement dotée en éolien. Cela tient à notre structure démocratique et aux possibilités de recours qui sont très importantes et qui retardent beaucoup des projets qui sont prévus en Suisse.

Notes

Summary



# Situation actuelle (2014), Suisse



Alors, si on regarde plus particulièrement la Suisse, on voit qu'il y avait une définition de sites prioritaires au début de ce siècle. On a établi un certain nombre de sites. On voit qu'ils se trouvent énormément dans le Jura - ce n'est pas surprenant par rapport à ce qu'on a vu préalablement comme carte - et aussi dans les Alpes ou les vallées qui sont particulièrement favorables à l'établissement d'éolien. Ce qui est curieux ici c'est qu'on voit que en fait des zones qui n'étaient pas particulièrement favorisées ont quand même installé des éoliennes et, disons, le progrès n'a pas été spécifiquement sur les domaines prioritaires que l'on a sur cette carte ici à gauche.

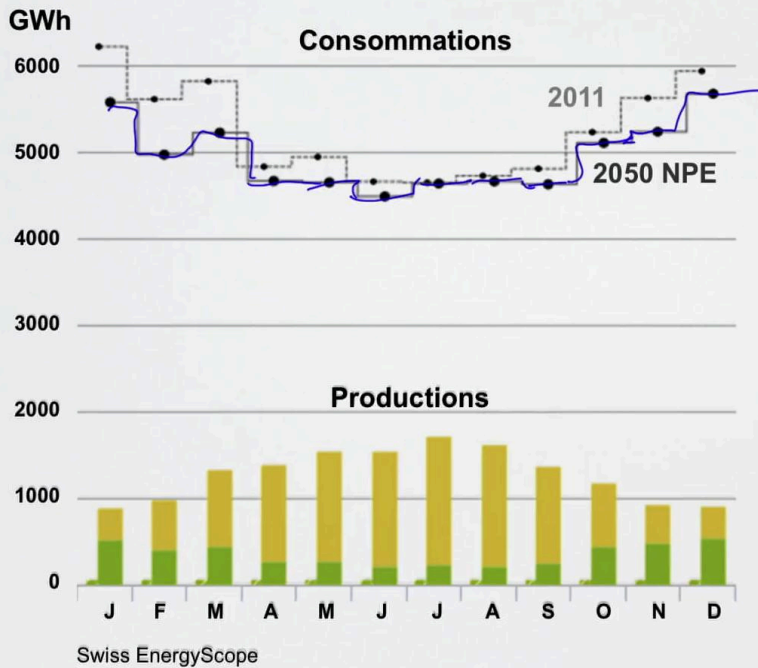
Notes

Summary



6m 14s

# Avantages



- Renouvelable et réversible (les sites peuvent aisément et rapidement être réhabilités)
- Production plus élevée en hiver qu'en été (complémentarité avec le solaire)
- Faible emprise au sol

La transition énergétique suisse

Si on regarde maintenant les prévisions en matière de production éolienne on les a représentées grâce au logiciel Swiss Energy Scope de janvier à décembre et c'est la partie verte sur ce diagramme par rapport à la consommation prévue qui est cette partie, la ligne continue qui représente dans le meilleur des cas, c'est-à-dire le scénario de nouvelles politiques énergétiques, la consommation mensuelle d'électricité qu'on attend en 2050. Eh bien, on voit que l'éolien est appelé à faire une contribution même si ce n'est pas une contribution majoritaire. On voit ici, on a représenté le solaire en jaune. D'une certaine manière, parce que l'éolien produit plus en hiver qu'en été, il y a une certaine complémentarité avec l'énergie solaire. À part ça, l'éolien est une ressource renouvelable et réversible, les sites peuvent être aisément et rapidement réhabilités en fin de vie, ou si on a trouvé de nouvelles technologies pour faire le même travail dans le futur. Par ailleurs, ils ont une faible emprise au sol, ce qui fait qu'on peut encore utiliser pas mal les sols agricoles qui sont sous les éoliennes.

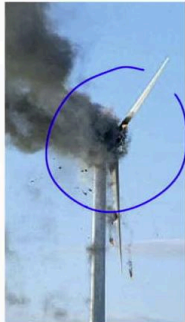
Notes

Summary





# Inconvénients



<http://www.lesoliennes.be/nuisance/paleprojete.htm>  
<http://www.queduvent.ch/risques-et-menaces/normes-de-bruit/>

- Production aléatoire mais relativement prévisible (à quelques jours)

- **Impact visuel**

- taille
- mouvements désynchronisés (ferme)
- effets stroboscopique (ombre variable)

- Bruit (dans les environs immédiats)

- Atteintes à la faune volante

- oiseaux migrateurs
- chauve-souris



- Dangers

- rupture de pale
- projection de morceaux de glace
- Incendie de nacelle

La transition énergétique suisse

Il existe bien sûr des inconvénients à l'énergie éolienne. Ils sont multiples. On a une production aléatoire mais relativement prévisible, à quelques jours, de l'éolien. Il y a bien sûr l'impact visuel qui est lié à la taille, qui peut être lié aux mouvements désynchronisés comme on peut le percevoir pour des fermes d'éoliennes, il y a aussi des effets stroboscopiques, l'ombre variable projetée par l'éolienne elle-même. Il y a aussi potentiellement des atteintes à la faune volante. En Suisse, on prend toute sorte de précautions. Il y a encore des études en cours pour essayer d'établir des dispositifs pour décourager les oiseaux ou les chauves-souris de passer dans le champ de l'éolienne. Par ailleurs, on parle aussi d'autres dangers, de rupture de composants. Ici, on a clairement un mauvais dimensionnement du pilône de l'éolienne. On a aussi potentiellement des ruptures de pales qui sont mentionnées, la projection de morceaux de glace qui serait accumulée sur l'éolienne mais de nouveau, on a des dispositifs qui peuvent être mis en place pour éviter la formation de glace dans certaines conditions atmosphériques et finalement des incidents extrêmement rares comme l'incendie d'une nacelle.

Notes

Summary



# Inconvénients



<http://www.lesoliennes.be/nuisance/paleprojete.htm>  
<http://www.queduvent.ch/risques-et-menaces/normes-de-bruit/>

- Production aléatoire mais relativement prévisible (à quelques jours)

- **Impact visuel**

- taille
- mouvements désynchronisés (ferme)
- effets stroboscopique (ombre variable)

- Bruit (dans les environs immédiats)

- **Atteintes à la faune volante**

- oiseaux migrateurs
- chauve-souris



- **Dangers**

- rupture de pale
- projection de morceaux de glace
- Incendie de nacelle

La transition énergétique suisse

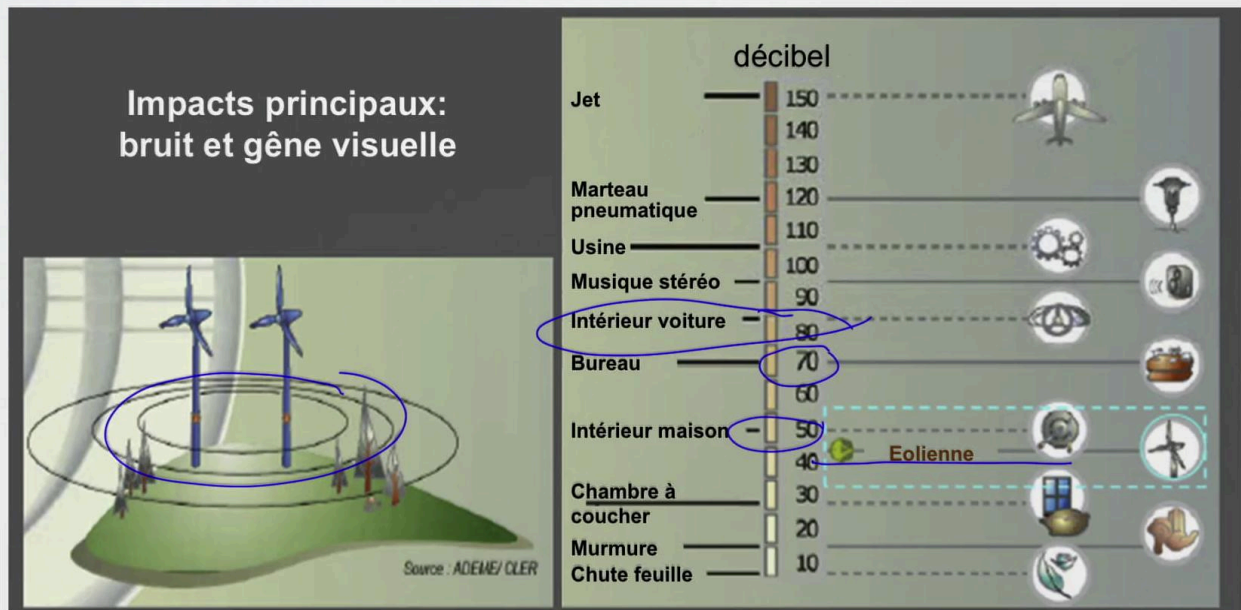
On parle aussi de l'infrastructure routière qui est nécessaire pour amener ces grandes éoliennes sur place. Mais de nouveau, il peut y avoir réhabilitation du terrain après, donc ne pas avoir ces infrastructures qui subsistent sur l'ensemble de la durée de vie des éoliennes.

Notes

Summary



# Inconvénients



La transition énergétique suisse

Pour ce qui est des impacts principaux qui sont souvent mentionnés, à savoir le bruit et la gêne visuelle, on peut dire qu'en matière de bruit, la distance, évidemment, par rapport aux éoliennes est très importante comme représentée ici. Du point de vue du bruit, si on compare par rapport au bruit à l'intérieur d'une voiture qui serait de l'ordre de 85 décibels donc relativement important, au bureau on est facilement confronté avec 70 dB à l'intérieur d'une maison quelque 50 dB les éoliennes sont dans un niveau qui varie entre 35 et 55. Mais en Suisse, on a tendance à vouloir limiter pour les habitations à 40 dB le niveau sonore qui doit être perçu par les gens qui habitent le plus proche.

Notes

Summary



# Conclusions



- L'éolien connaît un fort développement dans le monde et en Europe en particulier
- Le potentiel éolien en Suisse est relativement faible en dehors de quelques sites privilégiés; la capacité installée à ce jour reste modeste
- Il s'agit d'une énergie renouvelable et réversible, avec une bonne complémentarité saisonnière avec le solaire et l'hydraulique au fil de l'eau notamment
- L'impact visuel implique des décisions politiques et citoyennes locales
- Les autres inconvénients (bruit, faune, risque de projections de débris ou de glace déposée) font encore l'objet d'analyses mais ne semblent pas être majeurs

La transition énergétique suisse

En conclusion, l'éolien connaît un fort développement dans le monde, et en Europe en particulier. Ça, c'est dû aux améliorations techniques et également à la baisse des coûts de cette technologie qui devient relativement concurrentielle sur le marché de l'électricité. Le potentiel éolien en Suisse est relativement faible en dehors de quelques sites privilégiés. La capacité installée à ce jour, pour des questions de recours multiples, est relativement faible en Suisse. Mais il existe quand même beaucoup de régions où l'installation d'éoliennes fait du sens. Il s'agit d'une énergie renouvelable et réversible, avec une bonne complémentarité saisonnière avec le solaire et l'hydraulique au fil de l'eau qui produisent plus en été qu'en hiver, alors que l'éolien aura tendance à produire plus en hiver qu'en été. L'impact visuel implique que des décisions politiques et la discussion avec les citoyens, les gens qui sont proches de ces éoliennes planifiées est très importante. Les autres inconvénients - le bruit, la faune, les risques de projection de débris ou de glace déposée - font encore l'objet d'analyses, mais ne semblent pas être majeurs. On peut dire que dans tous les pays qui nous entourent ils font de nombreuses expériences et on peut s'en inspirer pour avoir en Suisse une production propre à partir d'énergie éolienne.

Notes

Summary



11m 07s