

# Le réseau d'énergie électrique a-t-il un avenir ?

Novembre 2016

## 1. Le réseau d'énergie électrique, to be or not to be ?

D'aucuns, compte tenu des aspects géostratégiques et environnementaux, voire purement financiers, proposent un modèle de société basé sur l'autoproduction et le stockage local plutôt que la production dispersée et l'utilisation du réseau existant de transport et distribution. Certains voudraient donc se séparer du réseau alors que d'autres acceptent de maintenir le couplage mais, souvent, voudraient ne pas rémunérer le(s) gestionnaire(s) de ces réseaux (transport et distribution) estimant que le bilan d'énergie qu'ils injectent (souvent positif) devrait plutôt leur rapporter de l'argent et non leur en coûter. Est-ce la bonne voie ?

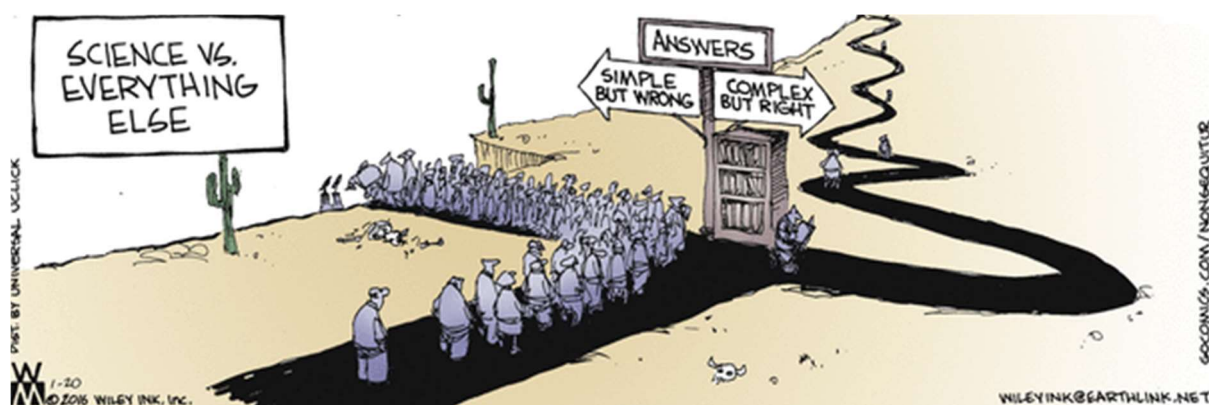


Fig. 1 Caricature disponible sur le web « science versus everything else ».

## 2. La consommation d'énergie électrique, le rendement de sa distribution.

La consommation d'énergie électrique (environ 15% de la consommation d'énergie primaire) stagne « enfin » dans les pays « occidentaux » (développement entrant dans une autre ère, économie d'énergie, autoproduction, évolution des technologies, remplacement de certaines industries lourdes par des services, etc...). Elle est située entre 7 et 8 MWh par habitant, par an. Par exemple, en 2015, France : 475 TWh pour 66 millions d'habitants ; Belgique : 83,5 TWh pour 11 millions d'habitants (1). Cette consommation est quasi constante, voire en légère diminution depuis maintenant environ 10 années. Environ 50% de cette consommation est dédiée aux professionnels et 22% à la consommation résidentielle.

Cette énergie électrique transite par les réseaux qui comportent notamment une partie couplée internationalement. Les pertes (Joules) en valeur annuelle, dans les pays développés (exceptés le Canada, l'Australie, à densité plus faible de la population), sont de l'ordre de 5% (soit environ 4 TWh en Belgique). Autrement dit, le rendement énergétique du réseau de transport et distribution de l'énergie électrique est de 95%.

Le réseau européen est objectivement fiable vu que les coupures sont rarissimes dans nos pays occidentaux.

### **3. A quoi sert le réseau d'énergie électrique ?**

Ces réseaux transitent l'énergie des moyens de production (20% de renouvelable objectif 2020) vers le consommateur privé ou industriel. Ils permettent aussi une entraide internationale via des importations/exportations d'énergie électrique en cas de besoin ou de problème majeur rencontré par un partenaire européen. Le réseau ne stocke pas l'énergie mais permet de la faire transiter sur des milliers de km à la vitesse de la lumière (et ceci n'est pas une métaphore). Le maintien permanent (24h sur 24) de l'équilibre « instantané » entre la production et la consommation est assuré par les dispatchings nationaux des gestionnaires de réseau qui gèrent leur « part » européenne (3,7% en Belgique, 18% en France) dans le cadre du maintien de la fréquence à 50 Hz (qui caractérise l'équilibre entre la production et la consommation).

### **4. Le stockage d'énergie électrique en batteries et son rendement.**

D'autre part, les meilleures batteries du moment (à base de Lithium)(2) ont un rendement énergétique proche de 90% (celles au plomb sont plutôt proches de 60%), incluant charge et décharge, avec une durée de vie de quelques centaines (parfois quelques (très) rares milliers) de cycles et une fiabilité qui va en s'améliorant mais qui cause notamment des problèmes de matériaux disponibles (et difficilement recyclable pour certains), de risques majeurs en cas de court-circuit, d'autodécharge.

### **5. L'évolution du marché de l'énergie et la place de l'électricité.**

Il est un fait que nous dev(r)ons à terme nous passer des énergies fossiles pour produire l'électricité et pour bien d'autres choses également comme le chauffage et le transport routier.

Il est un fait que nous ne nous passerons pas de l'électricité, à moyen (long ?) terme, car on ne voit pas poindre un vecteur énergétique qui a autant d'avantage

pour l'utilisation directe (aisée) dans de très nombreuses applications privées et industrielles. Ceci est notamment lié à l'excellent rendement du transport de cette énergie (95%) et également du rendement des moteurs électriques en général (au-delà de 80 % - voir 95%, quasi le double voire le triple des moteurs à combustion), disponibles pour toute puissance et sans effet local de pollution.

## 6. Le business model.

Le « business model » d'un micro-réseau (individuel à la limite) serait-il plus avantageux que de passer par le réseau ?

Faisons un calcul rapide en alimentation photovoltaïque (PV):

Consommation : 4000 kWh/an pour un ménage standard.

Production d'énergie électrique : 100 kWh/m<sup>2</sup>/an pour des cellules PV de bonnes qualités et bien orientées (plein sud, 30°), pas de masques, en Belgique et Europe du nord. Une carte interactive de production mensuelle est disponible à la référence (3) qui couvre l'ensemble de l'Europe.

Cette source donne par ex, en Belgique et dans le nord de la France, *par mois entier* : en janvier 2016 : 10 kWh/kWc et en août 2016 : 120 kWh/kWc.

Puissance potentielle disponible en PV : 1 kW crête (1kWc) par 8 m<sup>2</sup> de panneaux bien orientés.

Donc 40 m<sup>2</sup> (5kWc) à installer donnant, en **un jour d'été ensoleillé**, environ 20 kWh.

Bien sûr la production varie très fort de jour en jour. J'installe donc, en sus, des batteries locales pour stocker. J'ai besoin, en moyenne de 11 kWh (= 4000 kWh/365 jours) par jour (en fait plutôt 9 en été et 13 en hiver), surtout quand il fait noir. La production peut chuter quelques jours consécutifs (pluie, brouillard, nuages), prenons 5 jours de mauvais temps qui se suivent, je dois donc stocker environ 50 kWh, en espérant que je pourrai le faire les jours qui précèdent ce mauvais temps (en sus donc de la consommation habituelle). Par ailleurs, la consommation « instantanée » (puissance appelée) peut aussi dépasser 5 kWc à un autre moment que la production PV correspondante.

J'achète donc 5 batteries (et onduleurs ad hoc) de 10 kWh. Durée de vie de tout cela, environ 10 ans (batteries) et 20 ans (cellule PV).

Coût : environ (vision 2020) 10.000 euros (2 euros/Wc installé) (40 m<sup>2</sup> + 2 onduleurs) plus les batteries/onduleurs (5 x 1500 euros x 2 (durée de vie)– voir

fig. 2 et référence (4)) 15000 euros , total 25.000 euros. Pour produire 4000 kWh/an pendant 20 ans ; supposons pas d'entretien, taux d'intérêt nul, soit 0,31 euro le kWh. Je n'ai pas inclus les assurances, la qualité de la tension (garantie par le réseau dans le cas correspondant), la maintenance, les risques d'incendie liés aux batteries, les dysfonctionnements, ... et le calcul est fait en été !

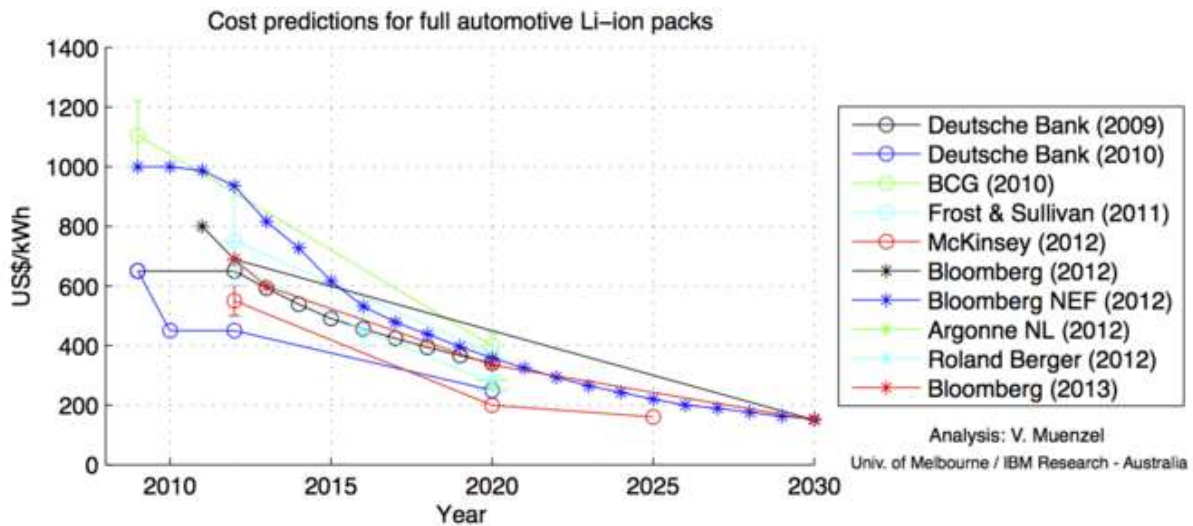


Fig.2 tendance de l'évolution du prix des batteries au Lithium (type Tesla) en US\$/kWh  
[\(source Nature Climate Change, 2016\)](#)

## 7. Questions soulevées et rarement évoquées en micro-réseau PV

Quelle fiabilité, quel entretien, quel secours en cas de problème, quelles conséquences pour le matériel local, quelle qualité de la tension ? Toutes choses incertaines avec des cellules PV en micro-réseau, pourtant bien couvertes par l'alimentation classique via le réseau et inclus dans le paiement du kWh actuel (30% moins cher que le prix calculé).

De manière « annexe », le réseau (transport et distribution), la production, génèrent de très nombreux emplois de bonne qualité chez nous (pour toutes formations) alors que les panneaux PV et le stockage seront très certainement fabriqués en grande partie hors Europe (c'est en tout cas comme cela actuellement). Enfin le coût d'investissement ne sera accessible qu'aux plus nantis.

## 8. L'alternative éolien domestique ?

L'alternative de l'éolien domestique n'est pas du tout rentable (encore bien moins en tout cas que le PV), sauf pour des cas très particuliers. En effet la « disponibilité » du vent, la taille des éoliennes à ce niveau ne peut apporter une solution locale. Installer environ 5 kWc en éolien domestique demande à ce jour

environ 30.000 euros, soit trois fois plus cher qu'en PV. Le stockage est aussi nécessaire. Il faut un permis et bien analyser le bruit, l'effet stroboscopique, le danger en cas de grand vent et la chute accidentelle, le renforcement du toit le cas échéant, .... A noter qu'il faut un diamètre de 3,20 mètres dans des conditions optimales pour produire un max (par vent >9 m/s) de 2 kW. La production d'une éolienne varie avec le cube de la vitesse du vent et démarre (donc à puissance produite très faible) généralement au-delà de 15 km/h (4 m/s). Elle n'aime pas les vents turbulents (contraintes dans les pales et rendement moins bon, vibrations), comme ceux près des toitures. *Laissons svp l'éolien à l'off-shore et aux zones particulièrement bien ventées en moyenne annuelle.*

## 9. Le coût actuel de l'électricité dans les différentes variantes.

Aujourd'hui(2016), en tant que particulier, nous payons environ 0,21 euros le kWh TVAC (5) (cela varie d'environ 2 euro cents selon la localisation, les taxes, le producteur, le distributeur) (voir diagramme - source Eurostat). Pour 4000 kWh, cela fait 880 euros/an (2,4 euros/jour), prix qu'il serait intéressant de comparer par ex à d'autres dépenses habituelles de ménages.

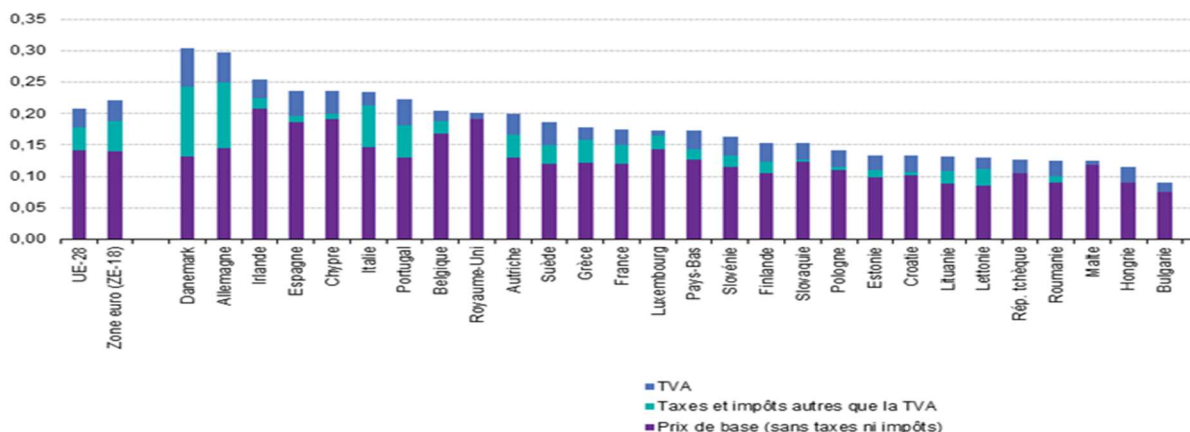
Qu'est-ce qui coûte cher dans notre électricité (particulier)?

La production, 0,10 euro /kWh TVAC

La distribution et le transport, 0,10 euro/kWh TVAC

Les impôts, taxes, 0,01 euros/kWh

Soit 0,21 euros/kWh TVAC (février 2016, bi-horaire avec 50/50 jour/nuit, particulier, région de Liège)



(\*) Consommation annuelle: 2 500 kWh < consommation < 5 000 kWh.

(\*) Les taxes et impôts autres que la TVA sont légèrement négatifs: par conséquent, le prix total est un peu inférieur à ce qu'indique la barre.  
Source: Eurostat (code des données en ligne: nrg\_pc\_204)

Fig. 3 prix comparé de l'électricité dans divers pays européens ([source Eurostat](#))

En vous rendant « autarcique », en micro-réseau, le prix de la production/stockage est, comme calculé plus haut, d'environ 0,31 euro/kWh (vision 2020), soit 50% de plus que via le réseau. Pour les rendre similaires, il faudrait encore une baisse du coût des batteries ou des PV d'environ 50% sur nos hypothèses 2020.

On rappelle que le calcul a été fait en été. En hiver, c'est beaucoup plus difficile. En effet 10 kWh/kWc (3) en janvier 2016 (pour tout le mois) donne, pour 5kWc installés (couverture PV de 40 m<sup>2</sup>), l'énergie pour moins d'une semaine !



Fig. 3 Image de la consommation nocturne en Italie en janvier 2016 (vue satellite disponible sur le web)

Ceux qui voudraient vivre en micro-réseau mais se libérer du stockage en utilisant le réseau comme évacuation du trop-plein (en journée) et récupération des manques (en soirée, demande de puissance de pointe plus importante que la production instantanée, jours maussades, ...) auraient un coût de 0,12 euro/kWh (10.000 euros pendant 20 ans à 4000 kWh) et voudraient ne pas payer le réseau... ni les taxes ! Evidemment très rentable... mais ce n'est pas correct, socialement parlant. On envisage d'ailleurs un tarif « prosumer » (producteur-consommateur) d'environ 300 euros/an, soit 0,08 eurocents en plus...

Les producteurs ont investi dans leurs moyens de production et doivent maintenant mettre à l'arrêt certaines centrales (TGV – turbine gaz-vapeur-récentes notamment) qui ne sont plus rentables vu le peu d'heures de fonctionnement liées aux injections de renouvelables (de manière préférentielle d'après la loi). Ceci pose un problème majeur, car que faire pendant les heures où cette production est indispensable (mais non rentable) alors qu'elle pourrait

disparaître (le business model s'est évaporé) et engendrer une volatilité importante du prix « spot » de l'électricité (6) ? Il faut évidemment les maintenir en état et donc payer pour cela...

Le réseau continue d'être utilisé, toutefois d'une manière très différente de celle pour laquelle il a été dimensionné (il y a plus 40 ans) et le gestionnaire de ce réseau (généralement un seul par pays pour le réseau de transport et de nombreux pour les réseaux de distribution) doit donc faire des investissements pour permettre des flux significatifs lors de production importante (plein soleil et/ou plein vent) dans des parties de réseau où cela n'était pas prévu. Tout cela en maintenant une qualité de fourniture remarquable. Cela doit être rémunéré.

Utiliser le réseau, sans le payer, fut une aberration des investissements initiaux dans le photovoltaïque, erreur que nous payons tous aujourd'hui.

Ne rêvons pas trop non plus : la perte, pour les finances publiques, de la TVA sur l'électricité autoconsommée, voire demain sur la recharge de votre véhicule électrique (le prix actuel du carburant étant quasi exclusivement des taxes...) ne restera pas lettre morte, il faut alimenter les caisses....

## **Conclusion.**

Nous ne ferons plus marche arrière. *Nous devons nous débarrasser à terme des énergies fossiles mais il faut le faire calmement*, une fois bien maîtrisés les coûts réels et répartir ces coûts au bon endroit, certainement pas sur les industriels (50% de la consommation électrique) qui ont besoin vital d'électricité, certainement pas chez ceux qui n'ont pas les moyens de se payer des installations coûteuses et sans doute pas chez ceux qui ne participent pas activement à cet engouement démesuré qui ne tient pas compte de tous les paramètres à considérer pour une évolution certes nécessaire.

Oui, certaines îles ou communautés peuvent plus rapidement que d'autres s'adapter à l'absence d'énergie fossile, l'Islande est certainement un beau cas (notamment grâce à la géothermie dont on n'a pas parlé), voire Samsø, l'île d'El Hierro (Canaries) ou d'autres encore. Nous devons, européens, nous tourner progressivement, après avoir utilisé le potentiel hydraulique, vers l'éolien off-shore et la production photovoltaïque, favoriser la cogénération quand c'est possible voire d'autres sources (toutes à potentiel plus réduit mais non négligeable, comme la géothermie, la biomasse, l'énergie marémotrice, l'osmose entre eau douce et eau salée, ...). *Aller plus vite que nos voisins est délétère car il ne faut pas grever nos industriels avec des surtaxes. Il faut de*

*surcroît examiner les conséquences sur d'autres marchés (retenons le cas de la biomasse à partir de matière comestible !) et les conséquences sociales.*

*Il faut donc raisonnablement augmenter les investissements dans le transport de l'énergie électrique (notamment dans les liens aux frontières) et la distribution (gestion intelligente) car ces réseaux resteront indispensables à assurer une qualité remarquable de la fourniture de ce « produit » essentiel qu'est l'électricité.* Ceci demande des révolutions dans la gestion de ces réseaux, à l'aune de ce que l'on appelle les « smart grids ». Grâce à ces techniques, nous développ(er)ons une grande expertise chez nous et qui pourra effectivement se vendre ailleurs plus tard. Nous sommes objectivement à la pointe dans ce domaine en Belgique grâce aux universités et aux gestionnaires du réseau (transport et distribution), poussé par le régulateur national et les régionaux.

Pour le stockage, restons prudents et utilisons au mieux (pour la gestion de l'électricité) le pompage possible en Europe (Norvège et Suisse en tête). Le développement nécessaire de batteries (voire de flying wheels, de stockage d'hydrogène, etc...) amène d'autres problèmes (environnementaux, recyclage, gestion de risque, maintenance, disponibilité des matériaux, création de réseau de distribution) dont l'analyse indispensable et complète du cycle de vie. D'ici là nos ingénieurs travaillent sur les constituants des batteries de demain et nous espérons que ces groupes industriels trouveront la perle rare (disponible largement, bon marché, de cycle de vie propre, sans danger, recyclable facilement, de rendement supérieur à 90%, etc...) ou y participeront.

Pour les particuliers et les médias, il faudrait vraiment arrêter cette diatribe contre le coût de l'électricité qui n'est finalement guère plus important que bien d'autres occupations que nous avons tous, dans toutes les classes de la société (amusements, sports, téléphonie, Internet, jeux de hasard, etc...)

*Il faudrait sans doute également changer le mode de financement de nos gestionnaires de réseau (cela doit passer par des régulations européennes et impacter tous les gestionnaires interconnectés pour ne pas favoriser/défavoriser l'un d'eux) : ils ont aujourd'hui plus d'intérêt à installer de nouvelles lignes plutôt que d'optimiser (utiliser au mieux) les infrastructures existantes avec les nouvelles techniques développées dans le cadre des « smart grids »! Malgré leur âge certain, une partie de ces infrastructures a encore un grand potentiel (environ 30% de transit supplémentaire possible, la plupart du temps, si géré de manière intelligente) à valoriser dans ce cadre. Il faut donner des encouragements financiers aux gestionnaires de réseau plutôt que de favoriser*



de nouvelles constructions sauf bien entendu quand c'est nécessaire et d'intérêt général.

Rédigé à Liège en octobre 2016 par Jean-Louis Lilien, Professeur honoraire à l'Université de Liège. Contact : JL\_lilien@hotmail.com

### Remarques additionnelles

*La fusion nucléaire... On nous disait déjà en 1975 que c'était pour les années 2000 ... mais on n'a pas encore réussi à produire quelques Watts en plus de ceux consommés par les installations qui les produisent ... pour des coûts (il est vrai, à l'étape prototype) que l'on peut considérer exorbitants ([projet ITER](#))(7). C'est vrai que l'on est dans l'attente de découvertes et il peut s'en produire qui révolutionneraient le monde. On peut rêver, sachant que le deutérium présent (33 g/m<sup>3</sup>) dans un kilomètre cube d'eau de mer serait suffisant à alimenter le monde entier en énergie pendant un an. Mais bon, restons pieds sur terre pour le moment ! Ne rêvons pas non plus à [la production dans l'espace par champ photovoltaïque](#) (8) dont l'énergie serait ramenée sur terre par faisceau laser ou micro-ondes .... Laissons ces idées à ... James Bond ou Elon Musk, pour le moment en tout cas !*

*Un dernier mot sur les projets intercontinentaux. Par exemple générer dans le Sahara ([projet Desertec](#))(9) une énergie solaire (directe et/ou indirecte) et la distribuer vers le sud de l'Afrique et vers l'Europe par des réseaux à très haute tension à courant continu (aérien ou via les océans en sous-marin en longeant les côtes) ou encore ramener de Chine de l'énergie en surplus ( ?) vers l'Europe, par ex. à travers la Russie (en aérien à très, très haute tension – 1200 kV), [profitant ainsi des faisceaux horaires pour la génération solaire](#) (10) notamment. On en est très loin en fait vu surtout, non par les aspects techniques, mais bien par les problèmes géostratégiques et géopolitiques, les contraintes environnementales à la conception et la durée de vie, la maintenance. Peut-être un jour dans un monde plus sage ?*

Références :

1. [www.entsoe.eu](http://www.entsoe.eu)
2. <http://www.ecosources.info/innovations/436-la-batterie-domestique-lithium-ion-powerwall-tesla>
3. <http://www.photovoltaique.info/Carte-interactive-de-productible.html>
4. <http://www.relectrify.com/blog-1/battery-costs-drop-even-faster-as-electric-car-sales-continue-to-rise>
5. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_price\\_statistics/fr](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics/fr)
6. [https://www.epexspot.com/fr/epex\\_spot\\_se/fondamentaux\\_du\\_marche\\_de\\_l\\_electricite](https://www.epexspot.com/fr/epex_spot_se/fondamentaux_du_marche_de_l_electricite)
7. Projet ITER : <https://www.iter.org/fr/proj/inafewlines>
8. [https://en.wikipedia.org/wiki/Space-based\\_solar\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Space-based_solar_power)
9. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Projet\\_Desertec](https://fr.wikipedia.org/wiki/Projet_Desertec)
10. <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=supergrids-chine-etats-unis>

Rappel : 1TWh (TeraWatheure) = 1.000 GWh (GigaWatheure) = 1.000.000 MWh (MegaWatheure) = 1 milliard de kWh (kiloWatheure). 1 kWh est l'énergie consommée pendant une heure d'une charge de 1 kW(=1000 Watts) en fonctionnement à pleine charge.