

20 mai 2015 / MR

Faisabilité de l'autarcie électrique de la Suisse

Le Conseil fédéral a décidé que la Suisse devait sortir du nucléaire et s'orienter vers les énergies renouvelables. Cette décision n'a pas encore été sanctionnée définitivement par le parlement, et le peuple aura, j'espère, encore son mot à dire.

Voici de quoi se faire une opinion.

En résumé : C'est monstrueux, quasiment impossible à réaliser sur notre territoire. Et c'est très cher, trop cher, entre 3 et 8 fois ce que coûterait le renouvellement des centrales nucléaires actuelles. L'autarcie électrique n'est pas pour demain.

NON, ce qui suit n'est ni compliqué ni vraiment technique. Lecteur, arrête de croire que tu n'as ni le temps, ni la volonté, ni la capacité de lire et comprendre ! Ces explications tu te les vaux bien !

Tous les calculs faits ici ne sont que des règles de trois que chacun fait plusieurs fois par jour. C'est un de ces calculs de baignoire : dans ce cas elle se remplit de manière erratique et doit se vider à flux constant.

Avec cette décision et la chaîne de mesures appelée « transition énergétique » dont un élément est aussi de ne pas user des combustibles fossiles pour produire de l'électricité il faudra, à terme, que la Suisse soit autosuffisante quant à son approvisionnement électrique. On ne pourra compter sur les voisins que pour des échanges de petites ampleurs servant à corriger des fluctuations passagères mais on ne saurait être un importateur constant et important, d'autant plus que l'accès au marché européen dépendra des négociations entre la Suisse et l'Union européenne qui ne sont pas en bonne voie actuellement.

Donc il faudrait sortir du nucléaire et s'installer des productions dites renouvelables pour qu'elles se substituent aux 3'200 mégawatt (MW) de capacité nominale des centrales actuelles. La plus grande partie de ces sources nouvelles devra nécessairement être du photovoltaïque (PV) et de l'éolien. Les mini- et micro- centrales hydrauliques ne joueront pas de rôle suffisant dans cette ligue.

Combien en faut-il et cela sera-t-il suffisant ? Et, accessoirement, combien cela pourrait-il coûter ?

Avec un facteur de capacité¹ de 88.2% en 2013 la puissance moyenne effectivement délivrée par le nucléaire fut de 2835 MW tout au long de l'année².

Le facteur de capacité du photovoltaïque a été de 8,2% en 2013. Soyons généreux et supposons qu'il soit de 10% dans l'avenir. Si tout était du PV il faudrait alors installer une capacité nominale de 28'350 MW pour assurer tout l'approvisionnement –mais avec intermittence et on y reviendra plus bas dans cet article. Les installateurs PV annoncent qu'il faut 8 m² pour 1 kW ; en leur donnant encore crédit pour un meilleur avenir et supposant que les cellules ont un rendement de 150 W/m² **il faudrait alors couvrir 189 km² par des panneaux**. Rappelons pour comparaison que le canton de Genève a une surface totale de 282 km².

¹ Le facteur de capacité est donné par le rapport entre la quantité d'électricité effectivement produite et la quantité qu'on obtiendrait si l'installation fonctionnait toute l'année à 100% de sa capacité nominale (théorique et inatteignable).

² Source : Office fédéral de l'énergie OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2013

Le facteur de capacité de l'éolien a été de 16,9% en 2013. Encore une fois, avec générosité, supposons que cela sera 20% dans l'avenir. Il faudrait installer une capacité nominale de $2835/0,2 = 14'175$ MW. Avec des machines de 3 MW³ cela signifie un besoin de 4'725 éoliennes à répartir sur les 41'285 km² du territoire, soit une par 8,73 km². En moyenne elles seraient donc distantes de 3 km l'une de l'autre.

Et ce n'est pas tout ! Il y a encore l'intermittence à gérer.

Pendant que le soleil luit ou le vent souffle on utilisera une partie de la production pour satisfaire la demande et une autre partie, bien plus considérable, pour la stocker. Parce que, quand la nuit sera venue, que les nuages cachent le soleil et qu'Éole est allé faire un tour ailleurs, il faudra continuer à satisfaire la demande et pour cela restituer ce qui aura été mis en réserve. Plusieurs technologies sont pensables pour ces systèmes de stockage et restitution : chauffage et refroidissement de sels fondus, stockage d'hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau et restitution par piles à combustible, batteries électriques. Mais celle qui est prouvée, d'échelle industrielle adéquate, raisonnablement efficace et vraisemblablement la moins onéreuse est le pompage-turbinage. On pompe pour accumuler de l'eau en altitude et on la turbine plus tard pour restituer environ 80% du courant utilisé.

La capacité de pompage à installer dépend du facteur de capacité du système de production intermittent :

Pour le PV, qui a un facteur de capacité de 10%, il faudrait :

- produire 10X la demande moyenne (en GW)
 - pour fournir 1X aux consommateurs
 - et pomper 9X.
- mais comme ces 9X donnent lieu à 20% de pertes il faudra qu'ils soient en fait $9/0,8 = 11,25$.
- donc il faudrait installer des panneaux pour un total de 12,25X la puissance actuellement fournie par le nucléaire, soit, à 150 W/m² une surface totale de $12,25 \times 2'835 / 150 = 232$ km².

Pour l'éolien, qui a un facteur de capacité de 20%, il faudrait :

- produire 5X la demande moyenne (en GW)
 - pour fournir 1X aux consommateurs
 - et pomper 4X.
- mais comme ces 4X donnent lieu à 20% de pertes il faudra qu'ils soient en fait $4/0,8 = 5$
- donc il faudrait installer des éoliennes pour un total de 6X la puissance actuellement fournie par le nucléaire, soit, pour des machines de 3 MW, $6 \times 2'835 / 3 = 5'670$ éoliennes occupant en moyenne chacune 7,3 km² du territoire suisse, alpes et villes comprises, étant en moyenne distantes de 2,7 km l'une de l'autre.

Ce qui est là ou en cours de réalisation pour le pompage-turbinage en Suisse :

- Hongrin : 240 MW en service, va être augmenté à 420 MW
- Nant de Drance : 900 MW, en construction
- Linth-Limmern : 1480 MW, en construction
- Grimsel : 660 MW, projet avec écolos s'y opposant
- Lago Bianco (GR) : 1000 MW, projet, actuellement dans les tiroirs car non rentable, lui aussi.

Si tout était réalisé il y aurait donc une puissance de pompage total de 4460 MW.

Mais si c'est du PV qu'on installe il en faudrait $11,25 \times 2'835 = 31'894$ MW

Et si c'était tout en éolien il en faudrait $5 \times 2'835 = 14'175$ MW

De toute évidence il y a un gros, très gros problème.

³ Un tel moulin de 3 MW a une hauteur totale de presque 200 m, un diamètre de rotor de 116 m, et la vitesse en bout de pale est entre 90 et 280 km/h. Les trois grandes machines du parc éolien du Peuchapatte (JU) ont chacune une puissance nominale de 2,3 MW.

On remarquera en passant que la puissance utile au turbinage n'a pas grande d'importance. C'était pourtant la justification originale de l'Hongrin ou de Nant de Drance –pouvoir réagir en quelques minutes aux différences de demande et au différentiels de prix au milieu de la journée– qui n'a plus lieu d'être avec le PV qui donne à plein à cette heure-là. La rentabilité de ces installations est devenue négative grâce aux vents de la mer du Nord et aux subventions que l'état allemand a octroyées aux producteurs PV et éoliens, sans compter les charbons de la Ruhr...

On constate qu'il y a un monde entre réalité et désir de réalité augmentée. On doit même se demander s'il serait possible de créer des lacs alpestres en suffisance et sans oppositions des conservateurs de la nature.

Coûts à prévoir.

Il devient presque absurde de quantifier les coûts impliqués. Faisons-le quand-même, à la louche.

Comme il s'agit d'installations qui ne consomment que de la lumière du soleil, du vent et de l'eau ce sont uniquement les investissements qui déterminent toute l'économie du secteur.

Adoptons les coûts d'investissement suivants, en Fr par Watt de capacité nominale installée :

PV 4 Fr/W, Éolien 3 Fr/W, Pompage –Turbinage 2 Fr/W, toutes hypothèses plutôt modestes.

Investissements à réaliser, en millions de franc suisses :

	Production primaire	Stockage et restitution	Total	Coût total de revient ⁴ Fr/kWh
Tout PV	138'915	63'788	202'703	0,475
Tout éolien	51'030	28'350	79'380	0,218

Donc l'autarcie de la Suisse en matière d'approvisionnement électrique devrait coûter des investissements entre 80 et 200 milliards de francs, à supposer que la place nécessaire soit disponible pour panneaux solaires, moulins à vents et lacs d'accumulation (d'ailleurs on pourrait les construire les uns sur les autres) et que le réseau est utilisable tel qu'il est aujourd'hui, ce qui est invraisemblable.

Le consommateur helvétique paye aujourd'hui environ 20 centimes par kWh pour le courant qu'il reçoit chez lui, il y a dans ce prix environ 15 centimes pour transport et distribution, subventions pour producteurs pique-assiettes et TVA. Il devrait s'attendre à payer de 35 à 65 centimes dans le futur, alors que rien ne changerait dans le produit qu'il reçoit.

À ces prix-là on pourrait se payer du nucléaire pour 28 à 70 Fr par Watt alors que même les projets les plus fameusement coûteux dans ce domaine (Areva en Finlande et en France) ne dépassent pas les 5 Fr/W, ce à quoi il faut ajouter 3-5 Fr/W pour le démontage en fin de vie. Pour 3200 MW de capacité nucléaire il faudrait alors investir 16,1 milliards de francs et, provision pour démantèlement comprise, le coût de revient du kWh serait de 0.062 Fr/kWh, soit 4 à 8 fois moins que ce qui nous est proposé.

Et dire que, entre autres arguments, la Conseillère fédérale Leuthard justifie l'abandon du nucléaire en le prétendant non rentable !

Alors que faire ?

Des économies d'énergie, sûrement indispensables au vu des calculs ci-dessus. Chaque pourcent ferait baisser la facture initiale de un à deux milliards. Il y en a qui vont dire que ces économies seront responsables et en faveur des générations futures. Eh oui il vaut mieux courir derrière un taxi pour économiser 20 balles que derrière un tram pour ne sauver que 3 francs. Pour paraphraser un président français : dépenser plus pour économiser plus !

⁴ Feuille de calcul à disposition sur demande.

Ne nous leurrions pas, si le courant électrique s'économise c'est par petites tranches car on n'a pas rien fait dans le passé. Et si dans un programme de transition énergétique global on désire aussi se rendre moins dépendant du fioul, du gaz et de l'essence alors il faudra encore plus d'électricité pour la mobilité et pour les pompes à chaleur. Les objectifs se contredisent et les scénarios sont laissés à la fantaisie de leurs auteurs.

Importer du courant : ça peut aller tant que la bourse électrique européenne nous reste accessible (bilatérales bloquées pour raison de xénophobie) et que les voisins ont d'autres capacités de réserves, thermiques celles-ci, dont ils n'ont pas besoin. Mais cela ne peut pas durer et le prix ne sera plus au plancher comme aujourd'hui. Et puis... on ne serait plus le bon élève de la classe ? Pan sur le pfüdeli !

Ne pas fermer le nucléaire et le remplacer en temps utile par des centrales de 3^{ème} ou de 4^{ème} génération. Dans sa grande incohérence le Conseil fédéral est en train de préparer cette voie, qu'il en soit loué ! On garde ce qui fonctionne encore pour une génération, pourquoi pas pour plus longtemps ? Mais attention : il faut s'assurer que les compétences en physique et en ingénierie soient maintenues au plus haut niveau dans le pays, ce que, scandale, les écoles polytechniques fédérales ne font plus pas.

En attendant, quelle chance économique pour les fournisseurs de panneaux chinois, de ventilateurs allemands ou danois, et pour nos travailleurs du secteur de la construction.

Vive les greentech et le swissfinish !

Nos générations futures se font programmer une gueule de bois grave.