

Transiter énergétiquement : de quoi s'agit-il vraiment ?

Estimation des investissements selon les technologies à mettre en œuvre.

En résumé :

- Pour décarboner, il faudra électrifier généralement toutes les activités.
- Les capacités et les investissements nécessaires peuvent être grossièrement estimés (une méthode simple de calcul est donnée dans un tableur).
- Ils doivent être orientés vers la satisfaction de la demande en tout temps.
- Dû à leur intermittence, photovoltaïque et éolien sont bien plus à l'arrêt qu'en marche.
- Le choix de ces « renouvelables intermittentes » implique la nécessité du stockage. Le stockage lui-même est une source de pertes qu'il faut compenser.
- Les investissements sont énormes et encore multipliés par la nécessité du stockage.
- Ni la Suisse ni le reste du Monde n'ont pris la mesure de ce défi.

Au Klimatistan tout est toujours possible, il suffit de le désirer, le décréter, de s'y engager et d'attendre que d'autres en fassent autant. Les alarmés ne sont pas satisfaits car ils ont l'impression d'une mascarade, les réalistes ne sont pas non plus satisfaits car ils ont l'impression d'une mascarade. Les premiers exigent que tout se fasse tout de suite, les seconds réalisent que ce n'est ni probable ni possible. Entre deux, le monde est désorienté et commence à s'énerver, tout autant de l'hystérie que des promesses pieuses et coûteuses.

Quelques réfractaires obtus mis à part, il existe un consensus, non scientifique car ce serait un oxymore, qu'à terme la société humaine devra savoir s'approvisionner en énergie sans faire appel aux carburants fossiles. Que la sensibilité du climat aux gaz à effet de serre soit haute ou faible n'est pas en question, il faudra l'avoir fait un jour, mais ce sont aussi de l'épuisement de la ressource, la cherté croissante de son exploitation ainsi que les enjeux géopolitiques qui le demandent.

Se trouver un jour, que je ne vivrai pas, en situation de « zéro carbone net » signifie que nos seules sources d'énergie primaire que sont le soleil et la géothermie et les matières fissiles devront **passer par une électrification générale** pour être exploitées utilement. D'autres procédés interviendront mais sont encore bien loin d'être au point, par exemple la décomposition thermique de l'eau pour en faire de l'hydrogène ou la fusion nucléaire.

Le catéchisme climatique dicte : « net zéro en 2050 ». Il faut donc examiner ce que cela signifie concrètement.

Le chauffage domestique ou industriel qui est alimenté au mazout et au gaz devra être remplacé par des pompes à chaleur et des panneaux solaires thermiques. Les moteurs à combustion interne des véhicules passeront à l'électrique, avec ou sans hydrogène et carburants synthétiques. Les processus industriels produisant de l'acier, du ciment, des plastiques et des produits chimiques devront être modifiés pour utiliser d'autres réactifs. De son côté, la capture et séquestration du CO₂ ne saurait concerner que des quantités marginales.

Tout cela donnera aussi l'occasion d'optimiser les conditions opératoires, aussi du côté des consommateurs, et donc de réaliser des économies, par exemple l'isolation mais aussi la climatisation des bâtiments ou l'optimisation domotique. Cependant faire des économies aura ses limites car elles ne doivent pas coûter plus qu'elles ne rapportent, ni en gros sous ni en qualité de vie. Les gilets jaunes sont à l'affût et l'esprit de sacrifice n'est pas benêt.

Les dimensions en jeu

Tout d'abord, il faut estimer les besoins de cette électrification générale. À l'horizon 2050 quelle devra être la capacité de production électrique qui approvisionnera le marché ? Ensuite, il faut estimer quels investissements seront nécessaires pour que cela puisse devenir réalité. Une troisième question ne sera pas abordée ici, mais qui est très vaste, est celle de l'adaptation de la consommation à cette nouvelle donne : infrastructures, accès et distribution, recyclages, import/export, etc.

Il y a deux manières pour obtenir des réponses à ces questions. Mettre au concours une étude fouillée et prospective entre des bureaux d'étude prestigieux, ou se contenter d'estimations grossières faites au dos d'une enveloppe. L'une coûte des mois et des centaines de milliers de francs et l'autre prend quelques jours et a tout autant de valeur, bien que son coût soit minime.

Approximations

Dans le tableur joint à cet article, une estimation est faite de la capacité de production électrique que l'on peut projeter pour la Suisse. Chacun peut jouer avec des paramètres afin de simuler le cas qui lui semble approprié ou tester la sensibilité avec laquelle on peut se tromper. Rien n'est vrai dans de tels chiffres mais il est permis d'en tester la vraisemblance.

En utilisant des conditions à peu près convenables, on s'aperçoit que des nouvelles capacités pour fournir environ 60 TWh par an seront nécessaires, la production actuelle étant de l'ordre de 65 TWh/a. Cela inclut le remplacement des centrales nucléaires (23 TWh/a) mais pas celui de panneaux photovoltaïque ou d'éoliennes qui seront devenus obsolètes d'ici là. Une faible croissance économique est aussi incluse. Pour ce qui est du monde entier, dont le taux d'électrification n'est pas aussi élevé qu'en Suisse mais qui devrait s'en approcher, on pourrait s'attendre à un doublement voire un triplement des capacités actuelles qui sont de 27'000 TWh/a.

Dans ce même tableur, une autre feuille permet d'estimer grossièrement les investissements nécessaires pour réaliser cet approvisionnement. Possibilité est aussi donnée de se composer un « mix électrique » entre les scénarios des trois technologies envisagées que sont le photovoltaïque (PV), l'éolien et le nucléaire. On pourrait y ajouter l'hydraulique mais, comme cette ressource est déjà exploitée à presque saturation, cela ne représentera qu'un impact marginal. Toutes les solutions « bio » sont très inefficaces comparées au PV et ne concerneront que des usages marginaux. La géothermie n'est valable qu'en des endroits favorables et donc d'usage limité.

En tous les cas il faut veiller au respect d'une **loi d'airain de l'énergétique** :

*« La récolte d'énergie **primaire** doit nécessiter
moins d'énergie que cela n'en délivrera. »*

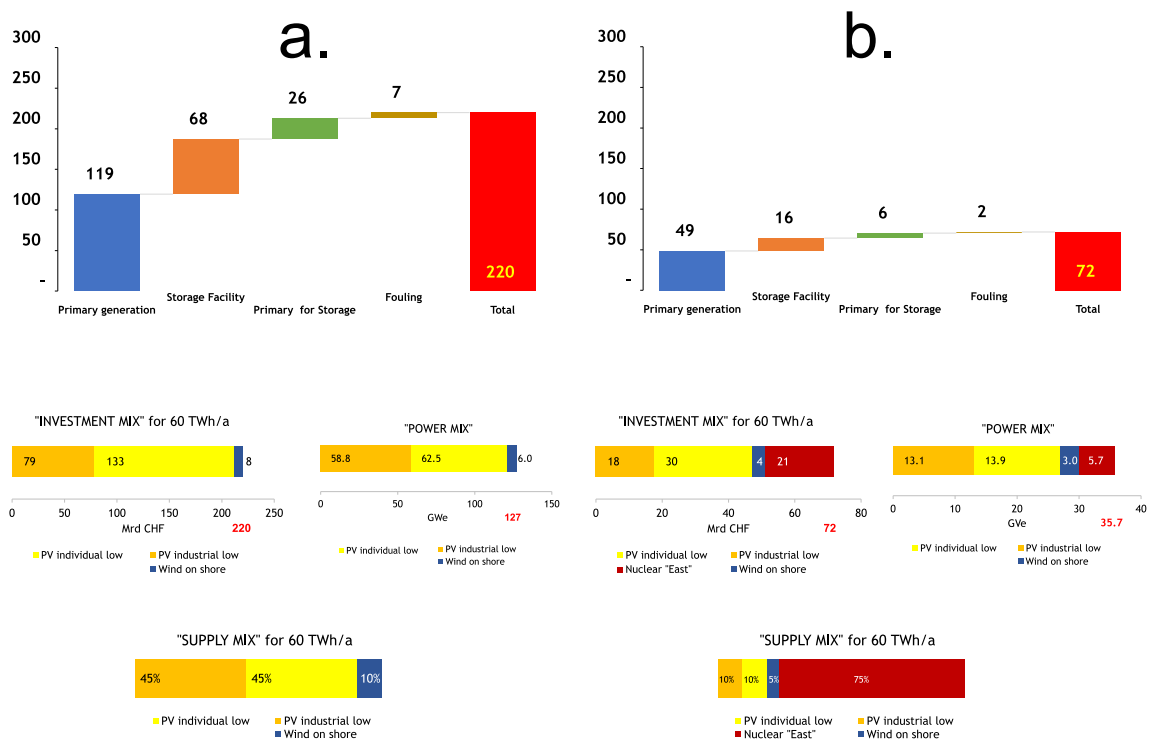
Si ce n'était pas le cas, il faudrait « subventionner » cette récolte par d'autres formes d'énergies récoltées autrement. C'est toujours possible mais c'est un jeu de perdant à grande échelle. Ainsi, le retour sur énergie doit être significativement supérieur à l'unité : $ERoEI > 1$ (Energy Return on Energy Input).

Cette estimation n'est pas centrée sur le producteur mais sur la satisfaction de la demande à toute heure, toutes saisons ou conditions météorologiques. Ce point de vue n'est jamais utilisé car ce secteur industriel, monopole en mains de coteries étatiques, a pris l'habitude de gérer une rente et non de satisfaire un marché. Ainsi, l'habituel mensonge de type « ce parc éolien fournira le courant d'une ville de 50 000 habitants » doit trouver sa coûteuse correction en incluant les capacités de stockage intermédiaire que ces productions intermittentes rendent indispensables. La rente diminue et ça ne fait pas plaisir.

Résultats

Pour la Suisse, l'approvisionnement de 60 TWh/a par un mix composé à 45% de PV industriel, de 45% de PV individuel et de 10% d'éolien nécessiterait des investissements totaux de l'ordre de 220 Mrd Fr, soit 7,3 Mrd Fr par an pendant les trente prochaines années.

Si, par un miracle législatif et social, c'était un mix de 20% de PV, 5% d'éolien et 75% de nucléaire qui était construit, il faudrait y consacrer *seulement* 72 Mrd Fr. Mais la part des investissements consacrée aux renouvelables resterait la plus importante (71%). Au vu de ces chiffres, il est légitime de se demander si l'obstination dans les renouvelables est vraiment raisonnable.



© 2021. Michel de Rougemont

TR's Blog
On & Off the Line

Figure 1 Deux cas d'estimation de nouveaux investissements pour fournir 60 TWh par année en Suisse, en milliards de CHF.
a : nouvelles renouvelables uniquement : 45% PV industriel, 45% PV individuel, 10% éolien.
b : part modeste des nouvelles renouvelables : 10% PV industriel, 10% PV individuel, 5% éolien, et 75% nucléaire.
 En haut : cascade des investissements avec stockage afin que les intermittences soient compensées, mrd CHF.
 Au milieu : répartition des investissements selon les technologies, mrd CHF ainsi que des puissances nominales (GWe)
 En bas : répartition de l'approvisionnement entre les technologies ("supply mix" en % des TWh/a)

Le lecteur, même inattentif, ne peut pas éviter de voir la part importante que doit jouer le stockage pour pallier les intermittences. Il est vraisemblable que, la part de ces renouvelables étant encore modeste, on ne se rend pas encore compte de cela car le réseau européen interconnecté absorbe ces variations. Le pompage-turbinage déjà à disposition dans le pays écrête bien les fluctuations quotidiennes de la demande, mais c'est insuffisant pour absorber les chocs de la production, tant en puissance de charge (W) qu'en durée de garde (Wh). Si, par-dessus le marché il est désiré de se protéger contre des black-out hivernaux lorsque les importations seront devenues impossibles, alors une redondance de plus sera nécessaire sous la forme de centrales à gaz ; ceci n'est pas inclus dans ces estimations.

Pour le monde entier, une estimation ne permet que de jeter un regard sur la taille de la question.

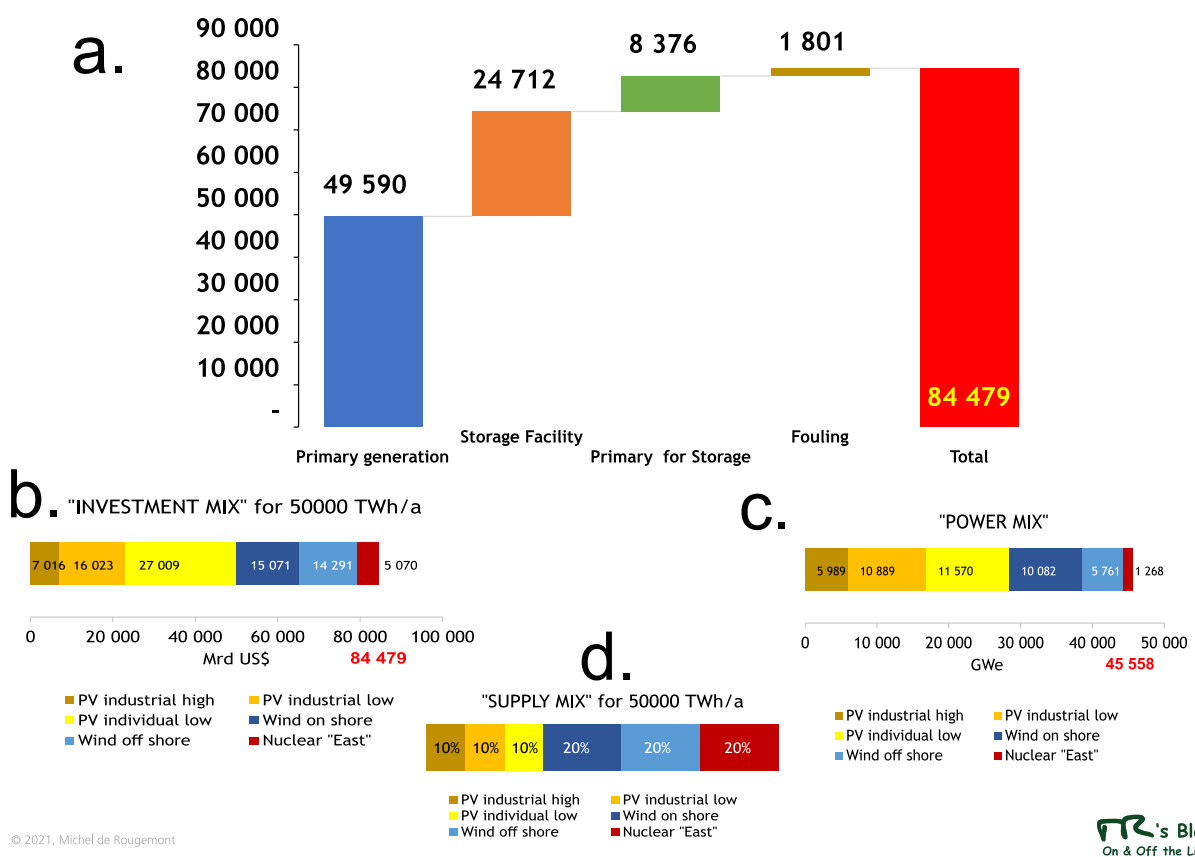


Figure 2 Scénario pour le monde entier : ajouter 50 000 TWh/a aux 27 000 TWh/a actuels selon un mix composé de 40% de PV industriel dont 20 en latitudes favorables, 40% d'éolien dont la moitié offshore et 20% de nucléaire exigerait un financement de 84 500 Mrd US\$, soit l'équivalent du PIB mondial d'une année entière.

a. Cascade des investissements avec stockage afin que les intermittences soient compensées. Mrd US\$.

b. Répartition des investissements selon les technologies Mrd US\$

c. Répartition des puissances installées (GWe)

d. Répartition de l'approvisionnement entre les technologies ("supply mix" en % des TWh/a)

Chacune pourra jouer avec ces chiffres pour en trouver d'autres. Ce sera pour s'apercevoir que les ordres de grandeurs donnés ici ne sont pas trop faux, même si rien n'est exact et ne prévoit tout.

L'espoir ne suffira pas

Au vu de la taille du problème démontrée ici, de la complexité et des temps de latence nécessaires pour opérer des changements, il paraît évident que ni la petite Suisse bien riche, ni le Monde désemparé ne se trouvent sur une voie de réalisation d'une stratégie de décarbonation qui n'a qu'un titre et une espérance. Bien au contraire, c'est avec négligence que des prébendes futures se répartissent, sans connexion avec les dimensions qui sont en jeu.

Il faudra pourtant continuer à œuvrer à la résolution des questions techniques et sociétales et investir sérieusement dans des recherches pouvant mener à des ruptures technologiques (*break-through*). Dans de tels domaines c'est une concurrence vraiment effrénée qui est nécessaire et qui doit se mener au plus haut niveau. Un saupoudrage des efforts afin de plaire au dada de l'un ou de l'autre serait ridicule. C'est pourtant ce qui se pratique dans des actions de « promotion de l'innovation » qui ne servent qu'à se congratuler. L'intelligence et la créativité humaine n'ont pas de limites connues, cependant ce sont des ressources qui ne se déploient pas au claquement de doigts.

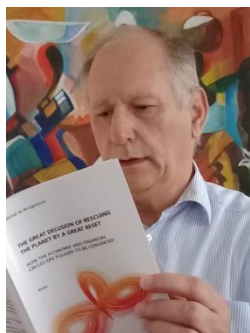
Rien ne sert de se scandaliser de cette indigence évidente car ce sont les faits qui sont obstinés. Même si l'énergie primaire offerte par le soleil, la géothermie et les matières fissiles sont humainement inépuisables, nous ne saurons pas les maîtriser simplement au prétexte que ce serait désirable. Par ailleurs, ou par dépit, proposer des restrictions sous forme de décroissance ou de sobriété régulée par des structures de type soviétique restera inacceptable même si cela s'impose déjà dans des pays où il ne fait pas bon vivre. Ce serait jeter l'éponge au nom de l'incapacité de résoudre les problèmes que nous nous serons créés ; c'est insensé donc inacceptable.

Il faudra donc, en même temps, apprendre à vivre dans une atmosphère plus chaude et il serait préférable de cesser de croire qu'en l'espace de trente ans ce sacré climat puisse commencer à être mis sous contrôle.

Non, tout n'est pas possible en Klimatistan.

Kaiseraugst, le 11 novembre 2021

À propos de l'auteur :



Michel de Rougemont, Ingénieur chimiste, Dr sc tech, est consultant indépendant. www.mr-int.ch
Par ses activités dans la chimie fine et l'agriculture, il est confronté, sans les craindre, à maints défis liés à la sûreté des gens et l'environnement.

Il est l'auteur de trois essais "Réarmer la raison. De l'écologie raisonnée à la politique raisonnable" (2017), « Entre hystérie et négligence climatique » (2018) et « La grande illusion du sauvetage de la planète par une remise à zéro » (2021, aussi en anglais). En [voir les détails ici](#).

Il anime un blog blog.mr-int.ch, un site sur le climat climate.mr-int.ch, et un autre site sur le contrôle biologique en agriculture biologicals.mr-int.ch.

Courriel : michel.de.rougemont@mr-int.ch

Il n'a aucun conflit d'intérêt en rapport avec le sujet de cet article.