

La sortie du nucléaire approche

Feuille de route pour le déploiement du photovoltaïque en Suisse

L'important potentiel du photovoltaïque – voici comment nous l'utilisons

Au cours des deux prochaines décennies, les centrales nucléaires suisses devraient être progressivement mises hors service. Beznau I, la centrale la plus ancienne du monde, est déjà hors service depuis mars 2015 et sa remise en fonctionnement est de plus en plus improbable. La centrale de Mühleberg sera retirée du réseau en 2019. En outre, dans dix ans, les droits de prélèvement auprès des centrales françaises seront échus et Beznau II sera arrivée au terme de sa durée de vie technique. Gösgen et Leibstadt atteindront ce terme au plus tard en 2035 – une fermeture anticipée pour raisons économiques est tout à fait possible. Rares sont ceux qui croient à la construction d'une nouvelle centrale nucléaire en Suisse – le projet de centrale Hinkley Point C en Grande-Bretagne montre que cela ne serait possible qu'avec un soutien massif de l'État.

Bilan : L'énergie nucléaire doit être remplacée dans un proche horizon. Soit les opposants de la Stratégie énergétique ignorent ce fait, soit cela leur est égal que la Suisse dépende à l'avenir massivement des importations d'électricité.

Le photovoltaïque : un pilier du remplacement des centrales nucléaires

Lorsque toutes les centrales étaient encore en service, elles fournissaient chaque année près de 25 milliards de kilowattheures (25 térawattheures, TWh), soit 35 à 40% des besoins en électricité de la Suisse¹. Comment remplacer cette quantité d'électricité ?

En prenant en compte tous les toits, façades, parkings et autres installations d'infrastructure pouvant être considérés pour l'utilisation de l'énergie solaire grâce à leur exposition et emplacement, le potentiel photovoltaïque de la Suisse s'élève à environ 33 TWh de production annuelle (étude de Meteotest, 2017). Si l'on y ajoute en plus quelques installations sur surfaces non bâties, on peut envisager la production d'environ 35 TWh. Pour sortir du nucléaire, il suffit de remplacer 17 TWh ou deux tiers de l'énergie nucléaire par de l'énergie photovoltaïque. La réduction de la consommation grâce à des mesures d'efficacité énergétique et le développement d'autres énergies renouvelables permettent le remplacement du tiers restant. Le photovoltaïque devient ainsi le deuxième pilier de notre approvisionnement en courant, à côté de l'hydraulique.

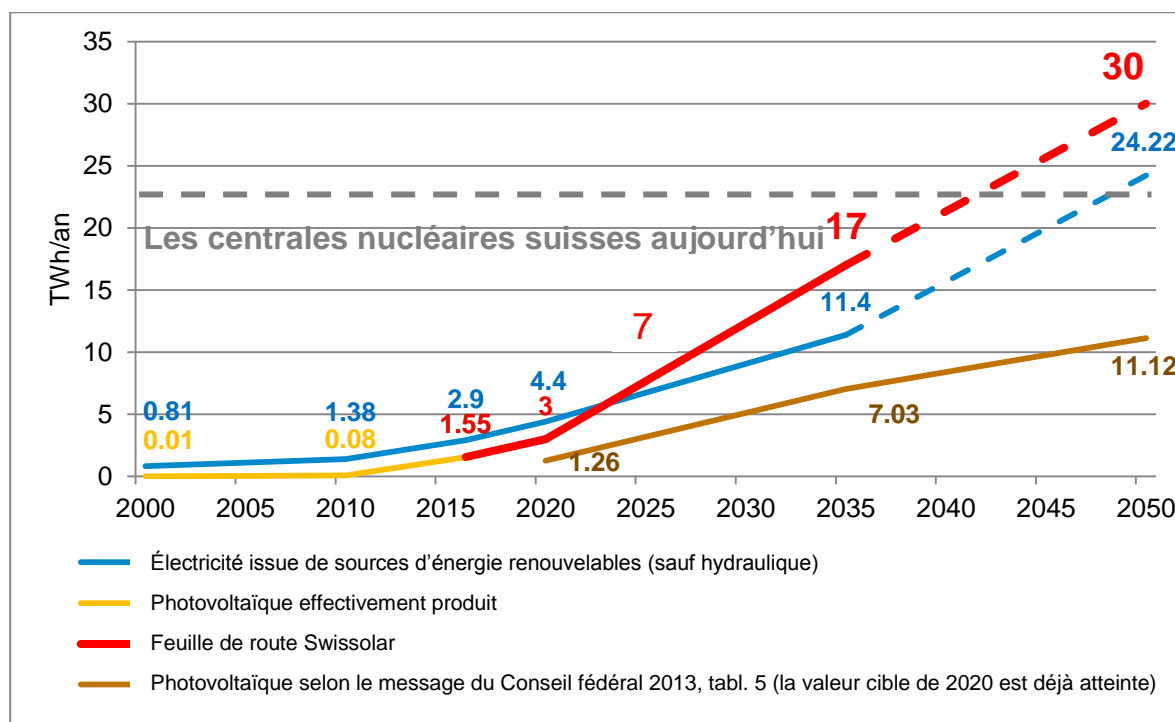
Deux étapes vers l'objectif

- D'ici **2025**, les installations photovoltaïques fourniront **7 TWh** d'électricité, à savoir environ 5 fois plus qu'aujourd'hui. Pour assimiler cette quantité d'énergie solaire, quasiment aucune adaptation du réseau électrique n'est nécessaire. Les surplus de production et les compensations saisonnières peuvent être assurés grâce aux centrales de pompage-turbinage et leurs lacs de rétention existants, aux batteries ainsi qu'aux importations et exportations. Cette production solaire correspond à 70% du courant généré par les trois petits réacteurs Beznau I et II ainsi que Mühleberg. En incluant les installations de sources renouvelables déjà en ex-

¹ D'août 2016 à février 2017, la centrale de Leibstadt était hors circuit. En combinaison avec Beznau I, cela correspondait à la perte d'environ la moitié de la production annuelle.

ploitation, cela signifie que la production électrique des 3 petites centrales nucléaires sera bien entièrement remplacée.

- D'ici **2035**, la production d'énergie photovoltaïque peut être étoffée de **10 TWh** supplémentaires. D'ici-là, toutes les centrales nucléaires de Suisse seront probablement hors service et le photovoltaïque remplacera environ deux tiers de leur production annuelle initiale. Afin d'intégrer cette quantité d'énergie solaire dans le réseau électrique, le photovoltaïque et l'hydraulique doivent être coordonnés : le photovoltaïque produit la plus grande quantité de courant, l'hydraulique la fournit exactement quand nous en avons besoin. Avec cette répartition des rôles, l'hydraulique redevient économique et les élargissements nécessaires des lacs de rétention existants pour la compensation saisonnière peuvent être financés.
- Avec 17 TWh, le potentiel du photovoltaïque est loin d'être épuisé. Après 2035, le photovoltaïque sera encore développé et contribuera à la décarbonisation de notre approvisionnement en énergie, et donc au remplacement des combustibles et carburants. L'importance de cette contribution dépend surtout des technologies permettant le stockage énergétique saisonnier.



Déploiement du photovoltaïque : objectif de Swissolar et comparaison de scénarios officiels

Courbe bleue : jusqu'à 2016 : production effective, 2017-2035 : trajectoire conforme à la stratégie énergétique 2050, 2036-2050 : selon le message du Conseil fédéral 2013, tabl. 5

Le photovoltaïque s'intègre bien au système énergétique

L'hydraulique et le photovoltaïque, les deux piliers de l'avenir de l'approvisionnement en électricité, s'accordent parfaitement. Au cours d'une journée, c'est aux alentours de midi que le photovoltaïque fournit le plus d'électricité, à savoir là où la consommation est la plus élevée. Une éventuelle surproduction peut être utilisée par les centrales de pompage-turbinage pour remonter l'eau dans les bassins de rétention. Lorsque le soleil ne brille pas, l'eau est de nouveau turbinée. Les batteries (dans des bâtiments individuels ou pour des quartiers) représentent une autre possibilité pour réagir aux variations des besoins dans le réseau. Pour le stockage saisonnier, le surplus solaire estival peut être transformé en combustible ou carburant (power-to-gas, power-to-fuel)

L'évolution du photovoltaïque en cours d'année et celle des apports d'eau dans les lacs de rétention ne sont pas parallèles. Au printemps, lorsque les lacs de rétention sont encore vides, les installations solaires tournent déjà à plein régime. Grâce à la production solaire estivale, les réserves d'eau peuvent être laissées dans les lacs de rétention et sont ainsi à disposition pour l'hiver.

Le photovoltaïque fournit l'énergie la plus économique – mais a besoin de conditions appropriées

L'énergie solaire est devenue plus avantageuse à une vitesse impressionnante. Les prix par kilowattheure en Suisse étaient encore d'environ 2 francs en 1992, contre 1 franc en 2000 et seulement 10 à 18 centimes aujourd'hui, selon la taille de l'installation. Les grandes installations dans les régions très ensoleillées de la planète atteignent des valeurs de 2,5 ct/kWh. Ainsi, l'énergie photovoltaïque est moins chère que celle des centrales neuves, quelle que soit la technologie. Au cours des prochaines années, il faut s'attendre à ce que les prix baissent encore.

Cependant, le photovoltaïque ne se déploie pas « tout seul ». Les prix extrêmement bas sur le marché actuel de l'électricité empêchent la sécurité d'investissement nécessaire, en particulier pour la construction de grandes installations PV. La situation des prix ne va pas changer à court terme. Il faut tout d'abord créer un environnement régulateur et un design du marché de l'électricité qui encouragent un développement économique du photovoltaïque et ne crée pas d'obstacles. Entre-temps, des mesures d'encouragement pour le photovoltaïque sont nécessaires. Il peut s'agir de prix d'achat garantis (RPC ou appels d'offres) ou de contribution à l'investissement (rétribution unique).

Jusqu'à présent, la promotion des énergies renouvelables en Suisse est une success-story : les installations en exploitation, toutes technologies confondues, produisent chaque année 3,3 TWh d'électricité, ce qui couvre déjà plus que le remplacement de la centrale de Mühleberg. Mais 35 000 projets photovoltaïques se trouvent encore sur la liste d'attente de la RPC. Ils pourraient fournir 2 TWh et ainsi remplacer au deux tiers la centrale arrêtée de Beznau I. Ces projets ainsi que des milliers d'autres attendent d'être réalisés. Avec la Stratégie énergétique 2050, nous continuons d'avancer et des projets supplémentaires pourront obtenir un financement équitable. Afin d'aider à la percée du photovoltaïque, d'autres démarches doivent suivre le premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050. Ceci comprend la création de nouveaux mécanismes sur le marché de l'électricité, comme ceux qui sont actuellement discutés au sein de la Commission de l'énergie du Conseil national.

Autonomie énergétique en bilan annuel

Les scénarios énergétiques pour la Suisse diffèrent considérablement en fonction de l'autoapprovisionnement estimé. En matière d'électricité, une autonomie totale, alors que la Suisse constitue la plaque tournante européenne, est peu pertinente. De même, une dépendance massive aux importations n'est pas souhaitée. Swissolar vise une autonomie de bilan ; il faut donc que le bilan annuel affiche autant d'importations que d'exportations. En hiver, la Suisse peut à la fois importer de l'électricité éolienne et, durant les pics de demande, exporter l'électricité des lacs de rétention et des centrales de pompage-turbinage.

Le nouveau système énergétique : solide et indépendant

Actuellement, les pannes des centrales nucléaires vieillissantes deviennent de plus en plus fréquentes. En Suisse, Beznau I et Leibstadt sont hors circuit (état en février 2017) ; à compter d'octobre 2016, un tiers des centrales françaises étaient coupées pour une période prolongée. Quand de si grandes unités ne produisent plus, la stabilité de notre approvisionnement en courant est mise en péril. Cela devient ainsi de plus en plus clair : une combinaison de différentes sources d'énergie renouvelables et systèmes de stockage garantit un approvisionnement en courant solide, moins sujet

aux pannes. Le solaire est notamment parfaitement complémentaire avec l'énergie éolienne qui apporte une contribution hivernale importante. Grâce aux spécificités de chaque source renouvelable, l'affirmation selon laquelle des centrales fonctionnant en ruban sont nécessaires pour un approvisionnement en courant sûr est réfutée depuis longtemps. Leur production ne peut pas être adaptée aux fluctuations de l'énergie éolienne et solaire. Cela entraîne une surproduction à certains moments, ce qui se reflète dans les prix cotés en bourse négatifs, surtout en Allemagne. De plus, les centrales fonctionnant en ruban, telles que les centrales nucléaires ou à charbon, dépendent des importations d'énergie et peuvent représenter des cibles pour les attaques terroristes.

Photovoltaïque et stockage pour le tournant énergétique

Roadmap Swissolar pour le déploiement du photovoltaïque en Suisse, mars 2017

Jusqu'à quand ?	Part de marché détenue par le PV [TWh] – [%]		Nucléaire	Stockage de courte durée jour/nuit	Stockage saisonnier été/hiver
	TWh	%			
état actuel 2016	1.6 TWh	2.6%	Sans Beznau I	Centrales pompage-turbinage existantes incl. Limmern (Axpo)	Centrales de stockage existantes
2017-2025	7 TWh	≈10%	Sans Mühleberg, Beznau I&II	<ul style="list-style-type: none"> Déplacement des charges locales, p.ex. PAC et chauffe-eau PAC nuit>jour Stockage par pompage-turbinage Nant de Drance (Alpiq) 	<ul style="list-style-type: none"> Appareils AAA+ PAC à la place des chauffages électriques Minergie avec PAC
2026-2035	17 TWh	≈28%		<ul style="list-style-type: none"> Smart Building Smart Grid Batteries Mobilité électrique 	<ul style="list-style-type: none"> PAC avec PV Power to X Couplage électricité-chaleur-transport (integrated energy)
2035-2050	2X TWh	>35%	Suisse sans nucléaire	Nouveau stockage par pompage-turbinage ? Lago Bianco (Repower)	<ul style="list-style-type: none"> Minergie P comme standard Couplage électricité-chaleur-transport (integrated energy) Stockage par hydrogène et méthane Rehaussement des murs de barrage

FAQ

Est-ce que le bilan énergétique du photovoltaïque est bon ?

Dans nos latitudes avec un rayonnement de 1000 kWh/m², le temps de retour énergétique (energy pay-back time, EPBT) pour les installations photovoltaïques s'élève entre deux et trois ans et demi, selon la technologie utilisée (source : Fraunhofer ISE : Photovoltaics Report, mise à jour : 17 novembre 2016). Si une installation PV est en fonctionnement durant 30 ans, elle produit donc 9 à 15 fois plus d'énergie que ce qui a été investi pour sa fabrication et son installation.

Grâce à des rendements plus élevés et des plaquettes plus fines, l'EPBT des installations photovoltaïques diminuera encore et leur bilan énergétique continuera à s'améliorer. Ce qui n'est pas du tout le cas des centrales nucléaires : leur bilan énergétique se dégrade continuellement car des minerais d'uranium avec une teneur plus basse doivent être utilisés.

Les modules solaires peuvent-ils être recyclés ?

La plupart des modules solaires utilisés en Suisse sont basés sur la technologie du silicium cristallin. Ils sont presque exclusivement composés de verre et d'aluminium et peuvent être recyclés sans problèmes. Pour les autres types de modules (modules à couches minces), des procédés sont actuellement développés pour récupérer des substances précieuses. Au vu de leur durée de vie d'au moins 30 ans, les quantités à recycler sont pour l'instant encore très réduites. La plupart des producteurs et importateurs de modules suisses ont adhéré à une taxe d'élimination anticipée facultative de la fondation SENS. Une obligation est prévue pour 2018 (révision de l'OREA).

Le « courant intermittent » représente-t-il un risque pour la sécurité d'approvisionnement et la valeur de l'énergie solaire sur le marché ?

Certaines critiques caractérisent l'énergie éolienne et solaire de « courant intermittent » – un problème pour la stabilité du réseau et par conséquent la sécurité d'approvisionnement. Mais, en Suisse justement, nous sommes équipés au mieux pour cette production intermittente : les lacs de rétention et les centrales de pompage-turbinage peuvent compenser les fluctuations plus importantes et les prévisions de vent et de rayonnement toujours plus précises facilitent la planification des capacités. Les pics de production extrêmes des installations PV peuvent aussi être limités même si aucune batterie n'est disponible. Cela signifie que la puissance de l'installation est limitée dès qu'une certaine quantité de production est atteinte ou que des surplus sont présents dans le réseau. Les pertes pour les producteurs sont minimales : si une installation est limitée durablement à 70% de sa puissance maximale, les pertes sur l'année sont seulement d'environ 3%.

Il est intéressant de voir que les mêmes critiques ne parlent jamais du fait que l'énergie de ruiban des centrales nucléaires ne peut pas être régulée à court terme. Si une grande centrale telle que Leibstadt doit soudainement être coupée du réseau, ce sont d'un coup 7% de la capacité de production qui sont perdus. Cela peut influencer encore plus la stabilité du système que les fluctuations de production en grande partie prévisibles du vent et du soleil. Avec de telles grandes centrales, des coûts annuels de mise à disposition de réserves d'environ 320 Mio. CHF sont engendrés. C'est pourquoi d'énormes investissements ont été faits par le passé pour valoriser les surplus de production des centrales nucléaires (chauffages électriques à accumulation, centrales de pompage-turbinage). L'énergie solaire et éolienne, tout comme l'énergie nucléaire, a besoin de systèmes de stockage et de secours. Seule une cohabitation des différentes technologies peut garantir la sécurité d'approvisionnement.

Le déploiement de l'énergie solaire mène-t-il à une nouvelle ère du subventionnement ? Quand l'énergie solaire sera-t-elle compétitive ?

Aujourd'hui déjà, l'énergie solaire est souvent moins chère que l'électricité issue d'autres nouvelles centrales. C'est pourquoi toujours plus de petites installations sont installées sur des habitations indivi-

duelle avec la rétribution unique, voire sans aucune aide. Cependant, pour la transition énergétique, il faut de plus grandes installations. Afin que de telles installations puissent être financées et construites, une sécurité d'investissement pour la durée de fonctionnement de 20 à 30 ans est nécessaire. Les mécanismes actuels du marché ne permettent pas une telle sécurité : actuellement, les recettes de la vente d'électricité permettent de couvrir uniquement les coûts d'exploitation, mais pas les coûts d'investissement. L'énergie solaire n'est pas la seule concernée. C'est pourquoi des garanties de prix sont nécessaires pour les nouvelles centrales toutes technologies confondues – de notre point de vue, ceci devrait être accordé uniquement aux technologies renouvelables.

Au demeurant, un approvisionnement en énergie sûr revêt une importance absolument centrale pour l'économie d'un pays. Cela est toujours lié à des cycles d'investissement sur le long terme. Aucun pays ne laisse son approvisionnement en énergie complètement sur le marché libre, un contrôle politique est toujours assuré. Avec la fin de la durée de vie des centrales nucléaires existantes qui approche et la décarbonisation nécessaire de notre approvisionnement en énergie, il est pertinent que la Suisse agisse désormais de manière déterminée et crée les conditions nécessaires pour une expansion rapide des énergies renouvelables.

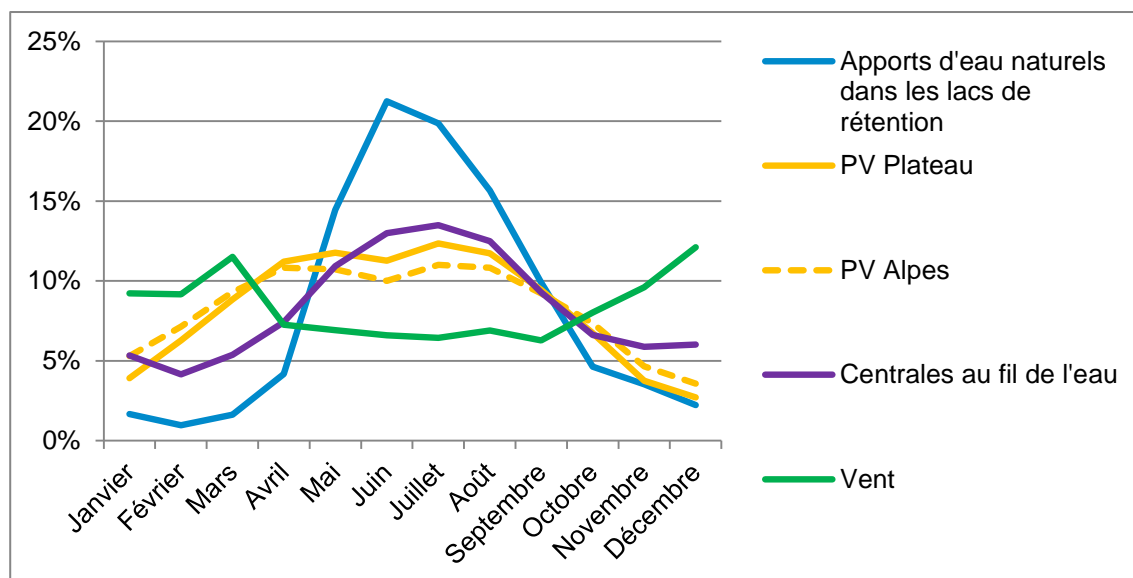
Il est important de souligner que la promotion actuelle des énergies renouvelables ne correspond PAS à un subventionnement. Elle n'est pas payée par les caisses de l'État, mais par un prélèvement sur le prix de l'électricité. La rétribution à prix coûtant introduite dans différents pays (en Suisse : la RPC, depuis 2009) s'est avérée être une mesure très efficace. Elle a énormément contribué à la baisse des coûts du photovoltaïque de près de 75% en 10 ans.

Les paysages seront-ils défigurés par la transition énergétique ?

La Suisse fait office de pionnière en matière d'installations PV intégrées aux bâtiments. Celles-ci s'adaptent parfaitement à l'apparence des bâtiments. Grâce à de nouveaux développements, elles sont également disponibles sous forme de modules blancs ou colorés. Ainsi, les installations PV ne sont plus utilisées seulement sur les toits, mais de plus en plus sur les façades. Des installations sont également possibles sur les biens immobiliers à protéger. Les installations photovoltaïques au sol ne joueront au contraire qu'un rôle marginal. L'énergie éolienne peut compléter l'énergie solaire de manière judicieuse, c'est pourquoi Swissolar soutient un déploiement modéré de cette énergie dans les régions prédisposées.

Le photovoltaïque rend-il l'hydraulique non rentable ?

Il est vrai que le déploiement de l'énergie solaire et éolienne en Europe (en particulier en Allemagne), combiné avec un arrêt insuffisant de centrales fossiles et nucléaires, a contribué à une baisse des prix sur la bourse qui ne permet plus d'exploiter les centrales hydrauliques avec le même rendement économique. Mais sur du plus long terme, la situation est claire : les deux sources d'énergie se complètent à merveille. Comme le montre l'illustration ci-dessous, la production d'énergie solaire au printemps est déjà importante tandis que les lacs de rétention sont encore vides avant la fonte des neiges. À l'inverse, les lacs de rétention peuvent fournir en priorité de l'électricité au milieu de l'hiver – encore plus qu'avant. Ceci est possible grâce à la production photovoltaïque qui augmente fortement à partir de février, et qui réduit donc le besoin en réserve d'eau pour les mois de mars et avril. En outre, les centrales de pompage-turbinage peuvent compenser les fluctuations de production des installations solaires. En quelques décennies seulement, le photovoltaïque deviendra en Suisse la deuxième source d'énergie principale, après l'hydraulique.



Répartition de la production annuelle en Suisse, moyenne de 2008–2011, selon la technologie (Nordmann & Remund, 2012)

Pourquoi ne construisons-nous pas des installations solaires dans le sud ?

En effet, les installations solaires en Europe du Sud ou en Afrique du Nord ont des rendements plus élevés que celles construites en Suisse. Cependant, celles-ci doivent être construites prioritairement pour couvrir les besoins à croissance rapide de ces régions. Dans le sens d'un développement durable, la Suisse aussi doit miser au maximum sur une production locale garantissant une création de valeurs et des places de travail. En outre, le transport de l'électricité vers le nord nécessiterait la construction de nouvelles lignes à haute tension, ce qui demande beaucoup de temps et augmenterait le prix de l'énergie solaire. Elle ne serait alors guère plus intéressante que l'électricité produite localement.

L'énergie solaire peut-elle garantir un approvisionnement en électricité sûr durant l'hiver ?

Aujourd'hui déjà, la Suisse importe de l'électricité en hiver. La grande différence de consommation entre l'été et l'hiver va se réajuster à l'avenir : les chauffages électriques directs sont de plus en plus remplacés par des pompes à chaleur ou d'autres systèmes de chauffage renouvelables (solaire thermique, bois) et le changement climatique apporte des hivers ainsi que des étés plus chauds, nécessitant ainsi un besoin de refroidissement accru. De manière générale, les besoins énergétiques baissent grâce à l'assainissement de l'enveloppes des bâtiments. Malgré tout, l'ensoleillement réduit en hiver doit être compensé. C'est à cela que servent les lacs de rétention qui sont moins vidés en été grâce à l'utilisation de l'énergie solaire. À cela s'ajoutent les importations d'énergie éolienne et, dans un avenir un peu plus lointain, la transformation des surplus d'énergie solaire estivaux en gaz (technologie Power-to-Gas) qui pourra être stocké pour les besoins hivernaux. Les réseaux de gaz européens existants offrent une très grande capacité de stockage.