

# SATW



## Le système électrique prévu en Suisse pour la mise en place de la Stratégie énergétique 2050 est-il approprié d'un point de vue technique?

Le Conseil fédéral a demandé à l'Office fédéral de l'énergie OFEN de mettre au point une stratégie énergétique pour 2050 à réaliser le plus tôt possible. Depuis, les discussions vont bon train: les objectifs fixés peuvent-ils être atteints d'un point de vue technique? Afin de favoriser une discussion basée sur les faits, l'Académie suisse des sciences techniques (SATW) a fait examiner si la stratégie énergétique est techniquement réalisable avec les infrastructures actuelles et déjà prévues, et si l'approvisionnement pourra être assuré même dans des cas extrêmes. **L'étude présuppose la réalisation de tous les aménagements prévus pour 2020 ou 2025 dans le domaine des réseaux et des centrales de pompage-turbinage.** Les investissements nécessaires sont connus mais le financement n'a pas encore été réglé en détail. Les considérations économiques ne font pas partie de cette étude, car celles-ci ne peuvent aboutir à des résultats probants pour la période considérée.

### Quelles questions ont été étudiées?

- Les capacités de production et de transmission suffisent-elles au niveau national et transfrontalier pour assurer une alimentation électrique fiable (assez d'énergie et assez de puissance) dans toutes les régions du pays et dans des cas extrêmes jusqu'en 2050?
- Les centrales de pompage-turbinage en Suisse sont-elles à même de stocker l'électricité fluctuante produite par l'éolien et le solaire?

- Quelle serait la conséquence si la Suisse produisait deux fois plus d'énergie solaire que prévu par la stratégie énergétique?
- Une fois les centrales nucléaires mises hors service, aura-t-on besoin de centrales à gaz pour assurer l'approvisionnement du pays?

### Quels scénarios ont été étudiés?

- L'étude a porté en priorité sur les scénarios de production et de consommation électrique de la stratégie énergétique 2050 de l'OFEN, qui sollicitent le plus fortement le système électrique:
  - Poursuite de la politique énergétique actuelle PPA, variante C&E
  - Mesures politiques du Conseil fédéral PCF, variantes C&E et E
- A titre de «test de résistance» pour le système à haute tension, un autre scénario de consommation a été simulé conformément à l'IEA (International Energy Agency) avec une consommation électrique nettement plus élevée (plus 50 pour cent, environ 87 TWh par an).

### Résultats détaillés

Ce dépliant fournit une synthèse des principaux résultats d'une étude plus approfondie. Celle-ci est disponible en anglais au format PDF auprès de la SATW.

# Comment l'étude a-t-elle été élaborée?

Les simulations à la base de cette étude se fondent sur des modèles proches de la réalité, une vaste simulation incluant le système électrique européen et des calculs de temps très détaillés (8760 étapes de simulation par heure par année de référence).

Le système électrique suisse est illustré par cinq régions (Valais, Tessin, Grisons, reste de la Suisse alémanique, reste de la Suisse romande) pour lesquelles la consommation, la production et le stockage sont modélisés selon des données réelles. Pour les cinq régions, des parcs de centrales, la capacité énergétique des barrages et le comportement en charge avec séries chronologiques ont été établis selon les statistiques et les scénarios de l'OFEN et de l'International Energy Agency IEA (consommation 50 pour cent plus élevée).

L'exploitation optimale des centrales de pompage-turbinage et des barrages est un thème central de la modélisation et de la simulation (données statistiques de l'OFEN pour la Suisse).

L'estimation des capacités de transport d'électricité entre les cinq régions se base sur les données disponibles du réseau

Swissgrid pour le réseau de transmission prévu en 2020 (modèle du réseau haute tension de Swissgrid).

La production d'énergie solaire et éolienne se base sur des enregistrements de l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse) pour 2013. Sont utilisées les données de onze stations météo en Suisse.

Les simulations utilisent un modèle comprenant une optimisation européenne de l'alimentation en courant basée sur les coûts marginaux de chaque centrale avec priorité d'alimentation pour les énergies renouvelables fluctuantes, centrales au fil de l'eau et à réservoir incluses.

Cette simulation se base sur le modèle de réseau électrique européen (29 pays), le parc de centrales de chaque pays, leurs courbes de consommation de charge et leurs séries chronologiques d'alimentation éolienne et solaire par heure pour l'année de référence respective.

Les plans d'extension visés actuellement pour le réseau électrique européen (capacités des centrales et du transport électrique) sont entièrement pris en compte.

## Résultats

### Scénarios OFEN pour la sécurité d'approvisionnement

La grande flexibilité des barrages et des centrales de pompage-turbinage permet au réseau électrique suisse d'absorber, pour chacun des scénarios mentionnés de l'OFEN, la quasi totalité de la production d'électricité éolienne, solaire et géothermique (2050: 11 TWh solaire, 4 TWh éolienne, 4 TWh géothermique et 16 TWh fil de l'eau).

Les capacités d'importation et d'exportation du réseau électrique suisse prévues pour 2020 assurent pour chaque scénario l'alimentation électrique de la Suisse.

Sans centrales à gaz et sans extension importante du solaire et de l'éolien, l'importation nette d'électricité en Suisse dou-

blera par rapport à aujourd'hui en hiver 2050 (de 4 à 8 TWh). Selon les études actuelles, le groupement européen de centrales dispose de la capacité de production nécessaire.

### Consommation 50 pour cent plus élevée

Même si la consommation énergétique de la Suisse devait augmenter de 50 pour cent jusqu'en 2050, le réseau électrique suisse étendu serait alimenté de façon fiable et sûre, sans perte de charge forcée ni surcharges du réseau par importation d'électricité.

S'il ne s'ajoute au scénario de l'OFEN aucune centrale à gaz ou autre centrale de remplacement ni aucune capacité solaire ou éolienne supplémentaire, l'importation électrique nette en 2050 sera de 20 TWh (2011 2,6 TWh), donc

30 pour cent de la consommation annuelle actuelle. La capacité de transmission et de production nécessaire est également suffisante au sein du groupement européen. L'importation électrique nécessaire en hiver atteindrait le triple du niveau actuel (12 au lieu de 4 TWh) et la Suisse ne serait plus exportatrice nette d'électricité en été.

### **Un approvisionnement garanti à court terme dans les cas extrêmes**

Etant donné la forte dépendance à l'électricité importée, il est capital de savoir si une défaillance catastrophique du réseau électrique européen aurait des répercussions immédiates sur la Suisse. Pour le vérifier, une situation très défavorable a été simulée: journée hivernale, pas de vent, pas de rayonnement solaire, aucune importation possible en provenance de l'Europe, pas de centrales de remplacement à combustibles fossiles, pas de centrales nucléaires, une capacité énergétique des lacs de barrage historiquement basse (15 pour cent) et un scénario de consommation de l'IEA (50 pour cent supérieur à l'OFEN). Le résultat est rassurant: même dans ce cas extrême, le système électrique suisse pourrait théoriquement fonctionner pendant sept jours. Toutefois, les lacs des barrages seraient alors «vides» et seulement 20 pour cent de la consommation de pointe pourraient être couverts.

Ce qui est décisif dans la sécurité de l'alimentation électrique, ce sont les barrages et les centrales de pompage-turbinage suisses. L'énorme puissance et capacité énergétique (environ 10 GW et 8,8 TWh, extension des centrales de pompage-turbinage à env. 6 GW) garantissent en cas critique l'essentiel de l'alimentation électrique en Suisse. Cela vaut en particulier pour les cas extrêmes.

### **Nécessité des centrales à gaz**

Les centrales à gaz ne sont pas nécessaires. En période transitoire, il peut être judicieux qu'elles remplacent les centrales nucléaires par exemple pour fournir des réserves de réglage. Même en cas de forte hausse de la consommation d'énergie en Suisse, ces centrales ne tourneraient à plein régime que 60 pour cent de l'année environ, voire 33 pour cent selon un des scénarios de l'OFEN. Les centrales à gaz réduiraient de 11 à 17 pour cent l'importation nette de courant, mais l'importation de gaz naturel augmenterait de 75 pour cent par rapport à aujourd'hui. Des importations d'électricité resteraient indispensables.

### **Potentiel photovoltaïque en Suisse**

Une production d'électricité photovoltaïque de 11,2 TWh par an selon l'objectif 9 GW de l'OFEN correspondrait à un besoin en surface d'environ 17 pour cent (environ 80 km<sup>2</sup>, OFS) de la surface de toiture disponible (industries, commerces / habitations) en Suisse.

Si 35 pour cent (environ 165 km<sup>2</sup>) de la surface de toiture étaient équipés d'installations voltaïques, on pourrait intégrer (sans stockage supplémentaire) environ 95 pour cent de l'énergie électrique ainsi obtenue (22 TWh) dans le réseau électrique suisse à la condition toutefois d'adapter le réseau de distribution au niveau local. Les 22 TWh du photovoltaïque et les 4 TWh de l'énergie éolienne (ainsi que les 4 TWh de la géothermie) permettraient en 2050 de compenser la totalité des centrales nucléaires dans le bilan annuel.

Les hypothèses de l'OFEN partent toutefois d'un ensoleillement plutôt optimiste (1250 heures de production en pleine charge) alors que les chiffres de RPC ne donnent que 900 heures d'une telle production. Selon ces données, il faudrait installer une puissance d'installation photovoltaïque de 12 GW au lieu de 9 GW afin d'atteindre les 11,2 TWh par an ciblés par l'OFEN. Dans ce cas, les valeurs de surface de toiture ci-dessus devraient être augmentées à chaque fois d'un tiers.

### **Le rôle des centrales de pompage-turbinage en Suisse**

L'étude implique l'extension jusqu'en 2025 de la puissance de pompage des centrales de pompage-turbinage de 1,8 GW à env. 6 GW et d'augmenter à 200 GWh la capacité énergétique des centrales de pompage. Cela suffit pour le stockage de la production photovoltaïque des scénarios de l'OFEN. Si bien plus d'électricité solaire était produite, il serait bon d'accroître les capacités de stockage pour éviter un arrêt forcé d'une production d'électricité fluctuante.

On peut supposer que d'ici 2050 des processus performants de gestion de charge dans les domaines industriel, artisanal et ménager apporteront une contribution essentielle en tant qu'éléments de stockage supplémentaires et qu'on disposera de moyens innovants capables de stocker l'énergie solaire en grande quantité et de façon décentralisée. On éviterait ainsi probablement l'extension de centrales de pompage-turbinage et le réseau basse tension ne devrait être augmenté que ponctuellement.

# Résumé

- L'étude présuppose la réalisation de tous les aménagements prévus pour 2020 ou 2025 dans le domaine des réseaux et des centrales de pompage-turbinage. Dans ces conditions, les capacités de transmission au niveau national et transfrontalier suffiraient pour assurer l'approvisionnement du pays à l'avenir.
- En cas de forte expansion de l'énergie photovoltaïque, la congestion éventuelle du réseau se situerait dans le réseau de distribution local (au niveau le plus bas du réseau).
- En cas d'évolution de la production et de la consommation conformément aux scénarios analysés par l'OFEN, la Suisse ne souffrirait d'aucune pénurie d'approvisionnement d'ici 2050.
- Cela vaut même pour un scénario avec une consommation nettement plus élevée (scénario de l'IEA, plus 50 pour cent). Toutefois, des importations d'électricité jusqu'à 20 TWh (avec un mélange d'électricité européenne) seraient nécessaires, ce qui correspond à environ 30 pour cent de la consommation électrique actuelle.
- Selon tous les scénarios, si la hausse de consommation énergétique dépasse la production propre de la Suisse, elle pourra être comblée par des importations d'électricité. Selon les calculs actuels, la puissance des centrales européennes sera suffisante.
- Une autosuffisance complète de la Suisse n'est pas nécessaire dans ces conditions.
- Des centrales à gaz supplémentaires peuvent s'avérer utiles pendant une phase de transition, mais ne sont pas absolument nécessaires. Elles réduisent l'importation d'électricité mais augmentent la dépendance d'importations de gaz et ne peuvent pas être exploitées pleinement.
- Ce qui est décisif dans la sécurité de l'alimentation électrique, ce sont les barrages et les centrales de pompage-turbinage suisses. Grâce à leur énorme capacité de puissance et d'énergie, ils garantissent le gros de l'alimentation électrique en Suisse aussi dans des cas critiques. L'extension prévue est donc absolument nécessaire.
- Les investisseurs et les opérateurs et des centrales de pompage-turbinage doivent être assurés des conditions qui leur permettent d'exploiter leurs centrales rentable sur le long terme aussi avec une stratégie modifiée.
- La stratégie de l'exploitation des centrales de pompage-turbinage devra changer: réduction de la production de courant de pointe mais stockage de l'énergie solaire et éolienne.
- Une extension du photovoltaïque plus ambitieuse que dans les scénarios de l'OFEN peut réduire les importations d'énergie (électricité et gaz naturel) et ainsi augmenter la sécurité énergétique de la Suisse (autosuffisance plus élevée).
- Dans ce scénario, il serait utile toutefois d'utiliser des capacités de stockage supplémentaires (éventuellement décentralisées) pour éviter l'arrêt forcé de la production fluctuante d'électricité.

## Informations complémentaires

L'étude approfondie à la base de cet article, avec l'ensemble des résultats et informations bibliographiques, est disponible au format PDF (en anglais) auprès de la SATW.

### Mentions légales

Académie suisse des sciences techniques

[www.satw.ch](http://www.satw.ch)

Juin 2014

Auteurs: Farid Comaty, Andreas Ulbig et Göran Andersson (ETH Power Systems Lab) ainsi que Willy Gehrler et Rolf Hügli (SATW)

Rédaction et conception: Beatrice Huber

Image: Fotolia

# SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

Académie suisse des sciences techniques

Accademia svizzera delle scienze tecniche

Swiss Academy of Engineering Sciences



Mitglied der

Akademien der Wissenschaften Schweiz