

L'APPROVISIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE DE LA SUISSE JUSQU'EN 2050

Résumé

13 décembre 2022

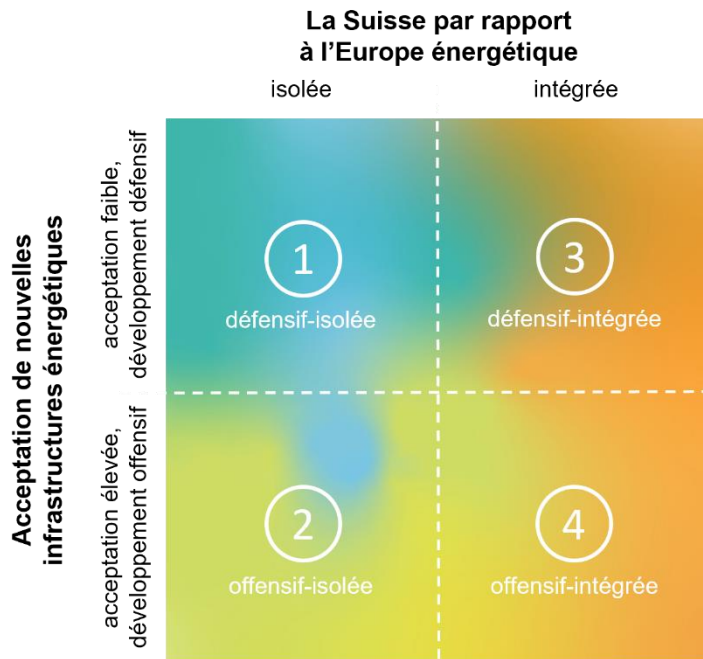
2050
Avenir énergétique

Résumé

«Avenir énergétique 2050» – Scénarios pour l'avenir énergétique et climatique de la Suisse

L'étude «Avenir énergétique 2050» examine les options possibles pour la transformation du système énergétique suisse et leurs répercussions, notamment en ce qui concerne la réalisation des objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse. La modélisation du système énergétique a été élaborée par la branche énergétique en collaboration avec l'Empa, sur mandat de l'AES, et analyse le système énergétique global de la Suisse jusqu'en 2050.

L'étude montre comment le système énergétique suisse peut évoluer à l'aide de quatre scénarios réalistes s'appuyant sur deux dimensions générales. D'une part, l'acceptation de nouvelles infrastructures énergétiques (développement «offensif» contre «défensif») a une incidence sur la transformation du système. D'autre part, l'intégration de la Suisse dans le marché européen de l'énergie, concrètement la conclusion d'accords avec l'Union européenne, est également un facteur d'influence (Suisse «intégrée» contre «isolée»).



Principaux résultats pour l'année 2050

Nous n'atteindrons pas les objectifs énergétiques et climatiques sans une accélération massive du développement et une augmentation substantielle de l'efficacité, une transformation et une extension ciblées des réseaux et un échange étroit d'énergie avec l'Europe. Les conditions pour atteindre les objectifs dans les scénarios correspondants sont meilleures ou moins bonnes selon les accentuations des deux dimensions générales (la Suisse par rapport à l'Europe énergétique / l'acceptation de nouvelles infrastructures énergétiques). Le rythme actuel de développement du photovoltaïque (PV) et de l'éolien en particulier ne sera pas suffisant pour atteindre, d'ici à 2050, les objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse, qui devra continuer à s'appuyer en partie sur les énergies fossiles. Dans le cas du seul photovoltaïque, le rythme actuel de développement des deux dernières années dans les scénarios «offensif» est tout juste suffisant pour atteindre le développement nécessaire d'ici à 2040, tandis que dans les scénarios «défensif», il manquera jusqu'à 7 GW, soit 20%. Concernant l'énergie éolienne, qui ne connaît à l'heure actuelle pratiquement pas de développement, il manquera environ 1,2 GW en 2050 dans les scénarios «offensif» au rythme actuel.

Les besoins en électricité de la Suisse sont appelés à augmenter. Les besoins en électricité de base de la Suisse diminueront légèrement d'ici à 2050 grâce à l'amélioration des technologies et aux mesures d'efficacité. Le remplacement des agents énergétiques fossiles dans les transports et les applications de chaleur entraînera néanmoins une forte augmentation des besoins d'électricité, qui passeront de 62 TWh actuellement à 80 à 90 TWh en 2050, soit une hausse de 25 à 40% selon les scénarios. L'augmentation des besoins en électricité et la désaffectation successive des centrales nucléaires suisses d'ici à 2044 créeront un déficit de production de 37 TWh, qui devra être comblé par la construction de nouvelles installations.

L'acceptation élevée de nouvelles infrastructures énergétiques et une étroite coopération énergétique avec l'Union européenne créent les meilleures conditions pour assurer la sécurité de l'approvisionnement et atteindre les objectifs énergétiques et climatiques au moindre coût. Le scénario «offensif-intégrée» présente les coûts systémiques annuels les plus bas, avec environ 24 milliards de CHF, ainsi qu'une dépendance aux importations d'électricité en hiver relativement faible, à hauteur d'environ 7 TWh (19% des besoins hivernaux). Par contre, dans le scénario «défensif-isolée», les coûts s'élèvent à environ 28 milliards de CHF et la dépendance aux importations d'électricité est d'environ 9 TWh (22% des besoins du semestre hivernal). Dans l'ensemble, le scénario «offensif-intégrée» offre l'approvisionnement énergétique le plus fiable pour la Suisse.

Un système énergétique transformé est plus avantageux que le statu quo car plus efficace. Cela est particulièrement vrai pour les scénarios «offensif». Selon les scénarios, le remplacement des importations actuelles de combustibles fossiles par l'électricité entraîne une réduction des coûts annuels du système de 1 à 5 milliards de CHF. L'efficacité s'en trouve considérablement augmentée, les applications électriques étant plus efficaces que les processus de combustion. L'extension et la transformation du réseau électrique ne sont pas encore prises en compte.

La transformation du système énergétique réduit 4 à 6 fois la dépendance énergétique globale de la Suisse. Aujourd'hui, la dépendance aux importations est de 79% sur un total de 259 TWh d'énergie primaire. En 2050, cette part d'importation sera réduite à 30 à 42% d'un total de 115 à 132 TWh d'énergie primaire selon le scénario, ce qui réduit la dépendance absolue aux importations d'un facteur de 4 à 6. Cela

est rendu possible par l'électrification, qui entraîne une plus grande efficacité des systèmes, l'augmentation de l'efficacité du côté de la demande¹ et le développement de la production d'énergie indigène.

La Suisse reste importatrice d'électricité. En hiver, elle devra continuer à importer de l'électricité. La dépendance aux importations en hiver passe de 3 TWh aujourd'hui à 7 TWh dans le scénario «offensif-intégrée» et à 9 TWh dans le scénario «défensif-isolée». Le problème des importations s'aggravera entre-temps vers 2040, car il n'y aura pas encore d'infrastructure pour l'hydrogène, le nucléaire suisse sera déjà en grande partie hors service et les besoins en électricité augmenteront en raison de l'électrification croissante.

La neutralité climatique n'est possible qu'avec une électrification complète. Dans les quatre scénarios, la neutralité climatique implique le remplacement des carburants et combustibles fossiles par l'électricité, en particulier dans les domaines des transports et de la chaleur. Cela permet de réduire les gaz à effet de serre sur le territoire national dans tous les scénarios, en passant de 35 millions de tonnes d'équivalent CO₂ actuellement à 2,6 à 3,3 millions de tonnes. La réalisation de l'objectif de zéro émission nette nécessite des mesures supplémentaires impliquant le recours aux technologies à émissions négatives, telles que le captage du CO₂ dans les usines d'incinération des ordures ménagères ou directement dans l'air (*direct air capture*). Les coûts supplémentaires de ces mesures représentent 3 à 3,5 milliards de CHF par an et sont pris en compte dans les coûts du système.

L'hydroélectricité reste le pilier du système énergétique suisse. Elle dominera la production d'électricité dans tous les scénarios, avec environ 35 TWh. Dans les scénarios «offensif», il est possible d'ajouter environ 2 TWh produits avec l'eau accumulée, ce qui renforce la sécurité hivernale du système énergétique.

Le photovoltaïque alpin et l'éolien apportent des avantages significatifs pour l'approvisionnement électrique hivernal. En 2050, la production des installations photovoltaïques alpines au sol s'élève à environ 2 TWh dans les scénarios «offensif», et la production éolienne à environ 3 TWh. Comme ces installations permettent de réduire les importations d'électricité, elles apportent une contribution substantielle à l'approvisionnement en électricité en hiver.

L'hydrogène peut devenir un élément essentiel de l'approvisionnement énergétique de la Suisse. L'importation d'hydrogène vert via l'infrastructure d'hydrogène européenne en cours de développement peut devenir un pilier de l'approvisionnement énergétique en hiver, aux côtés de l'hydroélectricité et du photovoltaïque. Dans le scénario «offensif-intégrée», les centrales à gaz fonctionnant à l'hydrogène fournissent environ 13 TWh d'électricité sur l'ensemble de l'année, dont 9 TWh en hiver, couvrant ainsi environ 20% des besoins hivernaux. L'ajout de nouvelles centrales nucléaires comme les petits réacteurs modulaires (*small modular reactors*, SMR) n'est pas rentable avec une dorsale européenne de l'hydrogène, car les centrales à gaz à hydrogène peuvent répondre à la demande de manière plus flexible et plus économique.

La sécurité d'approvisionnement nécessite des centrales de secours et des dispositifs de stockage. Le futur système énergétique sera en grande partie alimenté par une production basée sur les énergies renouvelables dépendantes des conditions météorologiques, comme le photovoltaïque et l'éolien. Pour maintenir la sécurité d'approvisionnement dans ces conditions, il est nécessaire de disposer de centrales de

¹ Processus industriels, rénovation des bâtiments, éclairage, appareils, etc.

secours et de stocker l'énergie. Les coûts de ces opérations s'élèvent à environ 1 milliard de CHF par an et sont intégrés dans les coûts du système.

La transformation du système énergétique implique une restructuration et une extension du réseau électrique. Le photovoltaïque se développe massivement, avec une production de 18 TWh dans le scénario «offensif-intégrée» à 28 TWh dans le scénario «défensif-isolée», principalement de manière décentralisée sur les toits. Avec l'électrification des transports et des applications de chaleur, cela nécessite une extension et une transformation du réseau, surtout aux niveaux de réseau inférieurs. Le développement du photovoltaïque alpin requiert également la construction de lignes d'alimentation correspondantes. Cette extension du réseau n'est pas encore prise en compte dans la présente étude et fera l'objet d'une étude plus approfondie de l'AES en 2023.

Modélisations et analyses effectuées

La méthodologie adoptée pour l'étude consiste à répondre à la demande au coût systémique le plus bas possible. À cet effet, le modèle calcule les capacités et les flux d'énergie du système énergétique d'aujourd'hui et des années 2030, 2040 et 2050 au moyen d'une approche déterministe sur une base horaire. Le modèle prend en compte tous les consommateurs d'énergie tels que les ménages, le commerce, les services, l'industrie et la mobilité, ainsi que tous les agents énergétiques pertinents tels que l'électricité, la chaleur (chauffage et refroidissement) et les gaz. L'infrastructure électrique des pays voisins de la Suisse et du reste de l'Europe a été prise en compte dans le modèle, avec les installations pouvant être commandées et les capacités de réseau transfrontalières. Ce modèle de système énergétique global permet d'établir des prévisions fondées concernant le développement technique, les coûts du système et les émissions de CO₂.

L'étude «Avenir énergétique 2050» examine également les répercussions sur les réseaux électriques. Les résultats ne sont pas encore inclus dans ce rapport et seront publiés dans une étude séparée en 2023.

Les technologies candidates possibles ont été spécifiées dans le modèle en définissant des niveaux d'efficacité, des limites de capacité, des fonctions de coût, etc. en fonction du scénario choisi. De plus, des bases communes pour les prix des matières premières, les prix des émissions, les taux d'intérêt, la croissance démographique, la conception des bâtiments, etc. ont été intégrées dans le modèle. Ces bases ont été harmonisées avec la littérature scientifique actuelle.

L'énergie nucléaire a été traitée suivant la législation actuelle. La durée de vie des centrales nucléaires existantes a été uniformément fixée à 60 ans. L'évolution dans les autres pays européens a été modélisée conformément aux indications du «*Ten Year Network Development Plan*» (TYNDP) du REGRT-E dans sa version de 2020, en tenant partiellement compte des connaissances actuelles (version 2022).

Les principales caractéristiques distinctives entre les scénarios sont les suivantes:

- La consommation de base d'électricité est plus élevée dans les scénarios «défensif» que dans les scénarios «offensif».
- Les possibilités d'importation d'électricité et d'hydrogène en Suisse sont meilleures dans les scénarios «intégrée» que dans les scénarios «isolée».

- L'évolution de la mobilité prend en compte une électrification massive dans tous les scénarios, avec un rôle un peu plus important de l'hydrogène pour les véhicules utilitaires dans les scénarios «intégrée».
- La flexibilité à court terme dans le domaine de l'électricité, par exemple à l'aide des batteries et du report de charge par la «*demand side management*» (DSM, gestion de la demande), peut être davantage exploitée dans les scénarios «offensif».
- L'énergie hydraulique peut être légèrement développée dans les scénarios «offensif». L'éolien et les installations photovoltaïques alpines au sol ne peuvent être développés que dans ces scénarios.

L'influence de certains facteurs, tels que le changement de la consommation de base, la disponibilité de l'hydrogène renouvelable en grandes quantités et l'autorisation des SMR, la dernière génération de centrales nucléaires, a été analysée dans le cadre de sensibilités.

Citation

Marti, T., Sulzer, M., Rüdüsüli, M., & et al. (13.12.2022): L'approvisionnement énergétique de la Suisse jusqu'en 2050. Résumé.

Dans: Association des entreprises électriques suisses AES (13.12.2022): «*Avenir énergétique 2050*». *Scénarios pour l'avenir énergétique et climatique*. URL: www.avenirenergetique2050.ch.