
Production d'électricité en 2050

Conclusions du Centre de compétence suisse pour la recherche énergétique
– production d'électricité (SCCER-SoE)

Situation initiale

La Suisse s'est fixée pour objectif de réduire à zéro ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Avec cet objectif « zéro émission nette », elle veut contribuer à limiter le réchauffement climatique à moins de 1.5 degré.

Le Centre de compétence suisse pour la recherche énergétique – production d'électricité (SCCER-SoE) a étudié ce que cet objectif signifie pour la future demande en électricité et s'est notamment penché sur la contribution possible de la géothermie et de l'énergie hydraulique. Au début du projet, l'accent était mis sur le développement des énergies renouvelables. Par la suite, la problématique étudiée a été grandement élargie : d'ici à 2050, la demande en électricité augmentera de 30 à 50 %. Cette hausse doit être aussi neutre que possible sur le plan climatique, ce qui nécessite des solutions plus globales, et surtout, plus intégrales. Les émissions négatives, éliminant durablement le CO₂ de l'atmosphère, sont indispensables dans ce contexte. Le SCCER-SoE a donc également analysé les possibilités qu'offre le sous-sol suisse pour le stockage du CO₂. De plus, non seulement de l'électricité supplémentaire est nécessaire, mais elle doit également être disponible au bon endroit et au bon moment.

L'association de 25 institutions scientifiques, entreprises industrielles et autorités fédérales suisses a réalisé de nombreux projets de recherche et d'innovation au cours des sept dernières années pour rendre tangible la production d'électricité du futur. Les conclusions les plus importantes sont résumées ci-après.

Production d'électricité en 2050 – scénarios concernant l'offre et la demande

Sur la base de plusieurs scénarios, la future composition de l'offre et de la demande en électricité a été modélisée conjointement par huit centres de compétence¹ placés sous la direction du SCCER-SoE. Les différents scénarios reposent sur des modèles qui s'appuient sur les connaissances accumulées dans les différents centres de compétence. Il s'agit donc de la modélisation la plus complète disponible à ce jour, couvrant toutes les connaissances de recherche disponibles et reflétant l'état de la technique actuelle. Ces scénarios décrivent les besoins futurs en électricité dans différents domaines. Ils informent également sur les technologies qui seront nécessaires pour produire cette énergie ainsi que sur les coûts qui en découleront.

Les résultats montrent que la demande en électricité augmentera de 30 à 50 % d'ici à 2050. Ceci est principalement dû à l'électrification dans deux domaines : le transport et le chauffage. À l'avenir, les combustibles fossiles seront autant que possible remplacés par l'électricité pour l'alimentation des véhicules de toutes catégories. Cette transition s'observera non seulement pour les véhicules privés, mais également pour les transports publics et les transports de marchandises. Des véhicules à hydrogène seront privilégiés lorsque les besoins des utilisateurs ne permettront pas l'emploi de véhicules électriques. Concernant le chauffage, la tendance demeure à l'utilisation de pompes à chaleur écologiques ou de chauffages au bois au lieu des chauffages au fioul et au gaz. Associées à des mesures globales visant à améliorer le bilan énergétique des bâtiments, ces solutions constituent des moyens efficaces et rentables pour réduire les émissions de CO₂.

L'offre d'énergies renouvelables devra être presque doublée d'ici à 2050 pour répondre à l'augmentation de la demande qui en résulte, et en particulier, pour compenser la perte des centrales nucléaires. La plus grande contribution peut être apportée par les technologies utilisant le vent et surtout le soleil. Cependant, le potentiel de ces technologies ne peut être exploité que si des investissements sont réalisés dans des systèmes de stockage sophistiqués pour couvrir les fluctuations de la demande (→ énergie hydraulique → géothermie). De plus, le soutien d'une grande partie de la population est nécessaire. En outre, même dans le cadre d'hypothèses optimistes, des importations d'électricité ou des centrales domestiques au gaz (→ production d'énergie) seront toujours nécessaires pour couvrir la demande, tout comme l'énergie géothermique pour l'utilisation directe de la chaleur ou la production d'électricité (→ géothermie).

Au-delà du développement des énergies renouvelables, de l'augmentation de l'efficacité des technologies existantes et des mesures visant à maintenir la consommation d'énergie au plus bas, la Suisse a également besoin d'émissions négatives pour atteindre l'objectif « zéro émission nette ». Ces émissions négatives peuvent être obtenues, par exemple, par la combustion de la biomasse avec un captage ultérieur du CO₂ et un stockage souterrain à long terme. Les résultats actuels indiquent que les options de stockage dans le sous-sol suisse sont plus faibles que les prévisions d'origine, ce qui nécessite des examens supplémentaires ainsi que des clarifications parallèles des possibilités de stockage à l'étranger (→ stockage du CO₂).

Les scénarios des centres de compétence montrent que l'objectif « zéro émission nette » peut techniquement être atteint d'ici à 2050. Toutefois, cela nécessite des ajustements coordonnés et complets dans divers domaines affectant la société dans son ensemble.

Direction Gianfranco Guidati, ETH Zurich, SCCER-SoE

Institutions partenaires PSI, UNIGE, UNIBAS, EPFL, EMPA, HSR, WSL

¹ SCCER Future Energy Efficient Building & Districts (FEEB&D), SCCER Efficiency of Industrial Processes (EIP), SCCER Future Swiss Electrical Infrastructure (FURIES), SCCER Heat and Electricity Storage (HaE), SCCER Supply of Energy (SoE), SCCER Competence Centre for Research in Energy, Society and Transition (CREST), SCCER Efficient Technologies and Systems for Mobility (Mobility), SCCER Biomass for Swiss Energy Future (BIOSWEET)

Production électrique

Parmi les énergies renouvelables, le photovoltaïque présente le plus grand potentiel de développement. Toutefois, ce potentiel ne pourra être exploité que si des mesures conjointes sont entreprises afin de compenser les faiblesses de cette forme d'énergie. Le photovoltaïque ne fournit notamment pas suffisamment d'électricité pendant les mois d'hiver et provoque un surplus d'énergie vers midi pendant les mois d'été, ce qui peut surcharger le réseau électrique.

Le premier problème pourrait être résolu, du moins en partie, par l'installation accrue de systèmes photovoltaïques dans les régions de montagne. En effet, la production y est possible toute l'année grâce au rayonnement supérieur dans ces zones et à la réflexion de la neige. Afin de mieux gérer la production d'électricité irrégulière, il est crucial de mieux exploiter le potentiel des autres énergies renouvelables comme le vent, l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie. L'énergie excédentaire des systèmes photovoltaïques pourrait être stockée temporairement dans des batteries, être utilisée pour des centrales de pompage-turbinage ou convertie en chaleur ou en hydrogène.

Les investissements nécessaires au développement des énergies renouvelables et les mesures d'accompagnement entraîneront probablement une hausse des coûts énergétiques en Suisse. Étant donné que ce développement et les mesures d'accompagnement s'influencent mutuellement, ils doivent être encouragés de façon similaire afin de déployer le plus grand potentiel possible. C'est en principe techniquement réalisable, mais nécessite la volonté de la population de soutenir le développement des installations correspondantes (dans leur voisinage).

D'ici à 2050, toutes les énergies renouvelables pourront être produites avec de faibles émissions de CO₂. Les énergies hydraulique, éolienne et photovoltaïque sont les plus performantes. La biomasse dépend fortement de la matière première. Tout comme pour le gaz naturel, une solution est également nécessaire pour capter le CO₂ produit et le stocker à long terme. Le développement des énergies renouvelables est donc crucial pour la production future d'électricité tout comme leur interaction et leur soutien social. Les objectifs climatiques qui ont été fixés ne pourront être atteints que si des changements complets sont rapidement apportés à l'ensemble du système.

Direction Dr Peter Burgherr, Paul Scherrer Institut (PSI)

Institutions partenaires ETHZ, EPFL

Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est actuellement la source d'énergie domestique la plus importante en Suisse et elle le restera à l'avenir. Outre sa contribution directe à la production d'électricité, l'énergie hydraulique joue un rôle important pour le stockage de l'énergie. Lorsque les prix de l'électricité sont bas, les réservoirs des centrales de pompage-turbinage peuvent être remplis. Ils sont ensuite vidés pour produire de l'énergie en fonction des besoins du marché. Les grands réservoirs peuvent également être utilisés comme installations de stockage saisonnières, notamment pour fournir de l'électricité en l'hiver.

Un développement significatif de l'énergie hydraulique au cours des prochaines décennies est irréaliste en raison des exigences élevées en matière de protection de l'environnement et de l'acceptation sociale de tels projets. Il convient donc d'optimiser l'efficacité des installations existantes et de les agrandir si cela est possible, judicieux et acceptable. Cela s'applique également au potentiel de stockage, qui pourrait être élargi en augmentant les barrages existants. Avec le recul des glaciers, de nouvelles possibilités de réservoirs apparaissent également, celles-ci doivent être examinées dans le cadre d'un processus participatif.

Dans tous les cas, toute extension ou nouveau développement doit être abordé à un stade précoce, car de tels projets durent généralement 15 ans ou plus. En particulier, l’empreinte écologique de ces projets doit être analysée en détail avec la définition de priorités adaptées. Pour que l’énergie hydraulique puisse apporter sa contribution essentielle à la stratégie climatique, il faut s’efforcer d’optimiser les installations existantes, de les agrandir, de construire de nouvelles centrales et de mener des recherches en parallèle pour accompagner ces efforts.

Direction	Prof. Robert Boes, ETH Zurich
Institutions partenaires	EPFL, WSL, Eawag, HES-SO, UNIBAS

Géothermie

En Suisse, la géothermie a le potentiel de couvrir à l’avenir une grande partie de la demande en chaleur pour le chauffage, l’eau chaude et certains processus industriels. D’une part, l’eau peut être chauffée sous terre et ensuite transportée. D’autre part, le sous-sol peut servir de réservoir pour l’eau chauffée en surface, par exemple grâce à l’énergie excédentaire provenant de l’énergie photovoltaïque ou des usines d’incinération des déchets. Si ce potentiel est exploité, l’énergie géothermique peut apporter une contribution importante à la décarbonisation dans ce domaine.

Afin d’exploiter le potentiel de l’énergie géothermique pour la production de chaleur et la production directe d’électricité, des paramètres comme la composition et les réactions du sous-sol local doivent être mieux compris. En outre, il est important d’étudier les processus et les techniques adaptées à la production de chaleur. Puisque l’efficacité de l’énergie géothermique augmente avec la profondeur, des études à de plus grandes profondeurs, telles que celles menées au BedrettoLab de l’ETH Zurich, revêtent une importance primordiale.

Grâce aux connaissances acquises dans le cadre du SCCER-SoE, l’avenir de l’énergie géothermique pour la production de chaleur et pour une contribution éventuelle à la production directe d’électricité peut être envisagé avec optimisme. Dans tous les cas, il est recommandé d’adopter une approche progressive, permettant d’approfondir continuellement la connaissance du sous-sol et de renseigner sur le choix et/ou la conception des processus.

Direction	Prof. Domenico Giardini, ETH Zurich
Institutions partenaires	EPFL, Université de Genève, UNIL, Université de Neuchâtel, HSR, HES-SO, PSI, USI, Université de Berne

Stockage du CO₂

Pour atteindre l’objectif « zéro émission nette », les émissions négatives sont indispensables. Pour ce faire, le CO₂ peut être capté directement dans l’air ou à travers des processus industriels et pompé dans des formations géologiques situées à des profondeurs adaptées. Dans ces conditions, le CO₂ se minéralise et se lie ainsi à la roche environnante garantissant un stockage définitif.

Les premières estimations évoquaient un potentiel de stockage de 2 500 mégatonnes en Suisse, ce qui correspondrait à environ 50 fois les émissions de CO₂ annuelles du pays. Des examens récents réalisés dans le cadre du SCCER-SoE montrent que ces chiffres étaient probablement trop optimistes. Jusqu’à présent, les estimations de stockage dans la couche rocheuse la plus prometteuse pour le stockage du CO₂, le calcaire coquillier supérieur, s’élevaient à 800 mégatonnes. Aujourd’hui, ce chiffre a été considérablement réduit à 50 mégatonnes.

Sur la base de ces conclusions, il est indéniable que le potentiel de stockage du CO₂ est plus faible qu'espéré. Cependant, afin d'estimer le potentiel effectif, des analyses plus détaillées du sous-sol sont nécessaires. En parallèle, il est conseillé d'explorer les alternatives de stockage à l'étranger, car il devient évident qu'elles sont indispensables pour atteindre l'objectif « zéro émission nette ».

Institutions partenaires ETHZ, UNIGE, UNIBE, EPFL

Le SCCER-SoE

Le Centre de compétence suisse pour la recherche énergétique – production d'électricité (SCCER-SoE, Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity) incarne une recherche innovante et durable dans les domaines de l'énergie géothermique et de l'énergie hydraulique. Le SCCER-SoE a recherché, développé et testé de nouvelles technologies et optimisé les infrastructures existantes pour la production de l'énergie de demain. À cette fin, le SCCER-SoE a créé des centres de recherche innovants en étroite collaboration avec l'industrie, a fondé des plateformes technologiques, a investi dans des laboratoires et a coordonné des projets de recherche nationaux et internationaux.

Les activités ont été menées en coordination avec l'Office fédéral de l'énergie. Le SCCER-SoE a été financé par le Fonds national suisse et la Commission pour la technologie et l'innovation, qui est par ailleurs responsable du contrôle du SCCER-SoE.

Contact

Dr Michèle Marti
Responsable communication SCCER-SoE
044 632 30 80
michele.marti@sed.ethz.ch

www.sccer-soe.ch