

PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RÉSULTATS



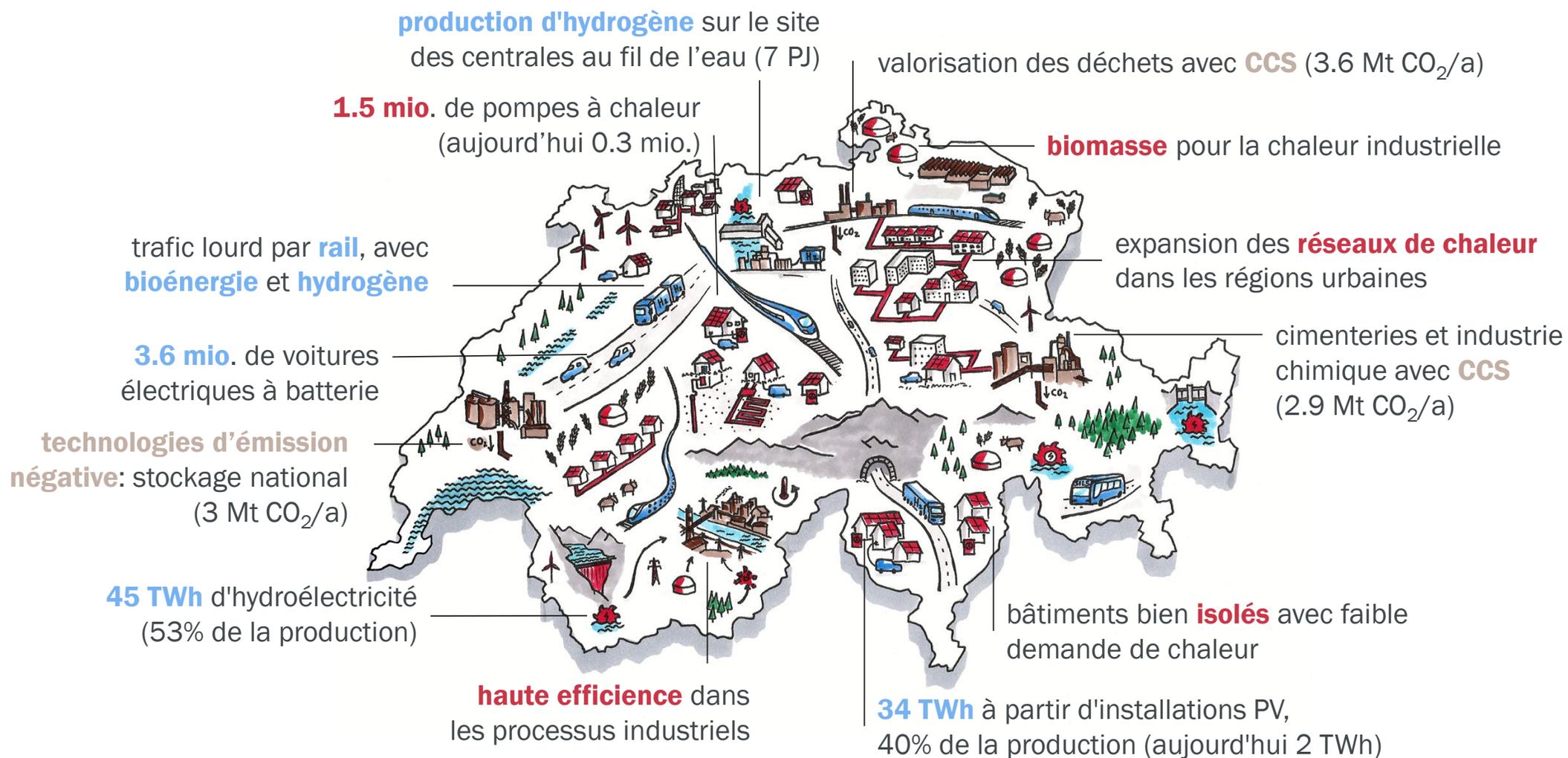
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

LES PRINCIPAUX CONSTATS DES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+

- ▶ La Suisse est en mesure de transformer son approvisionnement énergétique de manière à atteindre la neutralité climatique d'ici à 2050. L'énergie fournie sera sûre, propre, d'origine suisse et abordable. Les technologies nécessaires à cette transformation sont disponibles ou en développement. Elles devront se diffuser rapidement et à large échelle au cours des 30 prochaines années.
- ▶ Nous nous dirigerons vers l'abandon des énergies fossiles. Nous aurons certes besoin de davantage d'électricité pour y parvenir, mais nous serons en mesure de diminuer dans l'ensemble notre consommation d'énergie par habitant: en effet, les applications électriques sont plus efficaces que leurs équivalents fossiles et nous gaspillerons moins d'énergie grâce aux mesures d'efficacité.
- ▶ À l'horizon 2050, l'approvisionnement énergétique sera composé presque exclusivement d'énergies renouvelables produites en Suisse. Cela entraînera une augmentation des investissements dans le secteur de l'énergie en Suisse. Le nombre de places de travail dans le secteur suisse de l'environnement et des cleantech a déjà fortement augmenté au cours des 20 dernières années et représente aujourd'hui environ 5% de la main-d'œuvre. Parallèlement, la quantité d'énergie importée diminuera et avec elle également les sommes dépensées à l'étranger. Quelque 80 milliards de francs ont été consacrés à l'achat d'énergies fossiles à l'étranger au cours des 10 dernières années seulement.
- ▶ Les investissements prévus de toute façon jusqu'en 2050 dans la rénovation, la modernisation et le remplacement des infrastructures énergétiques existantes, des bâtiments, des installations, des appareils ou des véhicules se montent à 1400 milliards de francs environ. L'objectif de zéro émission nette fixé à l'horizon 2050 fait augmenter ce besoin d'investissement de 109 milliards de francs (ou 8%), mais permet de réaliser des économies au niveau des coûts de l'énergie à hauteur de 50 milliards de francs.
- ▶ Les investissements supplémentaires sont doublement payants. Premièrement, ils permettent de réduire les risques de dommages auxquels la Suisse serait exposée si le réchauffement climatique n'était pas freiné et qui impliqueraient de lourdes conséquences financières atteignant des milliards de francs. Deuxièmement, ils nous aident à réduire notre dépendance vis-à-vis de l'étranger en matière d'approvisionnement énergétique.

OBJECTIF D'UNE SUISSE NEUTRE POUR LE CLIMAT EN 2050



STRATÉGIE CLIMATIQUE 2050 ET STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE 2050: DEUX STRATÉGIES, UN OBJECTIF

La Suisse souhaite être climatiquement neutre d'ici à 2050. Elle concrétise cet objectif dans la Stratégie climatique à long terme. Parallèlement, elle entend mettre en œuvre la Stratégie énergétique 2050. Elle se dirige vers un avenir sans énergie nucléaire et sans énergies fossiles. Cependant, elle doit veiller à ce qu'en 2050, l'approvisionnement énergétique soit sûr, propre, abordable et mette à disposition une énergie produite en grande partie à l'intérieur du pays. Les objectifs de la politique énergétique et de la politique climatique sont donc étroitement liés.

STRATÉGIE CLIMATIQUE À LONG TERME

La Suisse s'est engagée en 2015, dans le cadre de l'accord de Paris, à réduire de moitié ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à leur niveau de 1990. En 2019, le Conseil fédéral a par ailleurs décidé que la Suisse devait réduire ses émissions de gaz à effet de serre de manière à atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050 (zéro émission nette). La Suisse entend ainsi contribuer aux efforts consentis par les autres pays du monde pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C au maximum par rapport à l'ère préindustrielle. Le Conseil fédéral définit la voie à suivre pour atteindre cet objectif dans la Stratégie climatique à long terme. Les Perspectives énergétiques 2050+ en sont une base essentielle.

STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE 2050

Le Conseil fédéral a présenté la Stratégie énergétique 2050 en 2013. En 2017, le peuple s'est prononcé en faveur de la mise en œuvre d'un premier paquet de mesures de cette stratégie, qui prévoit notamment l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires en Suisse, des mesures plus strictes pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ ainsi que le développement significatif des énergies renouvelables en Suisse. La révision prochaine de la loi sur l'énergie et de la loi sur l'approvisionnement en électricité permettra de préciser ces mesures de manière encore plus ciblée. Là aussi, les Perspectives énergétiques 2050+ constituent une base importante.

CES OBJECTIFS SONT-ILS RÉALISTES?

Est-il possible d'atteindre simultanément les objectifs de la stratégie énergétique et ceux de la stratégie climatique en 2050? Les objectifs sont-ils techniquement faisables? Le prix sera-t-il abordable? Les Perspectives énergétiques 2050+ se penchent sur ces questions. Dans un premier temps, elles proposent des scénarios représentant à la fois les objectifs de la politique énergétique et ceux de la politique climatique. Elles décrivent ensuite des développements technologiques envisageables permettant d'atteindre les deux objectifs d'ici à 2050.

PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES

La crise pétrolière de 1973 a mis en évidence la nécessité pour la Suisse de disposer d'une politique énergétique nationale. Les bases de celle-ci ont été établies dans la Conception globale de l'énergie. Les Perspectives énergétiques, qui offraient un aperçu de l'avenir énergétique, faisaient à l'origine également partie de cette dernière. Depuis, elles continuent à être élaborées et actualisées périodiquement. La dernière version date de l'année 2012 (Perspectives énergétiques 2050). Elle a servi de base au réajustement de la politique énergétique suisse après l'accident nucléaire de Fukushima et a donné naissance à la Stratégie énergétique 2050 ainsi qu'à la nouvelle loi sur l'énergie entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018. Les Perspectives énergétiques 2050+ ont été élaborées en s'appuyant sur des données générales actuelles et les développements technologiques les plus récents et en tenant compte de l'objectif de zéro émission nette fixé à l'horizon 2050.

QUE SONT LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+?

On peut dire de façon simplifiée que les Perspectives énergétiques esquisseraient des scénarios relatifs à l'offre et à la demande énergétique en Suisse pour la période allant jusqu'en 2050. Ces scénarios répondent à l'objectif de zéro émission nette et garantissent en outre un approvisionnement énergétique sûr, propre, abordable et mettant à disposition une énergie produite en grande partie à l'intérieur du pays.

LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES NE PRÉDISENT PAS L'AVENIR

Les Perspectives énergétiques 2050+ ne peuvent pas prédire l'avenir. Elles se fondent sur des scénarios. Un scénario décrit une situation future, dans le cas présent l'objectif de zéro émission nette à l'horizon 2050. Il indique en outre une ou plusieurs voies envisageables permettant d'atteindre cette situation, cet objectif. Le scénario représente donc une des nombreuses réalités futures possibles.

Les Perspectives énergétiques 2050+ ne disent rien quant à la probabilité qu'un scénario se déroule exactement comme prévu ou qu'une trajectoire de développement se réalise plutôt qu'une autre. On peut donc envisager d'autres trajectoires de développement technologique que celles décrites par les Perspectives énergétiques 2050+.

À cela s'ajoute le fait que plus l'horizon temporel est éloigné, plus les développements technologiques, économiques ou sociaux sont entourés d'incertitudes. Les responsables politiques ont néanmoins besoin de bases pour décider des mesures et des objectifs futurs. Cet aspect est particulièrement important dans le secteur de l'énergie, où les cycles d'investissement sont parfois très longs. Les Perspectives énergétiques 2050+ fournissent les bases nécessaires.

NÉCESSITÉ D'UNE DÉCISION DÉMOCRATIQUE CONCERNANT LES INSTRUMENTS POLITIQUES

Les Perspectives énergétiques 2050+ indiquent les mesures techniques qui permettent de réaliser les objectifs climatiques et énergétiques. Elles ne disent en revanche rien sur les mesures politiques (p. ex. réglementations légales) nécessaires à la mise en œuvre de ces mesures ou d'autres mesures techniques appropriées.

Les mesures politiques sont définies dans les législations pertinentes. Elles doivent faire l'objet de discussions et de décisions conformément au processus démocratique suisse qui a fait ses preuves.

SCÉNARIOS DES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+

Les Perspectives énergétiques 2050+ proposent deux scénarios de base: le scénario «Zéro émission nette» (ZÉRO) et le scénario «Poursuite de la politique énergétique actuelle» (PEA).

SCÉNARIO ZÉRO

La variante de base du scénario ZÉRO occupe la place centrale. Elle est complétée par trois autres variantes fondées sur diverses orientations technologiques. Les quatre variantes du scénario ZÉRO atteignent l'objectif de zéro émission nette d'ici à 2050. En ce qui concerne le développement de la production d'électricité renouvelable, on considère en outre différents rythmes de développement.

Variante de base du scénario ZÉRO: cette variante prévoit l'amélioration rapide et globale de l'efficacité énergétique et le renforcement de l'électrification du système énergétique. Les véhicules dotés d'un moteur à combustion sont remplacés par des véhicules électriques et les chauffages à combustibles fossiles par des pompes à chaleur électriques et des réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables. L'utilisation de biomasse affiche une progression nette. Les agents énergétiques à base d'électricité (combustibles et carburants synthétiques, hydrogène) sont, eux aussi, davantage utilisés, mais ne jouent un rôle significatif qu'à partir de 2045. La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables indigènes est développée rapidement de manière à obtenir un bilan annuel équilibré d'ici à 2050 (variante «bilan annuel équilibré 2050»). Cela signifie que, sur une base annuelle, la Suisse est en mesure de couvrir sa consommation électrique par une production nationale. Les émissions de gaz à effet de serre restantes dans les domaines de l'industrie, de la valorisation des déchets et de l'agriculture sont compensées par des technologies de captage et de stockage du CO₂, ainsi que par des technologies d'émission négative déployées en Suisse et à l'étranger.

Variante A du scénario ZÉRO: identique à la variante de base, mais l'électrification du système énergétique est encore plus intensive.

Variante B du scénario ZÉRO: identique à la variante de base, mais l'électrification du système énergétique est plus modérée. Au lieu de cela, le biogaz, les gaz synthétiques et l'hydrogène jouent un rôle plus important que dans la variante de base.

Variante C du scénario ZÉRO: identique à la variante de base, mais l'électrification du système énergétique est plus modérée. Au lieu de cela, les réseaux de chaleur ainsi que les combustibles et les carburants liquides biogènes ou synthétiques jouent un rôle plus important que dans la variante de base.

Dans tous les scénarios, on examine non seulement la variante principale «bilan annuel équilibré 2050», mais également deux autres rythmes de développement de la production électrique renouvelable (sans la force hydraulique):

variante «conditions-cadres actuelles»: rythme de développement autorisé par les conditions légales et du marché applicables aujourd'hui;

variante «valeurs indicatives/objectifs de développement»: rythme de développement permettant d'atteindre les valeurs indicatives en vigueur définies par la loi sur l'énergie et le message de 2013 relatif au premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050.

SCÉNARIO PEA

Le scénario «Poursuite de la politique énergétique actuelle» (PEA) prévoit de maintenir l'ensemble des mesures et instruments relatifs à la politique énergétique et climatique mis en place jusqu'à fin 2018. La loi sur le CO₂ intégralement révisée ainsi que les nouveaux instruments planifiés dans le cadre de la révision à venir de la loi sur l'approvisionnement en électricité et de la loi sur l'énergie n'entrent pas en ligne de compte. Ce scénario ne prévoit donc pas de mesures supplémentaires ou plus strictes. Le développement des technologies (efficacité, installations, dispositifs, véhicules, appareils, etc.) et leur utilisation suivent les progrès techniques autonomes et s'appuient sur les bases légales en vigueur à la fin de 2018.

Le scénario PEA sert à la comparaison avec le scénario ZÉRO. Il permet de mettre en évidence les actions et les mesures techniques supplémentaires nécessaires à la réalisation des objectifs à l'horizon 2050, de déterminer les investissements supplémentaires requis et de calculer les autres surcoûts ou économies.

DONNÉES GÉNÉRALES

L'évolution future de la consommation d'énergie dépend de différentes données générales. Les scénarios des Perspectives énergétiques 2050+ doivent donc s'appuyer sur des hypothèses quant à ces dernières.

HYPOTHÈSES CONCERNANT L'ÉVOLUTION DES DONNÉES GÉNÉRALES (ENTRE PARENTHÈSES: SOURCE DES DONNÉES)

Évolution démographique: en 2050, la Suisse compte environ 10,3 millions d'habitants (Office fédéral de la statistique: Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse, 2015).

Développement économique: le produit intérieur brut (PIB) augmente d'environ 38% d'ici à 2050 par rapport à aujourd'hui (2019) (Secrétariat d'État à l'économie (SECO), 2018: Scénarios à long terme de l'évolution du PIB de la Suisse, non publiés).

Évolution du transport: les prestations du trafic voyageurs (personnes-kilomètres) augmentent d'environ 17% et celles du trafic marchandises (tonnes-kilomètres) d'environ 31% d'ici à 2050 par rapport à aujourd'hui (2019) (Office fédéral du développement territorial: Perspectives d'évolution du transport 2040 – scénario de référence, 2016).

Évolution des surfaces de référence énergétique: les surfaces de référence énergétique, autrement dit les surfaces chauffées ou climatisées des bâtiments, augmentent d'environ 17% d'ici à 2050 par rapport à aujourd'hui (2019), principalement dans les ménages et dans le secteur des services.

Évolution des prix de l'énergie: dans le scénario ZÉRO, la baisse notable de la demande conduit à une diminution des prix des énergies fossiles d'ici à 2050. Dans le scénario PEA, les prix des énergies fossiles augmentent sensiblement d'ici à 2050 (Agence internationale de l'énergie (AIE): World Energy Outlook 2018 – scénarios «Sustainable Development» et «New Policies»).

Évolution des prix du CO₂: dans le scénario ZÉRO, les prix du CO₂ connaissent une hausse importante au sein du système européen d'échange de quotas d'émission. Dans le scénario PEA, la hausse est modérée (Agence internationale de l'énergie (AIE): World Energy Outlook 2018 – scénarios «Sustainable Development» et «New Policies», ainsi que les hypothèses de la Commission européenne de 2019).

Évolution du climat: les scénarios ZÉRO et PEA utilisent différentes hypothèses quant à l'évolution du climat. Dans le scénario ZÉRO, le nombre de degrés-jours de chauffage diminue de 6% alors que celui des degrés-jours de refroidissement augmente de 18% par rapport à la moyenne de 2000 à 2019. Dans le scénario PEA, le nombre de degrés-jours de chauffage diminue de 9% et celui des degrés-jours de refroidissement augmente sensiblement (+48%) (propres calculs basés sur MétéoSuisse: Scénarios climatiques, 2018).

Coordination internationale: le scénario ZÉRO part du principe que toutes les parties signataires de l'accord de Paris poursuivent des objectifs aussi ambitieux que la Suisse. Notre pays n'agit donc pas de manière isolée et il n'y a aucune incitation à déplacer les émissions vers l'étranger. En outre, la Suisse peut ainsi profiter des avancées technologiques internationales pour atteindre les objectifs climatiques. Dans le secteur de l'électricité, on admet que la Suisse restera bien intégrée dans le marché électrique de l'UE.

CHOIX DES TECHNOLOGIES POUR LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+

La réalisation des objectifs climatiques peut passer par différentes technologies. Les critères suivants ont été utilisés pour sélectionner les technologies dans le scénario ZÉRO et établir un ordre de priorité entre elles.

CRITÈRES POUR LE CHOIX DES TECHNOLOGIES

Efficacité des coûts aussi élevée que possible: les technologies impliquant des coûts moins élevés que les options alternatives sont privilégiées.

Pas de technologies miraculeuses: seules des technologies déjà connues à l'heure actuelle sont prises en compte. Les technologies révolutionnaires sont donc exclues.

Solidité par rapport à l'atteinte des objectifs: les objectifs doivent pouvoir être atteints dans la mesure du possible même si les conditions-cadres changent.

Sécurité d'approvisionnement: les technologies doivent garantir une sécurité d'approvisionnement énergétique aussi élevée que possible. Pour ce faire, il convient de tenir compte des éventuelles restrictions liées aux technologies retenues (p. ex. en lien avec les importations de biomasse ou d'agents énergétiques à base d'électricité, ou les éventuelles restrictions en cas d'échanges d'électricité transfrontaliers).

Cycles de remplacement et d'assainissement réalistes: ces cycles ne peuvent pas être raccourcis de façon arbitraire sans occasionner des coûts inutiles.

Limites du potentiel: les limites possibles du potentiel des différentes technologies (p. ex. solaire, éolien, biomasse, agents énergétiques à base d'électricité) sont prises en compte (p. ex. surfaces limitées pour ces technologies ou contestation au sein de la société).

Compatibilité écologique: outre les émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation durable des potentiels de la biomasse, d'autres effets, notamment sur l'air, le sol et l'eau doivent aussi être pris en compte.

QUI A ÉLABORÉ LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+?

Les Perspectives énergétiques 2050+ ont été élaborées sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) par un consortium composé des sociétés Prognos SA, TEP Energy Sàrl, Infrac SA et Ecoplan SA. Les travaux ne sont pas encore achevés (état novembre 2020). Un groupe d'accompagnement externe, au sein duquel sont représentés divers offices fédéraux, cantons et villes, ainsi que le secteur énergétique, des associations économiques ou de défense de l'environnement, des syndicats et des associations de défense des consommateurs, permet d'assurer une large assise au projet. L'échange avec des représentants des milieux de la recherche est également garanti.

RÉSULTATS DES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES 2050+

Le résumé des résultats qui suit se réfère à la variante de base du scénario ZÉRO, en considérant la variante «bilan annuel équilibré 2050» pour la production d'électricité et en admettant une durée de vie de 50 ans pour les centrales nucléaires. Les résultats du scénario PEA sont présentés à titre de comparaison avec le scénario ZÉRO.

UNITÉS ÉNERGÉTIQUES UTILISÉES

1 pétajoule (PJ)	= 0,28 térawattheures (TWh)
1 térawattheure (TWh)	= 1 milliard de kilowattheures (kWh)
1 gigawattheure (GWh)	= 1 million de kilowattheures (kWh)

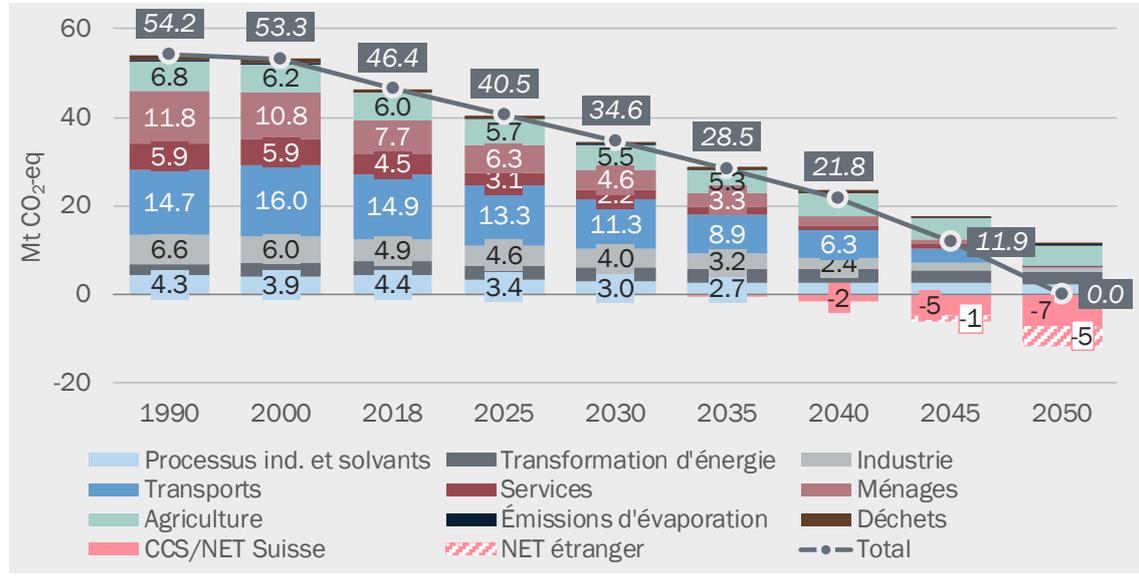
CHIFFRES MODÉLISÉS À PARTIR DE 2020

Les chiffres indiqués dans les tableaux pour l'année 2020 (et pour les années suivantes) sont modélisés et ne correspondent pas aux valeurs statistiques réelles. Ils ne tiennent donc pas compte des éventuelles répercussions de la pandémie de Covid-19 sur la consommation d'énergie. Les statistiques pour l'année 2020 seront publiées au deuxième trimestre de 2021.

GAZ À EFFET DE SERRE

Figure 1: Evolution des émissions de gaz à effet de serre

et de l'utilisation de technologies d'émission négative dans le scénario ZÉRO base, en millions de tonnes d'équivalent CO₂



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

En 2050, les ménages, les transports et le secteur des services n'émettent pratiquement plus de gaz à effet de serre. La réduction la plus importante intervient dans les transports. Il reste toutefois environ 12 millions de tonnes d'émissions à compenser par des technologies de captage et de stockage du CO₂ et des technologies d'émission négative (NET), principalement dans les domaines de l'agriculture, de la valorisation thermique des déchets et dans celui des processus industriels. Le scénario PEA prévoit des émissions à hauteur de 32 millions de tonnes environ en 2050, soit seulement 30% de moins qu'aujourd'hui (2018). Dans ce scénario, l'évolution est donc trop lente pour atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici à 2050.

L'utilisation conséquente et à large échelle de technologies déjà connues aujourd'hui permet de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit notamment des technologies visant à accroître l'efficacité énergétique et de l'électrification poussée du système énergétique. Les premières permettent de réduire la quantité d'énergie utilisée pour une même finalité, par exemple le chauffage (en isolant mieux les bâtiments) ou l'éclairage (meilleure efficacité des lampes, p. ex. LED). La seconde a deux effets: elle remplace les énergies fossiles et réduit la consommation d'énergie finale, car les alternatives électriques sont plus efficaces que les installations fonctionnant aux énergies fossiles ou les moteurs propulsés par des énergies fossiles.

En 2050, la mobilité électrique est largement répandue. Outre l'électricité, on utilise de plus en plus des agents énergétiques à base d'électricité tels que l'hydrogène, et ce surtout dans le trafic lourd. Ces agents sont produits en partie en Suisse et en partie importés de l'étranger. L'approvisionnement des bâtiments en chaleur n'est plus assuré par des systèmes de chauffage fonctionnant aux énergies fossiles, mais principalement par des pompes à chaleur électriques et des réseaux de chaleur. L'énergie thermique provient de l'utilisation directe de biomasse, des rejets thermiques et de la chaleur provenant des cours d'eau ou du sous-sol. À l'heure actuelle, la production électrique suisse n'émet presque plus de CO₂. D'ici à 2050, les centrales thermiques existantes, telles que les installations de couplage chaleur-force alimentées par du gaz naturel, passeront d'une exploitation basée sur les agents fossiles à une exploitation basée sur le biogaz.

L'agriculture (production de denrées alimentaires), l'industrie (fabrication de ciment, industrie chimique) et l'incinération des ordures ménagères (part fossile des déchets) continuent toutefois à rejeter des émissions à hauteur de 12 millions de tonnes d'équivalent CO₂ (t éq-CO₂) environ. Ces émissions ne peuvent pas être évitées par des mesures comme l'efficacité, la substitution et l'électrification. Elles nécessitent le recours à des technologies de captage et de stockage du CO₂ (CCS) en Suisse (env. 7 millions de t éq-CO₂) et à des technologies d'émission négative (NET) à l'étranger (env. 5 millions de t éq-CO₂) afin d'atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici à 2050. À partir de 2035, une grande partie des usines d'incinération des ordures ménagères, des centrales à biomasse, des cimenteries et des grandes usines chimiques ou sidérurgiques seront donc équipées d'installations de captage de CO₂.

ÉVITER LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE GRÂCE AU CAPTAGE ET AU STOCKAGE DU CO₂ AINSI QU'ÀUX TECHNOLOGIES D'ÉMISSION NÉGATIVE

Éviter les émissions de gaz à effet de serre: il convient d'éviter ou de réduire le plus possible les émissions de gaz à effet de serre avant qu'elles ne parviennent dans l'atmosphère. Le CO₂ peut être capté, et ce directement à la source d'émission, par exemple une cimenterie ou une usine d'incinération des ordures ménagères, puis être stocké dans des endroits appropriés ou réutilisé («Carbon Capture and Storage CCS, Carbon Capture and Utilisation CCU»).

Extraire le CO₂ de l'atmosphère grâce aux technologies d'émission négative (NET): NET est un terme générique désignant diverses technologies permettant d'extraire le CO₂ de l'atmosphère et de le stocker durablement en utilisant des procédés biologiques ou techniques.

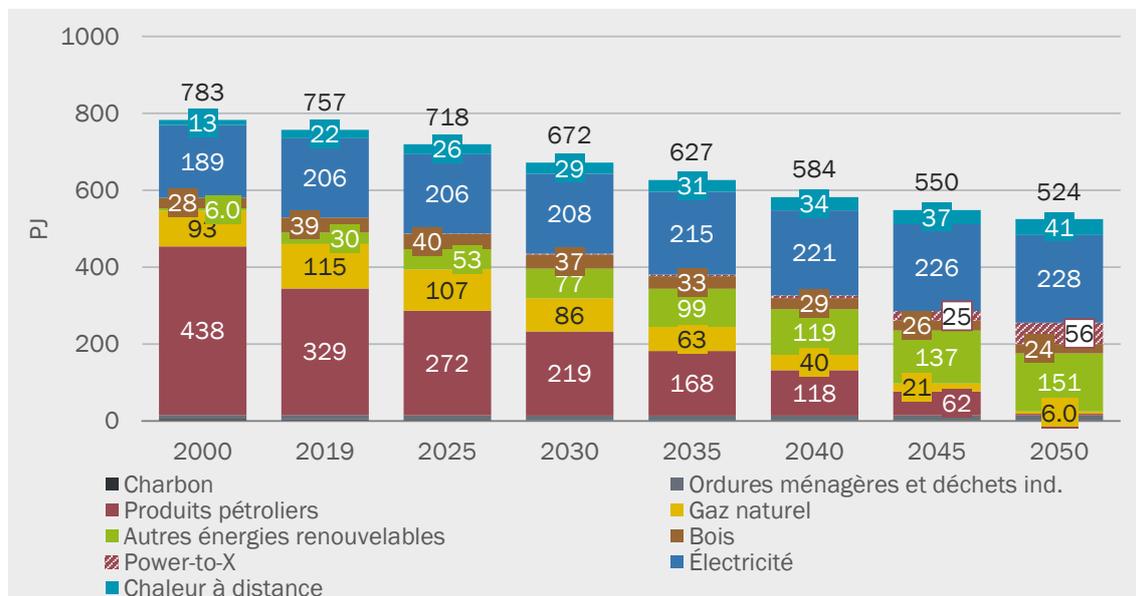
Stockage géologique du CO₂: les premières estimations montrent que la Suisse est en mesure de stocker une partie du CO₂, mais qu'elle pourrait avoir besoin de capacités de stockage à l'étranger, par exemple dans la mer du Nord, où des projets concrets de stockage géologique du CO₂ ont déjà été lancés. Le transport du CO₂ vers les sites de stockage pourrait se faire sur rail ou dans des pipelines de CO₂.

Les NET ne remplacent pas les réductions globales des émissions: à l'heure actuelle, les technologies NET ne sont pas encore très répandues et les applications pratiques ayant fait leurs preuves sont rares. Leurs potentiels, leurs coûts et les risques qu'elles représentent comportent donc encore une grande part d'incertitude. C'est pourquoi les NET ne sauraient se substituer aux réductions globales des émissions à l'intérieur du pays. Elles ne devraient être utilisées que pour des émissions techniquement difficiles à éviter. Le rapport élaboré par le Conseil fédéral en réponse au postulat 18.4211 «Quelle pourrait être l'importance des émissions négatives de CO₂ pour les futures politiques climatiques en Suisse?» contient des informations plus détaillées.

CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE

Figure 2: Évolution de la consommation d'énergie finale selon les agents énergétiques

Consommation nationale sans le trafic aérien international, scénario ZÉRO base, en PJ



autres énergies renouvelables: biogaz, biométhane, biocarburants, chaleur solaire, chaleur ambiante et rejets thermiques

© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

La consommation totale d'énergie finale en Suisse (sans le trafic aérien international) diminue à 524 PJ d'ici à 2050, ce qui représente une baisse de 31% environ par rapport à aujourd'hui (2019). Le secteur des transports affiche un recul particulièrement marqué de la consommation d'énergie finale avec plus de 40% en moins qu'aujourd'hui (2019). Cela s'explique par la proportion importante de véhicules électriques en 2050 ainsi que par la grande efficacité des moteurs électriques. Le trafic lourd a recours non seulement aux biocarburants, mais également de plus en plus aux véhicules propulsés par pile à combustible et roulant à l'hydrogène. La Suisse est en mesure de produire celui-ci de manière concurrentielle sur les sites des grandes centrales au fil de l'eau. En outre, les transports utilisent également des agents énergétiques à base d'électricité, dont l'importation se développe à partir de 2035, faute de quoi l'objectif de zéro émission nette ne pourra pas être atteint.

La consommation d'énergie finale baisse également dans les autres secteurs grâce aux mesures d'efficacité prises dans les domaines des bâtiments, des procédés, des installations et des appareils. L'accroissement de l'efficacité revêt une grande importance pour le système d'approvisionnement énergétique dans son ensemble. Il permet d'éviter une augmentation massive de la consommation d'électricité et de biomasse malgré le renforcement de l'électrification. Il s'agit d'un aspect essentiel du point de vue de la sécurité de l'approvisionnement dans le secteur électrique et de l'utilisation de la biomasse, dont le potentiel est limité.

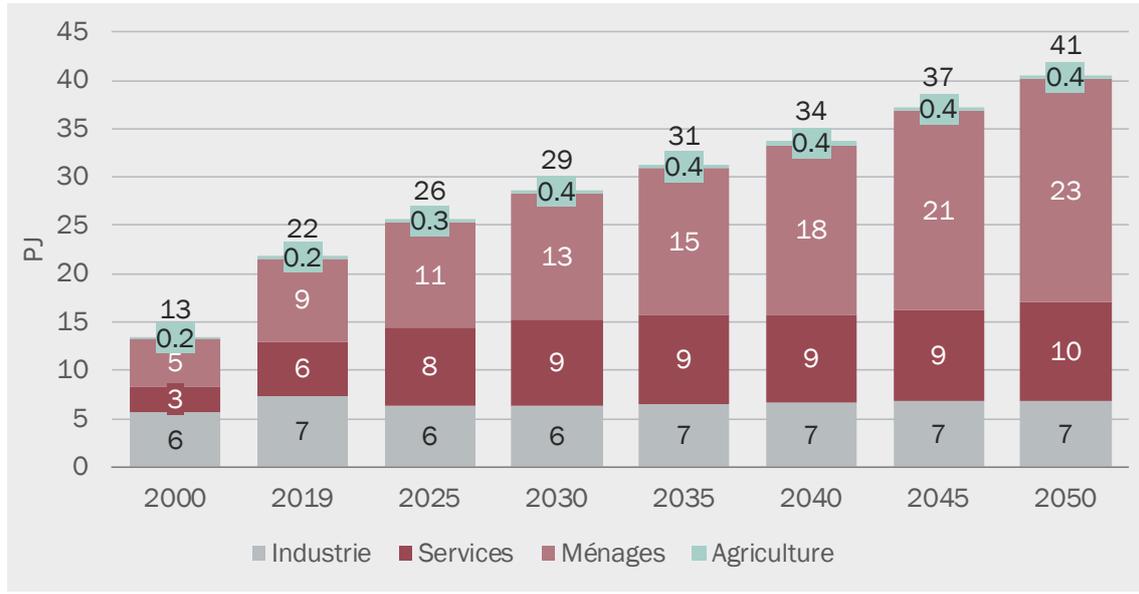
AGENTS ÉNERGÉTIQUES À BASE D'ÉLECTRICITÉ

L'électricité renouvelable permet de séparer l'eau en hydrogène (H₂) et en oxygène (O₂) au moyen de l'électrolyse. L'hydrogène peut être utilisé directement ou passer par un procédé ultérieur dans lequel il est combiné avec du CO₂ pour être converti en agents énergétiques de synthèse. On parle alors de Power-to-H₂, de Power-to-Gas ou de Power-to-Liquid. En raison des procédés de transformation, les agents énergétiques à base d'électricité présentent un degré d'efficacité moindre par rapport à l'utilisation directe de l'électricité. En revanche, ils se stockent facilement et affichent une meilleure densité énergétique que les batteries de stockage.

L'assainissement énergétique des bâtiments sera plus rapide qu'aujourd'hui. De nouveaux bâtiments énergétiquement efficaces remplaceront d'anciens, dont l'assainissement s'avère difficile. En outre, le réchauffement climatique diminuera le besoin de chauffage des locaux de plus de 10% sur le long terme. L'éclairage ainsi que les installations et les appareils électriques feront également état d'un progrès notable en matière d'efficacité. Les chauffages électriques directs et les chauffe-eau conventionnels ne seront plus utilisés en 2050. La pompe à chaleur constituera alors le système de chauffage principal, ce qui est central du point de vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Des réseaux de chaleur seront en outre développés de manière à ce que l'approvisionnement en chaleur pour le chauffage des locaux et en eau chaude soit davantage assuré par la chaleur à distance ou par la chaleur de proximité. Pour ce faire, on utilisera de l'énergie qui n'émet pas de CO₂, mais qui provient du biogaz/biométhane (substitut du gaz naturel), de sources de chaleur telles que les cours d'eau, des eaux usées des installations de traitement des eaux usées, des rejets thermiques des installations de géothermie destinées à produire de l'électricité, ainsi que d'installations de géothermie produisant exclusivement de la chaleur. En raison de leurs coûts élevés, les agents énergétiques à base d'électricité ne seront pas utilisés pour le chauffage à distance. La consommation de chaleur à distance augmentera nettement en particulier dans les ménages privés, où elle triplera pratiquement d'ici à 2050. Elle doublera en outre pratiquement dans le secteur des services pendant la même période. Dans le secteur de l'industrie, elle restera à son niveau actuel. Afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans ce secteur, l'industrie doit utiliser nettement plus de biomasse, en particulier du biogaz, pour la chaleur industrielle nécessitant des températures élevées. Outre la biomasse, il existe peu d'alternatives exemptes de CO₂ permettant de fournir des températures de ce niveau.

Figure 3: Consommation de chaleur à distance par secteur

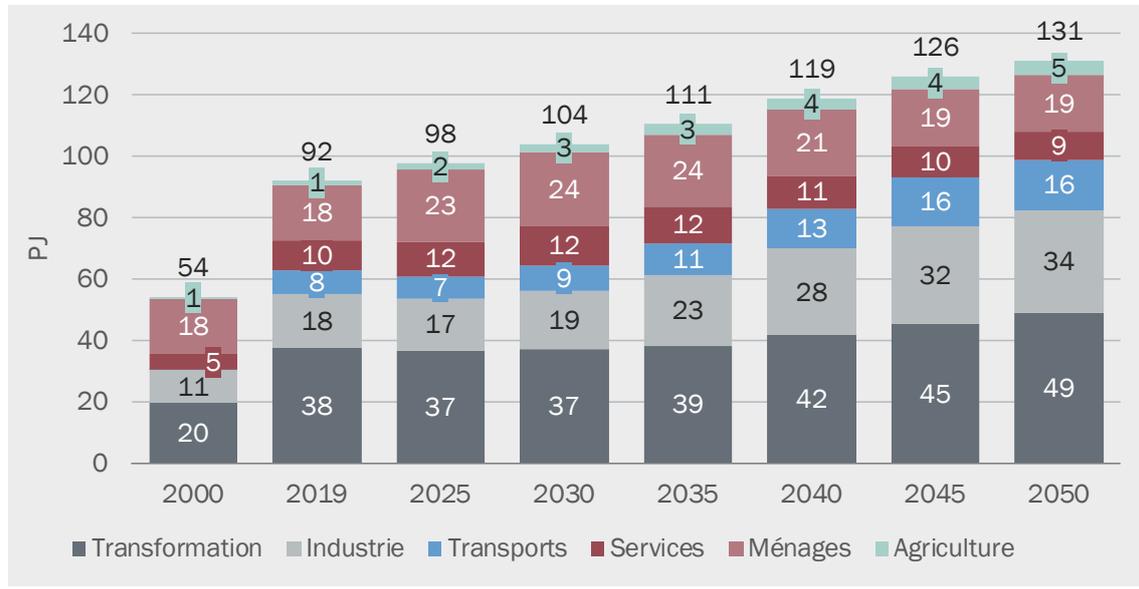
Évolution de la consommation de chaleur à distance par secteur dans le scénario ZÉRO base, en PJ



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

Figure 4: Utilisation de biomasse

Évolution de l'utilisation de biomasse par secteur dans le scénario ZÉRO base, en PJ



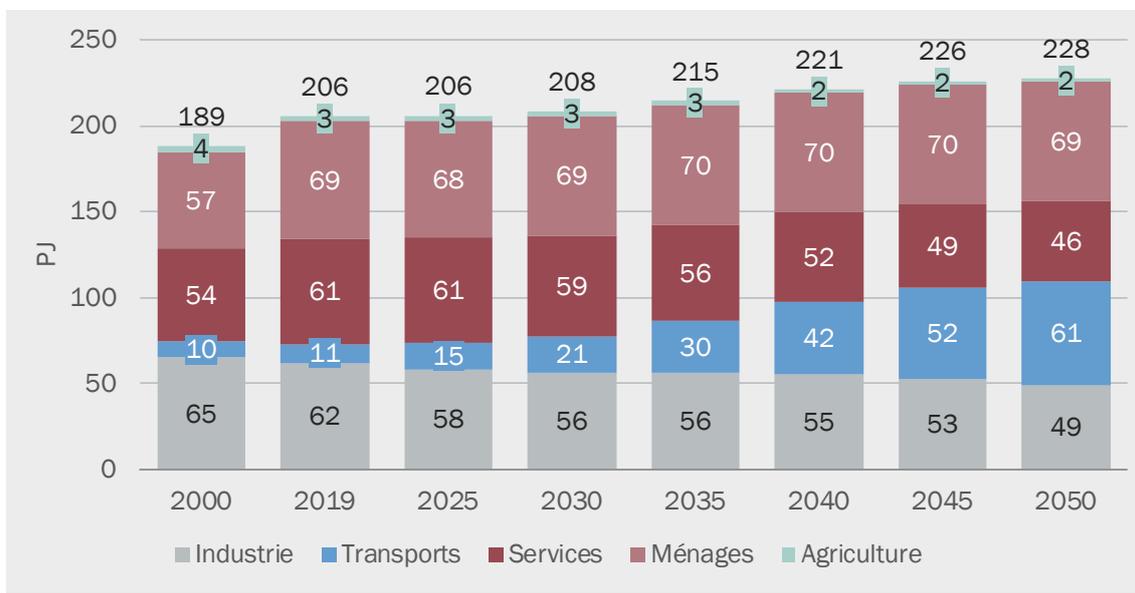
part biogène des ordures et des déchets industriels inclus, sans biocarburants du trafic aérien international

© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Figure 5: Consommation d'électricité par secteur

Évolution de la consommation d'énergie finale pour l'électricité par secteur dans le scénario ZÉRO base, en PJ



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

La consommation d'électricité dans les secteurs d'utilisation finale augmente pour atteindre 228 PJ (63,2 TWh) en 2050, soit environ 11% de plus qu'aujourd'hui (2019). En 2050, la part de l'électricité par rapport à la consommation totale d'énergie finale se situe à environ 43% (aujourd'hui environ 27%). Cette hausse de la consommation d'électricité s'explique avant tout par l'électrification des transports (véhicules électriques) et du domaine des bâtiments (pompes à chaleur). Dans le secteur des transports, la consommation d'électricité est multipliée par plus de cinq d'ici à 2050 pour une flotte de quelque 3,6 millions de véhicules de tourisme propulsés par batterie électrique. Dans les bâtiments, 1,5 million de pompes à chaleur sont en service en 2050 contre environ 300 000 aujourd'hui. En revanche, dans le secteur industriel, la consommation d'électricité diminue pendant la période considérée grâce à des mesures d'efficacité renforcées. L'électrification joue un rôle moins important dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans ce secteur que dans les autres secteurs.

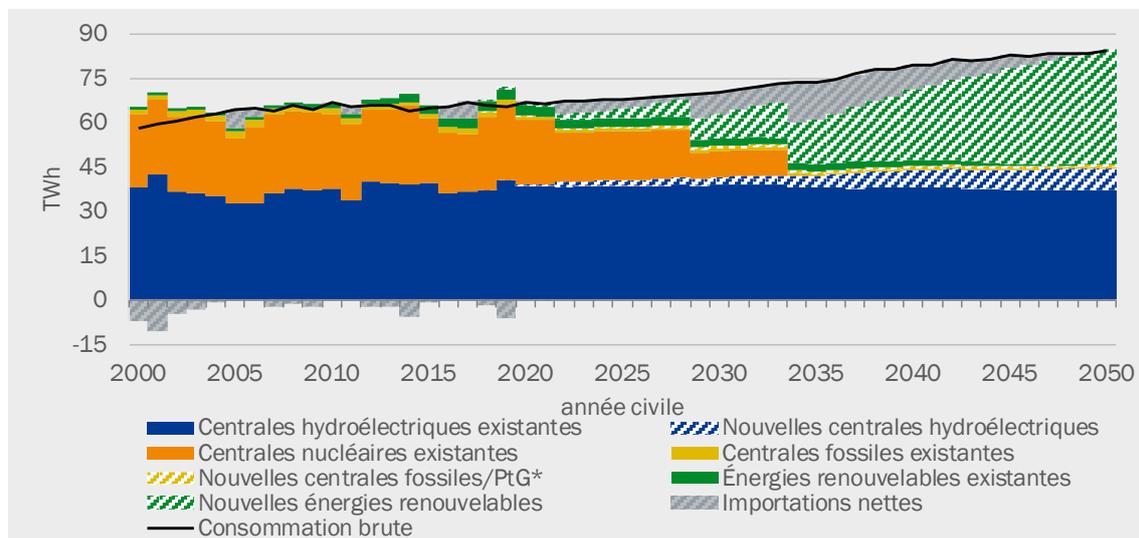
En plus de la consommation accrue d'électricité dans les secteurs d'utilisation finale tels que la mobilité électrique et les pompes à chaleur, la consommation augmente également dans le secteur de la transformation: ainsi, outre les pompes à chaleur de grande puissance destinées à alimenter les réseaux de chauffage à distance, l'accroissement de la production indigène d'agents énergétiques à base d'électricité et l'utilisation des technologies CCS en Suisse contribuent également à la hausse de la consommation nationale d'électricité (cf. tableau 4 en annexe).

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

En 2050, la production nationale d'électricité est assurée presque exclusivement par des centrales hydroélectriques et des énergies renouvelables (installations de couplage chaleur-force [installations CCF] comprises), les nouvelles énergies renouvelables fournissant 39 TWh (ou 46%) de la production d'électricité brute et la force hydraulique 45 TWh (ou 53%). La production de la force hydraulique augmente donc de 10% par rapport à la production actuelle (2019). La faible proportion de la production d'électricité fossile restante provient de la part fossile des déchets incinérés dans les usines d'incinération des ordures ménagères (cf. tableau 6 et 7 en annexe). Un solde importateur de 14 TWh apparaît certes dans l'intervalle après la mise à l'arrêt de la dernière centrale nucléaire de Leibstadt en 2034 (hypothèse: durée de vie de 50 ans). Mais en 2050, le solde importateur annuel redevient nul, autrement dit la Suisse est alors en mesure d'assurer son approvisionnement sur l'année, et ce grâce aux mesures d'efficacité, au développement poussé de la production d'électricité renouvelable et à l'extension de la production de la force hydraulique.

Figure 6: Production d'électricité selon les technologies

Évolution de la production d'électricité annuelle selon les technologies dans le scénario ZÉRO base, variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050», en TWh



* couplées et non couplées

© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

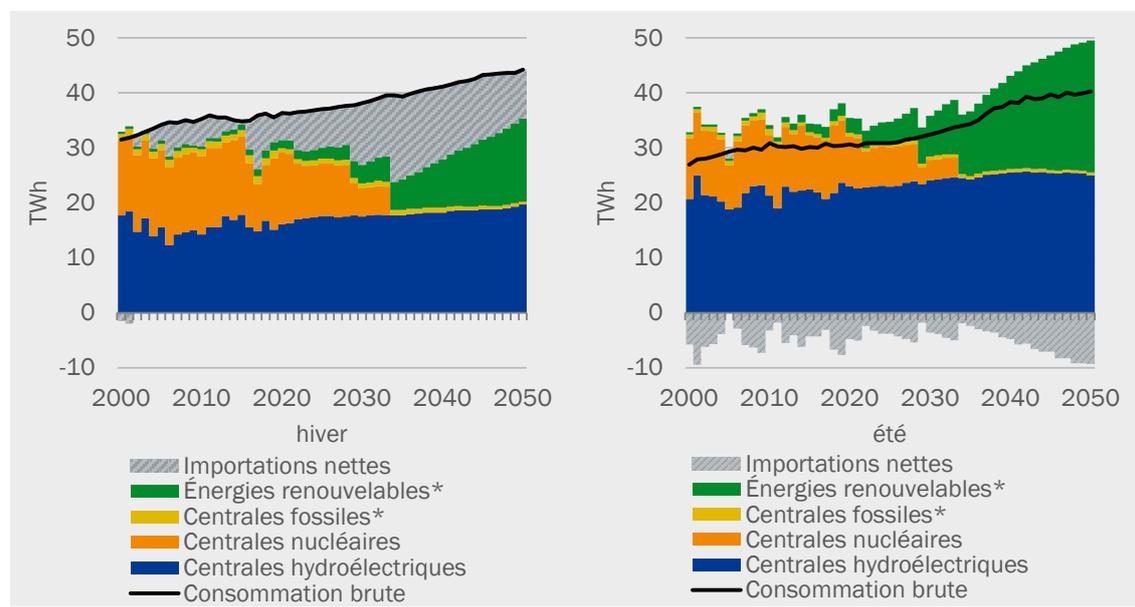
DURÉE DE VIE DES CENTRALES NUCLÉAIRES

La durée de vie des centrales nucléaires n'est pas définie dans la loi. Les centrales nucléaires peuvent être exploitées tant que les exigences légales en matière de sécurité sont remplies. Dans le cadre des Perspectives énergétiques 2050+, deux variantes de durée de vie ont été examinées (50 ans et 60 ans), mais le présent résumé n'expose que la variante basée sur une durée de vie de 50 ans.

Hiver / été: actuellement, la Suisse exporte plus d'électricité en été qu'elle n'en importe. En hiver, c'est l'inverse, car la production d'électricité n'est pas en mesure de couvrir la demande nationale pendant cette saison. Avec la mise hors service progressive des centrales nucléaires, les importations hivernales augmenteront pendant une certaine période. Toutefois, le développement de la production d'électricité renouvelable permettra de baisser les importations en hiver car, par exemple, la part hivernale de la production des installations photovoltaïques passera à plus de 30%. En outre, selon la demande, les centrales à accumulation pourront reporter leur production flexible sur l'hiver. Bien que la production hivernale d'électricité en Suisse augmente d'ici à 2050, l'hiver 2050 affiche toujours un solde importateur d'environ 9 TWh. L'importation de cette quantité d'électricité depuis l'étranger est garantie et provient en particulier de l'énergie éolienne. En revanche, la Suisse exporte de l'électricité pendant les semestres estivaux tout au long de la période considérée. L'électricité exportée provient principalement de la production flexible des centrales hydroélectriques et les exportations interviennent pendant les périodes où la production d'énergie éolienne et photovoltaïque des pays voisins est plus faible.

Figure 7: Bilan hiver / été

Évolution de la production brute d'électricité pendant le semestre d'hiver et d'été dans le scénario ZÉRO base, variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050», en TWh



* couplées et non couplées

© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

Flexibilité de la production d'électricité: les centrales à accumulation sont en mesure de reporter leur production flexible sur l'hiver, voire de l'adapter à court terme. En 2050, la puissance installée des centrales à accumulation s'élève à 9 GW. Les centrales à pompage-turbinage contribuent dans une large mesure à l'intégration des pics de la production d'électricité renouvelable. Elles peuvent stocker l'énergie en question sur plusieurs jours, voire des semaines, jusqu'aux périodes où la production d'électricité diminue. À l'avenir, les cycles de fonctionnement des centrales à pompage-turbinage dépendront largement de la production générée par le photovoltaïque en Suisse et à l'étranger. En 2050, la puissance installée des centrales à pompage-turbinage s'élève à 6 GW. Avec la puissance des installations CCF alimentées par la biomasse, la Suisse dispose ainsi en 2050 d'une puissance de production flexible d'environ 16 GW. Cette même année, la charge de pointe non flexible, c'est-à-dire la consommation d'électricité non flexible maximale par heure, se situe à 11 GW environ. En 2050, la Suisse dispose donc d'un excédent de puissance et n'a par conséquent pas besoin de centrale de secours destinée à couvrir la charge de pointe non flexible.

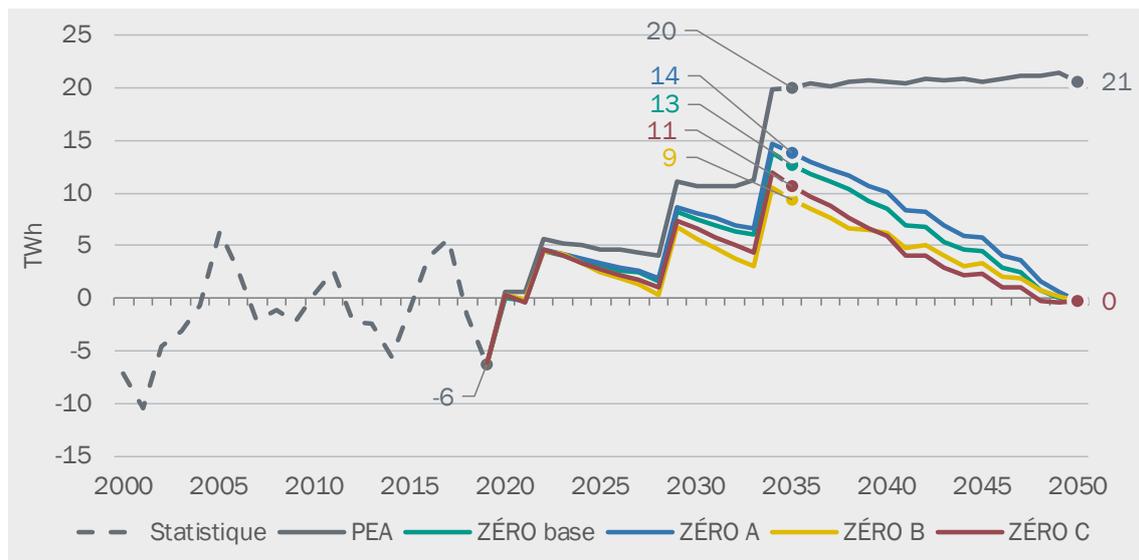
FLEXIBILISATION DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Plus la consommation d'électricité est flexible, plus il est facile de la couvrir par la production électrique renouvelable, qui est parfois irrégulière. Les potentiels de flexibilisation sont importants. Les batteries de stockage des véhicules électriques permettent de reporter la consommation de plusieurs jours. Les pompes à chaleur peuvent différer leur consommation de quelques heures grâce à la capacité de stockage de chaleur du bâtiment. Les batteries de stockage décentralisées assurent en outre le lissage du profil de production des installations photovoltaïques. Une flexibilité élevée de la demande permet d'intégrer dans le système de grandes quantités d'électricité renouvelable produites de manière irrégulière.

Échange d'électricité avec l'étranger: le développement poussé du photovoltaïque et la grande quantité d'électricité produite en été font de la Suisse un pays complémentaire par rapport à l'étranger, où domine surtout l'énergie éolienne avec des parts hivernales importantes. Grâce à leur puissance installée élevée, les centrales hydroélectriques suisses offrent de la flexibilité non seulement à la Suisse, mais également à l'étranger. À l'inverse, la Suisse peut, elle aussi, profiter de la flexibilité des centrales étrangères, à condition toutefois qu'elle reste bien intégrée au marché européen de l'électricité et qu'elle développe les capacités transfrontalières de ses réseaux conformément aux planifications actuelles. Le système électrique suisse est physiquement très fortement relié au système européen. Il existe à l'heure actuelle 41 lignes électriques transfrontalières affichant une capacité de réseau de 10 GW (exportation) et de 7 GW (importation).

Figure 8: Solde importateur (comparaison des scénarios)

Évolution du solde importateur annuel en comparaison des variantes du scénario ZÉRO (variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050») et du scénario PEA, en TWh

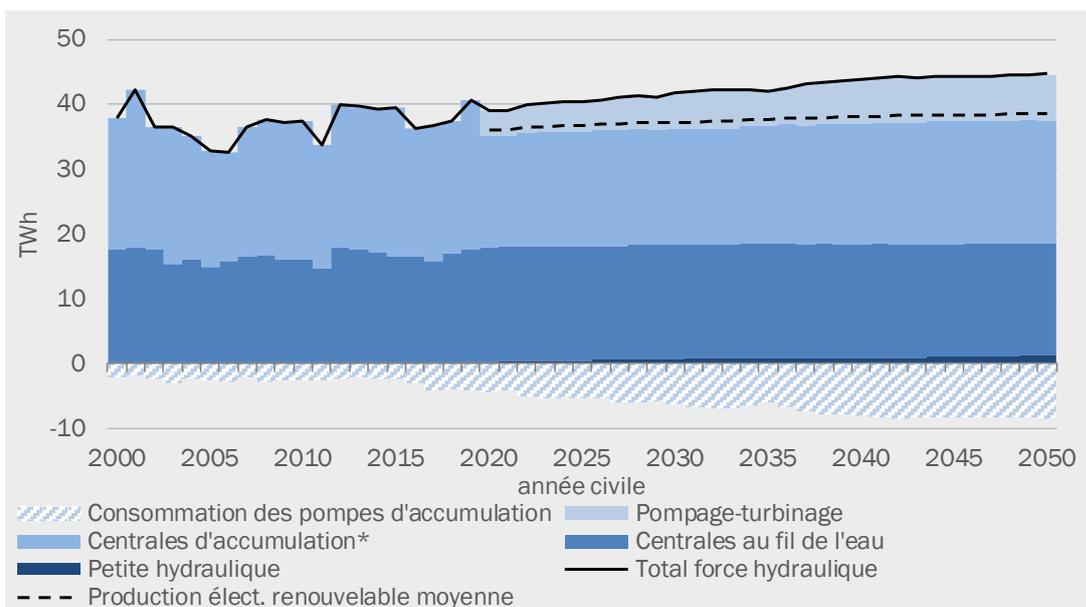


PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ISSUE DE LA FORCE HYDRAULIQUE

D'ici à 2050, la production d'électricité hydraulique augmente de plus de 10% par rapport à aujourd'hui pour atteindre 45 TWh (cf. [tableau 7 en annexe](#)). Cette hausse est possible grâce à la rénovation des centrales hydroélectriques existantes et à la construction de nouvelles centrales de ce type.

Figure 9: Production d'électricité par les centrales hydroélectriques

Évolution de la production d'électricité annuelle par les centrales hydroélectriques, par technologie, dans le scénario ZÉRO base, variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050», en TWh



* jusqu'à 2019 y c. pompage-turbinage

© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ISSUE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SANS LA FORCE HYDRAULIQUE (CF. TABLEAU 6 EN ANNEXE)

Photovoltaïque: à long terme, l'extension de cette technologie permet d'atteindre une installation annuelle de 1,5 GW (comparativement, le niveau actuel se situe à environ 0,3 GW/an). Les coûts de revient de l'électricité solaire, comme les coûts des batteries, continuent à baisser. C'est pourquoi, en 2050, près de 70% des installations photovoltaïques sont combinées avec des batteries de stockage. Cette année-là, la production d'électricité par ces installations s'élève à 33,6 TWh (aujourd'hui environ 2,2 TWh).

Énergie éolienne: en raison des retards intervenus dans les procédures d'autorisation, le développement des installations éoliennes ne commence à augmenter sensiblement qu'après 2035 pour dépasser les 4 TWh en 2050 (dont deux tiers durant l'hiver).

Géothermie: La Suisse renferme un potentiel important pour des projets de géothermie profonde. La prospection de sites appropriés nécessitant beaucoup de temps et n'aboutissant pas toujours à un résultat concluant,

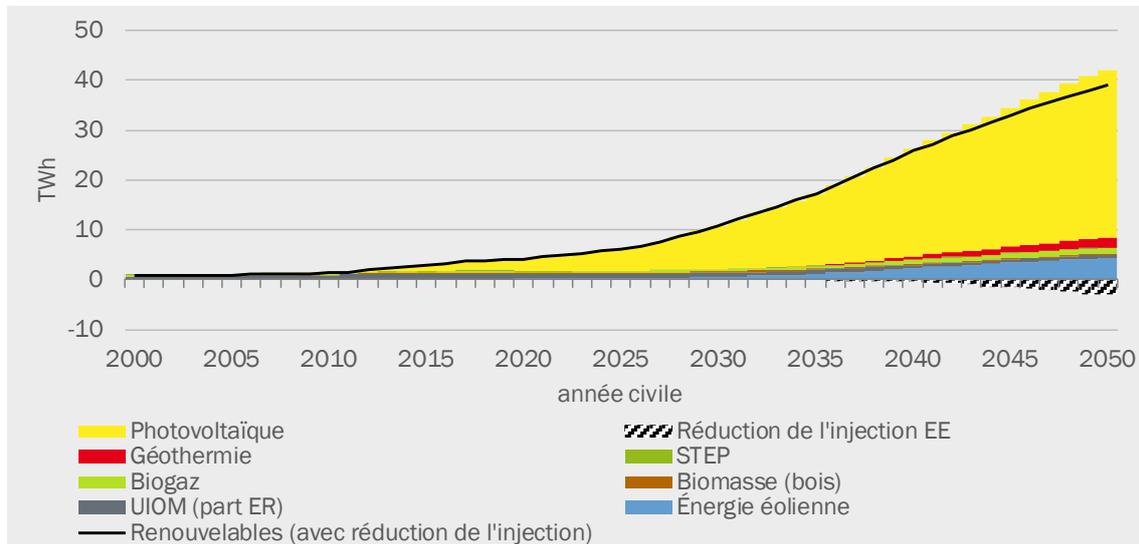
l'hypothèse retenue admet que seuls les projets actuellement prévus seront réalisés d'ici à 2035. C'est seulement après cette date que d'autres installations suivront, de manière à augmenter la production d'électricité géothermique à 2 TWh en 2050.

Biomasse: un nombre relativement faible d'installations CFF alimentées par le biogaz sont construites, car le potentiel de la biomasse est limité et doit être exploité en priorité dans les domaines offrant peu d'alternatives de décarbonisation (p. ex. chaleur industrielle à haute température). En outre, les coûts de revient de ces installations sont plus élevés que ceux d'autres technologies de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. En 2050, la production d'électricité à partir de bois et de biogaz se situe à environ 1,4 TWh.

Électricité produite par les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM): étant donné que les quantités de déchets diminuent légèrement, il n'est pas nécessaire de construire de nouvelles UIOM. Le potentiel de production d'électricité renouvelable par les UIOM est donc limité et ne dépasse guère 0,7 TWh environ en 2050. En outre, la part fossile des déchets incinérés reste une source d'émission de CO₂, qui doit être capté et stocké.

Figure 10: Production d'électricité à partir d'énergies renouvelables

Évolution de la production d'électricité annuelle à partir d'énergies renouvelables selon les technologies dans le scénario ZÉRO base, variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050», en TWh



INVESTISSEMENTS DANS LE SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

Le système énergétique comporte les éléments suivants, indépendamment du scénario:

- ▶ infrastructures de production ou de transformation d'énergie (centrales hydroélectriques, installations photovoltaïques ou éoliennes, installations de biomasse, installations Power-to-X, etc.);
- ▶ infrastructures de distribution de l'énergie (réseaux électriques, réseaux de gaz, transformateurs, infrastructures de recharge pour la mobilité électrique, etc.);
- ▶ consommateurs d'énergie (installations, bâtiments, appareils, moteurs, etc.);
- ▶ dans le scénario ZÉRO: installations de captage et de stockage du CO₂ et autres technologies NET.

Ces éléments du système énergétique doivent être construits, exploités, assainis et, à terme, remplacés pour des raisons d'âge ou de technologie. Or les investissements, l'exploitation et l'énergie consommée ont des coûts. La comparaison de la variante de base du scénario ZÉRO avec le scénario PEA permet de mettre en parallèle les coûts engendrés par le système énergétique jusqu'en 2050.

INVESTISSEMENTS

Le scénario de comparaison PEA prévoit des investissements dans des centrales, des installations, des générateurs de chaleur, des véhicules et des parties de bâtiments pertinentes du point de vue énergétique à hauteur de quelque 1400 milliards de francs d'ici à 2050. Il s'agit de coûts non influençables encourus même si aucune mesure n'est prise pour atteindre l'objectif de zéro émission nette. Malgré cette somme, les émissions de gaz à effet de serre ne diminueront que de 30% environ dans le scénario PEA d'ici à 2050 par rapport à aujourd'hui (2018).

Afin d'atteindre l'objectif de zéro émission nette à la date prévue, la transformation du système énergétique doit donc être plus rapide que ce prévoit le scénario PEA. Il faut procéder à des investissements supplémentaires plus tôt dans des installations de production d'électricité, dans les véhicules électriques, dans les véhicules dotés d'un moteur à hydrogène, dans les pompes à chaleur, dans les réseaux de chaleur, dans l'assainissement et la construction de bâtiments, dans les réseaux électriques et dans d'autres infrastructures, voire également dans des technologies CCS

et NET (ces dernières principalement après 2040). Dans la variante de base du scénario ZÉRO, le coût de ces investissements est 8% plus élevé (109 milliards de francs) que dans le scénario PEA.

Les investissements supplémentaires concernent en majorité des projets en Suisse et des mandats confiés à des entreprises suisses. Leur utilité sera visible surtout après 2050 avec l'atténuation des conséquences du changement climatique, la réduction des coûts engendrés par ce dernier et la diminution des répercussions économiques négatives correspondantes.

COÛTS D'EXPLOITATION

Par rapport au scénario PEA, les coûts d'exploitation des centrales de chauffage à distance supplémentaires et surtout ceux de la production d'électricité renouvelable induits jusqu'en 2050 sont supérieurs de quelque 14 milliards de francs. Entrent notamment en ligne de compte pour le calcul des coûts d'exploitation la production de chaleur dans les bâtiments (sans les coûts de l'énergie), les installations techniques du bâtiment, l'entretien des véhicules, l'exploitation et l'entretien des installations de production d'électricité ou de chaleur à distance ainsi que l'entretien des réseaux électriques.

COÛTS DE L'ÉNERGIE

Dans la variante de base du scénario ZÉRO, les énergies fossiles ne sont pratiquement plus présentes dans le système énergétique en 2050. Parallèlement, l'efficacité énergétique est améliorée, permettant d'économiser ainsi environ 18% des coûts de l'énergie (50 milliards de francs) d'ici à 2050 par rapport au scénario PEA.

Le scénario ZÉRO mise certes sur des importations d'agents énergétiques à base d'électricité, de biogaz et de biomasse solide à partir du milieu des années 2030. Comparativement à aujourd'hui et au scénario PEA, les sommes dépensées à l'étranger sont toutefois moins élevées. À l'heure actuelle, elles s'élèvent à environ 8 milliards de francs par an et concernent par exemple les importations d'essence, de diesel, de mazout, de gaz naturel ou de combustibles nucléaires.

CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES

Transformer le système énergétique de manière à ramener les émissions de CO₂ à zéro net d'ici à 2050 implique non seulement des coûts directs, mais également des conséquences pour l'ensemble de l'économie. En effet, le tissu économique, le prix des marchandises, la consommation et le commerce extérieur s'adapteront aux nouvelles structures d'une vie et d'une activité économique globalement exemptes de CO₂.

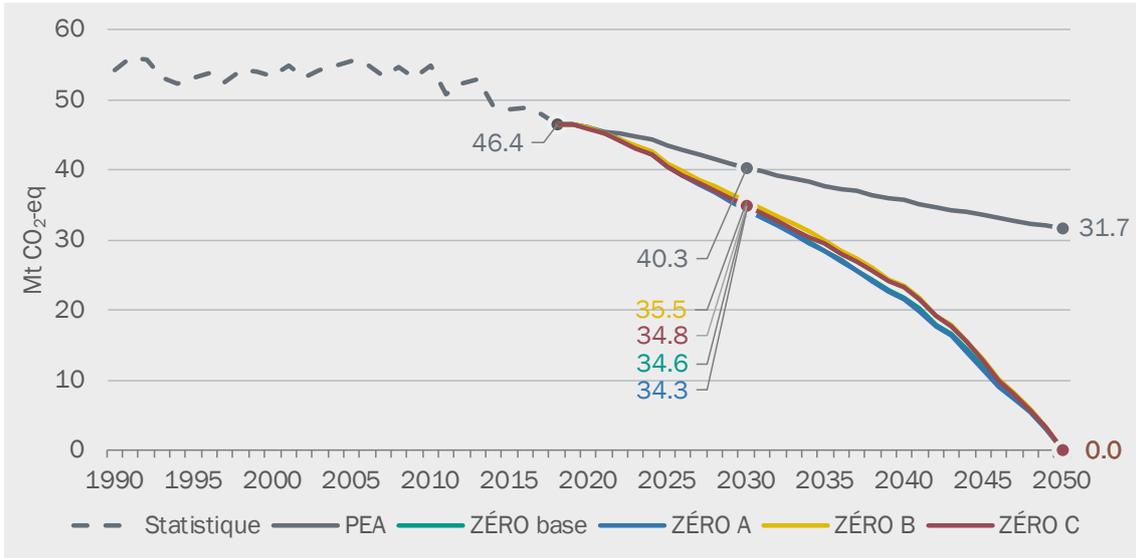
Les conséquences économiques dépendent d'une multitude de changements qui, aujourd'hui, sont encore incertains et donc difficiles à estimer. Elles sont en outre fondamentalement liées à l'organisation des mesures politiques.

Les conséquences économiques font actuellement l'objet d'un examen plus approfondi dont les résultats sont attendus pour le second semestre 2021.

ANNEXE : COMPARAISON DES SCÉNARIOS

Vue d'ensemble des principales comparaisons entre les scénarios.

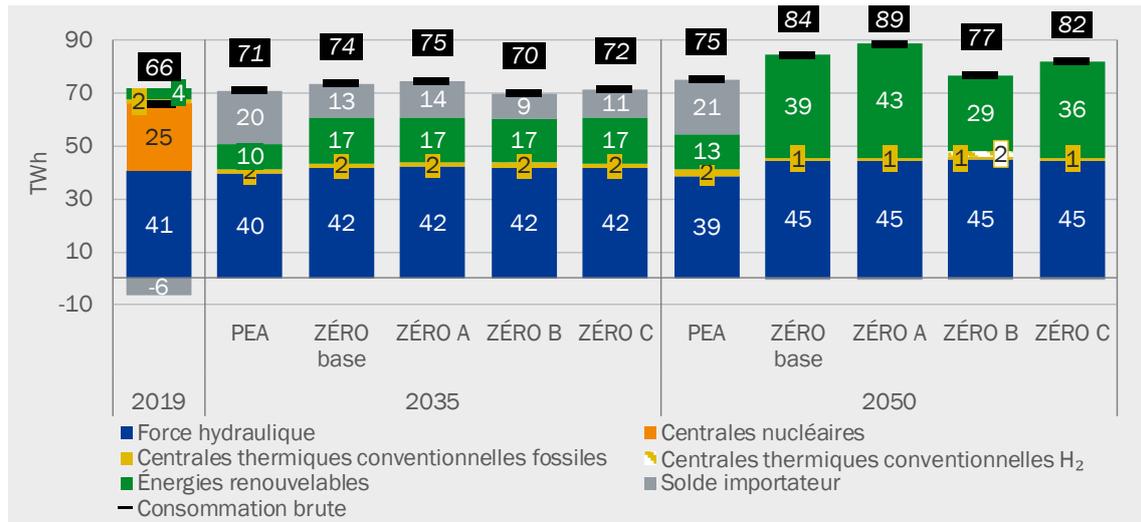
Figure 11: Comparaison des scénarios: émissions de gaz à effet de serre
de 1990 à 2050, en millions de tonnes d'équivalent CO₂



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

Figure 12: Structure de la production d'électricité (comparaison des scénarios)

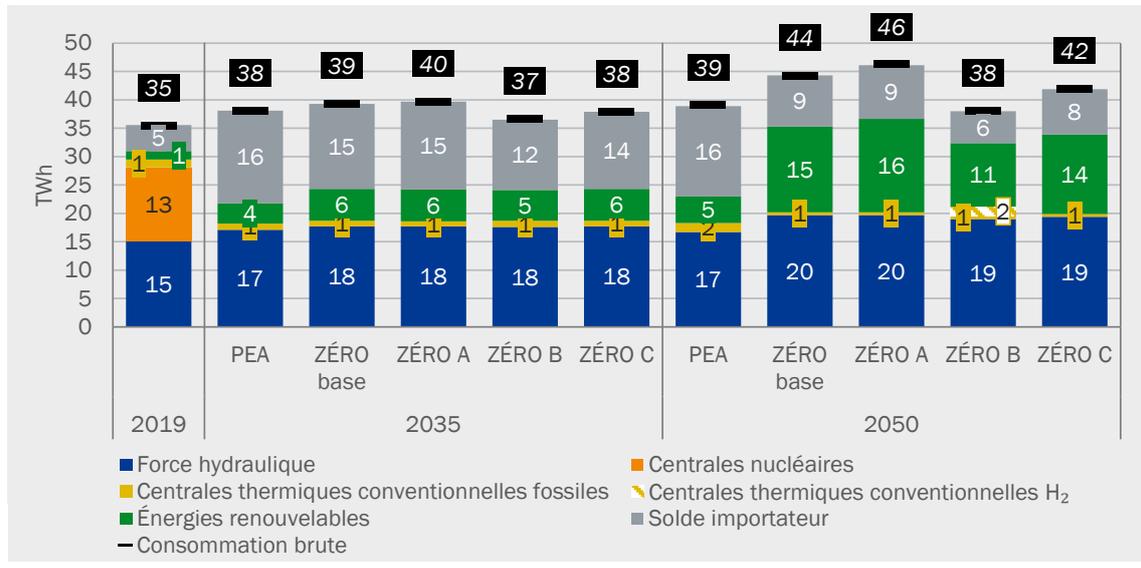
Évolution de la structure de production d'électricité, comparaison des variantes du scénario ZÉRO (variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050») et du scénario PEA, en TWh



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

Figure 13: Structure de la production d'électricité au semestre d'hiver (comparaison des scénarios)

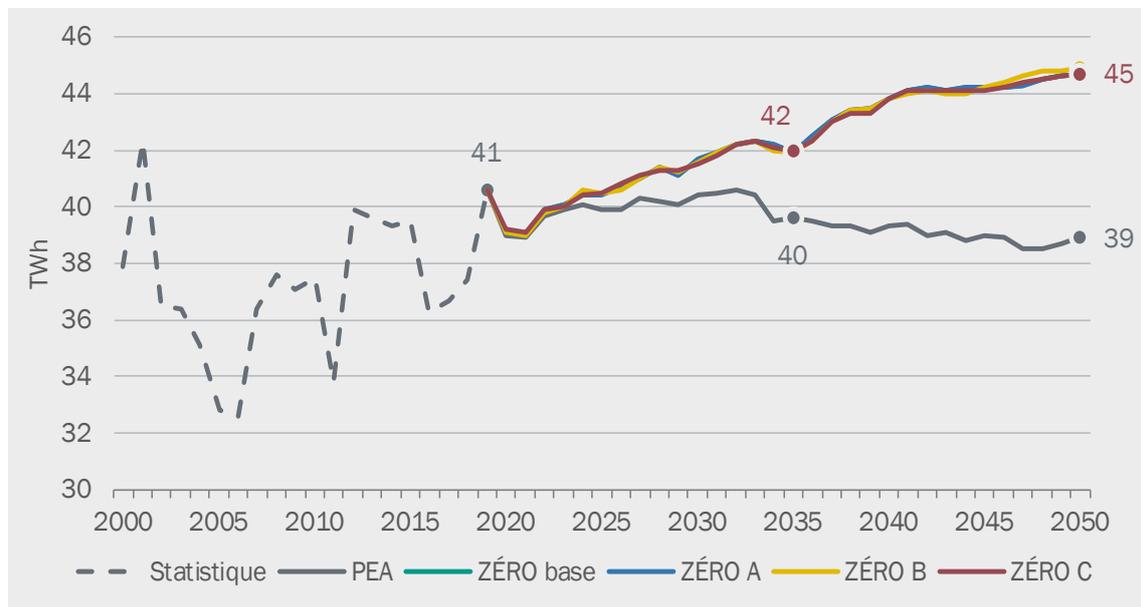
Évolution de la structure de production d'électricité pendant le semestre d'hiver, comparaison des variantes du scénario ZÉRO (variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050») et du scénario PEA, en TWh



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

Figure 14: Production d'électricité par les centrales hydroélectriques (comparaison des scénarios et des variantes)

Évolution de la production d'électricité par les centrales hydroélectriques, comparaison des variantes du scénario ZÉRO (variante stratégique «bilan annuel équilibré en 2050») et du scénario PEA, en TWh



© Prognos SA/TEP Energy Sàrl/INFRAS SA 2020

ANNEXE: TABLEAUX

Tableau 1: Évolution des émissions de gaz à effet de serre dans la variante de base du scénario ZÉRO

Selon les délimitations de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre, en millions de tonnes d'équivalent CO₂

Scénario	1990	2000	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
ZÉRO base	Énergie (à combustion; 1A)	41.5	41.9	35.0	30.5	25.3	20.2	15.2	9.9	4.2
	Conversion d'énergie (1A1)	2.5	3.2	3.4	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	2.6
	Industrie (1A2)	6.6	6.0	4.8	4.6	4.0	3.2	2.4	1.7	1.2
	Transport (1A3)	14.7	16.0	14.9	13.3	11.3	8.9	6.3	3.2	0.0
	Services (1A4a & 1A5)	5.1	5.1	3.6	2.4	1.6	1.2	0.8	0.6	0.2
	Ménages (1A4b)	11.8	10.8	7.7	6.3	4.6	3.3	2.2	1.2	0.1
	Agriculture (énergie, 1A4C)	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0
	Émissions d'évaporation (1B)	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
	Processus industriels et solvants (2)	4.3	3.9	4.5	3.4	3.0	2.7	2.6	2.5	2.4
	Agriculture (3)	6.8	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6
	Déchets (5)	1.1	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	Autres (6)	<0.1	<0.1	0.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Total (Suisse)	54.2	53.3	46.4	40.5	34.6	28.9	23.5	17.8	11.8
	NET à l'étranger					0.0	0.0	0.0	-1.2	-4.7
	CCS/NET en Suisse					0.0	-0.4	-1.7	-4.8	-7.0
	production de clinker					0.0	0.0	-0.2	-1.8	-2.4
	Industrie chimique et pharmaceutique					0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.5
	Usines d'incinération des ordures ménagères					0.0	-0.4	-1.1	-2.3	-3.6
	Installations de biomasse					0.0	0.0	-0.3	-0.4	-0.4
	Autres					0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Total (Suisse, y c. CCS/NET)	54.2	53.3	46.4	40.5	34.6	28.5	21.8	11.9	0.0	
PEA	Total (Suisse)	54.2	53.3	46.4	43.5	40.3	37.7	35.6	33.5	31.7

Les émissions de la catégorie 4 («land use and land-use change and forestry» – LULUCF) sont généralement prises en compte dans l'objectif climatique des perspectives énergétiques, mais sont considérées comme nulles en raison de la grande incertitude concernant leur évolution et ne sont pas représentées ici.

Tableau 2: Évolution de la consommation d'énergie finale

Scénarios ZÉRO (variante de base) et PEA

Scénario		2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ZÉRO base	Total Suisse en PJ	783	757	718	672	627	584	550	524
	par personne en GJ/habitant	109	88	79	71	64	58	54	51
	par unité de PIB en MJ/CHF	1.5	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
PEA	Total Suisse en PJ	783	757	737	710	683	657	634	615
	par personne en GJ/habitant	109	88	81	75	70	66	62	60
	par unité de PIB en MJ/CHF	1.5	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6

Sans la consommation du trafic aérien international

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

Tableau 3: Consommation d'énergie finale par agent énergétique

Évolution de la consommation d'énergie finale par agent énergétique dans le scénario ZÉRO (variante de base), en PJ

Scénario	Agents énergétiques	2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ZÉRO base	Charbon	6	4	3	2	1	0	0	0
	Produits pétroliers	438	329	272	219	168	118	62	4
	dont carburants pétroliers	230	217	195	167	133	96	50	0
	Gaz naturel	93	115	107	86	63	40	21	6
	Ordures ménagères et déchets industriels	10	12	12	12	13	14	15	15
	Bois	28	39	40	37	33	29	26	24
	Autres énergies renouvelables	6	30	53	77	99	119	137	151
	Électricité	189	206	206	208	215	221	226	228
	Chaleur à distance	13	22	26	29	31	34	37	41
	Power-to-X	0	0	1	2	4	7	25	56
	dont Power-to-Liquid	0	0	0	0	0	0	13	40
	Total Suisse	783	757	718	672	627	584	550	524
	PEA	Total Suisse	783	757	737	710	683	657	634

Sans la consommation du trafic aérien international

Autres énergies renouvelables: biogaz, biométhane, biocarburants, chaleur solaire, chaleur ambiante et rejets thermiques

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

Tableau 4: Consommation nationale d'électricité

Évolution de la consommation nationale d'électricité dans les scénarios ZÉRO (variante de base, variante stratégique «bilan annuel équilibré 2050») et PEA, en TWh

Scénario		2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ZÉRO base	Consommation d'énergie finale	52.4	57.2	57.2	57.9	59.6	61.5	62.9	63.2
	dont véhicules électriques (route)	0.1	0.2	0.8	2.4	5.0	8.1	11.0	13.1
	dont pompes à chaleur (bâtiments)	0.6	2.3	4.0	5.6	6.8	7.5	8.2	8.7
	Électrolyse, pompes à chaleur de grande puissance et CCS	0.0	0.0	0.9	1.8	3.1	5.0	6.5	7.4
	Pertes	3.9	4.3	4.4	4.5	4.7	5.0	5.2	5.3
	Consommation nationale*	56.3	61.5	62.5	64.1	67.4	71.5	74.6	76.0
PEA	Consommation nationale*	56.3	61.5	63.5	64.7	66.3	67.8	68.9	70.5

Consommation nationale = consommation finale + pertes + autres consommations du secteur de la transformation (CCS, électrolyse, pompes à chaleur de grande puissance, sans consommation des pompes d'accumulation)

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

Tableau 5: Consommation et production d'électricité

Évolution de l'approvisionnement de la Suisse en électricité dans le scénario ZÉRO (variante de base, variante stratégique «bilan annuel équilibré 2050»), en TWh

Scénario		2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ZÉRO base	Centrales hydroélectriques	37.9	40.6	40.4	41.7	41.9	43.8	44.2	44.7
	Centrales nucléaires	24.9	25.3	16.6	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	Centrales fossiles*	1.7	1.9	1.5	1.6	1.6	1.4	1.2	1.0
	Énergies renouvelables**/**	0.8	4.2	6.1	10.9	17.3	25.8	32.9	39.1
	Production brute moyenne	65.3	71.9	64.6	63.0	60.9	71.0	78.4	84.8
	Consommation des pompes d'accumulation	-2.0	-4.1	-5.3	-6.3	-6.1	-8.0	-8.3	-8.5
	Production nette moyenne	63.4	67.8	59.4	56.7	54.8	63.0	70.0	76.3
	Solde importateur	-7.1	-6.3	3.2	7.5	12.7	8.5	4.5	-0.4
	Consommation nationale	56.3	61.5	62.5	64.1	67.4	71.5	74.6	76.0
	Consommation totale y c. pompes d'accumulation	58.3	65.6	67.8	70.4	73.5	79.5	82.9	84.4

* couplées et non couplées

** réduction de l'injection incluse

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

Tableau 6: Production d'électricité à partir d'énergies renouvelables

Évolution de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en Suisse dans le scénario ZÉRO (variante de base, variante stratégique «bilan annuel équilibré 2050»), en TWh

Scénario	2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
ZÉRO base	Photovoltaïque	0.0	2.2	4.3	8.7	14.4	21.5	27.8	33.6
	Énergie éolienne	0.0	0.1	0.3	0.6	1.2	2.2	3.4	4.3
	Biomasse (bois)	0.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	Biogaz	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2
	STEP	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	UIOM (part ER)	0.7	1.2	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
	Géothermie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	1.3	2.0
	réduction de l'injection ER	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.5	-3.0
	Énergies renouvelables*	0.8	4.2	6.1	10.9	17.3	25.8	32.9	39.1
PEA	Énergies renouvelables*	0.8	4.2	5.9	8.7	9.5	10.3	11.6	13.3

* réduction de l'injection incluse

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

Tableau 7: Production d'électricité par les centrales hydroélectriques

Évolution de la production d'électricité par les centrales hydroélectriques en Suisse dans le scénario ZÉRO (variante de base, variante stratégique «bilan annuel équilibré 2050»), en TWh

Scénario	2000	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
ZÉRO base	Petite hydraulique	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3
	Centrales à accumulation*	20.3	22.9	17.7	17.9	18.2	18.6	18.9	19.0
	Centrales au fil de l'eau	17.4	17.4	17.6	17.6	17.6	17.5	17.3	17.2
	Pompage-turbinage			4.6	5.5	5.3	6.7	6.9	7.1
	Total force hydraulique	37.9	40.6	40.4	41.7	41.9	43.8	44.2	44.7
	Consommation des pompes d'accumulation	-2.0	-4.1	-5.3	-6.3	-6.1	-8.0	-8.3	-8.5
	Rappel: prod. élect. renouv. moyenne			36.8	37.2	37.7	38.1	38.3	38.6
PEA	Total force hydraulique	37.9	40.6	39.9	40.4	39.6	39.3	39.0	38.9

* jusqu'en 2019: y c. production des centrales à pompage-turbinage

© Prognos AG / TEP Energy GmbH / INFRAS AG 2020

IMPRESSUM

Éditeur — Office fédéral de l'énergie OFEN

26 novembre 2020

Pulverstrasse 13 · 3063 Ittigen ·

Adresse postale: Office fédéral de l'énergie OFEN, 3003 Berne ·

Tél. +41 58 462 56 11 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch ·

twitter.com/bfeenergeia

Image: Shutterstock.com