

LA TRANSITION ENERGETIQUE GRACE A LA MODERNISATION ENERGETIQUE ET A L'ENERGIE SOLAIRE

Analyse de l'approvisionnement énergétique sur le marché suisse et conditions qui en découlent pour maîtriser la transition énergétique d'ici 2050.

COMPRENDRE ENSEMBLE.



Sommaire

Préface.....	4
Management Summary	5
1.1 Situation de départ.....	6
1.2 La transition énergétique grâce au solaire et à la modernisation des bâtiments?	7
1.3 Données	7
1.4 Délimitation	8
2 Besoins énergétiques et consommation.....	9
2.1 La consommation énergétique mondiale	9
2.2 Consommation d'énergie de la Suisse	10
2.3 Consommation d'énergie en Suisse.....	11
2.3.1 Besoins suisses en électricité par an.....	11
2.3.2 Consommation suisse d'électricité en fonction du mois.....	12
2.4 Quelles sources d'énergie seront supprimées à l'avenir?.....	13
2.4.1 Energie nucléaire.....	13
2.4.2 Combustibles fossiles	13
2.5 Besoins énergétiques futurs.....	15
2.5.1 Informations générales.....	15
2.5.2 Besoins énergétiques Mobilité et Chauffage des locaux.....	16
2.5.3 Besoins énergétiques Mobilité.....	16
2.5.4 Besoins énergétiques Chauffage.....	17
2.5.5 Besoins énergétiques PtX.....	19
2.5.6 Besoins énergétiques totaux 2050.....	19
3 Les sources d'énergie de l'avenir	21
3.1 Stratégie énergétique 2050.....	21
3.2 Les énergies renouvelables	21
4 Rendement énergétique du solaire	23
4.1 Installations solaires thermiques.....	23
4.2 Photovoltaïque	23
4.3 Le «trio» photovoltaïque, énergie solaire thermique et pompe à chaleur.....	23
4.4 L'énergie solaire thermique en pratique.....	25
5 Avenir de la production d'électricité	28
5.1 Activités législatives.....	28
5.2 Potentiel solaire.....	28
5.3 Problématique de l'énergie solaire.....	29
6 Potentiel des modernisations énergétiquement efficaces.....	32

6.1	Situation de départ.....	32
6.2	Que comprend la modernisation énergétiquement efficace?.....	32
7	Production d'électricité en 2050	36
8	Ressources nécessaires.....	39
8.1	Situation actuelle	39
8.2	Collaborateurs du secteur solaire.....	39
8.3	Collaborateurs et création de valeur dans la modernisation des bâtiments.....	40
8.4	Total des spécialistes nécessaires pour la transition énergétique	42
9	Conclusion et bilan.....	44
	Annexe: article du Tages-Anzeiger «Un avenir plus indépendant grâce à la modernisation énergétique»	46
	Remarques.....	47

Préface

Au premier trimestre de l'année 2022, la pandémie de Covid-19 et la guerre en Ukraine se sont passés le relais. Alors que la pandémie continue d'entraîner une pénurie de matériaux, la guerre nous montre sans pitié notre dépendance aux combustibles fossiles. La conséquence: hausse des prix de l'énergie et pénurie persistante de ressources.

La conscience de l'importance de l'énergie et de la dépendance de la Suisse vis-à-vis d'Etats dont la conception de la démocratie est parfois douteuse font émerger de nombreuses voix appelant au changement. Une chance que nous ne pouvons pas laisser passer. La société souhaite plus d'indépendance, et nous pouvons la lui offrir. Le soleil est ici notre fournisseur d'énergie illimité.

Bien sûr, l'énergie solaire à elle seule ne permet pas de maîtriser la transition énergétique. Elle peut toutefois largement contribuer à sa réussite. Mais de quel volume avons-nous concrètement besoin? Que signifient la sortie de l'énergie nucléaire, l'électrification des transports individuels ainsi que l'abandon des énergies fossiles au profit des énergies renouvelables pour la production de chaleur? Les documents publiés à ce jour ne nous offrent aucune réponse à ces questions. Que cela signifie-t-il pour le secteur de l'enveloppe des édifices? Le remplacement des systèmes de chauffage suffirait-il à couvrir les besoins en électricité après le passage aux énergies renouvelables? Quel doit être à l'avenir le taux de renouvellement de la modernisation des bâtiments et quels éléments de construction doivent être modernisés? Combien de spécialistes faudra-t-il pour cela?

Avec cette étude, la commission Gestion d'entreprise s'est fixé pour but de répondre à ces questions et à d'autres questions en suspens à l'aide d'une analyse approfondie de l'approvisionnement énergétique. Les réponses obtenues serviront à aider les acteurs du secteur de l'enveloppe des édifices à planifier l'avenir dans la perspective de la transition énergétique et à prendre les mesures nécessaires et les bonnes décisions.

commission Gestion d'entreprise d'Enveloppe des édifices Suisse

Management Summary

Selon les perspectives énergétiques de la Confédération, la consommation d'électricité nette par an pour toute la Suisse s'élèvera à 76 térawattheures (TWh). Par rapport à l'année 2020, cela représente une augmentation d'environ 11 TWh. Cela en sachant que la consommation d'électricité devra se passer de l'énergie nucléaire en 2050. En même temps, l'électrification des transports individuels est en cours et l'on prévoit l'abandon des systèmes de chauffage fossiles. La Suisse se trouve devant un énorme bouleversement énergétique. L'arrêt des centrales nucléaires, la charge supplémentaire que représentent les véhicules électriques et la transformation des systèmes de chauffage exigent des mesures en conséquence.

Les énergies renouvelables recèlent un grand potentiel de production d'électricité. La technologie solaire (photovoltaïque et thermique) sur les toits et les façades, en particulier, jouera un rôle important dans la transition énergétique. Avec une augmentation annuelle de 9% du photovoltaïque sur les toits et les façades, au moins 34,5 TWh d'électricité seront produits à partir de l'énergie solaire en 2050. Pour répondre au problème du manque d'électricité en hiver, il faut utiliser l'énergie de manière efficace. En effet, à elle seule, la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables telles que la technologie solaire ne résout pas ce problème. Le facteur décisif pour réussir la transition énergétique réside dans la modernisation énergétique globale du parc immobilier suisse. La modernisation énergétique optimale des bâtiments prévoit donc le renouvellement de l'enveloppe des édifices (toit, façade, cave, fenêtres) et le remplacement du chauffage. A cela vient s'ajouter la production d'énergie au moyen de la technologie solaire. Le simple remplacement du système de chauffage, par une pompe à chaleur par exemple, sans modernisation du bâtiment et sans technologie solaire complémentaire, entraîne en règle générale une surconsommation d'électricité indésirable et inefficace.

Pour réussir la transition énergétique d'ici 2050, il faut que le taux de renouvellement actuel du parc immobilier suisse passe d'environ 0,5% à 3,6%. La modernisation énergétique des bâtiments d'ici 2050 permettrait d'économiser environ 17,3 TWh d'électricité, tout en économisant bien sûr les énergies fossiles. En combinaison avec d'autres mesures telles que les systèmes de chauffage alternatifs et l'utilisation efficace de l'excédent d'électricité des mois d'été, par exemple pour la conversion Power-to-Gas (PtX) ou remplir des lac de pompage, la transition énergétique devient réalité. Toutefois, si l'on néglige la modernisation des bâtiments, la transition énergétique n'est pas réalisable.

Grâce aux mesures de modernisation énergétique des bâtiments, la consommation d'énergie baisse, et les besoins en énergie peuvent être satisfaits presque entièrement au moyen d'une combinaison d'énergie photovoltaïque, d'autres énergies renouvelables, d'énergie hydraulique et d'énergie issue du bois. Les lacunes restantes peuvent être compensées par l'excédent produit en été au moyen de l'énergie solaire et stocké grâce aux deux transformations mentionnées ci-dessus (et à d'autres). La Suisse serait ainsi indépendante de la production électrique étrangère.

Toutefois, pour que la transition énergétique devienne réalité, il faut des spécialistes. D'ici 2050, la construction d'installations photovoltaïques supplémentaires requiert à elle seule en moyenne environ 16 500 spécialistes supplémentaires par an. Pour faire avancer la modernisation énergétique à l'échelle de la Suisse, il faut ajouter encore une moyenne de 20 500 spécialistes supplémentaires par an. Une offensive de formation de grande envergure s'impose donc.

En résumé, pour faire face à la transition énergétique en Suisse, il convient de prendre différentes mesures qui se renforcent mutuellement. Il est possible de réussir la transition énergétique en développant massivement la technologie solaire pour atteindre une production de 34,5 TWh minimum et en augmentant l'efficacité de la consommation d'énergie par le biais de la modernisation énergétique des bâtiments. Pour cela, il est indispensable de lancer une offensive de formation pour augmenter le nombre de collaborateurs dans le secteur de la modernisation immobilière et dans le secteur de l'installation et de l'exploitation des énergies renouvelables telles que le photovoltaïque.

Introduction

1.1 Situation de départ

En Suisse comme dans le monde entier, le changement climatique est devenu une réalité. Il est indispensable et urgent d'abandonner les combustibles fossiles au profit d'énergies renouvelables. Si la Suisse veut atteindre ses objectifs climatiques, et même si les combustibles fossiles continuent et continueront de représenter une part importante de la production d'énergie, la part des énergies fossiles en tant que sources d'énergie primaire doit, au cours des prochaines années et au plus tard d'ici 2050, converger vers zéro. En d'autres termes, une transition massive des sources d'énergie fossiles vers les énergies renouvelables est nécessaire. La Suisse ne pourra réaliser ce projet que si les énergies renouvelables et la modernisation énergétique des bâtiments sont subventionnées et rendues possibles. Même si, à ce jour, plusieurs millions de mètres carrés d'installations photovoltaïques sont déjà au service du climat, ce sont avant tout les centrales hydrauliques qui apportent aujourd'hui une immense contribution à la production d'énergie issue de sources renouvelables. Le secteur solaire tout comme la modernisation énergétique des bâtiments, en revanche, présentent encore un grand potentiel, que différentes études ont déjà tenté de déterminer.

Selon une estimation de l'Office fédéral de l'énergie, le potentiel existant pour la production d'énergie à partir du solaire s'élève à environ 53 TWh par an. Pour l'Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW), le potentiel de la surface utile, qui, selon ses calculs, s'élève à 230 km² au total, se situe entre 38,8 TWh et 45,6 TWh par an. Ces différences de chiffres sont dues à des hypothèses différentes concernant le rendement des panneaux solaires (17%/20%). «toitsolaire.ch» indique 100 TWh par an comme potentiel théorique pour toutes les surfaces de toiture, sans faire toutefois de distinction entre les surfaces de toiture «pertinentes» et les surfaces de toiture inadaptées d'un point de vue économique.¹ Ces études n'ont pas non plus pris en compte les surfaces alternatives possibles telles que les murs anti-bruit le long des autoroutes, les toitures de parking ou encore les installations solaires alpines. Le potentiel résultant de l'exploitation des façades n'a été pris en compte que de façon marginale.

Une étude commandée par Enveloppe des édifices Suisse à WÜST & PARTNER a montré qu'il existait en principe en 2020 un potentiel de construction et de transformation des façades d'environ 20 millions de mètres carrés. Il faut cependant tenir compte du fait que toutes les façades ne se prêtent pas, loin s'en faut, à une installation photovoltaïque; ce potentiel ne peut donc être considéré que comme un complément.² L'Office fédéral de l'énergie cite à cet égard un potentiel global de surfaces de toitures et de façades d'environ 67 TWh.³

Si l'on suit l'étude de la ZHAW, la Suisse dispose d'environ 230 kilomètres carrés de surfaces de toiture pour l'installation de systèmes photovoltaïques. A cela s'ajoutent les surfaces de façades exploitables, qui augmentent le potentiel global d'exploitation pour le photovoltaïque.

Toutefois, à elle seule, l'exploitation des surfaces de toitures et de façades pour la production d'énergie solaire ne suffira pas pour atteindre les objectifs de la stratégie énergétique. A cet égard, le problème principal est l'hiver. C'est justement en hiver, lorsque les heures d'ensoleillement sont réduites mais qu'en même temps la consommation d'énergie augmente, que des pénuries peuvent se produire régulièrement. La solution à ce problème consisterait en un bouquet énergétique, combiné à des mesures de modernisation pertinentes et durables permettant de diminuer la consommation d'énergie en soi. C'est exactement ce que prévoit la Confédération dans les Perspectives énergétiques 2050. En ce sens, la présente étude se veut une évaluation de la manière dont des mesures de modernisation ciblées, l'utilisation de la technologie photovoltaïque et un bouquet énergétique durable permettraient d'atteindre les objectifs de la Stratégie énergétique 2050.

1.2 La transition énergétique grâce au solaire et à la modernisation des bâtiments?

La présente étude a pour but de mettre en relation le potentiel éventuel résultant de l'énergie solaire avec ce qui est nécessaire à sa réalisation. En outre, il s'agit de clarifier quelle contribution l'énergie solaire peut effectivement apporter à la transition énergétique. En effet, la question se pose aussi de savoir si l'énergie solaire à elle seule suffit, ou si d'autres mesures telles que la modernisation énergétique de bâtiments ou des systèmes alternatifs de chauffage s'imposent. Pour ce faire, la première étape consiste à examiner la situation actuelle et la consommation d'énergie actuelle dans le monde et en Suisse. Il s'agit de déterminer d'une part les lacunes qu'engendrera l'abandon de certaines sources énergétiques, d'autre part les énergies renouvelables (solaire ou autres mesures) qui viendront les remplacer. Concrètement, il s'agit de répondre aux questions suivantes:

- Quelle est la consommation actuelle par source d'énergie?
- Quelle lacune laissera la suppression de l'énergie nucléaire?

Dans un deuxième temps, cette étude se penche sur les éventuels besoins supplémentaires liés à l'électrification croissante de la mobilité individuelle ainsi qu'à l'utilisation accrue de systèmes de chauffage alternatifs tels que les pompes à chaleur. Concrètement, il s'agit de répondre aux questions suivantes:

- Comment et jusqu'à quand ces besoins supplémentaires vont-ils évoluer, et cette évolution engendrera-t-elle une lacune dans la production d'électricité?
- Quels besoins supplémentaires en électricité résulteront de l'utilisation accrue de pompes à chaleur et de véhicules électriques et comment réagir à cette évolution?

La troisième question qui se pose est de savoir quel potentiel réside dans le secteur du photovoltaïque et des autres énergies renouvelables. Cela implique, entre autres, la prise en compte du potentiel autour de la modernisation des bâtiments. Concrètement, les questions suivantes se posent:

- Quel potentiel d'économie les mesures de modernisation immobilière envisageables présentent-elles?
- Quel potentiel concret les installations photovoltaïques présentent-elles?

Enfin, on se demande quelles ressources sont nécessaires pour réaliser le nombre d'installations photovoltaïques et de mesures de modernisation immobilières préconisées.

- Combien de spécialistes faut-il pour maîtriser la transition énergétique du point de vue d'Enveloppe des édifices Suisse?

1.3 Données

Pour cette étude, nous nous sommes basés pour l'instant sur les données publiques mises à disposition par l'Office fédéral de l'énergie et l'Office fédéral de la statistique. Des hypothèses ont été formulées – dans la mesure du possible et du raisonnable – lorsqu'aucune donnée n'était disponible. Nous avons basé ces hypothèses sur l'expérience empirique du secteur de l'enveloppe des édifices, en essayant de les confirmer dans le cadre de contrôles de plausibilité (voir ci-dessous dans ce sous-chapitre 1.3). En outre, nous avons effectué nos propres calculs en nous basant sur les données disponibles ou supposées ainsi que sur les prévisions d'évolution. Comme nous le verrons plus loin à divers endroits, les prévisions portaient principalement sur l'évolution de la consommation d'énergie et sur les différentes sources d'énergie fournissant les énergies en question. De plus, on ne sait pas encore aujourd'hui comment la mobilité, par exemple, va vraiment évoluer. Même si l'électromobilité fait actuellement l'objet d'une forte publicité, il n'est pas encore garanti qu'elle sera effectivement adoptée par les masses. On ne sait pas non plus dans quelle mesure la population suisse augmentera réellement, combien de pompes à chaleur seront utilisées et si une majorité politique ne serait pas tout de même favorable à l'utilisation, au moins partielle, de combustibles fossiles.

Une incertitude existe également concernant le rendement futur des modules photovoltaïques (modules PV). On peut s'attendre à ce que le rendement des modules PV augmente au cours des prochaines années. En d'autres mots, une plus petite quantité de mètres carrés de modules PV promettra à l'avenir une production d'électricité plus importante, ce qui, à son tour, réduira la quantité de surfaces et de personnel nécessaires. Pour la présente étude, nous avons supposé un rendement d'environ 1 kWp pour 7 mètres carrés.⁴ Pour les calculs de notre étude, nous avons utilisé la puissance suivante.

Nous avons également émis des hypothèses en ce qui concerne le nombre de collaborateurs dans le secteur de l'énergie solaire. Actuellement, il n'existe pas de données vérifiées concernant le nombre de collaborateurs ou le nombre d'heures travaillées dans le secteur solaire. Les chiffres se basent par conséquent sur des hypothèses résultant de valeurs empiriques d'Enveloppe des édifices Suisse. La plausibilité des calculs effectués dans le cadre de cette étude (voir point 8) a été vérifiée à l'aide du nombre de modules solaires installés et du chiffre d'affaires au mètre carré qui en découle ainsi que de la part des coûts salariaux dans le chiffre d'affaires. Le calcul comprend donc également les modules PV qui n'ont pas été installés par une entreprise du secteur de l'enveloppe des édifices, mais par des entreprises du secteur de l'électricité, de la construction en bois ou encore de la technique du bâtiment. Les coûts salariaux, toutefois, ont été calculés en fonction des heures à effectuer et des indices de prix d'Enveloppe des édifices Suisse. Néanmoins, les chiffres restent plausibles, d'autant plus que le calcul des coûts salariaux ainsi que les heures à effectuer et les rémunérations sont à peu près similaires dans tous les secteurs.

Pour vérifier la plausibilité en ce qui concerne la production et la consommation d'énergie, notamment d'électricité, et pour comparer les chiffres, nous avons utilisé les Perspectives énergétiques 2050+⁵ de la Confédération, notamment les chiffres de la variante ZERO base.

Les Perspectives énergétiques 2050+ analysent, dans le scénario «zéro émission nette» (appelé «scénario ZERO»), une évolution du système énergétique qui soit compatible avec l'objectif climatique à long terme de «zéro émission nette» en 2050 tout en garantissant un approvisionnement énergétique sûr.

La Confédération a étudié plusieurs variantes de ce scénario, chacune caractérisée par un différent mélange de technologies. Les différentes voies technologiques ont été définies comme variante de base (ZERO base) et comme variantes A, B, et C (ZERO A, ZERO B et ZERO C). Pour le système de production d'électricité, d'autres variantes ont également été étudiées, sur la base de différentes hypothèses concernant le développement des énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité. A été définie comme «ZERO base» la variante qui, selon la Confédération, semble la plus avantageuse du point de vue de la rentabilité et de l'acceptation sociale tout en prenant en compte les aspects de la sécurité d'approvisionnement énergétique et une réalisation réaliste/adaptée/concrète des objectifs. Pour la réalisation des objectifs, la Confédération se réserve toutefois une certaine marge de manœuvre. Celle-ci est mise en évidence par les variantes A, B et C. ZERO A prévoit une électrification renforcée, ZERO B, une utilisation plus importante de gaz synthétiques; ZERO C attribue aux sources d'énergie liquides basées sur l'électricité et aux réseaux thermiques un poids plus important que la variante de base.⁶ La présente étude initiée par Enveloppe des édifices Suisse s'oriente sur la variante ZERO base.

1.4 Délimitation

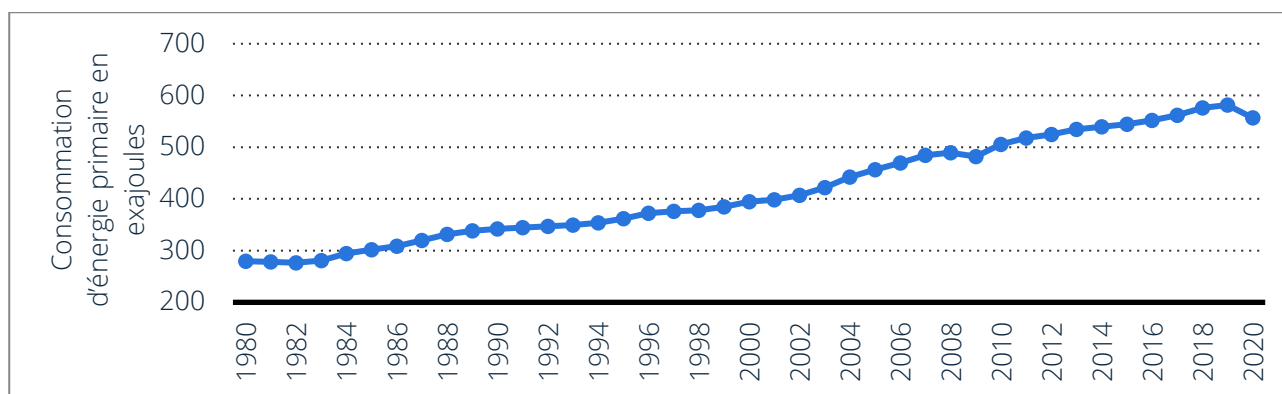
Il convient de préciser ici que la présente étude est une analyse interne d'Enveloppe des édifices Suisse. Elle ne prétend pas à l'exhaustivité empirique. Elle se contente de fournir une indication sur la manière dont certains secteurs pourraient évoluer à l'avenir. Comme indiqué plus haut, les données disponibles ne sont pas toujours suffisantes, ce qui nous a amenés à émettre des hypothèses.

2 Besoins énergétiques et consommation

2.1 La consommation énergétique mondiale

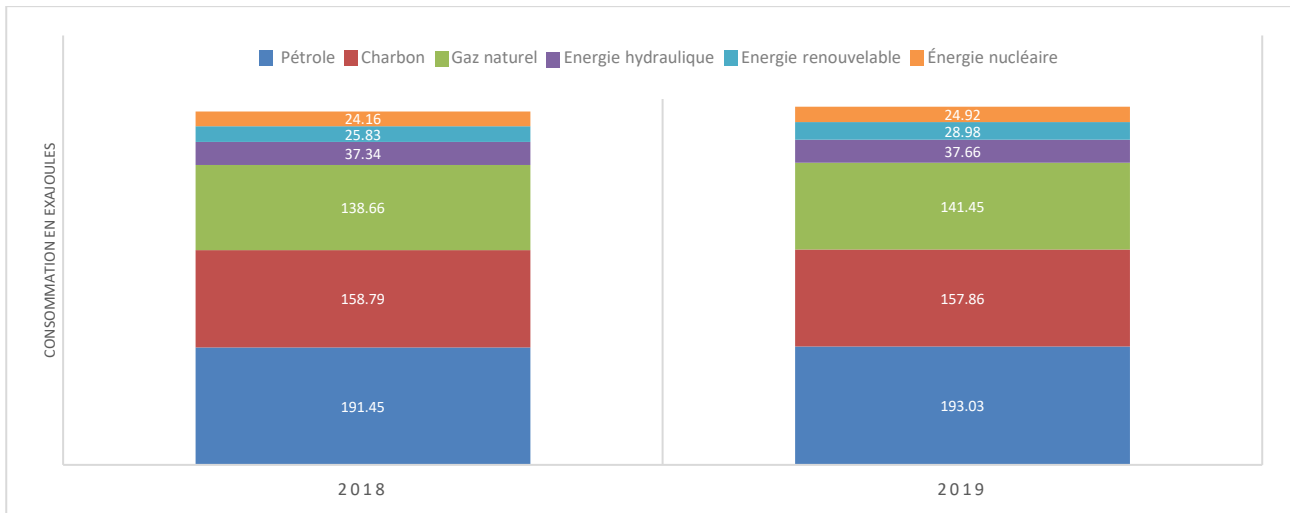
Indépendamment du secteur, du lieu et de l'activité d'une entreprise, la durabilité est devenue un thème central de notre époque. L'augmentation de la population mondiale, l'allongement de l'espérance de vie, la numérisation et la prospérité croissantes ainsi que la mobilité des personnes qui en découle dans toutes les régions du monde ne sont que quelques-uns des moteurs de l'augmentation des besoins en énergie et en ressources.

La consommation mondiale d'énergie primaire, c'est-à-dire la consommation d'énergies n'ayant pas encore subi de transformation ou de traitement technique, ne cesse donc d'augmenter.⁷ En 2019, la consommation mondiale d'énergie primaire s'élevait à environ 583,90 exajoules. En 2010, en revanche, elle n'était que de 506,02 exajoules. Si l'on considère l'évolution sur une période plus longue, par exemple de 1980 à 2019, la consommation mondiale d'énergie a même doublé de 1980 (279,46 exajoules) à 2019. L'année 2020 représente une petite exception à cette tendance. La pandémie mondiale de Covid-19 avait fait chuter la consommation d'énergie à environ 556,63 exajoules, principalement en raison de l'économie parfois fortement limitée par les confinements. Pour l'année 2021, les chiffres seront probablement similaires, sachant qu'après la pandémie, la consommation d'énergie reviendra certainement à son niveau d'avant la pandémie. Il reste toutefois à savoir quel sera l'impact à long terme des conflits armés en Ukraine sur la consommation d'énergie.



Graphique 1: consommation mondiale d'énergie primaire en exajoules | Source: British Petroleum: Statistical Review of World Energy, 2021, p. 10, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

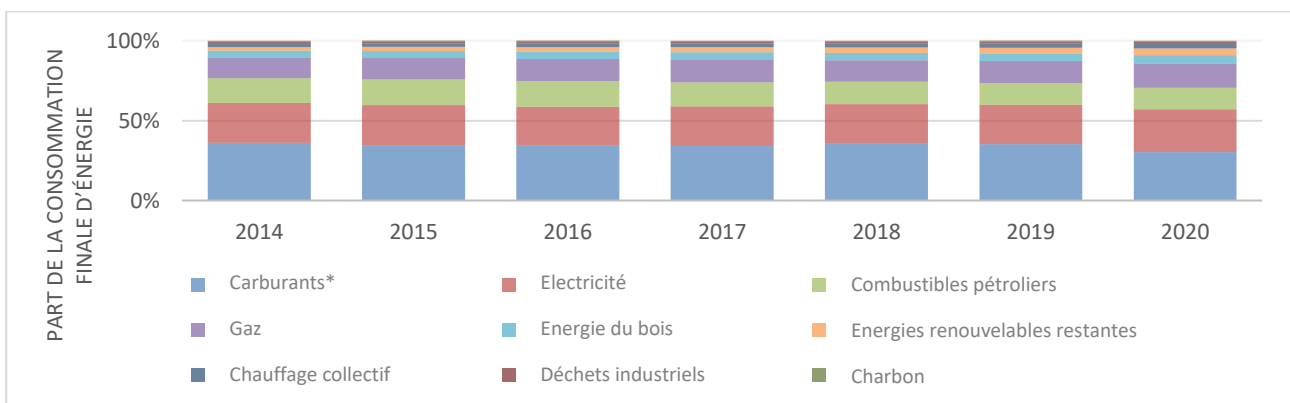
Les énergies fossiles sont toujours les sources d'énergie les plus consommées dans le monde. Le pétrole, le gaz et le charbon fournissent à eux trois plus de 84% de l'énergie nécessaire à la consommation mondiale. Aujourd'hui encore, l'énergie hydraulique, les énergies renouvelables (par exemple le solaire) ou encore l'énergie nucléaire ne représentent que la plus petite part – environ 16% – de la consommation mondiale d'énergie primaire par source d'énergie.



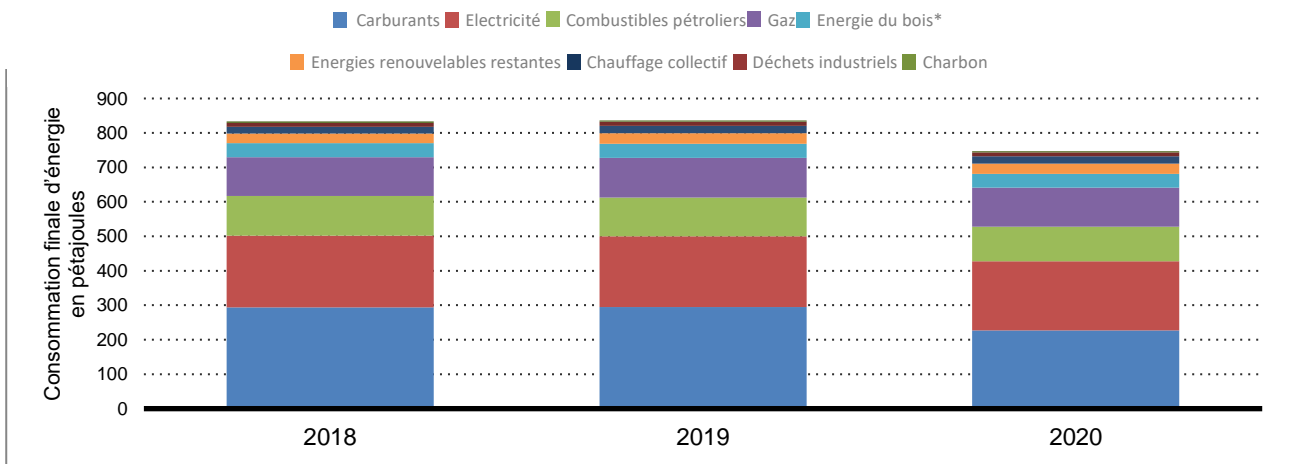
Graphique 2: consommation mondiale d'énergie primaire en exajoules 2018/19 | Source: British Petroleum: Statistical Review of World Energy, 2021, p. 9, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

2.2 Consommation d'énergie de la Suisse

En Suisse, la représentation graphique est similaire. Dans notre pays, les énergies fossiles représentent toujours la plus grande part de la consommation d'énergie finale totale. Les produits pétroliers (combustibles pétroliers et carburants), avec 43,8% (2019: 48,7%), et le gaz, avec 15,1% (2019: 13,8%), constituent ensemble l'unité la plus grande, alors que l'électricité, avec environ 26,8% (2019: 24,7%) arrive en deuxième position. Le reste, 14,3% (2019: 12,8%), est une mosaïque de charbon, de bois, de chauffage collectif, de déchets industriels et d'autres énergies renouvelables, le bois étant le plus grand pourvoyeur au sein de ce groupe avec environ 11 TWh. Si l'on compare 2020 aux années précédentes, on constate toutefois que les combustibles fossiles ont diminué en 2020. Les explications de ce phénomène seront discutées plus loin, mais la probabilité que la pandémie de Covid-19 y ait contribué ne peut être écartée. Les plus gros consommateurs d'énergie étaient surtout les transports avec 32,8% (2019: 37,7%), suivis par les ménages privés avec une part de 29,3% (2019: 27,2%), et l'industrie avec 19,5% (2019: 18%) et les services avec 17,3% (2019: 16,1%).⁸



Graphique 3: parts de la consommation finale d'énergie | Source: Statistique globale suisse de l'énergie 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-lenergie.html/>

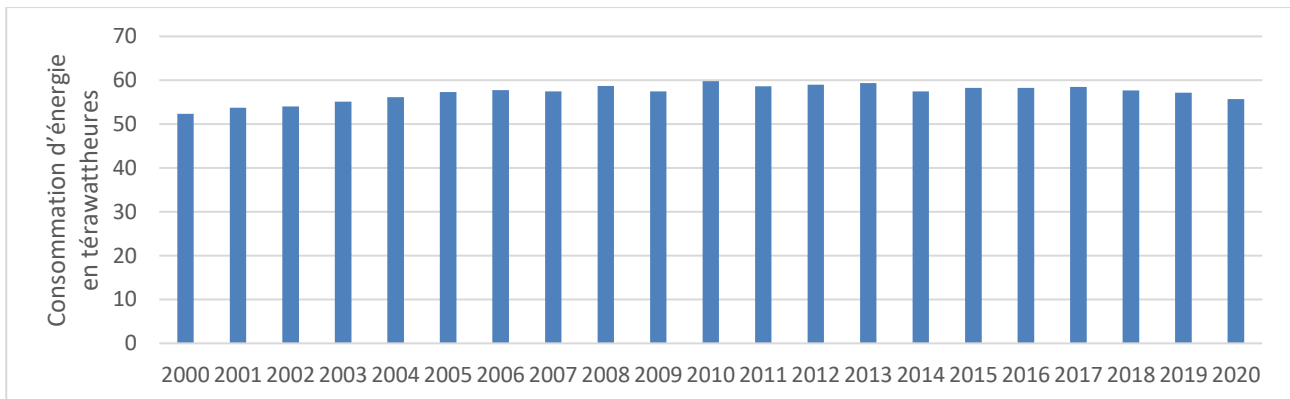


Graphique 4: consommation finale d'énergie en pétajoules 2018/19/20 | Source: Statistique globale suisse de l'énergie 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html/>

2.3 Consommation d'énergie en Suisse

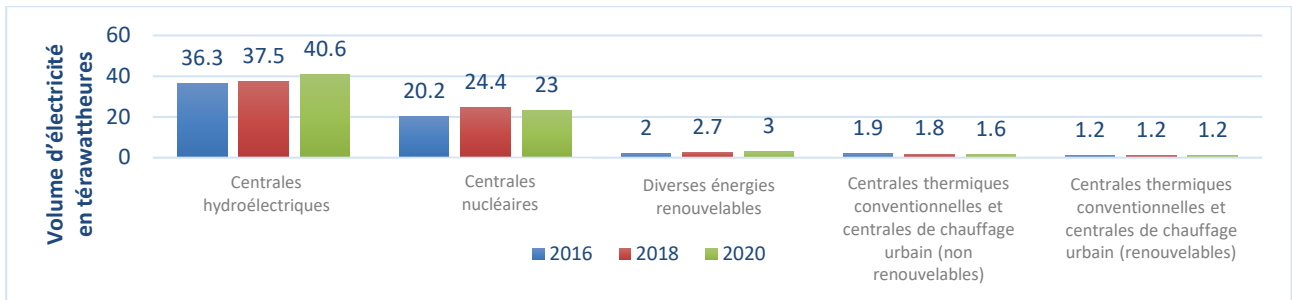
2.3.1 Besoins suisses en électricité par an

Le nombre de térawattheures consommés chaque année en Suisse est resté très stable au cours des 20 dernières années. De 2000 à 2020, la consommation finale d'électricité n'a varié que légèrement entre 50 et 60 TWh. Ainsi, la consommation s'élevait à environ 52,3 TWh en 2000, en 2020, à 55,7 TWh (voir graphique Consommation finale en pétajoules: électricité 200,6 pétajoules = 55,7 TWh). Il convient toutefois de noter que les 55,7 TWh ne correspondent pas à la consommation totale, mais à l'électricité consommée par le consommateur final. En 2020, la consommation totale d'énergie, y compris les pompes dans les centrales de pompage-turbinage, les besoins propres des centrales électriques et les pertes dans l'ensemble du réseau électrique, s'élevait à environ 62,4 TWh.⁹



Graphique 5: consommation finale d'énergie en Suisse | Source: Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 24, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

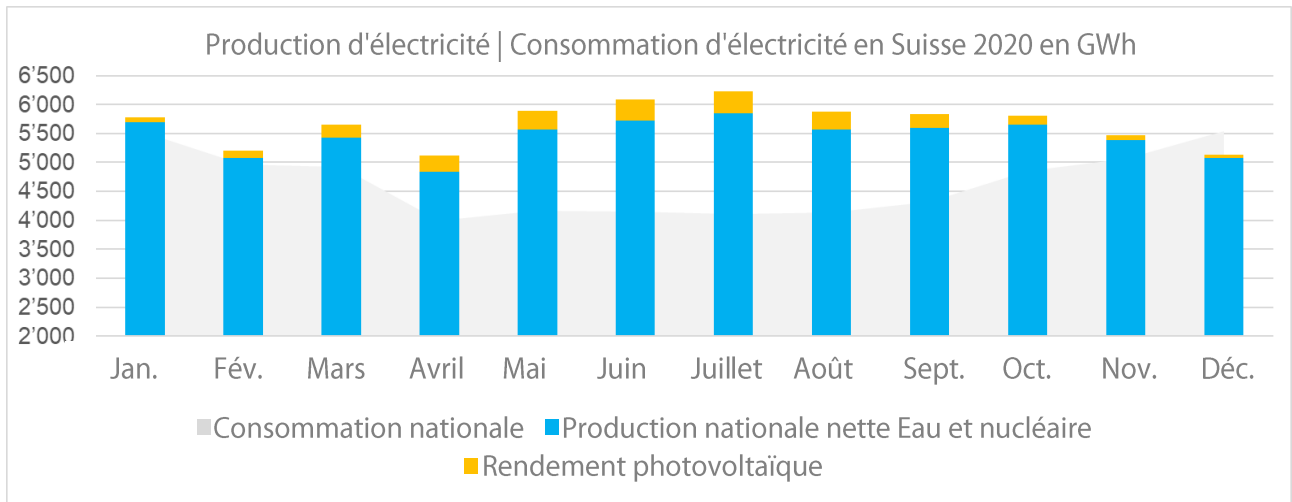
Mais le volume d'électricité effectivement produit en Suisse était un peu plus élevé. En 2020, environ 69,4 TWh d'électricité ont été produits en Suisse. La majeure partie provenait de l'énergie hydraulique et de l'énergie nucléaire, alors qu'une petite partie avait été produite à partir d'énergies renouvelables. Il est toutefois clair qu'à l'avenir, les énergies renouvelables joueront un rôle plus important, d'autant plus que l'énergie nucléaire en Suisse est en voie de disparition alors qu'en même temps, l'achat d'électricité va augmenter en raison de la réduction des combustibles fossiles.



Graphique 6: Bouquet d'électricité Suisse | Source: Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

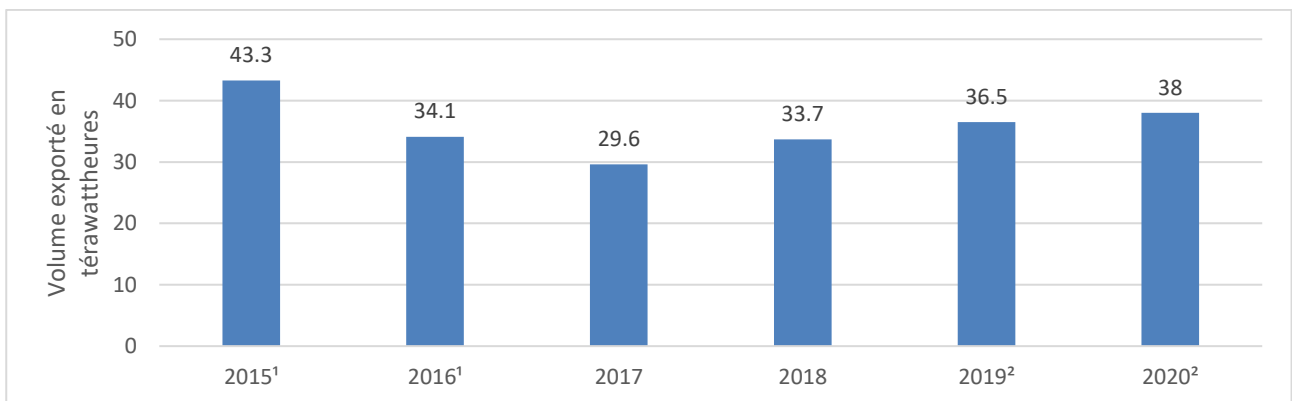
2.3.2 Consommation suisse d'électricité en fonction du mois

L'électricité achetée en Suisse n'est pas consommée de manière régulière au cours de l'année, ce qui est compréhensible. D'octobre à mars 2022, la consommation nationale mensuelle d'électricité était en moyenne de 5,1 TWh. Pendant les mois de printemps et d'été, en revanche, elle se situait autour de 4,1 TWh. Actuellement, il est possible de couvrir la totalité de la consommation d'électricité avec la production hydroélectrique et nucléaire. Si l'on considère les chiffres de 2020, on constate que c'est surtout de mars à novembre que l'on a produit plus d'électricité que nécessaire.



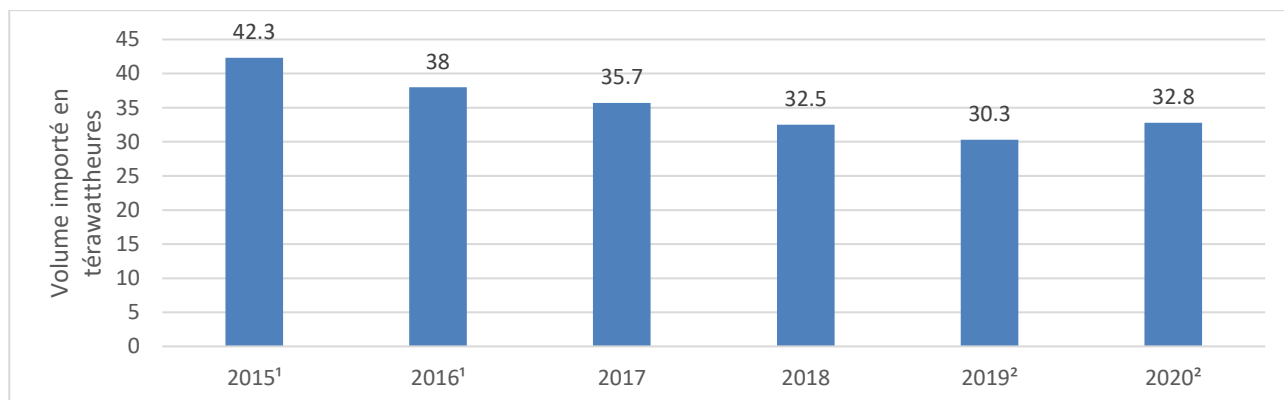
Graphique 7: production électrique et consommation électrique Suisse 2020 | Source: Enveloppe des édifices Suisse 2020-1

Actuellement, il n'y a donc pas encore de problème en ce qui concerne les besoins en électricité. Tout au long de l'année, la production d'électricité est actuellement supérieure à la consommation. En conséquence, la Suisse est actuellement un pays exportateur d'électricité.



Graphique 7: exportation d'électricité Suisse | Source: EZV (swissimpex), version: 1.4.2021/Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 36, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

De prime abord, la représentation graphique correspondant au volume d'électricité de 38 TWh exporté de Suisse peut prêter à confusion. Comme nous l'avons dit plus haut (point 2.3.1.), la production d'électricité en 2020 s'élevait au total à 69,4 TWh. La consommation quant à elle était d'environ 55,7 TWh, et 38 TWh d'électricité ont été exportés. Cela a été possible uniquement parce que la Suisse importe aussi de l'électricité. En 2020, environ 32,8 TWh.



Graphique 8: Importation d'électricité Suisse | Source: EZV (swissimpex), version: 1.4.2021/Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 36, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

Le volume total disponible d'énergie issue de l'électricité en 2020 s'élève donc à 69,4 plus 32,8 TWh. Volume dont il faut déduire la consommation totale effective de 62,4 TWh plus l'énergie exportée de 38 TWh. Restent quelques pertes (1,8 TWh) dues au transport de l'électricité.

2.4 Quelles sources d'énergie seront supprimées à l'avenir?

2.4.1 Énergie nucléaire

En 2020, l'énergie nucléaire représentait environ 32,9% du bouquet électrique total, c'est-à-dire de l'ensemble de l'électricité produite en Suisse.¹⁰ A l'heure actuelle, le Suisse n'exploite plus que quatre centrales nucléaires. La cinquième, Mühleberg, a été déconnectée du réseau en 2019. Les quatre autres, Beznau 1 et Beznau 2, Leibstadt et Gösgen sont encore exploitées actuellement. Il n'est toutefois pas prévu de les remplacer après leur mise hors service. En 2020, les quatre centrales nucléaires ont produit ensemble une puissance totale d'électricité de 22 991 GWh (23 TWh).¹¹ Il convient toutefois de noter que ces 23 TWh n'ont pas été entièrement consommés dans les bâtiments suisses. Seuls 19,9% du bouquet d'électricité effectif provenaient de la production nucléaire.¹² La production des centrales nucléaires dans l'ensemble du bouquet d'électricité est évidemment nécessaire jusqu'à présent, puisqu'on vend de l'électricité nucléaire dans le cadre de l'importation et de l'exportation d'électricité alors qu'on achète de l'énergie éolienne de l'autre côté du pays. En Suisse toutefois, les centrales nucléaires touchent à leur fin. Il est prévu de déconnecter Beznau 1 du réseau en 2029 et Beznau 2 en 2032. A partir de 2032, cela fera donc un total de 5956 GWh en moins. Avec Gösgen, dont la déconnexion est prévue en 2039, cela fera encore 7708 GWh en moins, et avec Leibstadt, qui sera vraisemblablement exploitée jusqu'en 2044, cela fera à nouveau 9326 GWh en moins par an. Au total, d'ici 2044, il y aura (potentiellement du moins) environ 23 TWh d'électricité issue de l'énergie nucléaire en moins, volume qu'il s'agira bien entendu de remplacer.

2.4.2 Combustibles fossiles

Dans le cas d'une stratégie zéro émission (ZERO base selon les Perspectives énergétique 2050+), la consommation d'énergies fossiles diminuera sensiblement d'ici 2050¹³. En revanche, il est probable que tant la consommation en électricité que la consommation en chauffage collectif augmentent

considérablement. Les combustibles fossiles représentent aujourd’hui environ 43,8% de la consommation totale d’énergie. Avec environ 26%, les carburants tels que le diesel et l’essence représentent la plus grande partie de la consommation totale d’énergie. 13,4% concernent le mazout, le kérosène (4,05%) et le charbon (0,48%) se partageant le reste.

Selon les Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, dans le cadre de l’approche ZERO base, on peut partir du principe que la part d’électricité dans la consommation finale totale d’énergie sera d’environ 43% (2020: 26,8%, 55,7 TWh). La consommation d’énergies renouvelables (notamment de chaleur environnante et de biomasse) devrait augmenter en même temps, ce qui entraînera à long terme une pénétration renforcée des énergies basées sur l’électricité (PtX). En général, on peut toutefois partir du principe (dans le cadre du scénario ZERO base) qu’à long terme, la consommation finale d’énergie diminuera dans tous les secteurs par rapport à l’année 2000. La diminution devrait être particulièrement évidente dans le secteur des transports. De 2019 à 2050, elle devrait représenter plus de 40% et découler principalement de la pénétration des véhicules électriques et de l’efficacité accrue des moteurs électriques. Outre la pénétration des véhicules électriques, la consommation finale d’énergie baisserait aussi en raison des mesures d’efficacité dans le secteur du bâtiment, des procédés, des installations et des équipements. Selon les Perspectives énergétiques 2050+, les gains d’efficacité sont essentiels pour le système global, puisqu’ils permettent de contenir l’augmentation de la consommation d’électricité et de biomasse. Concernant la sécurité d’approvisionnement du secteur de l’électricité et le respect des limites potentielles de l’utilisation de la biomasse, cet aspect est d’une importance capitale.¹⁴ Dans le cadre de l’approche ZERO base, la Confédération part donc du principe qu’en 2050, les sources d’énergie citées ci-dessous seront les sources d’énergie principales et couvriront la consommation totale d’énergie d’environ 523 pétajoules, soit 145,2 TWh (2019 = 210 TWh).

Sources d’énergie	Parts en TWh 2050
Chauffage collectif	11,4 (41 PJ)
Electricité	63,3 (228 PJ)
Bois	6,7 (24 PJ)
Energies renouvelables restantes	41,7 (150 PJ)
PtX	15,5 (56 PJ)
Gaz naturel	1,7 (6,0 PJ)
Ordures ménagères et déchets industriels/pétrole	5 (18 PJ)
Total	145,3 TWh (523 PJ)

Il est toutefois important de mentionner dans ce contexte que le chiffre de 145,43 TWh se réfère à l’énergie consommée et non à toute l’énergie nécessaire, y compris pour la production.¹⁵

2.5 Besoins énergétiques futurs

2.5.1 Informations générales

Dans le cadre du modèle ZERO base, les Perspectives énergétiques 2050+ partent du principe que les besoins énergétiques passeront d'environ 757 pétajoules (210,3 TWh) en 2019 (2020: 708 pétajoules = 196,7 TWh) à environ 523 pétajoules (145,3 TWh) en 2050.¹⁶ Alors que la consommation des sources d'énergie, notamment fossiles, doit tendre vers zéro, la consommation d'électricité passera de 55,7 TWh aujourd'hui à 63,3 TWh.

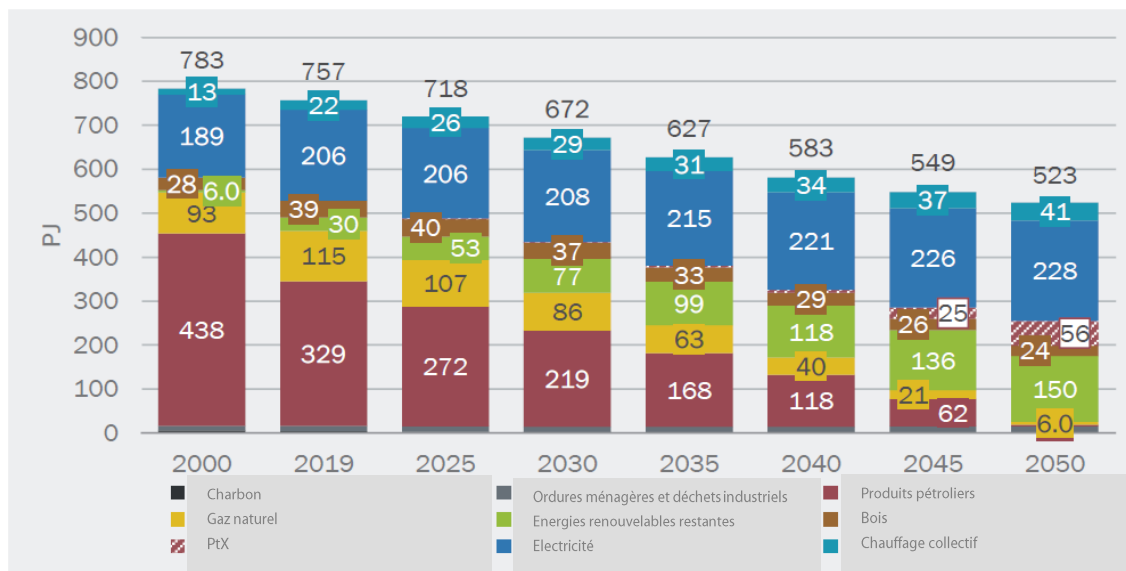


Image 1: évolution de la consommation d'énergie | Source: KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 35

Comme le montre bien le graphique, la consommation d'énergie devrait toutefois diminuer. Les Perspectives énergétiques 2050+ expliquent cette situation comme suit:

à long terme, les véhicules électriques présentent un coût total inférieur aux véhicules avec moteurs (fossiles) classiques. En raison des prix élevés des énergies basées sur l'électricité (p. ex. l'hydrogène), même à long terme, le paysage routier sera donc dominé principalement par des véhicules électriques à batterie. A cela s'ajoutera, dans certains domaines d'application du secteur des transports (p. ex. le transport de marchandises lourdes), l'utilisation de l'hydrogène basé sur l'électricité dans des véhicules à pile à combustible. Les pompes à chaleur sont efficaces, n'émettent pas d'émissions de gaz à effet de serre (directes) et les coûts d'investissement diminueront considérablement au fil du temps. De ce fait, les pompes à chaleur jouent un rôle essentiel dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment. En outre, les potentiels d'énergie renouvelable fixes et locaux donneront pour leur part lieu au développement des réseaux thermiques et donc à une augmentation de l'utilisation du chauffage urbain et collectif pour la fourniture de chaleur et d'eau chaude.

Actuellement, la plus grande partie de l'énergie est utilisée pour le chauffage, le chauffage des locaux (45 TWh) et la mobilité (36 TWh). Entre 2019 et 2050, l'augmentation de l'efficacité énergétique par le biais de la modernisation des bâtiments et du passage aux pompes à chaleur et aux véhicules électriques devraient réduire considérablement la consommation d'énergie pour le chauffage des locaux et la mobilité: chauffage moins 30%, mobilité moins 44%. Indépendamment de cela, dans le cadre de l'approche ZERO base, mais aussi en 2050, c'est pour ces deux usages que l'on consommera le plus d'énergie. La consommation pour l'éclairage est celle qui aura diminué le plus (moins 60% pour atteindre 2,7 TWh). Entre 2019 et 2050, seule une légère baisse observée dans les I&C, les médias de divertissement

(moins 5% pour atteindre 3,7TWh) et dans les secteurs de la climatisation, de la ventilation et de la technique de bâtiment (moins 10%).¹⁷

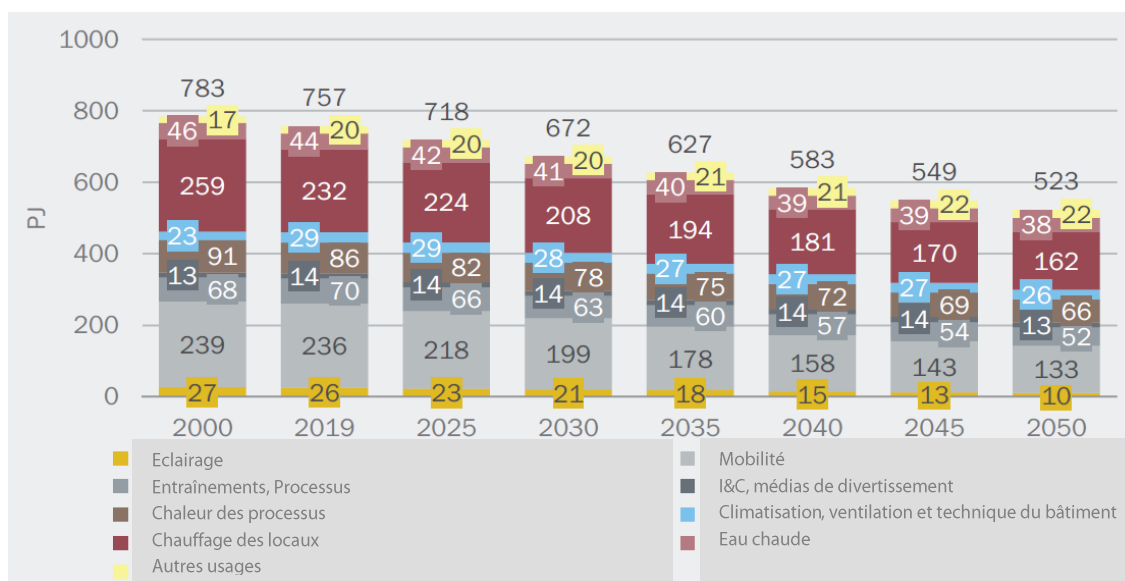


Image 2: évolution de la consommation d'énergie par finalité | Source: KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 37

2.5.2 Besoins énergétiques Mobilité et Chauffage des locaux

Comme nous l'avons décrit, l'approche ZERO base de la Confédération part du principe qu'en 2050, tout comme aujourd'hui, la plus grande partie de l'énergie devra être consacrée au chauffage des locaux et à la mobilité (81 TWh au total). Pour pouvoir couvrir les besoins énergétiques de la mobilité (notamment de la mobilité électrique), il faut de l'électricité. Le chauffage des locaux requiert des systèmes de chauffage alternatifs ainsi que la modernisation des bâtiments, telle qu'elle est prévue, d'ailleurs, dans l'approche ZERO base. Ci-dessous, Enveloppe des édifices Suisse a fait ses propres calculs pour les deux grands domaines de besoins énergétiques. Les calculs sont basés sur les valeurs de consommation actuelles et sur des hypothèses. Ces dernières supposent, d'une part, l'électrification totale de la mobilité individuelle (voir également à ce sujet l'interdiction des moteurs à combustion d'ici 2035)¹⁸ et d'autre part, le remplacement des systèmes de chauffage fossiles par des pompes à chaleur ou des chauffages à granulés.

2.5.3 Besoins énergétiques Mobilité

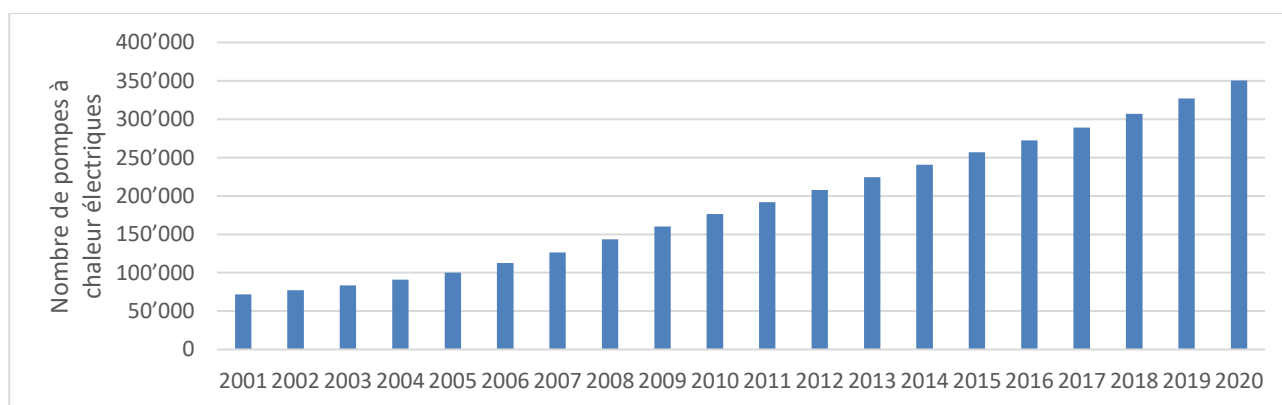
Selon les prévisions (voir 2.5.1), la plus grande partie de l'énergie continuera d'être consacrée au chauffage des locaux et à la mobilité. Cependant, on observe ici un déplacement clair des combustibles fossiles vers les sources d'énergie basées sur l'électricité. En 2020, les ventes d'essence s'élevaient à environ 2,06 millions de tonnes et les ventes de diesel à 2,7 millions de tonnes.¹⁹ Au total, la consommation de diesel et d'essence s'élevait à 196 térajoules, ce qui correspond à environ 54 TWh. Pour 100 kilomètres parcourus par un véhicule, cela correspond à une consommation moyenne d'énergie de 56,7 kWh, soit 0,567 kWh par kilomètre. Si l'on extrapole la consommation par kilomètre au total des 544 TWh consommés, on obtient une moyenne d'environ 15 500 kilomètres parcourus par véhicule (6 197 745 véhicules hors véhicules électriques, mais avec les véhicules hybrides, y compris les véhicules agricoles et les motos).²⁰ Sur les quelque 6,2 millions de véhicules, environ 4,65 millions de voitures particulières et environ 770 000 motos circulent sur les routes suisses.²¹

Si l'on considère maintenant la même quantité de véhicules, mais en version électrique (y compris les véhicules agricoles, les motos et les véhicules hybrides), le même nombre de kilomètres (au total 96 milliards de kilomètres/15 500 par véhicule) nécessiterait non 54 TWh d'énergie, mais moins de la moitié, soit 20,6 TWh seulement.²² Les Perspectives 2050+ de la Confédération prévoient que d'ici 2050, la

consommation d'énergie dans les transports sera électrifiée (ZERO base). Cela signifie, d'une part, que même si l'efficacité énergétique des véhicules électriques s'améliore, il faudra plus d'électricité (de courant) pour les charger. Mais à long terme, il faudra moins d'énergie (fossile) au total. Si l'on se concentre, pour commencer, sur la situation des voitures particulières et des motos, on constate qu'au cours des dix dernières années, 58 000 véhicules²³ ont été immatriculés chaque année. Les raisons à cela sont multiples. Il est certain que l'immigration d'environ 80 000 personnes par an en Suisse joue aussi un rôle dans cette situation. Si l'on part du principe que cette tendance se maintient et que le parc suisse de voitures particulières n'augmente «que» de 25 000 véhicules par an, on atteint en 2050 un total de plus de 6,15 millions de voitures particulières et de motos. Toutes électriques, conformément à l'objectif «zéro émission nette». Si l'on suppose en outre que ces 6,15 millions de voitures particulières et motos continuent de parcourir 15 000 kilomètres par an, cela donnerait, avec les besoins actuels en kWh (0,21 kWh par kilomètre), environ 3,25 GWh par véhicule, soit environ 20 000 GWh pour l'ensemble des 6,15 millions de voitures particulières. Ce calcul ne prend pas en compte tous les autres véhicules tels que les véhicules agricoles ou les camions. Pour alimenter toutes les voitures particulières et motos en électricité, il faudra donc à la Suisse, en 2050, environ la quantité d'électricité produite aujourd'hui encore par les quatre centrales nucléaires restantes (environ 23 TWh). Dans ce contexte, il n'a pas été tenu compte du fait que les besoins en électricité par kilomètre parcouru baisseront vraisemblablement d'ici 2050. Il n'a pas non plus été tenu compte du fait que, d'ici 2050, les voitures particulières et motos ne fonctionneront vraisemblablement pas toutes sur batterie, même s'il est prévu d'interdire les moteurs à combustion. En outre, certaines voitures particulières fonctionneront aux carburants synthétiques ou avec une pile à combustible. Toutefois, cet aspect a été pris en compte dans la présente étude dans la mesure où l'on peut supposer que le nombre de voitures particulières n'augmentera pas de seulement 25 000 véhicules par an, mais plutôt davantage, en fonction de l'immigration, de la croissance économique et de la prospérité. En outre, la production d'hydrogène nécessitera de l'électricité à son tour, ce qui doit également être pris en compte dans ce contexte. Sur la base de cette hypothèse, Enveloppe des édifices Suisse estime que la consommation d'électricité augmentera au moins de 20 TWh.

2.5.4 Besoins énergétiques Chauffage

Les pompes à chaleur sont de plus en plus appréciées comme chauffage et doivent, selon les Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, remplacer au moins partiellement les chauffages au mazout existants. En 2020, la Suisse comptait plus de 350 380 pompes à chaleur (1990 à 2020) en service.



Graphique 9: nombre de pompes à chaleur électriques Suisse | Source: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, p. 51, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Le nombre de pompes à chaleur ne cesse d'augmenter et continuera d'augmenter dans la perspective d'un abandon des combustibles fossiles, d'autant plus que les chauffages au mazout devraient également être abandonnés à l'avenir. La situation mondiale actuelle a déjà efficacement renforcé cette tendance. Les pénuries de pétrole et de gaz qui ont sévi en 2022 en raison de la guerre en Ukraine ont entraîné une véritable ruée sur les pompes à chaleur.

Mais, s'il est vrai qu'une pompe à chaleur ne brûle pas de gaz ou de pétrole pour chauffer, il lui faut toutefois de l'électricité. La quantité d'électricité dont elle a besoin dépend de la chaleur qu'elle doit fournir, ce qui dépend à son tour de la perméabilité énergétique du bâtiment. L'installation d'une pompe à chaleur dans un bâtiment qui a une mauvaise valeur énergétique remplace certes un chauffage à mazout ou à gaz, mais celle-ci consommera énormément d'électricité pour pouvoir fournir la chaleur nécessaire. Pour montrer les différentes économies énergétiques pouvant être réalisées sur les bâtiments, Enveloppe des édifices Suisse a élaboré ce qu'elle a appelé la Voie royale e+²⁴. Pour la présente analyse, nous nous basons toutefois sur quatre variantes de modernisation afin de présenter et de distinguer clairement les différentes mesures à prendre sur l'enveloppe des édifices. A l'aide de ces quatre variantes, il est possible de démontrer individuellement l'efficacité du bâtiment selon la nature de la modernisation.

Variante un: remplacement du chauffage au mazout/au gaz par une pompe à chaleur

Variante deux: remplacement du chauffage (V1) et modernisation de la toiture

Variante trois: remplacement du chauffage (V1) plus modernisation de la toiture (V2) plus remplacement de la façade et des fenêtres (la modernisation des façades inclut toujours le remplacement des fenêtres)

Variante quatre: remplacement du chauffage (V1) plus modernisation de la toiture (V2) plus remplacement de la façade et des fenêtres (V3) plus remplacement du sol de la cave

Dans chacune des quatre variantes, une pompe à chaleur est installée à la place du chauffage au mazout. Dans la variante un, la pompe à chaleur nécessite environ 162 kWh²⁵ par mètre carré de surface habitable par an, dans la variante deux, 140 kWh, et dans la variante trois, environ 125 kWh. Si l'on applique la variante quatre, il reste environ 112 kWh. Pour calculer les besoins réels en électricité, ces valeurs ont été divisées par le coefficient de pondération national.²⁶ Comme il s'agit ici de l'énergie totale efficace (coefficient énergétique pondéré pour le chauffage, l'eau chaude, l'éclairage et les appareils), la part d'électricité (éclairage et appareils) a été déduite, puisque seule l'électricité nécessaire au chauffage et à l'eau chaude est utilisée. Ceci à titre d'hypothèse, car les valeurs exactes n'ont pas pu être déduites des bases de données. Comme la part d'électricité pour l'éclairage et les appareils de la variante un est inférieure à celle de la variante quatre, celle-ci a été compensée par les déductions en pourcentage. Les achats concrets d'électricité ont été mesurés pour la plausibilité au moyen d'un bâtiment de référence²⁷ qui avait déjà été soumis à une modernisation énergétique complète. Dans ce cas concret, les besoins en électricité de la pompe à chaleur s'élèvent à 11 600 kWh pour des besoins (généraux) en électricité s'élevant par ailleurs à 9000 kWh. Ensemble, ces chiffres donnent une consommation de 20 600 kWh²⁰. La pompe à chaleur représente donc une part de 56% (60% après arrondi) de la consommation électrique totale. Pour les bâtiments anciens non rénovés, les besoins en électricité de la pompe à chaleur augmentent alors que les besoins en électricité restent les mêmes, en raison des pertes de chaleurs dues à la mauvaise isolation, etc. Il a été supposé que pour la variante un, la part des besoins généraux en électricité (sans la pompe à chaleur) se situe autour de 20%.

Part d'électricité	V1	V2	V3	V4
Eclairage et appareils	20%	30%	35%	40%
Pompe à chaleur Chauffage et eau chaude	80%	70%	65%	60%

Si, d'ici 2050, tous les systèmes de chauffage fossiles (env. 900 000) étaient remplacés par des pompes à chaleur, il en résulterait les besoins en électricité indiqués ci-dessous pour toutes les pompes à chaleur en service, selon la variante.

Besoins en électricité Pompes à chaleur 2050	V1	V2	V3	V4
Besoins en électricité Pompe à chaleur en GWh	28 963	17 046	11 671	9 340
Besoins en électricité Pompe à chaleur et énergie solaire thermique en GWh	25 390	14 054	8 544	6 213

Le potentiel d'économie de la variante trois est d'environ 17 292 GWh. Les besoins en 2050 s'élèveraient donc à 11 671 GWh. De ce chiffre est déduit, lors du calcul du bilan annuel, l'augmentation de l'énergie issue du bois (taux de croissance annuel de 1%). Celle-ci correspond à la différence de 10 967 GWh (2020) et 14 781 GWh (2050), soit 3814 GWh. Dans la variante trois, les besoins supplémentaires en électricité sont donc de 7857 GWh. Sachant que le potentiel d'amélioration de l'efficacité des pompes à chaleur d'ici 2050 n'a absolument pas été pris en compte. Si chaque remplacement de chauffage s'accompagnait en outre de l'installation d'un système d'énergie solaire thermique, les besoins en électricité pourraient encore être réduits d'environ 3127 GWh.²⁸

2.5.5 Besoins énergétiques PtX

Pour produire du PtX, il faut de l'électricité. Même si le rendement du PtX est en principe bon, il faut pour le produire plus d'électricité qu'on ne peut gagner d'énergie sous forme de PtX.²⁹ Dans les Perspectives énergétiques 2050+, la Confédération part du principe qu'une grande partie du PtX serait importée. La Suisse devrait produire environ 7 pétajoules (1,94 TWh) d'ici 2050, ce qui constitue une charge supplémentaire pour la consommation en électricité. Dans ses calculs, Enveloppe des édifices Suisse part du principe que le PtX, s'il n'est pas importé, sera principalement produit en été, avec l'excédent d'électricité produit par les installations solaires. Le PtX peut, comme nous le verrons, constituer un élément important en termes de production d'énergie durable.

2.5.6 Besoins énergétiques totaux 2050

Comme nous l'avons décrit plus haut, la Confédération part du principe qu'en 2050, environ 228 pétajoules (63,2 TWh) d'électricité sortiront des prises. La consommation actuelle est de 55,7 TWh. Concrètement, cela représente une augmentation de 7,5 TWh. Pour garantir des besoins énergétiques de 63,2 TWh, il faut produire au total environ 84,8 TWh d'électricité.³⁰ Ce total de 84,8 TWh comprend déjà les besoins en électricité pour les systèmes de chauffage alternatifs tels que les pompes à chaleur et les besoins en électricité pour la mobilité électrique. Les mesures de modernisation immobilière déjà réalisées ont également été prises en compte.

Enveloppe des édifices Suisse, en revanche, part du principe que les besoins en électricité, pour le moins dans le secteur de la mobilité, seront plus importants. Selon ses propres calculs, plutôt conservateurs, et à la condition que tous les véhicules particuliers fonctionnent à l'électricité, le secteur de la mobilité consommera au moins 20 TWh par an en 2050. Les estimations d'Enveloppe des édifices Suisse concernant la consommation d'électricité des pompes à chaleur sont elles-aussi plus élevées, du moins avant la modernisation. Sans mesures de modernisation, c'est-à-dire en cas de simple remplacement du chauffage selon la variante un³¹, Enveloppe des édifices Suisse prévoit par exemple environ 25 TWh. Si l'on résume ces données et qu'on les associe aux chiffres des Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, on obtient le tableau suivant.

Il convient de noter que, pour la liste du côté des Perspectives énergétiques 2050+ ZERO base, toutes les éventuelles mesures de modernisation ont déjà été prises en compte. Dans les listes d'Enveloppe des édifices Suisse, les modernisations immobilières énergétiques sont tantôt prises en compte, tantôt exclues.

En outre, la liste d'Enveloppe des édifices Suisse a été présentée une fois avec l'utilisation de PtX pour le chauffage et la mobilité et une fois sans

Usage	ENS 2050+ Confédération (ZERO base) en TWh	Enveloppe des édifices en TWh	Enveloppe des édifices TWh Prise en compte PtX
Autres usages	5,83	5,83	5,83
Eau chaude	1,94	1,94	1,94
Chauffage des locaux	7,22	25,1*/7,85**	25,1*/7,25**
Climatisation, ventilation et technique du bâtiment	6,94	6,94	6,94
Chaleur des processus	5,27	5,27	5,27
I&C, médias de divertissement	3,61	3,61	3,61
Entraînement Processus	12,5 (avec PtX)	12,5 (avec PtX)	12,5 (avec PtX)
Mobilité	16,94	20,0	16,7
Eclairage	2,77	2,77	2,77
Ajout: mesures de modernisation pas encore prises en compte	0	17,25	17,25
Total énergie finale	63,2 TWh	83,96 TWh* (66,71**)	81,21 TWh***/(63,96 TWh****)
Electrolyse, grande PAC et CCS	7,4	7,4	7,4
Pertes	5,3	5,3	5,3
Consommation nationale totale nette	76 TWh	96,6 TWh* (79,41**)	93,91 TWh***/(76,66****)

* sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure (remplacement du chauffage uniquement)

** avec les mesures de modernisation de la variante V3 (remplacement du chauffage, enveloppe des édifices, toiture, fenêtres)

*** sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure avec utilisation du PtX pour la mobilité

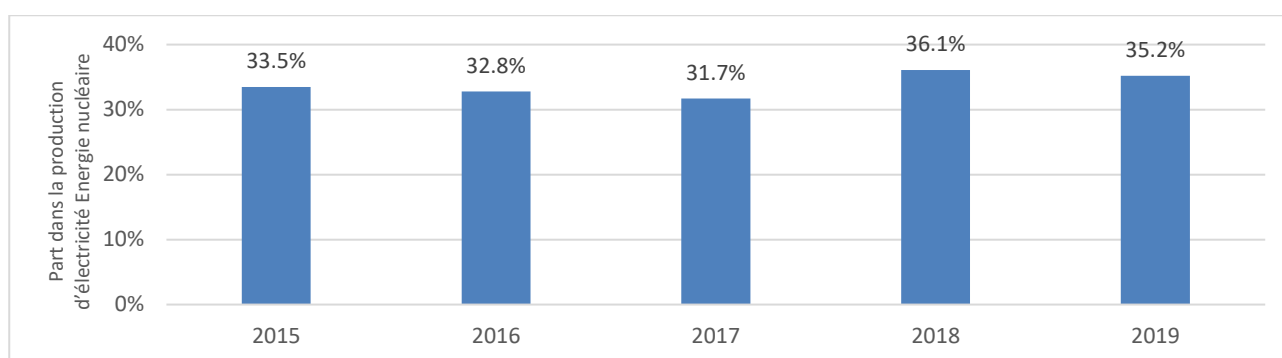
**** avec les mesures de modernisation de la variante V3 et l'utilisation du PtX pour le chauffage et la mobilité

Pour les trois variantes, la consommation nationale nette se situe entre 76 et 79,5 TWh. La différence est que la liste d'Enveloppe des édifices Suisse indique d'une part l'utilisation de PtX, d'autre part les mesures de modernisation nécessaires pour atteindre les valeurs indiquées. Pour les calculs ultérieurs de cette étude, nous utiliserons les chiffres de la variante trois avec modernisation énergétique des bâtiments sans utilisation de PtX et les chiffres de la variante trois avec utilisation de PtX.³²

3 Les sources d'énergie de l'avenir

3.1 Stratégie énergétique 2050

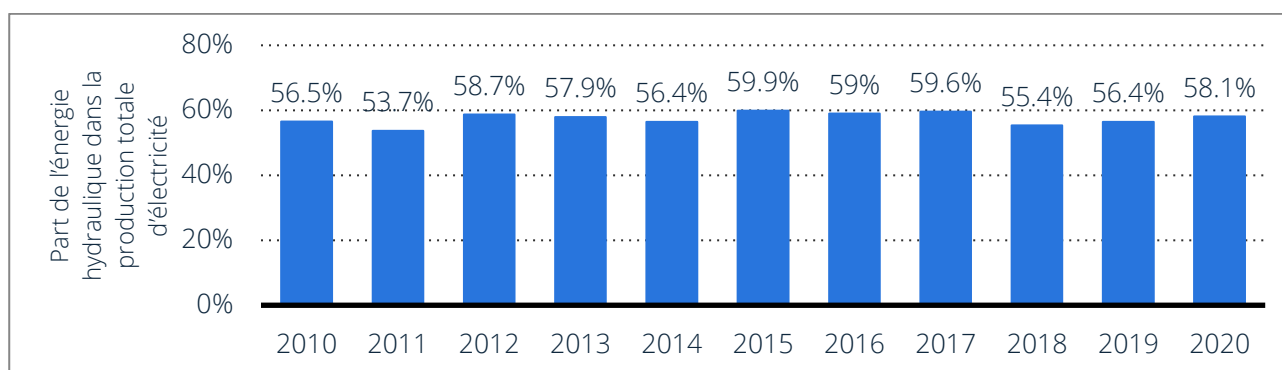
Même si, dans un futur proche, les énergies fossiles continueront de jouer un rôle, les énergies renouvelables seront très importantes à long terme. La stratégie énergétique 2050, qui prévoit d'interdire la construction de nouvelles centrales nucléaires, renforce cette supposition. Il est également prévu de fermer les centrales existantes à la fin de leur durée de vie. Mais si l'on se projette dans l'avenir, l'apparition d'éventuelles pénuries d'électricité dans ce contexte pourraient constituer un véritable défi. Car même si la consommation d'électricité a baissé, la part d'électricité produite par les centrales nucléaires a augmenté tant en 2018 qu'en 2019, et était supérieure à celle des trois années précédentes. Pour compenser la suppression de l'énergie nucléaire, la stratégie énergétique prévoit d'une part d'augmenter l'efficacité énergétique, d'autre part de poursuivre le développement des énergies renouvelables, notamment celui de l'énergie solaire.



Graphique 10: part de l'énergie solaire dans la production d'électricité Suisse | Source: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2019, S.13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

3.2 Les énergies renouvelables

Aujourd'hui déjà, les énergies renouvelables jouent un rôle important dans l'approvisionnement en énergie et en électricité de la Suisse. En 2020, leur part dans la consommation finale d'énergie était de 27,2%. Il est en outre remarquable que, depuis 2010, la part de production d'électricité résultant des énergies renouvelables a triplé.³³ L'énergie hydraulique joue un grand rôle dans cette évolution. En 2020, une grande partie de l'électricité obtenue à partir de sources d'énergie renouvelables (environ 88,5%) provenait de l'énergie hydraulique. Au total, la part d'énergie produite en Suisse à partir de l'énergie hydraulique constituait environ 58,1%, soit plus de la moitié, de la production totale d'électricité.

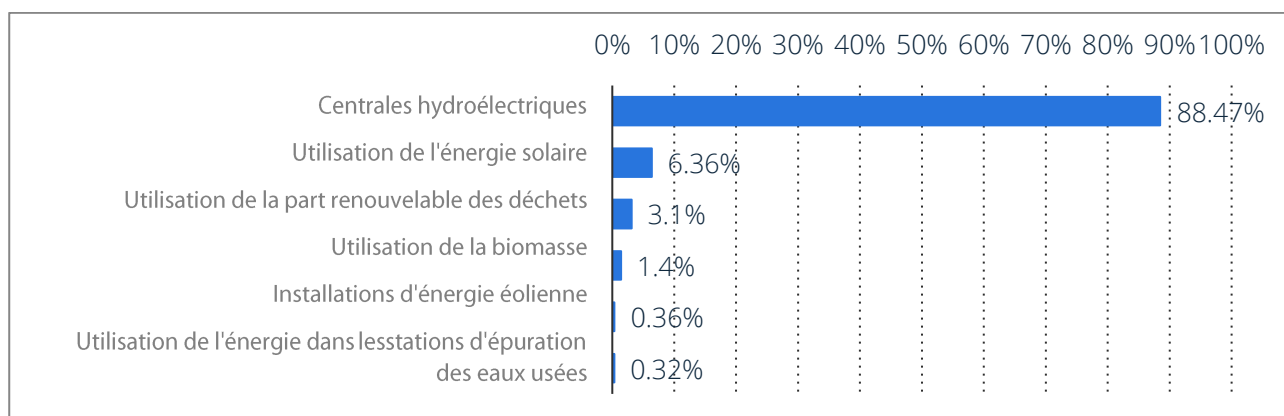


Graphique 11: part de l'énergie hydraulique dans la production d'électricité Suisse | Source: Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

A l'heure actuelle, les sources d'énergie renouvelables autres que l'énergie hydraulique ne représentent qu'une faible part de la production d'énergie en Suisse. Toutefois, de ce fait, elles présentent encore un fort potentiel de croissance. Le rendement énergétique des installations photovoltaïques suisses, par exemple,

n'a cessé d'augmenter au cours des dernières années. Le rendement énergétique des collecteurs solaires thermiques augmente également, même si la quantité de nouveaux kilowattheures installés chaque année baisse. Au total, l'Office fédéral de l'énergie estime à environ 67 TWh par an le potentiel d'énergie solaire des toitures de maisons et façades suisses et montre sur une carte interactive les biens immobiliers en Suisse qui s'y prêtent. Dans ce contexte, il est toutefois important de mentionner le fait que toutes les installations solaires ne sont pas rentables et qu'elles n'ont de ce fait pas toutes été réalisées. Aujourd'hui, du moins du point de vue d'Enveloppe des édifices Suisse, le potentiel réel n'est donc pas de 67 TWh.³⁴

Les autres énergies renouvelables mentionnées dans «Autres énergies renouvelables» sont actuellement encore peu exploitées en Suisse. En 2022, l'utilisation de la part renouvelable des déchets a généré 4563 térajoules (1,2 TWh) d'énergie. En 2020, la biomasse a permis de produire 2053 térajoules (570 GWh) d'énergie en Suisse. La production d'électricité à partir de l'énergie éolienne a certes augmenté au cours des dernières années, mais elle continue de jouer en Suisse un rôle relativement secondaire (129 GWh en 2020). Les recours et les votations populaires sont susceptibles de faire régulièrement échouer des projets de parcs éoliens réalisables; toutefois, la crise actuelle en Ukraine pourrait justement entraîner un changement d'attitude à cet égard.



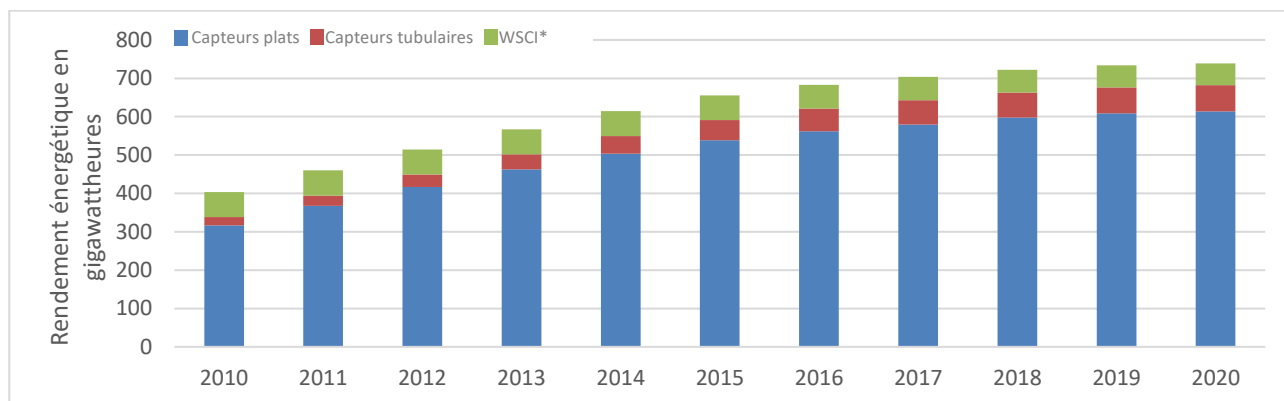
Graphique 12: part des énergies renouvelables dans la production d'électricité Suisse | Source: Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>

Alors que les possibilités de développement de l'énergie hydraulique sont quasiment épuisées,³⁵ l'énergie solaire recèle un grand potentiel. Toutefois, l'énergie solaire à elle seule ne suffira pas à couvrir l'ensemble des besoins en électricité nécessaires dans les années à venir. Un bouquet de différentes énergies renouvelables et une vaste offensive de modernisation énergétique des bâtiments seront nécessaires pour couvrir les besoins énergétiques futurs, ou pour les maintenir à un niveau bas grâce à des mesures de modernisation. Une chose est sûre: sans un développement massif de l'énergie solaire, cela sera absolument impossible.

4 Rendement énergétique du solaire

4.1 Installations solaires thermiques

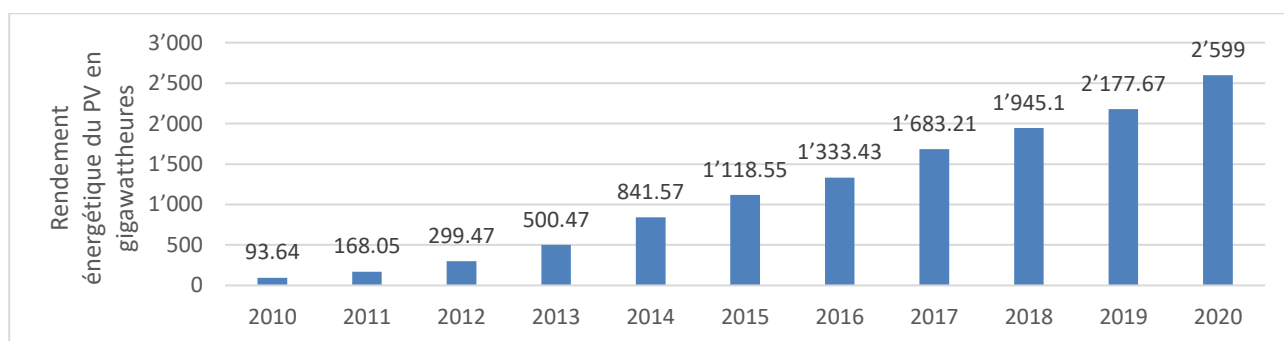
En 2020, le rendement énergétique des installations solaires thermiques a encore augmenté, bien que depuis 2019, l'augmentation n'ait été que minime, passant de 734 GWh à 739 GWh soit 4,5% à peine. Il convient toutefois de noter que, si le passage de la valeur de référence de «surface d'ouverture» à «surface brute»³⁶ donne une plus grande surface totale couverte, il fait baisser le calcul du rendement énergétique spécifique en conséquence. Une comparaison directe avec les rendements énergétiques spécifiques constants utilisés jusqu'à présent n'est pas possible.³⁷



Graphique 13: rendement énergétique Energie solaire thermique | Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf

4.2 Photovoltaïque

Le rendement énergétique obtenu jusqu'ici par les installations photovoltaïques continue d'augmenter de manière significative. Si l'on considère les dix dernières années, le rendement énergétique a été multiplié par plus de 25 entre 2010 et 2020. Si, en 2010, la production ne s'élevait encore qu'à 93,64 GWh, en 2020, elle dépassait déjà 2599 GWh. Toutefois, malgré le caractère impressionnant de ces chiffres, l'énergie solaire à elle seule ne permettra pas d'atteindre les objectifs de la Stratégie énergétique 2050 de la Confédération. S'il est certain que la fabrication d'installations photovoltaïques doit être fortement subventionnée, d'autres facteurs tels que la modernisation immobilière jouent un rôle tout aussi déterminant (cf. 2.5.6.).

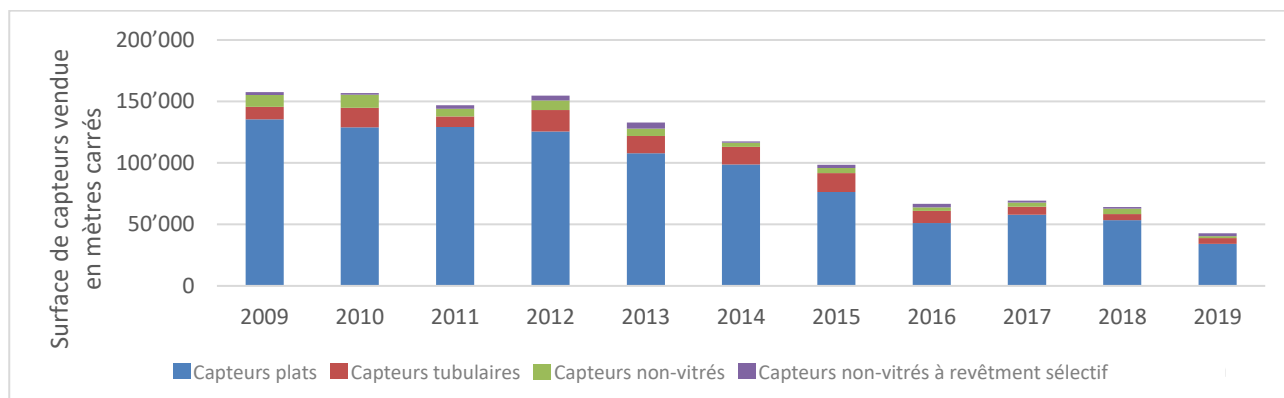


Graphique 14: rendement énergétique Photovoltaïque | Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf

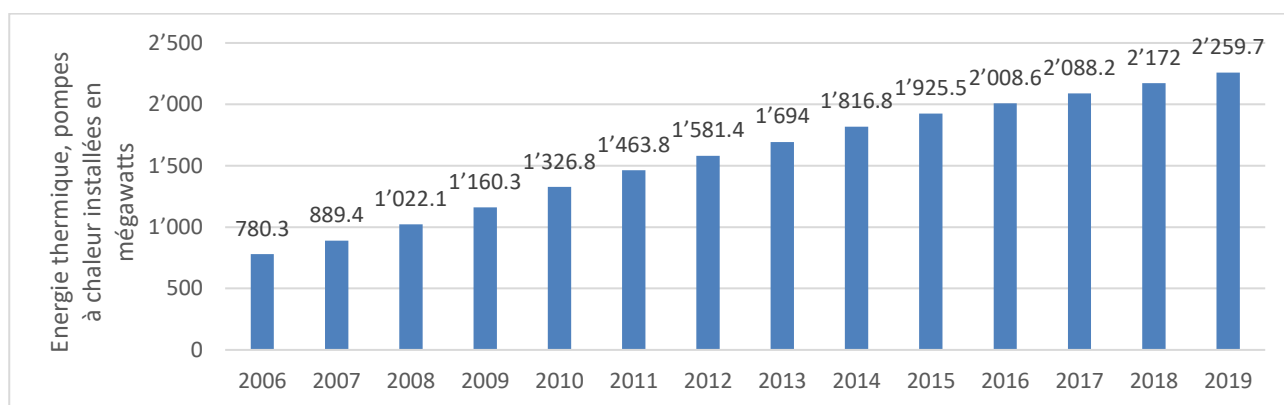
4.3 Le «trio» photovoltaïque, énergie solaire thermique et pompe à chaleur

Contrairement aux installations photovoltaïques, dont les ventes augmentent de manière exponentielle, le nombre d'installations solaires thermiques ne cesse de baisser. Après le pic atteint par les installations solaires thermiques en 2012, la puissance énergétique annuelle obtenue à partir d'installations

nouvellement installées ne cesse de diminuer d'année en année. Cela est principalement dû au fait que le plus grand concurrent de l'énergie solaire thermique, la pompe à chaleur, a gagné des parts de marché (voir point 2.5.4.), d'autant plus que cette technologie fait actuellement l'objet d'une forte publicité.³⁸



Graphique 15: surface de capteurs vendue | Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 14, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf



Graphique 16: puissance installée Pompes à chaleur | Source: SuisseEnergie, Statistiques de la géothermie en Suisse, édition 2019, p. 29, https://geothermie-schweiz.ch/wp_live/wp-content/uploads/2020/08/10154-Geothermiestatistik_Schweiz_Ausgabe_2019_final.pdf

Capteurs vendus en Suisse en mètres carrés (PV en kWp):

Vente par an	Unit é	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Capteurs plans	m2	10'623	20'816	24'277	37'472	129'026	76'275	51'150	57'774	53'429	34'294
Capteurs à tubes	m2	1'482	1'654	2'225	1'660	15'746	15'485	9'895	6'626	5'078	4'484
Sous-total capteurs vitrés	m2	12'105	22'470	26'502	39'132	144'772	91'760	61'045	64'400	58'507	38'778
Capteurs non vitrés	m2	13'795	22'435	15'463	9'480	10'806	4'112	2'906	3'478	4'290	1'637
Capteurs non vitrés, à revêtement sélectif	m2	0	0	0	1'235	1'138	2'564	2'748	1'453	1'350	2'359
Sous-total capteurs non vitrés	m2	13'795	22'435	15'463	10'715	11'944	6'676	5'654	4'931	5'640	3'996
Photovoltaïque	kWp	1'190	780	2'180	4'200	47'710	337'460	263'560	240'830	270'700	332'230

Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 14, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf

Malgré cela, Enveloppe des édifices Suisse part du principe que les installations solaires thermiques vont et doivent à nouveau gagner en importance, d'autant plus qu'elles représentent un soutien important pour les pompes à chaleur et ont un rendement élevé (jusqu'à 50%). En particulier si l'on considère le bâtiment énergétiquement efficace dans son ensemble, les systèmes solaires thermiques pourraient représenter une composante essentielle du bouquet énergétique. Associée à la modernisation du bâtiment, à l'installation photovoltaïque et à la pompe à chaleur, l'installation solaire thermique pourrait représenter

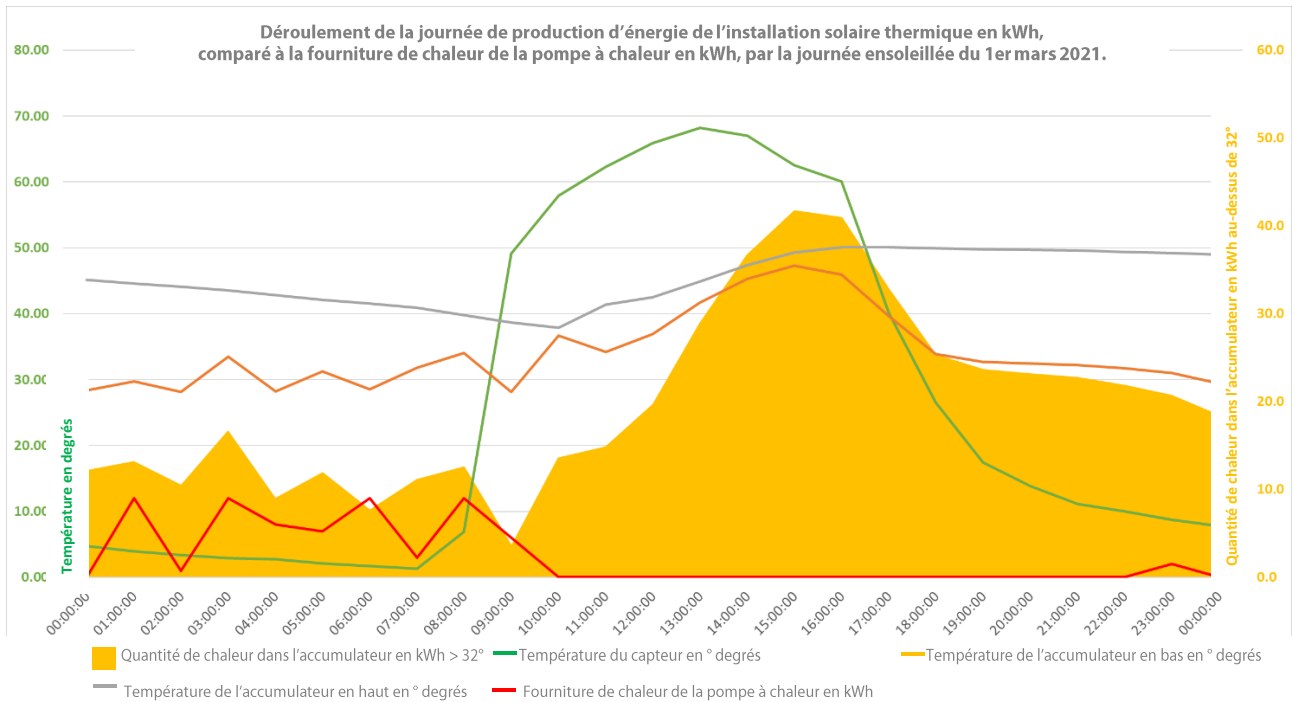
un soutien considérable pour les pompes à chaleur, surtout en ce qui concerne les économies d'électricité pour la production d'eau chaude et le chauffage d'appoint. Plus particulièrement, les travaux d'installation supplémentaires pour une installation solaire thermique en combinaison avec une pompe à chaleur ne sont pas très importants, puisque la pompe à chaleur et l'installation solaire thermique utilisent le même accumulateur tampon. Dans ce contexte, l'exemple pratique suivant sert à illustrer l'utilité d'une pompe à chaleur en combinaison avec une installation solaire thermique.

4.4 L'énergie solaire thermique en pratique

Le tableau ci-dessous montre les données de base d'une installation solaire thermique sur une maison bifamiliale sans installation photovoltaïque mais avec pompe à chaleur.

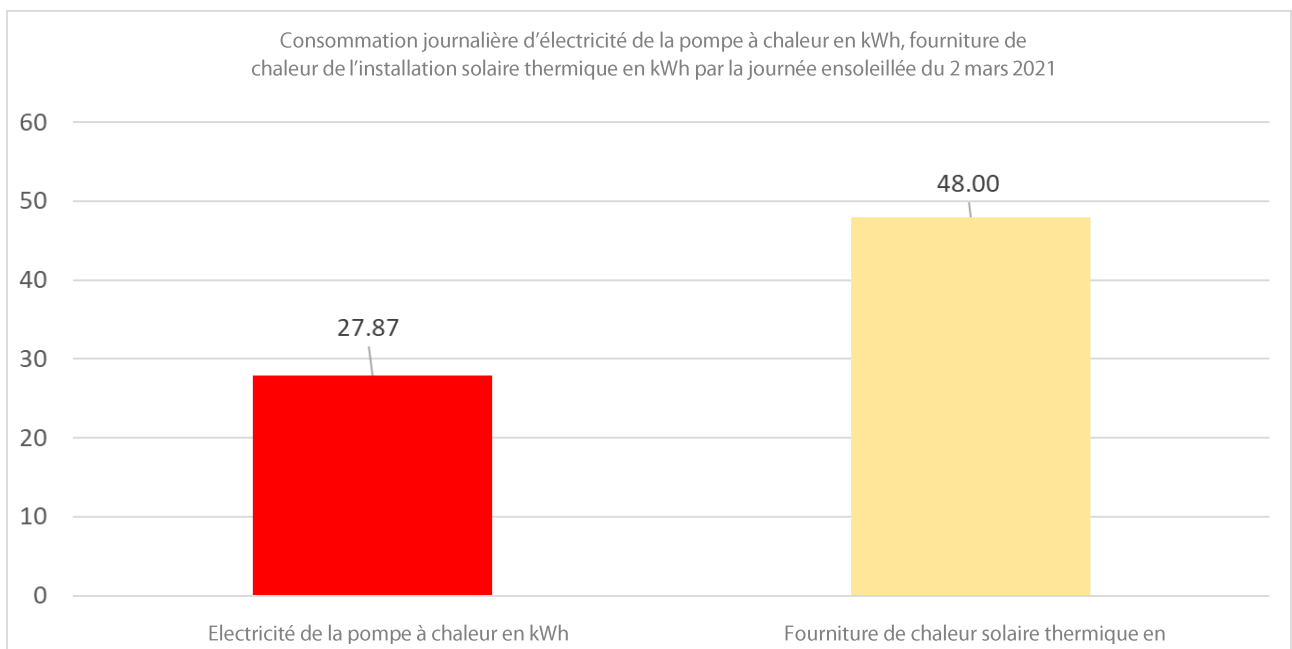
Données de base	
Date	02.03.2021
Conditions météorologiques	Ensoleillé
Lieu	8454 Buchberg, Canton de Schaffhouse
Heure	7 h 00 du matin
Température	1,3 °C/Moyenne journalière 10 °C
Surface de capteurs	20 m ²
Accumulateur mixte	2200 litres

Le graphique 17 ci-dessous montre de quelle manière, de minuit jusqu'aux premières heures du matin, la pompe à chaleur fournit l'énergie nécessaire au chauffage et à l'eau chaude de la maison et consomme de l'électricité en conséquence. Jusqu'à 10 h 30 environ, la pompe à chaleur continue de travailler, puis elle n'est plus nécessaire (graphique rouge) et la consommation d'électricité se rapproche de zéro. Au même moment ou même un peu plus tôt, vers 8 h 00, la température monte dans les capteurs solaires thermiques. A partir de 10 h 30, les besoins en énergie pour la production d'eau chaude et de chauffage sont entièrement assurés par l'installation solaire thermique; en même temps, l'accumulateur thermique (surface jaune) se remplit, de sorte que les besoins en chaleur et en énergie pour l'eau chaude sont également couverts le soir.



Graphique 17: production d'énergie Energie solaire thermique et pompe à chaleur en pratique | Source: Graphique du rapport sur l'énergie solaire thermique et les pompes à chaleur d'Enveloppe des édifices Suisse, <https://gebäudehülle.swiss/node/4629/download>

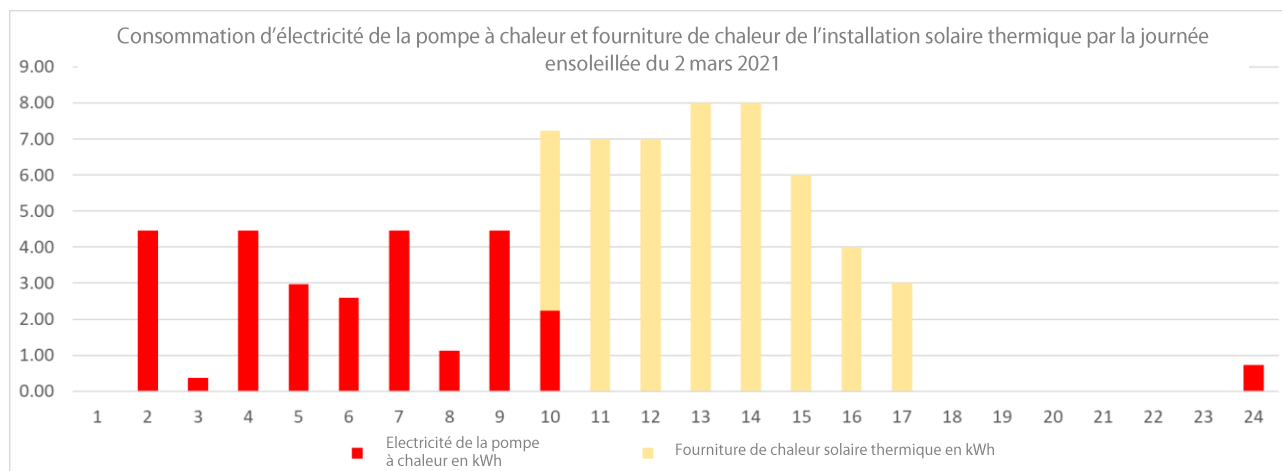
C'est en observant la consommation d'électricité de la pompe à chaleur que l'on voit le soutien précieux qu'apporte l'installation solaire thermique. Grâce à l'installation solaire thermique, la pompe à chaleur peut s'arrêter à 10 h 30, pour ne reprendre service que la nuit à minuit. Pour la journée ensoleillée de mars représentée dans le présent exemple, cela signifie concrètement que l'installation solaire thermique a fourni au total 48 kWh de chaleur.



Graphique 18: comparaison des besoins en électricité Energie solaire thermique et pompe à chaleur en pratique | Source: Grafik Bericht Solarthermie und Wärmepumpe Gebäudehülle Schweiz 2

Pour ce qui est de l'électricité, la pompe à chaleur en consomme environ 27,87 kWh ce jour-là. Pour savoir combien d'électricité l'installation solaire thermique permet d'économiser, il convient de faire les calculs suivants:

La pompe à chaleur utilisée dans le présent exemple a un CoP (Coefficient of Performance)³⁹ moyen de 2,69⁴⁰. Si l'on divise l'énergie fournie par l'installation solaire thermique, soit 48 kWh, par 2,69, on obtient 17,84 kWh. Ce jour-là, la pompe à chaleur aurait eu besoin d'environ 45,72 kWh d'électricité au total pour produire l'énergie thermique nécessaire.



Graphique 19: consommation d'électricité sur la journée, Energie solaire thermique et pompe à chaleur en pratique | Source: Grafik Bericht Solarthermie und Wärmepumpe Gebäudehülle Schweiz 3

L'installation solaire thermique installée permet donc de réduire la consommation d'électricité de 17,84 kWh. Si l'on considère qu'en Suisse, environ 900 000 bâtiments résidentiels ont encore un système de chauffage fossile, on se rend compte qu'il existe encore un potentiel très important.

En Suisse, la moyenne d'ensoleillement en 2021 était d'environ 1861 heures.⁴¹ Cela donne, pour une durée moyenne du jour de 9 heures en janvier et de 16 heures en juin, $(9 + 16) / 2 = 12,5$ arrondi), une moyenne de 12,5 heures d'ensoleillement.⁴² Pour simplifier, nous parlerons ici de 10 heures en moyenne pour calculer le rendement solaire. Pour 1862 heures d'ensoleillement par an, cela fait environ 186 jours pendant lesquels le soleil peut effectivement fournir de l'énergie pour l'installation solaire thermique. Une installation solaire thermique permettrait donc d'économiser environ 3300 kWh d'électricité $(186 \times 17,84 = 3318 \text{ kWh})$. Extrapolé à l'ensemble des 900 000 bâtiments résidentiels encore chauffés à l'énergie fossile, cela équivaldrait à une économie d'environ 3000 GWh par an.

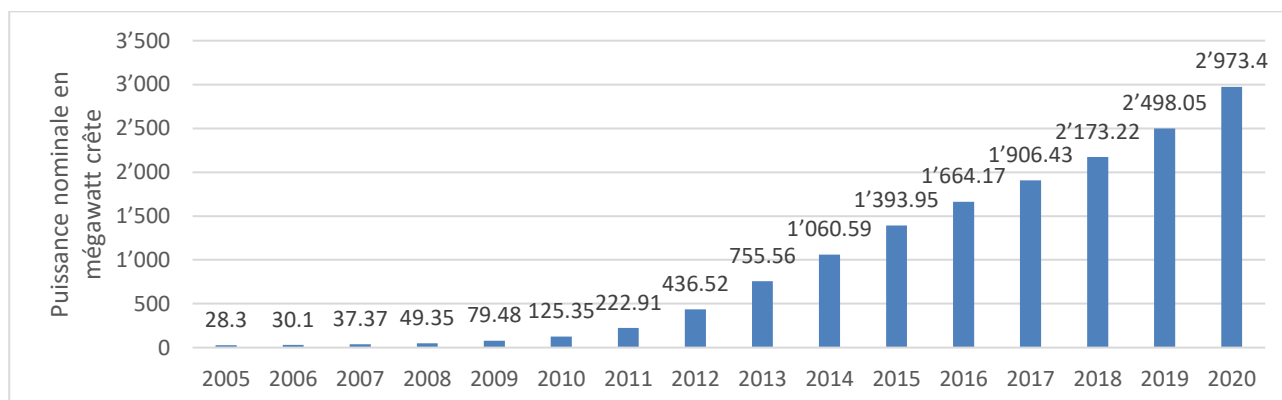
5 Avenir de la production d'électricité

5.1 Activités législatives

En fixant des objectifs contraignants de consommation et de développement dans la Loi sur l'énergie (LEne), la Confédération veut envoyer un signal clair quant à l'ampleur des adaptations nécessaires dans le système énergétique suisse. Il s'agit d'une contribution importante au renforcement de la sécurité de planification des investisseuses et investisseurs. Adapté à la variante «zéro émission nette» des Perspectives énergétiques 2050+ et avec un développement de la production d'électricité renouvelable selon la variante stratégique «Bilan annuel équilibré 2050», le projet de la Loi fédérale de 2021 relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables fixe un objectif de développement clair. Il est vrai que la loi a été rejetée par l'électorat, mais elle reste intéressante comme guide pour le développement de l'électricité issue de sources d'énergie renouvelables, d'autant plus que les futurs projets de loi ne feront guère de restrictions à cet égard. L'objectif de production annuelle à partir d'énergies renouvelables prévu pour l'année 2035 était de 17 TWh (jusqu'ici: 11,4 TWh). Avec 14 TWh (environ 80% de la valeur totale visée), le photovoltaïque devrait apporter la plus grande contribution. L'objectif de développement de l'électricité issue d'énergies renouvelables en 2050 devrait être fixé par la loi à une production annuelle de 39 TWh (contre 24,2 TWh actuellement).⁴³

5.2 Potentiel solaire

Si l'on compare les chiffres cités plus haut au nombre de modules solaires actuellement installés chaque année, on constate qu'il existe encore un grand potentiel de développement. En 2020, 2599 TWh⁴⁴ d'énergie ont été produit par le photovoltaïque. (Attention: cela ne correspond pas au potentiel installé de 2973 TWh.) Cela représente une part d'environ 1,44% de la consommation d'électricité en Suisse.⁴⁵ Un kilowatt-crête (kWc) correspond à environ sept mètres carrés de surface de modules photovoltaïques et à une capacité de production d'environ 1000 kWh d'électricité solaire par an. Bien entendu, le résultat dépend toujours des heures d'ensoleillement et de l'orientation de l'installation. Cependant, si l'on considère que sept mètres carrés d'installation photovoltaïque peuvent produire environ 1 kWc, cela signifie que les 2599 TWh installés en 2020 représentent environ 21 millions de mètres carrés de modules PV installés (au total), contre 198 000 mètres carrés environ (au total) il y a 15 ans.⁴⁶



Graphique 20: puissance installée Photovoltaïque | Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 10, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf

Un grand potentiel est attribué à l'avenir aux installations photovoltaïques, d'autant que dans son message, le Conseil fédéral part du principe que la production d'énergie issue d'installations photovoltaïques représentera environ 80% des énergies renouvelables (hors énergie hydraulique). D'ici 2035, cela équivaut, selon la Loi sur l'énergie révisée de 2021, à une production annuelle minimale de 14 TWh à partir du photovoltaïque. En 2050, la production totale d'électricité issue d'énergies renouvelables (hors énergie hydraulique) devrait même atteindre 39 TWh.⁴⁷ Si l'on s'en tient à l'hypothèse

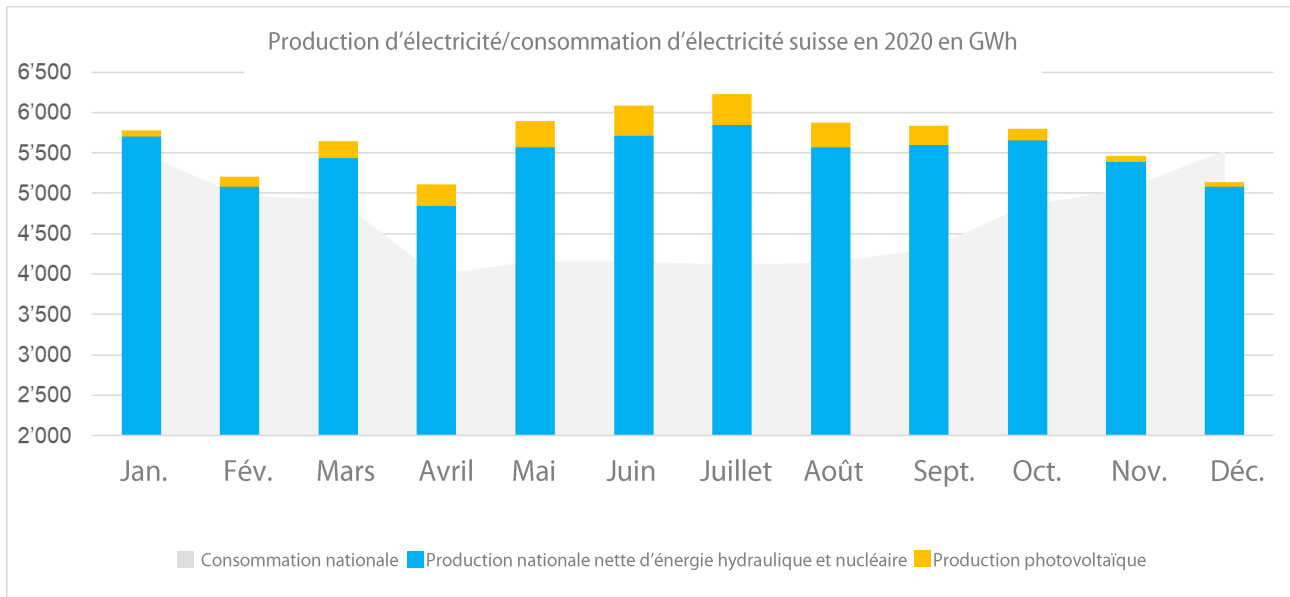
que le photovoltaïque continuera de représenter la plus grande part (environ 80% comme en 2035), cela correspondrait à une production totale supplémentaire d'environ 28 TWh (au total 31,2 TWh) par rapport à 2020.⁴⁸ Exprimé en mètres carrés, cela signifierait que d'ici 2050, il faudrait avoir installé environ 230 millions de mètres carrés d'installations photovoltaïques supplémentaires.⁴⁹ L'OFEN estime même que d'ici 2050 (scénario ZERO base), jusqu'à 34 TWh seraient produits à partir de l'énergie solaire, ce qui correspondrait à 87% de la production d'électricité issue d'énergies renouvelables (hors énergie hydraulique).⁵⁰ Il est cependant important de mentionner ici que l'Office fédéral de l'énergie estime que le potentiel de production total des installations photovoltaïques sur toitures peut atteindre jusqu'à 50 TWh par an. Le calcul est donc effectué, selon le projet de la LEnE de 2021, sur la base d'une production d'énergie issue d'installations solaires multipliée par deux. A l'inverse, certaines voix critiques prévoient un potentiel nettement plus faible pour la production d'énergie à partir du solaire. Certaines études estiment que le potentiel se situe seulement autour de 16,3 à 24,6 TWh par an. Une étude actuelle de la ZHAW datant de janvier 2021 se base de son côté sur un potentiel allant, selon le rendement du module, de 38,3 TWh (rendement du module de 17%) à 45,6 TWh (rendement du module de 20%). Dans le cas de l'étude de la ZHAW par rapport aux calculs de l'OFEN, la raison de ces grandes différences réside dans le fait que la ZHAW a retenu, pour le rendement des modules, des chiffres plus bas que l'OFEN.⁵¹ Pour la présente étude, nous nous sommes basés sur les chiffres de la Stratégie énergétique 2050 ou du projet de la LEnE révisée de 2021, d'autant plus que l'achat d'électricité ou la production nécessaire à cet effet sont déterminants.

Indépendamment des différents calculs de potentiel, les chiffres sont impressionnants. Et ce, surtout si l'on considère les autres facteurs à prendre en compte et les autres prestations à fournir. Car pour installer la quantité correspondante de modules solaires, il faut, en plus des surfaces de façades et de toitures, du personnel et du matériel. En outre, la question se pose de savoir si l'énergie solaire a, à elle seule, le potentiel pour assurer la transition énergétique. Ceci surtout dans la perspective de la sortie de l'énergie nucléaire et de l'augmentation de la consommation d'électricité d'ici 2050. Comme le présente la Confédération dans les Perspectives énergétiques 2050+ (voir aussi point 2.5.1),⁵² il sera impératif de prendre des mesures supplémentaires, par exemple la modernisation des bâtiments anciens.

Le potentiel de production d'énergie à partir d'installations solaires dépend directement de la surface pouvant être utilisée pour les installations solaires. Pour l'instant, on utilise surtout les toitures pour les installations solaires, alors que les façades présentent un potentiel tout aussi précieux. Si l'on se base sur les chiffres de l'Office fédéral de l'énergie, environ 67 TWh de surfaces totales utilisables (toitures et façades) sont disponibles. D'autres chiffres prévoient un potentiel nettement inférieur. L'objectif souhaité de 34 TWh d'ici 2050 pourra toutefois être atteint avec les surfaces de toiture et de façades existantes. En particulier, si l'on considère que le rendement des modules PV continuera d'augmenter au cours des prochaines années et qu'il faudra donc moins de surface pour produire la même quantité d'électricité. Indépendamment de cela, toutes les surfaces possibles ne sont pas forcément exploitables pour le solaire.

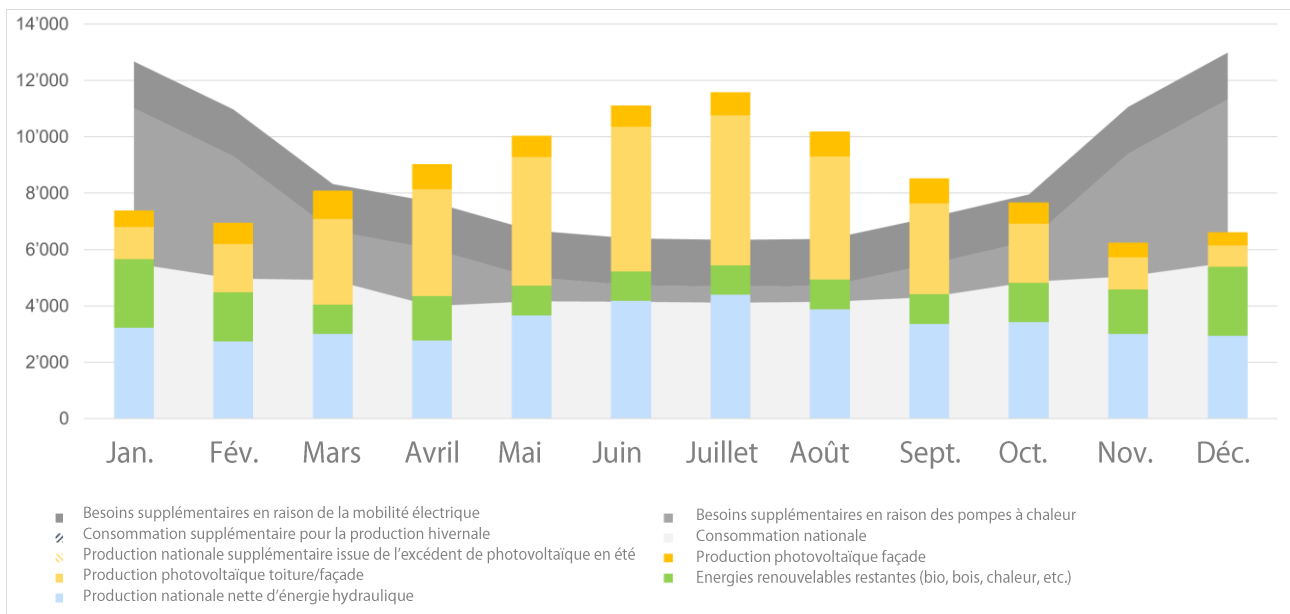
5.3 Problématique de l'énergie solaire

En plus de l'emplacement pas toujours optimal des surfaces de toiture et des petites installations en partie non rentables, ce sont surtout les mois d'hiver qui présentent un problème pour l'énergie solaire. Pendant les mois d'hiver, l'électricité produite par les installations solaires est insuffisante pour couvrir l'ensemble des besoins, raison pour laquelle d'autres mesures (modernisation des bâtiments, p.ex.) seront impérativement nécessaires. Mais pour l'instant, la production d'électricité dépasse encore les besoins actuels en électricité. Il y a suffisamment d'électricité en hiver comme en été.



Graphique 21: production et consommation d'électricité mensuels Suisse | Source: Enveloppe des édifices Suisse

Si la production d'électricité à partir d'énergie nucléaire (23 TWh) disparaît, et si l'on peut partir du principe que la quantité d'électricité supplémentaire nécessaire pour la consommation nationale brute augmente d'environ 7,5 TWh⁵³, il faudra combler au minimum un déficit d'environ 30,5 TWh. Dans ce cas, l'énergie solaire seule ne suffira pas. En effet, même s'il y avait une augmentation annuelle linéaire de 10%, les besoins en électricité ne pourraient être entièrement couverts en hiver. Ceci, bien sûr, toujours en supposant qu'à l'avenir, tous les systèmes de chauffage fossiles existants seront remplacés par une alternative durable. En conséquence, il s'agira de prendre d'autres mesures telles que la modernisation énergétique. Le graphique 22 ci-dessous montre à quoi ressemblerait la couverture des besoins en électricité si l'extension des installations solaires augmentait de façon linéaire de 10% par an pour atteindre une production de 45 351 GWh par an (ce qui correspondrait tout de même au pronostic de l'étude de la ZHAW), mais que l'on se contentait de remplacer le chauffage par une pompe à chaleur. Dans ce graphique, on suppose pour l'instant que les systèmes de chauffage alternatifs tels que le bois ou d'autres énergies renouvelables ne changent pas.



Graphique 22: consommation et production 2050 B1 | Source: Enveloppe des édifices Suisse | Modernisation Variante 1 | Développement Photovoltaïque à 10% | Développement Energie hydraulique 0% | Systèmes de chauffage alternatifs Bois 0% | Développement Autres énergies renouvelables 0%

Comme le montre le graphique 22, seuls les mois de mars à octobre pourraient couvrir les besoins de manière satisfaisante. Pendant les autres mois, de novembre à février, les besoins en électricité ne seraient pas couverts. Pour combler ce déficit en électricité, il faut soit réduire les besoins en électricité, soit en produire davantage. En raison de l'expiration de l'accord sur l'électricité avec l'Union Européenne⁵⁴ et du fait problématique que les pays voisins ont besoin eux-mêmes de leur électricité, l'importation d'électricité n'est pas une solution adaptée. Dans ce contexte, la Confédération parle d'«assurances» telles que le recours à des centrales à gaz pour combler les déficits en électricité.⁵⁵ Cette variante n'est toutefois clairement pas à privilégier. Au contraire: continuer à miser sur les combustibles fossiles n'apporte pas au pays l'indépendance dont il a tant besoin. Il faudrait plutôt réduire les besoins énergétiques. Cela peut se faire à l'aide d'une répartition intelligente de systèmes de chauffage adaptés (aussi des alternatives aux pompes à chaleur) et d'une modernisation durable ainsi que de la pose d'installations solaires ou encore, par exemple, de petites installations éoliennes. Cela permettrait de réduire de manière drastique la nécessité d'«assurances» sous forme de centrales à gaz, d'autant plus que la guerre en cours en Ukraine montre clairement les problématiques associées aux dépendances et aux combustibles fossiles.

6 Potentiel des modernisations énergétiquement efficaces

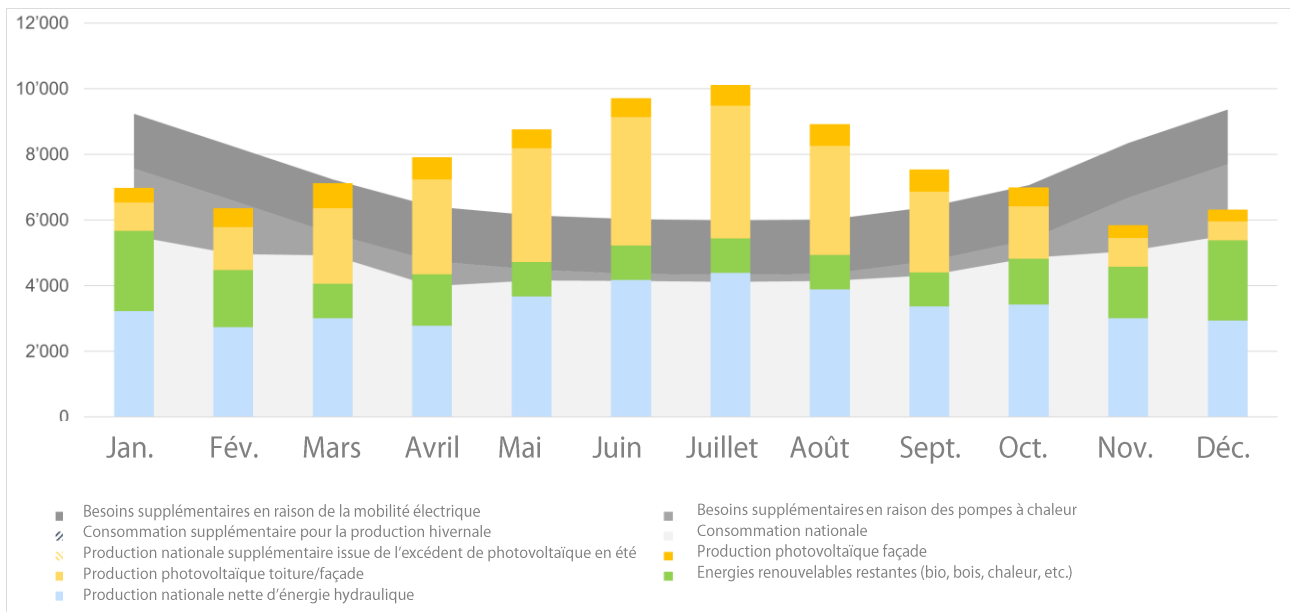
6.1 Situation de départ

Actuellement, la Suisse compte environ 1765 millions de bâtiments à usage résidentiel (maisons individuelles et immeubles d'habitation collectifs). Ceux-ci peuvent être répartis en 1 003 710 maisons individuelles, 481 382 immeubles d'habitation collectifs, 198 547 bâtiments résidentiels avec utilisation secondaire et 81 912 bâtiments à usage partiellement résidentiel. Au total, cela représente environ 4637 millions d'appartements (hors maisons individuelles). La majorité des bâtiments a été construite avant 1991 et a donc besoin d'être modernisée. La surface habitable moyenne est de 102 mètres carrés.⁵⁶ Ces informations sont importantes dans la mesure où l'on peut en déduire a) quel est le potentiel de création de valeur et b) dans quelle mesure la modernisation énergétique des bâtiments pourrait effectivement faire baisser la consommation d'énergie à l'échelle de la Suisse.

6.2 Que comprend la modernisation énergétiquement efficace?

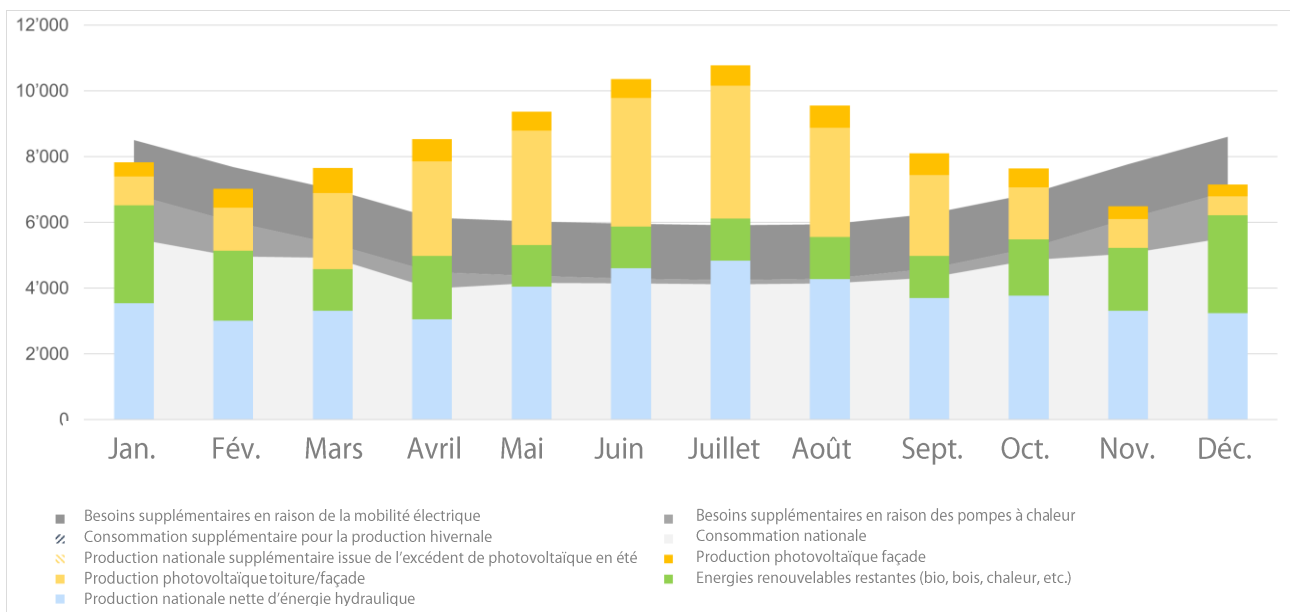
La modernisation énergétique vise à améliorer l'efficacité des bâtiments en terme de consommation d'énergie. Des rénovations ciblées ou l'amélioration de l'enveloppe des édifices (toitures, façade y compris fenêtres et cave) et le remplacement total ou partiel du système de chauffage permettent de réduire l'énergie consommée par le résident ou l'utilisateur sous forme d'électricité, de gaz ou de mazout. Comme nous l'avons déjà décrit au point 2.5.4., quatre niveaux de modernisation énergétique sont en principe possibles: la variante un comprend le remplacement du chauffage, la variante deux y ajoute la modernisation de la toiture, la variante trois ajoute à cela la modernisation de la façade et des fenêtres. La variante quatre prévoit en plus de cela la modernisation du sol de la cave. Chaque variante se base sur la précédente, l'efficacité énergétique augmentant à chaque niveau. Pour les graphiques suivants, nous avons systématiquement choisi la variante trois, car c'est celle qui, en moyenne, s'applique le mieux à l'ensemble du parc immobilier suisse. Moderniser l'ensemble du parc immobilier suisse avec la variante quatre serait certes souhaitable, mais impossible à mettre en œuvre. Pour l'augmentation des installations photovoltaïques à poser, nous avons choisi 9%, car ce pourcentage se rapproche, en termes de potentiel, des calculs moyens des études mentionnées au point 1.1 et correspond en outre aux directives initiales du législateur.

Comme le montre le graphique 23 ci-dessous, on peut constater l'effet des mesures de la modernisation énergétique à elles seules. En comparaison avec le graphique 22, on peut voir ici que la nette baisse de la consommation d'énergie est due exclusivement aux mesures de modernisation de la variante trois. Cependant, comme dans le graphique 22, ce scénario part du principe que toutes les sources d'énergie restantes telles que le bois, l'énergie hydraulique et d'autres énergies renouvelables ne changent pas, mais que le photovoltaïque, en revanche, augmente de 9% par an. Mais comme le montre le diagramme 23, même la variante trois des mesures de modernisation ne suffit pas encore pour combler entièrement la lacune énergétique. Cependant, au moins les mois de mars à octobre sont couverts.



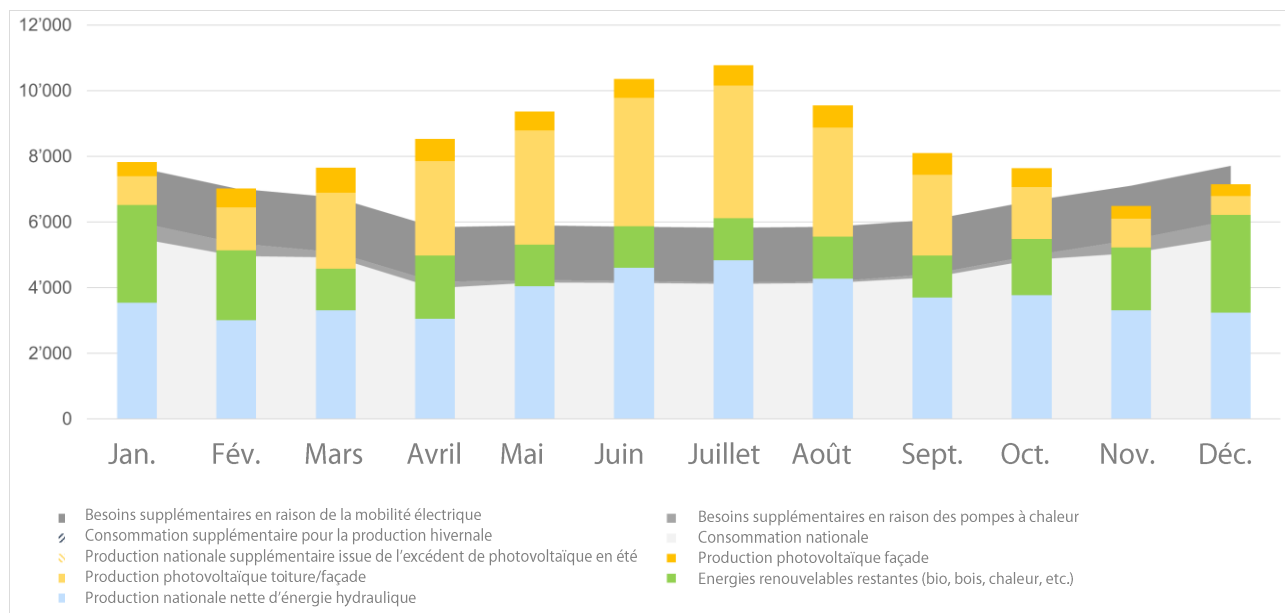
Graphique 23: consommation et production 2050 B2 | Source: Enveloppe des édifices Suisse | Modernisation Variante 3 | Développement Photovoltaïque à 9% | Développement Energie hydraulique 0% | Systèmes de chauffage alternatifs Bois 0% | Développement Autres énergies renouvelables 0%

Des mesures supplémentaires sont donc nécessaires pour réduire la consommation d'énergie (électricité), notamment en hiver. Dans ce contexte, les systèmes de chauffage alternatifs tels que les chauffages au bois ou à granulés et d'autres énergies renouvelables, ainsi que le développement de l'énergie hydraulique, peuvent être d'une grande aide. Ce calcul pourrait alors se présenter comme suit: si l'on part du principe que, d'ici 2050, les chauffages à granulés augmentent d'1% (pour atteindre au total environ 90 000 systèmes de chauffage à granulés), l'énergie hydraulique de 0,32% conformément aux prévisions de la Confédération (pour atteindre 44,7 TWh) et l'énergie restante de 0,62% (donc environ 6,5 TWh), une augmentation des installations photovoltaïques de 9% par an, sans couvrir entièrement la consommation d'énergie annuelle, permettrait toutefois, comme le montre le graphique 24, de réduire considérablement les lacunes. Dans ce cas, il ne resterait à couvrir plus que les mois de novembre à février.



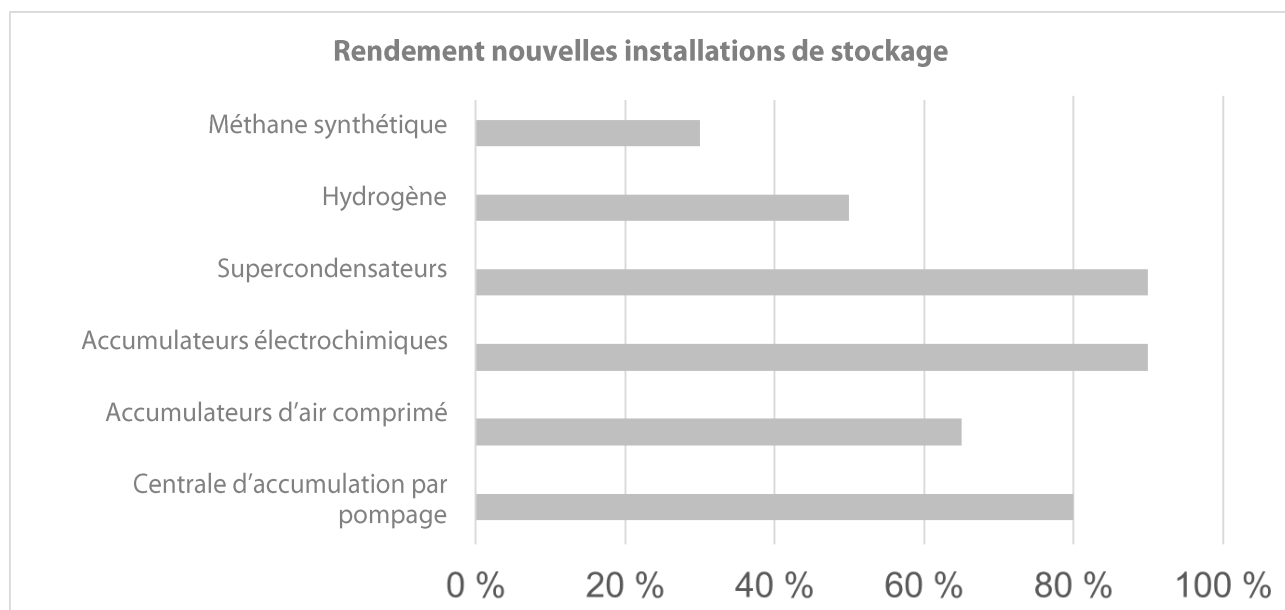
Graphique 24: consommation et production 2050 B3 | Source: Enveloppe des édifices Suisse | Modernisation Variante 3 | Développement Photovoltaïque à 9% | Développement Energie hydraulique 0,32% | Systèmes de chauffage alternatifs Bois 1% | Développement Autres énergies renouvelables 0,62%

Mais pour disposer de suffisamment d'énergie pendant les mois d'hiver, il faudrait encore réduire les besoins. Le recours aux installations solaires thermiques pourrait aider à résoudre ce problème. Accompagner chaque remplacement de chauffage de la pose d'une installation solaire thermique permettrait de réduire encore la consommation d'électricité et de quasiment couvrir l'hiver. Le graphique 25 montre que les besoins sont quasiment couverts par les économies réalisées grâce à l'installation solaire thermique.



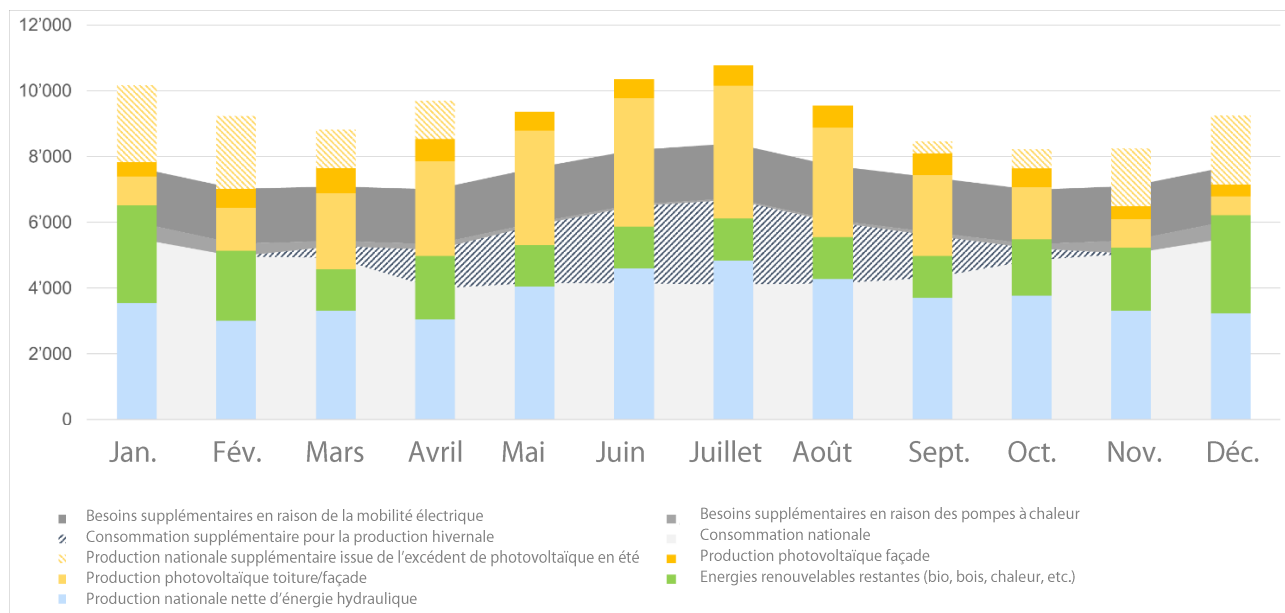
Graphique 25: consommation et production 2050 B4 | Source: Enveloppe des édifices Suisse | Modernisation Variante 3 | Développement Photovoltaïque à 9% | Développement Energie hydraulique 0,32% | Systèmes de chauffage alternatifs Bois 1% | Développement Autres énergies renouvelables 0,62% | Une installation solaire thermique est posée pour chaque chauffage remplacé.

Pour les mois d'hiver de novembre et décembre, toutefois, d'autres mesures sont encore nécessaires. Pour remédier à cette situation, il serait possible d'utiliser le surplus d'électricité produit en été par le photovoltaïque. La surproduction d'électricité en été peut être utilisée de différentes manières, mais avec une efficacité variable. Les différentes possibilités de stockage de l'énergie présentent différents niveaux d'efficacité. L'avenir montrera quelles mesures seront les plus appropriées et les plus faciles à mettre en œuvre, notamment en termes de coûts.



Graphique 26: possibilités de stockage | Source: <https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/10623>

Le recours à des installations de stockage permet de transférer la surproduction d'électricité de l'été à l'hiver. Selon le type d'accumulateur, on pourra produire à nouveau de l'électricité en hiver ou l'utiliser directement pour la mobilité électrique ou le chauffage. Si l'on stocke l'électricité produite en été à partir de l'énergie solaire, la consommation d'électricité augmente certes en été, l'excédent ne «s'évaporant» pas, mais cela permettrait de combler entièrement les lacunes d'électricité en hiver. Pour illustrer cet exemple dans le graphique 27, l'hydrogène est réparti sur les mois d'hiver, pour réduire par exemple la consommation d'électricité pour la mobilité ou le chauffage.



Graphique 27: consommation et production 2050 B5 | Source: Enveloppe des édifices Suisse | Modernisation Variante 3 | Développement Photovoltaïque à 9% | Développement Energie hydraulique 0,32% | Systèmes de chauffage alternatifs Bois 1% | Développement Autres énergies renouvelables 0,62% | Répartition de l'électricité d'été sur l'hiver sous forme d'hydrogène

En raison de leur rendement, d'autres types d'installation de stockage permettent d'obtenir des résultats encore meilleurs. Mais seul l'avenir nous dira quelles technologies de stockage ou quels bouquets de technologies s'imposeront finalement d'ici 2050.

7 Production d'électricité en 2050

Pour la transition énergétique, s'intéresser uniquement à la production d'électricité ne suffit pas. Comme nous l'avons déjà décrit à plusieurs reprises, les systèmes de chauffage alternatifs ou les mesures de modernisation sont tout aussi déterminants pour réussir la transition énergétique d'ici 2050. Toutefois, comme un grand nombre de systèmes fonctionnant aujourd'hui aux combustibles fossiles doit fonctionner à l'avenir à l'électricité, un facteur décisif est d'assurer une fourniture d'électricité cohérente et par là la sécurité d'approvisionnement.

Selon la Confédération et Enveloppe des édifices, l'électricité consommée en 2050 se présente comme indiquée dans le tableau ci-dessous. Il convient de noter que, pour la liste du côté des Perspectives énergétiques (ENS) 2050+ ZERO base, toutes les éventuelles mesures de modernisation ont déjà été prises en compte (colonne 1).⁵⁷ Du côté d'Enveloppe des édifices Suisse, les indications de consommation sont données tantôt avec les mesures de modernisation seulement, tantôt avec les mesures de modernisation plus l'utilisation de PtX ou, en alternative, avec remplissage de lacs de pompage-turbinage.

	1	2	3
Usage	ENS 2050+ Confédération (ZERO base) en TWh	Enveloppe des édifices en TWh	Enveloppe des édifices TWh Prise en compte PtX (p. ex. hydrogène)/ouvrages d'accumulation
Autres usages	5,83	5,83	5,83
Eau chaude	1,94	1,94	1,94
Chauffage des locaux	7,22 (y compris modernisation)	25,1*/7,85**	25,1*/7,25**
Climatisation, ventilation et technique du bâtiment	6,94	6,94	6,94
Chaleur des processus	5,27	5,27	5,27
I&C, médias de divertissement	3,61	3,61	3,61
Entraînement Processus	12,50 (avec PtX)	12,5 (avec PtX)	12,5 (avec PtX)
Mobilité	16,94	20,00	16,7
Eclairage	2,77	2,77	2,77
Ajout: mesures de modernisation pas encore prises en compte	0	17,25	17,25
Total énergie finale	63,2 TWh	83,96 TWh* (66,71**)	81,21 TWh***/(63,96 TWh***)
Electrolyse, grande PAC et CCS	7,4	7,4	7,4
Pertes	5,3	5,3	5,3
Consommation nationale totale nette	76 TWh	96,6 TWh* (79,41**)	93,91 TWh***/(76,66****)

* sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure (remplacement du chauffage uniquement)

** avec les mesures de modernisation de la variante V3 (remplacement du chauffage, enveloppe des édifices, toiture, fenêtres)

*** sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure avec utilisation du PtX

**** avec les mesures de modernisation de la variante V3 et utilisation du PtX

Comme on peut le voir, les quantités d'électricité nécessaires sont similaires dans les trois variantes. Dans le cas des ENS 2050+ et du calcul d'Enveloppe des édifices Suisse comprenant l'utilisation de l'excédent du solaire estival, la consommation nationale nette est très similaire, même si Enveloppe des édifices Suisse prévoit une consommation d'électricité plus importante. Cette compensation est justifiée par les mesures de modernisation, qui permettent tout de même d'économiser 17,25 TWh d'électricité. La consommation nationale nette se situe donc entre 76 et 79 TWh d'électricité pour les trois variantes.⁵⁸ Il en va de même pour la consommation nationale brute ou la production d'électricité.

En ce qui concerne la production d'électricité, la situation est fondamentalement similaire. Si l'on ne tient pas compte de la modernisation énergétique et que l'on mise principalement sur le remplacement par des pompes à chaleur, la consommation nationale brute est d'environ 105,5 TWh d'électricité.

Source d'électricité	2020	ENS 2050+ Confédération (ZERO base) en TWh	Enveloppe des édifices Suisse
Besoins en électricité	55,7 TWh	63,2 TWh	66,7 TWh**
Consommation nationale totale nette	69,4	76 TWh	79,4 TWh**/76,7 TWh ****
Plus exportation	32,8	0,3 TWh	0,3 TWh
Production nationale nette	65,4	76,3 TWh	79,7 TWh/77 TWh****
Plus consommation des pompes à accumulation	0	8,5 TWh	8,5 TWh
Production nationale totale brute	102,2 TWh	84,8 TWh	85,5 TWh**** /88,2 TWh**/105,5 TWh*
Production			
Energie nucléaire	23 TWh	0	0
Energie hydraulique	40,6 TWh	44,7	44,7
Centrales de chauffage urbain à combustible fossile	1,6	1,0	1,0
Importation	32,8	0	0
Energies renouvelables diverses			
Photovoltaïque	2,6	33,6	34,5
Energie éolienne	0,15	4,3	4,3
Biomasse	0,4	0,2	0,2
Biogaz	0,4	1,2	1,2
Stations d'épuration des eaux usées	0	0,1	0,1
Pourcentage des usines d'incinération des ordures ménagères	1,2	0,7	0,7
Géothermie	0	2,0	2,0

Verrouillage EE	0	-3,0	-3,0
Total Renouvelables	4,2	39,1	40,0
Total	102,75 TWh (hors exportation)	84,8 TWh	85,7 TWh (avec modernisation V3)
Consommation nationale brute vs production	+0,55 TWh	+4 TWh	+0,2 TWh

* sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure (remplacement du chauffage uniquement)

** avec les mesures de modernisation de la variante V3 (remplacement du chauffage, enveloppe des édifices, toiture, fenêtres)

*** sans les mesures de modernisation de la variante V3, représente la variante V1 pure avec utilisation du PtX

**** avec les mesures de modernisation de la variante V3 et utilisation du PtX

8 Ressources nécessaires

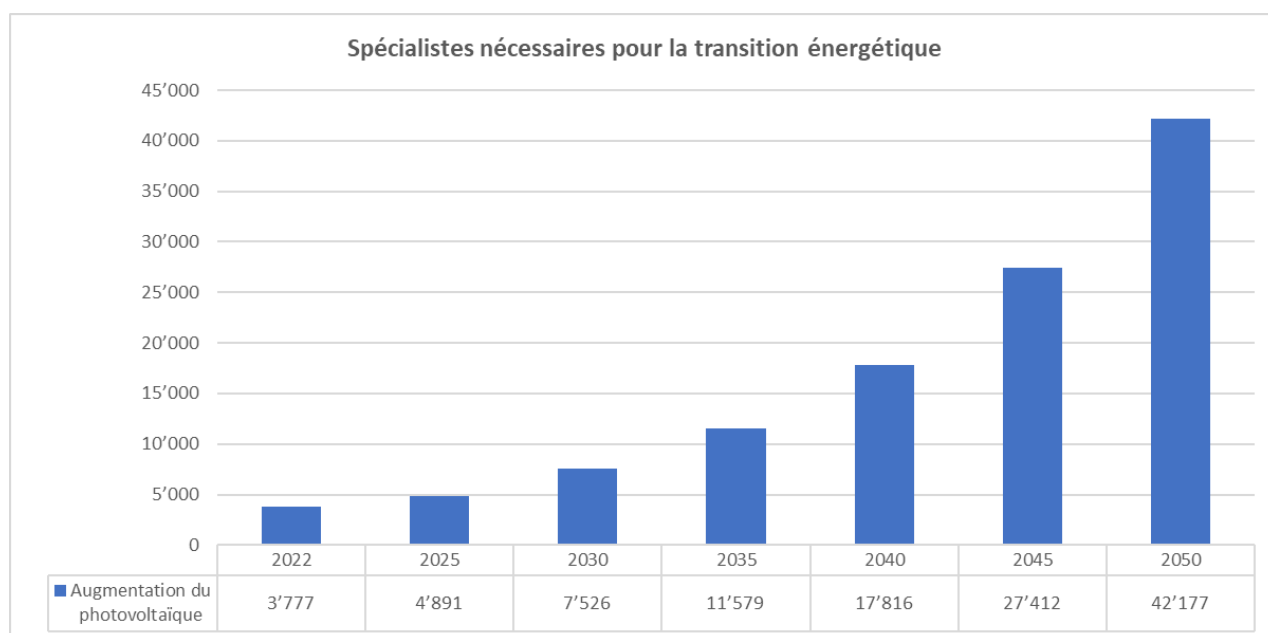
8.1 Situation actuelle

Même si les surfaces utilisables et le matériau sont disponibles, la ressource la plus importante reste à trouver. Pour pouvoir faire avancer la transition énergétique, il faut avant tout des collaborateurs bien formés. Il n'existe pour l'instant pas de statistiques actualisées sur le personnel nécessaire à la réalisation de la transition énergétique. Pour cette étude, nous nous sommes donc basés sur des données connues. Selon EKAS 44E⁵⁹, environ 8800 employés travaillent dans le secteur de l'enveloppe des édifices, 7200 dans le secteur du solaire et environ 45 000 dans le secteur de la technique du bâtiment (p.ex. plombier, sanitaire, chauffage, etc.). Il convient toutefois de noter que certains collaborateurs mentionnés dans l'un des secteurs ont également été recensés dans les autres secteurs. Pour les calculs adoptés ici, nous sommes partis du principe, au moins dans le secteur de l'enveloppe des édifices et du solaire, qu'un minimum de 80% de tous les collaborateurs ont ou auront un rapport direct avec les activités liées à la transition énergétique (modernisation énergétique et énergie solaire). Pour le secteur de la technique du bâtiment, il s'agit probablement d'environ 10% de tous les collaborateurs. Dans ce cadre, on arrive finalement à environ 17 280 collaborateurs œuvrant autour de la transition énergétique. Ne sont pris en compte qu'indirectement dans cette étude les électriciens, échafaudeurs, constructeurs de bois, personnel de vente, conseillers énergétiques, ingénieurs ou administration générale de bureau, etc., même si le rôle qu'ils jouent est, bien entendu, tout aussi déterminant. Les 17 280 collaborateurs mentionnés représentent l'effectif total actuel des collaborateurs qui travaillent en ce moment pour la «transition énergétique». Il faudrait toutefois faire la distinction entre les collaborateurs nécessaires pour faire avancer la pose d'installation PV et les collaborateurs nécessaires pour effectuer les modernisations.

8.2 Collaborateurs du secteur solaire

Pour les collaborateurs du secteur solaire, le calcul se présente de la façon suivante: en 2020, environ 620 000 kWp de puissance solaire ont été installés; avec les installations solaires existantes, elles ont produit en 2020 environ 2599 GWh d'électricité. Cela correspond à une surface installée d'environ 21 millions de mètres carrés de modules PV. La surface nouvellement installée en 2020 représente environ 3,32 millions de mètres carrés.⁶⁰ Pour ces 3,32 millions de mètres carrés de surface PV, environ 6109 collaborateurs ont été employés.⁶¹

Pour atteindre les objectifs de la Stratégie énergétique 2050 ou pour produire la quantité minimale d'électricité issue du solaire calculée dans cette étude, soit environ 34 500 GWh d'électricité par an, il faut, sur la base de l'année de référence 2021, poser chaque année presque trois fois plus de mètres carrés de modules PV en moyenne. Ne sont pas incluses ici les éventuelles améliorations de l'efficacité des différents modules. L'installation des modules PV dépendant toutefois de l'évolution des surfaces de toitures et de façades disponibles, des matières premières pour la production et la livraison de modules PV ainsi que des collaborateurs et moyens financiers disponibles, l'évolution du nombre de modules photovoltaïques à installer ne sera pas linéaire, mais à tendance exponentielle. Cela signifie que, si la vitesse d'installation est encore insuffisante actuellement, elle devra être multipliée chaque année jusqu'en 2050.



Graphique 28: spécialistes pour la transition énergétique Solaire | Source: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Zubau Photovoltaik

Ce calcul ne prend pas en compte les installations qui doivent être remplacées au fil des ans, ni les travaux d'entretien ou les éventuelles rénovations. Il n'inclut pas non plus tous les employés qui effectuent des travaux préparatoires ou auxiliaires. L'énergie solaire thermique peut ne pas être prise en compte pour l'instant, dans la mesure où elle peut être considérée, en termes de travaux d'installation, comme un substitut aux installations PV.

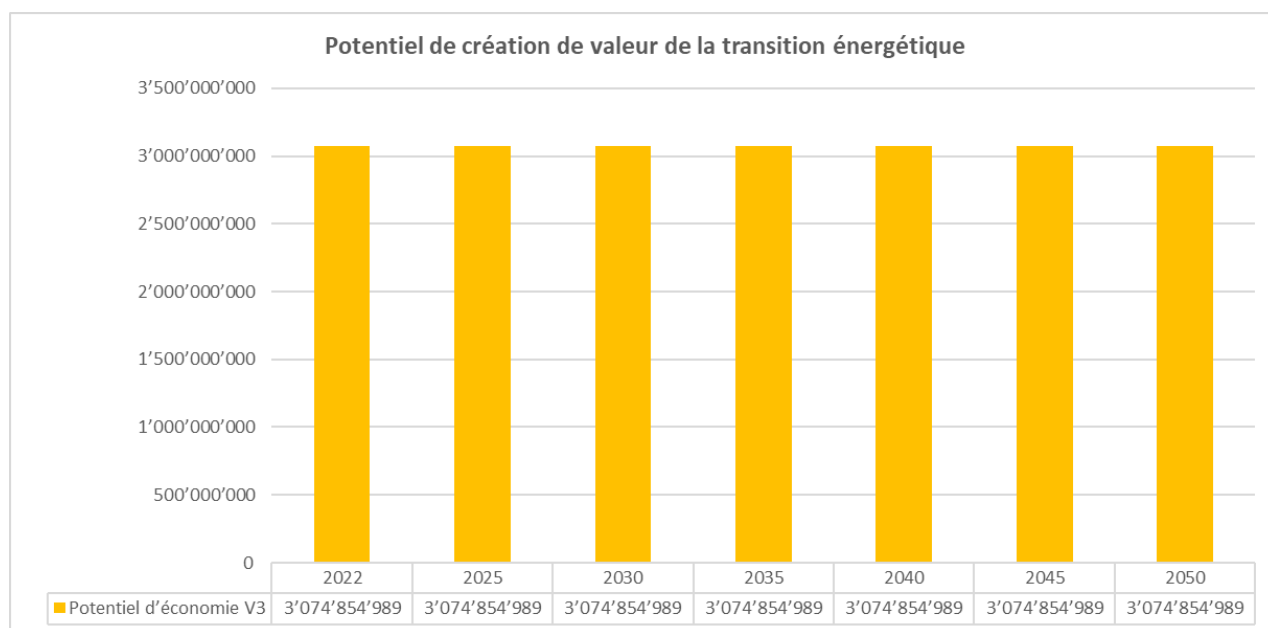
Si l'on suit les projections de l'augmentation du photovoltaïque de 9% par an⁶², on obtient une moyenne annuelle d'environ 16 500 spécialistes nécessaires pour atteindre les objectifs de la Stratégie énergétique d'ici l'année 2050. Cependant, comme nous l'avons mentionné, les chiffres varient selon le nombre de mètres carrés de modules PV installés chaque année. Au début, il faudra nettement moins de spécialistes, car la vitesse d'installation doit d'abord prendre son essor, alors que vers la fin, il faudra faire appel à nettement plus de spécialistes.

Le calcul du personnel nécessaire a été effectué sur la base du rendement moyen actuel des modules PV. Si le nombre de modules solaires par 1 kWc baisse, le nombre de mètres carrés de modules devant être installés pour produire les GWh d'électricité nécessaires d'ici 2050 baisse également. Le nombre de spécialistes nécessaires pour installer la puissance correspondante baisse aussi en conséquence. Indépendamment de cela, il est dans tous les cas important de former les spécialistes nécessaires, d'autant plus que, comme nous l'avons déjà mentionné, toutes les prestations annexes telles que l'entretien ou même les réparations ne sont pas encore prises en compte.

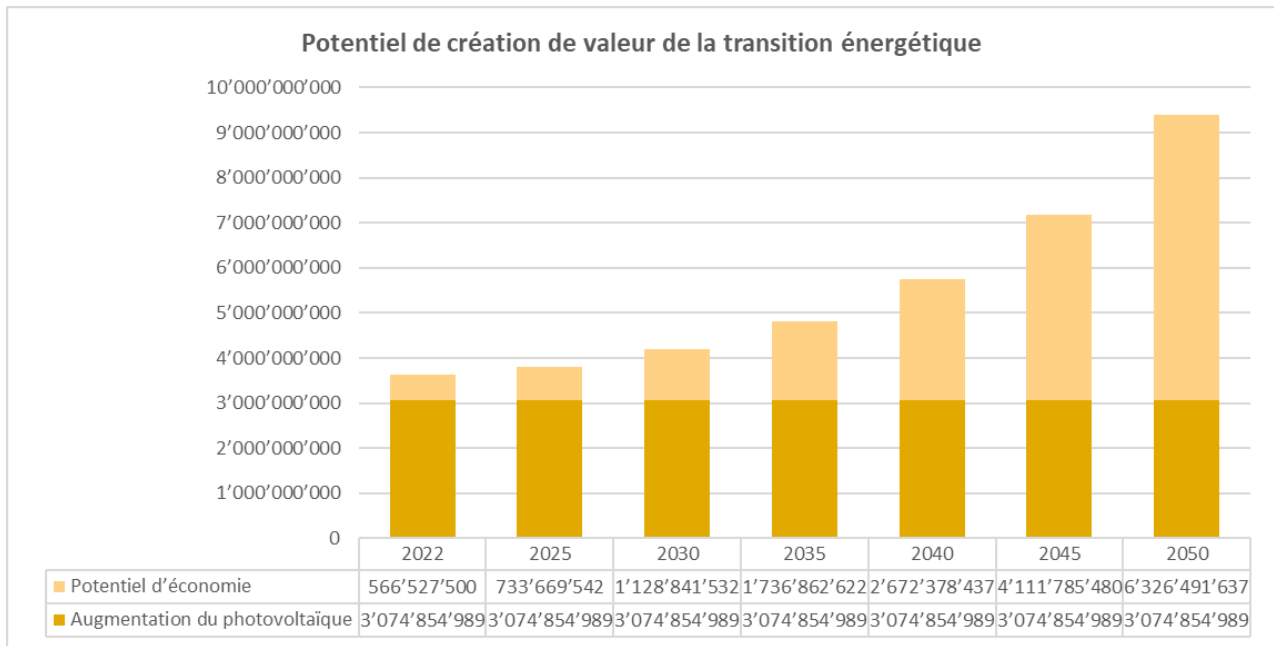
8.3 Collaborateurs et création de valeur dans la modernisation des bâtiments

Le taux de renouvellement actuel du parc immobilier suisse se situe entre 0,5 à 2% maximum par an.⁶³ Ce taux de renouvellement correspond à la durée de vie d'un bâtiment d'au moins 50 ans. Comme plus de 75% des bâtiments ont été construits avant 1991, leur durée de vie théorique tout du moins serait atteinte d'ici 2041.⁶⁴ Bien entendu, cela ne signifie pas que les bâtiments concernés ne seront plus utilisables ou habitables, mais plutôt que, justement du point de vue de l'efficacité énergétique des bâtiments, il y a une grande marge de progression. Pour garantir les mesures nécessaires d'ici 2050 afin d'économiser 17,3 TWh d'énergie et de garantir ainsi qu'en 2050, il y aura toujours suffisamment de chauffage et d'eau chaude, il faudrait au moins un taux de renouvellement de 3,6% pour que toutes les maisons d'habitation soient modernisées sur le plan énergétique d'ici 2050.

Dans le cadre de cette étude, il est supposé que la variante choisie pour la modernisation énergétique est la variante trois, à savoir le remplacement du chauffage et la modernisation de l’enveloppe des édifices.⁶⁵ En partant du parc immobilier actuel dans le secteur du logement d’environ 1765 millions de bâtiments, on obtient 4,47 millions d’appartements. Au total, en Suisse, environ 75% de ces appartements ont besoin d’être modernisés, ce qui concerne environ 3,3 millions d’appartements. La surface moyenne de ces appartements étant de 102 mètres carrés, cela fait une surface totale d’environ 340 millions de mètres carrés. Comme nous l’avons déjà dit, nous avons choisi comme variante de modernisation de référence pour cette étude la variante trois. Si l’on part de 340 millions de mètres carrés de surface habitable, on arrive à un potentiel total d’environ 421 millions de mètres carrés de surface de construction renouvelable dans la variante trois sans fenêtres (pas de création de valeur pour le secteur de l’enveloppe des édifices). Pour une période de 28 ans, cela correspond à environ 15 millions de mètres carrés d’éléments de construction pouvant être installés par an.⁶⁶ Cela génère, en supposant des prix au mètre carré de 350 francs pour les façades, de 420 francs pour les toits inclinés et de 320 francs pour les toits plats, un potentiel d’investissement de 5,65 milliards de francs par an en moyenne.⁶⁷ Avec un taux de renouvellement annuel linéaire de 3,6%,⁶⁸ on peut donc s’attendre à un volume d’investissement potentiel d’environ 5,65 milliards de francs. Dans le secteur des façades et des toits plats, la part de valeur ajoutée des prestations des collaborateurs est de 50%. Dans le secteur du chauffage, elle se situe entre 30 et 40%. Pour le volume d’investissement total pour la modernisation, la part de valeur ajoutée des collaborateurs s’élève donc à environ 3,07 milliards de francs (voir graphique 29).⁶⁹ Pour le secteur de l’enveloppe des édifices, le potentiel annuel de création de valeur des collaborateurs est donc d’environ 5,5 milliards de francs (voir graphique 30).

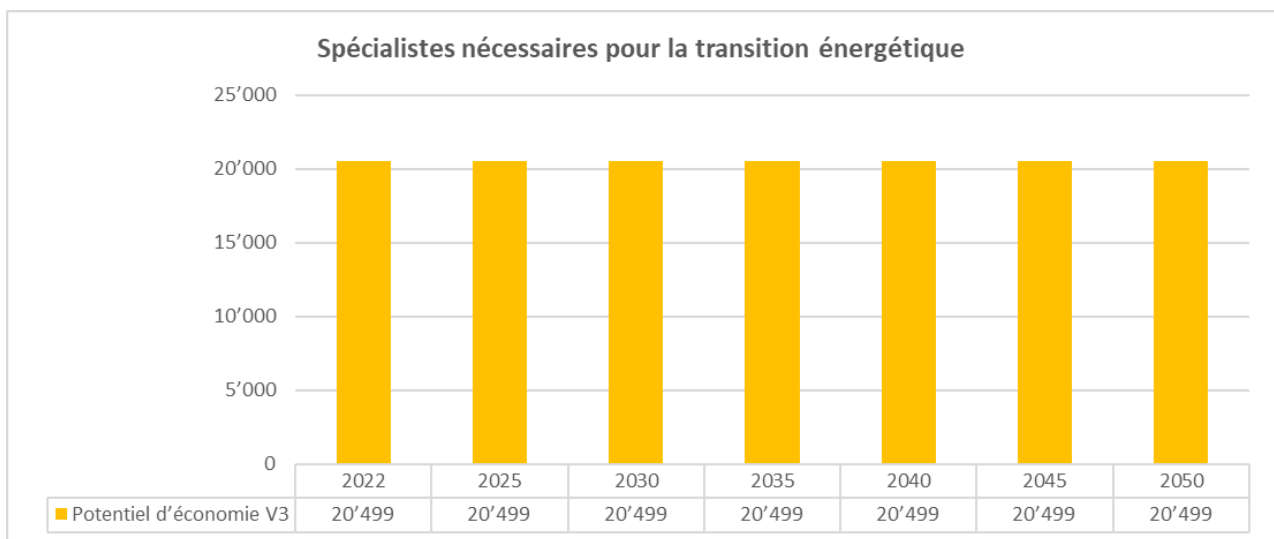


Graphique 29: potentiel de création de valeur Transition énergétique Modernisation | Source: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Wertschöpfungspotenzial Modernisieren



Graphique 30: potentiel de création de valeur Transition énergétique Modernisation et Solaire | Source: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Wertschöpfungspotenzial Modernisieren

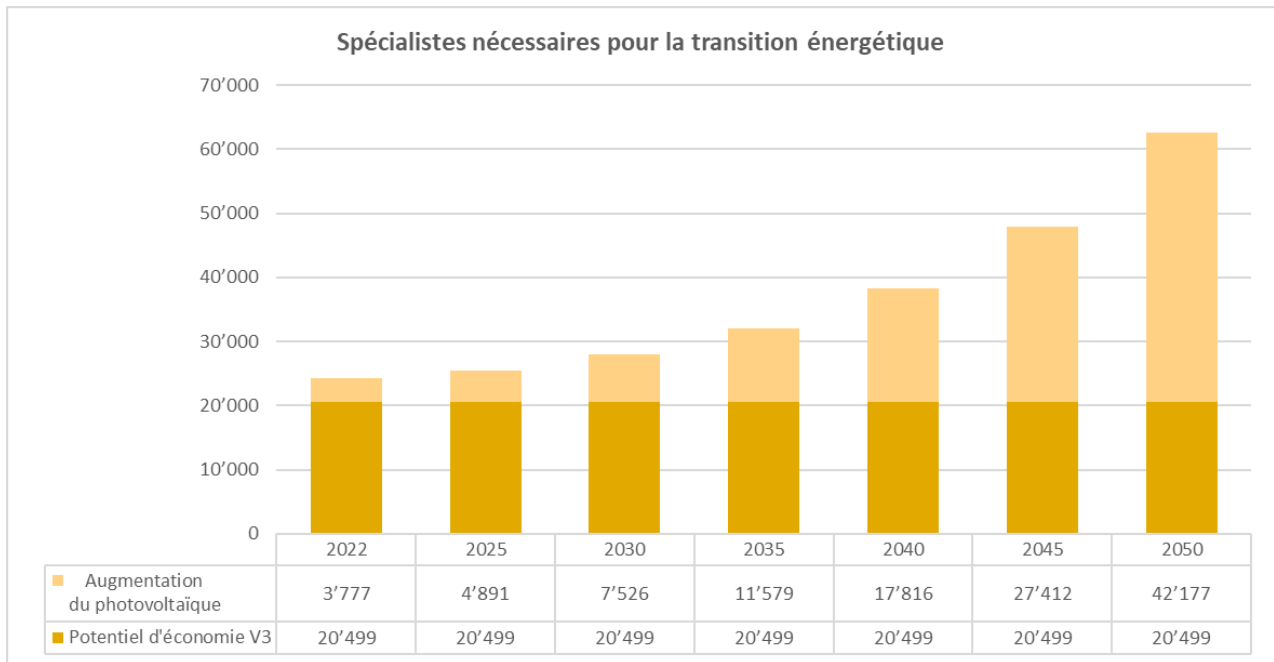
Si, comme pour les installations solaires, on suppose que le potentiel de création de valeur par collaborateur s'élève à environ 150 000 francs, on obtient un besoin annuel d'environ 20 500 collaborateurs⁷⁰ devant être employés pour la transition énergétique.⁷¹ Il s'agit bien entendu d'une valeur annuelle moyenne, qui est tantôt un peu plus élevée, tantôt un peu plus basse.



Graphique 31: spécialistes pour la transition énergétique Modernisation | Source: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Modernisieren

8.4 Total des spécialistes nécessaires pour la transition énergétique

Au total, il faut en moyenne environ 37 000 spécialistes par an (16 500 pour le PV et 20 500 pour la modernisation) pour réaliser la transition énergétique. Sans ces spécialistes, il sera impossible de gérer la transition énergétique, même si les mesures de modernisation, les chauffages ou les installations PV deviennent toujours plus efficaces et continuent de s'améliorer. Mais il faut aussi tenir compte du fait qu'une grande partie de ces spécialistes doit être formée, ce qui nécessite à son tour des ressources comme le temps et l'argent.



Graphique 32: spécialistes pour la transition énergétique Total | Source: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Modernisieren und Zubau Photovoltaik

9 Conclusion et bilan

Au point 1.2, nous avons commencé par poser quelques questions auxquelles Enveloppe des édifices Suisse a répondu dans le cadre de cette étude. La réponse à ces questions devrait permettre de répondre à la question globale de savoir si l'objectif zéro émission nette peut être atteint et quelles mesures il est nécessaire de prendre à cet effet.

Les énergies fossiles restent prédominantes dans le monde. Le pétrole, le gaz et le charbon continuent de fournir à eux trois plus de 84% de l'énergie nécessaire à la consommation mondiale. L'énergie hydraulique, les énergies renouvelables (par exemple le solaire) ou encore l'énergie nucléaire ne représentent que la plus petite part – environ 16% – de la consommation mondiale d'énergie primaire par source d'énergie. En Suisse, les chiffres sont similaires. Les énergies fossiles représentent toujours la plus grande part de la consommation finale totale d'énergie. Les produits pétroliers et le gaz forment la plus grande unité (environ 60%), alors que l'électricité se trouve au deuxième rang avec environ 26,8%. Le reste, 14,3%, résulte de petites parts de charbon, d'énergie issue du bois, de chauffage collectif, des déchets industriels et d'autres énergies renouvelables. D'ici 2050, les sources d'énergie fossiles devraient toutefois être supprimées et céder leur place à des sources durables.

Mais ce ne sont pas seulement les sources d'énergie fossiles qui doivent être réduites à zéro d'ici 2050. D'ici 2041 au plus tard, la dernière centrale nucléaire de Suisse devra être déconnectée du réseau. Si nous nous basons sur l'année 2020, le moratoire sur les centrales nucléaires entraînera la suppression d'environ 23 TWh d'électricité en Suisse. En même temps, la surconsommation d'électricité augmentera jusqu'en 2050. En principe, la Confédération prévoit une augmentation de la consommation finale à 63,2 TWh, où la consommation nationale nette est estimée à environ 76 TWh. A cela s'ajoutent toutefois des charges additionnelles dues aux pompes à chaleur et au transport individuel électrifié.

Du point de vue d'Enveloppe des édifices Suisse, la transition énergétique avec pour but zéro émission nette en 2050 est faisable, si les conditions suivantes sont remplies:

Le parc de bâtiments construits avant 1991 doit faire l'objet d'une modernisation énergétique au cours des 28 années à venir. En d'autres mots, le taux de renouvellement doit passer d'environ 0,5% aujourd'hui à 3,6%. La modernisation comprend des mesures comme la modernisation énergétique de l'enveloppe des édifices, le remplacement du chauffage (notamment par des pompes à chaleur et des chauffages à granulés), mais aussi l'installation de technologie solaire, solaire thermique inclus.

La transition énergétique est réalisable si les mesures de modernisation mises en œuvre correspondent en moyenne, au minimum, à la variante trois proposée par Enveloppe des édifices Suisse, à savoir modernisation de l'enveloppe des édifices; remplacement du chauffage et installation de la technologie solaire. Il s'agit de moderniser au total 15 millions de surfaces d'éléments de construction par an. Le remplacement du chauffage à lui seul et l'installation de la technologie solaire (y compris énergie solaire thermique) ne suffiront pas pour couvrir les besoins en énergie en 2050. La variante de modernisation trois permet, en plus d'autres sources d'énergie fossile, d'économiser au total 17,3 TWh d'électricité, ce qui à son tour libère de l'énergie (notamment électrique) pour d'autres usages tels que les pompes à chaleur et la mobilité. L'électricité produite en excès en été peut être transférée en hiver grâce au stockage (p. ex. lacs d'accumulation par pompage/PtX) afin d'assurer également une production suffisante d'électricité en hiver.

Si l'on choisit la variante trois des mesures de modernisation, le photovoltaïque doit augmenter chaque année de 9% au moins pour un rendement total de 34,5 TWh en 2050 afin de couvrir les besoins en énergie. De plus, d'autres énergies renouvelables (hors énergie hydraulique) doivent apporter une part d'énergie minimale d'environ 6,5 TWh et l'énergie hydraulique une part de 44,7 TWh. Pour couvrir les mois d'hiver en termes de chauffage également, il est possible d'installer des chauffages à granulés plutôt que des pompes à chaleur. Avec une croissance annuelle d'1%, ceux-ci pourraient tout de même apporter 14,7 TWh

en 2050, et réduire en même temps les besoins en électricité, puisqu'on aurait installé des chauffages à granulés et non seulement des pompes à chaleur.

Toutefois, pour gérer la transition énergétique, il faut des spécialistes. D'ici 2050, la construction d'installations photovoltaïques supplémentaires requiert à elle seule environ 16 500 spécialistes supplémentaires par an en moyenne. Pour les mesures de modernisation, il faut encore 20 500 spécialistes de plus en moyenne par an.

Le financement est un autre défi de taille. Avec un volume d'investissement de 5,65 millions de francs suisses par an (variante de modernisation trois), de grosses sommes d'argent doivent être dépensées. Cela nécessitera des programmes de subvention de la part de la Confédération, mais aussi de la part d'organisations privées, p. ex. un fonds pour l'enveloppe des édifices.

En fin de compte, la transition énergétique est réalisable, mais uniquement avec des mesures de modernisation des bâtiments, la technologie solaire et la multiplication du nombre actuel de spécialistes dans les secteurs concernés.

commission Gestion d'entreprise d'Enveloppe des édifices Suisse

Annexe: article du Tages-Anzeiger «Un avenir plus indépendant grâce à la modernisation énergétique»

Un avenir plus indépendant grâce à la modernisation énergétique

La Suisse est confrontée à un énorme bouleversement énergétique. L'arrêt des centrales nucléaires, la charge supplémentaire relative aux véhicules électriques et la transformation des systèmes de chauffage exigent des mesures spécifiques. Enveloppe des édifices Suisse a réalisé une étude sur les mesures nécessaires.



Vers l'article: <https://gebäudehülle.swiss/fr/node/4892/download>

Remarques

- ¹ MORO, NICCOLÒ/SAUTER, DAVID/STREBEL, SVEN/ROHRER, JÜRIG: Das Schweizer Solarstrompotenzial auf Dächern, ZHAW, pp. 16, <https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/21356>
- ² GUERRA, FABIO/PLEBANI, TOMMASO: WÜEST & PARTNER AG, Perspektive Gebäudehülle Schweiz, Marktstudie 2020, p. 17 et s.
- ³ OFFICE FEDERAL DE L'ENERGIE: potentiel solaire, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/actualites-et-medias/communiqués-de-presse/mm-test.msg-id-74641.html>
- ⁴ Surface photovoltaïque installée 2020 = 21 millions de m². Puissance installée en 2020: 2973,4 MWp ou 2 973 400 kWp (3 millions). | 1 kWp = 21 millions/3 millions = 7.
- ⁵ KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 1.
- ⁶ KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 1.
- ⁷ Les énergies primaires utilisées ou subventionnées aujourd'hui sont le pétrole (pétrole brut), le gaz naturel, le charbon, la tourbe, l'uranium naturel ou énergie nucléaire, le bois et autres biomasses, le vent et les marées, l'énergie des courants marins et l'énergie hydraulique, le rayonnement solaire, la chaleur de la terre et de l'environnement. Les déchets et les déchets industriels, bien qu'ils ne soient plus à l'état naturel, sont également considérés comme des sources d'énergie primaire.
- ⁸ OFFICE FEDERAL DE L'ENERGIE: Statistique globale suisse de l'énergie 2019, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html/>
- OFFICE FEDERAL DE L'ENERGIE: Statistique globale suisse de l'énergie 2020, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html/>
- ⁹ SWISSGRID, <https://www.swissgrid.ch/fr/home/operation/grid-data/generation.html#production-d-energie>
- ¹⁰ Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, p. 13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>
- ¹¹ Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>
- ¹² Statistique suisse de l'électricité 2020, p. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>
- ¹³ Voir plus haut point 1.3.
- ¹⁴ Voir à ce sujet: KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 35.
- ¹⁵ Les sources d'énergie PtX, par exemple, ou le pompage de l'eau vers les centrales d'accumulation par pompage nécessitent également de l'électricité, qui n'est pas comptabilisée dans l'énergie finale consommée.
- ¹⁶ Le fait que l'objectif de 2025 ait été atteint en 2020 avec 718 pétajoules (199,4 Twh) trouve son explication dans la pandémie de Covid-19.
- ¹⁷ Voir à ce sujet: KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 35.
- ¹⁸ TAGES-ANZEIGER, <https://www.tagesanzeiger.ch/eu-parlament-stimmt-fuer-verbot-von-verbrenner-motoren-208458127935>
- ¹⁹ AVENERGY SUISSE: rapport annuel 2020, p. 48, https://www.avenergy.ch/images/pdf/Jahresbericht_2020_fr.pdf
- ²⁰ Tablette UH Mappes Energieverbrauch 2020. Pouvoir calorifique diesel 9,8 kWh/litre, essence 8,5 kWh/litre = valeur moyenne 9,15 kWh/litre.
- ²¹ OFS, OFROU – Parc des véhicules routiers (MFZ); OFS – Recensement des cyclomoteurs auprès des cantons, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/20884430/master>
- ²² Tableau Enveloppe des édifices, Consommation_voiture_électrique, cellule B54.
- ²³ OFS, OFROU – Parc des véhicules routiers (MFZ); OFS – Recensement des cyclomoteurs auprès des cantons, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/20884430/master>
- ²⁴ La VOIE ROYALE+ consiste en trois étapes. La première étape comprend la modernisation de l'enveloppe des édifices, la deuxième étape prévoit en plus de cela l'installation d'un nouveau chauffage et d'une installation d'énergie solaire thermique, tandis que la troisième étape comprend en outre le photovoltaïque, les batteries de stockage et les installations Smart Home. Les quatre variantes appliquées dans la présente analyse prennent en compte les trois étapes tout en indiquant de manière ciblée les différentes conséquences sur la consommation énergétique.
- ²⁵ Fiche technique Mode de construction énergétiquement efficace d'Enveloppe des édifices Suisse, p. 7, <https://gebäudehülle.swiss/fr/node/2803/download>
- ²⁶ EnDK, Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie; Facteurs de pondération nationaux pour l'évaluation des bâtiments, https://www.endk.ch/fr/ablage_fr/politique-energetique/20160204-facteursdepondrationnationauxpourvaluati.pdf
- ²⁷ A ce sujet, voir également le point 4.3.1. ci-dessous.
- ²⁸ Enveloppe des édifices Suisse, récapitulatif des mesures.
- ²⁹ A ce sujet, voir également le point 6.2 ci-dessous.
- ³⁰ KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 10.
- ³¹ Cf. point 2.5.4.
- ³² Il n'est pas réaliste de procéder à la modernisation énergétique de l'ensemble du parc immobilier suisse (V4). Certains bâtiments, p.ex. les bâtiments classés monuments historiques dans les centres-villes, pourront à peine être modernisés. La V2, en revanche, est en principe parfaitement applicable à l'ensemble des bâtiments. C'est pour cela que nous avons choisi la variante trois pour les calculs de la modernisation des bâtiments, car elle constitue un bon compromis entre la solution V2 et V3.
- ³³ BUNDESAMT FÜR ENERGIE: «Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Schweiz von 1990 bis 2019 (in Gigawattstunden)», (Production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en Suisse de 1990 à 2019 (en gigawattheures)). Chart. 1^{er} septembre 2020. Statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/410622/umfrage/stromerzeugung-aus-erneuerbaren-energien-in-der-schweiz/>
- ³⁴ A ce sujet, voir le point 1.1. ci-dessus.
- ³⁵ OFFICE FÉDÉRAL DE L'ÉNERGIE, <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqués.msg-id-76258.html>
- ³⁶ La collecte de données de la surface de capteurs a été adaptée en 2020. Désormais la surface indiquée est la surface brute et non la surface d'ouverture. Ceci parce que, selon la norme actuellement en vigueur, cela n'est plus nécessaire.
- ³⁷ Source: SWISSOLAR, étude de marché 2021, p. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf
- ³⁸ SOLARSERVER.CH, <https://www.solarserver.de/2021/07/14/schweiz-photovoltaik-markt-waechst-solarthermie-schrumpft/>
- ³⁹ La valeur COP, «Coefficient of Performance», indique le rapport entre la chaleur produite par la pompe à chaleur et l'énergie (électrique) nécessaire pour cela. Plus simplement: elle mesure combien d'unités de chaleur une pompe à chaleur peut produire et injecter dans le circuit à partir d'une unité d'électricité. WEGATECH, <https://www.wegatech.de/ratgeber/waermepumpe/grundlagen/cop/>
- ⁴⁰ Calcul: fourniture de chaleur par mois divisée par les besoins en électricité de la pompe à chaleur. Donne avec 1,74 la plus mauvaise valeur et avec 2,99 la meilleure valeur. Moyenne CoP = 2,69.

-
- ⁴¹ Moyenne des stations de mesure de Lugano, Sion, Genève, Berne, Samedan, Zurich, Bâle, Engelberg, <https://www.meteosuisse.admin.ch/services-et-publications/applications/valeurs-mesurees-et-reseaux-de-mesure.html#param=messwerte-lufttemperatur-10min&lang=fr>
- ⁴² Calcul de moyenne simple (addition du jour le plus long et du jour le plus court. Puis division par deux, pour obtenir la durée moyenne du jour de 12,5 heures. La durée moyenne réelle du jour est toutefois inférieure, raison pour laquelle nous nous limitons ici à dix heures.
- ⁴³ Message du Conseil fédéral sur la nouvelle LEné, p. 19; projet de loi relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, modification de la loi sur l'énergie et de la loi sur l'approvisionnement en électricité, <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/67177.pdf> Voir également ch.
- ⁴⁴ Office fédéral de l'énergie: Statistiques de l'énergie solaire, année de référence 2020, pp 6 et 7, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistique_energie_solaire_rapport_FR_def.pdf
- ⁴⁵ PRONOVO: Cockpit du marquage de l'électricité en Suisse, état en août 2021, <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/68004.pdf> (consulté pour la dernière fois le 25.09.2022); Office fédéral de l'énergie (OFEN): étiquette-énergie pour les voitures de tourisme: indicateurs environnementaux 2022 de la production d'électricité et de carburant, <https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/10994>
- ⁴⁶ Calcul: $2973,4 \text{ MWp} = 2\,973\,400 \text{ kWp} \times 7 \text{ m}^2 = 20\,813\,800 \text{ m}^2$ (environ 21 millions). SWISSOLAR, Association suisse des professionnels de l'énergie solaire: fiche d'information, Du soleil, du courant; juillet 2021.
- ⁴⁷ Projet de loi relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, modification de la loi sur l'énergie et de la loi sur l'approvisionnement en électricité, <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2021/1667/fr>A ce sujet, voir également le point 5.1.
- ⁴⁸ Voir également Perspectives énergétiques 2050+.
- ⁴⁹ Le calcul est basé sur l'état actuel des performances des modules PV.
- ⁵⁰ Voir également Perspectives énergétiques 2050+, p. 57.
- ⁵¹ Das Schweizer Solarstrompotenzial auf Dächern (Le potentiel suisse d'électricité solaire sur les toitures). Eine Analyse anhand von Sonnendach.ch (Une analyse réalisée à l'aide de toitsolaire.ch), p. 1.
- ⁵² Perspectives énergétiques 2050+, rapport succinct, p. 35.
- ⁵³ Cf. point 2.5.6.
- ⁵⁴ OFFICE FÉDÉRAL DE L'ÉNERGIE, Négociations Suisse-UE dans le domaine de l'énergie, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/approvisionnement-en-electricite/negotiations-suisse-ue-dans-le-domaine-de-energie.html>
- ⁵⁵ TAGBLATT, <https://www.tagblatt.ch/news-service/inland-schweiz/energie-so-will-sommaruga-die-schweizer-stromluecke-abwenden-id.2252652>
- ⁵⁶ OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/construction-logement/logements/taille.html>
- ⁵⁷ KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 66.
- ⁵⁸ KIRCHNER, ALMUT/KEMMLER, ANDREAS et al.: Perspectives énergétiques 2050+ de la Confédération, rapport succinct, 2020, p. 66.
- ⁵⁹ EKAS, <https://www.ekas.admin.ch/download.php?id=379>
- ⁶⁰ Calculs Excel Potentiel de croissance PV, cellule D59.
- ⁶¹ Calculs Excel Potentiel de croissance PV, cellule D63.
- ⁶² Voir plus haut point 6.2.
- ⁶³ SWISSBAU: La Suisse construit, <https://www.swissbau.ch/fr#:~:text=Mit%20knapp%202%25%20liegt%20die,Schweizer%20Qualit%C3%A4t%20durchaus%20realistisch%20ist>
- ⁶⁴ Excel Calcul de création de valeur par an, cellule B13.
- ⁶⁵ Voir point 2.5.4. ci-dessus.
- ⁶⁶ Calcul tableau Excel «Calcul_Creation_de_valeur_par_an» cellules N12+O12+P12.
- ⁶⁷ Calcul tableau Excel «Calcul_Creation_de_valeur_par_an» cellules N15+O15+P15. Calcul: $7,8 \text{ millions} \times 350.- + 5,9 \text{ millions} \times 420.- + 1,2 \text{ million} \times 320.- = 5,6 \text{ milliards} + \text{part de valeur ajoutée d'env. } 50\% (2,8 \text{ milliards}) = 3,0 \text{ milliards de francs.}$
- ⁶⁸ En 2050, le parc immobilier devrait être renouvelé, ce qui signifie qu'en 28 ans, tous les bâtiments construits avant 1991 devraient être rénovés sur le plan énergétique. Cela correspond à $100/28 = 3,57\%$ par an. Taux de renouvellement de 3,6%.
- ⁶⁹ Calcul tableau Excel «Calcul_Creation_de_valeur_par_an» cellules N18+O18+P18.
- ⁷⁰ $3,07 \text{ milliards} \div 150\,000 = 20\,500.$
- ⁷¹ Calcul tableau Excel «Calcul_Creation_de_valeur_par_an» cellules O22.

MODERNISATION ENERGETIQUE ET ENERGIE SOLAIRE

Le centre de compétences Enveloppe des édifices Suisse offre aux spécialistes du bâtiment un large éventail de connaissances spécialisées autour de l'enveloppe des édifices. En raison de son caractère actuel, la série de publications «Voie royale e+» se distingue de la multitude de brochures, de fiches techniques, de contrats types et de modèles.

Ce guide de planification explique aux maîtres d'ouvrage comment atteindre leur objectif en trois étapes dans le bon ordre – des pertes d'énergie d'un bâtiment ancien aux économies d'énergie d'un ouvrage modèle. Il indique en outre la clé pour un bilan climatique neutre des enveloppes des édifices. En effet, la maison du futur est une maison énergétique qui produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme. Vous manque-t-il les connaissances spécialisées nécessaires sur

le thème de l'énergie solaire? Formez-vous sur les thèmes actuels de l'énergie solaire et de l'entretien-conseil énergétique.

Le centre de formation Polybat offre une vaste gamme de cours spécialisés, de modules et de formations, et ce également pour les personnes en reconversion professionnelle, selon la devise «Plein d'énergie vers l'avenir». Vous trouverez davantage d'informations sur polybau.ch/fr.

NOS OUTILS

Vidéo explicative




Offre de formations continues aux perspectives ensoleillées




Répertoire des spécialistes de l'enveloppe des édifices Spécialistes par domaine




VOTRE ATOUT – NOTRE EXPERTISE


 Technique spécialisée et approvisionnement

 Sécurité et domaine juridique

 Gestion d'entreprise

 Formation

 Communication

 Ressources humaines et domaine juridique



«LES SPECIALISTES DE L'ENVELOPPE DES EDIFICES:
DES CONSEILS COMPLETS D'UNE SOURCE –POUR QUE
VOUS ECONOMISIEZ DU TEMPS ET DE L'ENERGIE»

