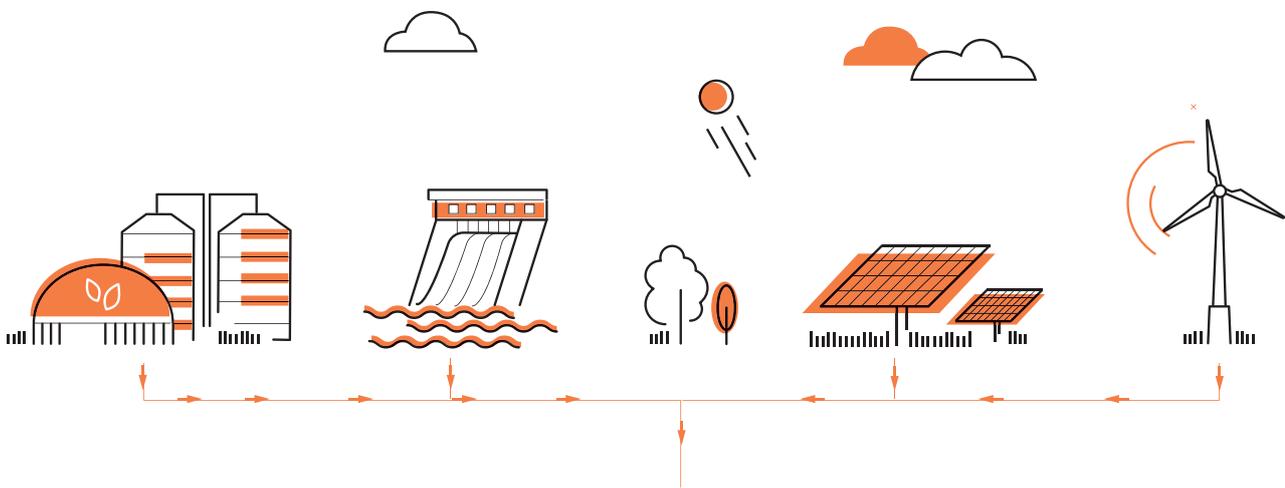


100% D'ÉNERGIE RENOUVELABLE D'ICI 2030



euRO
solAR **EUROSOLAR**
LÉTZEBUERG a.s.b.l.

d'Sonn am Stecker

TABLE DES MATIÈRES

À propos des émissions de gaz à effet de serre et des compilations	2
Le paysage énergétique et les émissions du Luxembourg	3
Sinon, ça va chauffer	4
Revendications d'Eurosolar Luxembourg	5
1. Réduction de la consommation nationale d'énergie non-ETS à 10.000 GWh	6
1.1 Le secteur des transports au Luxembourg	7
1.2 Le secteur GHD et le secteur résidentiel au Luxembourg	8
1.3 Le secteur industriel luxembourgeois	10
La voie vers 100% d'énergies renouvelables	11
Scénario 1 : Production complète au Luxembourg	12
Scénario 2 : 50% de production locale, 50% d'importation	13
Scénario 3 : Un tiers de production locale, deux tiers d'importation	14
Mesures pour le développement des énergies renouvelables	15
Développement de l'énergie éolienne	16
Développement du photovoltaïque	17
Prenons les choses en main	19



À PROPOS DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET DES COMPILATIONS

Les émissions de gaz à effet de serre résultent de différents processus. Au Luxembourg, la plupart des gaz à effet de serre proviennent de la combustion d'énergies fossiles, de processus industriels et de rejets dans l'agriculture et le secteur des déchets.

L'inventaire des gaz à effet de serre (c'est-à-dire la quantité de gaz à effet de serre émise par an) est compilé chaque année par l'administration de l'environnement et le ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable. La compilation suit les règles internationales de la CCNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) et ne correspond donc pas nécessairement, surtout dans le cas du Luxembourg, aux émissions territoriales réelles.

La CCNUCC stipule par exemple que les émissions doivent être comptabilisées là où les carburants sont vendus. Étant donné qu'au Luxembourg, de nombreux carburants sont vendus aux frontières et sur les aires d'autoroutes, les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas nécessairement générées à l'intérieur du pays, mais sont comptabilisées dans le pays.

Dans le même ordre d'idées, les émissions liées à la production d'électricité à partir de carburants fossiles sont également comptabilisées là où l'électricité est produite. Comme le Luxembourg ne produit qu'une petite partie de son électricité à partir de combustibles fossiles, les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité sont relativement faibles.

Il existe en outre d'autres règles de compensation. Par exemple, les émissions dues au trafic aérien et maritime international ne sont pas ajoutées aux émissions totales. Les émissions produites dans le cadre du SCEQE (système européen d'échange de quotas d'émission) sont certes ajoutées aux émissions nationales, mais ne sont pas prises en compte dans certaines statistiques, car le SCEQE est censé être un système fermé et autorégulé.

Afin d'obtenir une vue d'ensemble claire du paysage des émissions et de l'énergie au Luxembourg, toutes les émissions sont considérées dans le chapitre suivant. Dans les chapitres suivants, l'accent est mis sur l'énergie non-ETS. Comme différentes sources doivent être utilisées, il existe de petites divergences entre les **statistiques énergétiques** et les **statistiques des gaz à effet de serre**. Ces divergences étant toutefois très faibles, elles peuvent être négligées dans la suite du rapport. Par ailleurs, les données utilisées sont celles de l'année 2019. Il existe certes des données plus récentes pour 2020, mais la consommation d'énergie a fortement chuté en raison de la pandémie COVID-19. Par conséquent, 2020 ne reflète pas la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre annuelles typiques et n'aurait donc pas beaucoup de sens pour une discussion.

LE PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE ET LES ÉMISSIONS DU LUXEMBOURG

Les émissions de gaz à effet de serre ne suivent que partiellement la répartition énergétique.

Le Luxembourg a consommé une quantité totale de 52.400 GWh d'énergie en 2019¹. Cette quantité se compose de 85,3% d'énergie d'origine fossile et de seulement 14,7% d'énergie renouvelable. En raison de la taille du Luxembourg, la répartition de la consommation d'énergie est atypique : en 2019, 21,1% de l'énergie a été consommée dans l'industrie, 59,9% dans les transports, 8,7% dans le secteur de l'artisanat, du commerce et des services, 10,1% dans les ménages et 0,2% dans l'agriculture².

L'énergie totale a été importée à plus de 95%, seule une petite partie a été produite localement³. Ce rapport montre à quel point le Luxembourg est dépendant d'autres pays. Cette dépendance n'est pas nécessairement négative, mais elle pourrait être réduite d'un point de vue financier.

En 2019, le Luxembourg a émis un total de 12557 kilotonnes d'équivalent CO₂ de gaz à effet de serre⁴. Celles-ci provenaient à 16,9% de l'industrie, à 63,6% du transport, à 13,1% du secteur GHD et domestique (dont 5,5% GHD et 7,6% domestique), à 5,8% de l'agriculture et de la sylviculture, et à 0,6% du traitement des déchets. Si l'on compare donc le paysage énergétique et celui des émissions, on constate que seuls l'industrie, les transports et les GHD ainsi que les ménages sont en harmonie. L'agriculture ne consomme qu'une fraction de l'énergie totale, mais émet une part considérable des émissions de gaz à effet de serre (736 kilotonnes d'équivalents CO₂). Cela est dû au fait que les émissions proviennent en premier lieu des processus de digestion du bétail (vaches qui rotent) sous forme de méthane et du traitement des engrais sous forme de protoxyde d'azote. Le traitement des déchets génère également des émissions de gaz à effet de serre sous forme de méthane provenant des décharges et de protoxyde d'azote provenant des stations d'épuration. Ces quantités sont toutefois relativement faibles.

Les gaz issus de la production d'électricité ne sont pas non plus représentatifs dans les statistiques des émissions de gaz à effet de serre. Comme le Luxembourg ne produit qu'une petite partie de l'électricité dont il a besoin (14,5%) et importe le reste, les émissions correspondantes sont attribuées au pays d'où provient l'électricité⁵. Dans le même ordre d'idées, le Luxembourg vend beaucoup de carburant aux non-résidents sur ses aires d'autoroute et dans ses stations-service. Les émissions provenant de ces quantités de carburant sont attribuées au Luxembourg, mais dans la plupart des cas, elles sont émises en dehors des frontières territoriales.

Avec 12557 kilotonnes d'émissions de gaz à effet de serre équivalents CO₂ en 2019, le Luxembourg a une empreinte carbone énorme. Cela correspond à des émissions par habitant de 20,1 tonnes d'équivalent CO₂. C'est 4 à 5 fois plus que la moyenne mondiale⁶. Le Luxembourg se trouve ainsi à égalité avec le Canada, les États-Unis, l'Australie ou les Émirats arabes unis, tous des pays qui encouragent massivement les carburants fossiles. Cette empreinte carbone élevée peut être attribuée à la petite superficie du pays et aux activités industrielles et économiques qui s'y déroulent, mais on ne peut nier que le mode de vie extravagant des Luxembourgeois a également sa part de responsabilité dans ces émissions exceptionnellement élevées.

% Consommation d'énergie	Secteur	% Émissions de gaz à effet de serre
21,1	Industrie	16,9
59,9	Transport	63,6
8,7	Artisanat, commerce, services	5,5
10,1	Ménages	7,6
0,2	Agriculture	5,8

1 Données combinées de STATEC, ILR, et de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre

2 STATEC

3 Estimation personnelle.

4 Données de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre

5 Institut Luxembourgeois de Régulation – Chiffres clés du marché de l'électricité 2019

6 <https://www.iea.org/articles/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>

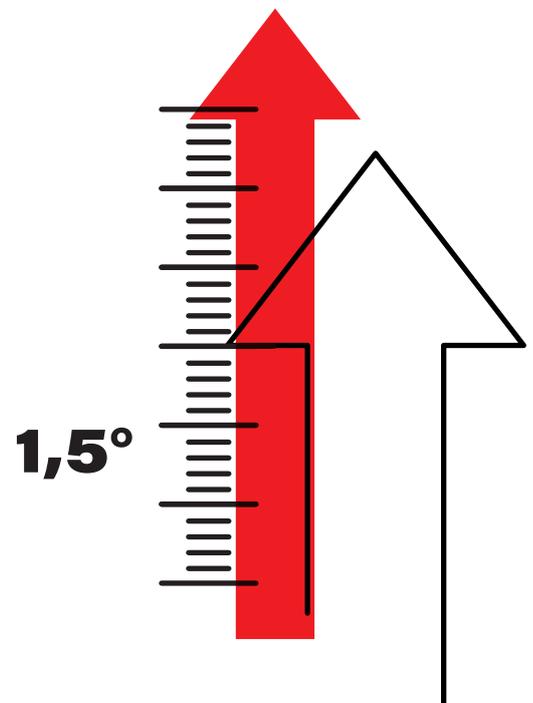
SINON, ÇA VA CHAUFFER

Le fait que les émissions effrénées de gaz à effet de serre feront augmenter le réchauffement mondial de plusieurs degrés Celsius d'ici 2100 et rendront la Terre inhabitable pour les générations futures est scientifiquement indiscutable.

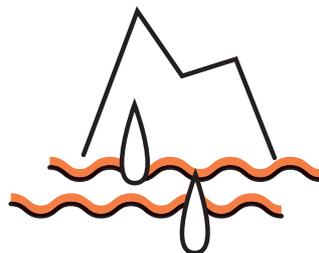
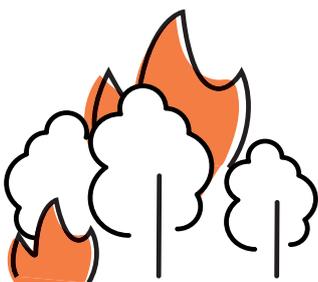
C'est pourquoi l'accord de Paris sur le climat a été adopté en 2015 avec pour objectif de limiter l'augmentation globale de la température bien en dessous de deux degrés Celsius, si possible à 1,5 degré Celsius. Pour y parvenir, les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites à zéro net au plus tard en 2040, idéalement en 2030. La réponse du Luxembourg à l'accord de Paris sur le climat a été adoptée fin 2020 sous la forme de la première loi nationale sur le climat⁷.

Cette loi fixe une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55% d'ici 2030 par rapport aux niveaux d'émission de 2005 et doit ouvrir la voie au Luxembourg pour respecter l'accord de Paris sur le climat.

Le gouvernement luxembourgeois ne se base pas sur les 12557 kilotonnes d'émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ mentionnées ci-dessus, mais sur seulement 9.200 kilotonnes⁸. La raison en est que l'on se limite au secteur non-ETS. Ainsi, environ deux tiers des émissions industrielles et l'ensemble du trafic aérien et maritime international ne sont pas pris en compte. Ramené à l'énergie, ce ne sont pas les 52.400 GWh mentionnés au début qui s'appliquent, mais « seulement » 37.900 GWh (14.500 GWh reviendraient donc ici au secteur ETS : dont 7.500 GWh de consommation dans l'industrie et 7.000 GWh dans le trafic aérien et maritime international)⁹. Bien entendu, personne n'est aidé si l'on ignore simplement ces sources d'émissions. Mais comme le gouvernement luxembourgeois et sa loi sur le climat se sont mis d'accord sur cette catégorisation, nous la reprendrons ici aussi.



Si l'on veut réduire les émissions de gaz à effet de serre de 51% d'ici 2030 par rapport à 2019 (ce qui correspond à la réduction de 55% par rapport à 2005 fixée par la loi), il faut également réduire la consommation d'énergie de 2019 d'au moins 51%. Ainsi, le secteur non-ETS ne devrait plus consommer qu'environ 18.500 GWh d'énergie en 2030. Même si cet objectif est très ambitieux, il ne peut être considéré que comme un objectif minimum, étant donné que chaque gramme de gaz à effet de serre est nocif pour l'atmosphère et que tous les efforts possibles en matière de protection du climat doivent donc être entrepris le plus rapidement possible afin de réduire et de convertir encore plus rapidement la consommation d'énergie.



⁷ Loi du 15 décembre 2020 relative au climat

⁸ Klima an Energie 2021 – Etat des lieux : <https://gouvernement.lu/dam-assets/documents/actualites/2021/10-octobre/05-climat-energie/Etat-des-lieux-Climat-et-Energie-2021-Presentation.pdf>

⁹ Calculs propres, basés sur l'inventaire des gaz à effet de serre et les données de « Klima an Energie 2021 - Etat des lieux ».

REVENDEICATIONS D'EUROSOLAR LUXEMBOURG

En réaction à la loi sur le climat et aux objectifs climatiques du gouvernement, Eurosolar Luxembourg demande :

1.

Une réduction globale de la consommation annuelle d'énergie du secteur non-SEQE-UE à 10.000 GWh d'ici 2030 ;

2.

La génération de ces 10.000 GWh à 100% à partir de sources d'énergie renouvelables ;

3.

Que le secteur ETS décarbonise complètement sa consommation d'énergie, la réduise autant que possible et la couvre soit par ses propres sources d'énergie renouvelable, soit en investissant dans des projets d'énergie renouvelable ;

4.

Une mise en œuvre permettant d'atteindre les objectifs ci-dessus tout en préservant et en favorisant la biodiversité.

Pour atteindre ces objectifs, il faut non seulement les mesures mentionnées dans le Plan national intégré en matière d'énergie et de climat (PNEC)¹⁰, mais aussi des mesures sectorielles supplémentaires qui sont énumérées ci-contre.

¹⁰ <https://environnement.public.lu/fr/actualites/2020/05/pnec.html>

1.1 LE SECTEUR DES TRANSPORTS AU LUXEMBOURG

Avec 24.400 GWh d'énergie consommée en 2019, le plus grand potentiel d'économie se trouve dans le secteur des transports. Celui-ci se compose du transport routier, ferroviaire, aérien et maritime. Ces trois derniers peuvent être négligés, car ils ne représentent qu'une part infime de la consommation d'énergie (33 GWh en 2019).

La majeure partie de l'énergie utilisée dans le transport routier provient du transport routier international de marchandises et du tourisme à la pompe. Étant donné que le Luxembourg se trouve sur l'un des principaux axes d'Europe centrale et que le prix de l'essence était parfois moins élevé que dans les pays voisins, la plupart des camions s'arrêtent sur les grandes aires de repos le long des autoroutes lors de leur trajet du nord au sud de l'Europe (et inversement). Selon l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, le transport international de marchandises par camion a ainsi représenté 11.500 GWh en 2019. Cela correspond à 47% de l'énergie totale de transport et même à 30% de la consommation nationale totale d'énergie non-ETS.

En outre, 6.000 GWh ont été utilisés sous forme d'essence, de diesel et de biocarburant dans des voitures particulières étrangères. Ainsi, 17.500 GWh, soit 72% de l'énergie de transport (46% de l'énergie totale non-ETS), peuvent être attribués au tourisme de l'essence. Et cela montre également le grand potentiel d'économie dans le secteur des transports. Cette quantité d'énergie pourrait théoriquement être très rapidement réduite en augmentant les accises sur le carburant. Cela améliorerait certes les bilans énergétiques et climatiques nationaux, mais ne résoudrait en aucun cas le problème environnemental.

Les 6.900 GWh restants du secteur des transports ont été consommés par les résidents locaux. Dont environ 0,7% de motos (50 GWh), 20,3% de camions et de bus (1.400 GWh), 10,2% de camionnettes et de fourgonnettes (700 GWh) et 68,8% de voitures (4.750 GWh). Cette énergie de déplacement provenait presque exclusivement de carburants fossiles (94,2%). Seule une petite partie a été produite à partir de biocarburant (5,8%) et d'électricité (8 GWh - négligeable¹²).

L'électrification de la flotte de transport, qui est déjà en cours, entraînera inévitablement une réduction de la consommation d'énergie, étant donné que la propulsion électrique est beaucoup plus efficace que celle des véhicules à combustion traditionnels. Les économies d'énergie exactes dépendent de nombreux facteurs, mais on peut estimer que pour des modèles de voitures équivalents, l'énergie électrique nécessaire pour se déplacer est inférieure d'un tiers à celle des véhicules à combustion¹³. Pour les autres véhicules

de transport, le rapport sera similaire. Ainsi, une flotte de transport entièrement électrifiée ne nécessiterait plus que 3.300 GWh par an sous forme d'électricité.

Mais même cette quantité est encore trop élevée. Grâce à la situation économique globalement très bonne du pays, le Luxembourg est le deuxième pays européen avec la plus forte densité de voitures particulières. En 2019, il y avait 681 voitures¹⁴ pour 1.000 habitants (seul le Liechtenstein a une densité de voitures plus élevée). Et la taille et le poids des voitures ont également fortement augmenté au cours des dernières années. Pour réduire encore l'énergie, il faut réduire le nombre total de voitures : tous les ménages avec deux parents et deux enfants n'ont pas besoin de 4 voitures. Il faut également remettre en question l'utilisation des SUV pour rouler exclusivement sur des routes asphaltées.

Mais pour que les gens quittent leurs voitures confortables, avec lesquelles ils aiment tant se retrouver dans les embouteillages quotidiens, le réseau de voies publiques doit être mieux développé. En raison de la petite taille du pays et de la capitale comme lieu de travail central, il est en fait logique de se rendre au travail à vélo. Dans un rayon de 10 km autour de la ville de Luxembourg, on trouve 16 communes avec 97.000 habitants¹⁵. Une distance de 10 km est parcourue en 30-45 minutes à vélo, et encore plus rapidement avec un vélo électrique. Ce qui est tout à fait banal pour d'autres pays comme les Pays-Bas ou le Danemark est en fait tout à fait faisable pour le Luxembourg. Pour cela, il faut non seulement la volonté des habitants, mais aussi l'infrastructure cyclable adéquate, c'est-à-dire une infrastructure cyclable uniforme, coordonnée par le gouvernement et les communes.

La culture du home office pourrait également contribuer à réduire l'énergie utilisée pour les transports. La pandémie Corona a notamment montré que la présence permanente de tous les collaborateurs au bureau n'était pas indispensable. La possibilité de travailler à domicile deux jours sur cinq pourrait réduire l'énergie de transport de 20 à 40% supplémentaires. Le potentiel de la culture du home office, le développement conséquent et socialement équitable de l'offre de transports publics ainsi qu'un passage accru à la mobilité douce permettront de réduire la consommation d'énergie dans le secteur des transports à moins de 2.000 GWh par an.

12 Eurostat, Tabelle NRG_BAL_C

13 Voir par exemple Golf Diesel & essence contre Golf électrique sur Spritmonitor.de.

14 Eurostat, Tabelle road_eqs_carhab

15 STATEC, Luxembourg-Ville non compris

1.2 LE SECTEUR GHD ET LE SECTEUR RÉSIDENTIEL AU LUXEMBOURG

Le secteur GHD a consommé 4.500 GWh d'énergie au Luxembourg en 2019, dont environ deux tiers pour la production de chaleur et un tiers pour l'électricité. Les ménages ont consommé plus d'énergie avec 5.300 GWh. Ici aussi, l'énergie pour la production de chaleur a clairement dominé avec 83,1% contre 16,9% pour l'énergie électrique.

Cette pondération légèrement différente dans le secteur GHD par rapport aux ménages en matière d'électricité/chaleur s'explique par le fait que dans le secteur GHD, il s'agit surtout de magasins et de bureaux ou encore de centres de calcul, qui ont des besoins élevés en électricité. Les ménages ont besoin de plus d'énergie thermique, car les logements sont chauffés différemment des surfaces commerciales, etc. L'énergie thermique consommée dans le secteur GHD et le secteur des ménages provient à 97% de combustibles fossiles, principalement du mazout et du gaz.

Avec un total de 9.800 GWh, le secteur GHD et domestique pèse lourd dans la balance. Réduire cette quantité d'énergie est l'un des plus grands défis de la transition énergétique. Étant donné que la plus grande partie de cette énergie est utilisée pour la production de chaleur, la meilleure approche consiste à isoler les bâtiments et à réduire ainsi leurs besoins en énergie thermique. Cela permet d'économiser beaucoup d'énergie, surtout dans les bâtiments existants (c'est-à-dire les plus anciens).

Les maisons individuelles modernes ont besoin d'environ 25 kWh/m² d'énergie thermique par an, alors que les maisons plus anciennes, construites entre 1990 et 2.000, ont déjà besoin de beaucoup plus (environ 100 kWh/m² par an). Et les maisons encore plus anciennes peuvent même consommer jusqu'à 300 kWh/m² par an d'énergie thermique. Il convient de noter qu'une isolation en matériaux écologiques est préférable à une isolation basée sur des matériaux d'origine fossile.

Il n'y a pas que l'isolation qui permette d'économiser beaucoup d'énergie, mais aussi les systèmes de chauffage. Il existe aujourd'hui de nombreuses alternatives écologiques et efficaces au chauffage au mazout et au gaz, et il serait trop long d'en dresser la liste ici. Il convient toutefois de revenir sur la méthode de chauffage la plus efficace de ces dernières années : la pompe à chaleur. La pompe à chaleur, qui peut être exploitée de différentes manières, transforme en gros l'électricité en chaleur et sera le fleuron de la décarbonisation et de la transition énergétique dans le secteur GHD et domestique.

Ce potentiel a déjà été reconnu par le gouvernement luxembourgeois : un règlement récemment entré en vigueur stipule que les nouvelles constructions ne peuvent produire leur énergie de chauffage qu'avec des pompes à chaleur¹⁶. Cela a beaucoup de sens, car dans les bâtiments bien isolés, les pompes à chaleur peuvent atteindre un coefficient de performance annuel (COP) de 5. Cela signifie qu'une unité d'énergie électrique peut être transformée en 5 unités d'énergie thermique ou encore : au lieu d'utiliser un chauffage au mazout ou au gaz, il suffit d'un cinquième de l'énergie pour couvrir les mêmes besoins de chauffage avec une pompe à chaleur.

Mais il n'est pas nécessaire d'avoir des bâtiments modernes et bien isolés pour pouvoir utiliser des pompes à chaleur. Un projet de l'institut Fraunhofer ISE, mené sur plusieurs années, est parvenu à la conclusion que même dans les bâtiments existants (plus ou moins bien isolés - besoin médian de chauffage de 110 kWh/m² par an), les pompes à chaleur atteignent un COP d'environ 3,1¹⁷. De plus, une étude récente de l'IFEU de Heidelberg a révélé que les températures de départ des pompes à chaleur pouvaient être réglées à 55°C¹⁸. Cela signifie que les pompes à chaleur peuvent également être utilisées avec des radiateurs individuels à basse température et pas seulement avec des chauffages de surface (comme c'est actuellement le cas dans les bâtiments modernes - et c'est là aussi judicieux).

L'orientation et l'architecture des bâtiments peuvent également apporter une contribution. Les bâtiments modernes dotés d'un grand mur de fenêtres orienté vers le sud peuvent, même en hiver, couvrir la quasi-totalité de leurs besoins en chaleur par le seul rayonnement solaire les jours d'ensoleillement. Lors de la construction de nouveaux bâtiments, il faut donc veiller autant que possible à orienter les espaces de vie et de séjour vers le sud. De manière générale, lors de la construction, l'accent devrait être mis sur la fonctionnalité plutôt que sur l'art ou l'apparence, même si les deux peuvent être facilement combinés dans la plupart des cas.

¹⁶ Règlement grand-ducal du 9 juin 2021 concernant la performance énergétique des bâtiments

¹⁷ <https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-smart-im-bestand/german/index/index.html>

¹⁸ <https://www.ifeu.de/projekt/energieeffizienz-als-tueroeffner-fuer-erneuerbare-energien-im-gebäudebereich/>

Le choix des matériaux peut également être rendu plus durable. Le béton (en raison de la production de ciment) et l'acier ayant une empreinte carbone très élevée, la construction en bois devrait être privilégiée autant que possible. Il est absolument nécessaire que les entrepreneurs, petits ou grands, changent leur façon de penser et s'intéressent à des matériaux de construction alternatifs et respectueux de l'environnement afin de dire adieu au béton et à l'acier, nuisibles au climat. Dans les cas où il ne sera pas possible d'opter pour des matériaux alternatifs, des mesures de compensation devront être prises pour neutraliser entièrement les émissions de CO₂ générées.

Les considérations ci-dessus montrent l'importance de la rénovation et de l'isolation des bâtiments existants. Selon le plan national énergie-climat, le gouvernement luxembourgeois vise une augmentation de l'efficacité de 40 à 44%¹⁹ dans le secteur des GHD et des ménages. Cela permettrait de réduire les besoins en énergie à 5.500 GWh. Le remplacement des anciens systèmes de chauffage par des pompes à chaleur modernes devrait permettre de réduire encore cette quantité d'énergie, même si l'énergie électrique augmente, de sorte qu'il est définitivement possible d'alimenter l'ensemble du secteur GHD et des ménages avec un maximum de 5.000 GWh.

Toutefois, pour atteindre cette augmentation de l'efficacité, le parc immobilier existant doit être rénové dans une large mesure. Comme la rénovation est très coûteuse, d'autres mesures doivent absolument être prises par le gouvernement et d'autres acteurs. On pourrait par exemple imaginer la création de coopératives de citoyens dans lesquelles on investirait son argent en tant que membre de la coopérative et qui prêteraient ensuite cet argent à des particuliers à un taux d'intérêt très avantageux. Les intérêts ainsi perçus pourraient ensuite être reversés aux membres de la coopérative sous forme de bénéfices. Mais les institutions monétaires traditionnelles, comme les banques, pourraient également apporter leur contribution en accordant des prêts très avantageux. Actuellement, le taux de rénovation annuel des bâtiments résidentiels n'est que de 0,4 à 1,0%²⁰.

Depuis 2010, seuls 55 projets de rénovation ont été entrepris dans des bâtiments publics. Afin d'augmenter ces taux de rénovation énergétique, le gouvernement a récemment mis en place de nouveaux régimes d'aide publique dans le cadre de la loi révisée sur la promotion de la durabilité, de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables²¹ dans le secteur du logement. Ces mesures sont très bienvenues, mais ne suffisent pas à rendre la rénovation énergétique possible pour chaque ménage. Il faut donc que le gouvernement continue à accorder des subventions massives. Comme l'argent ne vaut rien sur une planète inhabitable, il faudrait le dépenser au préalable dans des projets durables.

¹⁹ <https://environnement.public.lu/fr/actualites/2020/05/pnec.html>

²⁰ Réponse du ministre Turmes à une question parlementaire des députés Mars di Bartolomeo et Yves Cruchten : <https://chd.lu/wps/portal/public/Accueil/TravailALaChambre/Recherche/RoleDesAffaires?action=doQuestpaDetails&id=23135>

²¹ Loi du 7 avril 2022 modifiant la loi modifiée du 23 décembre 2016 instituant un régime d'aides pour la promotion de la durabilité, de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des énergies renouvelables dans le domaine du logement

1.3 LE SECTEUR INDUSTRIEL LUXEMBOURGEOIS

Le secteur industriel luxembourgeois est très énergivore : avec 11.000 GWh, l'industrie était responsable d'environ 21,1% de la consommation totale d'énergie en 2019.

Ce pourcentage élevé s'explique par la présence d'activités industrielles à forte intensité énergétique sur une petite surface. Les industries de l'acier, du verre et du ciment, en particulier, ont besoin de grandes quantités d'énergie pour atteindre les températures élevées nécessaires au fonctionnement de leurs processus. Les industries luxembourgeoises à forte consommation d'énergie font toutes partie du système ETS et sont donc exclues de la loi sur le climat. L'industrie non-ETS au Luxembourg a besoin de beaucoup moins d'énergie (3.500 GWh en 2019).

Pour réduire la consommation d'énergie de l'industrie, il faut introduire des méthodes de processus plus efficaces et, là où c'est possible, passer des installations alimentées au gaz et au mazout aux fours électriques. L'hydrogène aura également une application dans l'industrie. Toutefois, étant donné que la production d'hydrogène est assez coûteuse, le Luxembourg misera probablement sur l'importation d'autres pays, ce qui rend d'autant plus importante l'amélioration de l'efficacité des processus pour réduire les coûts. Une partie de l'énergie est également utilisée pour chauffer les bâtiments. Comme nous l'avons déjà décrit, l'isolation des bâtiments recèle un fort potentiel d'économies.

Le secteur industriel luxembourgeois ne recèle pas un potentiel d'économies d'énergie aussi important que les autres secteurs. Les processus de transformation et d'économie nécessaires ont de toute façon lieu dans l'industrie par intérêt personnel. Les innovations qui vont au-delà de l'intérêt propre de l'industrie devraient être accompagnées et encouragées activement. Par exemple, on pourrait utiliser davantage de chaleur industrielle pour chauffer les logements environnants.

On pourrait également capturer le CO₂ inévitablement produit par certaines industries (c'est-à-dire ne pas le rejeter dans l'atmosphère) et le stocker dans des dépôts définitifs ou le transformer en méthane à l'aide d'hydrogène. Ce méthane peut être injecté dans le réseau de gaz existant et brûlé ici et là dans des chaudières à gaz. Mais dans ce cas, il faudrait prendre des mesures de compensation, par exemple en plantant des arbres ou en favorisant d'autres puits de CO₂.

Il existe également d'énormes surfaces imperméables vides dans l'industrie. Celles-ci devraient être équipées d'installations solaires. Ainsi, l'industrie pourrait contribuer à résoudre la crise climatique et énergétique, sinon en économisant l'énergie, du moins en développant fortement les énergies renouvelables.

POUR RAPPEL : L'INDUSTRIE ORIENTE EN PARTIE SON OFFRE EN FONCTION DU COMPORTEMENT DES CONSOMMATEURS. EN CONSÉQUENCE, IL FAUDRAIT CONSOMMER BEAUCOUP PLUS CONSCIEMMENT - MOT-CLÉ : SUFFISANCE.

LA VOIE VERS 100% D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

La réduction de la consommation nationale d'énergie à 10.000 GWh par an est un premier pas important. Mais si cette énergie est produite à partir de sources fossiles, rien n'est gagné. C'est pourquoi l'énergie doit provenir exclusivement de sources renouvelables.

En 2019, environ 4850 GWh (12,8%) de l'énergie totale non-ETS provenaient de sources renouvelables. Celles-ci se composaient de 2350 GWh d'électricité renouvelable importée, de 300 GWh d'électricité renouvelable produite localement et de 2.200 GWh provenant de la combustion de carburants biogènes (bois et biogaz) et synthétiques (biocarburant).

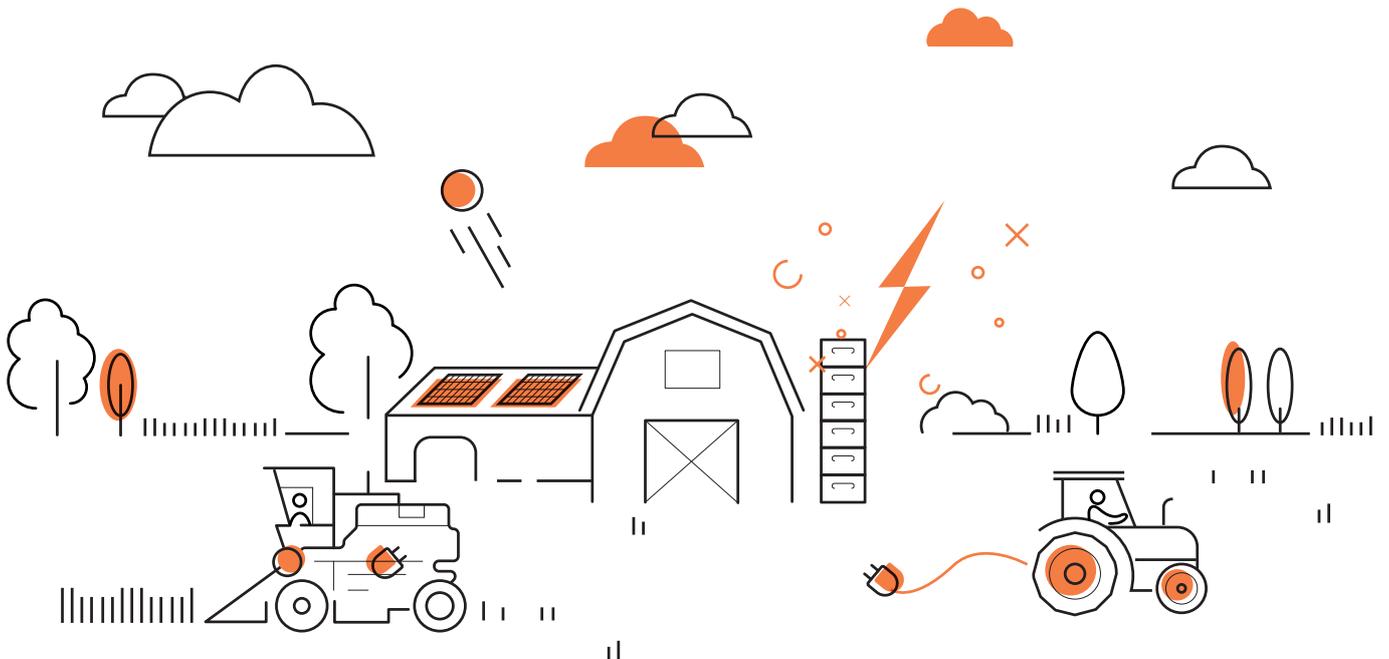
L'électricité renouvelable produite localement provenait à 18,9% de centrales hydroélectriques, à 56,5% d'éoliennes et à 24,6% de photovoltaïque²². Cependant, le Luxembourg produit également de l'électricité et de la chaleur à partir de déchets biogènes, de biomasse solide et de biogaz. Ces combustibles ont fourni environ 750 GWh d'énergie électrique et thermique. L'énergie provenant des carburants synthétiques (1450 GWh) est utilisée pour se déplacer dans le secteur des transports. Comme la combustion de carburants synthétiques n'est pas souhaitable pour la transition énergétique, on peut dire que la production d'énergie renouvelable ne s'est élevée qu'à 3.400 GWh.

Il faudrait donc développer d'autres sources d'énergie d'ici 2030, qui fourniraient 6.600 GWh par an.

La nature, la situation et la taille du Luxembourg ne permettent pas de développer une partie des différentes sources d'énergie renouvelable.

Certes, le Luxembourg produit actuellement une partie de son électricité à partir de centrales hydroélectriques, mais le potentiel est déjà entièrement exploité. La biomasse sous forme de bois ou de biogaz est également utilisée pour la production d'énergie. Cependant, le développement de ce secteur est également limité, car la superficie limitée du Luxembourg ne permet pas forcément de planter des arbres et des plantes énergétiques à grande échelle. Le potentiel de la biomasse peut certes être encore un peu exploité, mais la majeure partie de l'énergie devra être produite par l'énergie éolienne et solaire.

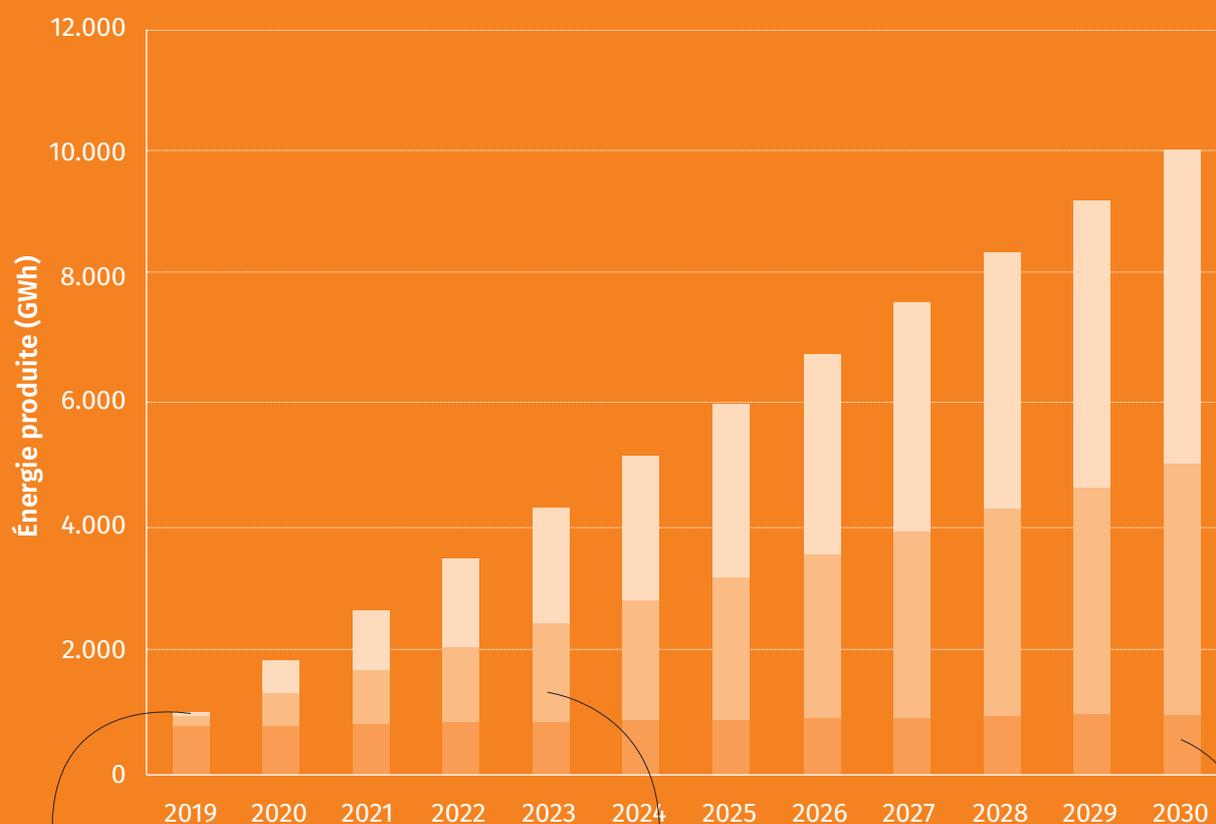
Pour atteindre les 10.000 GWh de production annuelle d'énergie visés, les scénarios suivants sont envisageables.



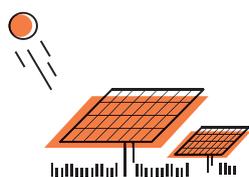
²² La valeur de 300 GWh représente l'énergie électrique produite à partir de l'eau, du vent et du soleil, qui est utilisée dans l'industrie non-ETS et dans le secteur des GES et des ménages. La valeur est inférieure à celle indiquée dans les statistiques de l'ILR en raison de la prise en compte de l'industrie non-ETS.

PRODUCTION COMPLÈTE AU LUXEMBOURG

En raison du développement limité de la biomasse et de l'hydroélectricité au Luxembourg, ces sources ne devraient fournir que 1.000 GWh d'ici 2030. Les 9.000 GWh restants devraient être couverts par l'éolien (4.000 GWh) et le photovoltaïque (5.000 GWh). Dans ce scénario, il faudrait ajouter chaque année 18 GWh de biomasse, 349 GWh d'énergie éolienne et 448 GWh d'énergie solaire. Cela correspond à l'ajout de 35 éoliennes (puissance de 5 MW) ainsi que de 2,7 km² de surface photovoltaïque par an.



Augmentation projetée (2020-2030) de l'énergie produite à partir de sources renouvelables selon le scénario 1.



Photovoltaïque
+448 GWh/an



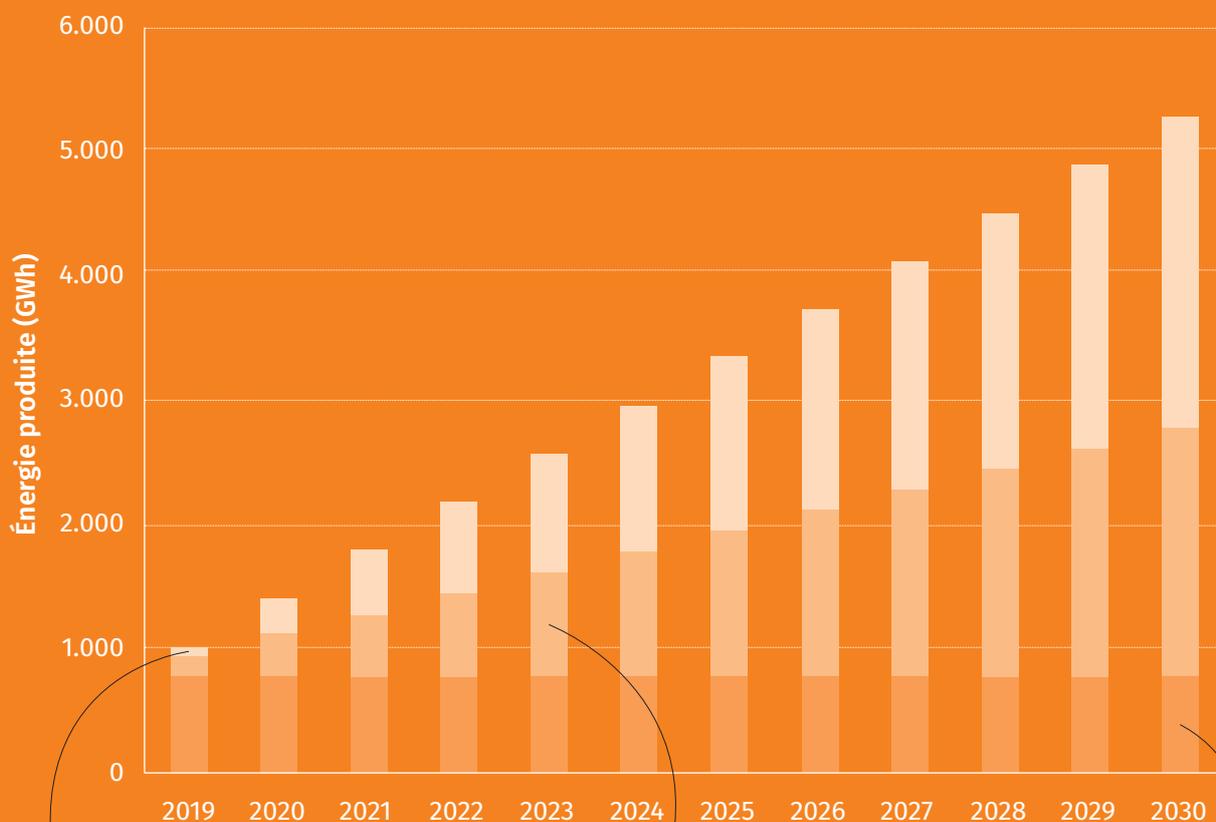
Vent
+349 GWh/an



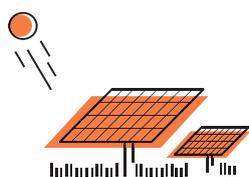
Biomasse & Hydro
+18 GWh/an

50% DE PRODUCTION LOCALE, 50% D'IMPORTATION

La lutte contre la crise climatique et la transition énergétique qui l'accompagne constituent un défi mondial. Personne ne demande à ce que chaque pays devienne autosuffisant. Comme le Luxembourg a toujours participé, de par sa situation géographique, au commerce avec d'autres États, il est envisageable qu'il continue à l'avenir d'importer une partie de sa consommation d'énergie. On pourrait ainsi imaginer que le Luxembourg ne produise que 50% de son énergie localement et importe le reste. Dans ce scénario, l'augmentation annuelle de la biomasse serait de 0 GWh (car il y en a déjà suffisamment), celle de l'énergie éolienne de 167 GWh et celle de l'énergie photovoltaïque de 221 GWh. Cela correspondrait à la construction annuelle de 17 éoliennes (puissance de 5 MW) et de 1,3 km² de surface photovoltaïque par an.



Augmentation projetée (2020-2030) de l'énergie produite à partir de sources renouvelables selon le scénario 2.



Photovoltaïque
+221 GWh/an



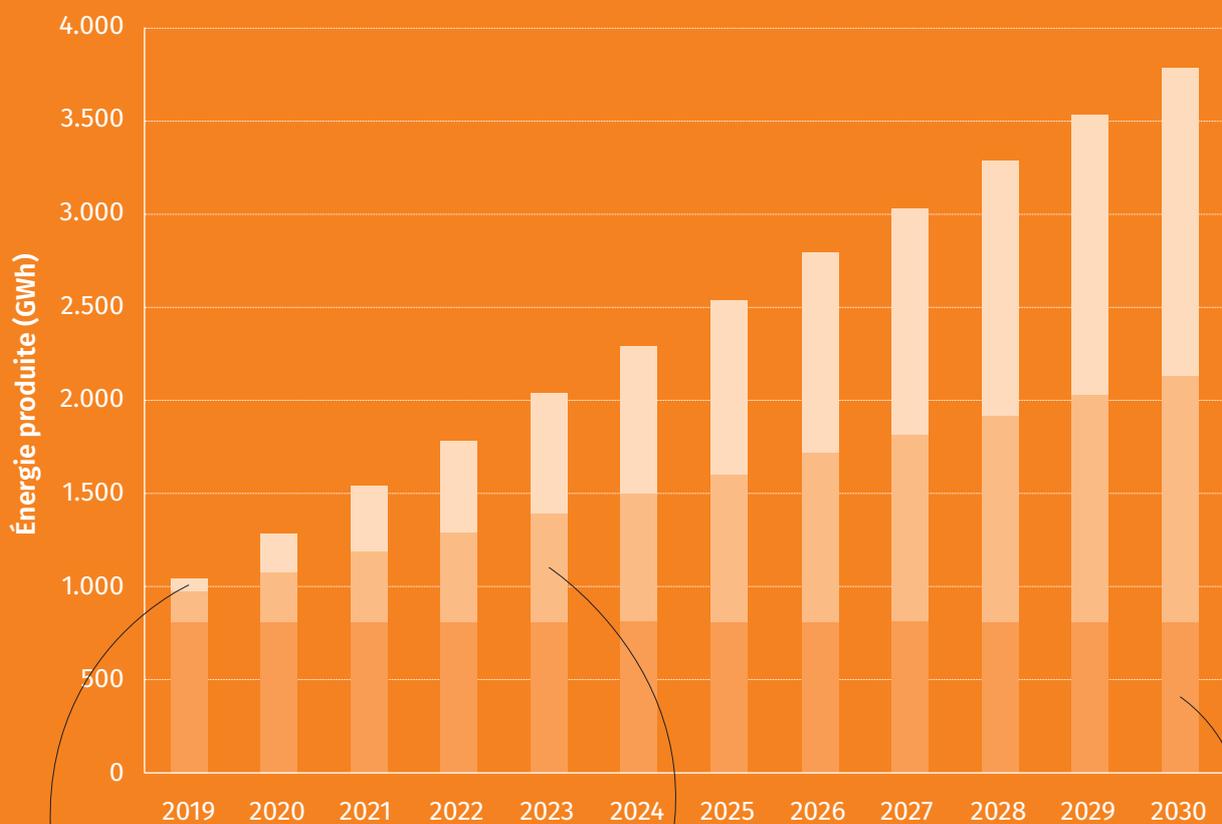
Vent
+167 GWh/an



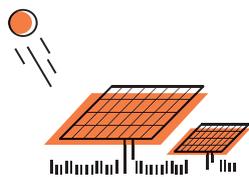
Biomasse & Hydro
+0 GWh/an

UN TIERS DE PRODUCTION LOCALE, DEUX TIERS D'IMPORTATION

Dans le cas où le Luxembourg ne produirait qu'un tiers de l'énergie dont il a besoin, il faudrait ajouter 107 GWh d'énergie éolienne et 145 GWh d'énergie solaire par an. Il ne serait pas nécessaire d'augmenter les capacités de biomasse. Ce scénario s'accompagne de l'installation annuelle de 11 éoliennes (puissance de 5 MW) et de 0,9 km² de surface solaire.



Augmentation projetée (2020-2030) de l'énergie produite à partir de sources renouvelables selon le scénario 3.



Photovoltaïque
+145 GWh/an



Vent
+107 GWh/an



Biomasse & Hydro
+0 GWh/an

MESURES POUR LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les scénarios susmentionnés montrent chacun un développement considérable, mais pas impossible, des sources d'énergie renouvelables au Luxembourg. Dans chacun des cas, les sources d'énergie renouvelables doivent être développées massivement et le plus rapidement possible ; dans la plupart des cas, il faut même installer chaque année plus de puissance que ce qui est déjà installé actuellement.

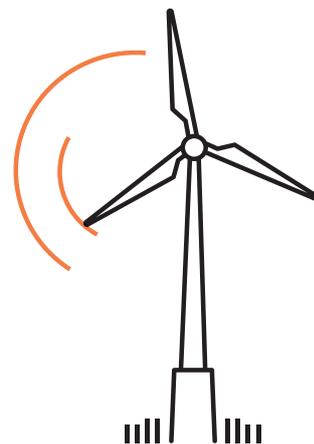
Les scénarios mentionnés ne sont pas gravés dans la pierre, mais indiquent seulement une direction générale. Le développement de l'énergie éolienne peut également être plus faible si l'énergie solaire est développée davantage.

Dans l'ensemble, il faudrait également essayer d'installer plus de puissance que nécessaire, ne serait-ce que pour le stockage. Certes, de nombreuses possibilités de stockage seront disponibles à l'échelle mondiale (pompage-turbinage, Power-To-X, centrales à gaz flexibles et durables), mais il sera également nécessaire de stocker l'énergie au Luxembourg sur des périodes plus courtes (batteries stationnaires, stockage thermique) et plus longues (Power-To-X, stockage thermique). C'est pourquoi il est absolument nécessaire d'éliminer toute pierre d'achoppement qui entrave le chemin vers le tournant énergétique et d'exploiter le grand potentiel des énergies renouvelables au Luxembourg.



DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

En ce qui concerne l'énergie éolienne en particulier, il existe de nombreux préjugés qui ne reposent sur aucune base factuelle. Des initiatives citoyennes sont régulièrement créées au Luxembourg afin d'entraver la construction d'éoliennes. L'un des principaux arguments contre la construction de telles installations est la prétendue nocivité des infrasons pour la santé, étant donné que les éoliennes sont généralement installées à moins de 1.000 mètres d'une localité. De tels arguments existent toujours, même chez nos voisins allemands²³, mais sont toujours rejetés par des médecins sérieux.



Récemment, une étude approfondie de l'Institut de l'environnement du Land de Bade-Wurtemberg a été publiée, qui réfute également ces arguments dans les faits²⁴. Il est intéressant de noter que cette même étude a conclu que les niveaux de pression acoustique à l'intérieur des voitures sont de plusieurs ordres de grandeur plus élevés qu'à une distance de 150 mètres d'une éolienne. On ne peut donc qu'espérer que les opposants à l'énergie éolienne fassent un grand détour par les voitures s'ils sont si inquiets pour leur santé.

Un autre argument populaire contre le développement de l'énergie éolienne est le danger qu'elle représente pour l'avifaune. Selon les anti-éoliens, les éoliennes seraient en effet responsables de la mort d'innombrables oiseaux. Mais cet argument est lui aussi rarement fondé sur des faits, et pourtant, il est allègrement répété. Le fait est que les pales de rotor sont fatales aux oiseaux. Cependant, un nombre beaucoup plus important d'oiseaux meurent sur les vitres des grands bâtiments, à cause du trafic routier et ferroviaire ou à cause des chats²⁵. L'exemple du milan royal est également volontiers cité et utilisé pour la politique symbolique contre le développement de l'énergie éolienne. Une étude récente, dans laquelle 700 milans royaux tués ont été équipés d'un GPS avant leur mort et les causes de leur décès ont été examinées, a abouti à la conclusion provisoire que les éoliennes se trouvent en septième position parmi les causes de décès²⁶. L'agriculture (poison, abattage) et le trafic routier ont été identifiés comme les causes de mortalité les plus probables. En Allemagne, le nombre de couples nicheurs de milans royaux est resté stable au cours des dernières années, de sorte que le développement important de l'énergie éolienne n'a pas d'impact significatif sur ces oiseaux²⁷.

La réfutation des arguments les plus courants contre le développement de l'énergie éolienne pourrait certainement remplir des livres et ne sera pas développée ici non plus. Il est sans doute vrai que l'érection des éoliennes constitue une atteinte à la nature. Il est également vrai qu'il existe des lois et des ordonnances qui protègent la nature et n'autorisent pas partout le développement des éoliennes.

Mais il n'est pas acceptable que des arguments insignifiants et des priorités erronées ralentissent le développement des énergies renouvelables et alimentent ainsi le réchauffement climatique. Ce dernier aura des effets bien plus dévastateurs sur la nature que n'importe quel développement de l'énergie éolienne. Il est absolument nécessaire d'assouplir les procédures d'autorisation et d'informer systématiquement les autorités sur les avantages et la nécessité de l'énergie éolienne.

En outre, il faut impliquer davantage les citoyens et les faire participer aux projets. En rendant les projets de parcs éoliens lucratifs pour les citoyens, il est possible d'augmenter l'acceptation nécessaire. Le troisième scénario, moins ambitieux, propose un développement de l'énergie éolienne de 11 éoliennes par an. Nous en sommes encore loin actuellement.

23 Pendant des années, l'Institut fédéral des géosciences et des matières premières avait publié des niveaux de pression infrasonore beaucoup trop élevés pour les éoliennes.

On a récemment appris que les niveaux calculés étaient environ 4.000 fois trop élevés en raison d'erreurs de calcul. Les erreurs ont depuis été reconnues et l'étude a été retirée.

Voir <https://www.cleantalking.de/infraschall-von-windkraftanlagen-wissenschaftler-holzheu-deckt-schwere-fehler-in-bgr-studie-auf/>

24 Voir par exemple <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/infraschall>

25 <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/ursachen-fuer-jaehrliches-vogelsterben-in-deutschland>

26 <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/rotmilan-windkraft-100.html>

27 Rotmilan und Windkraftausbau, BUND 2020, https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/energiewende/energiewende_naturschutz_rotmilan_windkraftausbau.pdf

DÉVELOPPEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE

Comparé à l'énergie éolienne, le photovoltaïque doit faire face à beaucoup moins de préjugés. Bien que de très nombreux agriculteurs aient rempli leurs granges et leurs étables d'installations solaires ces dernières années, motivés par les rémunérations extrêmement intéressantes du gouvernement, le photovoltaïque a encore un énorme potentiel de développement. De nombreux toits, qui se prêtent parfaitement à l'utilisation de l'énergie solaire, sont vides. Il semble que le citoyen moyen au Luxembourg préfère dépenser son argent dans une voiture coûteuse avec une garantie de dépréciation plutôt que de l'investir dans une installation photovoltaïque. Pourtant, une telle installation est aujourd'hui gratuite. L'argent que l'on dépense à l'achat²⁸ est récupéré au bout de 9 à 10 ans grâce au tarif de rachat de l'électricité. Chaque année supplémentaire apporte ensuite beaucoup d'argent sur le compte.

On n'a même pas besoin de fonds propres : comme une installation photovoltaïque appropriée est financièrement rentable, une banque met l'argent à disposition sans risque. Seuls les intérêts seraient à la charge de l'acheteur en cas de prêt. L'installation d'un système photovoltaïque sur son propre toit, si elle est possible, ne présente donc que des avantages. C'est pourquoi il devrait être obligatoire de prévoir une installation photovoltaïque dès le début de toute nouvelle construction. Les coûts supplémentaires sont négligeables par rapport aux coûts de construction ou de terrain. Si l'on ne dispose pas de son propre toit, on peut acquérir des parts dans ce que l'on appelle des coopératives citoyennes ou énergétiques, avec la perspective d'une participation aux bénéfices, et y mettre son argent à disposition pour la construction d'installations photovoltaïques²⁹.

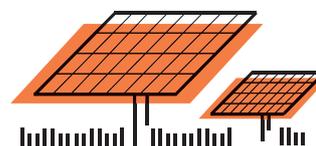
Les grandes surfaces de toitures des bâtiments publics et des entrepôts industriels offrent un potentiel plus important que les toits des maisons individuelles et des immeubles d'habitation. Là aussi, l'installation devrait être obligatoire. L'État, en particulier, devrait montrer l'exemple en encourageant le développement des installations photovoltaïques sur les bâtiments publics et en les rendant obligatoires. La protection des monuments historiques de différents bâtiments pourrait également être assouplie afin d'associer l'architecture historique et culturelle à des panneaux solaires modernes et esthétiquement efficaces.

Le développement du photovoltaïque sur les nombreux bâtiments industriels ou parkings contribuerait énormément à la transition énergétique. C'est pourquoi il devrait également être obligatoire d'équiper les nouveaux entrepôts ou les toits des parkings de la sta-

tion nécessaire. Il devrait également être obligatoire de fixer une structure supplémentaire sur le toit des bâtiments de grande consommation, qui sont généralement équipés d'installations de ventilation et de groupes électrogènes de secours, afin d'y installer de grandes installations photovoltaïques.

Un changement de mentalité de la part des chercheurs en urbanisme, des architectes et des ingénieurs en bâtiment serait souhaitable. Le photovoltaïque devrait être considéré comme une partie du bâtiment, au même titre que la maçonnerie ou les fenêtres. Il existe aujourd'hui de nombreuses possibilités d'intégrer le photovoltaïque dans les bâtiments, de sorte qu'il y en a pour tous les goûts et toutes les fonctions³⁰.

Le développement de la biomasse et de l'énergie éolienne est limité au Luxembourg en raison de la surface restreinte. Le photovoltaïque, en revanche, est beaucoup moins limité et possède un énorme potentiel car il est très efficace en termes de surface. Le graphique ci-dessous illustre l'utilisation des sols au Luxembourg. Pour atteindre l'objectif de développement de l'énergie solaire du 1er scénario, il faudrait produire environ 5.000 GWh d'énergie par an à partir d'installations photovoltaïques d'ici 2030. Cela correspondrait à une surface photovoltaïque installée de 30 km² - à peine 1,2% de la surface totale du pays. La surface bâtie imperméabilisée au Luxembourg correspond à elle seule à 254 km². Si on en équipait ne serait-ce que la moitié de cellules photovoltaïques, on pourrait produire une énergie annuelle de 21.000 GWh. Il serait même possible d'équiper jusqu'à trois quarts de la surface imperméable et de produire 31.500 GWh d'énergie annuelle. Ces exemples illustrent le potentiel impressionnant du photovoltaïque. Il n'est pas



28 Actuellement, environ 1.500 euros par kWp soit, pour une installation photovoltaïque sur une maison individuelle de 10 kWp, environ 15.000 euros.

29 Sur www.biergerpv.lu se trouve une carte avec les différentes coopératives d'énergie au Luxembourg.

30 Un guide sur l'intégration du photovoltaïque dans l'architecture est disponible sur www.archipv.lu

seulement nécessaire d'installer des panneaux sur des surfaces bâties scellées. Il existe également des possibilités de développement au-dessus ou le long des voies de circulation asphaltées.

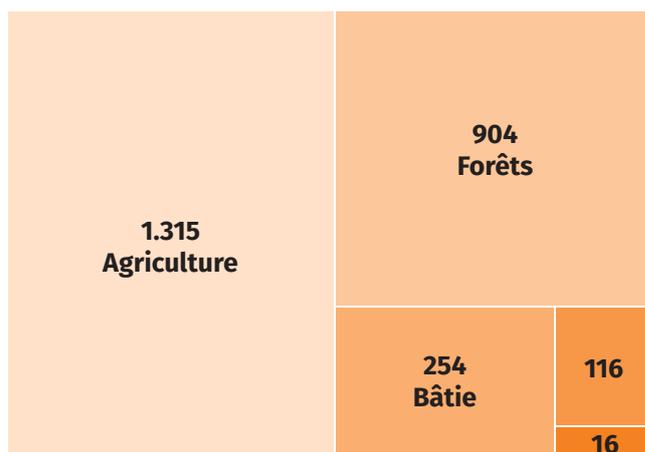
Le potentiel de développement massif sur les terres agricoles doit également être abordé. Actuellement, le développement du photovoltaïque sur les surfaces agricoles ou les prairies (AgriPV) suscite encore de nombreuses réserves. Dans la plupart des cas, l'argument avancé est que l'installation de panneaux solaires détruirait la biodiversité sur ces surfaces. C'est peut-être vrai dans certains cas, mais il existe aussi de nombreuses études qui prouvent le contraire^{31,32}. Il existe également de nombreux projets en Europe où l'on utilise une orientation horizontale des cellules solaires au-dessus des vergers pour les protéger des intempéries. Il est également possible d'installer les panneaux solaires à la verticale pour permettre aux machines agricoles de continuer à manœuvrer sans problème³³.

Il n'est pas possible de rejeter l'AgriPV au nom de la biodiversité et de ne rien faire en même temps contre l'exploitation agricole intensive, car cette dernière est le véritable destructeur de la biodiversité en raison de la fertilisation intensive et de la tendance à la monoculture. Même si l'agriculture ne contribue presque pas à la consommation d'énergie au Luxembourg, elle est responsable de 5,8% des émissions nationales de gaz à effet de serre. L'exploitation agricole intensive peut être réduite en diminuant considérablement la consommation de viande et de produits laitiers. Cela permettrait non seulement de défricher moins de surfaces forestières à l'échelle mondiale pour cultiver du

fourrage pour le bétail, mais aussi d'avoir la possibilité de renaturer les sols détruits par les engrais et de les combiner avec des installations photovoltaïques.

En installant les panneaux solaires de manière appropriée, il est possible d'utiliser la surface massive de l'agriculture pour produire de l'énergie sans pour autant devoir accepter une perte de l'exploitation agricole ou de la biodiversité.

Utilisation des sols Luxembourg 2019 (km²)



- Agriculture
- Forêts
- Bâtie
- Routes et rails
- Corps d'eau

Utilisation du sol au Luxembourg pour l'année 2019.
Données du STATEC.



31 Voir par exemple Solarparks – Gewinne für die Biodiversität, Studie des Bundesverbands Neue Energiewirtschaft (bne) e.V., November 2019

32 Agri-Photovoltaik : Chance für Landwirtschaft und Energiewende 2022 – Fraunhofer ISE - <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/agri-photovoltaik-chance-fuer-landwirtschaft-und-energiewende.html>

33 Voir par exemple www.agripv.lu

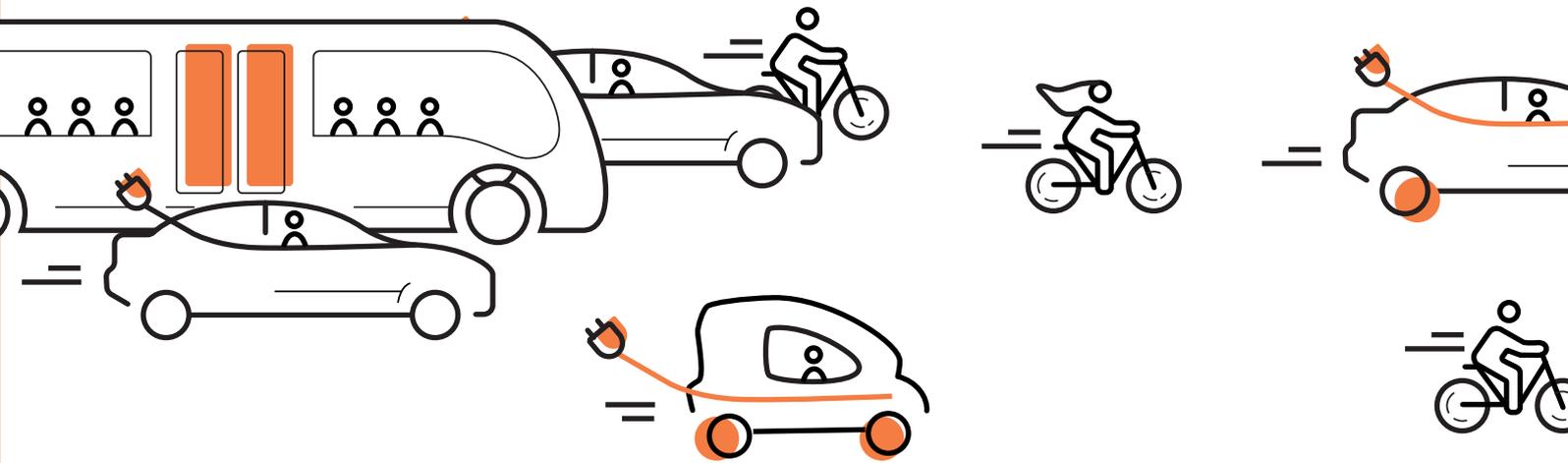
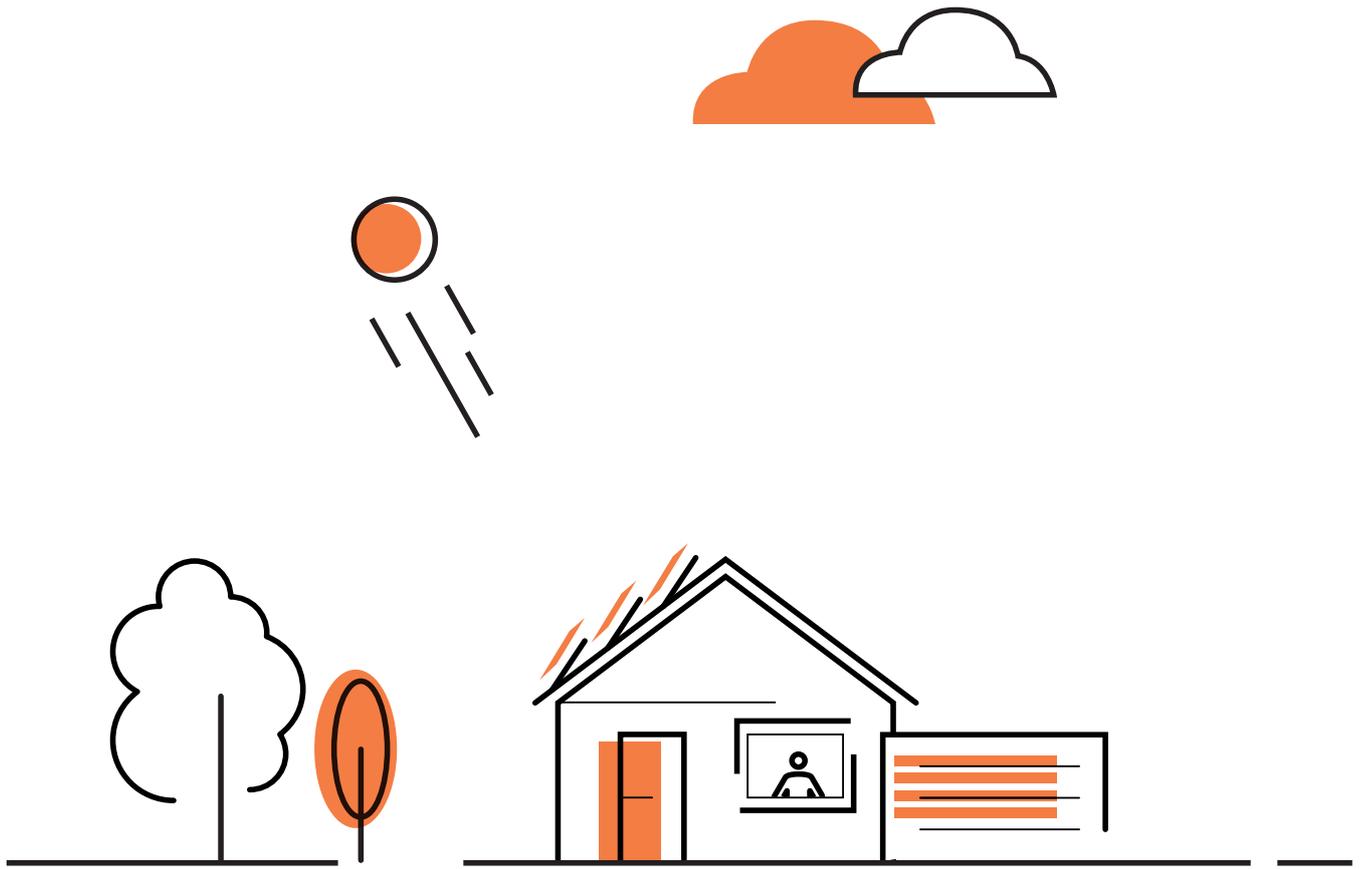
PRENONS LES CHOSES EN MAIN

La réalisation des objectifs climatiques et énergétiques du Luxembourg, qui visent à mettre le pays sur la voie de la neutralité totale en matière de CO₂ en 2050, ne peut réussir que si le comportement des consommateurs est repensé et modifié. Les émissions de gaz à effet de serre par capita et la consommation d'énergie par capita sont très élevées.

Pourtant, tous les secteurs offrent un énorme potentiel d'économie. Dans le secteur du transport routier, il est possible de réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre en développant le réseau routier public, en promouvant la mobilité douce et en mettant fin au tourisme de l'essence. Les secteurs de l'industrie, des biens de consommation courante et des ménages peuvent également réduire les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie grâce à l'innovation et au passage à des technologies respectueuses de l'environnement. Dans l'agriculture, il est possible d'assurer la production de nourriture et d'énergie en combinant intelligemment l'AgriPV et la culture durable.

L'histoire de l'humanité sur Terre remonte à des millions d'années. Pour que l'homme puisse continuer à exister sur une planète habitable et ne pas s'éteindre dans les 100 prochaines années, il faut mettre un terme aux crises du climat et de la biodiversité. Cela ne peut se faire que si tout le monde s'y met, peu importe que l'on se considère comme une puissance mondiale ou comme un simple grain de riz.

Le Luxembourg, l'un des pays les plus prospères du monde, a l'obligation d'amorcer le tournant énergétique. Pour ce faire, la consommation d'énergie doit être réduite à 10.000 GWh par an d'ici 2030 et seules des sources d'énergie renouvelables doivent être mises en service. Le tournant énergétique ne doit pas être retardé davantage, il ne faut pas continuer à se morfondre sur les erreurs du passé.



**LE MEILLEUR
MOMENT POUR
AMORCER LES
CHANGEMENTS
POSITIFS ÉTAIT
IL Y A 30 ANS,
LE PROCHAIN
MOMENT LE PLUS
OPPORTUN EST
MAINTENANT.**

