



Les politiques de transition énergétique du Luxembourg

*L'impératif climatique
sous contraintes multiples*

*Laurent Braun, Tom Eischen, Andrew Ferrone,
Tom Haas, Claudia Hitaj, Frédéric Meys,
Gaston Trauffler, Raphaël Trotignon.*

idea
III

En tant que laboratoire d'idées, IDEA s'est donné une mission qu'elle tâche de remplir depuis près de dix ans désormais, celle de susciter et d'alimenter un débat public de qualité par des propositions constructives pour répondre aux défis socioéconomiques d'envergure.

Auteurs :

Laurent Braun, Tom Eischen, Andrew Ferrone, Tom Haas, Claudia Hitaj, Frédéric Meys, Gaston Trauffler et Raphaël Trotignon.

Édition : Vincent Hein et Frédéric Meys.

Illustration de couverture : Frédéric Meys



© Janvier 2025, IDEA a.s.b.l.

www.fondation-idea.lu | info@fondation-idea.lu

Sommaire

Introduction - La transition énergétique au Luxembourg : état des lieux, contraintes et conséquences, <i>par Frédéric Meys</i>	5
États-Unis, Chine, Union européenne : objectifs convergents, stratégies divergentes, <i>par Raphaël Trotignon</i>	17
Politique climatique : aller plus loin pour initier un vrai changement de comportement, <i>par Andrew Ferrone</i>	29
L’empreinte carbone du Luxembourg et le chemin vers la neutralité, <i>par Claudia Hitaj</i>	43
Transition énergétique : Défis et perspectives du Luxembourg face à l’impératif climatique, <i>par Tom Eischen</i>	59
What the energy transition implies for Luxembourg’s industry, <i>par Gaston Trauffler</i>	73

Frédéric Meys

Introduction
La transition énergétique au
Luxembourg : état des lieux,
contraintes et conséquences

Frédéric Meys, Economiste, IDEA

Introduction

Il n'est plus nécessaire de revenir sur les raisons qui sous-tendent la transition et la nécessité vitale de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), les événements météorologiques extrêmes récents, proches du Luxembourg sont suffisants...

L'enjeu d'aujourd'hui et de demain porte surtout sur « comment » atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES fixés pour 2030 et 2050. En effet, l'Union européenne (UE) s'est engagée dans différents traités, dont l'Accord de Paris, à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Cela se traduit en objectifs de réduction des émissions pour chaque Etat membre d'ici 2030, une « première étape », dont la mise en application est reprise dans des documents « plan nationaux énergie climat » (PNEC)¹. Pour le Grand-Duché, le but est d'atteindre une réduction des émissions de GES de 55% par rapport à 2005, une augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale à hauteur de 37% ainsi qu'une amélioration de l'efficacité énergétique qui devrait entraîner une baisse de consommation de 42% par rapport à un scénario de référence².

¹ Il convient de noter que le PNEC ne prend en compte que les émissions de GES sur le territoire national et ne tient pas compte des importations et exportations de biens et services. Plus d'informations sur cette distinction importante dans le texte de Claudia Hitaj « L'empreinte carbone du Luxembourg et le chemin vers la neutralité ».

² Au niveau international deux grands blocs économiques, la Chine et les Etats-Unis ont choisi des chemins différents pour

Est-ce que les progrès récents sont suffisants et permettent d'atteindre les objectifs fixés ?

Le Luxembourg a déjà pris plusieurs mesures dans sa route vers une réduction de ses émissions de GES. Entre 2005 et 2022, le pays a notamment mis en œuvre diverses initiatives pour favoriser l'efficacité énergétique, augmenter la part des énergies renouvelables dans son mix énergétique et encourager l'électrification des transports. Concrètement, cela s'est traduit par une diminution de 30% des GES³ et par une augmentation de la consommation électrique dans le mix énergétique. Ce dernier est un point-clé : le PNEC met l'accent sur l'électrification du pays, au niveau de la production et de la consommation (voitures électriques, pompes à chaleur...).

L'analyse par secteur montre des trajectoires différentes : certains ont connu une baisse plus marquée d'émission de GES (voir la figure 3). Secteur clé, le transport a vu ses émissions de GES se contracter de 43% entre 2005 et 2023. L'introduction en 2021 d'une taxe carbone⁴, d'un

réduire leurs émissions. L'article « États-Unis, Chine, Union européenne : objectifs convergents, stratégies divergentes » de Raphaël Trotignon apporte plus d'explications sur ces différentes approches.

³ Source Tableau 39 du PNEC, périmètre « effort sharing regulation » ou « loi climat » (hors système d'échange de quotas d'émission de l'UE).

⁴ Un montant de 20 euros la tonne de CO₂ a été instauré et a progressivement été augmentée pour atteindre 35 euros début

Introduction

niveau très faible, n'a eu que peu d'impact sur le différentiel de prix à la pompe avec les pays limitrophes mais semble porter ses fruits sur la réduction de la vente de carburant sur le territoire national⁵.

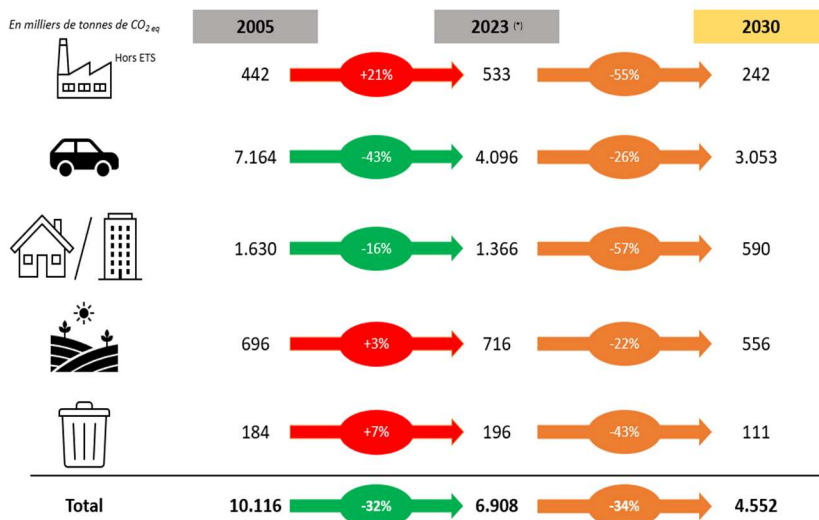
Du côté du développement des énergies renouvelables, on constate une augmentation de leur part dans la consommation finale brute d'énergie, atteignant environ 11,5% en 2022. Le secteur des bâtiments a également bénéficié de politiques incitatives⁶ pour améliorer l'efficacité énergétique, avec des programmes de rénovation visant à réduire la consommation d'énergie dans le parc immobilier résidentiel et commercial, entraînant une baisse de 16% des émissions constatées entre 2005 et 2023. La diminution de la demande d'énergie comme le gaz due à l'augmentation des prix a certainement joué un rôle également.

2024. Le gouvernement prévoit de poursuivre la hausse annuelle jusqu'à 45 euros en 2026. Voir à ce sujet le Décryptage n°29 : « Le Luxembourg, bon élève en matière de taxation carbone ? » disponible sur le site d'IDEA.

⁵ L'écart de prix pour le diesel par exemple est resté relativement stable autour de 20 cents par litre entre le tarif luxembourgeois et la moyenne des prix des pays frontaliers. Entre 2021 et 2024, la moyenne mobile sur 6 mois montre une baisse de 16% du total des livraisons brutes (source : STATEC).

⁶ Entre mars 2017 et 2022 l'Etat avait octroyé 12.000 subsides pour un montant de 73,2 millions d'euros.

Frédéric Meys



(*) bilan provisoire des émissions de gaz à effet de serre tel que renseigné sur le site environnement.public.lu

Figure 1 : évolution des émissions de GES entre 2005 et 2022 (périmètre hors ETS)

Cependant, la route est encore longue et les contraintes nombreuses.

Contraintes structurelles et économiques de la transition énergétique

Le Grand-Duché, par sa taille et son économie dynamique, est fortement tributaire de l'étranger avec une importation de près de 88%⁷ de ses besoins en énergie primaire. La nature de cette énergie consommée s'est progressivement modifiée et la quantité s'est réduite, surtout en tenant

⁷ Source : STATEC, Statnews du 12/2023, « Le Luxembourg reste une société fortement carbonée mais de moins en moins gourmande ».

Introduction

compte de l'augmentation du nombre d'habitant (figure 2).

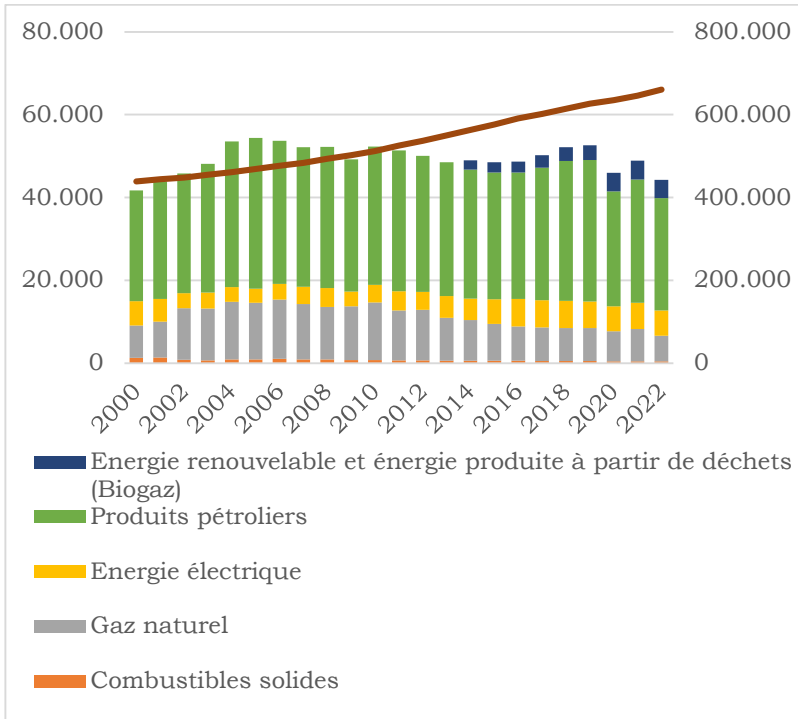


Figure 2: Livraison intérieure brute par type d'énergie en GWh et population totale (axe de droite). Source : STATEC⁸

⁸ La partie « énergie renouvelable et énergie produite à partir de déchets (biogaz) » ne comprend pas l'électricité produite à partir de sources renouvelables qui est reprise dans la rubrique « énergie électrique ».

Néanmoins, l'énergie consommée est toujours largement dominée par les produits pétroliers (62% de la consommation totale en 2022).

Malgré une volonté politique réaffirmée dans l'accord de coalition de mener le pays vers un avenir décarboné⁹, des contraintes d'ordre structurel, économique et démographique sont à dénombrer.

En effet, l'adoption de nouvelles technologies demandent des investissements supplémentaires, sans garantie de retour financier relativement rapide et qui nécessite donc un accompagnement (par exemple sous formes de subsides)¹⁰, impactant le budget de l'Etat. Il est à noter que le budget 2025 prévoit plus d'un milliard d'euro (soit 1,2% du PIB) en investissement pour le climat.

Le développement des infrastructures de production d'énergie renouvelable à grande échelle est contraint par la densité et la taille du pays. Le solaire et l'éolien, qui sont les principales sources d'énergie renouvelable envisagées, nécessitent des surfaces importantes (parcs solaires) ou spécifiques (éoliennes), difficiles à intégrer sur un territoire où la pression foncière est élevée. De même le développement de ces énergies renouvelables

⁹ L'accord de coalition mentionne l'objectif de la neutralité climatique des administrations étatiques et des transports publics en 2030.

¹⁰ L'article "What the energy transition implies for Luxembourg's industry" de Gaston Trauffer apporte un éclairage sur l'impact de la transition sur le monde industriel luxembourgeois.

Introduction

implique, étant donné leur plus grande intermittence, un renforcement du réseau électrique¹¹. Les progrès sont à souligner, l'Institut Luxembourgeois de Régulation nous renseigne une capacité installée de production éolienne et solaire de 710 MW¹², suffisant pour répondre à 13% de la consommation nationale d'électricité. En 2030, le PNEC prévoit une puissance installée combinée de 1.689 MW plus que doublée, pour permettre d'atteindre 39% de la consommation électrique totale estimée à 8.126 GWh¹³. Les récents chiffres de progression de la capacité de production installée montre que cela est possible mais demande davantage d'une main d'œuvre qualifiée et un soutien de l'Etat (subsides ou autres formes d'aide).

Actuellement, les conditions de marché ne permettent pas spontanément une impulsion suffisante. La transition implique de changer les équipements utilisant l'énergie fossile à l'électricité (verte). Etant donné que les décisions d'investissements se font principalement à l'aune

¹¹ Le nouvel équilibre à trouver entre la sécurité de l'approvisionnement, la durabilité environnementale et l'efficacité énergétique est développé plus en détails dans l'article « Transition énergétique : Défis et perspectives du Luxembourg face à l'impératif climatique » de Tom Eischen.

¹² MW = megawatt soit 1 million de watts, unité de mesure de la puissance (électrique).

¹³ GWh = gigawat- heure, soit 1 milliard de watts pendant 1 heure, qui est une mesure de l'énergie produite, consommée ou stockée en un temps donné. Source PNEC 2024, tableaux 54 et 55.

d'un calcul de rentabilité, le maintien d'un prix de l'électricité à un niveau abordable, en comparaison avec les alternatives carbonées, est primordial pour donner un signal prix clair. En outre, pour permettre une acceptation sociale de cette transition, l'impact sur le niveau de vie des ménages doit être surveillé de près. A ce titre, les populations les plus à risque de paupérisation doivent d'autant plus être soutenues.

La complexité de l'électrification des transports

Principale source d'émission de GES au Grand-Duché¹⁴, la décarbonation du secteur du transport reste cruciale pour atteindre les objectifs fixés. Ce secteur cristallise les contraintes auxquelles fait face le pays : le parc automobile total devrait être composé de 49% de véhicules électriques ou hybrides¹⁵ d'ici à 2030. Or cette part n'atteint que 8,1% fin 2023. A moins d'une accélération significative de la part de l'électrique dans l'immatriculation de nouveaux véhicules, il est peu

¹⁴ En 2022, l'inventaire national des GES renseignait une part de 55% des émissions dues au transport dans le total.

¹⁵ Les moteurs hybrides n'ont pas le même impact de réduction des émissions de GES qu'une petite voiture purement électrique. Plusieurs études ont montré que si la partie électrique n'était pas correctement utilisée (par exemple via des recharges régulières), le surpoids de ce type de véhicules entraînait une hausse des émissions, à des niveaux bien plus importants qu'annoncés par les constructeurs. Voir à ce sujet :

https://climate.ec.europa.eu/document/download/b644daffe-1385-4b56-98d9-21e7e9f3601b_fr

Introduction

probable que l'objectif soit atteint¹⁶. Pourtant, l'électrification des transports est l'un des leviers essentiels pour réduire les émissions du secteur, mais elle présente des défis particuliers. En effet, c'est en grande partie le « tanktourismus »¹⁷ qui est responsable de la consommation de diesel et d'essence, très bénéfique au budget de l'Etat¹⁸. Un nouvel équilibre, soit en dégageant de nouvelles ressources, soit en diminuant les dépenses mais tout en restant aligné avec les objectifs climatiques devra être trouvé d'ici quelques années.

Un moment charnière pour la transition

L'enjeu de la transition est multiple, en premier lieu le respect des engagements pris par un (petit) pays (riche), présentant un ratio d'émission par personne très élevé¹⁹. Afin d'ajouter du poids aux négociations internationales, le respect de la trajectoire de décarbonation est un argument vis-à-vis des autres blocs commerciaux. L'intérêt

¹⁶ Voir à ce sujet Actualité et Tendances N°28 : « Voitures électriques au Luxembourg : maîtriser la transition face aux défis » de la Chambre du Commerce.

¹⁷ Voir à ce sujet le Décryptage 30 : « À Addi Tanktourismus ? – Les effets potentiels », disponible sur le site d'IDEA.

¹⁸ Les revenus étatiques provenant de la vente de carburant sont relativement stables mais si le différentiel de prix à la pompe tend à se réduire, l'Etat pourrait perdre une partie des 870 millions d'euros de droit d'accise (chiffre pour l'année 2023).

¹⁹ Eurostat renseigne un 14,5T/CO_{2eq} par habitant en 2022, soit le premier pays européen.

stratégique d'une plus grande indépendance aux énergies fossiles est bien sûr appréciable.

Il s'agit de préparer l'avenir et se positionner, en tant qu'économie concurrentielle, précurseur sur les domaines environnementaux et sociaux. Le Luxembourg se trouve à un moment charnière de sa transition énergétique. Si des efforts substantiels ont été accomplis, notamment à travers le PNEC et diverses initiatives dans les secteurs de l'énergie et des transports, le pays fait face à des contraintes significatives qui complexifient sa trajectoire vers la neutralité carbone. La situation internationale joue un rôle important pour le Luxembourg, dépendant des importations d'énergie mais également pour l'Europe, dans un contexte d'augmentation des tensions avec certains fournisseurs habituels. L'élection de Donald Trump pour un second mandat pourra également être source de turbulences économiques (augmentation des droits de douane, politiques favorisant le développement économique sur le sol américain, remise en cause des accords internationaux...) Pour réussir sa transition, le Luxembourg devra surmonter des défis structurels dans un contexte conjoncturel incertain en accélérant l'innovation, l'investissement dans les infrastructures, l'aménagement urbain²⁰ et en modifiant la gestion de la demande énergétique (réduire la consommation d'énergie, électrifier et

²⁰ Voir à ce sujet « Une vision territoriale pour le Luxembourg à long terme » de la Fondation IDEA et le projet « Luxembourg in Transition » : <https://luxembourginttransition.lu/en/> .

Introduction

décarboner nos modes de production et de transport).

Raphaël Trotignon

**États-Unis, Chine, Union
européenne : objectifs
convergenents, stratégies
divergentes**

Raphael Trotignon, Directeur du pôle énergie-
climat, Rexecode

Une fracture stratégique est en train de se dessiner sur la question climatique entre les Etats-Unis, la Chine et l'Union européenne. Aucune des trois zones n'est sur une trajectoire compatible avec l'objectif de neutralité carbone. De nouveaux efforts sont donc nécessaires et la décennie qui vient est cruciale. Dans le même temps, les résultats économiques de l'Europe sont de plus en plus décalés face aux deux autres grandes zones économiques comme l'a montré le rapport de Mario Draghi (perte de productivité, compétitivité de plus en plus remise en cause, prix de l'énergie beaucoup plus élevés...). Or, si la décarbonation pèse sur la croissance, il sera de plus en plus difficile de la financer et de la faire accepter. Il faut tout à l'inverse trouver les meilleurs moyens de concilier croissance économique et décarbonation mondiale. Il semble que la Chine, et dans une moindre mesure les États-Unis, appliquent mieux ce précepte que nous, européens.

Panorama de la situation actuelle

Les émissions brutes annuelles de gaz à effet de serre (hors usage des terres) de l'ensemble du monde étaient en 2021 de 49 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ (CO_{2eq}). Les émissions de l'UE étaient de 3,5 milliards de tonnes, celles des Etats-Unis de 6,3 milliards de tonnes, près de deux fois plus que l'Union européenne, les émissions de la Chine de 14 milliards de tonnes, quatre fois plus

que l'Europe. Au total, elles représentent un peu moins de la moitié des émissions mondiales.

Un autre indicateur pertinent est la quantité de CO_{2eq} qui résulte d'un même niveau de production. Pour 1 000 dollars de production¹, les émissions de CO_{2eq} s'élevaient en moyenne à 175 kg dans l'Union européenne, 296 kg aux Etats-Unis et 576 kg en Chine. Tous ces niveaux baissent depuis un demi-siècle, les écarts diminuent aussi mais ils restent importants.

Le taux de la progression du PIB par habitant de la Chine a été divisé par près de 2 entre la décennie 2003-2013 et la décennie suivante. La progression du PIB par européen est quasiment la même que celle du PIB moyen par américain sur chacune des deux décennies, en partie grâce au rattrapage du retard des pays de l'Europe de l'Est et Centrale. Par ailleurs, depuis 2000 l'augmentation de la productivité du travail a été de 400% en Chine, de plus de 30 % aux Etats-Unis, de l'ordre de 15 % en moyenne au niveau européen.

Les objectifs affichés impliquent une rupture majeure pour tous les pays

Les « engagements volontaires » de réduction des émissions de gaz à effet de serre affichés par chaque pays en application de l'Accord de Paris sont explicités dans les *Nationally Determined*

¹¹ Les PIB sont convertis en \$US aux taux de change égalisant les pouvoirs d'achat en 2017

Contributions ou NDC (en français Contributions déterminées au niveau national). Les récentes NDC des pays ont été communiquées avant la COP28 entre 2020 et 2022. Elles reflètent l'inquiétude croissante, souvent exprimée par le GIEC, sur la probabilité de respecter les objectifs de l'Accord de Paris. Elles reconnaissent unanimement qu'une nette accélération de la réduction des émissions est nécessaire et qu'un changement politique majeur devrait être opéré sans délai.

Les objectifs affichés pour 2030 impliquent une rupture de tendance majeure pour tous les pays, et plus d'un doublement du rythme antérieur de baisse pour l'Union européenne, un rythme de baisse multiplié par 3 pour les Etats-Unis, un rythme de réduction encore plus marqué pour la Chine qui doit connaître un très net ralentissement, une stabilisation avant 2030, puis une baisse de près de 10 % par an par la suite, niveau jamais observé auparavant ni ailleurs pendant une période de 30 ans.

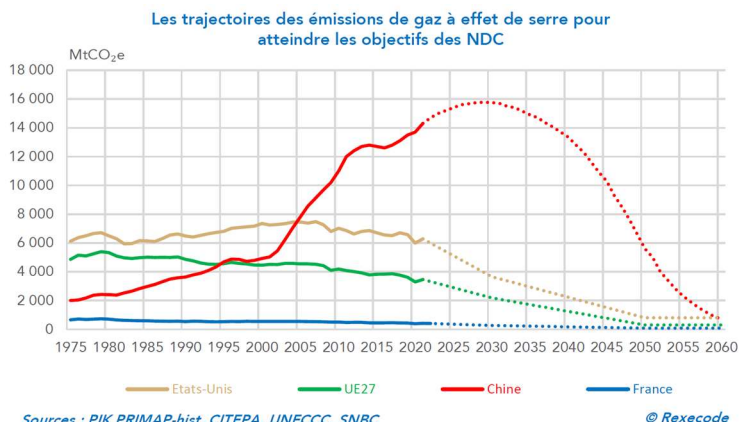


Figure 3: Les trajectoires des émissions de GES pour les objectifs fixés

Ces constats font clairement apparaître le caractère critique de la décennie actuelle. L'accélération souhaitable suppose des stratégies adaptées qui mettent en jeu la politique économique dans son ensemble.

Chine et Etats-Unis se démarquent de la stratégie de l'Union européenne

Les Etats-Unis ont engagé depuis peu une stratégie globale qui intègre les mesures climatiques dans la politique économique et sociale d'ensemble en réunissant trois objectifs : accélérer la réduction des émissions de carbone, enrayer la désindustrialisation et ses conséquences politiques, protéger la classe moyenne et développer l'accès aux programmes sociaux et de santé. Cette stratégie s'est concrétisée dans plusieurs lois

récentes : la loi *Infrastructures* (2021), la loi *Chips and Science Act* (2022) et *l'Inflation Reduction Act* (2022). L'impact des politiques incitatives est très visible sur l'évolution des dépenses de constructions industrielles. Ces dépenses ont décollé à partir de l'été 2022 et ont plus que doublé entre 2021 et 2023.

La politique climatique chinoise est un élément de la politique d'ensemble de la Chine dont les axes principaux sont d'ordre industriel et géopolitique. La politique industrielle de la Chine s'inscrit dans une longue tradition de planification et un fort engagement public dans les investissements industriels. Avec une longueur d'avance significative par rapport à d'autres pays, la Chine a conquis le marché des énergies renouvelables et elle est devenue un leader mondial de l'énergie solaire et des batteries pour véhicules électriques.

La pierre angulaire de la politique européenne de réduction des émissions est le Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQE), en anglais EU ETS (*Emission Trading System*) qui s'applique aux installations industrielles, au transport aérien et a été élargi récemment à certains incinérateurs de déchets. L'Union vise un plafond annuel d'émissions de CO_{2eq}. Les assujettis doivent mesurer leur niveau d'émissions et transférer, sous peine de pénalités, autant de quotas qu'ils ont émis de tonnes de CO_{2eq}. Ces quotas sont achetés sur un marché régulé et alimenté par l'UE (par distribution gratuite ou par vente aux enchères). Le SEQE

n'exclut pas d'autres interventions décidées dans des « paquets législatifs ». Le paquet Fit for 55 (« Ajustement à l'objectif 55 ») est un ensemble d'une quinzaine de textes qui posent des règles pour atteindre l'objectif : extension du SEQE, fonds social pour le climat, mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF), normes d'émissions de CO₂ pour les véhicules, directives sur les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, l'utilisation des terres, le méthane, l'énergie, le marché du gaz et l'hydrogène. En réaction à *l'Inflation Reduction Act* aux Etats-Unis, la Commission a en outre présenté le 1^{er} février 2023 un projet de règlement qui intègre explicitement des objectifs climatiques et des objectifs industriels, le *Net Zero Industry Act*.

Le risque pour l'Union européenne est de s'enliser dans une voie médiane

Le premier élément qui apparaît est la différence de philosophie générale des politiques menées dans les trois zones. Un aspect qui caractérise l'approche de la Chine est le rôle dominant et assumé des enjeux géopolitiques à la fois pour des raisons de puissance et des raisons de sécurité des approvisionnements. L'objectif de croissance est tout aussi crucial, comme l'objectif de développement industriel. L'objectif industriel ne semble pas conçu comme concurrent de l'objectif climatique. Bien au contraire, l'objectif climatique contribue à orienter l'objectif industriel. Les Etats-Unis ont une approche différente. L'objectif de

réduire les émissions de carbone, a fortiori de sortir des énergies fossiles, n'a été vraiment intégré que récemment. Les lois de 2021- 2022 marquent de ce point de vue un tournant. Elles traduisent clairement la volonté d'agir en même temps sur plusieurs plans : améliorer le fonctionnement des réseaux électriques, répondre au délitement industriel de certains territoires, élargir la classe moyenne, réduire l'intensité carbone de l'énergie consommée, et soutenir la croissance économique. La politique climatique est ainsi conçue comme une des composantes de la politique globale. L'Union européenne a une approche en partie dépendante de son organisation institutionnelle et des compétences qui lui sont déléguées. Il en résulte d'abord une structure décisionnelle à trois niveaux : de l'Union, des Etats et un niveau éventuel de décisions prises ensemble. Le rôle central attribué au marché des quotas appliqué à l'ensemble du territoire de l'UE correspond bien à cette organisation. Mais l'Union n'a pas de compétence générale en matière de finances publiques, ni même de politique industrielle. Sa capacité à intégrer la politique climatique dans une politique d'ensemble est donc limitée.

Le second élément différenciant est celui des leviers utilisés. Pour apprécier l'impact économique des politiques climatiques, on peut classer les leviers d'action selon qu'ils soient plutôt tournés vers une action sur l'offre ou la demande. Les investissements publics dans les infrastructures, la

recherche ou les projets industriels relèvent de la politique de l'offre, ainsi que, de manière plus indirecte, les subventions aux projets d'investissements privés et les crédits d'impôt. Du côté de la demande, les actions publiques les plus directes concernent les primes et aides aux particuliers (isolation des logements, achats des voitures électriques). La taxation du carbone ainsi que l'alternative marché des quotas visent à intégrer dans le prix des biens le coût collectif des émissions carbonées, pour en diminuer la demande. Enfin selon leur champ d'application, les normes et interdictions peuvent contraindre l'offre (les normes d'échappement de véhicules neufs) ou la demande (interdiction de circuler dans les zones à faible émission). L'examen des principaux leviers mis en œuvre révèle les positionnements privilégiés par les différents pays. La Chine privilégie clairement les leviers de la politique de l'offre, tels que les investissements directs et les fortes subventions tournés vers les productions industrielles à rendements croissants susceptibles de conquérir une part importante du marché mondial. Les Etats-Unis penchent désormais aussi, du côté de l'offre par des leviers moins directs, comme des subventions et crédits d'impôt largement tournés vers la production d'énergie propre sur le territoire américain. L'UE centre l'action sur la tarification du carbone et les dispositifs de marché (marché du carbone et mécanisme d'ajustement aux frontières) complétés par des mesures nationales souvent tournées vers

la limitation de la consommation d'énergie ou de production émettrice de CO_{2eq} et la stimulation de la demande verte. Ces différences d'approches sont importantes dans la mesure où le choix des leviers est au carrefour entre les politiques climatiques et les politiques économiques. Les premières ne sont pas neutres pour les résultats économiques. Les politiques tournées vers l'offre sont plus favorables à la croissance potentielle. Faute de choisir clairement, le risque pour l'UE est de s'enliser dans la « voie médiane ».

Réussir la décarbonation de l'UE

Les pays de l'Union européenne ont été parmi les premiers à prendre conscience de la problématique du climat. Un nouveau pas a été engagé en 2020 avec l'adoption du Green Deal. Une vive accélération du rythme de réduction des émissions de gaz à effet de serre est incontournable. Elle risque de peser sur l'expansion économique, et elle impliquera une transformation industrielle à marche forcée. La stratégie climatique devrait être, d'autant plus que dans le passé, pensée et conduite en cohérence avec l'objectif de compétitivité et d'indépendance industrielle afin de préserver la prospérité économique. L'action climatique relève à la fois des compétences exclusives (règles de concurrence sur le marché intérieur), des compétences partagées au titre de l'environnement, de l'énergie et de l'agriculture, et des compétences d'appui au titre de l'industrie. Le pilier central de la politique européenne de décarbonation est le

marché d'échanges des quotas. Il s'applique à tous de façon uniforme. D'autres mesures s'avèrent nécessaires et justifiées pour compenser des failles de marchés (primes, crédit d'impôts, aides publiques, ...). Elles relèvent pour partie du niveau de l'Union mais souvent du niveau national. Il faudrait sans doute s'interroger sur la cohérence entre ces mesures et leur coordination. Le logiciel de l'Union repose sur le marché unique, le respect de la concurrence, une stricte limitation des aides publiques et la liberté des échanges extérieurs. Face aux stratégies plus interventionnistes de la Chine et des Etats-Unis, les dogmes européens ont été assouplis. Une amorce de protection a été engagée avec le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières. Le dispositif devra évoluer pour corriger les défauts actuels, dus à son caractère partiel. Ne faudrait-il pas aller plus loin et mieux protéger les industries naissantes et les technologies de la transition ? Par exemple, en développant de façon coordonnée des clauses de conditionnalité environnementale aux aides et aux commandes publiques. L'Union européenne a aussi assoupli sa position sur les aides publiques aux entreprises, qui sont nécessaires au démarrage de nouveaux projets. Les nouvelles règles pour soutenir les projets importants d'intérêt européen commun (les PIIEC) amorcent des solutions. Des propositions ont été faites dans les rapports d'Enrico Letta et de Mario Draghi. De nouvelles avancées dans la coordination pour gagner en efficacité et renforcer la compétitivité de l'Europe pourraient notamment

concerner l'union des financements, l'union de la recherche-développement, et l'union des marchés de l'énergie, voire la finalisation du marché unique.

En tout état de cause, une opportunité est à saisir. Un point d'appui est le formidable essor qui s'amorce des marchés de la décarbonation. Selon Bloomberg NEF, les investissements mondiaux liés à la transition énergétique sont passés de 200 milliards de dollars en 2010 à près de 600 milliards en 2019. Les années 2020 marquent une forte accélération, à 1.200 milliards en 2021 et 1.800 milliards en 2023. La dynamique devrait se poursuivre. La transition vers la neutralité carbone est devenue un enjeu stratégique pour la souveraineté énergétique et pour la compétitivité industrielle. C'est une opportunité pour l'Europe.

Andrew Ferrone

**Politique climatique : aller plus
loin pour initier un vrai
changement de comportement**

Andrew Ferrone, Président de l'Observatoire de la
politique climatique (OPC) de 2021 à 2024.

Ça chauffe !

Avec l'accumulation d'événements extrêmes ces dernières années, l'ampleur et l'interconnexion des impacts du changement climatique sur les individus, les organisations et les nations ne peuvent plus être ignorés, pas même au Luxembourg, habituellement à l'abri des tempêtes.

En octobre 2021, le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg a nommé les membres de l'OPC. L'OPC a été créé dans le cadre de la loi luxembourgeoise sur le climat ; loi visant à répondre aux défis posés par le changement climatique. L'OPC est un conseil scientifique, actuellement composé de sept membres ayant une expertise dans divers domaines des sciences liées au climat, dont la mission consiste à donner des avis sur les projets, actions ou mesures pouvant avoir un impact sur la politique climatique, à évaluer scientifiquement les mesures réalisées ou envisagées dans le domaine de la politique climatique, à analyser leur efficacité et proposer de nouvelles mesures. Il a également pour mission de rédiger un rapport annuel pour le Gouvernement sur la mise en œuvre de la politique climatique, et de proposer des recherches et des études dans tous les domaines liés au climat.

Principes pour une transformation rapide et équitable de la société une société durable et décarbonée

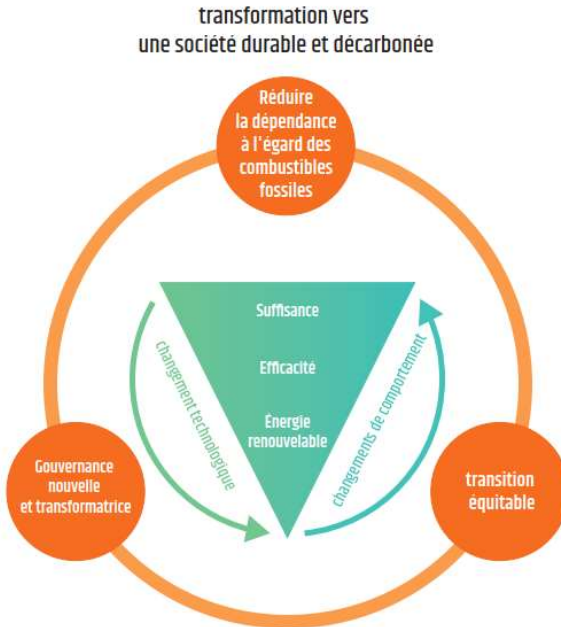


Figure 4: les principes généraux de l'OPC

Dans tous les secteurs, la dépendance de l'économie luxembourgeoise vis-à-vis des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) devrait être fortement réduite. Ce processus de décarbonation est non seulement important pour atteindre les objectifs de réduction

Politique climatique

des émissions, mais aussi pour réduire la dépendance à l'égard des combustibles importés.

Décarboner l'économie pour atteindre la neutralité carbone du pays (au plus tard) en 2050 nécessite des changements structurels profonds. Ce processus peut être décomposé en trois leviers principaux : la « suffisance » pour promouvoir les modes de vie à faible consommation d'énergie, « l'efficacité énergétique pour accroître le rendement énergétique de l'économie luxembourgeoise et la production d'énergies renouvelables pour décarboner la production et les importations d'énergie

Traditionnellement, les politiques climatiques se concentrent sur les deux derniers leviers. L'amélioration de l'efficacité énergétique et la production d'énergies renouvelables reposent toutes deux sur le changement technologique. Cette évolution peut être encouragée par la tarification du carbone, les normes de performance énergétique, l'interdiction de toute forme de subvention aux combustibles fossiles et les investissements dans les capacités de production d'énergies renouvelables. Il s'agit de premières mesures importantes, mais elles ne seront pas suffisantes.

Pour permettre l'adoption de modes de vie à faible consommation d'énergie et « suffisants », des changements de comportement ainsi que des changements systémiques sont nécessaires. Les possibilités d'effectuer ces changements devraient

être accessibles à tous, et pas seulement aux segments de la population qui peuvent se permettre de faire les investissements financiers nécessaires. Cela implique à la fois, tant pour les citoyens que pour les professionnels, une sensibilisation et l'ouverture d'espaces d'apprentissage sur les possibilités de changement. Mais cela implique également le développement de politiques pour s'assurer que les citoyens et les professionnels soient habilités à s'engager dans de tels changements ou à expérimenter les solutions qui pourraient fonctionner le mieux eu égard à leur situation spécifique. Les changements dans le système éducatif joueront également un rôle fondamental pour outiller les citoyens et les professionnels afin qu'ils contribuent et puissent faire face aux changements, tant au travail qu'à la maison. Les consommateurs particulièrement aisés, qu'il s'agisse de particuliers ou de professionnels, contribuent de manière significative à façonner et à stabiliser des modèles de comportement à forte émission (et forte consommation). Dans le cadre des efforts déployés pour favoriser la transition, lorsque l'on élabore des politiques d'atténuation, il est donc au moins aussi important de tenir compte des émissions liées à la demande – la consommation – que de tenir compte des émissions générées par l'offre de biens et services. À cette fin, des politiques favorisant la compréhension des possibilités de changement, la sensibilisation et les politiques d'autonomisation sont nécessaires pour assurer une transition

Politique climatique

équitable. Un levier émergent, intrinsèquement lié à l'ouverture au changement et à l'apprentissage, est la promotion des politiques de bien-être, qui ont été positivement corrélées à la « suffisance » et aux modes de vie respectueux du climat.

Il est donc nécessaire de prendre en compte les émissions liées à la consommation. Cela signifie que le comptage des émissions doit prendre en compte le carbone intégré dans les biens importés, car la transformation de l'économie luxembourgeoise doit tenir compte de la nécessité d'une décarbonation mondiale.

Un PNEC sur la bonne voie mais avec quelques lacunes

La mise à jour du Plan National intégré Energie et Climat (PNEC), soumise à la Commission européenne en juillet 2024, fournit un aperçu précieux des politiques et mesures climatique du Luxembourg pour les années à venir. Ce document détaillé et la modélisation des émissions de gaz à effet de serre associée aux mesures proposées, constituent une avancée importante par rapport à la première version du PNEC. Les principales remarques et critiques de l'OPC par rapport au PNEC peuvent être résumées comme suit :

- Il manque des solutions intégrées : Le PNEC se concentre sur des mesures individuelles, sectorielles et progressives. Il manque une stratégie et une vision nationale pour des solutions intégrées qui soient pertinentes au niveau intersectoriel. Le

plan actuel néglige largement la nécessité de concevoir et d'examiner des ensembles complets et cohérents de politiques qui visent stratégiquement des changements systémiques, tout en motivant les citoyens à modifier leur comportement actuel de forte consommation et de forte émission de gaz à effet de serre pour adopter des modes de vie plus résilients au changement climatique.

- Émissions liées à la production ou à la consommation : Le PNEC reconnaît l'importance de garder à l'esprit les émissions basées sur la consommation. Cependant, la modélisation du STATEC et la plupart des mesures visent à réduire les émissions basées sur la production, telles qu'elles sont incluses dans la comptabilité officielle des gaz à effet de serre. Cela conduira inévitablement à des fuites de carbone à l'étranger (externalisation des dommages et de la pollution liés au carbone), pour le secteur des transports (voir ci-dessous). L'inclusion dans le PNEC de politiques intégrées qui soutiennent la réduction de l'empreinte basée sur la consommation, par exemple en se concentrant sur la promotion des changements de comportement, est importante pour atteindre l'objectif global d'émissions nettes égales à zéro nécessaire pour limiter l'augmentation de la température mondiale à 1,5°C.

- Risque élevé de fuite de carbone dans le secteur des transports : Selon les calculs du STATEC, les objectifs d'émissions dans les secteurs du bâtiment et de l'industrie ne seront très probablement pas

Politique climatique

atteints, tandis que l'objectif dans le secteur des transports sera dépassé. Malheureusement, cette réduction repose en grande partie sur la taxation de la consommation de carburant du secteur logistique et des non-résidents. Il ne s'agit donc pas de véritables réductions d'émissions, mais seulement d'un transfert vers l'étranger, c'est-à-dire d'une fuite de carbone.

L'OPC propose dès lors plusieurs changements spécifiques aux mesures du PNEC. Voici les plus importantes d'entre elles :

- Augmentation de la taxe sur le CO₂ : La taxe sur le CO₂ devrait être augmentée à 200€/t CO₂ en tenant compte à la fois des preuves scientifiques et des opinions publiques du Klima-Biergerrot (KBR). Les recettes supplémentaires devraient être utilisées pour financer des mesures transformationnelles de protection du climat et pour soulager les ménages et les entreprises vulnérables.

- Planification intégrée de l'énergie et de la mobilité : La planification intégrée de l'énergie dans les municipalités et d'autres instruments qui aident à concevoir des solutions intégrées devraient devenir obligatoires.

- Agriculture et l'utilisation des terres, leurs changements et la forêt : d'un point de vue territorial, il s'agit des secteurs les plus importants pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050, comme le prévoit la loi luxembourgeoise sur le

climat. Alors que le PNEC se concentre sur les objectifs de 2030, l'OPC considère que les mesures proposées dans ces secteurs ne sont pas suffisantes pour conduire à un développement résilient au climat. Un objectif clair de limitation de la taille du cheptel, en accord avec les recommandations du KBR, ainsi qu'un engagement clair pour augmenter la capacité d'absorption du carbone dans le secteur forestier et par l'agroforesterie sont nécessaires pour atteindre l'objectif de neutralité climatique.

- Modèles et scénarios : Des analyses de sensibilité pour les résultats du modèle sont nécessaires en ce qui concerne la croissance du PIB, les prix de l'énergie et la faisabilité de la mise en œuvre de la politique. Les limites et les hypothèses de l'approche de modélisation doivent être documentées et rendues transparentes et accessibles au public.

Les subventions aux énergies fossiles sont contreproductives

En réponse à la crise énergétique, le gouvernement luxembourgeois a introduit une prime à l'énergie pour les ménages à faibles revenus et a décidé de subventionner l'électricité et les combustibles fossiles afin d'aider les consommateurs de manière plus générale. D'un point de vue social, il est possible de reconnaître l'importance d'un soutien financier aux consommateurs vulnérables, mais il est nécessaire de considérer que le subventionnement des combustibles fossiles

Politique climatique

exacerbe le changement climatique. Les subventions aux combustibles fossiles maintiennent les prix à un niveau artificiellement bas et empêchent l'effet souhaitable d'une hausse des prix qui réduirait la demande de combustibles fossiles. Ces subventions risquent donc de retarder la transition énergétique, voire d'entraîner un blocage à long terme des émissions de carbone.

Le Conseil consultatif scientifique européen sur le changement climatique (CCESCC) a abordé la question des subventions aux combustibles fossiles dans une lettre adressée aux ministres de l'énergie et du climat des 27 États membres de l'UE, formulant une série de recommandations sur la manière d'aligner les réponses politiques à la hausse des prix de l'énergie sur l'objectif à long terme de la neutralité climatique. Dans un récent rapport sur les progrès, les lacunes politiques et les opportunités vers la neutralité climatique de l'UE, le CCESCC fait deux recommandations similaires :

➤ « Les États membres devraient clairement spécifier dans leurs PNEC actualisés comment et quand ils supprimeront progressivement les subventions aux combustibles fossiles, y compris une trajectoire claire vers une suppression complète d'ici une année bien déterminée dans un avenir proche. Les mesures de soutien aux ménages vulnérables qui constituent une subvention aux combustibles fossiles devraient être remplacées par des interventions bien ciblées qui ne compromettent pas l'incitation aux économies

d'énergie ou le passage aux énergies renouvelables.
» (p. 242)

➤ « Une élimination rapide des subventions aux combustibles fossiles permettrait d'augmenter les recettes des États membres ou de réduire leurs dépenses, qui pourraient alors être réorientées vers le financement d'investissements climatiques. » (p. 243)

En outre, les engagements internationaux tels que le pacte climatique de Glasgow de la COP26, le consensus des Emirats arabes unis de la COP28, le Green Deal européen ainsi que le huitième programme d'action pour l'environnement de l'UE appellent à une suppression immédiate des subventions aux combustibles fossiles. Le Fonds monétaire international estime que la suppression des subventions explicites et implicites aux combustibles fossiles dans tous les pays « permettrait d'éviter 1,6 million de décès prématurés par an, d'augmenter les recettes publiques de 4,4 billions de dollars, de mettre les émissions sur la bonne voie pour atteindre les objectifs de lutte contre le réchauffement climatique et de redistribuer les revenus, car les subventions aux combustibles profitent davantage aux ménages riches qu'aux ménages pauvres ».

En accord avec le CCESCC et ces accords internationaux, l'OPC souhaite proposer trois approches alternatives pour faire face aux impacts sociaux et économiques d'une hausse des prix de

l'énergie, tout en protégeant l'économie luxembourgeoise du risque d'inflation galopante due à l'augmentation rapide des coûts de l'énergie et de l'indexation des salaires.

Fournir une aide directe au revenu pour les consommateurs vulnérables

L'OPC a mis en avant la recommandation du CCESSC sur l'octroi d'une aide directe au revenu des consommateurs vulnérables au lieu d'interventions sur les prix qui faussent la concurrence, telles que les subventions énergétiques. Le CCESSC déclare à ce sujet qu'« *Un soutien ciblé peut atténuer les pires conséquences sociales et économiques de la crise tant que les prix restent élevés. Les États membres devraient cibler les mesures de soutien sur les consommateurs vulnérables, notamment les ménages à faibles revenus et les secteurs économiques confrontés à des coûts énergétiques élevés. Les aides directes au revenu sont préférables aux interventions qui faussent les prix, car elles maintiennent le signal de prix pour les économies d'énergie et les investissements dans les énergies renouvelables. Les réductions de prix ciblées, telles que les tarifs sociaux ou les tarifs globaux, pourraient être considérées comme une solution de second choix, étant donné qu'elles ne faussent le signal de prix marginal que dans une mesure limitée. Le conseil consultatif recommande à l'UE et à ses États membres de s'abstenir de toute intervention non ciblée et ayant un effet de distorsion sur les prix, telle*

que des réductions fiscales générales et des subventions à l'énergie, car ces mesures sont coûteuses, inefficaces, car elles sapent l'incitation à réduire la demande et pourraient potentiellement déclencher une spirale des prix due aux subventions, et pourraient conduire à des blocages de combustibles fossiles difficilement réversibles avec des implications négatives pour le climat. »¹

Ajustement du panier de l'indice national des prix à la consommation (IPCN)

Il est compréhensible que l'une des raisons du régime de subvention actuel est un compromis politique visant à empêcher les augmentations de salaires déclenchées par le panier de l'IPCN reliant les prix à la consommation aux salaires. Compte tenu de la forte probabilité que la crise énergétique s'étende sur plusieurs années ou devienne un événement récurrent déclenché par des circonstances différentes en raison de l'instabilité croissante des marchés mondiaux de l'énergie et de la géopolitique, on s'attend à ce que les prix de l'énergie restent élevés ou augmentent encore dans les années à venir. Ces perspectives à long terme suggèrent que l'utilisation directe des combustibles fossiles dans les pays en voie de développement ne devrait pas se traduire par une augmentation des prix.

¹ Source : www.eea.europa.eu/about-us/climate-advisory-board/recommendations-to-eu-and-member/view (p. 6)

Politique climatique

L'OPC prend note que le gouvernement a décidé de ne pas poursuivre le système d'aide après le 31.12.2024 et va continuer à suivre ce point dans le futur.

Investir dans des mesures indirectes visant à réduire les besoins en combustibles fossiles et ciblant les consommateurs les plus vulnérables

Une réduction des besoins en combustibles fossiles devrait être favorisée au lieu de subventionner les achats de combustibles fossiles. L'OPC estime qu'en cas d'augmentation soudaine du coût de la vie, il serait plus efficace de fournir une aide directe transitionnelle au revenu des consommateurs vulnérables que de subventionner les combustibles fossiles.

Les mesures les plus pertinentes pour réduire la consommation d'énergies fossiles comprennent l'amélioration des transports publics, la promotion de programmes de voitures électriques partagées, des subventions pour les pompes à chaleur (urbaines) et le raccordement aux réseaux de chauffage urbain, ainsi que des programmes de rénovation organisés collectivement pour améliorer la performance énergétique des habitations. Ces mesures permettraient de réduire considérablement la dépendance des citoyens luxembourgeois à l'égard des combustibles fossiles à moyen et à long terme.

Claudia Hitaj

L’empreinte carbone du Luxembourg et le chemin vers la neutralité

Dr. Claudia Hitaj, Climat et Finances Durables,
ministère de l’Environnement, du Climat et de la
Biodiversité¹

¹ Dans le cadre de la consultation « Luxembourg in Transition », Claudia Hitaj a également été, en tant que chercheuse au LIST, membre de l’équipe « *A guide to repairing a broken territory* », dirigée par l’Université du Luxembourg.

Empreinte carbone

La comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) est un outil important pour en identifier les sources et les possibilités de réduire leurs émissions. Au niveau national, il existe deux types de comptabilité. D'une part, l'inventaire national des GES est territorial ou basé sur la production et tient compte de tous les GES émis sur le territoire. D'autre part, il est possible de comptabiliser tous les GES suivant la méthode de la consommation : l'endroit où les biens et services sont consommés l'importe sur la production.

Toutefois, la méthode basée sur la production est plus utilisée de manière générale, car étant plus précise, elle s'appuie sur des mesures effectuées dans le pays plutôt que sur des estimations de chaînes d'approvisionnement potentiellement longues et complexes. Cela explique les objectifs de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et de l'Union européenne (UE), qui reposent sur la méthode fondée sur la production, utilisant les inventaires nationaux. Cependant, en théorie, la somme des inventaires nationaux de tous les pays devrait être égale à la somme de tous les GES comptabilisés à l'aide de la méthode basée sur la consommation dans tous les pays.

Les pays de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), y compris le Luxembourg, ont des émissions de GES basées sur la consommation, qui sont plus élevées que celles basées sur la production, de sorte qu'ils sont des

importateurs nets d'émissions de GES.¹ L'inverse est vrai pour les pays non-membres de l'OCDE, dont les émissions de GES basées sur la production sont plus élevées et qui sont donc des exportateurs nets d'émissions de GES incorporées.

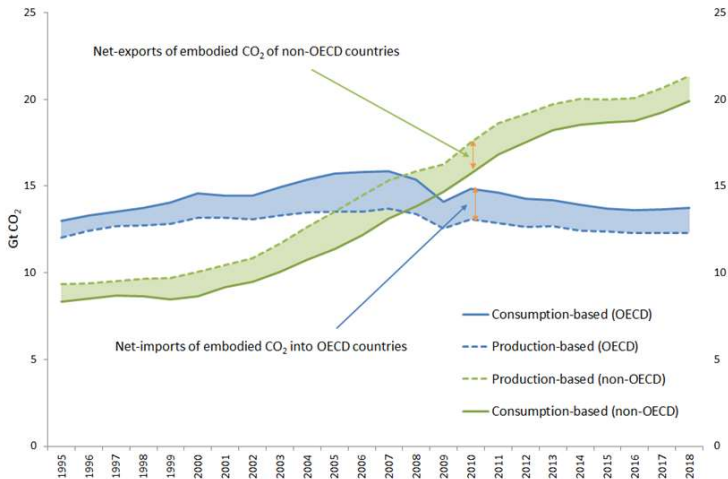


Figure 1 : Émissions de dioxyde de carbone incorporées dans les échanges internationaux²

¹ En 2020, les émissions de GES basées sur la consommation étaient 11,7 millions tonnes de CO_{2eq} (18.6 t CO_{2eq} par personne par an), selon une estimation du STATEC (Environnement en chiffre, 2023), tandis que celles basées sur la production étaient 9 millions tonnes de CO_{2eq} (National Inventory Report, sans prendre en compte l'UTCF).

² Source :

<https://www.oecd.org/sti/ind/carbondioxydeemissionsembodiedinternationaltrade.htm>

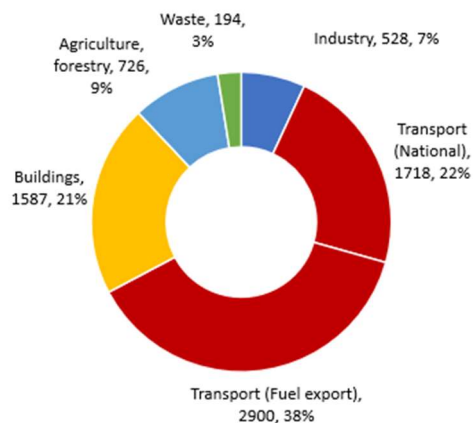
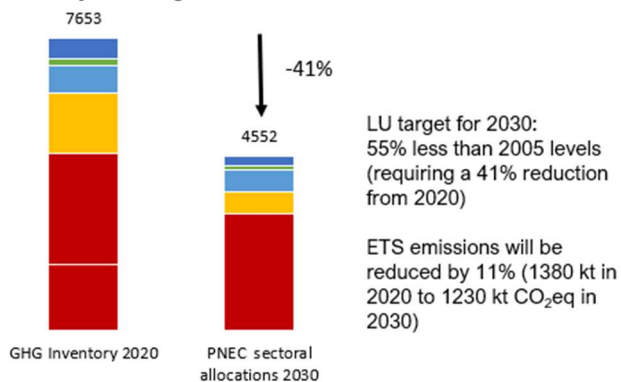
Empreinte carbone

Production

GHGs emitted in LU due to production in LU
(9.0 Mt)

Affected by international demand for LU
products

Subject to targets

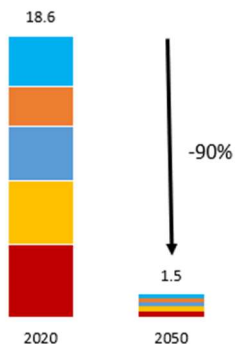


Consumption

GHGs emitted anywhere due to consumption in LU
(11.7 Mt or 18.6 t/cap)

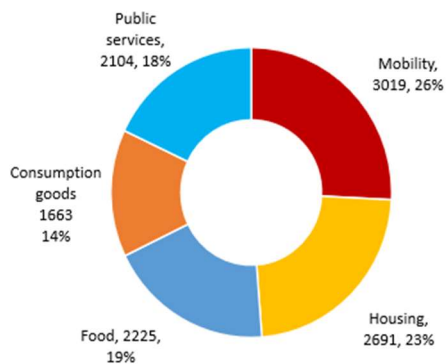
Affected by daily purchase decisions

Not subject to official targets



Unofficial target based on Paris Agreement 2°C:

1 to 2 t CO₂eq per capita per year by 2050



Empreinte carbone

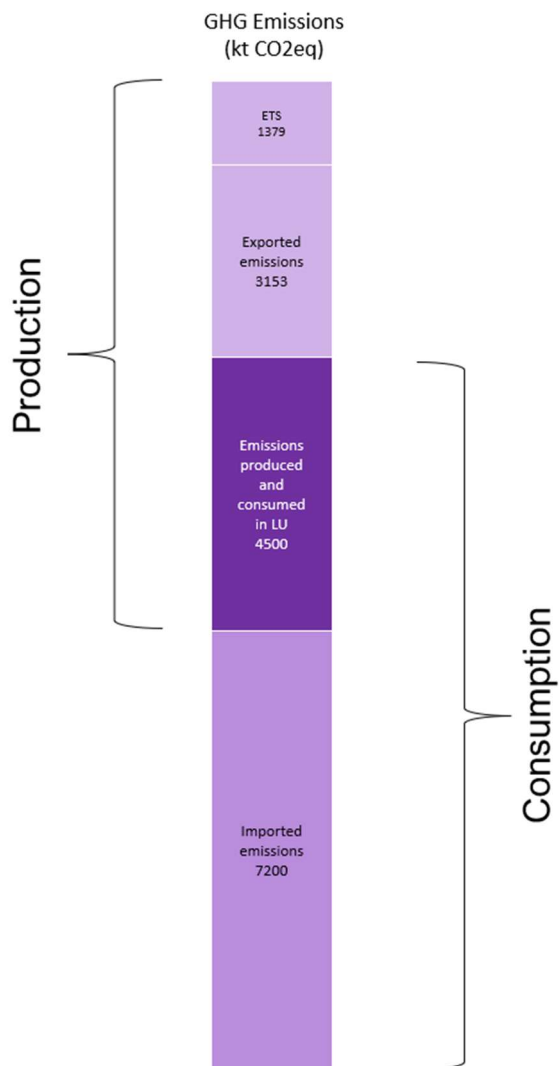


Figure 2-4 : Émissions de GES liées à la production et à la consommation au Luxembourg³

L'inventaire national des GES du Luxembourg s'élevait à 9 Mt CO_{2eq} en 2020, sans prendre en compte l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCAF ou LULUCF en anglais), et à 7,65 Mt CO_{2eq.}, sans l'UTCF et sans les émissions du Système communautaire d'échange et de quotas d'émission (SEQE) (voir Figure 2). Comme indiqué dans le Plan national intégré en matière d'énergie et de climat (PNEC), l'objectif du Luxembourg pour 2030 est de réduire les émissions nationales hors SEQE de 55 % par rapport au niveau de 2005.

En 2020, plus de la moitié des émissions nationales de GES provenaient du secteur des transports. Le tourisme à la pompe représentait les deux tiers des émissions du secteur des transports, soit 38 % des émissions totales. Le secteur du bâtiment est le deuxième plus grand émetteur, avec 21 % des émissions totales, suivi par l'agriculture et la sylviculture (9 %), l'industrie (7 %) et les déchets (3 %).

Les émissions de GES du Luxembourg basées sur la consommation ne sont pas soumises à des objectifs officiels, bien qu'une répartition égale du budget des émissions de GES pour rester en dessous du seuil de réchauffement de 2°C de

³ Sources : calculs du ministère de l'Environnement, du climat et de la biodiversité à partir des données de l'inventaire des GES du Luxembourg, du PNEC, de l'empreinte basée sur la consommation du STATEC et des parts sectorielles de l'empreinte basée sur la consommation du LIST.

Empreinte carbone

l'Accord de Paris demanderait d'atteindre 1 à 2 t CO_{2eq} par habitant d'ici 2050 (O'Neill et al. 2018). Cela nécessiterait une réduction de 90 % des émissions de GES liées à la consommation entre 2020 et 2050.

Environ 26 % de l'empreinte carbone du Luxembourg basée sur la consommation est due au transport ou à la mobilité, suivie par le logement (23 %), l'alimentation (19 %), les services publics (18 %) et les déplacements à pied (14 %) (LIST 2022).

Les mesures visant à réduire les émissions de GES peuvent généralement être classées dans trois catégories différentes : à éviter, à transférer et à améliorer. Si l'on prend l'exemple des transports, une mesure « à éviter » consisterait à réduire la demande de transport en soutenant le télétravail. Une mesure « à transférer » pourrait consister à passer de la voiture aux transports publics, et une mesure « à améliorer » serait de réduire la consommation de carburant des voitures. Cette dernière catégorie peut être réalisée grâce à des améliorations technologiques, tandis que les deux autres reposent également sur un changement de comportement.

Luxembourg in transition

« Luxembourg in transition »⁴ est une consultation internationale lancée par le ministère de l'Aménagement du territoire en 2020 pour recueillir

⁴ <https://luxembourgtransition.lu/fr/>

des propositions stratégiques d'aménagement du territoire et produire des scénarios de transition écologique pour le Luxembourg à l'horizon 2050. L'équipe dirigée par l'Université du Luxembourg a produit un scénario de décarbonisation pour le Luxembourg et sa zone fonctionnelle (zone entourant le Luxembourg où vivent des travailleurs transfrontaliers, FA) à l'horizon 2050 basé sur la consommation de carbone. Les chiffres qui suivent se basent sur la zone fonctionnelle, qui comprend outre le Luxembourg, les communes frontalières où vivent une partie de la population active au Luxembourg.

La figure 5 et 6 illustrent ce scénario de décarbonisation pour le logement, la mobilité et l'alimentation. La figure 3 montre la demande énergétique des bâtiments en TWh, avec le Luxembourg en couleurs pleines et le reste de la zone fonctionnelle en couleurs pointillées. La demande énergétique des bâtiments sera réduite de 60 %. En 2020, 70 % de la demande de chauffage était couverte par le gaz naturel (en jaune) et le mazout (en brun). Ces combustibles fossiles seront remplacés par des pompes à chaleur (en rose), la biomasse (en orange) et l'électricité (en vert). Ensemble, ces mesures réduisent les émissions de GES de 83 %.

Empreinte carbone

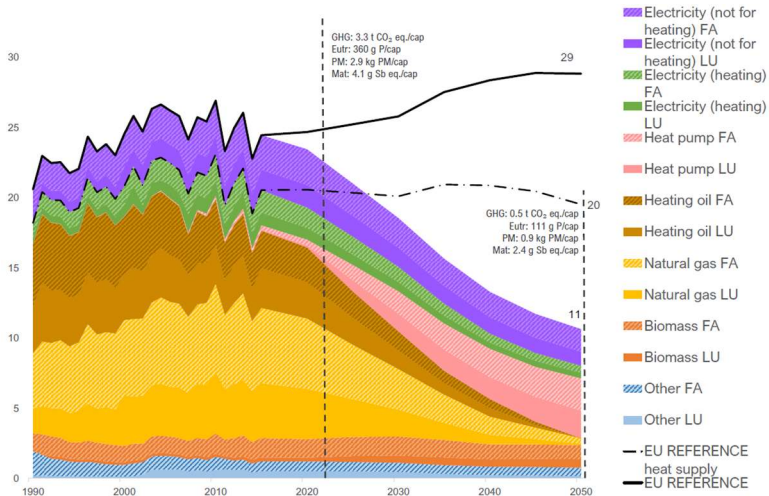


Figure 5: Type d'énergie utilisée dans les bâtiments au Luxembourg et dans la zone fonctionnelle (« functional area – FA ») en TWh⁵

En 2050, environ la moitié des personnes-km (pkm⁶) seront effectuée en voitures (représenté en orange, à 95 % électriques), 20 % en transports publics (en bleu), et le reste par la marche et le vélo (en vert et jaune). Cela signifie que le Luxembourg réduirait de 80 % ses émissions de gaz à effet de serre provenant des transports. L'eutrophisation⁷,

⁵ Source : Luxembourg 2050 – Prospects for a Regenerative City Landscape: Report Phase 2.

https://luxembourgtransition.lu/wp-content/uploads/2023/06/2phase_unilu_compressed.pdf

⁶ Il s'agit d'une mesure du déplacement d'une personne sur une distance d'un kilomètre.

⁷ L'eutrophisation est l'augmentation de fertilisants (comme l'azote et le phosphore) dans les milieux aquatiques

la pollution de l'air et l'utilisation de matériaux seraient également réduites.

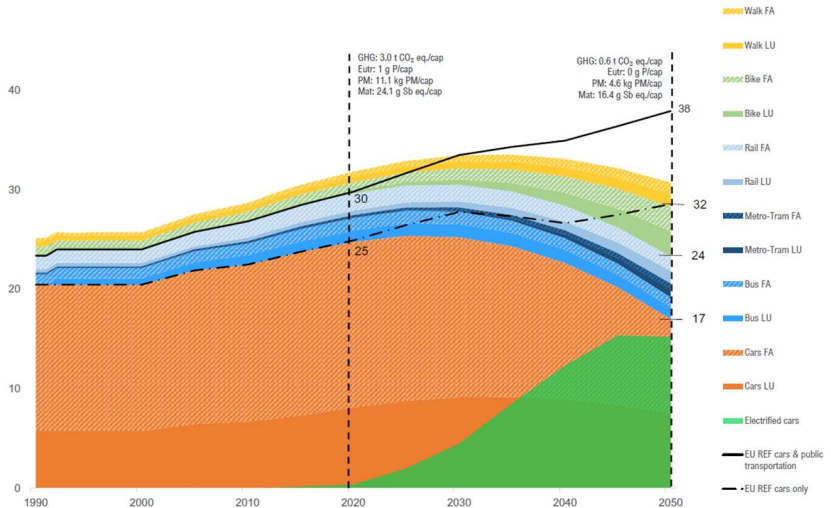


Figure 6 : Mobilité au Luxembourg et dans la zone fonctionnelle (« functional area – FA ») en Giga-personnes-km ^{8&9}

En termes d'alimentation dans la zone fonctionnelle, le passage d'un régime omnivore à un

provoquant une croissance excessive des plantes et des algues entraînant un appauvrissement puis la mort de l'écosystème.

⁸ Giga personne-km correspond à milliards de passagers-kilomètres.

⁹ Source : Luxembourg 2050 – Prospects for a Regenerative City Landscape: Report Phase 2. https://luxembourgtransition.lu/wp-content/uploads/2023/06/2phase_unilu_compressed.pdf

Empreinte carbone

régime « flexitarien »¹⁰ à raison d'une consommation de viande un jour par semaine, pourrait réduire les émissions de GES de 40%. Ce régime « flexitarien » rentre dans les lignes directrices nationales en matière d'alimentation (par exemple en France et en Allemagne), alors qu'un régime omnivore qui suit ces mêmes principes pour les pays de la zone fonctionnelle (Luxembourg, France, Belgique, Allemagne), apparaissant comme « recommended » dans la figure 4 permettrait de réduire les émissions de 30%. Suivre les recommandations en matière d'alimentation permet donc de réduire également les émissions de GES.

¹⁰ Le régime « flexitarien » consiste en une base végétarienne avec une consommation occasionnelle de chair animale.

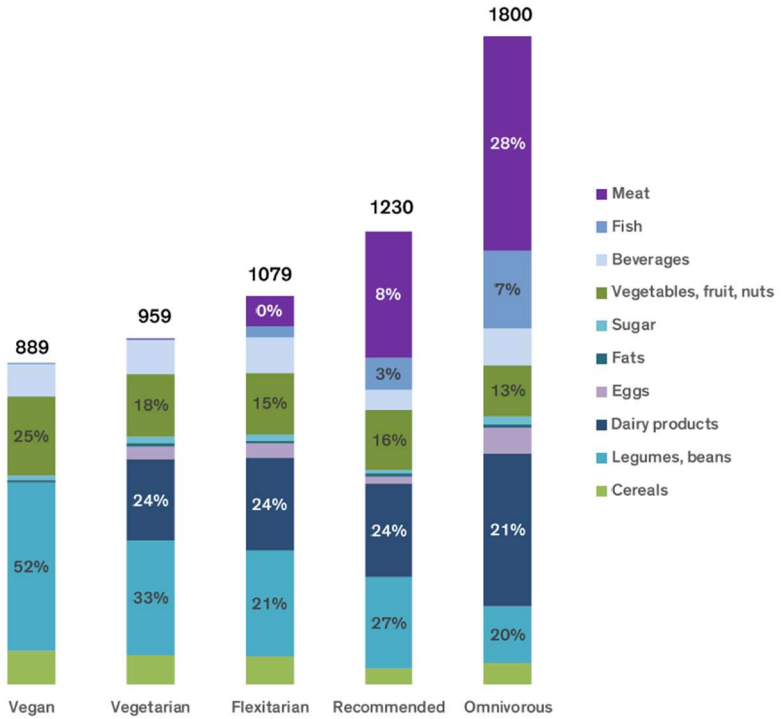


Figure 7 : Emission de GES par type de régime alimentaire (kg CO2eq/personne/an) dans la zone fonctionnelle¹¹

¹¹ Source : Luxembourg 2050 – Prospects for a Regenerative City Landscape: Report Phase 2.

https://luxembourgtransition.lu/wp-content/uploads/2023/06/2phase_unilu_compressed.pdf

Empreinte carbone

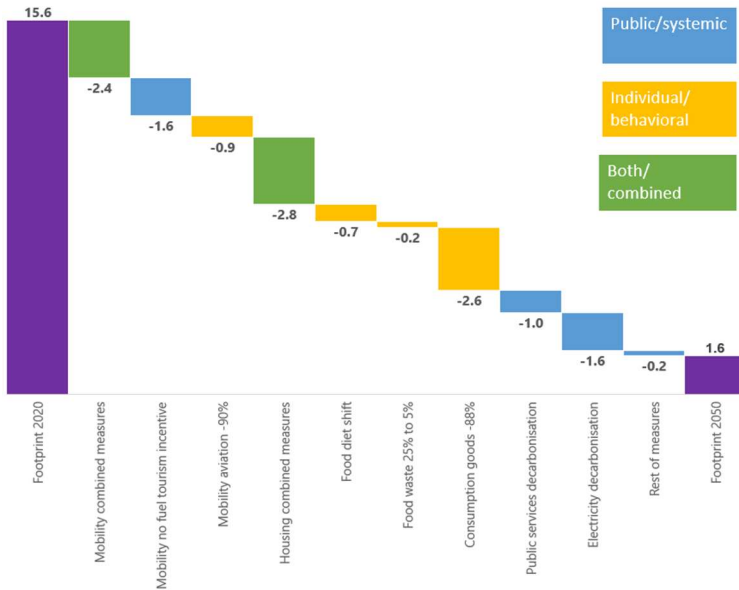


Figure 8 : impact des mesures de décarbonation entre 2020 et 2050 dans la zone fonctionnelle (en T CO2eq / Personne)¹²

Dans le scénario de décarbonation développé par l'équipe de l'Université de Luxembourg (UniLu) pour le projet Luxembourg in Transition, plusieurs mesures de décarbonation ont été proposées pour la zone fonctionnelle afin d'atteindre l'objectif de 90% de réduction des émissions de GES. Les mesures peuvent être catégorisées entre des mesures individuelles (changement de

¹² Source : Luxembourg 2050 – Prospects for a Regenerative City Landscape: Report Phase 2.

https://luxembourgtransition.lu/wp-content/uploads/2023/06/2phase_unilu_compressed.pdf

comportement, des habitudes, représentés en jaune sur la figure 8), des mesures systémiques ou publiques (en bleu), ou combinée (en vert). Dans un scénario où seuls la catégorie effort personnel est envisagé, chaque personne émettrait encore 5,9t CO_{2eq}, au-delà de la cible envisagée. De la même manière, si seulement des mesures publiques étaient mises en place, l'objectif atteint ne serait que de 6,3t CO_{2eq} par personne. Les deux moteurs du changement, individuel et gouvernemental, sont donc nécessaires.

Pour atteindre le net zéro d'ici 2050, il faudrait augmenter l'absorption du carbone par les forêts et les terres agricoles, par exemple au moyen de haies autour des champs ou de l'agroforesterie. La prévention de l'étalement urbain au profit de villes plus denses mais plus vertes permettrait au système de transport public du futur d'être plus efficace et de mettre fin à l'occupation des sols qui réduit l'absorption du carbone.

Enfin, l'équipe de recherche dirigée par UniLu a constaté que l'objectif de net zéro pour 2050 ne pourrait être atteint sans des mesures qui impliquent la sobriété, c'est-à-dire la réduction de la consommation ou de la demande de mobilité (moins de déplacements), de la taille des logements (pour réduire le besoin de chauffage domestique et l'occupation des sols), et la consommation de biens (par exemple, les vêtements, l'électronique). Malgré le besoin de suffisance, le scénario de décarbonisation envisagé par l'équipe de l'UniLu

Empreinte carbone

pour Luxembourg in Transition comporte de nombreuses facettes qui peuvent être vues comme souhaitables. De plus amples informations peuvent être trouvées dans les rapports de Luxembourg in Transition, y compris ceux des autres équipes ayant participé à la consultation.

Références

O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F. *et al.* (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* **1**, 88–95
<https://www.nature.com/articles/s41893-018-0021-4>

LIST (2021). CarbonNerd.
<https://carbonnerd.list.lu>

Abdullah, Aisha, et al. (2021). Luxembourg 2050-Prospects for a Regenerative City Landscape: Report Phase 2. Luxembourg in Transition.
https://luxembourginttransition.lu/wp-content/uploads/2023/06/2phase_unilu_compressed.pdf

Tom Eischen

**Transition énergétique : défis et
perspectives du
Luxembourg face à l'impératif
climatique**

Tom Eischen

Head of Strategy, Innovation and Acquisition
Encevo S.A.

Energie

La transition énergétique est devenue un enjeu central pour de nombreuses nations, et le Luxembourg, bien que petit par sa taille, n'échappe pas à ce défi mondial. Avec une économie particulièrement dépendante aux importations énergétiques, un potentiel en énergies renouvelables limité et des engagements pris en matière de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le pays est maintenant confronté au grand défi de la mise en œuvre concrète de la transition tout en garantissant à l'avenir un approvisionnement énergétique sûr, abordable et durable. Le présent article se penche sur les défis de cette transition au niveau des entreprises du secteur énergétique qui jouent un rôle clé dans cette transformation fondamentale et qui sont confrontées à des changements disruptifs à de nombreux niveaux qui les forcent à évoluer et à redéfinir leur rôle, passant de simples producteurs et distributeurs d'énergie historiques à des prestataires de services proposant des solutions énergétiques durables, flexibles et digitales.

Le triangle énergétique : un équilibre à trouver

Le triangle énergétique adresse les trois dimensions incontournables du monde énergétique : la sécurité d'approvisionnement, l'efficacité économique et la durabilité environnementale. Les décideurs politiques et acteurs économiques du secteur devraient l'utiliser comme boussole avec l'objectif de maintenir un équilibre adapté des trois dimensions,

au risque de compromettre l'approvisionnement énergétique de nos sociétés et économies.

La transition énergétique, majoritairement impulsée par des décisions politiques au niveau européen, a eu deux effets majeurs au cours de la dernière décennie : d'une part, la création d'un déséquilibre croissant dans le triangle énergétique au détriment de l'efficacité économique et de la sécurité d'approvisionnement - dont la dernière a notamment été dévoilée par les conséquences du conflit en Ukraine - et d'autre part, une transformation fondamentale de la nature des dimensions du triangle énergétique par la promotion intense de la transition énergétique.

Il s'agira maintenant d'adresser ces défis : rétablir l'équilibre du triangle énergétique (voir figure 1) et mieux organiser la transition entre l'ancien et le nouveau monde énergétique. Il ne s'agit rien de moins que de passer d'un modèle fossile stable mais polluant à un système renouvelable nécessitant flexibilité, stockage et résilience, de gérer les prix d'énergie tout en réalisant des investissements très conséquents dans les énergies renouvelables et l'infrastructure de réseau. A ces défis s'ajoutent la réduction des émissions de dioxyde de carbone et la protection de la biodiversité.

Energie

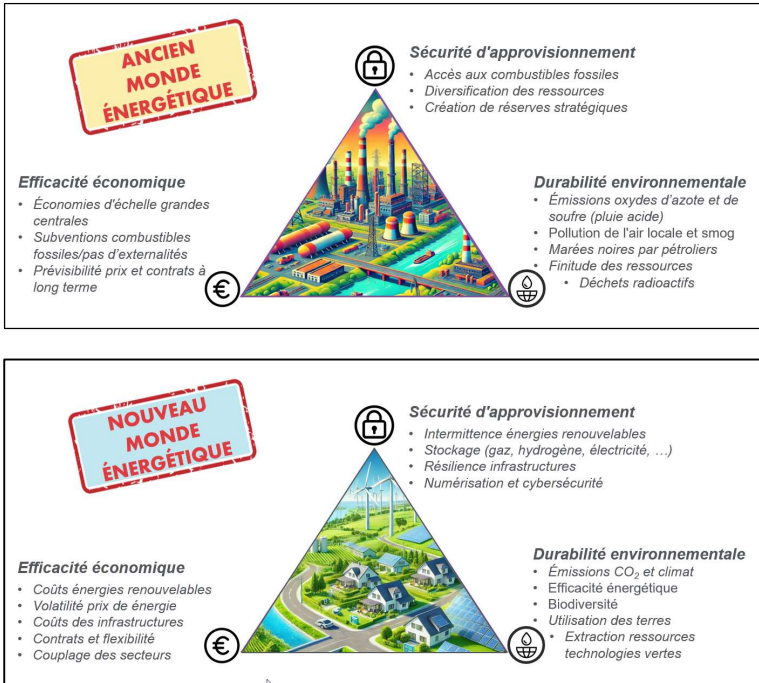


Figure 5: Le changement de paradigme vers un nouveau modèle énergétique illustré autour du triangle énergétique

Les infrastructures énergétiques : des investissements cruciaux

La transformation des infrastructures est multiple, touchant les réseaux d'électricité et de gaz naturel existants, mais également la création potentielle de nouvelles infrastructures dédiées à l'hydrogène et au dioxyde de carbone.

Les réseaux électriques nécessiteront d'une part un renforcement conséquent afin de pouvoir répondre

à l'augmentation de la demande liée à l'électrification des secteurs du chauffage, du transport et de l'industrie, et d'autre part une entière digitalisation pour pouvoir gérer les profils de production et de consommation de plus en plus volatils, impliquant subsidiairement la gestion des risques en matière de cybersécurité.

L'adaptation du réseau gazier est un autre volet crucial. Alors que le gaz naturel, un pilier essentiel de l'actuel approvisionnement énergétique, se voit confronté à une diminution des consommations dans le cadre des objectifs climatiques, les infrastructures existantes doivent être repensées. Deux options s'offrent : le désinvestissement progressif ou la transformation de ces infrastructures pour accueillir de nouveaux vecteurs énergétiques, comme le biogaz ou l'hydrogène.

Pour le vecteur énergétique hydrogène, il s'agit d'étudier avec le sens des réalités qui s'impose, comment la mise en place d'une infrastructure peut s'organiser en Europe et au Luxembourg. La création des premiers écosystèmes raccordant des clients – potentiellement issus de l'industrie et du secteur des transports lourds (de personnes et de marchandises sur de longues distances) - et des producteurs d'hydrogène vert par des réseaux de transport et de distribution ne dépassent actuellement pas le stade embryonnaire. Dans ce domaine, tout reste à faire et le nombre d'incertitudes est considérable.

Energie

Finalement, il y a lieu d'adresser le domaine des infrastructures dédiées au dioxyde de carbone dans le contexte du captage et du stockage du carbone vers des sites de stockage sécurisés, domaine considéré comme indispensable, pour respecter les objectifs climatiques formulés au niveau européen. Il reste à décider si et, le cas échéant, comment le Luxembourg entend mettre en place une telle infrastructure afin de permettre aux secteurs les plus concernés, notamment l'industrie cimentière et celle de l'incinération des déchets, de bénéficier de cette option pour réduire leurs émissions de carbone.

En guise de conclusion, il y a lieu de souligner que la modification, l'adaptation ou encore le démantèlement des infrastructures existantes, ainsi que la création de nouvelles infrastructures, représentent un défi majeur tant sur le plan technique, organisationnel et plus particulièrement financier.

Production et fourniture d'énergie : un tournant vers le renouvelable

Le plan climat-énergie du Luxembourg prévoit d'ici 2040 une augmentation de 200% de l'électricité renouvelable, de 340% de la chaleur renouvelable et de 280% des carburants renouvelables. Cette croissance considérable entraînera des répercussions majeures sur le paysage énergétique du pays.

La croissance de l'électricité renouvelable sera principalement portée par le développement de l'éolien, du solaire et de la biomasse. En conséquence, en 2040, une quote-part de quelque 75% de la production nationale sera couverte par des sources hautement variables nécessitant des réseaux d'électricité intelligents pour garantir une stabilité d'approvisionnement ainsi que potentiellement du stockage d'énergie.

Le développement de la chaleur renouvelable reposera principalement sur les pompes à chaleur, qui devraient fournir la moitié de la chaleur renouvelable en 2040, marquant ainsi un tournant vers l'électrification du chauffage dans le pays. L'hydrogène jouera également un rôle clé avec environ un quart de la chaleur renouvelable, utilisé principalement dans des applications industrielles, tandis que la biomasse devrait voir sa part diminuer substantiellement.

Finalement, la transition du secteur des carburants serait dominée par l'hydrogène, qui devrait devenir le principal carburant renouvelable au Luxembourg, avec une part prépondérante pour le trafic aérien, et une part nettement plus faible pour le transport routier. L'électricité jouera également un rôle important, représentant autour d'un cinquième des carburants renouvelables en 2040, en particulier dans les transports routiers et ferroviaires qui sont amenés à intensifier leur électrification, tandis que les biocarburants ne joueront plus qu'un rôle marginal.

Energie

En guise de conclusion, il y a lieu de retenir que la croissance de l'électricité renouvelable à l'horizon 2040 nécessitera d'une part des investissements substantiels et posera d'autre part un défi en termes d'intégration dans les réseaux électriques. Dans le domaine de la chaleur, la transition des installations de chauffage au fioul et au gaz vers les pompes à chaleur électriques représente un enjeu pour le développement des réseaux électriques ainsi que pour le démantèlement potentiel - et le cas échéant les investissements échoués qui en découlent - des réseaux de gaz à moyen et long terme. Enfin, la conversion du secteur des transports, actuellement basé sur les produits pétroliers, vers l'électricité et l'hydrogène exigera des investissements considérables en infrastructures, qu'il s'agisse des bornes de recharge ou des stations à hydrogène et les investissements dans les infrastructures de transport et de distribution qui y sont liés.

Services techniques et accompagnement des consommateurs

La transition énergétique a comme effet supplémentaire que le rôle des consommateurs d'électricité évolue profondément. Cette couche supplémentaire s'ajoute aux transformations des infrastructures de transport et de distribution existantes ainsi qu'à la création des installations d'énergies renouvelables centralisées tel que l'éolien et le solaire.

Les simples consommateurs d'électricité d'hier deviennent des « prosommateurs » et « flexsommateurs » d'aujourd'hui, qui non seulement produisent leur propre électricité, en consomment une partie, injectent le surplus dans le réseau et peuvent, ensemble avec des systèmes de stockage locaux, fournir de la flexibilité au système électrique. Il va sans dire que ces changements de rôle introduisent une nouvelle complexité dans le système électrique, qui ne peut être gérée que par la numérisation du système entier.

La redéfinition du client va de pair avec la redéfinition des rôles des gestionnaires de réseau et des fournisseurs. Les gestionnaires de réseau, autrefois chargés de distribuer l'électricité, deviennent des opérateurs dynamiques gérant numériquement un système décentralisé, équilibrant en temps réel production renouvelable et consommation. Les fournisseurs, anciennement centrés sur la vente d'électricité aux consommateurs, sont désormais censés se transformer en prestataires de services énergétiques globaux. En plus de gérer la flexibilité et l'intégration des énergies renouvelables, ils offrent des solutions complètes telles que l'installation de panneaux photovoltaïques, de pompes à chaleur, de batteries et de bornes de recharge. Ces services incluent également la maintenance, l'assurance et des solutions de financement pour faciliter l'adoption de ces

Energie

technologies par les utilisateurs. De plus, ils accompagnent le développement de l'autoconsommation et la création de communautés énergétiques, permettant aux consommateurs de produire, partager, stocker et consommer leur propre énergie de manière collective et optimisée.

Conclusion : un avenir énergétique incertain, mais réalisable avec une approche concertée et un rythme adapté

La transition énergétique représente une tâche colossale pour tous les pays de l'Union européenne. La complexité et l'ampleur du défi nécessitent, en particulier pour les petits pays comme le Luxembourg, des approches adaptées et innovantes pour la mise en œuvre.

Il est essentiel de garder à l'esprit le triangle énergétique et d'assurer un équilibre pérenne, en tenant compte de la forte dépendance du Luxembourg aux pays limitrophes aussi bien en ce qui concerne les importations d'énergie que le maintien de notre sécurité et stabilité d'approvisionnement. Ainsi, il est essentiel de suivre de près les évolutions et les politiques énergétiques chez nos voisins directs qui sont très souvent divergentes malgré le cadre européen commun. Bien que l'équilibre du triangle énergétique soit avant tout une question nationale, il ne pourra être réalisé sans une coordination et connexion intelligente avec les politiques de l'un ou plusieurs de nos pays voisins.

La création d'une vision cible claire et coordonnée à court, moyen et long terme, tout en mettant à profit l'intelligence collective par la participation de toutes les parties prenantes concernées, y inclus les acteurs clés du secteur énergétique, les ministères concernés ainsi que les régulateurs, est essentielle. Le Luxembourg devra choisir quelles filières de production d'énergie et quelles infrastructures de transport et de distribution privilégier pour préserver son tissu industriel et économique actuel, tout en définissant clairement le type de tissu économique qu'il souhaite développer à l'avenir. La réalisation de toutes les variantes envisageables de production énergétique et d'infrastructures ne sera ni faisable sur le plan technique et organisationnel, ni finançable.

La définition d'une stratégie industrielle claire, ainsi qu'une vision plus détaillée de l'avenir des exportations de carburants, est essentielle. Le développement de ces secteurs, constituant aujourd'hui près de trois quarts de la consommation finale nationale d'énergie, sont des facteurs d'influence substantiels pour le système énergétique futur. Ils impacteront de façon considérable le degré d'électrification du pays, le rôle futur de la production et du transport d'hydrogène ainsi que le rôle potentiel d'une infrastructure de transport de dioxyde de carbone et les infrastructures de captage, de séquestration et d'utilisation du carbone associées.

Energie

La vision cible doit être à la fois claire et coordonnée, tout en étant réaliste. Son déploiement doit rester pragmatique, en écartant tout dogmatisme qui pourrait entraîner des risques majeurs : d'une part, une mise en œuvre inefficace et coûteuse de la transition, et d'autre part, un désengagement des citoyens et des acteurs économiques vis-à-vis de la transition énergétique.

Finalement, la mise en place d'un cadre juridique et réglementaire intelligents, équilibrés et bien pensés par les autorités étatiques et réglementaires sera une clé de voute pour le succès de la transposition de la transition énergétique, en raison du fait qu'elle est avant tout portée par des décisions politiques. Il sera essentiel de créer ce cadre en suivant le principe « autant que nécessaire, aussi peu que possible », tout en tenant compte de manière équilibrée des dynamiques présentes dans les pays voisins.

Pour conclure et en guise d'appel à l'action : recherchons un équilibre approprié dans le triangle énergétique, mobilisons notre intelligence collective pour élaborer une vision holistique commune en tenant compte des développements dans les pays limitrophes, affinons notre stratégie industrielle et d'exportation de carburants afin d'apporter davantage de clarté, appliquons un pragmatisme éclairé plutôt qu'un dogmatisme aveugle, et aspirons à un système énergétique, un cadre législatif et réglementaire adapté au Luxembourg, économiquement efficient et résilient, en harmonie

Tom Eischen

avec le développement économique et industriel
futur.

Energie

Gaston Trauffler

What the energy transition implies for Luxembourg's industry

Gaston Trauffler, Industrial Policy Manager, FEDIL

The Energy Transition Imperative

The European Union and its Member States, including Luxembourg, have committed to ambitious climate targets to achieve net-zero emissions by 2050. This objective aligns with the Paris Agreement and the European Green Deal, requiring substantial shifts across all sectors, particularly in the energy and industrial sectors. Luxembourg faces unique challenges in meeting these goals due to its reliance on energy imports and a relatively high concentration of energy-intensive industries on its small territory. Achieving these targets requires significant reductions in greenhouse gas emissions across those sectors, necessitating industries to transition from traditional energy sources to greener alternatives while maintaining global competitiveness.

For Luxembourg, the energy transition must also be a strategic opportunity to bolster industrial competitiveness. Given the pressures of high energy costs and carbon pricing, making the country's industries more efficient and resilient is essential to preserve economic vitality and support job creation. However, this shift must be balanced carefully to avoid jeopardizing industrial stability in the pursuit of climate goals. A gradual, well-supported approach is crucial, allowing companies to innovate and adopt green technologies at a pace that safeguards their financial viability. By focusing on

both decarbonization and competitiveness, Luxembourg can ensure a sustainable future that retains its industrial base while meeting climate commitments.

Industries, especially energy-intensive ones, are central to Luxembourg's economy, contributing significantly to employment, export revenue, and technological innovation. In 2020, Luxembourg's industrial sector employed approximately 12% of the total workforce and contributed around 7% to the country's GDP, highlighting its role in economic stability and job creation. The steel industry, a key player, accounted for approximately 15% of Luxembourg's total export value, underscoring its importance to national revenue streams and international trade¹.

Sectors such as steel, aluminum, chemicals, glass manufacturing, and cement production sustain jobs and support the broader EU industrial supply chain with indispensable building materials essential for the energy transition. These industries are integral to providing critical materials like steel and aluminum for renewable energy infrastructure, such as wind turbines and electric vehicles, which are foundational to the EU's energy transition goals. Additionally, Luxembourg's industrial focus on circular economy initiatives enhances resource efficiency and supports the EU's sustainability

¹ Luxembourg in figures, STATEC, 2022

Luxembourg's Industry

targets, further solidifying the country's position in the European industrial landscape.

However, these industries are heavily dependent on energy and are among the largest emitters of carbon dioxide. The challenge of transitioning these sectors toward low-carbon production is daunting yet essential if Luxembourg is to meet climate goals. Given the size and influence of these industries, their successful adaptation to the energy transition could make a considerable impact, both domestically and across Europe.

The global competitiveness of Luxembourg's industries hinges on stable, affordable energy. With the energy transition underway, these sectors face rising operational costs due to higher energy prices and emissions-related expenses. Competing against markets with cheaper energy sources, such as the United States and China, puts added pressure on Luxembourg's industries to innovate and find cost-effective solutions. Policymakers must, therefore, provide supportive frameworks that ensure these industries are not only compliant with climate regulations but also maintain their competitive edge internationally. This balance will be critical to sustain economic growth while fostering Luxembourg's commitment to a sustainable future.

Key Challenges Facing Industry in the Energy Transition

High Energy Prices and Volatility

European industries, including those in Luxembourg, face some of the highest energy costs in the world, which significantly impacts their competitiveness. Gas and electricity prices in the EU are two to five times higher than those of the international trading partners, such as the US, China or India, putting Luxembourg's energy-intensive sectors at a disadvantage compared to global competitors. Recent crises, such as the disruption in Russian gas supply, have further exacerbated price volatility, making it difficult for industries to plan and budget effectively. Luxembourg's reliance on imported energy intensifies this vulnerability, exposing industries to both immediate price shocks and long-term uncertainty.

With limited options for dispatchable, domestically generated power, Luxembourg has few means of offering its industrial consumers energy deals that could protect them from price hikes and volatility. Addressing these challenges requires Luxembourg to advocate for EU policies that further accelerate innovation in the energy sector, support a diversified and secure energy supply, and harmonize relief mechanisms to ease price pressures. By advocating for a stronger, more cohesive Energy Union, Luxembourg can help build

Luxembourg's Industry

a resilient framework that safeguards its industries from future disruptions.

Energy Infrastructure Challenges

Infrastructure and regulatory bottlenecks are significant challenges for the industrial sector's energy transition, particularly in managing the ramp-up of renewable energy integration, stable power supply, and shifting away from fossil fuels. Luxembourg's Creos 380 project—an ambitious plan to expand transmission lines to a 380 kV level—highlights the scale of investment and modernization needed to support increased electrification and renewable energy. This project will enhance Luxembourg's ability to balance supply and demand, allowing clean energy generated domestically and imported from neighbouring countries to flow smoothly and reliably to consumers. However, the effectiveness of this and similar projects is contingent on overcoming regulatory barriers, including prolonged permitting processes and public opposition related to environmental concerns.

An additional infrastructure challenge is the need to phase out natural gas sooner than planned. With Luxembourg and the EU moving toward climate neutrality, the existing natural gas infrastructure—originally expected to be in use for several more decades—now faces early decommissioning. This presents a dual challenge: the cost and complexity of dismantling gas infrastructure and the need to

reallocate resources to develop new systems, such as hydrogen and CO₂ pipelines, to meet future energy and decarbonization demands. Decommissioning gas networks sooner than planned risks creating stranded assets and could increase costs for remaining industrial natural gas consumers during the transition period. Addressing these issues requires Luxembourg to coordinate regulatory frameworks and support measures, ensuring infrastructure investment aligns with long-term decarbonization targets while minimizing economic disruptions.

Carbon Pricing and Emission Costs

The EU Emissions Trading System (ETS), designed to reduce greenhouse gas emissions, has become a significant cost factor for the EU and Luxembourg's industries, particularly those that are energy-intensive. In Luxembourg there are a total of 17 active industrial ETS installations². As the ETS phases out free allowances, industries will face increasing costs for carbon emissions, adding to the already high operational expenses from energy prices. For sectors like steel, chemicals, and cement, where emissions are inherently difficult to reduce, these added costs place local companies at a disadvantage compared to international competitors in regions without similar carbon pricing mechanisms. This discrepancy threatens Luxembourg's industrial competitiveness and

² Source: Luxembourg Environment Agency

Luxembourg's Industry

heightens the risk of “carbon leakage,” where companies may relocate production to countries with less stringent emissions regulations and more attractive energy prices.

Thus, Luxembourg's industries require a policy framework that supports competitiveness and decarbonization efforts. Mechanisms like the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) are steps in the right direction, aiming to equalize costs between EU and non-EU producers. However, to protect the competitiveness of the EU's energy-intensive industries in the green transition, the CBAM requires key reforms as free allowances are phased out. Without these adjustments, CBAM risks putting EU-based producers at a disadvantage, increasing the likelihood of divestment by local companies and circumvention by third-country exporting companies. Circumvention occurs when exports to the EU are prioritized from the lowest emitting production sites only or imported as processed goods to evade CBAM tariffs that apply primarily to raw materials. In the meantime, more polluting sites of foreign producers continue to do business with the rest of the world unchanged. Essential reforms, thus, include expanding CBAM to cover both emissions in raw and processed goods and introducing export compensation to offset the higher carbon costs faced by EU producers, ensuring they remain competitive in global markets. Additionally, to discourage circumvention and promote global

emissions reduction, CBAM could assign imports a carbon content based on the highest-emission production site in the exporter's country, incentivizing foreign producers to cut emissions where it is most effective both economically and ecologically. Streamlining administrative processes and reinvesting higher percentages of CBAM revenues into low-carbon innovation would reinforce these measures, enabling a robust, decarbonized energy-intensive sector that aligns with the EU's climate objectives and trade equity.

Self-Generation versus Grid costs

The adoption of self-generation through renewable energy sources, such as solar and wind, offers Luxembourg's industries a pathway to reduce dependency on external energy supplies and stabilize operational costs. This approach provides companies with greater control over their energy consumption and can shield them from market volatility. However, the widespread implementation of self-generation also presents challenges, particularly concerning the equitable allocation of grid infrastructure costs.

Industrial and household consumers who generate their own electricity may reduce their reliance on the power grid, though they often remain connected to it for backup. However, Luxembourg law allows them to reduce their contribution to grid maintenance and development costs significantly. This creates a gap in funding that other power

Luxembourg's Industry

consumers, who rely entirely on the grid, must make up, potentially leading to an unfair financial burden on these consumers. To address this issue, new grid cost allocation models are needed to ensure that all users—including self-generators—contribute equitably to the upkeep and enhancement of the grid infrastructure. Unfortunately, the reform of grid fee tariffs for the low-voltage grid, set to take effect in 2025, has not adequately addressed this issue. The current structure risks shifting the financial burden disproportionately onto industrial consumers. Unlike households, most industrial consumers can only generate a small fraction of their electricity needs. As a result, they remain heavily reliant on the grid and are more exposed to covering the funding gap through higher consumption-based fees. This imbalance could create significant competitive disadvantages for industrial users, who would bear an increasingly larger share of grid maintenance and development costs.

Grid costs are expected to rise as the energy transition progresses, driven by essential investments in infrastructure upgrades and integrating renewable energy sources. To prevent excessively high grid costs, some EU member states and the UK are considering reforms to generalize these costs, moving away from traditional models that allocate grid expenses solely based on electricity consumption. This traditional approach is increasingly seen as outdated, as it risks slowing

down electrification across society and industry by placing a disproportionate cost burden on electricity consumers. In Luxembourg, however, both grid costs and the costs of promoting renewable energy generation are still charged to electricity bills in proportion to consumption—a model that Germany, for example, already moved away from in 2022.

Implementing such reforms in grid cost allocation mechanisms is thus overdue in Luxembourg. However, they require careful consideration to balance promoting self-generation with maintaining a fair and sustainable grid cost structure. Policymakers must develop strategies that support the growth of renewable energy while ensuring that the financial responsibilities of grid maintenance are distributed equitably among all users. This approach will help facilitate the energy transition without imposing undue burdens on any particular group, thereby supporting the broader goals of sustainability and economic resilience.

Policy Recommendations to Support Industry's Transition

Harmonized EU Policies for Competitiveness

Harmonized EU policies are essential to ensure that industries across Member States can transition effectively and competitively to a low-carbon future. Currently, variations in energy and emissions regulations create inconsistencies that can distort

Luxembourg's Industry

market dynamics and place certain regions at a disadvantage. For example, some Member States may offer more favorable incentives, i.e., subsidies to lower energy or grid costs, leading to uneven progress in decarbonization efforts and creating an uneven playing field. This fragmentation undermines the EU's collective competitiveness and climate goals and complicates planning and investment for companies operating in multiple countries. By aligning regulations across Member States, the EU can foster a more unified approach, enabling industries to adopt consistent standards and make long-term investments with greater confidence.

Streamlining permitting

Streamlining permitting processes and reducing regulatory barriers for renewable energy projects is another critical component of harmonized policies. Lengthy approval times for wind and solar projects, for instance, delay the deployment of clean energy resources essential for industries striving to lower their carbon footprints. In Luxembourg, new wind generation projects can take up to seven years. Simplified and standardized permitting procedures would accelerate the growth of renewable infrastructure, providing industries with more reliable access to green energy. Also, a more harmonized regulatory environment would allow smoother cross-border energy exchanges, making the EU energy market more integrated and resilient. Through these coordinated efforts, the EU can

support a stable and competitive industrial sector that contributes meaningfully to its climate objectives.

Strategic Energy Procurement and Price Control Mechanisms

Strategic energy procurement and price control mechanisms are essential to provide industries with stable and affordable energy as they transition to low-carbon processes. One major challenge industries face is exposure to fluctuating energy prices, which can disrupt long-term planning and investments in sustainable technologies. Long-term contracting options, such as Power Purchase Agreements (PPAs), offer a solution by enabling industries to secure energy at stable rates, thereby reducing the impact of market volatility. To enhance this stability, FEDIL supports a framework that includes Contracts for Difference (CfDs), which can guarantee the price of PPAs by covering the gap between market prices and a fixed contract price, particularly for renewable and nuclear energy. This approach would allow industries to lock in stable energy costs, enabling more accurate forecasting of operational expenses and encouraging greater confidence in decarbonization investments.

Furthermore, FEDIL advocates for Mr. Draghi's proposal³ to stabilize energy prices by decoupling

³ The future of European competitiveness – In-depth analysis and recommendations, 2024, EU Commission

Luxembourg's Industry

the costs of renewable and nuclear energy from volatile fossil fuel prices. Currently, despite the growing role of renewable and nuclear power in the grid, their prices are often linked to fossil fuels, especially natural gas, which serves as the marginal price-setter. This linkage can lead to unnecessary price spikes, undermining the affordability of low-carbon energy. Decoupling these prices would allow the EU to establish a fairer, more direct pricing structure for renewable and nuclear energy, shielding both producers and consumers from fossil fuel price fluctuations. Together, these procurement and pricing policies would create a stable, cost-effective path for industries to meet climate targets, helping them maintain their competitiveness in the global market.

However, Luxembourg's continued opposition to nuclear energy bears a substantial competitiveness risk for the country. It risks excluding the country from accessing innovative and attractive energy sources such as decoupled nuclear PPAs, further weakening its industrial sector's competitiveness. Without reconsidering this stance, Luxembourg may also lack credibility in contesting the exclusive nuclear-based energy deals that France, Belgium, and other countries may provide to their domestic energy-intensive industries, which could be viewed as unfair competitive conditions within the EU. Furthermore, Luxembourg's resistance to supporting research and development (R&D) in nuclear energy raises concerns, especially if the aim

is to achieve the highest possible performance and safety standards while addressing long-term nuclear waste solutions. Finally, nuclear energy will continue to expand globally, regardless of the EU's internal policies. Failing to engage in this research risks isolating the EU from future advancements in this critical energy sector.

Financial Mechanisms for High-Cost Transition Technologies

Financial mechanisms to support high-cost transition technologies are essential for industries to meet their decarbonization goals while remaining competitive. Expanding Carbon Contracts for Difference (CCfDs) is one effective approach, as it provides financial support by covering the gap between the market price of carbon and the cost of implementing low-carbon technologies. This incentive is especially critical for technologies such as carbon capture, utilization, and storage (CCUS) and green hydrogen, which require substantial initial investment and have higher operational costs. Additionally, establishing national funds to de-risk investments in these high-impact technologies can attract private capital, allowing industries to adopt cleaner processes without facing prohibitive financial risks. By implementing these financial tools, for example, via the national promotion bank, SNCI, Luxembourg can accelerate the deployment of innovative solutions, making it feasible for industries to transition to low-carbon models while ensuring economic stability.

A Call to Action for Policymakers

The energy transition presents both an opportunity and a challenge for the EU's industrial sector, but the window for effective action is rapidly closing. Without timely policy support, industries face the dual threat of rising operational costs and declining competitiveness, especially as global competitors benefit from lower energy prices and fewer regulatory constraints.

In Luxembourg, policymakers must act swiftly to implement supportive measures that stabilize energy prices, reform grid cost allocation mechanisms, and accelerate permitting procedures. By addressing these needs urgently, Luxembourg can ensure that its industries remain resilient, competitive, and aligned with the EU's ambitious climate targets. On the EU level, proactive policy interventions by Luxembourg should target building an integrated energy market with a level playing field in terms of support mechanisms and access to competitively priced renewable energy.

Ce recueil est le fruit des discussions tenues lors d'une réunion du Conseil d'administration et du Conseil scientifique d'IDEA organisée en septembre 2024, sur le thème de la transition écologique. L'objectif de ce recueil est de proposer différents regards sur cette transition impérative mais pas sans contraintes.