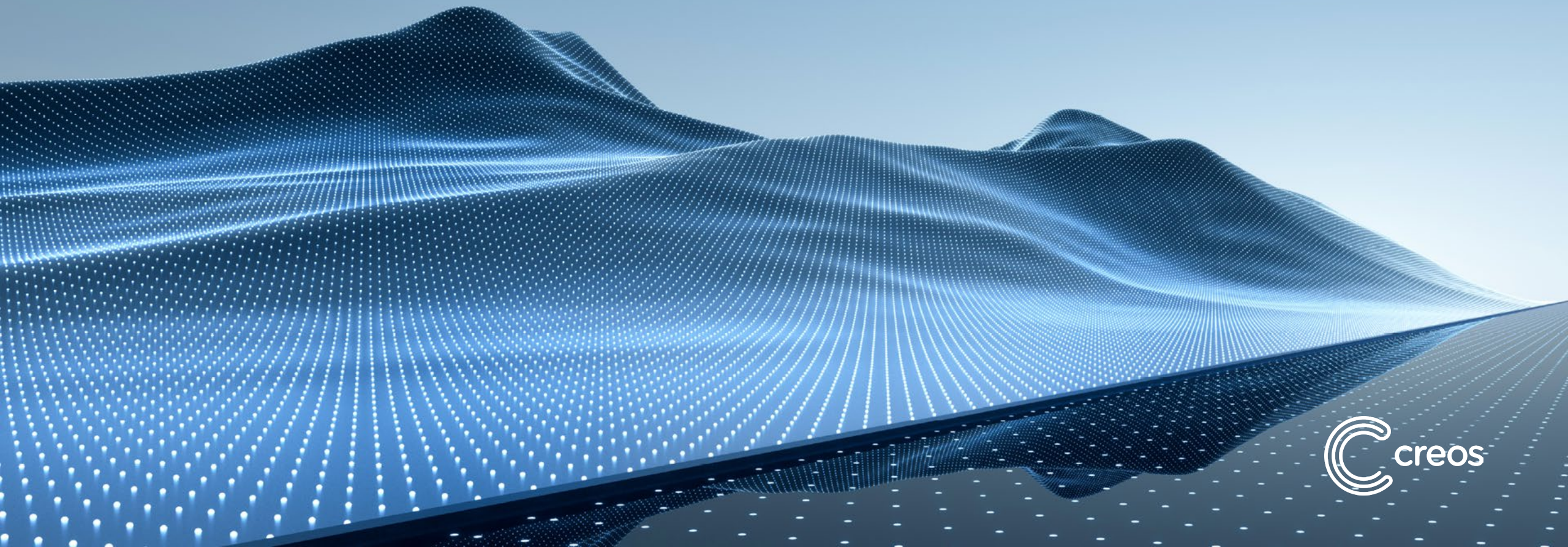
SCENARIO REPORT 2040
ET PLANS DE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU

Caroline Schroeder

18/07/2025



D'ici 2040, la demande en électricité au Luxembourg pourrait augmenter de 60 %, la production locale devant plus que doubler.

Pour Creos, cela ne se résume pas à une simple augmentation du nombre de câbles et de sous-stations, mais représente un tout nouvel ensemble de défis.

Les plans de développement du réseau, qui s'appuient sur le Scenario Report, sont conçus pour nous aider à structurer ces défis et nous guider vers un réseau électrique non seulement plus solide, mais aussi plus intelligent, plus flexible et plus résilient.

De la politique à la planification – Structure de la présentation

Contexte réglementaire et stratégique

1. Cadre réglementaire et procédural
2. Plan national pour l'énergie et le climat – base pour l'élaboration des scénarios

Résultats Scenario Report

3. Analyse historique
4. Charge maximale prévue en 2040
5. Production maximale prévue en 2040
6. Importation maximale prévue en 2040

Prochaines étapes

7. Élaboration du plan de développement du réseau de distribution (DNDP)

1

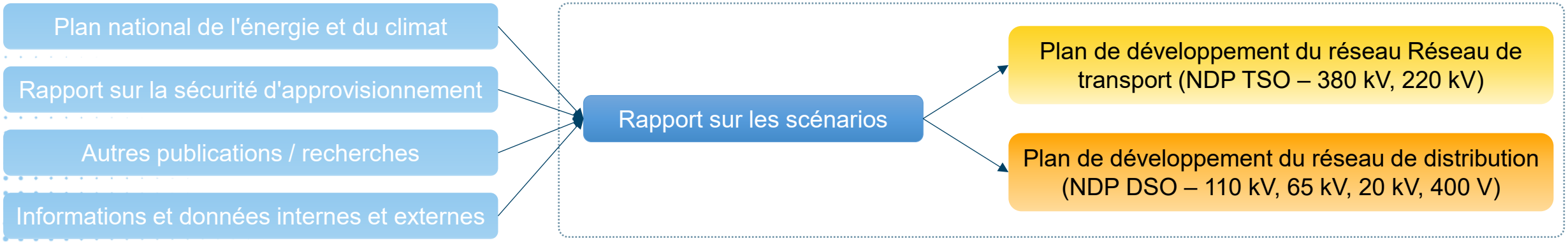
CADRE RÉGLEMENTAIRE ET PROCÉDURAL

creos

Exigences légales nationales en matière de planification du développement du réseau

- Les gestionnaires de réseaux électriques sont tenus de publier **des plans décennaux de développement du réseau (NDP)** pour leurs **réseaux de transport et de distribution**. Ces plans fournissent des informations sur les investissements et les projets prévus visant à entretenir, renforcer et étendre le réseau.
- Les plans de développement du réseau doivent être basés sur des estimations de la consommation future d'électricité et de la production locale, qui constituent **le rapport sur les scénarios (Scenario Report)**. Ces estimations doivent tenir compte de divers scénarios, notamment de l'évolution démographique, économique et sociale, ainsi que des objectifs nationaux et des mesures fixées par le gouvernement actuel pour les atteindre.

Processus de planification basé sur des scénarios



Les documents doivent être élaborés et soumis à l'autorité nationale de régulation et au ministère compétent pour examen et modification éventuelle tous les deux ans

Calendrier du Scénario Report et des plans de développement du réseau

2023 — Mars

Publication et consultation publique
Scenario Report 2040
Version 2023

2024 — Avril

Publication et consultation publique
Plan de développement du réseau
Réseau de transport 2024 – 2034

2024 — Juin – Décembre

Préparatifs pour le
Scenario Report 2040
Version 2024

2025 — Février

Début de la procédure de publication et de consultation publique
Scenario Report 2040 *Version 2024*

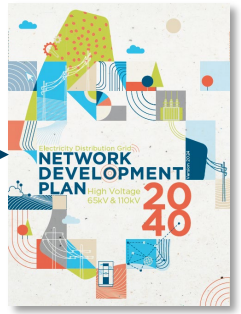
2025 — Mai – 27 juin – 31 juillet

Début des préparatifs pour le
DNDP 2025-2035

Consultation publique

2025 — T3 2025

– OBJECTIF –
Première ébauche du
Plan de développement du réseau de distribution 2025-2035



2

PLAN NATIONAL INTÉGRÉ EN MATIÈRE D'ÉNERGIE ET DE CLIMAT (NECP)

creos

NECP – la base pour l'élaboration de scénarios

Le Scenario Report 2024 s'appuie sur le **plan national intégré en matière d'énergie et de climat (NECP)** publié en juillet 2024.

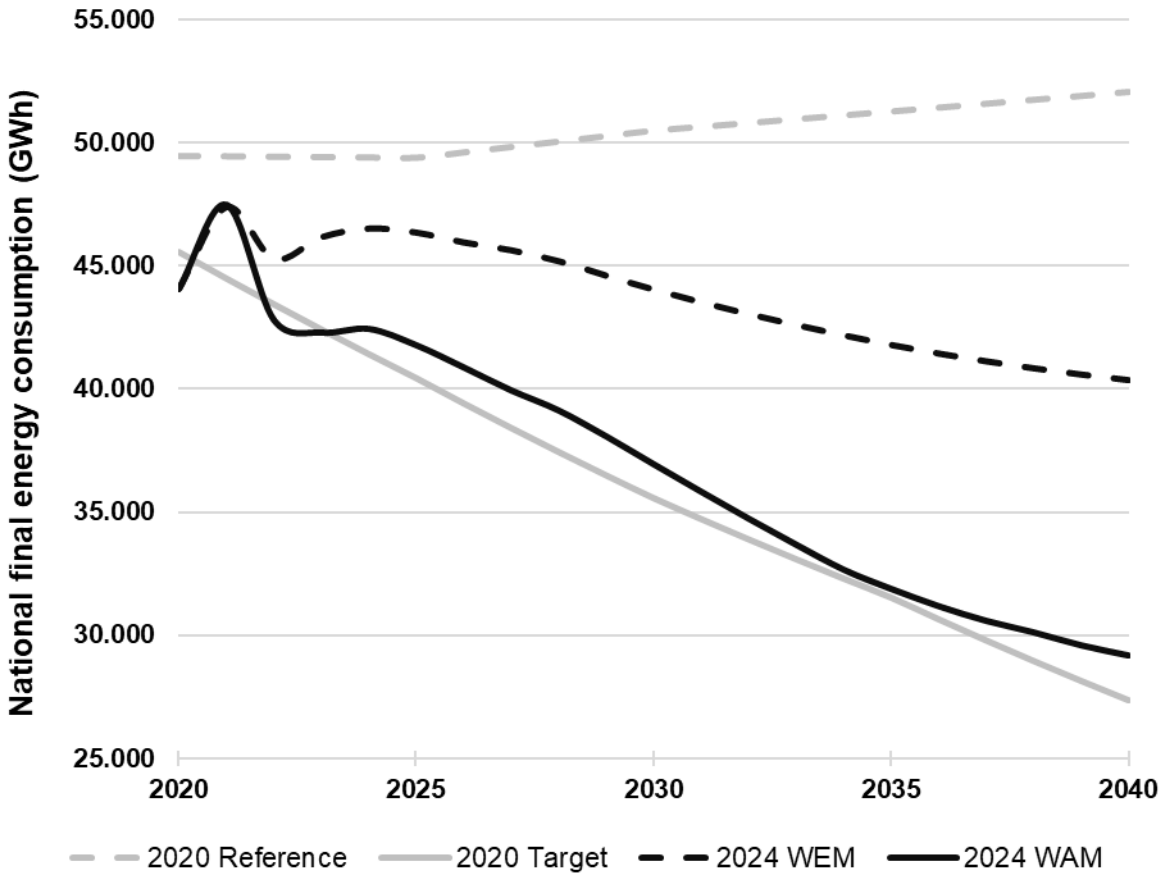
Le NECP fournit des prévisions concernant la consommation d'énergie dans différents secteurs pour deux scénarios différents :

- **WEM** (with existing measures – avec mesures existantes)
- **WAM** (with additional measures – avec mesures supplémentaires)

Creos traduit ces prévisions en **charges électriques jusqu'en 2040.**

À cette fin, STATEC a fourni des projections annuelles détaillées pour les deux scénarios, couvrant divers secteurs et technologies. Celles-ci ont été complétées par des recherches supplémentaires et des analyses documentaires afin d'affiner les hypothèses sous-jacentes.

Consommation finale d’énergie: comparaison entre l'ancien et le nouveau NECP



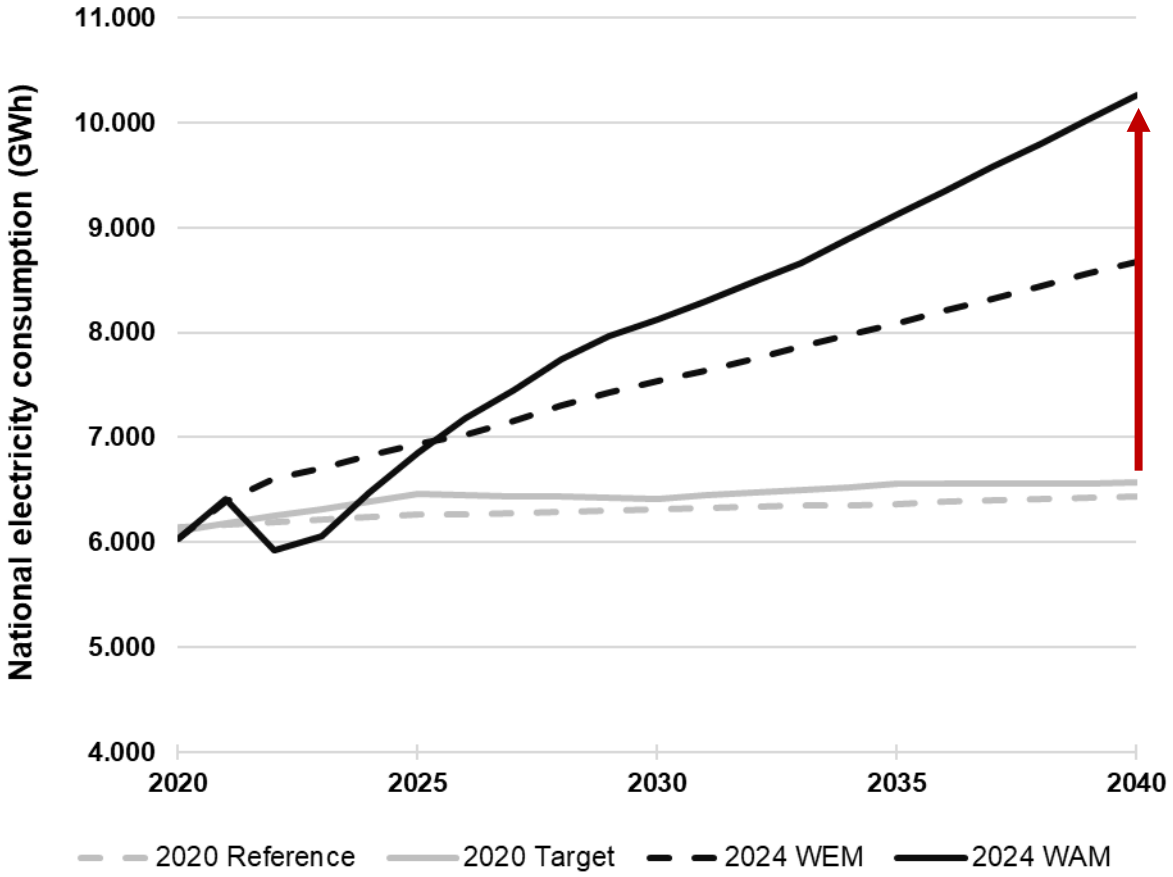
Le **NECP 2020** comprenait deux scénarios : un scénario de **référence** et un scénario **cible**.

Dans la **mise à jour de 2024**, ceux-ci ont été remplacés par les scénarios **WEM** (*avec mesures existantes*) et **WAM** (*avec mesures supplémentaires*).

Les scénarios **cible** et **WAM** 2024 prévoient tous les deux une baisse comparable de la consommation finale d'énergie.

En revanche, le scénario **WEM** prévoit une trajectoire moins ambitieuse, mais néanmoins plus prononcée que le scénario **de référence** initial de 2020.

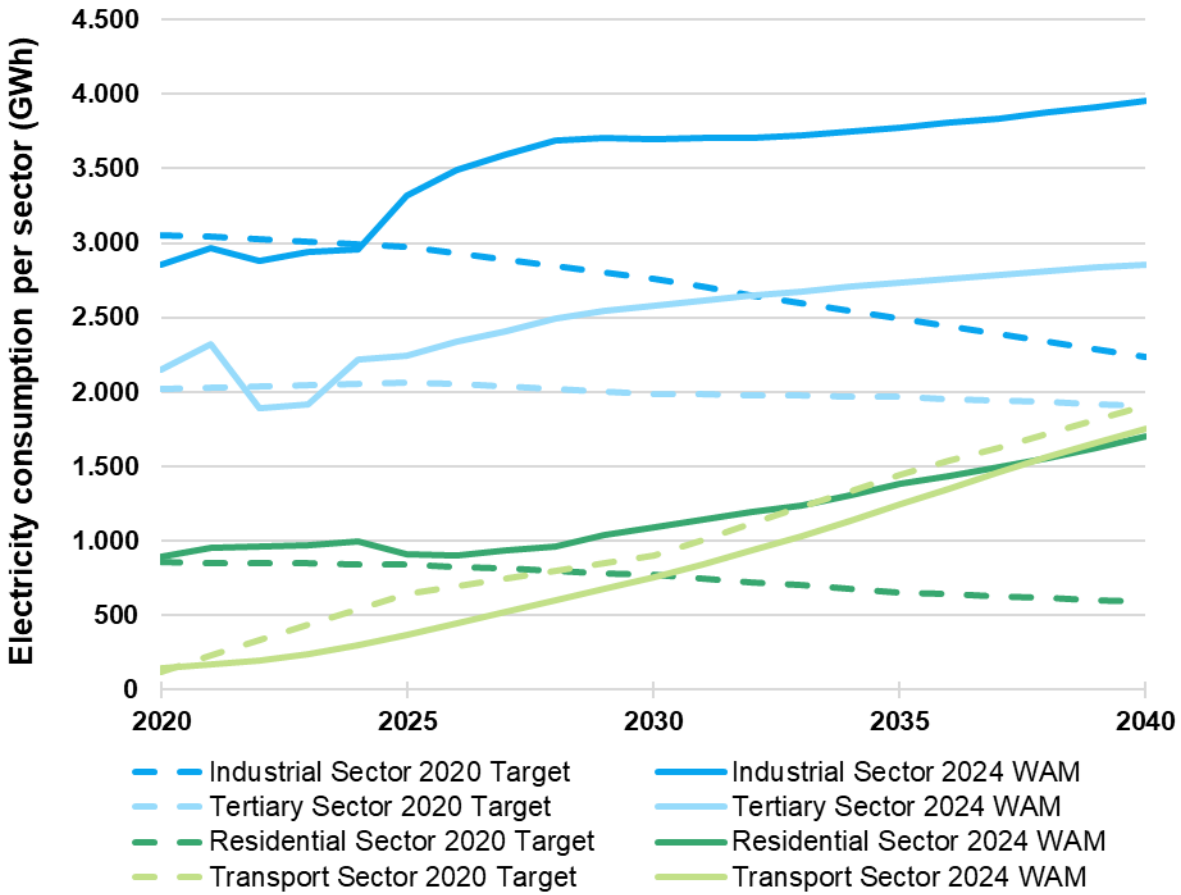
Le NECP actualisé prévoit une forte augmentation de la demande en électricité d'ici 2040



Alors que le **NECP 2020** prévoyait une consommation d'électricité relativement **stable** dans ses scénarios **de référence** et **cible**, la **mise à jour de 2024** anticipe une **augmentation significative** dans les scénarios **WEM** et **WAM**.

Cela reflète l'accélération de l'électrification dans des secteurs tels que la mobilité, le chauffage et l'industrie.

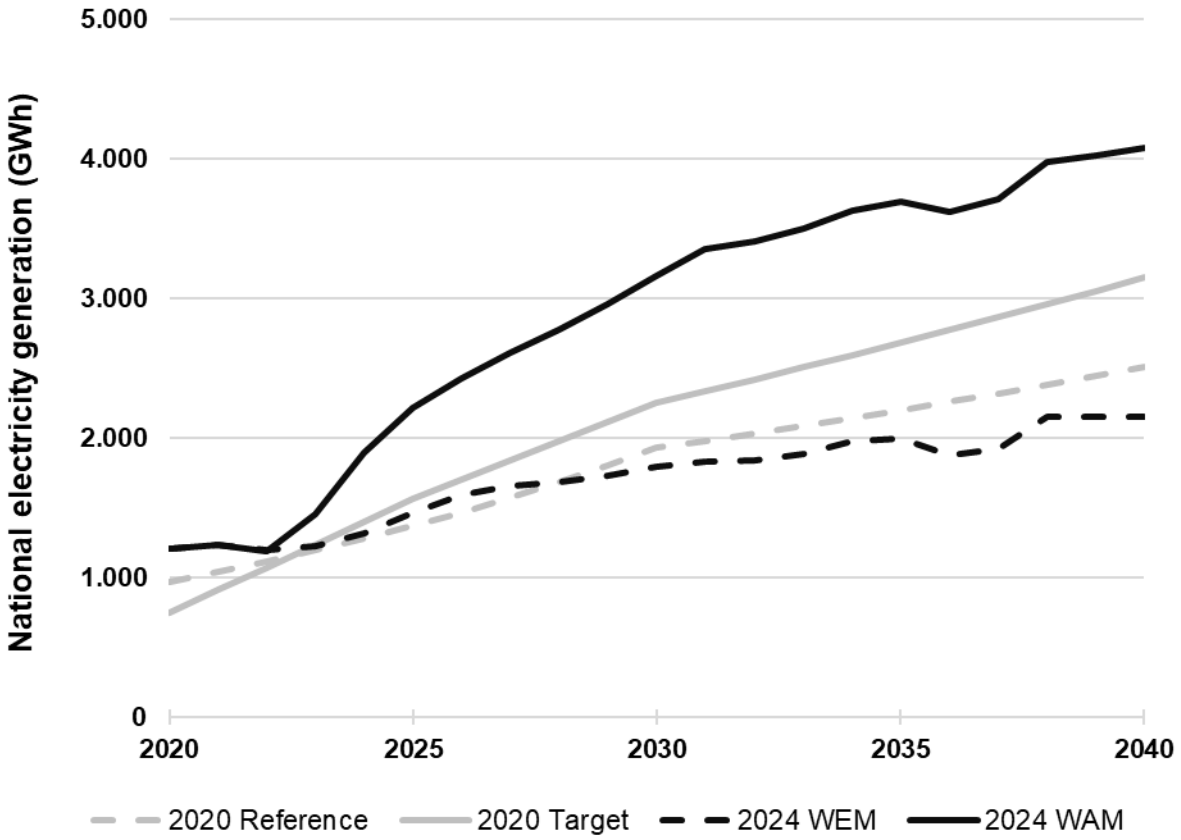
La demande en électricité devrait augmenter dans tous les secteurs



Contrairement aux scénarios **cibles** du **NECP 2020**, **la consommation d'électricité devrait** désormais **augmenter de manière significative dans tous les secteurs** jusqu'en 2040, selon le **NECP 2024** actualisé.

Le secteur des transports est le seul domaine où la tendance mise à jour reste **conforme** à la version précédente.

Le NECP 2024 confirme la croissance à long terme de la production locale



Par rapport aux perspectives de consommation actualisées, les tendances en matière de production nationale d'électricité restent **largement cohérentes** entre les versions 2020 et 2024 du NECP.

Le scénario **WAM** reflète **un déploiement plus ambitieux des énergies renouvelables**, tandis que **le scénario WEM** et les objectifs antérieurs indiquent **une croissance** plus **lente.**

Cependant, dans tous les cas, **l'augmentation de la demande d'électricité dépasse clairement la croissance de la production locale**, ce qui souligne l'importance de l'intégration du réseau et des capacités transfrontalières.

3

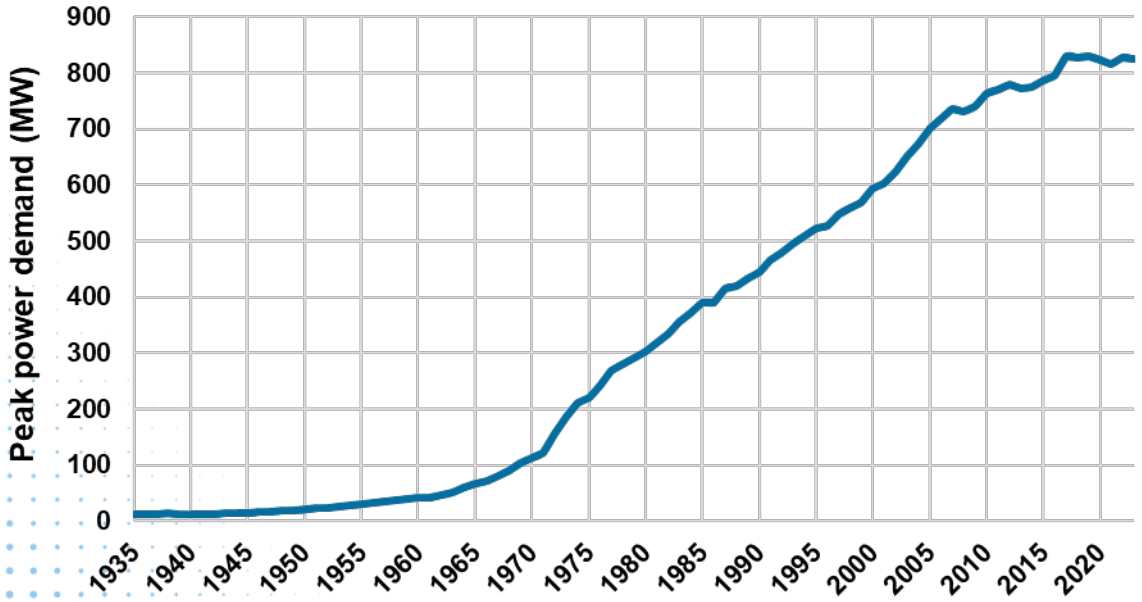
ANALYSE HISTORIQUE

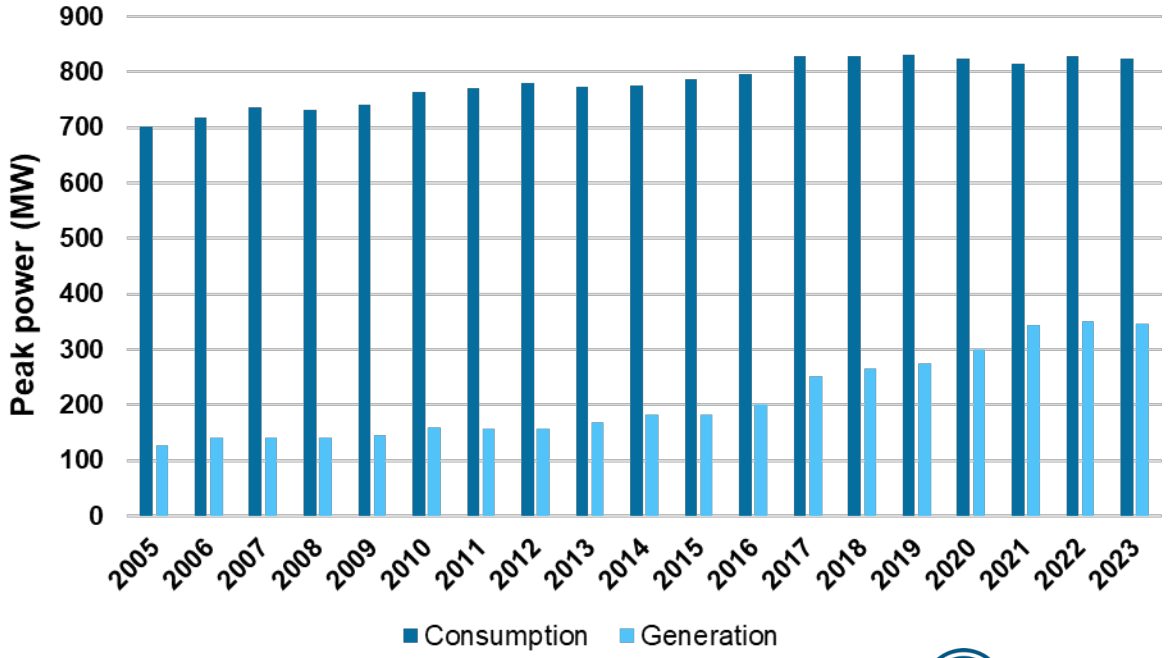
creos

Demande de pointe et charges de production sur le réseau Creos

En **2023**, la **charge de pointe** sur le réseau Creos a atteint **824 MW**, tandis que **la production** locale **de pointe** n'a atteint que **345 MW**.

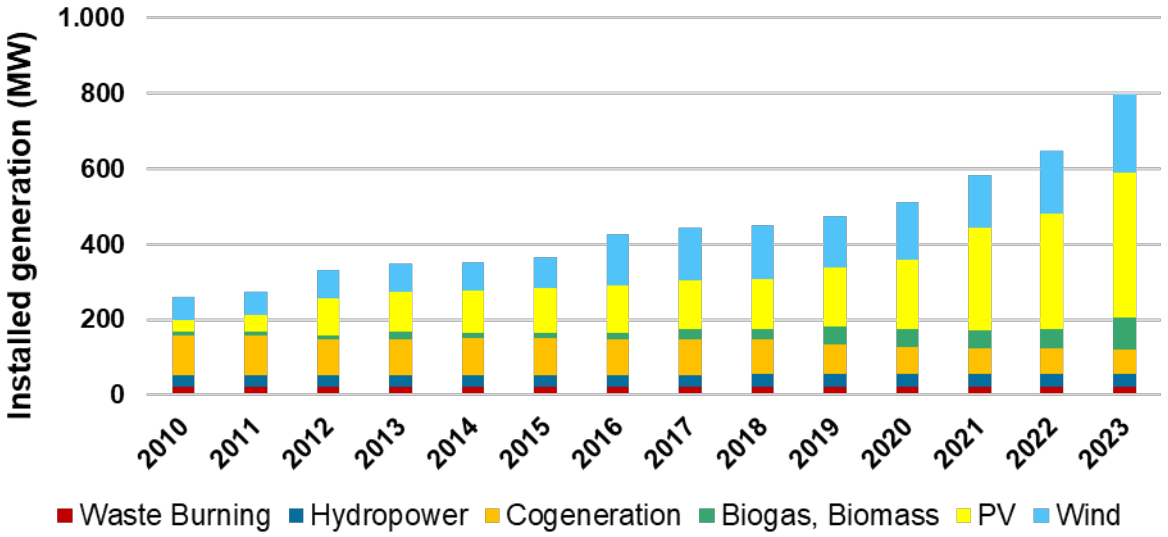
La consommation de pointe et la production de pointe **ne** sont **pas alignées**, et le Luxembourg dépend donc d'importations importantes pendant les périodes de demande critique.

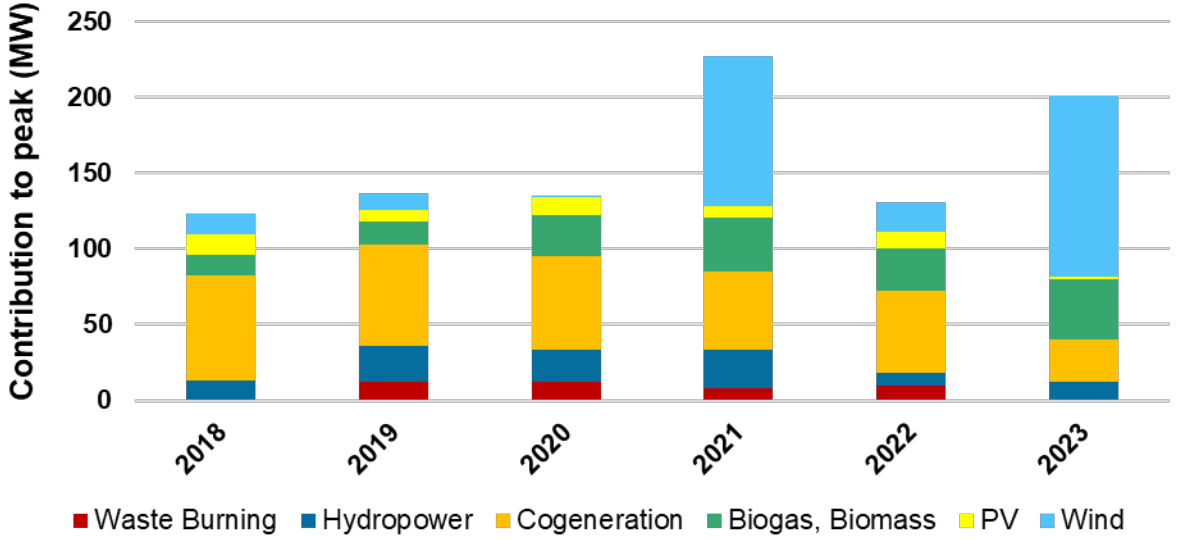




Capacité installée vs contribution aux pics de consommation : un écart croissant

La capacité installée est passée de 250 MW en 2010 à **800 MW en 2023** (946 MW en 2024), mais sa **contribution à la charge de pointe n'est pas garantie**.
La production photovoltaïque est **limitée** pendant les pics hivernaux, et **la production éolienne** est **très variable**, passant de près de zéro en 2020 à des pics importants en 2021 et 2023. **La** cogénération à base de gaz est **en déclin**, tandis que **la biomasse et le biogaz** connaissent **une croissance** grâce à une capacité supplémentaire. Les contributions de **l'hydroélectricité et de l'incinération des déchets** restent **mineures**, la maintenance ayant un impact majeur en raison du nombre limité d'installations.



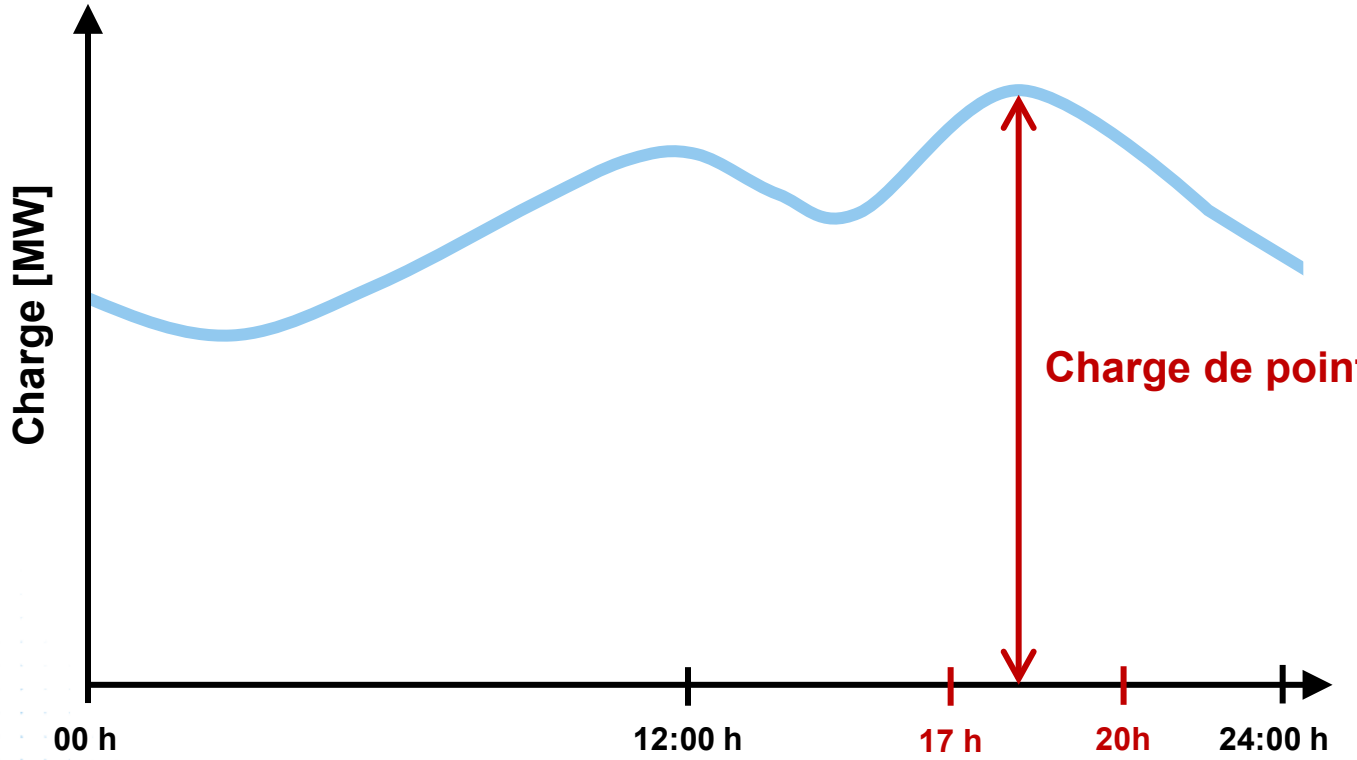


4

CHARGE MAXIMALE PRÉVUE EN 2040

creos

Courbe de charge par temps froid : le pic de consommation en soirée, un défi majeur pour la planification



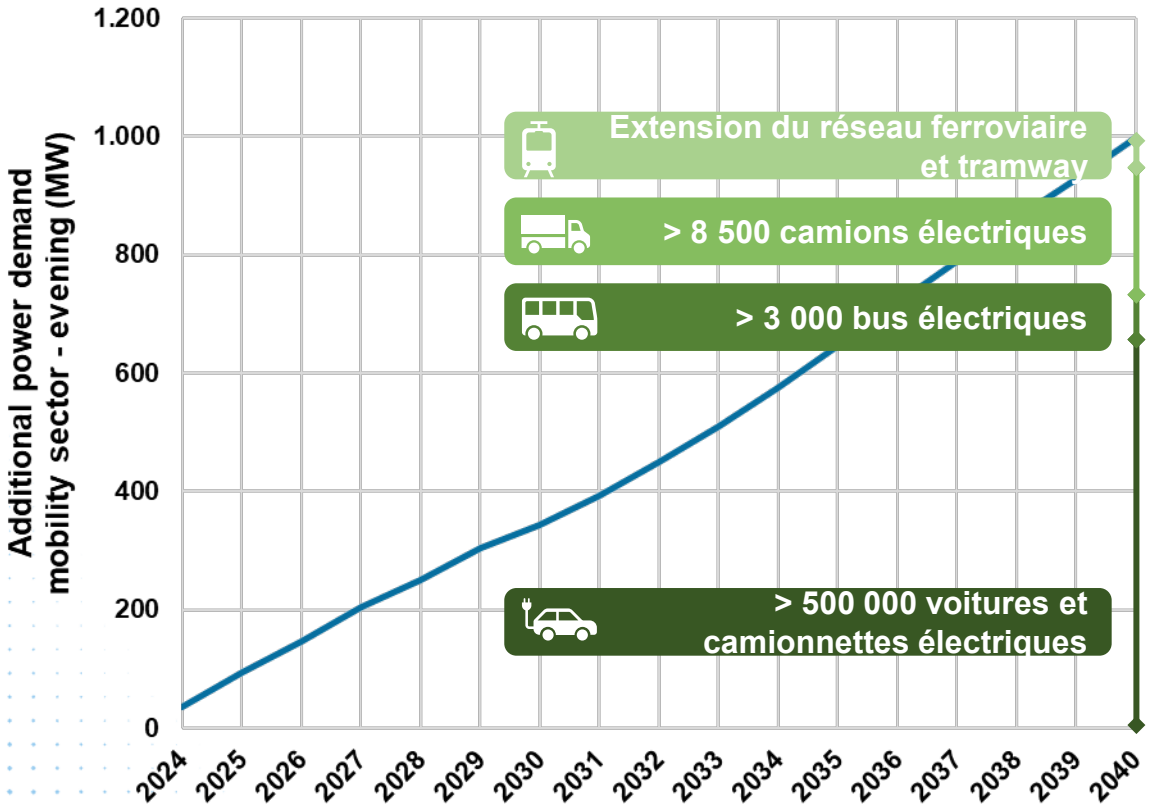
Σ

- Secteur de la mobilité
- Secteur industriel
- Secteur tertiaire
- Secteur résidentiel
- Centres de données
- Production d'hydrogène

Dans ce Scenario Report, nous analysons les pics prévus à midi et en soirée dans un scénario haut et bas. Lors des journées froides, le **pic en soirée** est systématiquement plus élevé, ce qui en fait la période la plus **critique pour la planification à long terme du réseau**.

Les diapositives suivantes se concentrent sur la charge de pointe estimée en soirée dans le scénario haut, calculée comme la somme des charges de tous les principaux secteurs de consommation.

Mobilité électrique : près de 1 GW de charge supplémentaire en soirée



Sans le déploiement de la recharge intelligente, de l'écrêtement des pics ou d'autres mesures de flexibilité, **la charge de pointe non gérée en soirée due à la mobilité électrique** pourrait atteindre **jusqu'à 1 000 MW d'ici 2040**.

Cela comprend :

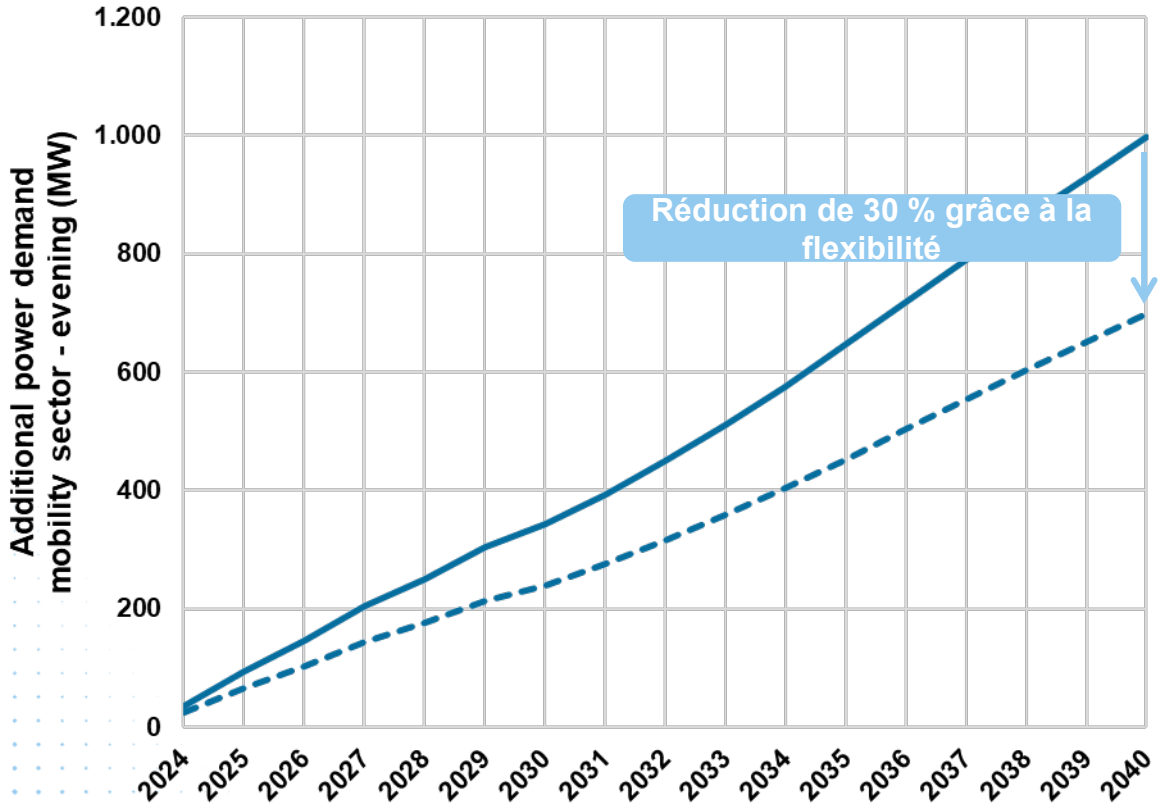
~ 650 MW provenant de plus de 500 000 voitures et camionnettes électriques

~ 55 MW provenant d'environ 3 000 bus électriques

~ 270 MW provenant de plus de 8 500 camions électriques

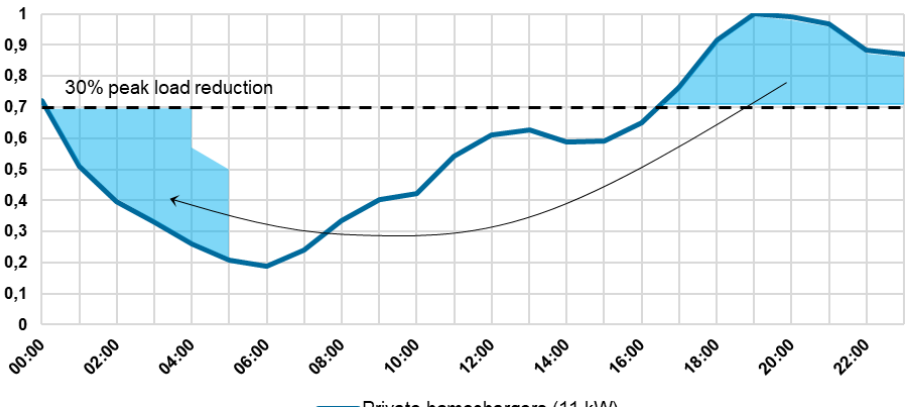
~ 20 MW provenant de l'extension du réseau ferroviaire et tramway

La flexibilité pourrait réduire la charge de pointe liée à la mobilité électrique de 30 %

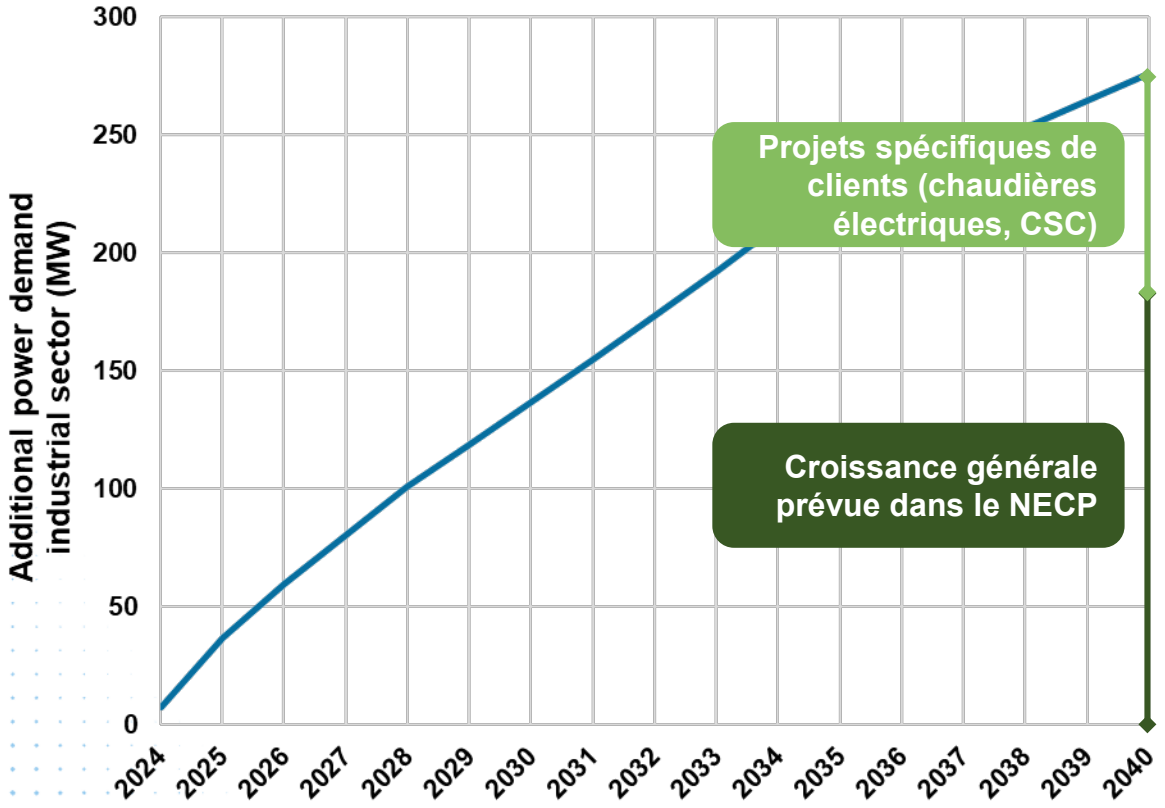


Sur la base des profils de charge des différents groupes d'utilisateurs, une **réduction de 30 % de la charge de pointe** liée à la mobilité électrique semble réalisable grâce à une recharge intelligente, à la gestion de la charge dans les dépôts, à des tarifs adaptés, à des accords de connexion et à d'autres mécanismes de flexibilité.

Cela pourrait réduire le **pic de consommation en soirée** en 2040 de près de 300 MW, passant de 1 000 MW à environ **700 MW.**



Secteur industriel : l'électrification génère 280 MW de nouvelle demande

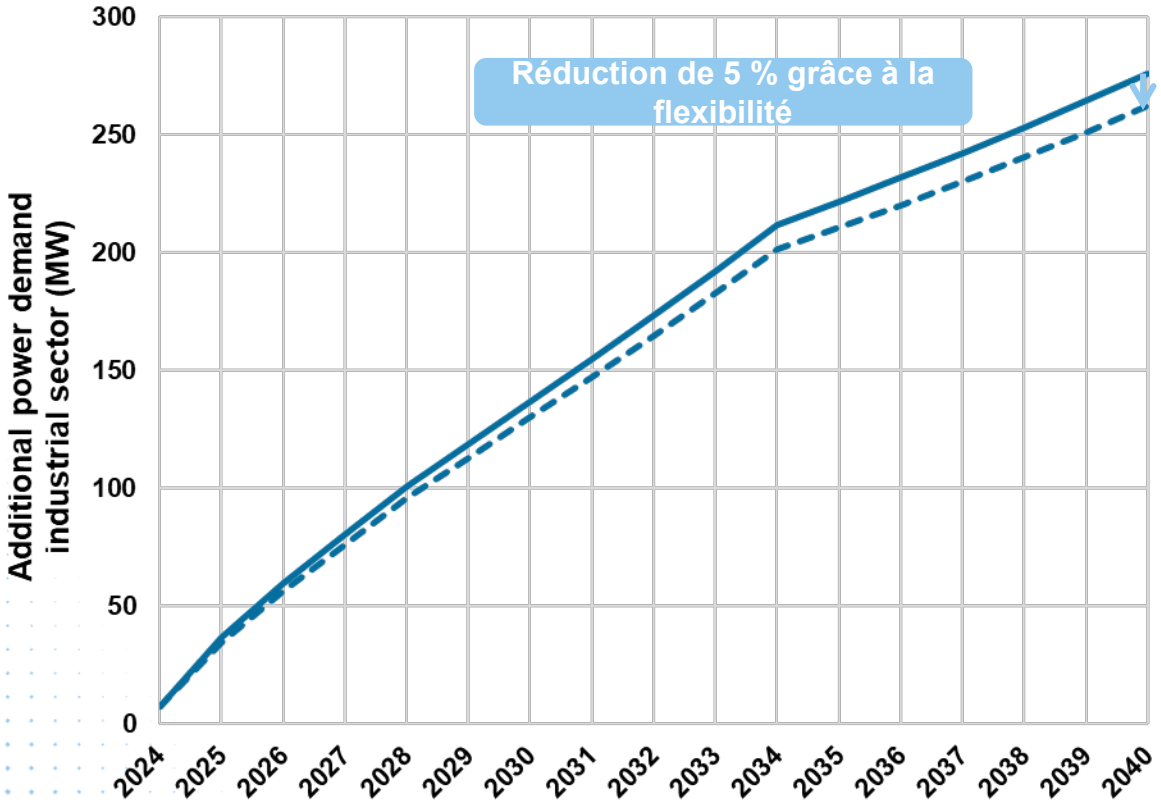


La demande supplémentaire en électricité dans le **secteur industriel** sur le réseau Creos a été déterminée sur la base des éléments suivants :

- **La croissance générale de la consommation d'énergie** dans le secteur industriel non couvert par le SEQE, telle que prévue dans le NECP, qui se traduit par un supplément **de 180 MW**
- **Des projets spécifiques de clients**, notamment l'installation de chaudières électriques et de systèmes de capture et de stockage du carbone, représentant **100 MW** supplémentaires

Ensemble, ces tendances se traduisent par **une charge supplémentaire** pouvant atteindre **280 MW en période de pointe le soir d'ici 2040**.

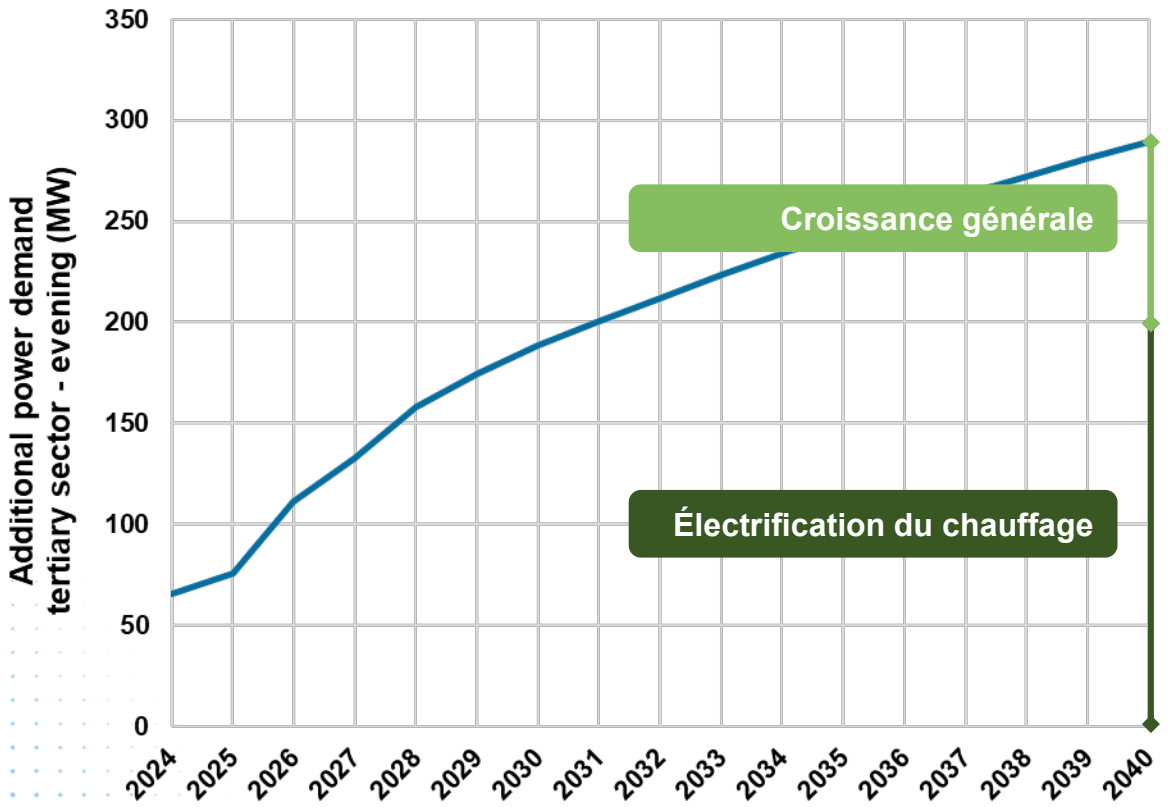
Flexibilité dans l'industrie : le potentiel existe, mais les clients sont réticents



Dans le cadre de l'étude **FlexBeAn** (Flexibility Potential and User Behaviour Analysis), menée en collaboration avec le Luxembourg Institute of Science and Technology (**LIST**) et le Centre interdisciplinaire pour la sécurité, la fiabilité et la confiance (**SnT**) de l'Université du Luxembourg, le **potentiel de flexibilité dans le secteur industriel** a été évalué à travers des recherches documentaires et **des enquêtes auprès des clients**.

Les résultats indiquent que les clients industriels au Luxembourg adoptent une **attitude** plus **prudente à l'égard de la flexibilité**, ce qui conduit à une **réduction** estimée **de la charge de pointe de seulement 5 %** dans ce secteur, pour atteindre **260 MW**.

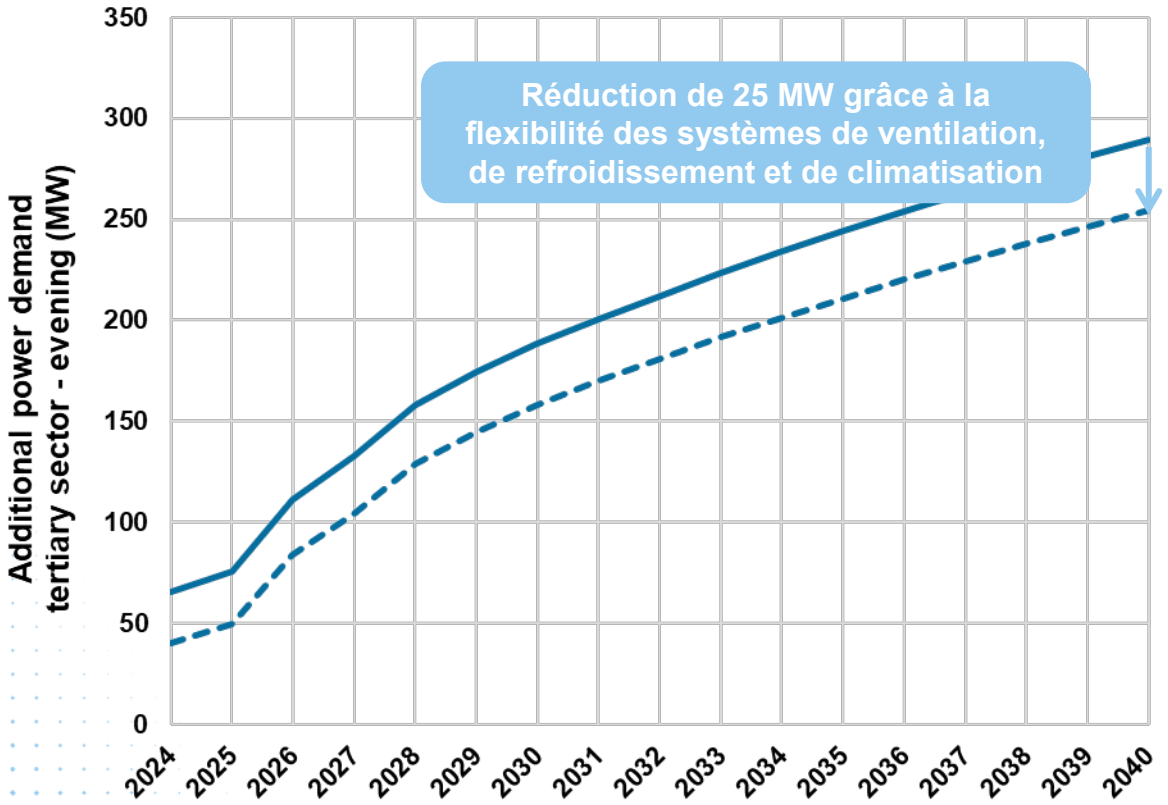
Secteur tertiaire : l'électrification du chauffage stimule la charge de pointe



Selon le NECP, la croissance de la demande dans le **secteur tertiaire** sera principalement tirée par **l'électrification du chauffage**, qui contribuera à hauteur d'environ **200 MW** d'ici 2040.

Une augmentation supplémentaire **de 90 MW** est attendue grâce à **la croissance générale** des services, des bureaux, du commerce de détail et des bâtiments publics.

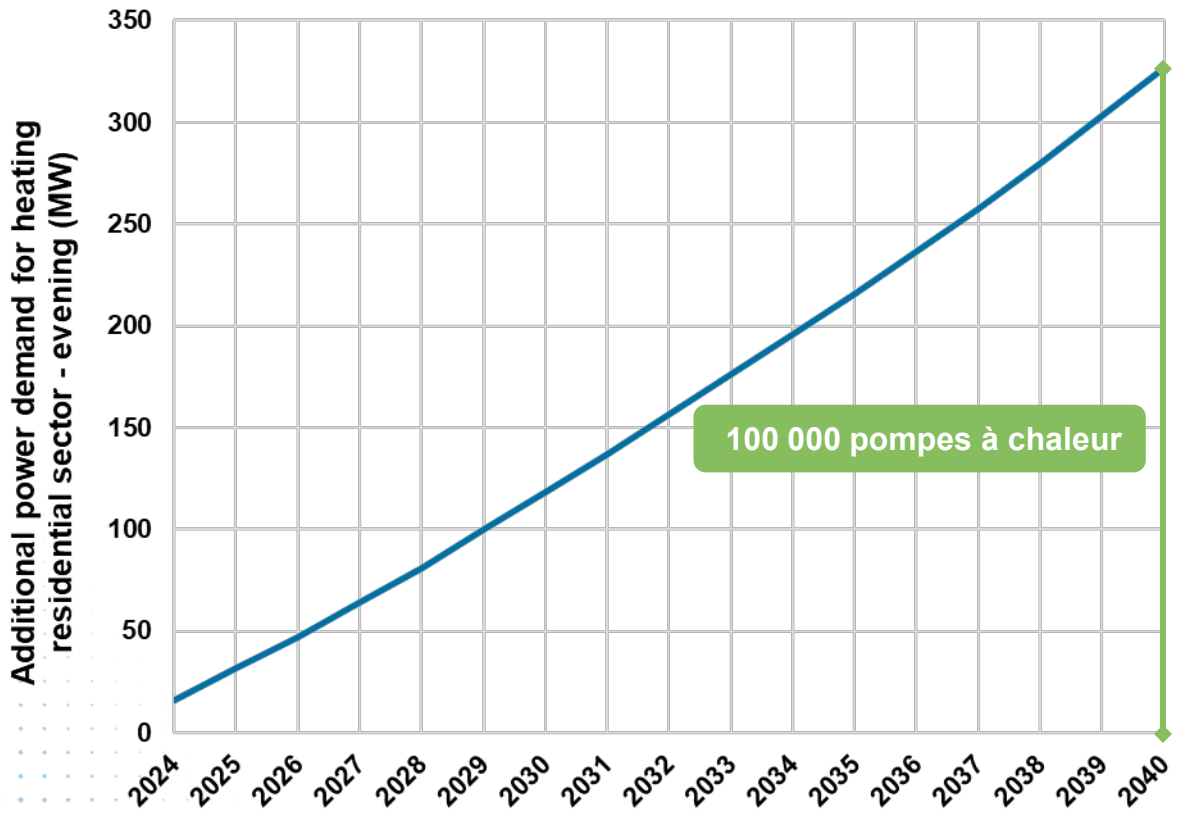
Flexibilité tertiaire : potentiel hivernal limité



L'étude **FlexBeAn** a également évalué le potentiel **de flexibilité** dans le **secteur tertiaire**, identifiant des opportunités principalement **dans** les systèmes **de ventilation, de refroidissement et de climatisation**.

Pour les **mois d'hiver**, où le chauffage domine, la réduction maximale de la charge réalisable est estimée à **25 MW**.

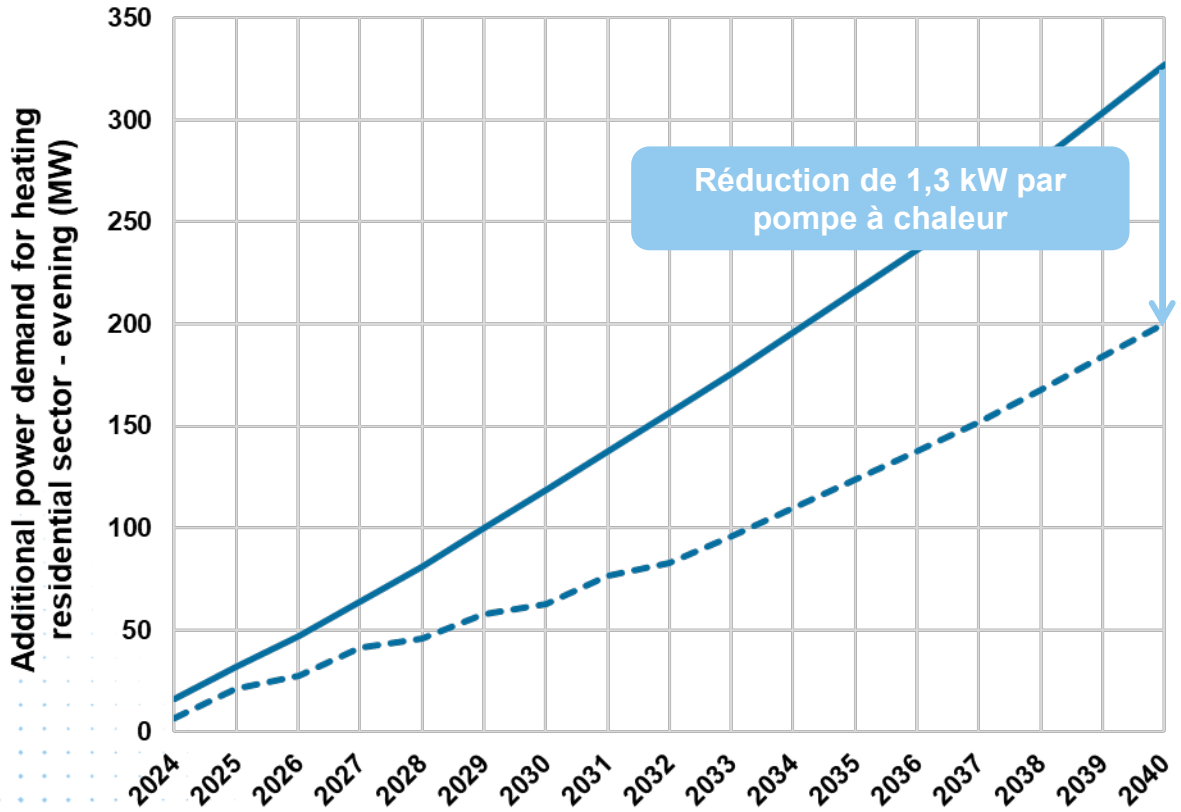
Secteur résidentiel : les pompes à chaleur ajoutent 320 MW à la charge en soirée



Dans le **secteur résidentiel**, la croissance de la demande est entièrement tirée par le **remplacement des systèmes de chauffage à base de combustibles fossiles par des pompes à chaleur**.

Selon le NECP, près de **100 000 pompes à chaleur** pourraient être installées d'ici **2040**, ce qui entraînerait une charge supplémentaire estimée à **320 MW** en soirée.

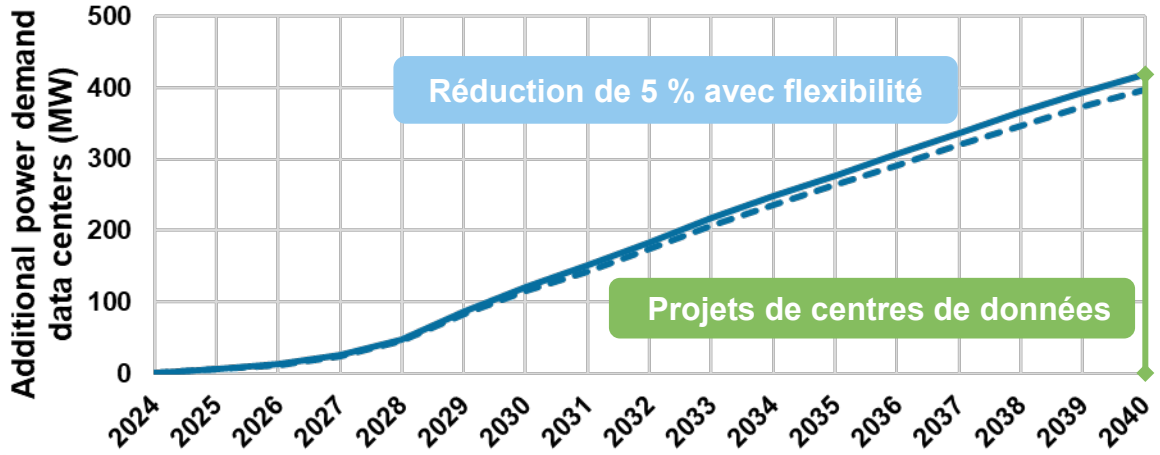
Flexibilité résidentielle : fort potentiel grâce au contrôle des pompes à chaleur

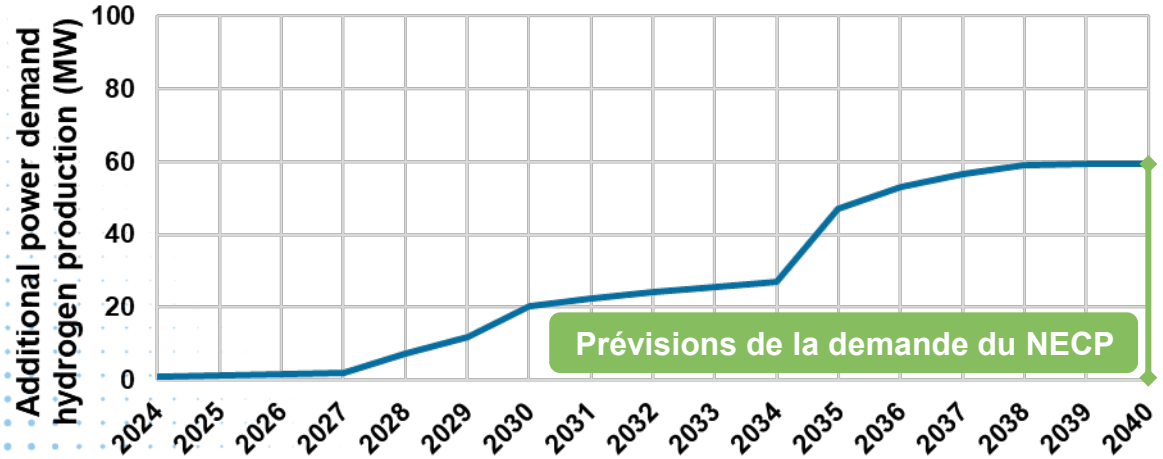


L'étude **FlexBeAn** a également évalué le **secteur résidentiel**, identifiant un **fort potentiel de flexibilité** grâce à l'utilisation de pompes à chaleur.

En moyenne, **chaque unité offre environ 1,3 kW de charge déplaçable**, ce qui pourrait entraîner une réduction des pics de consommation pouvant atteindre **130 MW** d'ici 2040.

Charges supplémentaires : centres de données et production d'hydrogène





La charge future **des centres de données** a été estimée sur la base des projets et des demandes des clients, et **devrait dépasser 400 MW d'ici 2040**.

En raison de leur **profil de charge stable 24 heures sur 24**, un **potentiel de flexibilité limité à 5 %** a été appliqué.

Pour **l'hydrogène**, le NECP prévoit un scénario de **production entièrement locale** pour un usage industriel et dans les transports **jusqu'en 2030**, après quoi une infrastructure de transport de l'hydrogène est attendue.

En raison des incertitudes liées à la mise en œuvre et à l'exploitation, aucun potentiel de flexibilité n'a été pris en compte pour cette charge.

5

PRODUCTION MAXIMALE PRÉVUE EN 2040

creos

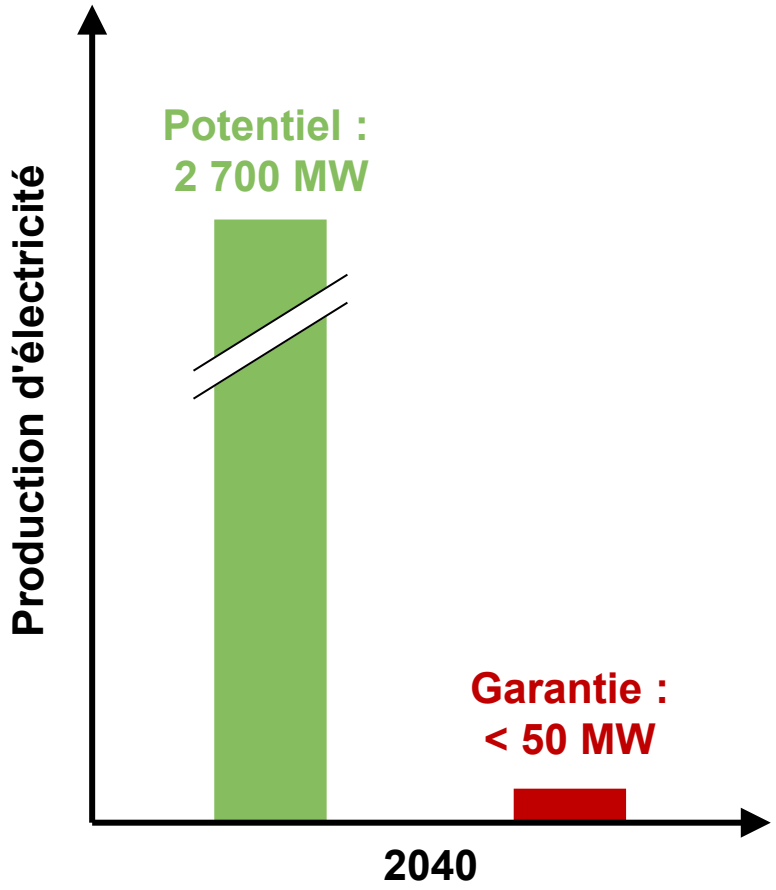
Production de pointe prévue jusqu'en 2040

Cette section analyse la **production maximale prévue** pour toutes les principales technologies de production au Luxembourg, selon **des scénarios optimistes et pessimistes**. Contrairement à la capacité installée, cela reflète l'injection réelle dans le réseau.

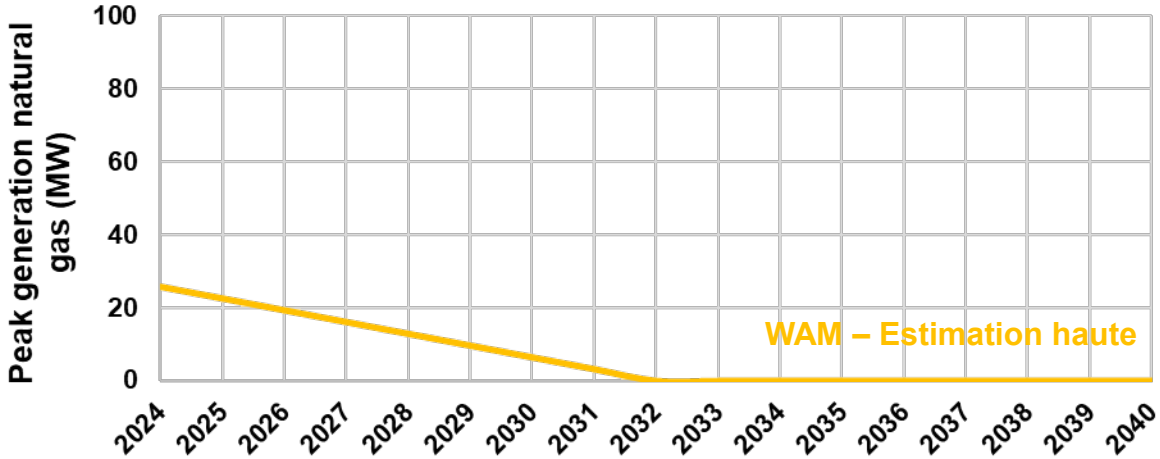
Les projections sont **basées sur** les volumes de production des **scénarios NECP WEM et WAM**, en utilisant les heures de pleine charge historiques pour chaque technologie. Comme dans la section précédente, nous nous concentrerons ici sur le scénario ambitieux WAM.

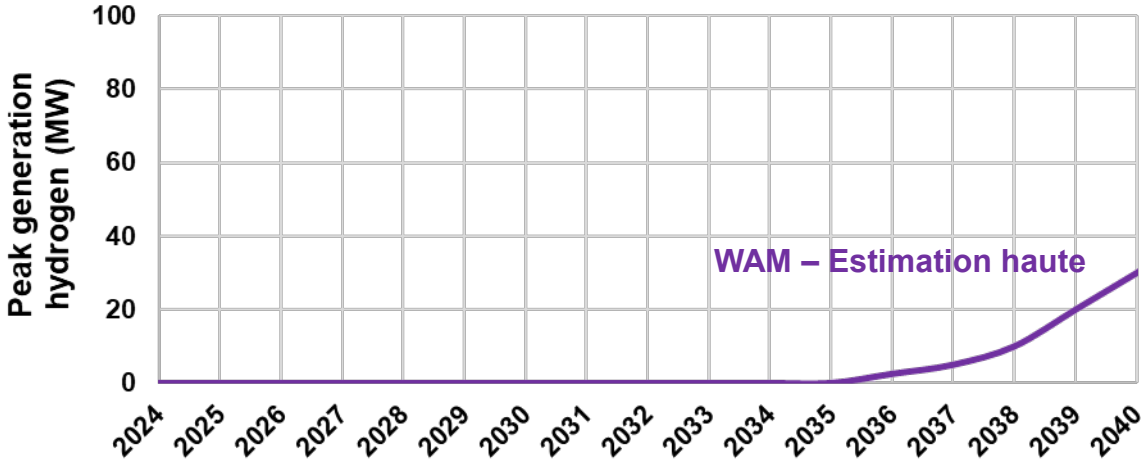
Si la capacité installée devrait augmenter de manière significative, **toutes les sources ne contribuent pas de manière fiable à la demande de pointe.**

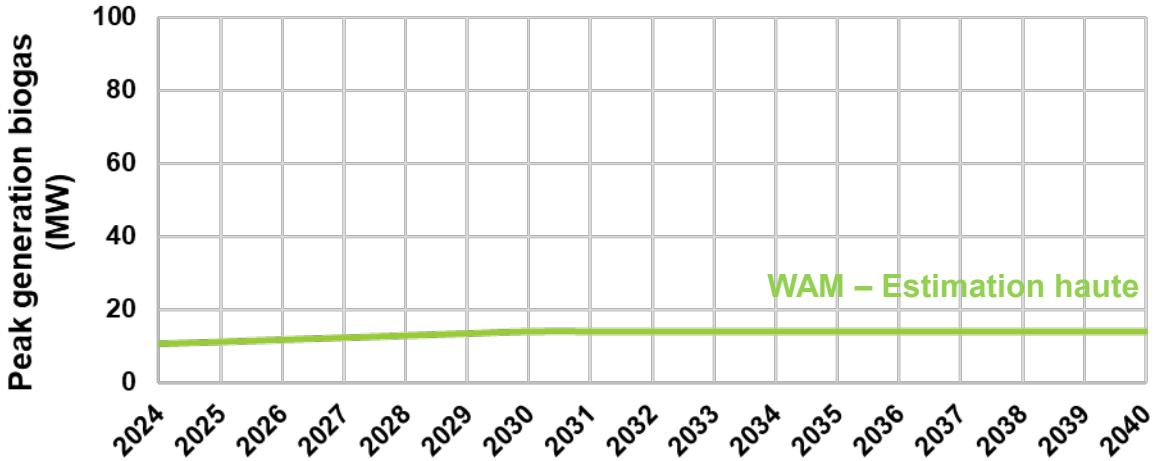
D'ici **2040, la production de pointe pourrait théoriquement atteindre 2 700 MW**, mais dans **le pire des cas**, l'analyse des six dernières années suggère que **moins de 50 MW peuvent être considérés comme garantis** pendant les pics de consommation.

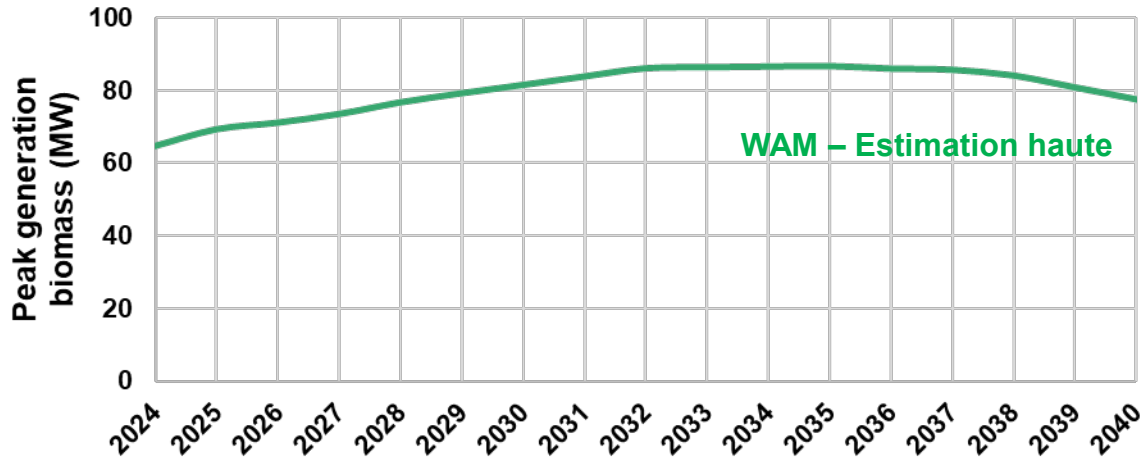


Gaz naturel, hydrogène, biogaz et biomasse



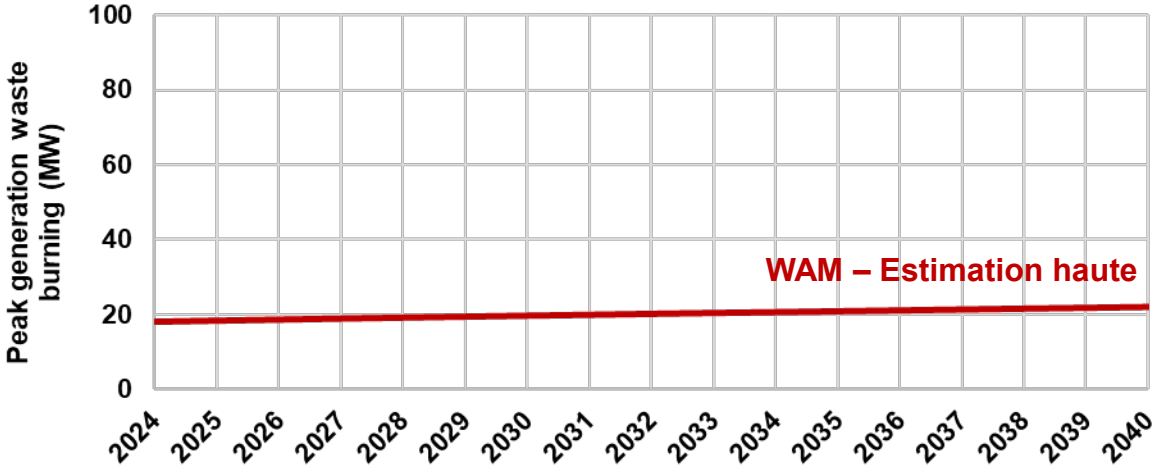


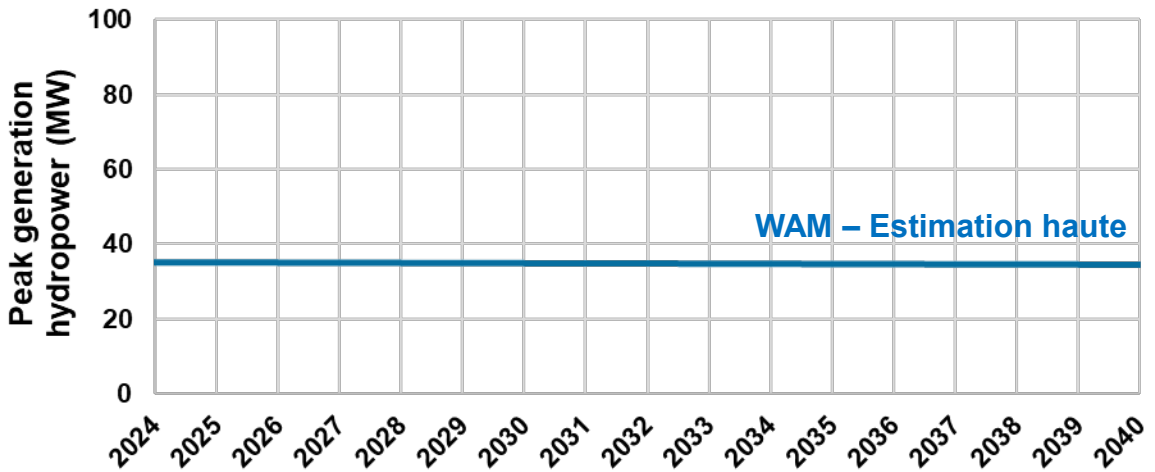


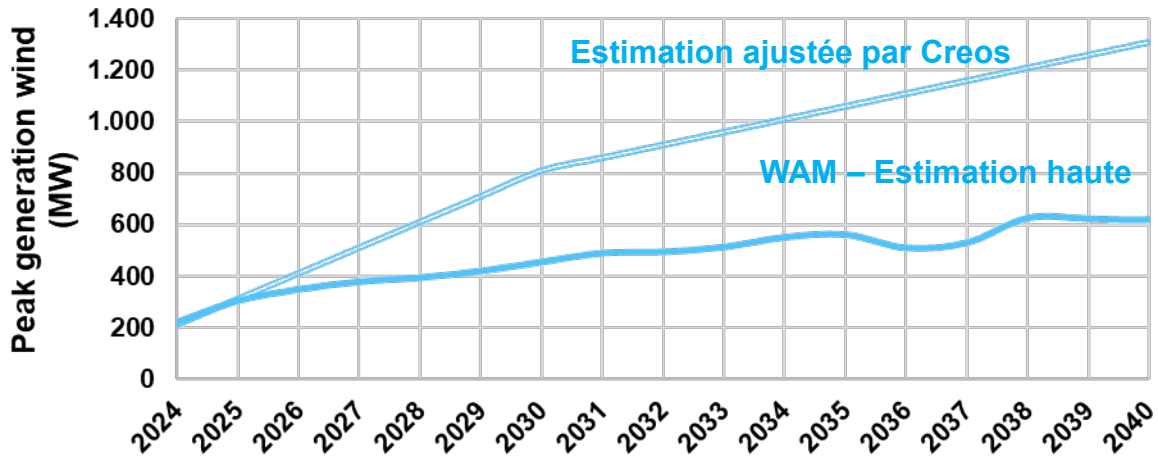


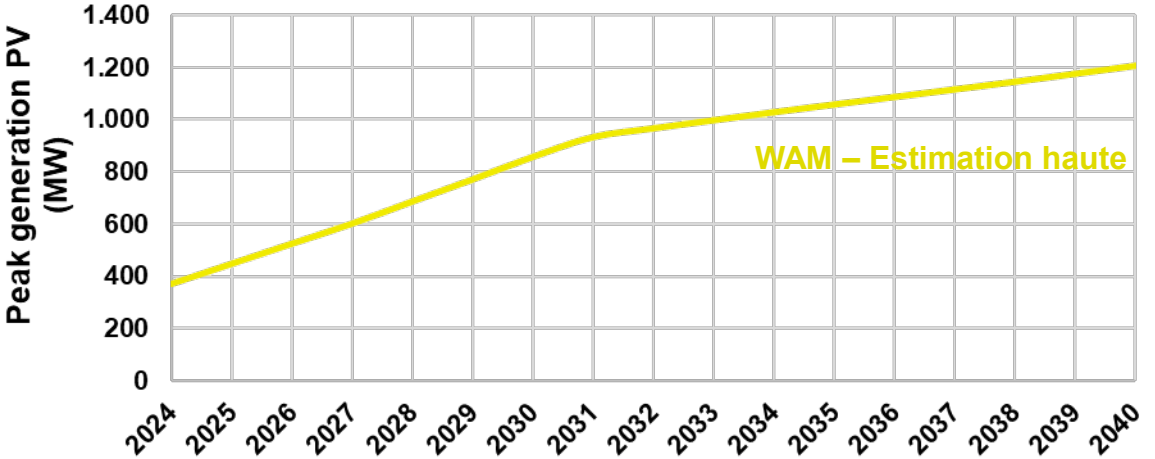
La production de pointe garantie reste limitée, car les sources les plus fiables sont soit en voie de disparition, soit en croissance modérée.

Incinération des déchets, énergie hydraulique, éolienne et photovoltaïque







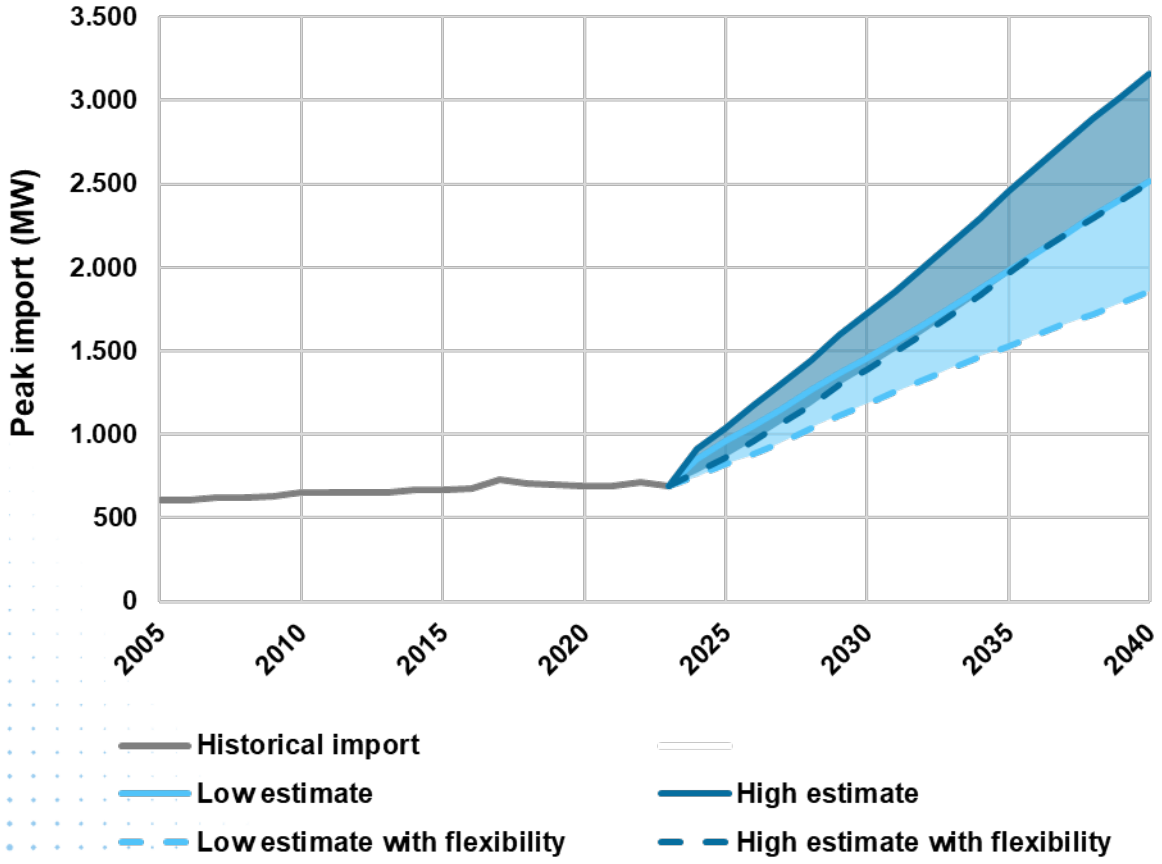


L'énergie éolienne et photovoltaïque sont les principaux moteurs de l'augmentation prévue de la production de pointe, mais la disponibilité saisonnière et dépendante des conditions météorologiques reste une contrainte majeure.

6

IMPORTATION MAXIMALE PRÉVUE EN 2040

La forte dépendance à l'égard des importations persiste, même avec une certaine flexibilité



Le pic d'importation est calculé comme étant **la charge totale moins la production garantie**. La charge totale est la somme des charges de pointe sectorielles présentées à la section 4.

Alors que les sections précédentes ne présentaient que les estimations élevées, cette diapositive présente **l'ensemble des calculs**, y compris :

- **Scénarios d'estimation haute et basse**
- **Avec et sans mesures de flexibilité**

D'ici 2040, les besoins en importation pourraient varier entre 1 850 MW et 3 150 MW.

Pour la planification à long terme du réseau dans le **plan de développement du réseau**, **l'estimation haute avec flexibilité** sera utilisée.

Les mesures seront déclenchées par le dépassement de **seuils de puissance ou de tension**, ce qui permettra un suivi ciblé.

7

PLAN DE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION (DNDP)

creos

Transformer les prévisions en plans de développement du réseau

1) Évaluer l'état actuel du réseau pour chaque niveau de tension

Modélisation du réseau
Reproduire la topologie du réseau dans les outils de planification du réseau

→

Appliquer les mesures
Recueillir, vérifier et appliquer les mesures aux différents niveaux de tension

→

Analyse des flux
Effectuer une analyse des flux de charge pour déterminer les goulots d'étranglement et les éléments critiques

→

Simulations de contingence
Effectuer des analyses N-1 pour déterminer les goulots d'étranglement dans un état dérogatoire du réseau

2) Répartir les projections de la demande et de la production par niveau de tension et par région

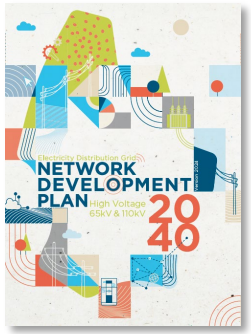
Par niveau de tension

Par région du réseau

Distribution de la demande et de la production

3) Déterminer les mesures nécessaires et effectuer des analyses coûts-bénéfices pour comparer le renforcement traditionnel du réseau aux options de réseau intelligent ou de flexibilité

4) Documenter les résultats dans le plan de développement du réseau



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Avez-vous des questions ?

creos