



Concept énergétique communal de Koerich

Rédaction

Théo MOZET

Conseiller en environnement

Tél. +352 621 709 788

Mail. theo.mozet@energieagence.lu

12.08.2025

Contenu

1.	Motif & objectif.....	4
2.	Description & état des lieux.....	6
2.1.	Consommations et production d'électricité.....	7
3.	Utilisation et production d'énergie renouvelable.....	9
3.1.	Photovoltaïque	9
3.1.1.	Production actuelle.....	9
3.1.2.	Potentiel.....	10
3.1.3.	Scénarios projection 2050.....	13
3.2.	Cogénération	16
3.3.	Solaire thermique	16
3.4.	Biomasse.....	17
3.4.1.	Production actuelle.....	17
3.4.2.	Potentiel.....	17
3.5.	Géothermie.....	18
3.5.1.	Potentiel.....	19
4.	Rénovation de bâtiments existants & éclairage public.....	21
4.1.	Bâtiments d'habitation	21
4.1.1.	Situation de départ	21
4.1.2.	Potentiel de rénovation	23
4.2.	Bâtiments professionnels	25
4.3.	Bâtiments communaux.....	26
4.4.	Éclairage public.....	27
5.	Bilan énergétique.....	29
6.	Objectifs de développement	32
6.1.	Conclusion	33
6.2.	Plans d'actions.....	35
	Répertoire des sources.....	39

Table des Illustrations

Figure 1: Carte générale de la commune de Koerich (données : Geoportail.lu)	6
Figure 2 : Evolution de la population Commune de Koerich (données : Statec).....	6
Figure 3 : Données de consommation d'électricité commune de Koerich (données : Creos Luxembourg s.a.)....	7
Figure 4 : Comparaison consommation & production d'électricité Commune de Koerich (données : Creos Luxembourg s.a.).....	8
Figure 5 : Répartition de la production d'électricité de la Commune de Koerich	8
Figure 6 : Evolution de la puissance PV totale installée Commune de Koerich (données : ILR)	10
Figure 7 : Demandes d'aides nationales pour les installations PV sur le territoire de la commune de Koerich (données : Data.public.lu)	11
Figure 8 : Puissance PV réalisable par calcul Centre du village de Koerich	12
Figure 9 : Prévision de croissance de la puissance PV totale - Scénario de développement 1 Commune de Koerich	14
Figure 10 : Prévision de croissance de la puissance PV totale - Scénario de développement 2 Commune de Koerich	15
Figure 11 : Surface totale solaire thermique installée Commune de Koerich.....	16
Figure 12 : Représentation des conditions d'autorisation des forages géothermiques territoire communal de Koerich	19
Figure 13 : Extrait du cadastre des bâtiments de la commune de Koerich, représentation de l'année de construction	21
Figure 14 : Analyse statistique des bâtiments d'habitation par année de construction Commune de Koerich ...	22
Figure 15 : Besoins en chaleur de chauffage (chauffage et eau chaude) par surface pour les bâtiments d'habitation de la commune de Koerich	23
Figure 16 : Couverture des besoins en chauffage - Scénario 1	24
Figure 17 : Couverture des besoins en chauffage - Scénario 2	24
Figure 18 : Besoin annuel calculé en mazout pour les bâtiments d'habitation de la commune de Koerich - Scénario 2.....	25
Figure 19 : Extrait du document Enercoach 2022	27
Figure 20 : Consommation mensuelle électrique de l'éclairage public et des routes (données : Creos)	28
Figure 21 : Prévision de la demande & de la production d'électricité - Scénario 1 Commune de Koerich.....	29
Figure 22 : Prévision du taux d'autosuffisance en électricité - Scénario 1 Commune de Koerich	30
Figure 23 : Prévision de la demande & de la production d'électricité - Scénario 2 Commune de Koerich.....	30
Figure 24 : Prévision du taux d'autosuffisance en électricité - Scénario 2 Commune de Koerich	31

1. Motif & objectif

Dans le cadre du Pacte Climat 2.0, la commune de Koerich s'est fixé plusieurs objectifs afin de poursuivre encore plus intensément à l'avenir les aspects liés à la protection du climat. Ceux-ci ont été formulés en accord avec les objectifs nationaux et européens et comprennent les domaines clés suivants :

- Adaptation au climat ;
- Économie circulaire ;
- Préservation des ressources ;
- La suffisance ;
- Gestion des déchets & des ressources ;
- Gestion de l'eau ;
- Qualité de l'air ;
- Numérisation durable.

Le *Plan national intégré en matière d'énergie et de climat du Luxembourg pour la période 2021-2030* (MEAT - MECDD, 2023) est déterminant pour les objectifs luxembourgeois en matière de protection du climat et de transition énergétique. Les 197 mesures identifiées doivent permettre d'atteindre principalement trois objectifs clés :

- **55 %** : Réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2005 ;
- **37 %** : Part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie ;
- **42 %** : Amélioration de l'efficacité énergétique.

En tant que l'un des six secteurs concernés, le secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires représente un point de départ essentiel pour atteindre les objectifs. La mise en œuvre concerne surtout les domaines de la décarbonisation, de l'efficacité énergétique et de la sécurité d'approvisionnement. Les communes rurales, tout comme les régions urbaines se doivent, dans la mesure du possible, accentuer leurs efforts afin de préserver notre planète et notre environnement tout en conservant notre confort de vie.

Le contenu et la raison d'être de ce rapport sont l'évaluation de l'utilisation actuelle de l'énergie (électricité et autres sources d'énergie) sur le territoire de la commune et l'élaboration d'un concept énergétique en tant qu'élément permettant d'atteindre les objectifs de protection du climat. L'espace considéré est l'ensemble du territoire communal avec ses bâtiments et ses infrastructures. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables est étudiée dans les domaines de la biomasse / du bois, de l'énergie solaire et de la géothermie.

Dans la transition vers une utilisation plus durable de l'énergie, trois approches sont étudiées :

- **Efficacité** : augmentation de la productivité par rapport à l'énergie dépensée ;
- **Cohérence** : utilisation optimisée et plus durable des matériaux et de l'énergie ;
- **Suffisance** : réduction de la consommation par la modification des comportements d'utilisation ou des modèles de consommation.

L'élaboration de ce concept énergétique a fait l'objet d'un échange étroit entre le chargé de projet, le service technique, l'échevin du climat et le bureau chargé du conseil de base dans le cadre du pacte climat. A cet effet, des visites sur place ont eu lieu à Koerich aux dates suivantes :

- 07.02.2025 : Délimitation du cadre du projet ;
- 23.04.2025 : Discussion des résultats, scénarios & trajectoires ;
- 01.10.2025 : Présentation des résultats du projet & conclusion.

2. Description & état des lieux

La commune de Koerich se situe dans le quart sud-ouest du Luxembourg et se compose des localités de Koerich, Goeblange, Goetzingen et Windhof.

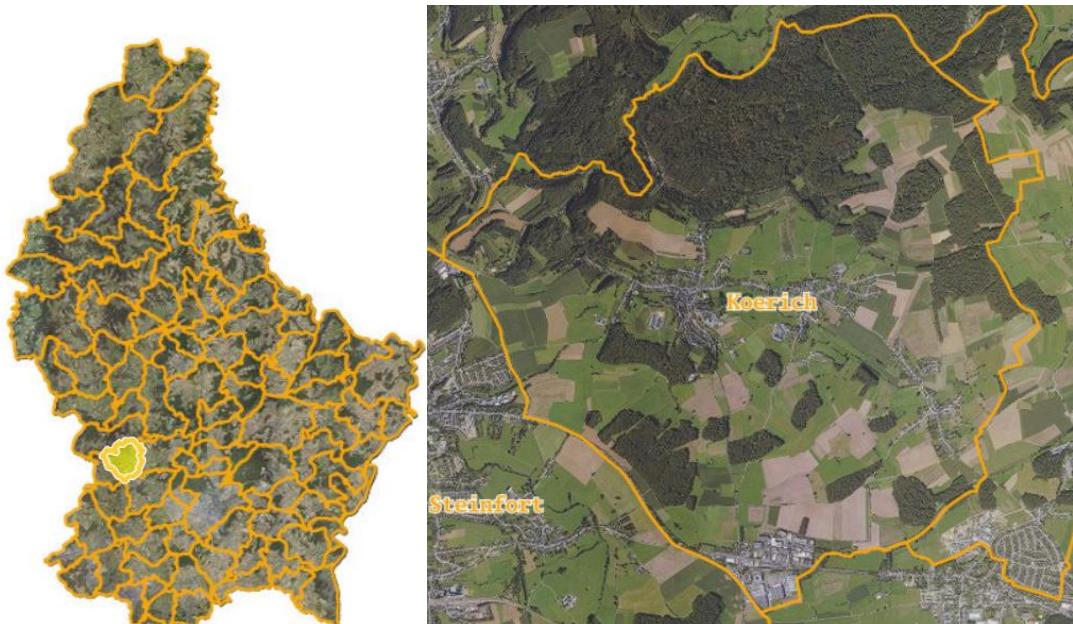


Figure 1: Carte générale de la commune de Koerich (données : Geoportail.lu)

Le nombre d'habitants s'élevait à 2 706 au début de l'année civile 2023 et présente une tendance actuelle d'environ 34 habitants supplémentaires par an, soit environ 1,2 % (depuis 2015) (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

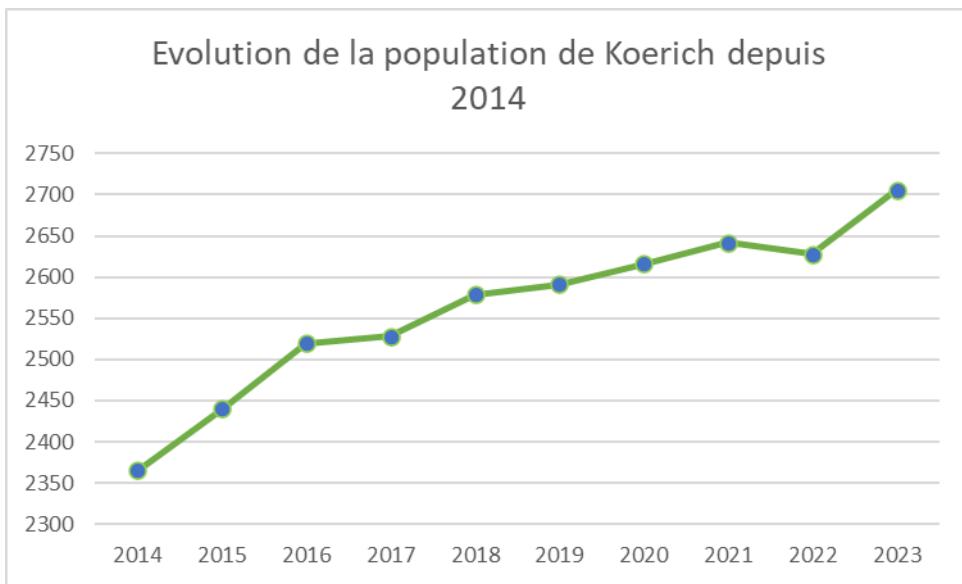


Figure 2 : Evolution de la population Commune de Koerich (données : Statec)

Pour établir des scénarios concernant l'utilisation de l'énergie ou le rapport entre la production et l'utilisation de l'énergie, il est nécessaire de réaliser des prévisions sur l'évolution de la population. Une croissance démographique modérée d'environ 1,5 % (moyenne nationale sur la période considérée :

environ 2 %) doit être considérée comme probable. Il existe de nombreuses projections de population pour les années 2030 et 2050. Le scénario moyen utilisé est une croissance conforme à l'estimation du programme directeur d'aménagement du territoire (PDAT), qui donne proportionnellement pour la commune de Koerich une population calculée d'environ 3.629 habitants pour l'année civile 2050 (MEAT, 2023).

L'analyse de la situation actuelle se base sur les données mises à disposition et accessibles au public et utilise, pour les comparaisons, des données des années civiles 2021, 2022 et 2023.

2.1. Consommations et production d'électricité

L'analyse de la consommation d'électricité se base sur l'ensemble des données mises à disposition des communes par Creos Luxembourg s.a. (gestionnaire du réseau électrique). Les données de consommation mensuelles sont séparées en trois groupes de consommation : "ménages", "professionnels" et "éclairage (public & voirie)" .

En 2021, la consommation totale d'électricité s'élevait à environ 57.904 MWh. Les années suivantes, la consommation est restée constante et atteint environ 58.388 MWh en 2022 et 58.107 MWh en 2023. Les données de consommation se répartissent approximativement entre environ 9,2 % de ménages, 89,6 % de commerces et 1,2 % d'éclairage.

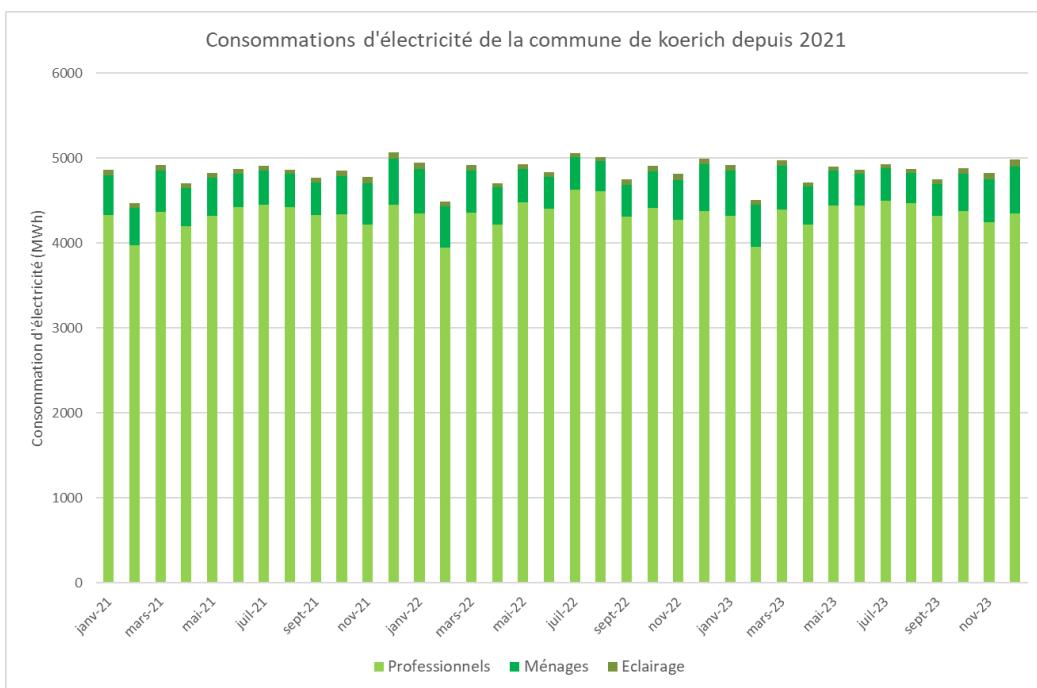


Figure 3 : Données de consommation d'électricité commune de Koerich (données : Creos Luxembourg s.a.)

Quant à la production d'électricité des installations photovoltaïques et de la cogénération est passée de 1.877 MWh en 2021 à 3.010 MWh en 2022 et 2.809 MWh en 2023. Une augmentation de 60% entre 2021 et 2022 qui démontre la volonté de la commune d'avancer dans la transition énergétique.

En termes de bilan annuel, la production d'électricité correspond à une fourchette entre 2 et 7 % de la consommation mensuelle d'électricité sur le territoire communal (voir figure 4).

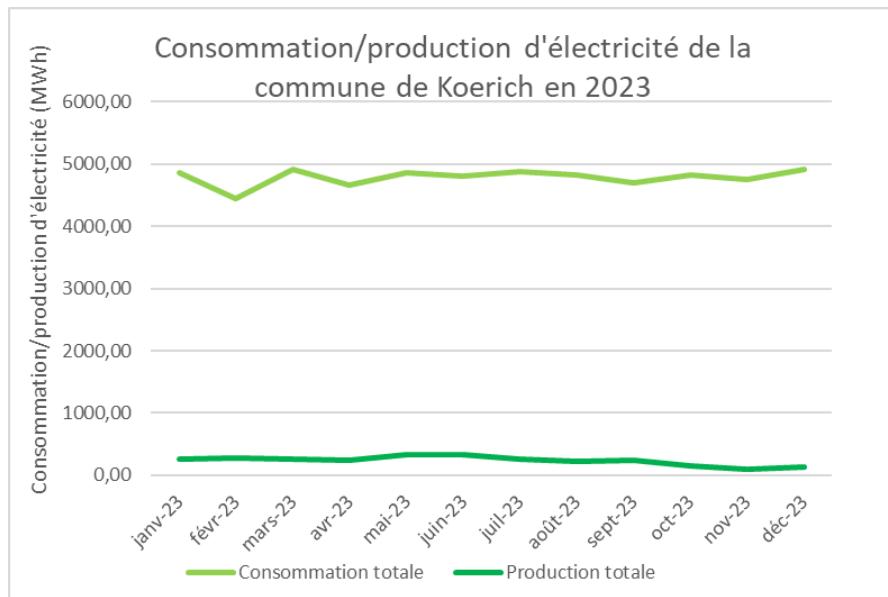


Figure 4 : Comparaison consommation & production d'électricité Commune de Koerich (données : Creos Luxembourg s.a.)

L'objectif inscrit dans le Leitbild de 2015 était de parvenir à un taux d'autoconsommation annuel d'électricité de 2,6 % pour l'année 2020. En 2021, il était de 3,6 %, 5,1 % en 2022 et 4,8 % en 2023. De ce fait, cet objectif est déjà largement atteint.

Dans la commune de Koerich, la production d'électricité est répartie entre les panneaux photovoltaïques ainsi que la cogénération. En fonction des saisons, la part d'électricité produite par les panneaux photovoltaïques varie entre 13% en hiver (janvier) et 100% en été (juillet/août) de la production totale d'électricité.

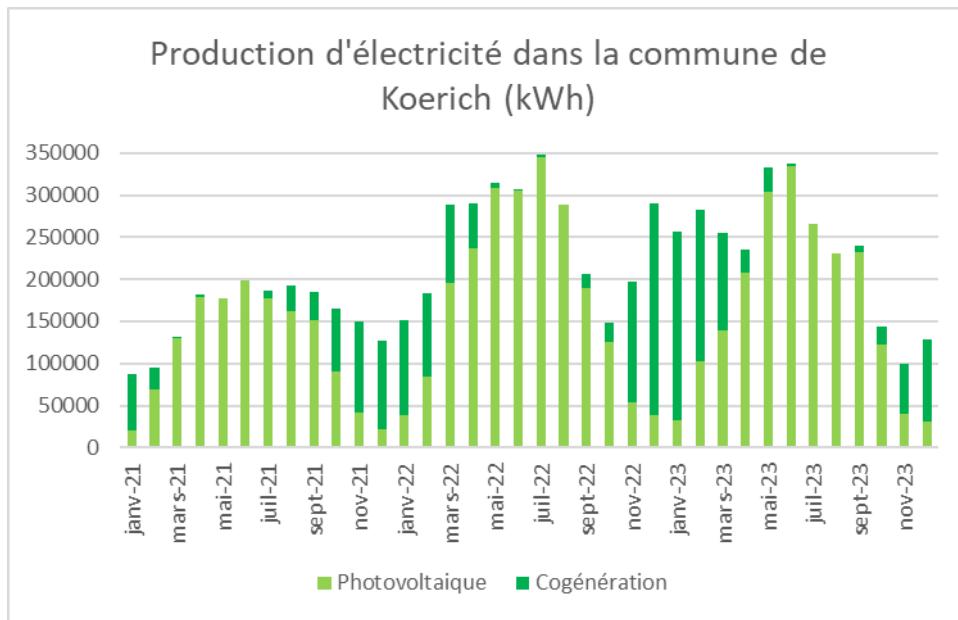


Figure 5 : Répartition de la production d'électricité de la Commune de Koerich

3. Utilisation et production d'énergie renouvelable

3.1. Photovoltaïque

Les installations photovoltaïques représentent la forme la plus répandue de production d'électricité décentralisée. Les avantages d'une production décentralisée sont principalement la réduction des éventuelles pertes de transmission dues à la proximité entre la production d'électricité et les consommateurs et l'augmentation de la sécurité d'approvisionnement. Selon les données Creos, la production d'électricité sur le territoire communal se fait en partie par le biais du photovoltaïque.

3.1.1. Production actuelle

La production annuelle totale des installations photovoltaïques sur le territoire de la commune, qui a été injectée dans le réseau électrique, s'élevait à environ 1.419 MWh pour l'année civile 2021, environ 2.209 MWh pour l'année suivante et environ 2.044 MWh pour l'année 2023 (Voir Tableau 1). Selon les données publiques, la puissance totale installée de toutes les installations photovoltaïques sur le territoire communal s'élève à 3 243 kW_P (état : fin 2024) (ILR, 2024).

Mois	2021	2022	2023
janvier	20,37	39,23	32,19
février	69,01	83,99	102,79
mars	129,47	195,43	139,59
avril	179,50	236,45	207,11
mai	177,27	309,18	304,31
juin	198,14	305,22	334,21
juillet	176,76	344,50	266,13
août	162,12	288,56	231,12
septembre	151,84	189,30	232,64
octobre	89,97	125,89	122,44
novembre	42,34	53,44	40,73
décembre	21,92	38,26	30,44
Total	1419	2209	2044

Tableau 1 : Électricité PV produite en MWh sur le territoire de la commune de Koerich (source : Creos Luxembourg s.a.)

Avec les puissances respectives des deuxièmes trimestres des années correspondantes, on obtient des rendements d'environ 907 kWh/kW_P pour l'année civile 2021, environ 960 kWh/kW_P pour l'année 2022 et environ 853 kWh/kW_P pour 2023. Les rendements annuels moyens sont influencés d'une part par les installations PV installées, d'autre part par le rayonnement solaire réel (kWh/m²) ou les conditions météorologiques sur place (couverture nuageuse ou heures d'ensoleillement). Pour examiner le rayonnement solaire réel, les données météorologiques de la station la plus proche avec enregistrement des données solaires à l'aéroport de Findel (à environ 18 km de la localité de Koerich) sont appropriées. Ainsi, les valeurs de production élevées de l'année 2022 peuvent être attribuées proportionnellement au

nombre significativement élevé d'heures d'ensoleillement, soit un total de 2.209 heures (environ 24 % de plus que la moyenne) (Voir Tableau 2).

Erreur ! Aucun nom n'a été donné au signet.

Année civile	2021	2022	2023	Moyenne à long terme (30 ans)
Heures d'ensoleillement (h)	1.851	2.234	1.852	1.803
Rendement moyen (kWh/kWp)	907	960	853	/

Tableau 2 : Nombre d'heures d'ensoleillement de la station météorologique de Findel & rendements électriques moyens de la Grande Région (données : Agrimeteo.lu ; entre autres MEA, Ertragsdatenbank.de)

3.1.2. Potentiel

Les puissances installées actuelles sont recensées par l'*Institut Luxembourgeois de Régulation* (ILR) et compilées pour chaque commune. Sur le territoire de la commune de Koerich, un total de 3.243 kWp sont installés à la fin de l'année 2024, répartis sur 155 installations (Voir Figure 6). La tendance sur la période couverte correspond à une augmentation d'environ 436 kWp par an. Au 4ème trimestre 2021, une augmentation massive de la puissance a eu lieu avec des installations totalisant 715 kWp (environ 22 % de la puissance totale actuelle).

En comparaison nationale, la commune de Koerich se situe au-dessus de la moyenne nationale qui est actuellement de 280 Wp/habitant. Depuis 2021, la puissance installée croît grandement en passant par 592 Wp/habitants en 2021 à 1.117 Wp/habitant en 2024 en passant par 875 en 2022 et 924 en 2023.

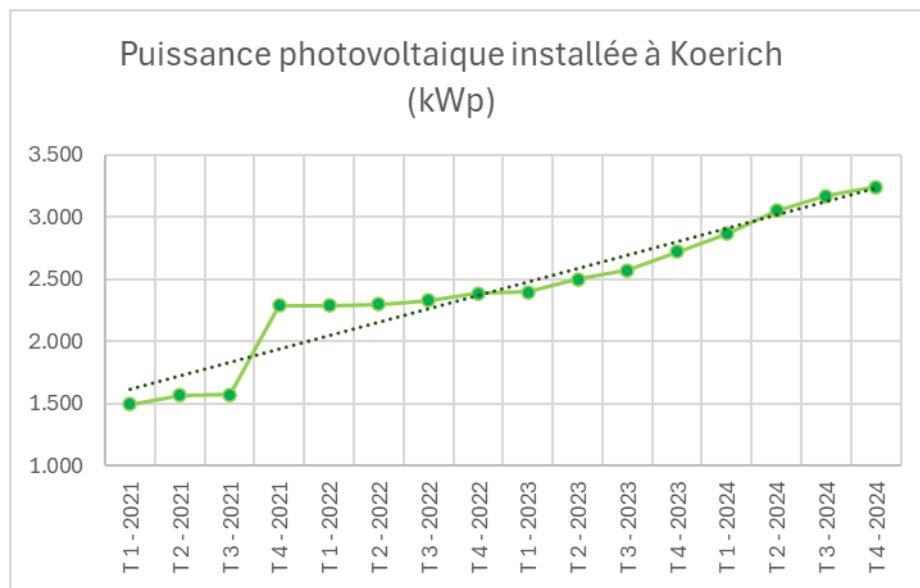


Figure 6 : Evolution de la puissance PV totale installée Commune de Koerich (données : ILR)

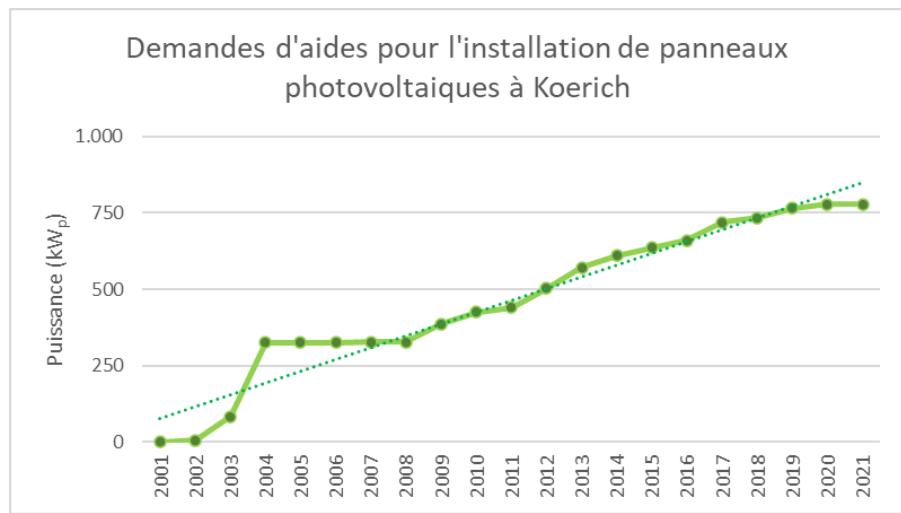


Figure 7 : Demandes d'aides nationales pour les installations PV sur le territoire de la commune de Koerich (données : Data.public.lu)

Au cours de la période 2001-2024, 155 installations photovoltaïques ont été autorisées sur le territoire de la commune équivalent à 3.243 kW. La majeure partie de ce nombre, soit 91 autorisations, sont concentrées entre les 4 dernières années. Cet effet est probablement dû à l'augmentation des subventions nationales (augmentation temporaire de la subvention maximale de jusqu'à 50 % à jusqu'à 62,5 % des coûts pour les installations en autoconsommation) ainsi qu'à une meilleure disponibilité des modules PV et des onduleurs par rapport aux années précédentes.

Le programme de soutien en vigueur (Klimabonus) exerce une influence décisive sur le taux de développement. Actuellement, une aide à l'investissement de 50% de la facture et plafonnée à 1.250€/kW_c est présente jusqu'au 31/12/2025 afin de poursuivre l'augmentation de la production d'électricité verte. En vue de l'augmentation de la puissance PV installée ces dernières années, le maintien des aides actuelles semble judicieux.

Pour la moyenne à long terme, il est possible de calculer les rendements annuels pour une localité spécifique. Les résultats pour le centre de Koerich (utilisable pour l'ensemble du territoire communal) sont présentés dans le Tableau 3 sont présentés. Le maximum est obtenu avec un toit orienté vers le sud (azimut : 0) et une inclinaison de 36° et s'élève à environ 1.051 kWh par kW_p installé de puissance PV. Pour les nouvelles installations, on peut généralement s'attendre, en fonction du toit, à des rendements annuels **>900 kWh/kW_p en moyenne pluriannuelle**.

Dachneigung	Azimuth												
	90 (W)	75	60	45	30	15	0 (S)	-15	-30	-45	-60	-75	-90 (O)
0	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
10	898	918	936	951	963	970	972	970	963	951	937	919	899
20	884	921	954	982	1002	1015	1019	1016	1003	983	956	924	888
30	865	914	959	995	1022	1040	1046	1040	1024	998	963	919	870
40	836	896	948	990	1022	1041	1049	1043	1025	994	953	902	843
50	798	864	920	966	999	1021	1029	1024	1003	970	925	870	805

Tableau 3 : Rendement annuel calculé des modules PV en kWh/kWP Commune de Koerich (localisation : centre de Koerich, méthodologie de calcul : PVGIS-SARAH2, pertes supposées du système : 14 %)

Le potentiel d'extension a été enregistré au moyen du cadastre solaire pour tous les bâtiments situés sur le territoire communal (Voir Figure 8). Les données proviennent du calcul du potentiel solaire accessible au public, actuellement déposé dans *Geoportail*. Pour l'ensemble du territoire communal, il en résulte un potentiel total installable sur toutes les surfaces de toitures (bâtiments d'habitation & autres bâtiments existants) d'environ **24,5 MW_P** (module PV : 320 W_P, 990 x 1.650 mm). La puissance maximale théorique se répartit à environ 55 % sur le parc de bâtiments d'habitations, 22% dans le secteur agricole, environ 10 % sur les toitures du secteur industriel et 15% sur les autres constructions (bâtiments publics, églises, garages, bâtiments mixtes, ...).



Figure 8 : Puissance PV réalisable par calcul Centre du village de Koerich

Les données indiquées ne sont que des valeurs d'orientation et sont souvent inférieures dans les calculs détaillés (surtout en ce qui concerne la surface de toiture réellement utilisable). Une compensation à des performances comparables par surface de toit est en partie réalisée par l'utilisation de modules PV plus modernes (>200 W /m² surface de module). En outre, le potentiel total sera encore plus faible en raison de

surfaces de toitures non rentables (par ex. orientation nord) et de surfaces de toitures non constructibles (par ex. en raison d'éventuelles contraintes de protection des monuments historiques).

3.1.3. Scénarios projection 2050

Deux scénarios ont été développés afin d'examiner les évolutions futures de la puissance PV ajoutée et de définir les valeurs cibles à atteindre. Le premier scénario représente la poursuite des tendances de développement actuelles, tandis que le deuxième scénario contient un développement plus ambitieux, réalisable par exemple grâce à des efforts accrus de développement.

Sur la base de la production actuelle d'électricité, on obtient une production annuelle d'environ **2.044 MWh** pour la dernière année civile. Pour les installations futures, on part d'un rendement moyen de 900 kWh/kW_P (moyenne des différentes inclinaisons ou orientations de toit).

En développant le potentiel maximal d'environ 24,5 MW_P, on obtient une production d'électricité supplémentaire d'environ **22.150 MWh** donc une production totale d'environ **24.200 MWh**. Si l'on tient compte de la future croissance démographique, il faut s'attendre à une nouvelle augmentation du potentiel grâce aux bâtiments d'habitation construits. Ces habitants potentiels entraîneraient, pour un nombre comparable de personnes par bâtiment d'habitation, la construction d'environ 76 bâtiments d'habitation d'ici 2030 et d'environ 327 bâtiments d'habitation d'ici 2050. Le potentiel total de développement correspondrait donc à environ 28,5MW_P (2,5MW_P actuels en 2023 + 24MW_P potentiel actuellement + 2MW_P nouvelles habitations) et à une production totale d'électricité d'environ **25.500 MWh**. Cette valeur représente un maximum arithmétique et sera inférieure en raison des surfaces non réalisables ou raisonnables et de la perte de rendement des modules au fil du temps.

Depuis le milieu de l'année 2023, 744 kWp de puissance photovoltaïque ont été installé dans la commune de Koerich. Ce qui nous donne une puissance totale installée de 3.243 kWp au 31 décembre 2024. Concernant l'année 2023, la consommation annuelle actuelle d'électricité s'élève à environ 5.400 MWh dans le secteur résidentiel et 52.000MWh dans le secteur tertiaire/industriel. Dans l'état actuel des choses, **2.757 kWp supplémentaires** de puissance PV (total : env. 6.000 kW_P - puissance totale) seraient donc nécessaires pour couvrir entièrement les besoins propres aux ménages. Cela correspond à un niveau de développement total d'environ 11 % du potentiel supplémentaire total théorique actuel.

Scénario 1

Après une tendance très avantageuse au niveau de l'installation PV au cours de ces dernières années, une diminution est simulée pour atteindre une installation équivalente à 200 kW_P/an pour les bâtiments existants et d'environ 65 kW_P/an pour les nouvelles constructions ce qui conduirait à une puissance totale installée d'environ 3.989 kW_P en 2030 et d'environ 8.290 kW_P en 2050 (Voir Figure 9).

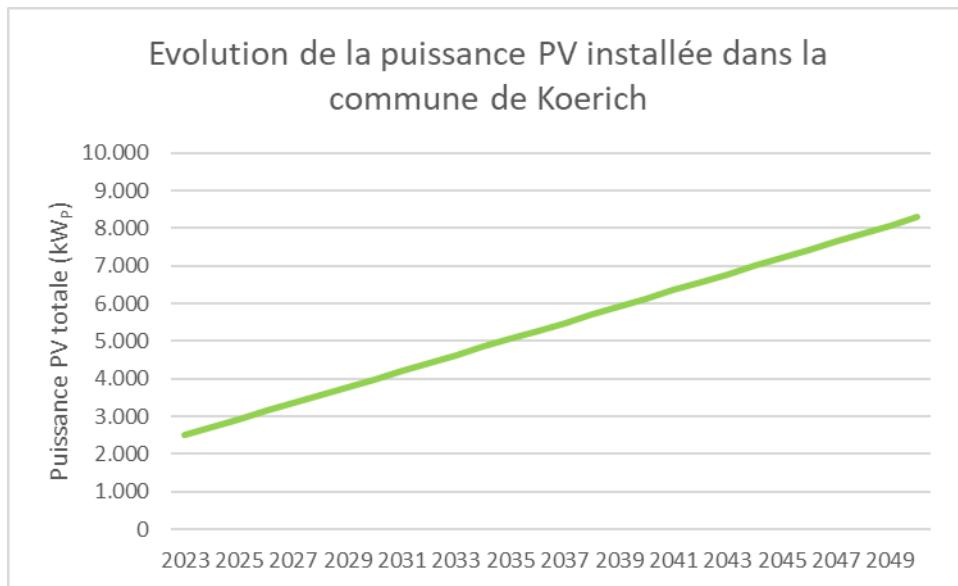


Figure 9 : Prévision de croissance de la puissance PV totale - Scénario de développement 1 Commune de Koerich

En suivant le scénario 1, d'ici 2050, la production d'électricité via le PV pourrait atteindre 41% du potentiel maximum.

Paramètres	2023	2030	2050
Puissance totale installée (kW _P)	2.500	3.989	8.290
Production annuelle d'électricité (MWh)	2.044	3.385	7.256
Niveau d'équipement PV	10 %	16 %	31 %

Tableau 4 : Photovoltaïque - Scénario de développement 1 Commune de Koerich

Scénario 2

Pour la période 2021 - 2023 des données de l'ILR, le taux d'augmentation national moyen s'élève à environ 470 kW_P / an pour une médiane à environ 260 kW_P / an (ILR, 2023). Suite à cela, la commune de Koerich, de l'année 2021 à l'année 2024, possède un développement de panneaux photovoltaïques de 430 kW_P/an, le scénario ambitieux pourrait être des constructions continues équivalentes à 350kW_P/an + 50% des nouvelles constructions.

De plus, une augmentation substantielle de la puissance PV totale installée peut être atteinte en utilisant davantage les surfaces de toitures des bâtiments principalement agricoles (surtout les hangars, les étables, les granges, toitures du secteur tertiaire et ombrières sur parking). En outre, on suppose une utilisation de 50 % des surfaces de toitures des nouvelles constructions à venir.

Dans le cadre de ce scénario, une puissance PV totale installée d'environ 6.317 kW_P et d'environ 17.835 kW_P doit être atteinte d'ici 2030 et 2050 (voir Figure 10).

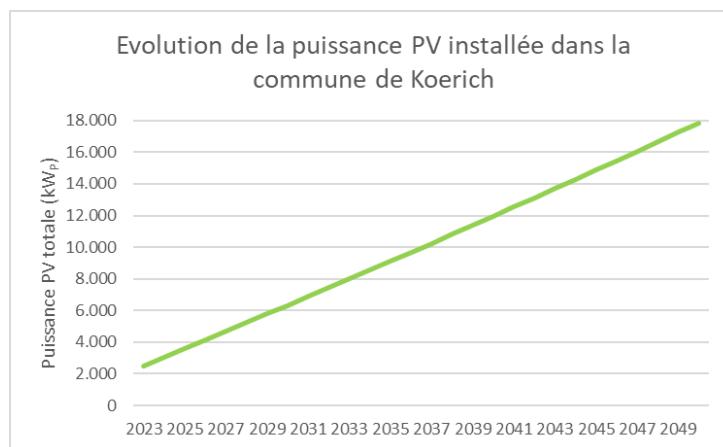


Figure 10 : Prévision de croissance de la puissance PV totale - Scénario de développement 2 Commune de Koerich

La trajectoire d'augmentation ainsi générée conduit à une production totale d'électricité d'environ 5.480 MWh et 15.846 MWh respectivement pour les années 2030 et 2050. Le scénario 2 conduit donc à une production d'électricité qui est environ 2,2 fois supérieure à la production du scénario 1 en 2050. En 2050, le niveau de développement représente environ 59 % de la puissance totale possible par calcul.

Paramètres	2023	2030	2050
Puissance totale installée (kW _P)	2.499	6.317	17.835
Production annuelle d'électricité PV (MWh)	2.044	5.480	15.846
Niveau d'équipement PV	10 %	25 %	67 %

Tableau 5 : Photovoltaïque - Scénario de développement 2 Commune de Koerich

3.2. Cogénération

La cogénération est un procédé qui permet de produire simultanément deux types d'énergies, l'électricité et de la chaleur à partir d'une ou plusieurs source(s). L'objectif est d'optimiser l'utilisation de l'énergie en récupérant la chaleur qui serait normalement perdue lors de la production d'électricité (ou inversement). Cette électricité est produite en hiver lorsque les besoins de chauffage et d'électricité sont les plus conséquents et est complémentaire avec le photovoltaïque qui produit surtout en été. Au sein de Windhof, une production de cogénération permet de générer annuellement environ 750 MWh d'électricité durant les mois d'hiver tout en produisant de la chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire du bâtiment mais la source d'énergie primaire n'est pas connue. Ce procédé à haut rendement est souvent utilisé lors de la mise en place de réseaux de chaleur.

3.3. Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une utilisation alternative des toits, également basée sur l'exploitation de l'énergie solaire. Contrairement aux installations photovoltaïques, les installations solaires thermiques fournissent de l'énergie sous forme de chaleur. Le fluide qui circule dans les installations peut ensuite être utilisé pour chauffer l'eau chaude et/ou le circuit de chauffage.

Selon les données disponibles, un total d'environ 632 m² de surfaces solaires thermiques ou 92 installations individuelles ont été subventionnées par l'État sur le territoire de la commune depuis l'année civile 2001 (Voir Figure 11). La production annuelle qui en résulte peut-être estimée à environ **310 MWh thermiques**.

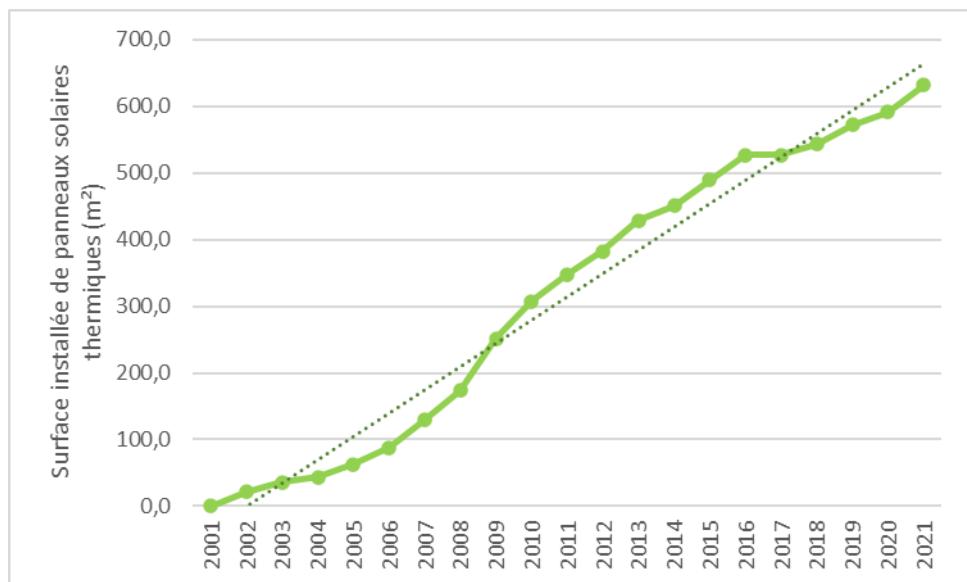


Figure 11 : Surface totale solaire thermique installée Commune de Koerich

En raison de l'*efficacité et de la disponibilité croissantes des installations photovoltaïques, les installations solaires thermiques sont de plus en plus en concurrence pour les surfaces de toitures potentielles. Dans certains scénarios, l'utilisation de l'énergie solaire thermique peut représenter une alternative ou une extension économique. Par exemple, dans un bâtiment d'habitation avec un chauffage central relativement*

inefficace (surtout fossile), l'utilisation de l'énergie solaire thermique pour la production d'eau chaude peut conduire à une durée d'amortissement acceptable, à une réduction des durées de fonctionnement du chauffage ou à un renoncement total au chauffage central pendant les mois d'été et avoir pour objectif une réduction des coûts ou une augmentation de la durée de vie de l'installation de chauffage. Une extension peut être considérée comme judicieuse dans ces scénarios, mais devrait être examinée au cas par cas.

3.4. Biomasse

La biomasse est une autre ressource énergétique durable déjà utilisée sur le territoire communal. Les principales utilisations énergétiques sont la valorisation thermique (p. ex. chauffage à l'aide de bûches/pellets, combustion de copeaux de bois) ou la synthèse de biogaz (p. ex. déchets biologiques, lisier, fumier).

La biomasse se caractérise par des utilisations alternatives (principalement des utilisations matérielles) qui doivent également être prises en compte et mises en balance avec la valorisation énergétique. Ainsi, les déchets verts se prêtent également à la production de compost, le lisier à la fabrication d'engrais ou les gros bois à la fabrication de produits en bois. Dans la plupart des cas, l'utilisation énergétique est une utilisation secondaire par rapport à l'utilisation matérielle et ne devrait être envisagée que pour les fractions qui ne se prêtent à aucune autre utilisation ou qui génèrent un excédent.

3.4.1. Production actuelle

Sur le territoire communal, on estime le potentiel de bois de chauffage en moyenne sur plusieurs années 100 mètres cubes de bois énergie qui sont à la disposition des habitants pour l'achat. Le potentiel annuel total de bois-énergie correspond à un pouvoir calorifique de **250 MWh**. De plus, la gestion des forêts génère des résidus de bois (surtout de l'écorce) qui sont laissés proportionnellement dans la forêt. Dans le cadre d'une valorisation thermique, il en résulte une valeur calorifique potentielle supplémentaire pouvant atteindre **400 MWh**.

La production actuelle de biodéchets dans la commune de Koerich s'élève à environ 118 m³ pour l'année civile 2023 (SICA, 2023). Il n'existe pas d'analyse de la composition exacte des déchets, de sorte que l'on peut supposer une répartition à peu près égale entre les déchets de cuisine et les déchets verts/tontes de gazon et autres déchets ligneux. De plus, si on prend en compte que 1 m³ équivaut à 540 kg de déchets, il en résulte une masse de biodéchets équivalent à 63,9 tonnes et un potentiel de biogaz d'environ 6.893 Nm³ ou un potentiel thermique de **30 - 45 MWh**.

3.4.2. Potentiel

Le prélèvement de bois de chauffage sur les surfaces forestières du territoire communal s'effectue sur la base d'une gestion durable et respectueuse de la nature. Les volumes prélevés sont restés à peu près constants au cours des 20 dernières années, avec une légère augmentation due à la crise géopolitique de l'énergie de ces dernières années. Les volumes de prélèvement futurs sont donc également considérés comme constants, sans autre trajectoire d'augmentation, afin de continuer à garantir une gestion durable.

Sur le territoire de la commune, l'élevage d'animaux de rente produit du lisier et du fumier qui se prêtent également à une utilisation énergétique. Les excédents non utilisés ou les masses non utilisées pour la

fertilisation pourraient également être transformés en biogaz au moyen d'installations de biogaz situées dans les communes voisines.

La culture de plantes énergétiques sur les terres arables et l'agroforesterie peuvent constituer une autre source de biomasse. Toutes ces sources doivent être examinées au cas par cas en termes de pertinence économique, de faisabilité et de compatibilité avec d'autres aspects pertinents pour la planification (p. ex. pression sur les prix des terres arables, protection de la nature).

3.5. Géothermie

Le terme "géothermie" désigne l'utilisation de la chaleur accumulée dans le sous-sol. Pour les ménages privés, la géothermie proche de la surface est la forme d'utilisation la plus pertinente. Dans ce cas, on utilise surtout des sondes géothermiques d'une longueur d'environ 80 à 140 mètres. D'autres formes d'utilisation consistent en des collecteurs géothermiques (tubes de sonde posés horizontalement, jusqu'à une profondeur de pose d'environ 1,5 mètre) ou des corbeilles géothermiques (tubes de sonde coniques, jusqu'à une profondeur de pose d'environ 5 mètres).

Le forage de puits géothermiques est généralement soumis à autorisation au Luxembourg et dépend en grande partie des conditions de protection des eaux. Selon les informations publiques, les installations géothermiques doivent faire l'objet d'une demande à l'Administration de la gestion de l'eau – Division des eaux souterraines et des eaux potables. Le choix de la profondeur de forage et du fluide caloporteur sont soumis à des exigences en matière de protection de la nappe phréatique et de l'eau potable (Voir Figure12). Les demandes doivent être soumises à l'état via l'adresse suivante : forages@eau.etat.lu. Les installations géothermiques très proches de la surface avec une profondeur maximale de <15 mètres (p. ex. collecteurs géothermiques, corbeilles géothermiques) peuvent également être autorisées sur l'ensemble du territoire communal, mais sont soumises à autorisation.

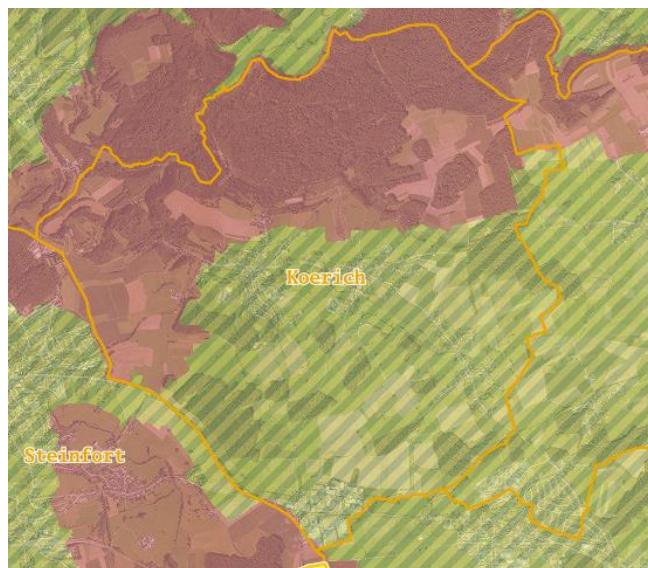




Figure 12 : Représentation des conditions d'autorisation des forages géothermiques territoire communal de Koerich
(données : Geoportail.lu)

La profondeur maximale des forages par site est de 150 mètres de profondeur. Il n'est pas possible de se prononcer sur les puissances de prélèvement totales ou les puissances des installations de chauffage. Les données concernant l'utilisation ou le développement d'autres formes de géothermie (surtout les collecteurs géothermiques, les corbeilles géothermiques) ne sont pas disponibles.

Le premier facteur d'influence sur le potentiel géothermique est la situation géologique du sous-sol. Sur le territoire communal, celui-ci est principalement constitué de schistes, qui se distinguent en marnes (unité : li4) et en grès du Luxembourg (unité : li2).

3.5.1. Potentiel

En raison de la conception des sondes, qui ne doit pas avoir d'impact thermique sur les terrains voisins, une extension théorique sur tous les terrains est techniquement possible pour le chauffage des bâtiments d'habitation. La rentabilité dépend toutefois de manière significative de la puissance d'extraction de chaleur réalisable sur le site exact.

Pour faciliter la comparaison, des conditions générales similaires à Koerich ont été choisies (puissance d'extraction de chaleur de 30 W/m, puissance d'extraction géothermique de 80 % de la charge de chauffage nécessaire, pompe à chaleur COP 5 pour B0/W35). Ainsi, à titre d'exemple, pour une installation de chauffage avec une charge calorifique de 9 kW, on obtient une longueur totale de sonde d'environ 300 m, qui pourrait être répartie sur trois sondes géothermiques de 100 m chacune (Voir Tableau 6).

Charge calorifique (kW)	Longueur de la sonde (m)
3	100
6	200
9	300
10	333
12	400
15	500

Tableau 6 : Longueur totale calculée des sondes de l'installation géothermique en fonction de la charge thermique nécessaire

Les aspects financiers caractéristiques des pompes à chaleur sol-eau sont les coûts initiaux plus élevés, principalement dus aux forages. Comparé à la pompe à chaleur air-eau plus fréquemment utilisée, le système utilisant la géothermie présente un coefficient de performance annuel plus élevé (construction existante : en moyenne environ 3,6 contre 2,8) (Frauenhofer ISE, 2020). Ainsi, l'utilisation nécessite moins d'électricité pour fournir la même quantité de chaleur et les frais courants sont moins élevés.

La tendance actuelle de développement est estimée à environ 1 installation géothermique tous les 5 ans (environ 0,2 forage géothermique par an). Il en résulte environ 1 installation supplémentaire d'ici 2030 et environ 5 installations supplémentaires d'ici 2050. Dans un scénario plus ambitieux, une augmentation de l'extension à environ 2 installations par an est considérée comme réalisable. Cela conduirait à environ 10 et 30 installations géothermiques supplémentaires pour les années civiles 2030 et 2050.

4. Rénovation de bâtiments existants & éclairage public

La commune de Koerich est composée de 4 villages, Koerich, Goetzingen, Goeblange et Windhof. Ce dernier représente la zone commerciale/industrielle puisqu'on y retrouve principalement des commerces, des bureaux, des garages et autres types de bâtiments professionnels contrairement aux autres villages qui sont en majeure partie du résidentiel. Un cadastre des bâtiments existants de la commune a été établi et comprend les données suivantes

- Dimensions
 - Reprise des données de l'ouvrage (surface au sol, forme, localisation) (Geoportail)
 - Saisie du nombre d'étages pour des considérations de surface nette
- Photovoltaïque
 - Saisie du potentiel de développement (calculateur de potentiel solaire)
- Année de construction
 - >1999 : Reprise de l'ensemble des données de l'année de construction (Geoportail : MECDD & MEA)
 - <1999 : Evaluation à partir de photos aériennes historiques

4.1. Bâtiments d'habitation

4.1.1. Situation de départ

Au total, il existe environ 940 adresses sur le territoire de la commune (voir 3).



Figure 13 : Extrait du cadastre des bâtiments de la commune de Koerich, représentation de l'année de construction

La majorité du parc immobilier a été construit avant 1961 (environ 45 %) (Voir Figure 14). La part des bâtiments résidentiels soumis à des exigences de performance énergétique par le biais de passeports énergétiques (RGD 2021, 2017) est d'environ 4,5 %.

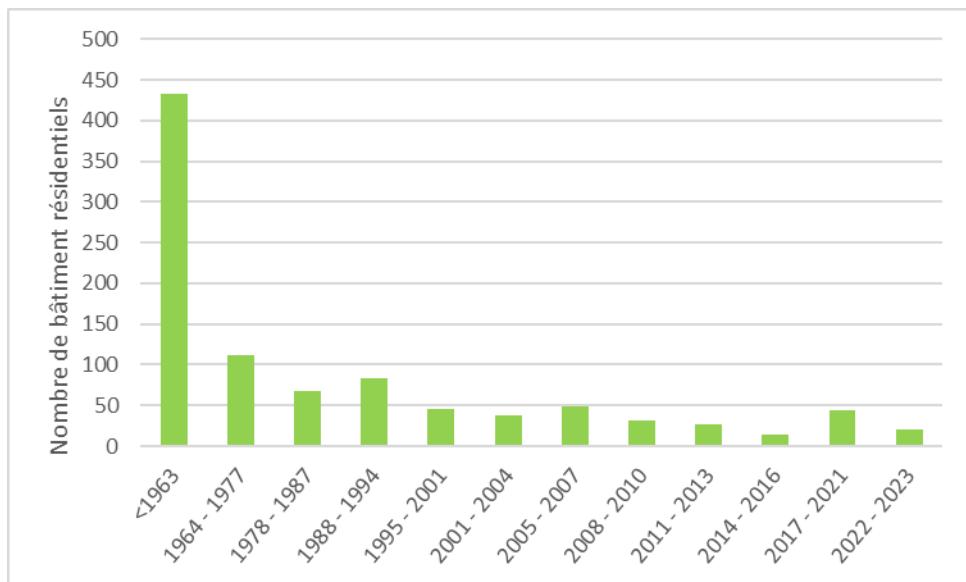


Figure 14 : Analyse statistique des bâtiments d'habitation par année de construction Commune de Koerich

L'année de construction sert à estimer les propriétés de l'enveloppe thermique de l'ouvrage ou à déterminer les besoins de chaleur par an liés à la surface. Il existe ainsi plusieurs bases de données statistiques sur les propriétés thermiques des composants d'une construction en fonction de l'année de construction du bâtiment. Enrichis de nos propres données de passeport énergétique les besoins spécifiques de chaleur pondérés par la surface (chauffage & eau chaude) sont les suivants :

Année de construction	Besoin annuel en chaleur (kWh/(m ² a))
<1963	179
1964 - 1977	151
1978 - 1987	142
1987 - 1994	129
1995 - 2001	129
2002 - 2004	118
2005 - 2007	118
2008 - 2010	91
2011 - 2013	91
2014 - 2016	76
2017 - 2021	45
2022 - 2024	40

Tableau 7 : Besoin annuel de chaleur spécifique à la surface en fonction de l'année de construction

En l'absence de données qualifiées sur la surface habitable ou la surface chauffée des différents bâtiments résidentiels, les données des moyennes nationales, en fonction de l'année de construction, sont utilisées (Statec, 2015). La surface habitable totale de l'ensemble des 940 bâtiments d'habitation correspond à environ 254.595 m². De plus, des hypothèses concernant les systèmes de chauffage sont calculées à partir des moyennes nationales, depuis les années 1995 les chauffages au gaz sont privilégiés par rapport aux chauffages au fioul en raison du raccordement progressif de la commune de Koerich au réseau national.

4.1.2. Potentiel de rénovation

Le taux de construction est supposé analogue à la croissance démographique prévue (voir chapitre 2). Environ 2,8 habitants correspondent à un nouveau bâtiment d'habitation (ce qui correspond au ratio actuel). L'estimation de l'enveloppe thermique est choisie de manière analogue à la catégorie d'année de construction 2018 - 2023.

Le taux de rénovation thermique complète est également déterminant pour la modification de l'enveloppe thermique des bâtiments résidentiels. Selon le registre des aides Klimabonus, on suppose un taux de rénovation complète actuel d'environ 0,2 %/an pour les bâtiments résidentiels existants avant. Le taux de rénovation pour le scénario 2 est fixé à 3 % en moyenne, en se basant sur les valeurs réalisables, les valeurs économiquement raisonnables selon la stratégie de rénovation luxembourgeoise et les valeurs nécessaires pour atteindre les objectifs climatiques européens.

En appliquant les paramètres spécifiques aux scénarios, on obtient une trajectoire de réduction qui se traduit par exemple par la réduction de la demande moyenne de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) du parc immobilier résidentiel. Ainsi, d'ici l'année civile 2050, la demande annuelle moyenne de chaleur de l'ensemble du parc immobilier passe d'environ 144 kWh/m²a à environ 121 (scénario 1) ou 97 kWh/m²a (scénario 2) (Voir Figure 15).

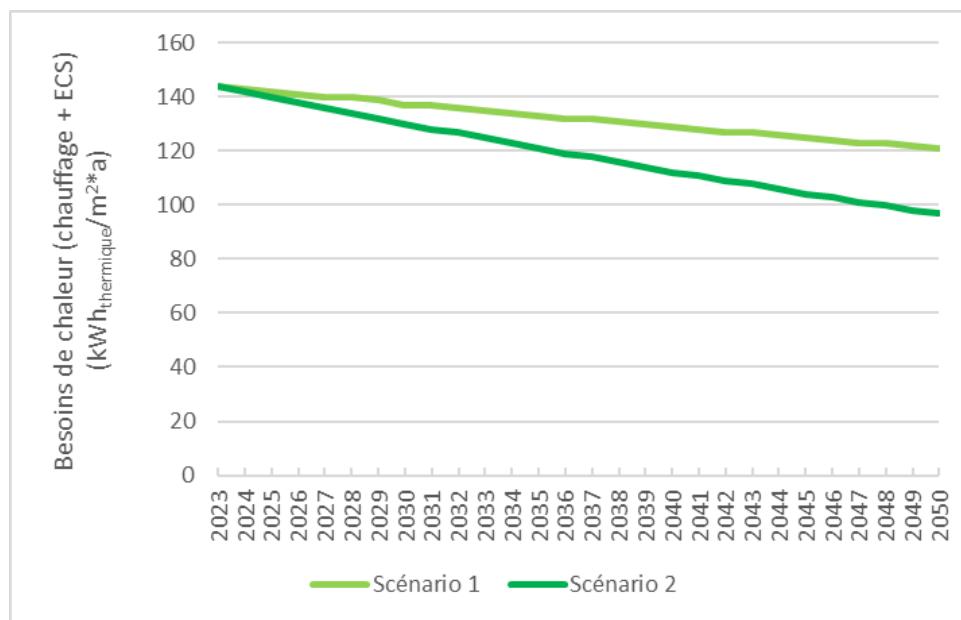


Figure 15 : Besoins en chaleur de chauffage (chauffage et eau chaude) par surface pour les bâtiments d'habitation de la commune de Koerich

À la suite des rénovations énergétiques globales, il faut également supposer un passage progressif des générateurs de chaleur fossiles (chauffages au mazout et gaz) aux générateurs de chaleur renouvelable (surtout pompes à chaleur à air, pompes à chaleur à eau, chauffages centraux au bois). Selon la répartition calculée, d'ici 2050, les consommations de fioul dans le secteur résidentiel diminuera de 71 % à 62% en 2023 (scénario 1) et environ 7 % (scénario 2) en 2050, à condition qu'aucune obligation légale supplémentaire n'impose un changement plus rapide (Voir Figures 16 & 17). Concernant le chauffage au gaz, la proportion stagne aux alentours de 20%. En diminuant le besoin global, le nombre d'installations diminue légèrement au fur et à mesure des années.

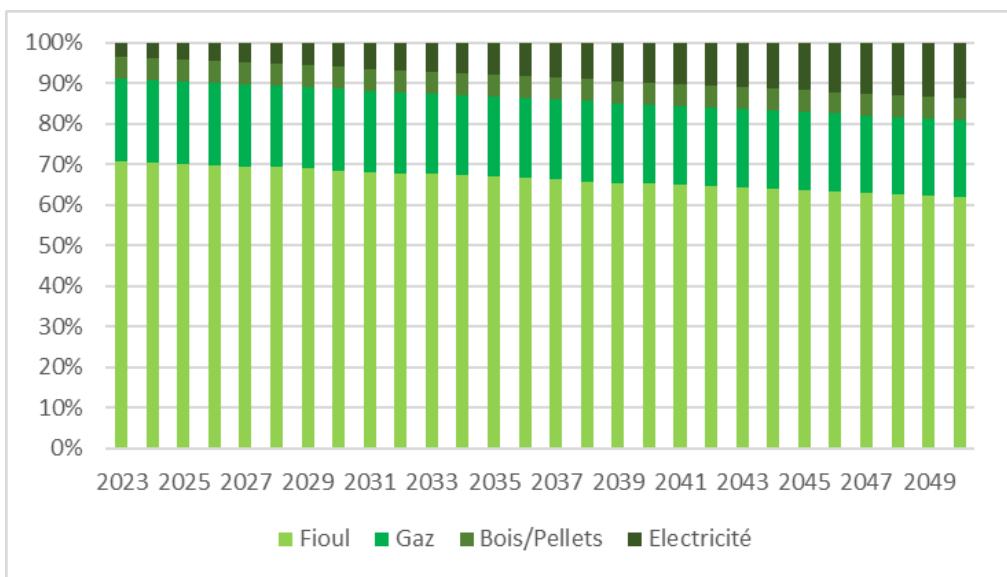


Figure 16 : Couverture des besoins en chauffage - Scénario 1

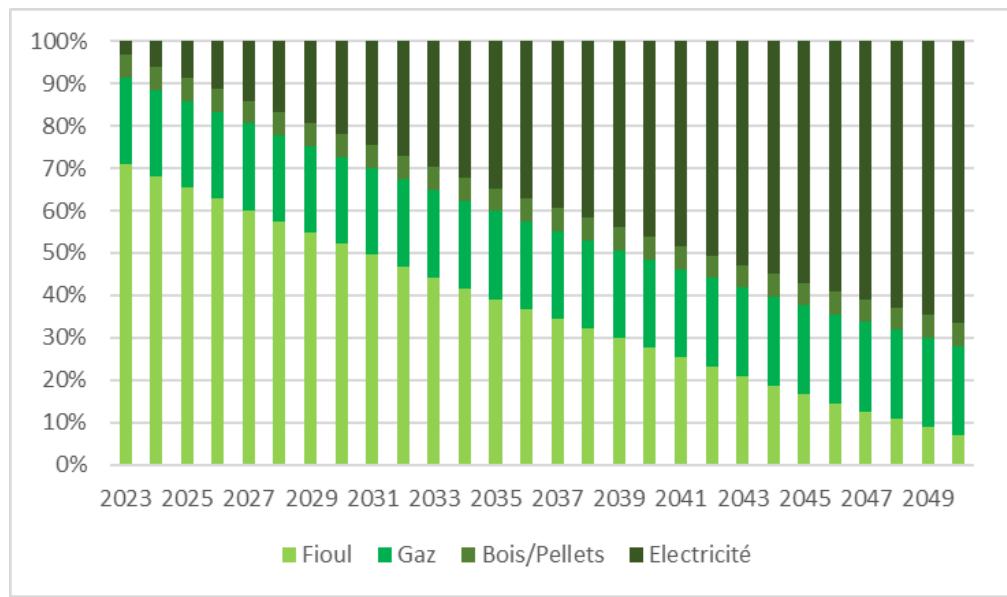


Figure 17 : Couverture des besoins en chauffage - Scénario 2

La transition des systèmes de chauffage vers des matières premières durables implique en outre une réduction de la consommation annuelle des énergies fossiles. Pour subvenir aux besoins de chaleur, le fioul, qui émet davantage de gaz à effet de serre est consommé en majeure partie dans la commune de Koerich avec 2,86 millions de litres (26 GWh) actuellement, suivi par le gaz avec 7,5 GWh, l'électricité avec 2,2 GWh et la biomasse équivalente à 2 GWh. L'objectif à long terme est de retirer totalement les énergies fossiles du secteur résidentiel. Pour cela, il va falloir commencer à remplacer le chauffage au fioul puis le gaz par des systèmes récents et écologiques comme l'utilisation du bois/pellet, de la pompe à chaleur ou de biocarburant.

Le scénario 1 permet de diminuer de 10% les consommations de fioul afin de consommer 2,6 millions de litres par an et le scénario 2 de 90% 0,23 million de litres en 2050.

L'objectif est donc de mettre en avant le remplacement des systèmes de chauffages anciens par de la production vertueuse de chauffage comme le scénario 2 afin de limiter les gaz à effet de serre.

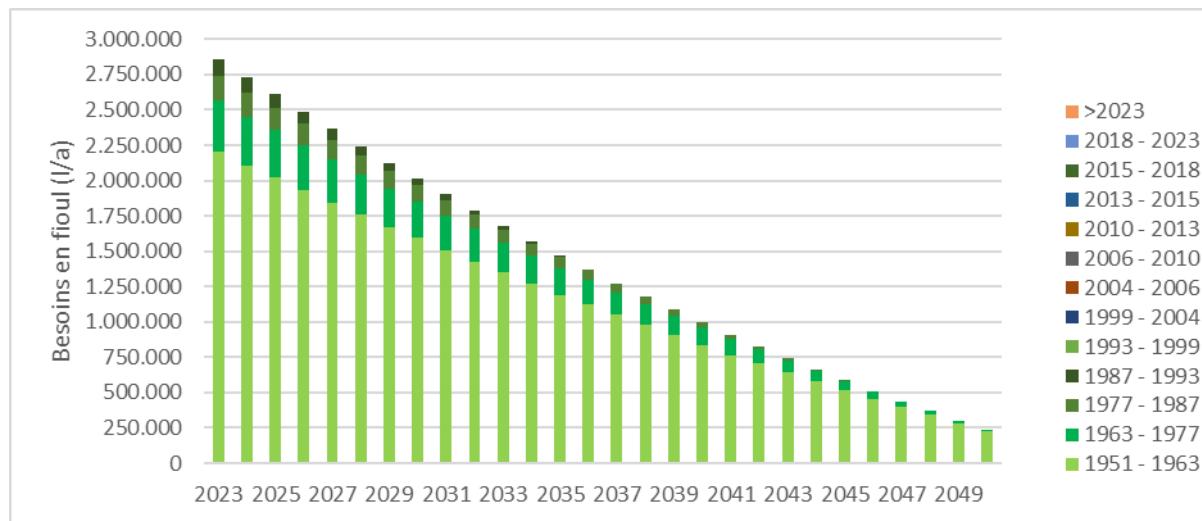


Figure 18 : Besoin annuel calculé en mazout pour les bâtiments d'habitation de la commune de Koerich - Scénario 2

Afin d'arriver à un objectif de 2050 décarboné, en parallèle de ces différentes rénovations et remplacements de systèmes de chauffage, la production et l'utilisation de biocarburants est indispensable afin de subvenir aux besoins de chauffage dits renouvelables de la commune.

4.2. Bâtiments professionnels

D'après l'analyse des consommations Creos, on peut constater que les consommations d'énergies de la commune sont principalement dues au secteur professionnel, plus particulièrement situé au Windhof.

Concernant les consommations d'électricité, le secteur tertiaire représente 90% des consommations d'électricité de la commune et 66% des consos de gaz. Le secteur professionnel est influencé par le par Windhof où qui est composé des plus grandes entreprises de la commune comme EBRC ou Cactus par exemple. L'EBRC situé au Windhof est un centre de stockage de données informatiques. Nous estimerons ses consommations entre 70-75% de Windhof soit environ 60% des consommations d'électricité de la commune (environ 35GWh). De ce fait, il consomme la majeure partie de l'électricité de ce secteur et l'entreprise à qui appartient ce bâtiment se doit d'avoir un plan pour mieux consommer et utiliser la chaleur dégagée d'ici les années à venir. Les 13 GWh d'électricité consommés restants sont principalement dû à l'éclairage, la climatisation, les réfrigérateurs et congélateurs des grandes surfaces et la bureautique. De ce fait, une faible diminution des consommations d'électricité de ce secteur est possible en installant des systèmes plus performants (éclairage LED, appareils A++, ..) et en éteignant chaque système lorsqu'il n'est plus utile (programmateurs d'éclairage, disjoncteur par zone, ...).

Les consommations de gaz du secteur tertiaire représentent 66,4% des consommations de la commune (14.406 MWh) dont 57,8%(12.560MWh) pour le Windhof. Cette utilisation du gaz, qui est une énergie carbonée, pourrait être en grande partie réduite à l'aide de la mise en place d'un réseau de chaleur alimenté majoritairement d'une chaudière biomasse, d'un appoint gaz et de la récupération de chaleur résiduelle du

bâtiment EBRC. La mise en place d'un réseau de chauffage urbain commence par une étude de faisabilité et de potentiel. De plus, il permettrait de produire de l'électricité à l'aide d'un système de cogénération avec un rendement plus élevé que les chaudières en place.

4.3. Bâtiments communaux

Les données concernant les bâtiments communaux proviennent des documents Enercoach. En 2022, il existait 11 bâtiments communaux dont 2 écoles qui ne sont pas prises en compte dans l'onglet « 2.2.3. Efficacité énergétique chaleur ». Ils sont catégorisés de la façon suivante : 2 centres de manifestations, 4 écoles supérieures et universités, 1 salle de sport, 1 bâtiment de bureaux et 3 bâtiments conditionnés. La surface totale équivalente est de 7.091 m² et la surface totale chauffée de 6.527m².

Du point de vue des besoins de chaleur, une majeure partie de combustible vert est utilisé pour chauffer ces bâtiments. En effet, environ 70% des besoins sont alimentés par des copeaux de bois, 28% par du gaz naturel et 2% par du fioul pour un total de 1.440 MWh de chaleur produite. Trois bâtiments sont mis en avant en vue des consommations surfaciques supérieures à 200kWh/m²/an. En premier, les 2 écoles supérieures et universités, représentant 3.889m² (60% de la surface chauffée) consomment 1.090MWh (76%) puis 1 bâtiment de bureaux représentant 544m² (8% de la surface chauffée) consommant 107 MWh (7,4%).

La consommation d'électricité est d'environ 600MWh/an et est supposée constante tout au long de l'année puisque cette énergie n'est pas utilisée pour le chauffage des bâtiments. Afin de produire l'équivalent à l'aide de panneaux photovoltaïques, il faudrait installer une puissance d'environ 670kW_p sur une surface de 1680 m² de panneaux solaires. Cependant, la production estivale serait nettement supérieure au besoin et la production hivernale, bien inférieure.

Afin de respecter la future législation européenne (Directives (EU) 2023/1391 ; EED (EU) 2023/1791 ; EPBD (EU) 2024/1275), les communes devront rénover 3% de la surface de référence énergétique des bâtiments communaux les plus énergivores de plus de 250 m² et de diminuer les consommations globales de la commune de 1,9%/an. Afin de déterminer les caractéristiques de la commune de Koerich, nous nous sommes basés sur le document Enercoach 2022 (voir figure 19). D'après ce tableau, les 9 bâtiments chauffés représentent 6 528 m². Aucun d'entre eux n'atteint une performance énergétique demandé (supposition via la colonne valeur cible) et un seul se situe au-delà de la valeur limite « écoles supérieures et université » composé du périscolaire, de la maison relais, du hall sportif et de l'école primaire qui consomment 314,60 kWh/m²a pour une valeur limite de 201,29 kWh/m²a et une valeur cible de 86,27 kWh/m²a. Dans la perspective de rénovation de ce bâtiment, des passeports énergétiques seront indispensables pour connaître le seuil de la catégorie D du ou des bâtiment(s) en question. Afin de déterminer les travaux de rénovation les plus appropriés, il serait indispensable de réaliser un audit énergétique approfondi de ce(s) bâtiment(s) pour en tirer la meilleure rentabilité possible et de connaître les consommations de la catégorie D du seuil nZEB.

Efficacité énergétique chaleur : mesure 2.2.3

Catégorie	Nb. obj.	Surface référence	Consommation d'énergie	Indice corrigé	Valeur cible	Valeur limite	Objectifs atteints	
		(m ²)	(kWh)	((kWh/(m ² a)))	((kWh/(m ² a)))	((kWh/(m ² a)))	Pondération	
Autres bâtiments conditionnés	3	1 393,30	137 343,00	110,75	88,29	206,01	21,01 %	80,92 %
Centres de manifestations	2	334,80	46 484,40	155,99	112,56	262,63	6,44 %	71,06 %
Ecoles supérieures et universités	2	3 889,02	1 089 011,20	314,60	86,27	201,29	57,29 %	0,00 %
Salles de sport	1	366,30	59 721,00	183,17	97,34	227,12	6,09 %	33,86 %
Bâtiments de bureaux	1	544,10	107 242,80	221,44	98,78	230,49	9,18 %	6,87 %
	9	6 527,52	1 439 802,40	247,82			Objectifs atteints pondérés 24,26 %	

Figure 19 : Extrait du document Enercoach 2022

4.4. Éclairage public

Les données relatives à l'éclairage public actuellement utilisé se basent sur les exports de Creos propres à la commune. La consommation d'électricité dû à l'éclairage public et voirie montre une tendance à la réduction en été 2023 (Voir Figure 20) et une augmentation pour les mois d'hiver. La consommation de l'année civile 2021 est passée d'environ 728 MWh à 735 MWh en 2022 à environ 700 MWh en 2023. Cette baisse est principalement dû au changement des luminaires anciens en LED. Ces derniers ont une durée d'utilisation supérieure et permettent de diminuer les consommations d'électricité pour une luminosité équivalente.

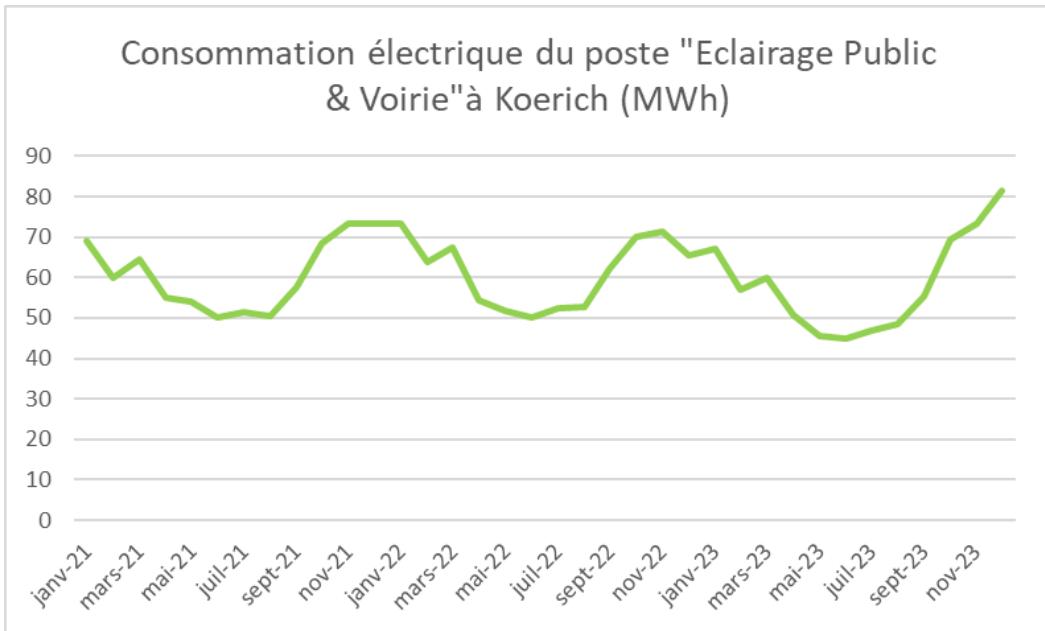


Figure 20 : Consommation mensuelle électrique de l'éclairage public et des routes (données : Creos)

D'après les informations apportées lors des échanges, la commune prévoit de continuer les travaux de rénovation et de poursuivre le remplacement de l'éclairage public. Lors du rendez-vous du 24 avril 2025, la majeure partie des points lumineux ont déjà été remplacés. Le changement d'un luminaire ancien en LED permet de réaliser des économies d'électricité supplémentaires >50 % (en fonction des sources lumineuses actuellement utilisées). À la suite de ces changements, les consommations d'électricité du poste « Eclairage et Voirie » devrait diminuer et atteindre une valeur inférieure à 360MWh/an. Après ce changement total, les seules façons de générer des économies d'énergies sont d'ajuster au mieux les horaires d'allumage, en réduisant le temps d'utilisation, d'effectuer une étude d'éclairage afin d'optimiser la puissance de l'éclairage et le nombre de points lumineux.

Village	2022	2023	Economie 50%	Economie 66%
Koerich	541.812	528.369	264.185	176.123
Windhof	94.322	89.675	44.838	29.892
Goeblange	61.458	54.510	27.255	18.170
Goetzingen	37.082	30.654	15.327	10.218
Total	734.674	703.208	351.604	234.403

Tableau 8 : Consommation électrique de l'éclairage public par village avant/après remplacement LED (données : Creos)

5. Bilan énergétique

En fonction des prévisions de consommation d'énergie grâce à la rénovation, de la modification du parc immobilier par la construction de nouveaux bâtiments et de l'évolution prévue de la production d'énergie, il est possible de dresser un bilan des consommations énergétiques et de la production. Comme critère d'évaluation, c'est surtout la source d'énergie électricité qui est examinée en détail. Il faut en outre tenir compte des autres sources d'énergie, qui se limitent en premier lieu au mazout et à la biomasse sur le territoire communal. La réduction de la consommation de mazout est détaillée au chapitre 4.1.2, qui indique une diminution allant jusqu'à 90 % de la consommation actuelle (scénario 2). La biomasse est supposée être à peu près constante en termes de production et de consommation.

Pour le calcul de la consommation d'électricité, la croissance de la population est prise en compte de manière proportionnelle, ainsi que l'augmentation de la demande en électricité due à l'électrification progressive des systèmes de chauffage. Pour considérer le degré d'autosuffisance comme critère d'évaluation du parc de bâtiments résidentiels, on utilise donc le rapport entre les besoins en électricité des ménages (actuellement : environ 5.397 MWh par an) et la production d'électricité (actuellement : environ 2.044 MWh par an).

Scénario 1

Le scénario 1 prévoit une progression de l'utilisation et production d'énergie / rénovation et agrandissement des bâtiments similaire à la tendance des dernières années.

Une augmentation de la demande d'électricité des ménages privés à environ 7.750 MWh (+40 %) d'ici l'année civile 2050. En revanche, la production d'électricité calculée en 2050 s'élève à environ 7.255 MWh par an (+350 %) (cf. Figure 21).

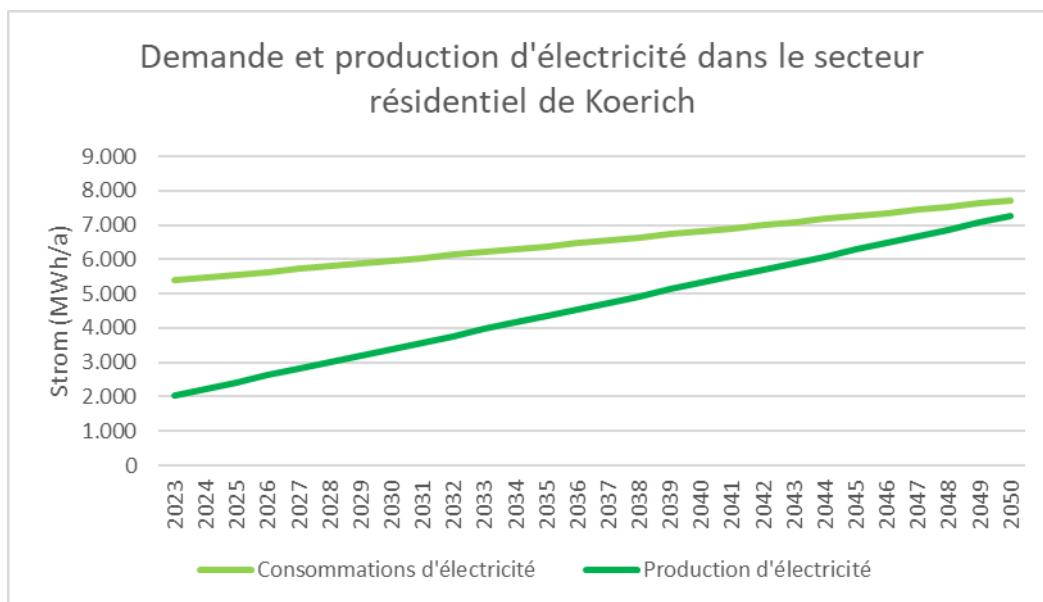


Figure 21 : Prévision de la demande & de la production d'électricité - Scénario 1 Commune de Koerich

En raison de la pente légèrement plus raide de la production d'électricité, le degré d'autosuffisance augmente également. Ainsi, le taux d'autosuffisance calculé augmente de 51% en 27 ans, passant de 37 % à 94 % en 2050.

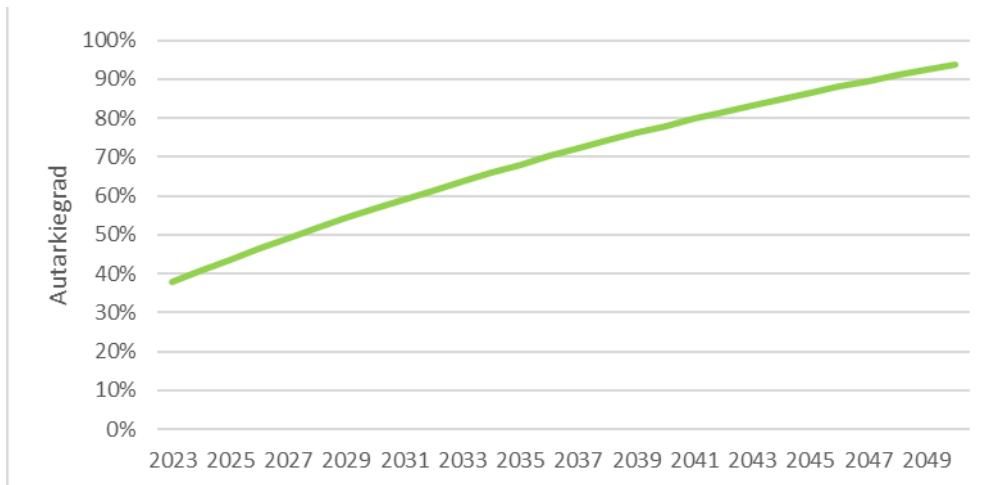


Figure 22 : Prévision du taux d'autosuffisance en électricité - Scénario 1 Commune de Koerich

Scénario 2

Dans le deuxième scénario, une augmentation de la rénovation des bâtiments, de l'électrification et de la production d'électricité permet d'obtenir de meilleurs résultats que le scénario 1. La demande d'électricité est d'environ 12.850 MWh par an (+240 %) en 2050 (Voir Figure 23). L'augmentation de la demande par rapport au scénario 1 est due à l'augmentation du taux de rénovation complète des bâtiments résidentiels et au passage plus rapide et plus généralisé aux pompes à chaleur qui en résulte.

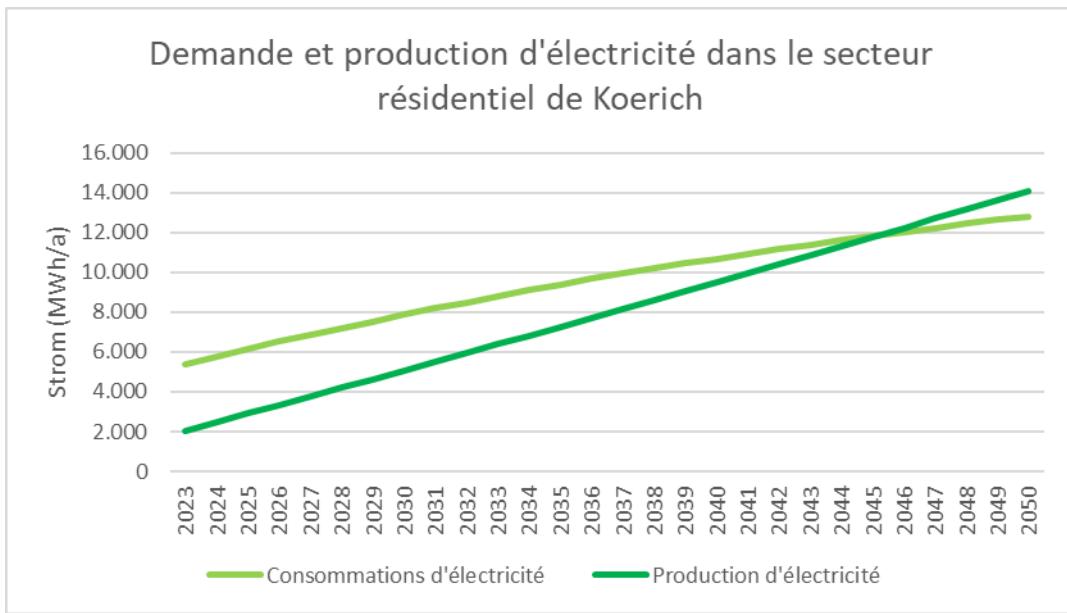


Figure 23 : Prévision de la demande & de la production d'électricité - Scénario 2 Commune de Koerich

Le scénario 2 part de l'hypothèse d'une augmentation du nombre d'installations photovoltaïques, de sorte que, malgré une consommation d'électricité plus élevée, l'autosuffisance en électricité qui en découle

augmente également et génère mathématiquement un excédent annuel à partir de l'année 2046. Ainsi, le degré d'autosuffisance pour les années 2030 et 2050 s'élève respectivement à environ 64 % et 110 % (cf. Figure 24).

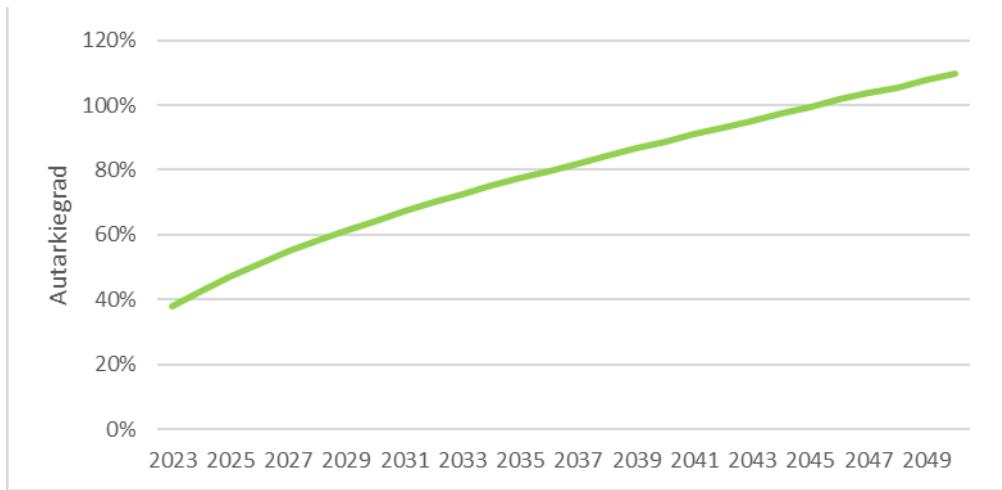


Figure 24 : Prévision du taux d'autosuffisance en électricité - Scénario 2 Commune de Koerich

6. Objectifs de développement

En résumé, les scénarios définis donnent les valeurs cibles suivantes :

Forme d'énergie	Scénario 1 (Tendance actuelle)	Scénario 2 (Efforts accrus)
Rénovation des bâtiments résidentiels	2 /an	20 - 25 /an
Mise en place de pompe à chaleur géothermique (résidentiel)	1 installation tous les 5 ans	2 installations / an
Photovoltaïque	200 kW _P /an (+30 % de capacité pour les nouvelles constructions)	350 kW _P /an (+50 % de capacité pour les nouvelles constructions)
Bois	Constant	Constant
Autre biomasse	Constant	Constant
Énergie éolienne	/	/

Tableau 9 : Objectifs de développement de la production d'énergie Commune de Koerich

En outre, l'évolution du nombre d'habitant est supposée constante durant la période pour arriver à 3630 habitants d'ici 2050. La réduction de la demande de chaleur par la rénovation énergétique du parc immobilier est un élément central du concept énergétique. Le taux moyen actuel de rénovation profonde (rénovation thermique du parc immobilier) d'environ 0,2 %/an sert ici de scénario 1 et un taux accru à 3,0 %/an de scénario 2.

Les chiffres réels de l'expansion devraient être continuellement comparés aux objectifs et, le cas échéant, servir à les améliorer.

6.1. Conclusion

Les consommations actuelles d'énergies (électricité & autres sources d'énergies) ont été déterminées ou estimées à partir de données régionales/nationales. Actuellement, la commune de Koerich présente un **taux d'autosuffisance en électricité d'environ 10 %** (besoins totaux en électricité sur le territoire communal). L'objectif est d'augmenter le degré d'autosuffisance. En conséquence, des moyens d'augmenter la production et de réduire la demande ont été analysés et identifiés en premier lieu.

Il est impossible de couvrir les besoins énergétiques de la commune uniquement par le photovoltaïque. Néanmoins, les scénarios élaborés comportent des améliorations évidentes en termes d'autosuffisance électrique dans le secteur résidentiel à court/moyen terme ainsi que par le biais de l'éolien sur le long terme. L'effet secondaire de la production primaire d'électricité photovoltaïque est que la réduction de la période d'observation aux saisons ou aux moments de la journée entraîne un déplacement considérable qui ne se reflète pas dans les moyennes annuelles. Les effets saisonniers ne peuvent pas être compensés sans le recours à d'autres formes de production d'énergie. La pompe à chaleur (de préférence géothermique et installations privées pour les habitations) et la biomasse (surtout les chauffages à pellets et à bûches pour les habitations) sont des éléments indispensables. Les effets diurnes, en revanche, peuvent être minimisés, à titre d'exemple, par une utilisation supplémentaire du stockage d'électricité des installations photovoltaïques pour leur propre utilisation.

L'autosuffisance d'électricité et de chaleur dans le cadre d'une observation mensuelle peut être réalisée à l'échelle régionale. Cet objectif est potentiellement réalisable qu'au moyen de grandes installations de production au vu de la consommation présente à Windhof. Les éoliennes, la cogénération avec réseau de chaleur, la production de biocarburants et les éventuelles installations de biomasse constituent ici les éléments centraux du mix de production futur.

Le bilan énergétique de la commune a été analysé selon deux scénarios (voie de base : chiffres de développement actuels ; voie cible : chiffres de développement plus ambitieux) pour la période allant jusqu'en 2050. Les deux développements potentiels montrent que le degré d'autosuffisance de la commune est nettement optimisé par une combinaison d'augmentation de la production d'énergie et de réduction de la demande d'énergie. Ainsi, une augmentation de l'**autosuffisance en électricité** (consommateurs : bâtiments résidentiels) de **94 %** (scénario 1) à **124 %** (scénario 2) d'ici 2050 peut être considérée comme réalisable même sans grandes installations.

Deux aspects en particulier doivent jouer un rôle clé dans les efforts futurs. D'une part, la **rénovation thermique du parc immobilier** permet de réduire considérablement les besoins en énergie. D'autre part, la **production d'électricité** au moyen d'installations photovoltaïques (de préférence avec l'utilisation d'accumulateurs d'électricité), l'installations d'éoliennes est un atout important pour la production constante d'électricité toute l'année et d'une centrale à cogénération avec vecteur énergétique renouvelable qui alimenterait un réseau de chaleur au Windhof. Toutes ces installations feraient l'objet d'études spécialisées afin de répondre exactement au besoin de la commune.

Une grande partie des bâtiments résidentiels situés sur le territoire de la commune ont été construits avant 1961 (environ 46 %) et moins de 20 % des bâtiments résidentiels ont été construits conformément aux exigences légales en matière d'efficacité énergétique. Il existe donc un potentiel considérable d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction des besoins en chaleur. Les taux de rénovation complète réalisables (amélioration de l'enveloppe thermique et passage à des générateurs de chaleur

renouvelables) ont permis de réduire la **demande moyenne actuelle de chaleur spécifique** des bâtiments résidentiels d'environ 144 kWh/m²a à environ **121 kWh/m²a** (scénario 1) et environ **97 kWh/m²a** (scénario 2) d'ici 2050. Cela s'accompagne également d'une réduction de la consommation annuelle totale de mazout, qui passe d'environ 2,85 millions de litres à environ 2,48 millions de litres (scénario 1) ou environ 0,24 million de litres (scénario 2), ce qui implique une réduction considérable des émissions de CO₂ du secteur du bâtiment sur le territoire communal. Concernant le scénario 2, une faible quantité de fioul est toujours consommé puisqu'une faible production de biocarburant est supposée produite d'ici 2050.

Le développement de la production d'électricité au moyen du photovoltaïque entraîne une augmentation de la puissance installée actuelle d'environ 2 499 kW_P sur le territoire communal à une **puissance totale installée** en 2050 d'environ **8 300 kW_P** (scénario 1) ou d'environ **17 835 kW_P** (scénario 2).

Sur le territoire de la commune, un potentiel de production de biogaz est présent entre l'agriculture, les élevages, les produits avec une date limite de préemption dépassée des supermarchés, les déchets biomasse, Ainsi, en réalisant une étude de potentiel en alliant les communes de Steinfort, Garnich et Käerjeng, la rentabilité du projet peut être augmentée et produire de l'énergie à partir de déchets.

En collaboration entre le chargé de projet, le service technique, l'échevin du climat et le bureau chargé des conseils de base dans le cadre du Pacte Climat 2.0, des mesures supplémentaires peuvent être identifiées pour contribuer à la réalisation des objectifs à l'avenir.

6.2. Plans d'actions

RÉSIDENTIEL

N°	Nom de l'action	Court terme	Moyen terme	Long terme
1.1	Sensibiliser les habitants aux gains à la rénovation thermique + PAC + PAC géothermie exemple : intervention de la klima-agence 1 fois par an	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.2	Mettre en avant les aides communales et étatiques	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.3	Lancer une campagne de rénovation privée (combiner avec collaboration régionale via LEADER West, voir projet exemplaire "Zesumme renovéieren" et Energiekaravane)	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.4	Sensibiliser les habitants à l'obligation légale de la réalisation des passeports énergétiques	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.5	Inspecter les chantiers pour garantir une mise en œuvre conforme à l'autorisation de bâtir sur la base de la check-list « Baukontrollen für mehr Energieeffizienz »	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.6	Etudier un potentiel réseau de chauffage urbain vertueux dans les nouveaux quartiers pour regrouper la production de chaleur	<input checked="" type="checkbox"/>		
1.7	Mettre à jour le cadastre thermique et poursuivre lors de chaque demande d'autorisation de construire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PROFESSIONNEL

Nº	Nom de l'action	Court terme	Moyen terme	Long terme
2.1	Mettre en avant les aides étatiques et programmes de subventions			
2.2	Désigner un référent interne à la commune qui sert de point de contact pour les petites/moyennes/grosses entreprises afin de répondre à leurs différentes questions et obligations (Certificats de Performance Energétique, audits,..)			
2.3	Etudier un potentiel réseau de chauffage urbain vertueux dans Windhof (haute consommations de gaz sur un petit périmètre, chaleur fatale) pour regrouper la production de chaleur			
2.4	Sensibiliser aux audits obligatoires avec mise en place de résultats (en fonction des consommations des CPE)			
2.5	Planifier des réunions de coordination dès la phase de lancement de projet de rénovation/construction avec un conseiller Pacte Climat spécialisé			

COMMUNAL

Etudes/Sensibilisations

Nº	Nom de l'action	Court terme	Moyen terme	Long terme
3.1	Conserver le programme de subventions à jour et communiquer sur le nombre de subventions demandés et de primes versées annuellement			
3.2	Avoir des passeports énergétiques de tous les bâtiments communaux			
3.3	Mettre en place une stratégie à long terme de rénovation des bâtiments communaux en cohérence avec l'EED			
3.4	Se donner des objectifs (Leitbild) en puissance PV + autres énergie renouvelable + diminution fioul et gaz (neutralité carbone 2050)			
3.5	Mettre en place un plan de comptage/sous-comptage avec monitoring des bâtiments communaux + communication sur les travaux et économies réalisés			
3.6	Communiquer sur le concept énergétique et sur l'avancement des actions mises en oeuvre			

COMMUNAL Projets

N°	Nom de l'action	Court terme	Moyen terme	Long terme
4.1	Déterminer les standards d'aménagements urbains, via une PAP checklist			
4.2	Réaliser un PAP NQ (plan d'aménagement particulier nouveaux quartiers) par exemple ajouter une obligation de mettre du PV – référence : s'inspirer de "lotissement à Schwebach"			
4.3	Réaliser un PAP NQ avec réseau de chaleur – référence : s'inspirer de "lotissements Verger Ermesinde"			
4.4	Remplacer l'éclairage des voiries par technologie LED avec régulation d'intensité, détecteur de présence si nécessaire			
4.5	Mettre en place un mix de production d'énergies renouvelables (réseau chaleur, biogaz, éolien, ...)			

Répertoire des sources

- Administration de l'environnement, 2021 : Ensemble de données : "Waste and Ressources" (<https://data.public.lu/fr/datasets/?organization=56f3f191855e9b1ceb21068b>).
- Frauenhofer ISE, 2020 : Pompes à chaleur dans les bâtiments existants - Résultats du projet de recherche "WP_{SMART} im Bestand".
- Heizung Barthel s.a., 2022 : Concept d'approvisionnement énergétique respectueux du climat pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments - Aménagements urbanistiques Marie de Boulaide.
- Institut luxembourgeois de régulation, 2023 : Jeu de données : "La production d'énergie électrique au Luxembourg" (<https://data.public.lu/fr/datasets/la-production-denergie-electrique-au-luxembourg-1/>).
- Ministère de l'énergie et de l'aménagement du territoire, 2023 : Programme directeur d'aménagement du territoire (PDAT).
- Ministère de l'énergie et de l'aménagement du territoire, 2020 : Stratégie de rénovation à long terme du Luxembourg (LTRS - Long term renovation strategie).
- Ministère de l'énergie et de l'aménagement du territoire & Ministère de l'environnement, du climat et du développement durable, 2023 : Plan national intégré en matière d'énergie et de climat du Luxembourg pour la période 2021-2030 (PNEC) - Projet de mise à jour.
- Ministère de la mobilité et des travaux publics, 2022 : Présentation (28.02.2022) - "Possibilités d'utilisation de la géothermie au Luxembourg : état actuel et projets" (https://www.meco.lu/wp-content/uploads/2022/03/Waermerversorgung_pres_RC_20220228.pdf).
- Parc Naturel de la Haute-Sûre, 2022 : Stratégie de lutte contre le changement climatique 2030 + - Parc Naturel de la Haute-Sûre (modèle) - partie intégrante de la stratégie régionale de lutte contre le changement climatique.
- STATEC Luxembourg, 2015 : Regards 06 - sur le stock des bâtiments et logements.