



COMMUNE DE PRANGINS

Commune de Prangins Municipalité

Rapport-préavis No. 76/2024
au Conseil communal

Réalisation d'un concept énergétique territorial (CET)

Déléguée municipale : Alice Durnat-Lévi

Monsieur le Président,
Mesdames et Messieurs les Conseillers,

1. Introduction

Dans le cadre de la révision du Plan d'affectation communal (PACom, ancien PGA), la Commune de Prangins a mandaté en septembre 2022 le bureau Focus-E pour une étude concernant la planification énergétique territoriale. La mandataire choisie avait déjà effectué en 2015 une première planification énergétique pour la Commune à travers le bureau Amstein + Walthert SA. Elle connaissait ainsi déjà le territoire communal et pouvait dès lors construire sur sa précédente étude pour réactualiser et pousser la démarche plus loin¹.

D'une part, l'étude de planification énergétique communale de 2015 n'étant pas alignée avec les exigences cantonales d'aujourd'hui, l'Etat de Vaud exigeait un concept énergétique territorial (CET) réactualisé comme document d'accompagnement du PACom. D'autre part, ce travail est utile pour la conception d'une stratégie énergétique communale. Il propose des scénarios d'approvisionnement énergétique permettant de satisfaire les besoins énergétiques actuels et futurs de la Commune, en valorisant au mieux les ressources énergétiques renouvelables et locales.

Le CET a été joint en tant qu'annexe au dossier d'examen préalable du PACom que la Commune a transmis au Canton en décembre 2023. En août 2024, suite à la confirmation de la Direction cantonale de l'énergie (DIREN) que le CET présenté dans le cadre du PACom répondait aux attentes de la DIREN, la Municipalité a approuvé le CET. Ce rapport-préavis présente les recommandations principales de l'étude.

2. Recommandations du CET

Au regard des objectifs fixés aux niveaux fédéral et cantonal en matière d'énergie et climat, et au regard également de l'approvisionnement énergétique actuel de la Commune (à plus de 80% fossile), la Municipalité se doit d'adopter un scénario d'approvisionnement ambitieux si elle souhaite atteindre les objectifs climatiques.

Le CET est un outil, parmi d'autres, qui permettra à la Commune d'avancer vers ses objectifs climatiques.

Suite à l'évaluation des besoins actuels et futurs en chaleur (chauffage et eau chaude) et électricité sur le territoire pranginois, les recommandations suivantes ont été formulées :

1. Etudier la possibilité de mettre en place un chauffage à distance (CAD) alimenté par le bois ou par l'eau du lac (aquathermie) dans le centre historique ;
2. Etudier dans quelle mesure un tel CAD pourrait être étendu à d'autres secteurs et comment d'autres acteurs (par exemple, les Services industriels de Nyon) pourraient être impliqués selon les différentes synergies ;
3. Organiser des séances d'information sur les enjeux liés à l'assainissement énergétique des bâtiments ;
4. Inciter et faciliter l'installation de pompes à chaleur en zone de densité thermique faible (par exemple, les quartiers de maisons individuelles) pour remplacer les chaudières à mazout ;
5. Continuer le développement de l'énergie solaire sur le territoire : inciter et faciliter l'installation de panneaux solaires (par exemple, appel d'offres groupé).

¹ Le rapport-préavis No. 26/2022 livre une synthèse des résultats de l'étude de 2015, à savoir le diagnostic énergétique simplifié du territoire, les enjeux identifiés et les recommandations émises.

La Commune s'engage d'ores et déjà dans ces différentes directions. Concernant les points 1 et 2, la Municipalité a mandaté le bureau d'ingénieurs Weinmann (également mandaté par la Ville de Nyon), pour une étude préalable. Le montant du devis est de CHF 46'375.- TTC, dont 60% est subventionné par le Canton. Ce montant est porté au budget 2025.

3. Conclusion

Au vu de ce qui précède, la Municipalité vous demande, Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Conseillers, de prendre acte des décisions suivantes :

Le Conseil communal de Prangins

- vu le rapport-préavis No. 76/2024 « Réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) »,
- vu le rapport de la commission chargée d'étudier cet objet ,
- ouï les conclusions de la commission chargée d'étudier cet objet,
- attendu que cet objet a été régulièrement porté à l'ordre du jour,
- décide** de prendre acte du rapport-préavis No. 76/2024 « Réalisation d'un concept énergétique territorial (CET) ».

Ainsi adopté en séance de Municipalité le 25 novembre 2024, pour être soumis au Conseil communal de Prangins.

AU NOM DE LA MUNICIPALITE

La syndique



Dominique-Ella Christin



Le secrétaire



Basile Kaiser

Annexe :

- Concept énergétique territorial, novembre 2023.

Concept Energétique Territorial Prangins



Commune de Prangins

Version 03, Novembre 2023

Donneur d'ordre :

Commune de Prangins

Dominique-Ella Christin, Syndique,
Responsable du Service d'Urbanisme

Alice Durnat-Levi, Municipale,
Responsable du Service Environnement

La Place
1197 Prangins

Mandataire :

focus-E Sàrl
Céline Weber
Route de la Scie 48
1278 La Rippe

cweber@focus-e.ch

Projet :

202204

Version :

03

Date :

Novembre 2023

Table des matières

Abréviations	6
Résumé.....	7
1 Introduction.....	14
2 Analyse du contexte légal.....	16
2.1 Législation relative à l'énergie.....	16
2.1.1 Niveau fédéral	16
2.1.2 Niveau cantonal.....	17
2.1.3 Niveau communal.....	21
2.2 Législation relative à la protection du patrimoine	21
2.2.1 Classement des sites à protéger.....	21
2.2.2 Recensement des objets architecturaux	23
3 Etat des lieux	26
3.1 Qualité de l'air	26
3.2 Sensibilité au bruit.....	27
3.3 Infrastructures énergétiques existantes	29
3.3.1 Réseau d'eaux usées	29
3.3.2 Réseau de gaz	30
3.3.3 Réseaux thermiques	30
3.4 Etudes énergétiques déjà réalisées.....	30
3.5 Nouvelles mesures d'urbanisation planifiées	31
4 Evaluation des besoins énergétiques annuels actuels.....	33
4.1 Introduction.....	33
4.2 Evaluation des besoins annuels de chaleur.....	36
4.2.1 Besoins de chaleur en énergie.....	36
4.2.2 Besoins de chaleur en puissance	43
4.3 Evaluation des besoins annuels de froid	47
4.4 Evaluation des besoins annuels d'électricité	48
4.5 Haleon	51
4.6 Résumé des besoins énergétiques annuels actuels.....	52
4.7 Estimation des besoins énergétiques futurs	54
4.7.1 Projets urbanistiques.....	54
4.7.2 Rénovations énergétiques.....	54
5 Analyse des acteurs clés	59
6 Analyse des ressources énergétiques disponibles	60

6.1	Energie solaire	60
6.2	Géothermie	63
6.3	Bois	67
6.4	Air	70
6.5	Rejets thermiques	71
6.6	Eau du Léman	71
6.7	Energie éolienne.....	74
6.8	Biomasse et biogaz.....	76
6.9	Synthèse des ressources	76
7	Modes d’approvisionnement énergétique.....	78
8	Scénarios d’approvisionnement énergétique	84
8.1	Principes de base.....	84
8.2	Evolution entre 2022, 2030 et 2050.....	88
9	Analyse environnementale.....	94
10	Recommandations.....	101

Abréviations

CAD :	Chauffage à distance
CET :	Concept énergétique territorial
CO :	Monoxyde de carbone (toxique par inhalation pour l'homme et les animaux à sang chaud participe à la formation d'ozone)
CO ₂ :	Dioxyde de carbone (responsable de l'effet de serre)
CoCEn :	Conception cantonale de l'énergie
COP :	Coefficient de performance (= rendement d'une pompe à chaleur)
CT :	Cahier technique (s'agissant de publications de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes)
DISOS :	Directive concernant l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse
ECS :	Eau chaude sanitaire
ISOS :	Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse
kW :	Kilowatt (unité de puissance)
kWh :	Kilowattheure (unité d'énergie)
kWc :	kW « crête » d'un panneau photovoltaïque (puissance de pointe d'un panneau photovoltaïque, mesurée dans des conditions de laboratoire)
LAT :	Loi sur l'aménagement du territoire
LVLEn :	Loi vaudoise sur l'énergie
MoPEC :	Modèle de prescriptions énergétiques des cantons
MW :	Mégawatt (unité de puissance, 1 MW=1'000 kW)
MWh :	Mégawattheure (unité d'énergie, 1 MWh=1'000 kWh)
NOx :	Oxydes d'azote (responsable d'irritations et maladies respiratoires, ainsi que des pluies acides)
PAC :	Pompe à chaleur
PET :	Planification énergétique territoriale
PV :	Photovoltaïque
RCB :	Registre cantonal des bâtiments
SIA :	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Société Suisse des Ingénieurs et Architectes)
SO ₂ :	Dioxyde de soufre (responsable d'irritations pour les yeux, les voies respiratoires et la peau)
STAP :	Station de pompage d'eau du lac
STEP :	Station d'épuration (des eaux usées)
SRE :	Surface de référence énergétique
T :	Température
W :	Watt (unité de puissance, 1'000 W=1 kW)

Résumé

La Commune de Prangins, située sur les rives du Léman entre Nyon et Gland, totalise aujourd'hui plus de 4'000 habitants, pour une surface totale de 609 hectares. Elle fait partie du périmètre compact d'agglomération Grand Genève et participe au développement urbanistique planifié à l'horizon 2030-2040 au sein des projets d'agglomération vaudois.

Concernant les principales spécificités de la Commune qui influent sur l'élaboration d'un Concept énergétique territorial (CET), il faut notamment mentionner les éléments suivants :

- La Commune de Prangins, labellisée Cité de l'Énergie en 2015, a obtenu le renouvellement de son label en 2019. Cette distinction se fonde sur une démarche globale composée de nombreuses actions inscrites dans le programme de politique climatique pranginois pour la période 2019-2023 (prochain audit : 2024).
- La Commune possède un centre historique qui, bien qu'il ne soit pas très grand, figure dans l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS) avec un objectif de sauvegarde A, soit l'objectif le plus haut qui existe.
- Le canton de Vaud, dans lequel est située la commune, s'est doté d'instruments devant permettre au Canton d'atteindre des objectifs ambitieux en matière énergétique et environnementale (ambitieux mais cohérents avec la Stratégie Énergétique 2050 de la Confédération, la loi sur le climat récemment adoptée, et l'accord de Paris). Ces instruments sont : la Conception cantonale de l'énergie (CoCEn), le Plan climat, et l'initiative populaire « Pour la protection du climat » nouvellement adoptée par le peuple. Ces instruments représentent un cadre que la commune de Prangins, en tant que collectivité publique, se doit de respecter.
- La Commune est classée en zone à immissions excessives. Ceci nécessite la mise en place d'un filtre sur les émissions des chaudières à bois qui sont plus grandes que 70 kW. Ceci est le cas par exemple, si la Commune choisit de mettre en place un chauffage à distance (CAD) alimenté au bois. Sachant que la Commune dépend à plus de 80% des énergies fossiles pour couvrir ses besoins de chaleur, et qu'elle comprend un centre historique d'importance nationale, le recours à un CAD dans le centre historique (en lieu et place de pompes à chaleur individuelles par exemple) reste une solution intéressante, et le bois pourrait être une ressource intéressante pour ce CAD. Ceci dit, une autre option pourrait être un CAD sur l'eau du lac, et seule une étude détaillée permettra de définir quelle option, entre le bois et le lac, est la plus pertinente au niveau économique (au niveau environnemental, l'eau du lac est plus favorable).
- Le bâti de la Commune est largement dominé par du logement individuel (villas), rendant la mise en place de CAD globalement assez peu rentable pour l'heure dans ces zones en particulier.

En premier lieu, il convient d'estimer les besoins énergétiques de la Commune. Actuellement, la Commune a essentiellement des besoins de chaleur (pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire) et d'électricité. Les besoins de froid sont limités à quelques commerces. A l'avenir, on ne peut pas exclure que des besoins de froid (notamment de rafraîchissement estival) se feront ressentir pour les logements également. Ces besoins sont cependant difficiles à estimer actuellement, dans le cadre d'un CET. En effet, un CET à l'échelle d'une commune est un document à granulométrie relativement grossière. Or, il n'existe pas de normes ou de statistiques actuellement disponibles, permettant d'évaluer des besoins de froid à cette échelle, et pour les années à venir. Ceci dit, les scénarios d'approvisionnement proposés dans le cadre de ce CET pourront sans problème intégrer le froid, de façon renouvelable, le cas échéant. Les besoins sont indiqués dans le tableau ci-après, pour l'ensemble

de la Commune. Ces besoins comprennent également les futurs développements, à savoir le quartier mixte Au Clos (parcelles n° 417 et 1577), à la Route de Lausanne, et les logements planifiés sur les parcelles n° 556 et 559 le long de la route de l'Etraz. Remarque : la surface de référence énergétique, ou SRE, est une donnée souvent utilisée pour estimer les besoins énergétiques, raison pour laquelle elle est également indiquée dans le tableau.

Chaleur				Froid		Electricité	SRE
Chauffage	Eau chaude sanitaire	Chaleur totale	Puissance chaud	Energie froid	Puissance froid		
[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[m ²]
31 776	7 025	38 801	18 083	79	72	10 745	353 322

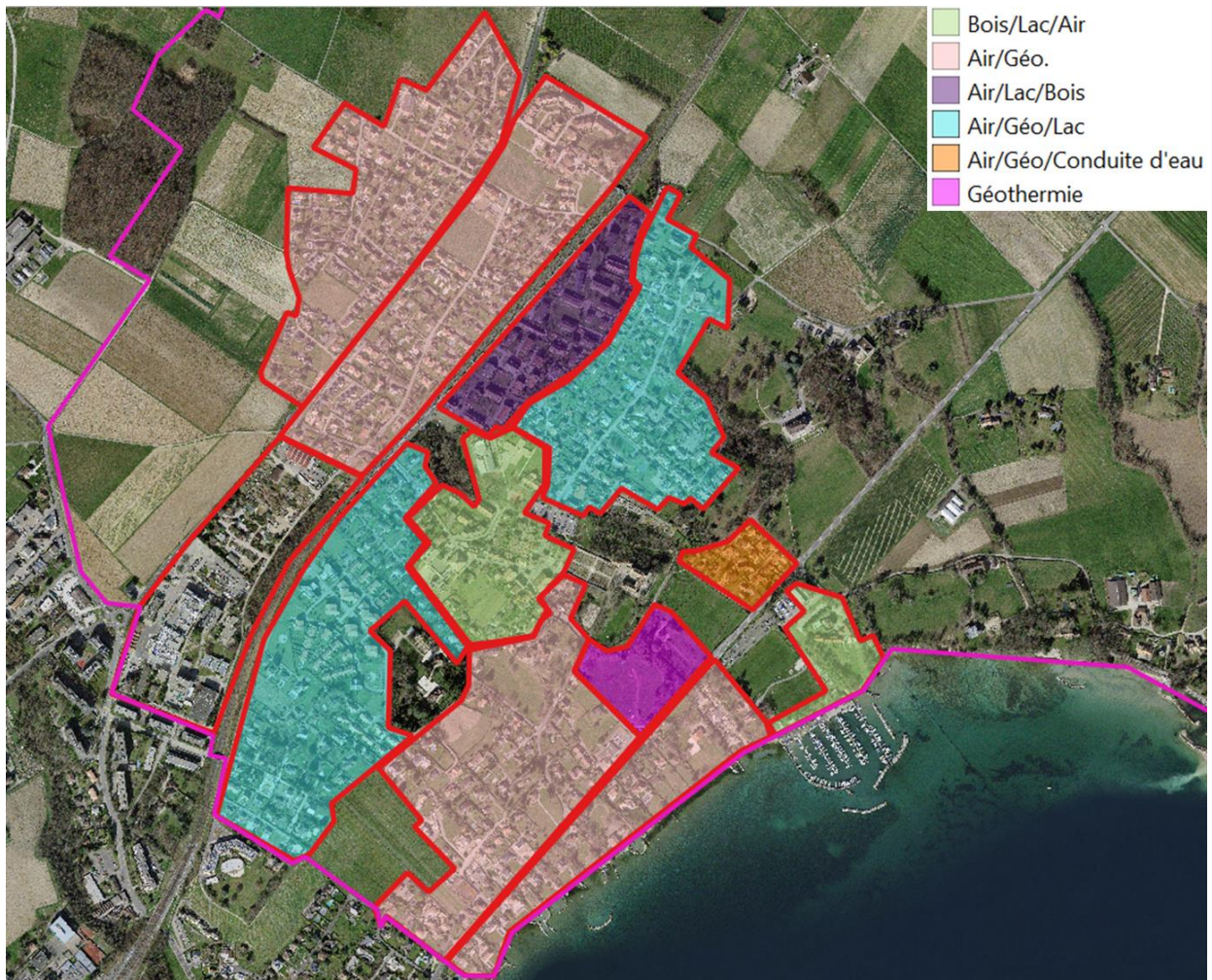
Besoins énergétiques de la Commune (sans Haleon)

Avec des besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) de 38'868 MWh/an (38'868 = 31'818 + 7'050), soit 110 kWh/m²/an, la Commune se situe au-dessus de la moyenne nationale, ce qui pourrait s'expliquer par la prédominance de logements, voire plus particulièrement de logements individuels.

La deuxième étape d'un CET consiste à évaluer le potentiel des ressources renouvelables locales permettant de satisfaire les besoins énergétiques de la Commune. Les différentes ressources disponibles dans la Commune sont listées ci-dessous avec une indication sur la pertinence de la ressource en question :

1. Energie solaire : fort potentiel
2. Géothermie :
 - 2.1. géothermie de faible profondeur : potentiel intéressant
 - 2.2. géothermie de moyenne et haute profondeur : potentiel en cours d'évaluation
3. Bois : potentiel intéressant même s'il doit être importé depuis l'extérieur de la commune
4. Air : potentiel intéressant
5. Rejets thermiques : aucun potentiel
6. Léman : fort potentiel
7. Energie éolienne : aucun potentiel
8. Biomasse et biogaz : potentiel géré au niveau de la région voire du canton.

En ce qui concerne le soleil, la Commune bénéficie d'un bon ensoleillement. En revanche, l'intégration des éléments de toitures dans les sites inscrits à l'ISOS avec un objectif de sauvegarde A (ce qui est le cas du centre du village de Prangins), représente un réel défi. D'autre part il faut noter, pour le bois, qu'il est une des rares ressources (avec le lac) qui permettrait de s'affranchir des énergies fossiles à terme dans le centre du village, sans nuire à la qualité patrimoniale de son bourg historique. De plus, le canton de Vaud disposant encore de ressources de bois, ce dernier ne serait pas importé de loin. En comparant les besoins et les ressources, on peut établir la carte ci-après, indiquant quelles ressources permettent de satisfaire au mieux les besoins de la Commune. La commune de Prangins, a été subdivisée en différents secteurs, afin de pouvoir tenir compte des spécificités de chacun d'eux.



Représentation par quartier des principales ressources énergétiques pour satisfaire les besoins thermiques (le soleil pour les panneaux PV est implicitement inclus pour tous les quartiers)

Dans la dernière étape du CET, il convient enfin de proposer des scénarios d’approvisionnement, et de vérifier dans quelle mesure ces scénarios permettent de satisfaire non seulement aux exigences légales, mais aussi à la volonté de la Commune et du Canton de tendre vers un approvisionnement durable. Pour ce faire, il faut faire des hypothèses sur les taux de rénovation, de remplacements de chaudière, et de pénétration du photovoltaïque. Les valeurs retenues sont indiquées dans le tableau suivant :

		D'ici 2030	D'ici 2050	Remarque
Taux de remplacements (Valeurs basées sur des moyennes cantonales et fédérales)	Chaudières mazout par PAC	1 %/an	2,5 %/an	%/an de la SRE chauffée au mazout
	Chaudières mazout par bois	0,15 %/an	0,18 %/an	%/an de la SRE chauffée au mazout
	Chaudières gaz par PAC	1 %/an	4 %/an	%/an de la SRE chauffée au gaz
	Chaudières gaz par bois	0,15 %/an	0,54 %/an	%/an de la SRE chauffée au gaz
	Chauff. Élec. par PAC	1 %/an	4,1 %/an	%/an de la SRE chauffée à l'élec. direct
Taux de rénovation		0,95%	1,50%	%/an de la SRE chauffée au mazout
Taux de pénétration PV (basé sur www.swissolar.ch)		312 MWh/an	625 MWh/an	

Taux de remplacement des chaudières (mazout, gaz et électrique direct), taux de rénovation des bâtiments et taux de pénétration du PV

Les valeurs choisies pour les horizons 2030 et 2050 ne sont bien entendu que des indications (hypothèses), basées, d’une part, sur ce qui se fait actuellement (ceci est surtout vrai pour les hypothèses à l’horizon 2030) et, d’autre part, sur ce qui devrait être entrepris pour atteindre les

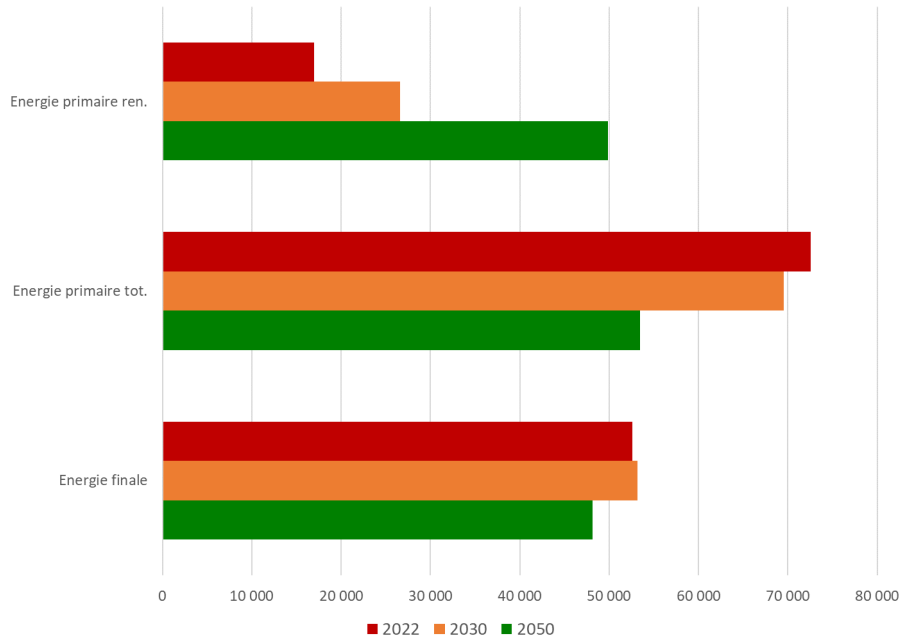
objectifs en 2050 (notamment la suppression des énergies fossiles pour la production de chaleur). Les hypothèses à l'an 2030 ont été volontairement choisies plus ou moins en conformité avec la réalité actuelle, étant donné qu'il n'y a pas beaucoup d'éléments qui permettent d'envisager que ces hypothèses, comme les taux de rénovation, par exemple, pourront être sensiblement augmentés ces 5 à 7 prochaines années, par rapport à ce qui se fait actuellement.

Enfin, pour le centre du village (ainsi que plusieurs autres bâtiments à proximité immédiate et qui s'y prêteraient), on a fait l'hypothèse qu'il pourrait être équipé d'un chauffage à distance à partir de 2030 (le chauffage à distance est a priori plus pertinent pour un bourg historique que des pompes à chaleur sur l'air). Pour éviter de surcharger la présentation des résultats dans ce résumé, on présente ci-dessous avant tout les résultats pour un CAD alimenté avec du bois. Ceci dit, l'analyse pour les polluants atmosphériques a aussi été faite, à titre de comparaison, pour un CAD alimenté par l'eau du lac, et les résultats pour les deux options sont présentés ci-dessous (voir les deux derniers graphiques). A noter qu'il conviendrait de faire une étude comparative détaillée (qui dépasse le cadre du présent CET), entre un CAD alimenté par du bois et un CAD alimenté par l'eau du lac, pour permettre de définir laquelle des deux options est la plus indiquée pour le centre du village (notamment aussi au niveau économique).

Avec les hypothèses ci-dessus, on obtient les parts d'énergie finale, primaire et renouvelable, ainsi que les émissions (CO₂ et polluants atmosphériques), indiqués dans les tableaux et figures ci-dessous (la situation actuelle a également été indiquée à titre de référence) :

	2022	2030	2050
Energie finale	52 573	53 189	48 121
Réduction p.r. 2020		1%	-8%
% énergie finale VD	4%	22%	51%
Energie primaire tot.	72 544	69 576	53 449
% énergie primaire tot. VD	8%	28%	98%
Energie primaire ren.	17 002	26 585	49 890
% énergie primaire ren. VD	25%	67%	99%
Parts d'énergies renouvelables	28%	46%	100%

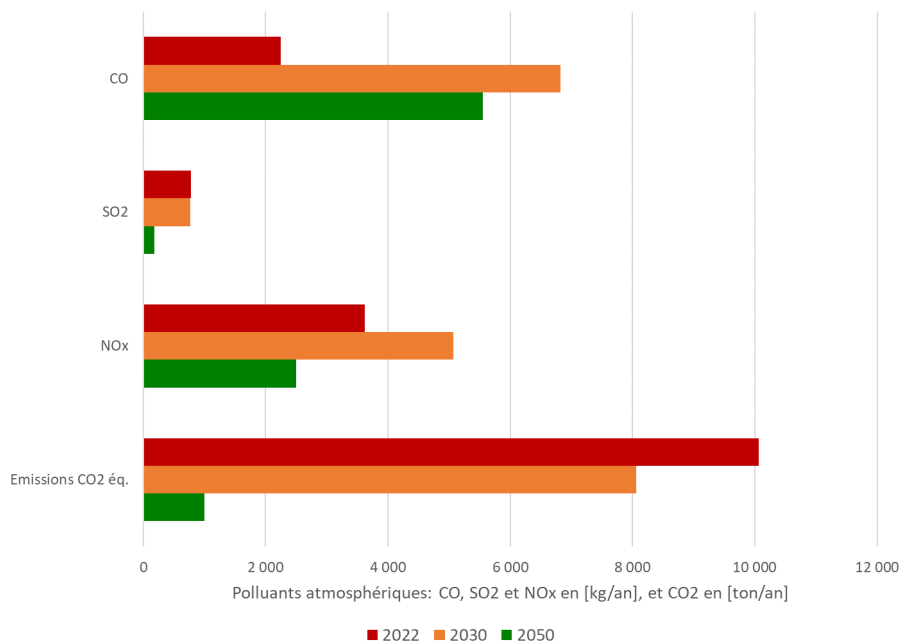
Résultats chiffrés pour l'évolution de l'énergie finale, l'énergie primaire (totale et vaudoise) et la part d'énergie renouvelable, entre 2022 et 2050, avec un CAD alimenté par du bois



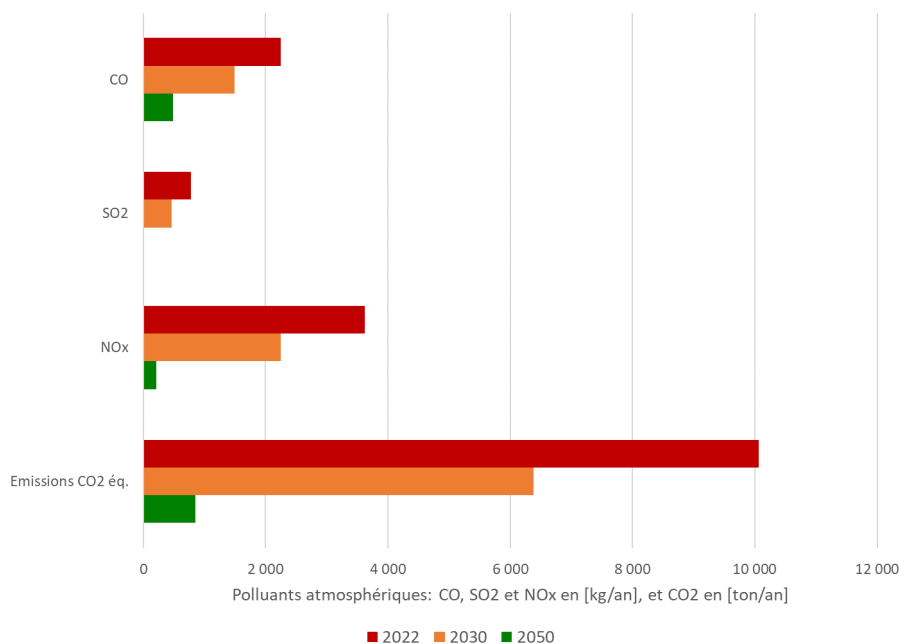
Représentation graphique pour l'énergie finale, l'énergie primaire (totale et vaudoise) et la part d'énergie renouvelable, entre 2022 et 2050, avec un CAD alimenté par du bois

		2022	2030	2050
Emissions CO ₂ équ.	[ton/an]	10 064	8 064	996
% réduction GES p.r. 2022			-20%	-90%
NO _x	[kg/an]	3 621	5 073	2 501
SO ₂	[kg/an]	779	769	185
CO	[kg/an]	2 250	6 820	5 557

Résultats chiffrés pour l'évolution des émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques, entre 2022 et 2050, avec un CAD alimenté par du bois



Représentation graphique pour l'évolution des émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques, entre 2022 et 2050, avec un CAD alimenté par du bois



Représentation graphique pour l'évolution des émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques, entre 2022 et 2050, avec un CAD alimenté par l'eau du lac

Si le centre du village (ainsi que les autres bâtiments qui s'y prêteraient) est chauffé par un CAD alimenté au bois, avec les taux de rénovations choisis (cf. tableau ci-dessus), la Commune ne sera pas dans la fourchette cible du Plan climat en 2030 (-40% à -50% d'émissions de CO₂ par rapport à 2020), et n'atteindra pas les objectifs de la CoCEn (35% d'énergie finale vaudoise). En revanche, s'agissant du scénario 2050, il répond presque aux exigences du Plan climat qui vise la neutralité carbone en 2050, et il répond totalement aux exigences de la CoCEn qui vise 50% d'énergies renouvelables locales (vaudoises) en 2050. Il convient cependant de préciser que si, dans la situation actuelle (valeurs 2022), l'immense majorité des émissions de CO₂ sont liées aux énergies fossiles (mazout et gaz), en 2050 ces

émissions seront en réalité liées un tout petit peu à la combustion du bois (d'où l'importance de la mise en place d'un filtre, comme cela se fait désormais relativement couramment), mais surtout aussi au photovoltaïque (l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques n'est pas totalement neutre en carbone selon les normes actuelles, pour tenir compte du fait que les panneaux sont produits en Chine).

Si le centre du village (ainsi les autres bâtiments qui s'y prêteraient) est alimenté par un CAD sur le lac, on constate qu'on pourrait presque atteindre les objectifs de la CoCEn, et ceux du Plan climat pour 2030 déjà, sans parler des autres émissions de polluants qui disparaissent presque totalement.

1 Introduction

La présente étude concerne l'élaboration d'un Concept énergétique territorial (CET) pour la commune de Prangins (Figure 1). Cette commune totalise aujourd'hui plus de 4'000 habitants, pour une surface totale de 609 hectares.

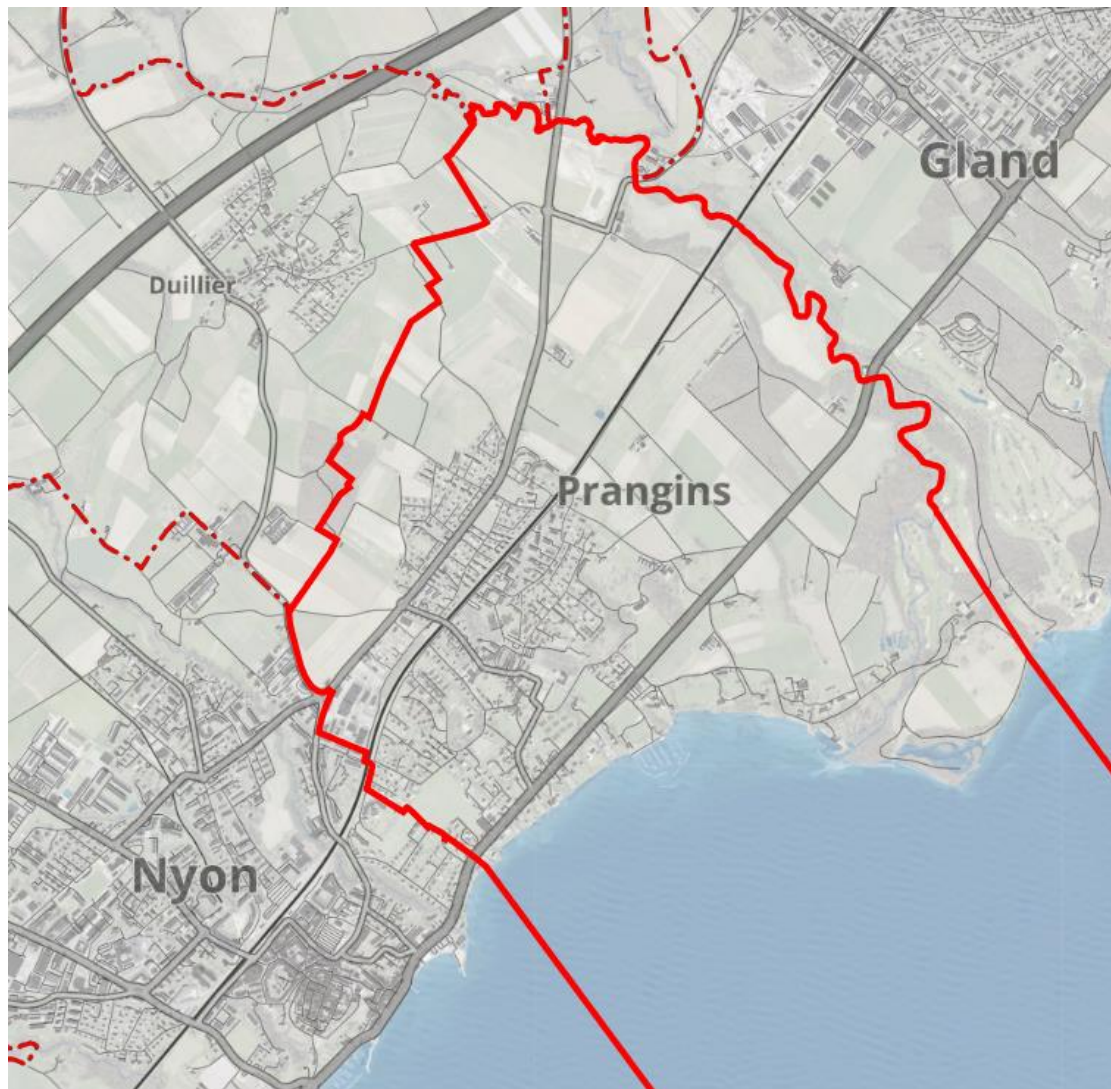


Figure 1 : Périmètre d'étude [44] (trait rouge continu)

Le but du CET (aussi appelé Planification énergétique territoriale, ou PET, dans la loi vaudoise), tel que défini par les articles 45 et 46 du RLVLEn (version 2022) [4], est de proposer des scénarios d'approvisionnement énergétique permettant de satisfaire les besoins énergétiques actuels et futurs de la Commune, tout en valorisant au mieux les ressources énergétiques renouvelables et locales.

Article 45 Concepts énergétiques communaux

1 Les concepts énergétiques communaux permettent de déterminer l'évolution souhaitable de l'approvisionnement et de la consommation énergétique et décrivent les moyens et mesures requis pour y parvenir.

2 Ils tiennent compte des lois et règlements fédéraux et cantonaux, des plans d'aménagement, ainsi que des conditions prévalant dans les communes, cantons et pays limitrophes.

3 Ils sont actualisés périodiquement et sont transmis au service pour information.

4 Les citoyens des communes concernées sont informés des objectifs et du contenu des concepts énergétiques.

Article 46 Réalisation des concepts énergétiques communaux

1 Le service aide les communes pour la réalisation de leur concept énergétique par la mise à disposition de documentation, d'informations et de conseils. Il peut publier une directive fixant le cadre de la réalisation d'un concept énergétique communal.

2 Chaque fois que cela est pertinent sur le plan énergétique (situations semblables, ressources communes, etc.), les communes sont encouragées à se regrouper pour l'établissement de leur concept énergétique.

Suivant les articles ci-dessus et le *Guide pour une Planification Energétique Territoriale* publié par le canton de Vaud [2], le présent CET comprendra les sections suivantes :

1. Analyse du contexte légal, section 2
2. Analyse du contexte spécifique à la Commune (qualité de l'air, sensibilité au bruit, infrastructures énergétiques existantes, études énergétiques déjà réalisées et projets urbanistiques), section 3
3. Evaluation des besoins énergétiques annuels actuels et futurs, section 4
4. Analyse des acteurs clés, section 5
5. Analyse des ressources énergétiques disponibles, section 6
6. Comparaison entre les besoins et les ressources, section 7
7. Détermination de scénarios d'approvisionnement, section 8
8. Evaluation environnementale des scénarios d'approvisionnement, section 9
9. Recommandations, section 10.

2 Analyse du contexte légal

Le cadre légal comprend l'analyse des lois en vigueur aux niveaux fédéral, cantonal et communal, qui influent directement sur la réalisation du CET.

2.1 Législation relative à l'énergie

2.1.1 Niveau fédéral

La politique énergétique au niveau fédéral est basée, d'une part, sur diverses lois (Loi sur l'énergie, Loi sur l'approvisionnement électrique et Loi sur le CO₂), et, d'autre part, sur des accords internationaux.

Au niveau des lois, ces dernières reposent sur la Stratégie Énergétique 2050 de la Confédération, adoptée par le peuple le 21 mai 2017, et entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018, ainsi que sur la Loi sur le climat et l'innovation, adoptée par le peuple le 18 juin 2023. Dans les grandes lignes, ces textes de loi comprennent les points suivants :

1. le renforcement de l'efficacité énergétique (notamment à l'aide du programme *Bâtiments* qui est renforcé, des incitations fiscales pour les rénovations, ou encore des prescriptions sur les appareils électriques) ;
2. le développement des énergies renouvelables (notamment à l'aide de la rétribution à prix coûtant ou de contributions à l'investissement) ;
3. l'accélération de l'optimisation et de l'extension du réseau électrique (en limitant les possibilités de recours au Tribunal Fédéral) ;
4. l'intensification de la recherche énergétique ;
5. l'interdiction de construire des nouvelles centrales nucléaires et l'encouragement de la collaboration internationale en matière énergétique ;
6. la neutralité carbone d'ici à 2050.

Il convient également de citer la modification urgente du 30 septembre 2022 de la Loi sur l'énergie, avec entrée en vigueur le 1^{er} octobre 2022 (et effet jusqu'au 31 décembre 2025), notamment l'article 45a :

« ¹ Lors de la construction de nouveaux bâtiments d'une surface déterminante de construction supérieure à 300 m², une installation solaire, par exemple photovoltaïque ou thermique, doit être mise en place sur les toits ou les façades. Les cantons peuvent étendre cette obligation aux bâtiments d'une surface égale ou inférieure à 300 m².

² Les cantons règlent les exceptions, notamment pour les cas où la mise en place d'une installation solaire:

- a. est contraire à d'autres prescriptions de droit public;
- b. n'est pas possible sur le plan technique, ou
- c. est disproportionnée du point de vue économique.

³ Jusqu'à l'entrée en vigueur des dispositions légales cantonales, les gouvernements cantonaux règlent les exceptions par voie d'ordonnance.

⁴ Les cantons qui, au 1^{er} janvier 2023 au plus tard, ont introduit des exigences relatives à la production propre de courant dans les nouvelles constructions selon la section E du modèle de prescriptions énergétiques des cantons (édition 2014), ou des exigences qui vont encore plus loin, sont exemptés de la mise en œuvre des al. 1 à 3. »

Il convient cependant de préciser que, au vu de la Loi sur l'énergie du canton de Vaud (section 2.1.2), c'est l'alinéa 4 de la loi susmentionnée qui s'applique dans le cas présent.

S'agissant de Prangins, commune bénéficiant d'une protection accrue en matière patrimoniale notamment au niveau de son centre historique, il convient également de citer la LAT et sa révision du 22 septembre 2013 qui stipule :

Article 18a, alinéas 1 et 3 – Installations solaires :

«¹ Dans les zones à bâtir et les zones agricoles, les installations solaires soigneusement intégrées aux toits et aux façades sont autorisées dès lors qu'elles ne portent atteinte à aucun bien culturel ni à aucun site naturel d'importance cantonale ou nationale.

«³ Les installations solaires sur des biens culturels ou dans des sites naturels d'importance cantonale ou nationale sont toujours soumises à une autorisation de construire. Elles ne doivent pas porter d'atteinte majeure à ces biens ou sites. »

2.1.2 Niveau cantonal

Loi vaudoise sur l'énergie (LVLEn)

La législation cantonale en matière d'énergie s'inscrit dans la suite logique de la législation fédérale, en renforçant les notions d'efficacité énergétique et de valorisation des énergies locales renouvelables. Parmi les principaux articles qui sont importants dans le cadre du présent CET, il faut notamment citer [3]-[4]:

A l'échelle de la commune :

1. Article 10, alinéa 1, de la LVLEn : « *Dans leurs activités, l'Etat et les communes exploitent l'énergie de façon rationnelle, économe et respectueuse de l'environnement. Ils y veillent notamment dans leurs opérations immobilières, de subventionnement, de participation et d'appels d'offres.* »
2. Article 10, alinéa 2, de la LVLEn : « *Ils [l'Etat et les communes] mettent en œuvre des démarches adéquates pour contribuer à la diminution des émissions de CO₂ et autres émissions.* »
3. Article 17, alinéa 1, de la LVLEn : « *L'Etat et les communes encouragent la production des énergies ayant recours aux agents indigènes et renouvelables.* »
4. Article 24, alinéa 1, de la LVLEn : « *L'Etat et les communes encouragent les installations de chauffage à distance, notamment lors de l'élaboration de leurs plans en matière d'aménagement du territoire.* »
5. Article 29, alinéa 1, de la LVLEn : « *Les communes encouragent l'utilisation des énergies renouvelables. Elles créent des conditions favorables à leur exploitation et peuvent accorder des dérogations aux règles communales à cette fin.* »

A l'échelle du bâtiment :

Remarque : Les articles ci-après concernent principalement la construction de nouveaux bâtiments, et ne sont que partiellement pertinents à l'échelle d'un CET. Ils sont cependant mentionnés ici à titre indicatif, dans un souci d'exhaustivité.

1. Article 28, alinéa 1, de la LVLEne : « *Les mesures de planification et de construction permettant de réduire la consommation d'énergie et de favoriser l'apport de sources d'énergies renouvelables dans les bâtiments sont déterminées par le règlement d'exécution.* »
2. Article 28, alinéa 3, de la LVLEne : « *Les exigences en termes de parts d'énergies renouvelables pour les besoins du bâtiment doivent être satisfaites par des mesures constructives prises sur le bâtiment lui-même sous réserve de l'utilisation d'un réseau de chauffage à distance lui-même alimenté majoritairement par des nouvelles énergies renouvelables ou des rejets de chaleur. Des exceptions sont*

possibles si un concept pérenne est mis en place à l'échelle d'un quartier ou pour une durée très limitée. Ces exceptions sont soumises à autorisation. »

3. Article 28a, alinéa 1, de la LVLEne : « *Les constructions nouvelles sont équipées de sorte que la production d'eau chaude sanitaire, dans des conditions normales d'utilisation, soit couverte pour au moins 30% par l'une des ressources d'énergie suivantes :*
 - a. *des capteurs solaires ;*
 - b. *un réseau de chauffage à distance alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou des rejets de chaleur ;*
 - c. *du bois, à condition que la puissance nominale de la chaudière excède 70 kW, hors des zones soumises à immissions excessives. »*

Le règlement d'application prévoit cependant des exceptions lorsque les consommations d'eau chaude sanitaire sont faibles.

4. Article 28b, alinéa 1, de la LVLEne : « *Les constructions nouvelles sont équipées de sorte que les besoins d'électricité, dans des conditions normales d'utilisation, soient couverts pour au moins 20% par une source renouvelable. »* Selon la DIREN, par besoins d'électricité, il faut comprendre ici les besoins définis selon le tableau 10 de la norme SIA 380/1 de 2009 (Article 27 du RLVLEne), quand bien même cette version de la norme n'est plus en vigueur (la SIA ayant remplacé cette norme par une version plus récente).
5. Article 28b, alinéa 2, de la LVLEne : « *La consommation d'électricité pour alimenter une nouvelle installation de confort, pour des besoins de refroidissement et/ou d'humidification, respectivement de déshumidification, devra être couverte au moins pour moitié par une énergie renouvelable. La part renouvelable découlant des exigences de l'article 28a ne peut pas être prise en compte. »*
6. Article 30b, alinéas 1 et 2, de la LVLEne : « *Les installations de chauffage au gaz des constructions nouvelles ne peuvent pas satisfaire plus de 80% des besoins admissibles pour le chauffage. Cette proportion descend à 60% pour les chauffages au mazout. »*
7. Article 30b, alinéa 6, de la LVLEne : « *Lors du remplacement d'une installation de chauffage par une nouvelle installation fonctionnant au gaz, au mazout ou au charbon, le propriétaire de l'installation doit faire établir à ses frais un certificat énergétique du bâtiment, tel que défini à l'article 39a. »*

Documents stratégiques et outils

Conception cantonale de l'énergie (CoCEn)

En plus de sa législation cantonale, le canton de Vaud a élaboré, en 2019 sa **Conception cantonale de l'énergie** (CoCEn 2019)¹. La CoCEn 2019 est un document stratégique par lequel le Conseil d'Etat pose les bases de la politique énergétique qu'il entend développer, en tenant compte des orientations découlant de la politique énergétique fédérale. Elle vise à définir, pour le canton de Vaud, la vision à long terme, les objectifs et les champs d'actions prioritaires à engager pour répondre aux défis posés par la transition énergétique et la sécurité d'approvisionnement énergétique (Figure 2 et Figure 3) [5]. La vision énergétique à long terme du canton de Vaud prévoit de [6] :

¹ La CoCEn est revue une fois par législature. L'article 14, alinéa 1, lettre a de la Loi cantonale sur l'énergie du 16 mai 2006 [3] demande au Conseil d'Etat de «définir la politique énergétique cantonale par le biais de l'adoption d'une Conception cantonale de l'énergie et de l'adapter périodiquement, en principe une fois par législature.».

- Couvrir 35% de la consommation d'énergie finale vaudoise par une production d'énergie renouvelable vaudoise en 2030², puis 50% en 2050 ;
- Réduire la consommation d'énergie finale dans l'habitat de 7% en 2030² par rapport à l'année 2000 et de 14% en 2050, cf. Figure 3.

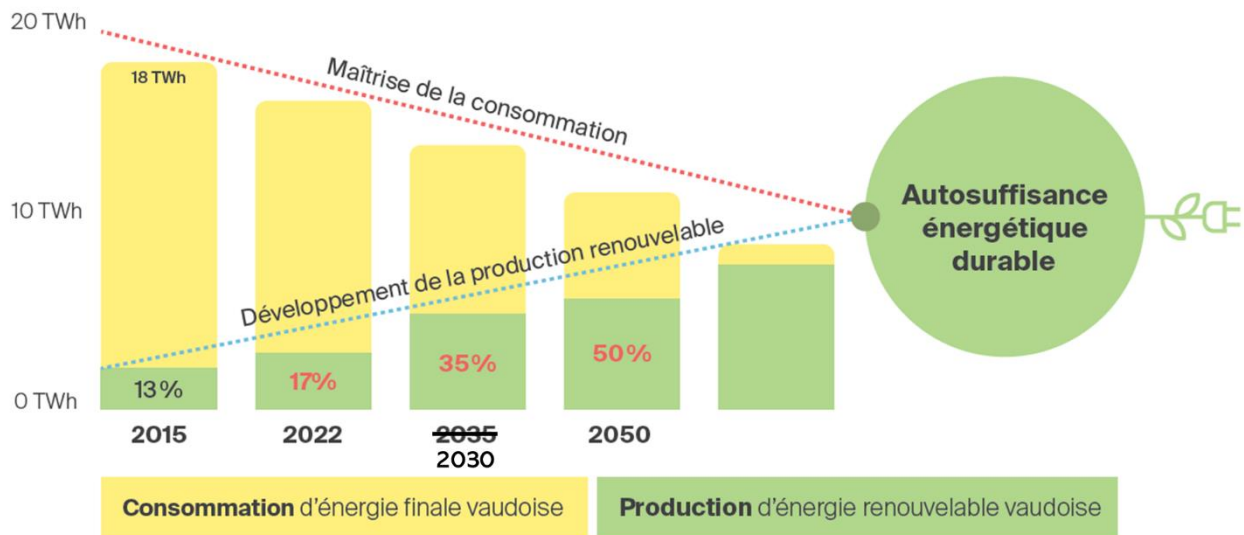


Figure 2 : Vision énergétique à long terme du canton de Vaud, selon la CoCEn [6]

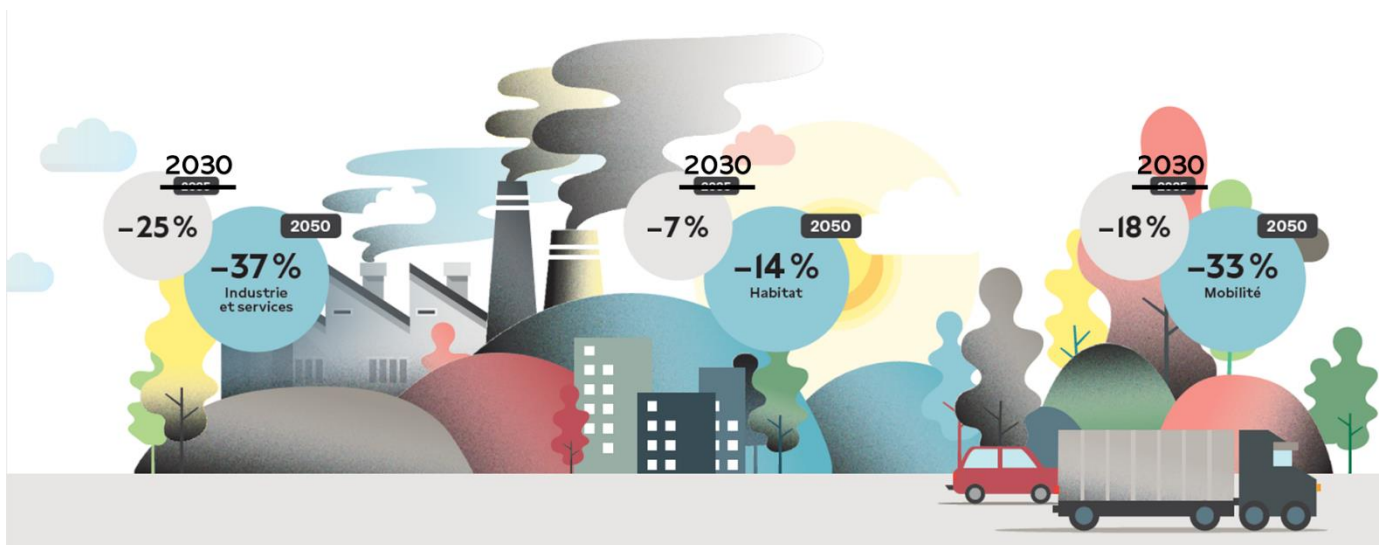


Figure 3 : Objectif de réduction de la Consommation d'énergie finale par habitant, selon la CoCEn [6]

La CoCEn n'a pas de portée contraignante, mais constitue un document de référence et de coordination pour les différentes autorités et administrations.

Plan climat

² Quand bien même la Figure 2 et la Figure 3 indiquent l'année 2035, les objectifs doivent bien être atteints en 2030 déjà, selon une décision du Conseil d'Etat d'avancer l'échéance.

En juin 2020, le gouvernement vaudois a lancé le premier volet d'un tout nouveau **Plan climat**, un outil visant à aider le Canton à faire face à l'urgence climatique et à répondre aux accords de Paris. Le Plan climat est un outil transversal, qui ne comprend pas que l'énergie (qui est largement traitée dans le cadre de la COCEn), mais également neuf autres domaines tels que, par exemple, l'agriculture, la mobilité, la santé, l'environnement, ou encore l'aménagement du territoire. Le Canton vise ainsi une réduction entre 50% et 60% des gaz à effet de serre d'ici à 2030 (par rapport à 1990), soit environ entre 40% et 50% par rapport à 2020, et la neutralité carbone territoriale d'ici à 2050. La Figure 4 indique l'évolution des émissions en équivalents de CO₂ pour le canton de Vaud. En plus de politiques publiques déjà engagées dans des domaines tels l'assainissement énergétique des bâtiments, le développement des transports publics ou la protection de la biodiversité, le Conseil d'Etat avait prévu, comme première impulsion, un investissement de 173 millions de francs pour les années 2021 à 2024. Dans son Programme de législature 2022-2027, le Conseil d'Etat a réaffirmé les objectifs du Plan climat (diminuer de 50% à 60% les émissions de gaz à effet de serre (GES) du territoire cantonal d'ici 2030 et viser la neutralité carbone au plus tard en 2050, cf. Figure 4) et annoncé sa volonté de renforcer son action, aussi bien en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre que d'adaptation aux changements climatiques. Pour ce faire, il a décidé d'injecter un montant supplémentaire de 200 millions de francs, qui viennent s'ajouter aux 173 millions qui étaient prévus pour la transition énergétique [9].

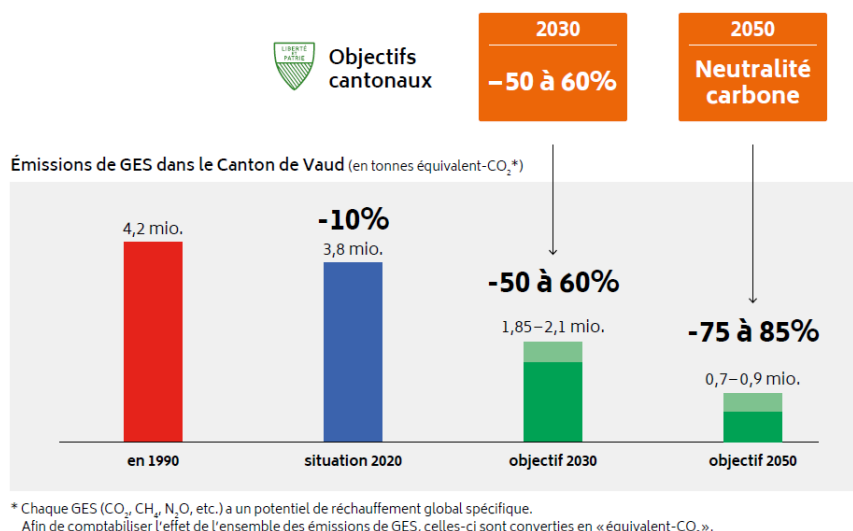


Figure 4 : Objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre [8]

Initiative populaire cantonale "Pour la protection du climat"

Le 18 juin 2023, le peuple vaudois a accepté l'initiative populaire cantonale "Pour la protection du climat". Cette initiative va globalement dans le même sens que la Loi sur le climat, et demande notamment de [64] :

- Inscrire la protection du climat et de la biodiversité comme l'un des buts et principes de l'action de l'Etat (modification de l'art. 6 cst-VD) ;
- Ancrer l'objectif de neutralité carbone sur le territoire vaudois d'ici à 2050 au plus tard, avec l'objectif pour l'Etat et les communes de réduire significativement les impacts climatiques négatifs de leurs politiques publiques, ainsi que l'obligation de se doter de plans d'action et d'objectifs intermédiaires pour 2030 et 2040 (nouvel art. 52b al. 1 et 2 et dispositions transitoires) ;

- Inciter les caisses de pension de droit public à concourir à l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone, en exigeant qu'elles se dotent de stratégies indicatives en matière d'investissements responsables et respectueux du climat (nouvel art. 52b al. 3 et dispositions transitoires) ;
- Introduire l'obligation, pour l'Etat et les communes, de veiller à ce que les personnes morales dans lesquelles ils détiennent des participations élaborent des plans visant à réorienter les flux financiers vers des activités moins émettrices de gaz à effet de serre, avec des objectifs intermédiaires pour 2030 et 2040 (nouvel art. 162 al. 1 bis et dispositions transitoires).

2.1.3 Niveau communal

La Commune n'a pas de loi en tant que tel, qui lui serait propre, concernant l'énergie. Ceci étant, la Commune n'en est pas moins très active dans le développement durable, puisqu'elle est labellisée Cité de l'Energie (depuis 2015). Cette labélisation témoigne de la forte volonté communale de se montrer exemplaire en matière énergétique. Dans le cadre de cette labélisation, la Commune s'est dotée d'un document stratégique appelé Programme de politique climatique (PPC) [66]. Ce document pose le cadre dans lequel est déployé un ensemble de mesures, elles-mêmes référencées dans un Plan d'actions (PA). L'objectif général de ce plan est de réduire l'empreinte environnementale et les émissions de gaz à effets de serre (GES, principalement le CO₂) de l'ensemble du territoire pranginois (objectifs en matière de consommations énergétiques et de valorisation des énergies locales et renouvelables). Les différentes mesures proposées touchent tant les activités de la Commune (infrastructures, bâtiments, personnel) que ses habitants (actions de sensibilisation à la mobilité douce, la nature en ville, allocation de subventions...). Le plan actuellement en vigueur est le Plan d'actions 2019-2023.

2.2 Législation relative à la protection du patrimoine

Au niveau du contexte légal, il convient également de faire une mention particulière relative à la protection du patrimoine, surtout lorsque l'on aborde la question de la pose de panneaux solaires (photovoltaïques ou thermiques). Si en Suisse, ces tâches relèvent en premier lieu de la responsabilité des Cantons, la Confédération est également largement impliquée puisque c'est elle qui met à la disposition des Cantons des bases importantes, et qui les soutient dans l'accomplissement de leur mission, en vertu de l'Ordonnance concernant l'Inventaire fédéral des sites construits à protéger en Suisse (ISOS).

La protection du patrimoine comprend deux classements distincts : un premier classement qui recense des sites à protéger, et un deuxième classement qui recense des objets architecturaux en particulier.

2.2.1 Classement des sites à protéger

En vertu des *Directives concernant l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse ISOS (DISOS)*, les sites construits pour lesquels une attention particulière doit être portée lors de toute transformation, afin de ne pas être dénaturés, doivent être recensés. Lors du recensement, les sites construits sont découpés en parties de site, auxquelles sont attribuées un objectif de sauvegarde [68]. Ces objectifs forment des règles standardisées de conservation et de sauvegarde. Il existe trois niveaux de classement pour les parties de site en périmètres et ensembles construits patrimoine bâti (de « A », note la plus contraignante, à « C », note la moins contraignante), et deux niveaux pour les parties de site en périmètres environnants ou échappées dans l'environnement le patrimoine non bâti (« a » et « b »). Comme on peut le voir sur la Figure 5 ci-après, le centre du village de Prangins est classé « A », et son voisinage immédiat « a » et « b ».

Dans les parties de site avec un objectif de sauvegarde « A », la pose de panneaux solaires est possible, mais en prenant toutes les mesures nécessaires pour garantir leur une bonne intégration des panneaux dans le patrimoine bâti et paysager environnant. Un guide a été élaboré à cet effet, par le Canton, pour accompagner les communes : *Guide opérationnel pour intégration solaire dans un contexte à haute valeur patrimoniale – zone ISOS-A* [26].

Catégorie	Signification
A	L'objectif de sauvegarde «A» préconise la sauvegarde de substance : conservation intégrale de toutes les constructions et composantes du site, de tous les espaces libres; suppression des interventions parasites.
B	L'objectif de sauvegarde «B» préconise la sauvegarde de la structure : conservation de la disposition et de l'aspect des constructions et des espaces libres; sauvegarde intégrale des éléments et des caractéristiques essentiels à la conservation de la structure.
C	L'objectif de sauvegarde «C» préconise la sauvegarde du caractère : conservation de l'équilibre entre les constructions anciennes et nouvelles; sauvegarde intégrale des éléments essentiels à la conservation du caractère.
a	L'objectif de sauvegarde «a» préconise la sauvegarde de l'état existant en tant qu'espace agricole ou espace libre : conservation de la végétation ou des constructions anciennes essentielles pour l'image du site; suppression des altérations.
b	L'objectif de sauvegarde «b» préconise la sauvegarde des caractéristiques essentielles pour les composantes attenantes du site

Tableau 1 : Signification des lettre liées au niveau de classification des sites inscrits à l'ISOS [10]

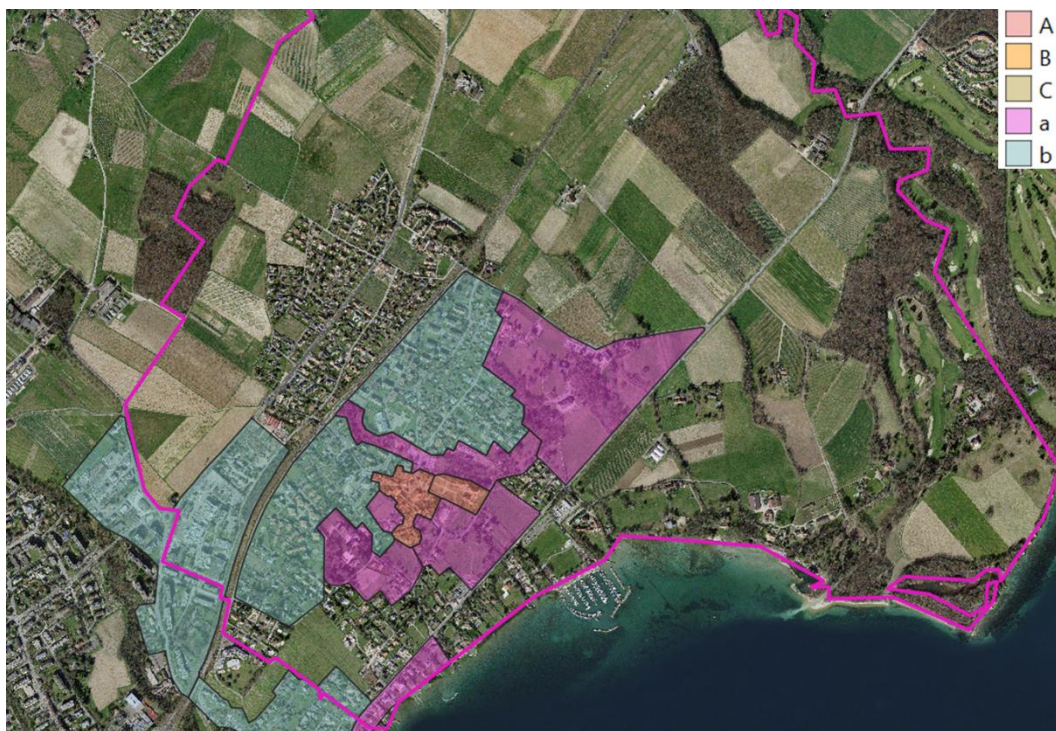


Figure 5 : Sites inscrits à l'Inventaire Fédéral ISOS, recensement de 2012 [11]-[66]

2.2.2 Recensement des objets architecturaux

En vertu de la loi fédérale sur la protection des biens culturels (LPBC), les objets architecturaux (bâtiments, fontaines,...) appartenant au patrimoine culturel doivent être classés en fonction de leur valeur patrimoniale. La Figure 6 et la Figure 7 ci-dessous indiquent les objets recensés dans la commune de Prangins. L'information sur le recensement des bâtiments est importante, notamment pour la pose de panneaux solaires. En effet, si la pose de panneaux solaires sur des objets recensés avec la note 1 ou 2 n'est pas formellement impossible, elle est néanmoins très compliquée. Un exemple typique de monument qui a la note 1 est le Château de Chillon. Si aucune loi ne permet d'interdire formellement la pose de panneaux solaires sur le Château de Chillon, la pertinence de devoir mettre des panneaux exactement à cet endroit devrait être particulièrement bien documentée pour qu'une autorisation puisse être accordée.



Figure 6 : Objets architecturaux recensés dans l'ensemble de la Commune [11]



Figure 7 : Objets architecturaux recensés dans le centre du village [11]

Pour les objets d'intérêt national (note 1) ou régional (note 2), inscrits à l'inventaire au sens des art. 15 à 24 LPrPCI (Loi cantonale sur la protection du patrimoine culturel immobilier, du 30 novembre 2021) ou classés monument historique au sens des art. 25 à 38 LPrPCI, une autorisation spéciale au sens des art 21 et 22 LPrPCI est nécessaire [27]. Pour les bâtiments en note 3, la DGIP-MS (Direction générale des immeubles et du patrimoine, Division Monuments et Sites du canton de Vaud) est concernée uniquement à titre consultatif au sens de l'art. 8d LPrPCI [27]. Dans ces cas-là, la DGIP-MS examine toujours les demandes au cas par cas afin de veiller à ce que les installations ne portent pas atteinte au bâtiment ou au site protégé. La pose de panneaux solaires nécessite une procédure complète avec demande d'autorisation [27].

3 Etat des lieux

Le but de l'état des lieux est d'analyser un certain nombre d'éléments, qui ne sont a priori pas directement en lien avec l'énergie, mais qui peuvent néanmoins avoir une influence sur le CET, notamment sur les scénarios d'approvisionnement. Ces éléments sont :

- la qualité de l'air (section 3.1) ;
- la sensibilité au bruit (section 3.2) ;
- les infrastructures existantes (section 3.3) ;
- les précédentes études énergétiques, s'il y en a (section 3.4) ;
- la présence d'éventuels projets urbanistiques (projets d'aménagement du territoire) (section 3.5).

3.1 Qualité de l'air

La qualité de l'air est importante pour les chaudières à bois. En effet, si l'air est déjà trop pollué (quelles qu'en soient les raisons), le Canton peut restreindre l'installation de chaudières à bois. Le canton de Vaud distingue 2 catégories de zones [12] :

1. Zones à immission excessives
2. Zones se situant à l'extérieur d'une zone à immissions excessives

Presque l'entier du patrimoine bâti de la commune de Prangins se situe à l'intérieur d'une zone à immissions excessives [12]. Ceci signifie, notamment, que le recours au bois pour répondre aux exigences de l'article 28a de la Loi sur l'énergie (couvrir au moins 30% de l'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire) n'est pas autorisé pour les grands bâtiments nécessitant une chaudière de plus de 70 kW. Dans ces zones, une source d'énergie renouvelable complémentaire, autre que le bois, est nécessaire pour couvrir au moins 30 % de l'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire des nouvelles constructions [18]. En revanche, des chaudières d'une puissance inférieure à 70 kW (par exemple des chaudières de 15-20 kW pour des villas individuelles) restent autorisées, pour autant bien entendu qu'elles respectent toutes les normes.

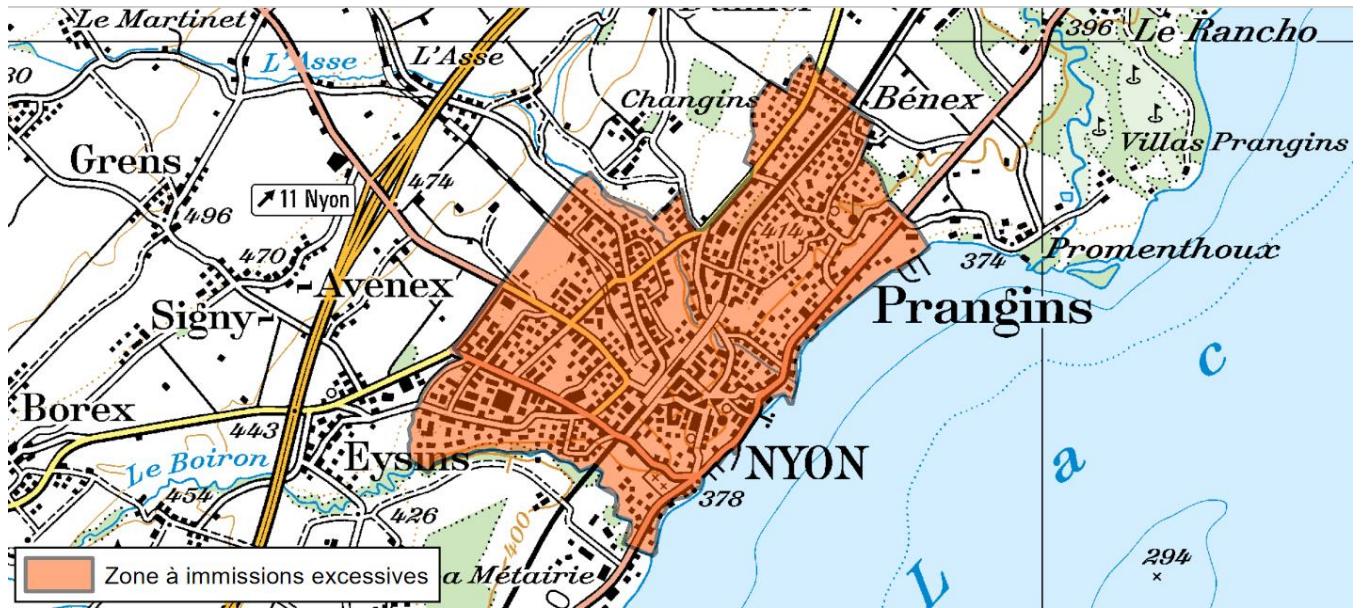


Figure 8 : Zones à immissions excessives [12]

3.2 Sensibilité au bruit

La sensibilité au bruit est un paramètre important pour certains types de technologie. En effet, dans les zones très sensibles au bruit (typiquement les zones résidentielles ou les zones dans lesquelles se trouvent des hôpitaux), certaines technologies doivent être munies d'un caisson d'insonorisation pour éviter de déranger le voisinage (comme par exemple les grosses pompes à chaleur air/eau d'une puissance supérieure à 50-70 kW environ). La figure et le tableau ci-après indiquent les différentes zones définies pour la commune de Prangins, ainsi que les exigences y relatives.

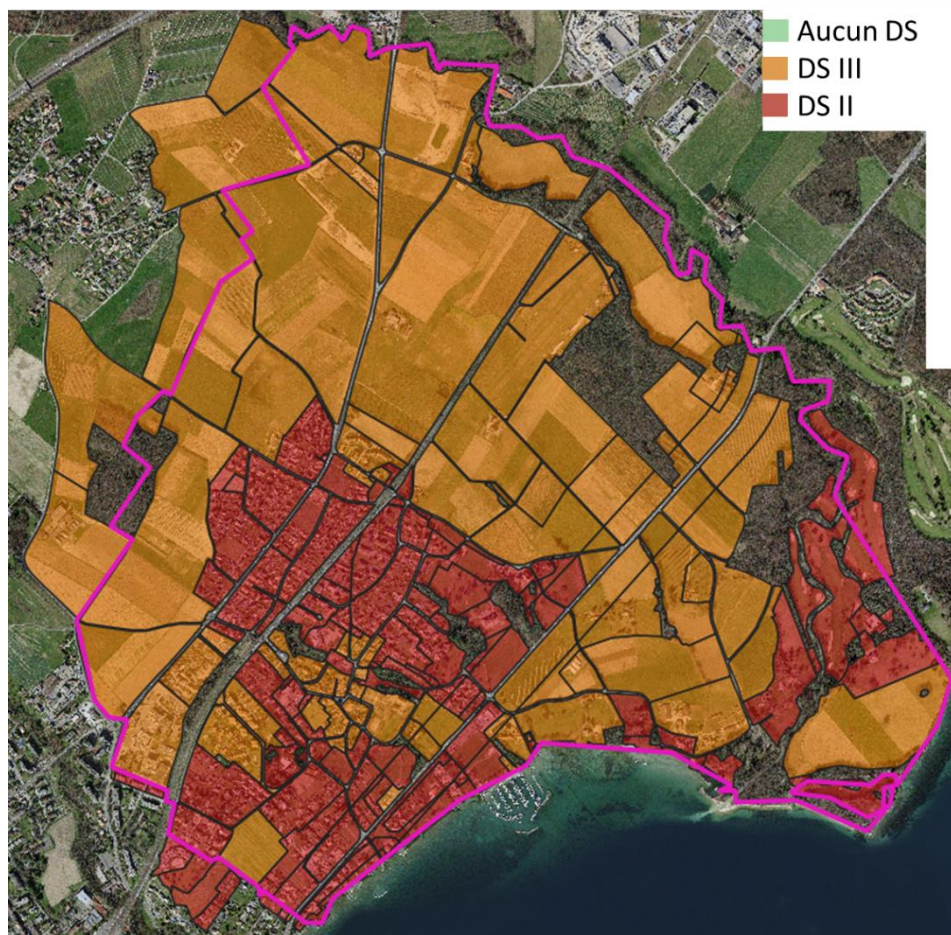


Figure 9 : Zones de sensibilité au bruit [51]

Degré de sensibilité (art. 43)	Valeur de planification Lr en dB (A)		Valeur limite d'immission Lr en dB (A)		Valeur d'alarme Lr en dB (A)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Tableau 2 : Valeurs limites d'exposition en fonction de degré de sensibilité au bruit de la zone [50]

Comme on peut le voir, les parties construites de la Commune se situent essentiellement en zones II (zones résidentielles) et III (centre du village et bord de lac).

3.3 Infrastructures énergétiques existantes

3.3.1 Réseau d'eaux usées

Le réseau d'eaux usées est indiqué dans la figure ci-dessous. Le collecteur le plus grand mesure 400 mm et est dimensionné pour l'horizon 2030 et au-delà [42]. Il est donc largement plus grand que ce qui serait strictement nécessaire à l'heure actuelle et ne va a priori pas être agrandi. Ceci étant, avec 400 mm pour le plus grand collecteur, la dimension minimale recommandée pour installer un échangeur de chaleur, qui permettrait de récupérer et valoriser la chaleur, n'est pas atteinte (dimension minimale : 800 mm [43]).

D'autre part, si à l'heure actuelle, les eaux usées de la commune de Prangins sont traitées à Prangins, à l'horizon 2025 elles seront traitées à la STEP de Nyon (la STEP de Prangins étant vétuste), et tout projet de valorisation serait dès lors traité par Nyon. Ceci dit, il n'y a aucun projet de valorisation de la chaleur en sortie de STEP à l'heure actuelle. Si rien, au niveau technique, ne s'oppose a priori à une valorisation en amont des rejets, la commune de Nyon précise simplement que « nous travaillons actuellement sur le projet de rénovation comprenant l'ajout d'un nouveau traitement de l'azote ainsi que le traitement des micropolluants. Afin d'obtenir un bon fonctionnement du traitement de l'azote, la température des eaux usées ne doit pas être inférieure à 5°C et le traitement est moins efficace en dessous de 10°C. » [28]. Il faudrait donc veiller à ne pas diminuer la température en-dessous de ces valeurs, ce qui rend une valorisation thermique potentiellement non rentable.

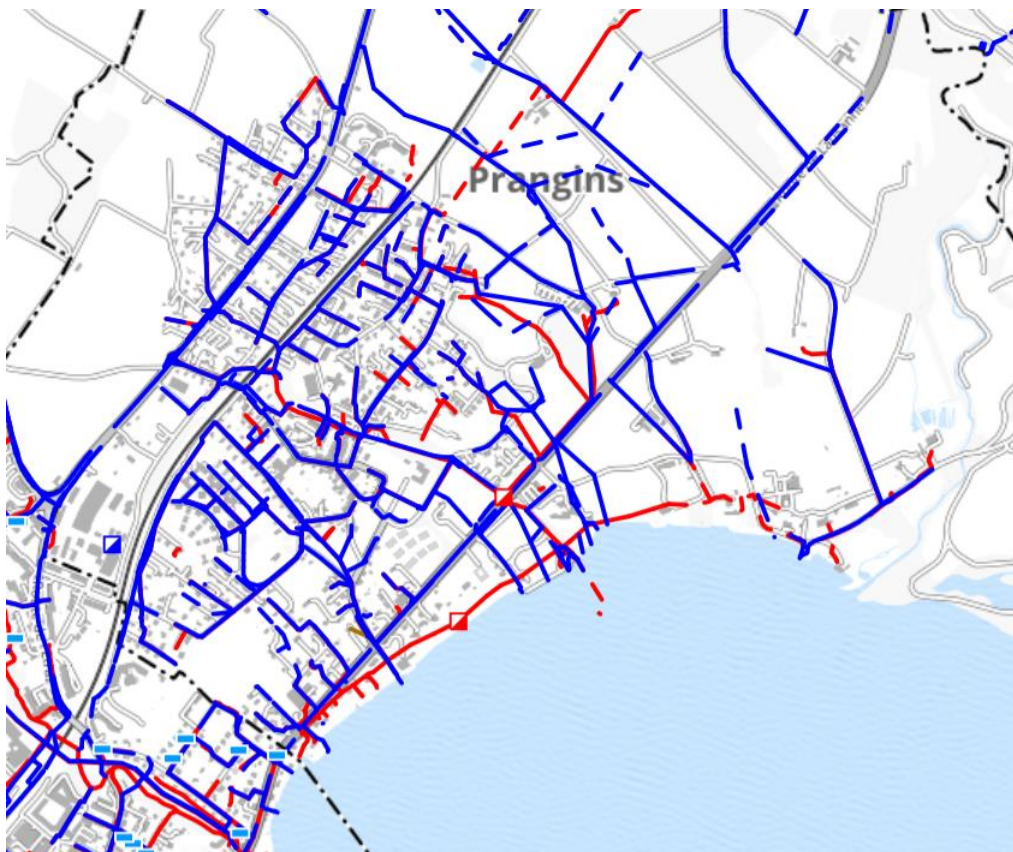


Figure 10 : Réseau des collecteurs d'eau de la Commune (bleu : eaux claires, rouge : eaux usées) [44]

3.3.2 Réseau de gaz

Le réseau de gaz est présent sur l'ensemble de la Commune, comme en témoigne la figure ci-dessous [19].

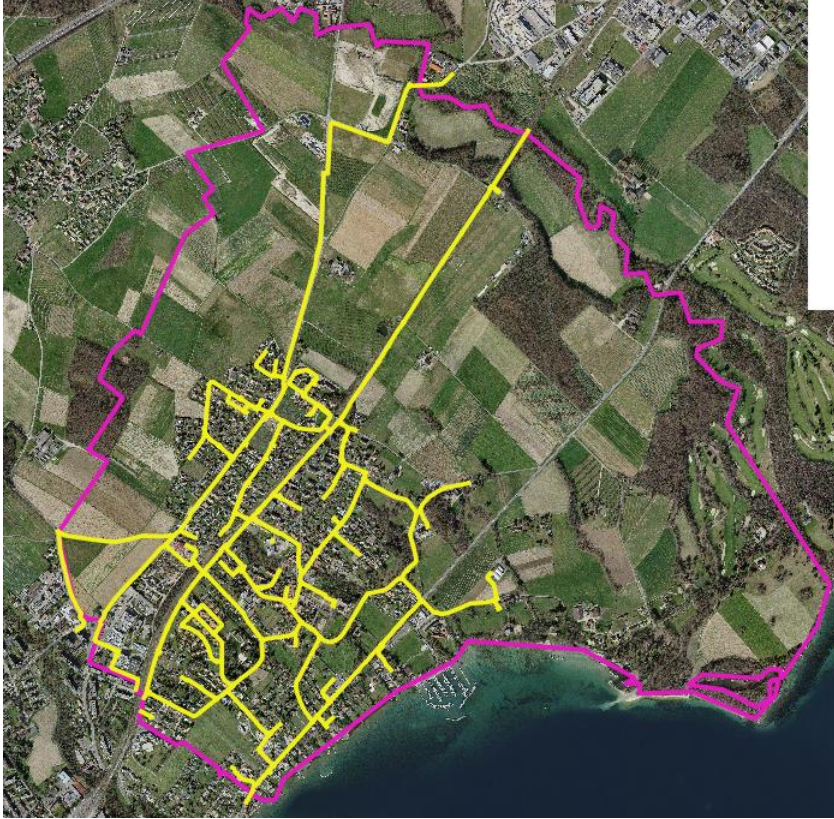


Figure 11 : Réseau de gaz (tracé jaune) [19]

3.3.3 Réseaux thermiques

Un certain nombre de réseaux de petite taille existent sur la Commune. Comme expliqué dans le rapport *Bases pour une planification énergétique communale de 2015* [15], il s'agit cependant de réseaux privés, pour lesquels aucune information n'est disponible, et qui ne constituent pas des infrastructures énergétiques importantes. A priori, il doit s'agir de quelques bâtiments partageant une chaufferie commune. Ces chauffages à distance ne seront pas analysés plus en détail dans la suite de ce rapport.

3.4 Etudes énergétiques déjà réalisées

En ce qui concerne les études énergétiques déjà réalisées, il convient de citer les deux études suivantes :

1. Une étude de 2015, intitulée, *Commune de Prangins - Bases pour une planification énergétique communale de 2015* [15]. Cette étude était consacrée avant tout à un état des lieux énergétique, et ne comprenait qu'une brève analyse qualitative (et non quantitative) des ressources énergétiques.

2. Une étude en trois volets, rédigée entre 2013 et 2014, intitulée *Régionyon – analyse des filières énergétiques renouvelables dans le district de Nyon* [17]. Cette deuxième étude avait pour but de faire un état des lieux énergétique du district dans son ensemble, et d’analyser dans quelle mesure et avec quels moyens les communes du district pouvaient collaborer entre elles, pour faciliter le déploiement des énergies renouvelables dans le district. En revanche, cette étude n’indiquait pas de piste à privilégier en matière de scénarios d’approvisionnement. Il s’agissait essentiellement d’une étude permettant de mettre en évidence des potentielles interactions entre les communes.

Précisons que ces deux études ont été réalisées avant l’acceptation par le peuple, en 2017, de la Stratégie Énergétique 2050.

3.5 Nouvelles mesures d’urbanisation planifiées

Cinq périmètres compacts d’agglomération accueilleront à l’horizon 2030-2040, dans canton de Vaud, la plus grande partie des projets de développement d’habitations, et donc de la croissance démographique qu’ils impliquent. Prangins faisant partie du périmètre compact d’agglomération « Grand Genève », la Commune participe à ce développement urbanistique [66]. Deux mesures d’urbanisation (développement d’habitations) sont planifiées à l’horizon 2030-2040 sur le territoire pranginois : un premier projet le long de la route de Lausanne sur les parcelles n° 1577 et 417, et un second projet le long de la route de l’Etraz sur les parcelles n° 556 et 559. Ces nouvelles habitations auront une surface de référence énergétique (SRE) maximale que l’on peut estimer à 21'000 m². Les emplacements de ces deux mesures d’urbanisation planifiées sur le territoire communal, ainsi que les SRE, sont présentés dans la Figure 12 et le Tableau 3 [22]-[66].



Figure 12 : Parcelles sur lesquelles des mesures d’urbanisation sont envisagées

Parcelles	Constructions/Aménagement prévu(s)	SRE max construite
556 et 559	Petits immeubles de logements	14'770 m ²
417 et 1577	Logements et activités non commerciales	5'590 m ²
TOTAL		20'360 m²

Tableau 3 : Types d'aménagement prévus sur les parcelles constructibles et SRE

4 Evaluation des besoins énergétiques annuels actuels

4.1 Introduction

L'évaluation des besoins énergétiques annuels est faite sur la base de plusieurs sources d'informations, sources qu'il convient d'essayer de croiser afin d'avoir une image la plus proche possible du paysage énergétique. Ces sources sont :

1. La base de données du Registre Cantonal des Bâtiments (RCB) [20], qui fournit notamment des informations sur l'affectation des bâtiments, les surfaces de références énergétiques des bâtiments (SRE), les besoins de chaleur, ou encore l'agent énergétique (mazout, gaz, etc.).
2. Les consommations indiquées par les Services Industriels de Nyon (gaz) et la SEIC/Gland (électricité). Pour le mazout, ce dernier étant livré par des fournisseurs propres à chaque consommateur, il n'est malheureusement pas possible d'obtenir d'informations.
3. Les valeurs indiquées par Haleon (le seul gros consommateur présent sur la Commune).
4. Les valeurs tirées de la littérature (statistiques cantonales et fédérales, normes SIA).
5. Les estimations faites sur la base de l'expérience du bureau focus-E.

L'évaluation des besoins énergétiques concerne les besoins liés au chauffage des bâtiments, à la production d'eau chaude sanitaire (ECS), aux besoins de rafraîchissement, et enfin à la consommation électrique. Les besoins en énergie liés à la mobilité ne font pas partie du CET, comme indiqué dans le *Guide pour une planification énergétique territoriale* du canton de Vaud [2].

Afin de pouvoir évaluer les besoins, la Commune a été divisée en plusieurs secteurs. Ceci permet d'analyser les informations avec une granularité plus précise que si on avait considéré la Commune comme un seul grand périmètre. La définition des secteurs n'est pas une science exacte. Plusieurs critères sont utilisés, tels que par exemple (liste non exhaustive) :

- L'homogénéité des affectations,
- L'âge moyen des bâtiments,
- La taille des secteurs (éviter d'avoir des secteurs de taille trop hétérogène),
- La topologie (dénivelé notamment),
- Le cheminement des routes et des voies de chemin de fer (s'il y en a).

Les secteurs sont indiqués dans la Figure 13 ci-après. On notera dans cette figure, qu'un certain nombre de bâtiments n'appartiennent à aucun secteur. Il s'agit de bâtiments isolés et du château.



Figure 13 : Secteurs définis dans le cadre de la présente étude (trait magenta : frontière de la Commune)

Enfin, afin de pouvoir déterminer les besoins de la manière la plus fiable possible, il est nécessaire de connaître la surface de référence énergétique (SRE) totale, d'une part, de la Commune dans son ensemble, et, d'autre part, par secteurs. En effet, de nombreuses valeurs, notamment statistiques, sont données par m² de SRE. La SRE est donnée, pour chaque bâtiment, dans le registre cantonal des bâtiments [20]. Le total pour la commune de Prangins se monte à 352'768 m². La SRE par secteurs et par types d'affectation est indiquée dans le tableau ci-après.

Remarque : Dans le cadre du présent rapport, on se réfère aux affectations telles que données dans les normes SIA, à savoir : habitat collectif (I), habitat individuel (II), administration (III), écoles (IV), commerce (V), restauration (VI), lieux de rassemblement (VII, exemples : théâtres, salles de concert, cinémas, églises, salles des fêtes, halles sportives avec tribunes ou encore salles funéraires), hôpitaux (VIII), industrie (IX), dépôts (X), installations sportives (XI), piscine couvertes (XII).

Secteur	Logement collectif [m ²]	Logement individuel [m ²]	Administration [m ²]	Ecole [m ²]	Commerce [m ²]	Lieu rassemblement [m ²]	Hôpital [m ²]	Artisanat [m ²]	Dépôts [m ²]	Installation sportive [m ²]	Autres [m ²]	SRE TOTAL [m ²]
Secteur 01	22 520	5 562	1 872	4 822	175	674	0	0	0	1 207	0	36 831
Secteur 02	21 385	26 854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48 239
Secteur 03	7 234	15 842	0	0	1 619	0	0	0	0	0	525	25 220
Secteur 04	1 695	10 121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 816
Secteur 05	11 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 599
Secteur 06	164	3 869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 033
Secteur 07	17 301	18 868	0	0	0	0	1 027	0	384	0	697	37 893
Secteur 08	41 720	952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42 672
Secteur 09	15 382	21 756	0	0	0	0	0	0	56	0	696	37 833
Secteur 10	4 010	25 349	0	0	0	0	0	0	59	0	59	29 419
Secteur 11	0	869	920	0	0	0	0	20 693	0	0	0	22 482
Secteur 12	3 065	1 026	736	0	0	0	0	192	0	0	258	5 277
Bâtiments isolés et autres	18 308	9 695	0	0	252	0	6 132	66	4 837	0	5 001	39 455
TOTAL	164 383	140 763	3 528	4 822	2 046	674	7 159	20 951	5 335	1 207	7 235	352 768

Tableau 4 : Surface de Référence Energétique (SRE) par secteurs et par affectations [20]

Le graphique ci-dessous indique la part de chaque affectation dans la SRE totale de la Commune. Avec 46% de la SRE pour le logement collectif et 39% pour le logement individuel (soit un total de 85%), le logement est clairement prédominant, suivi de l'artisanat (et industrie, dont Haleon) avec 6%.

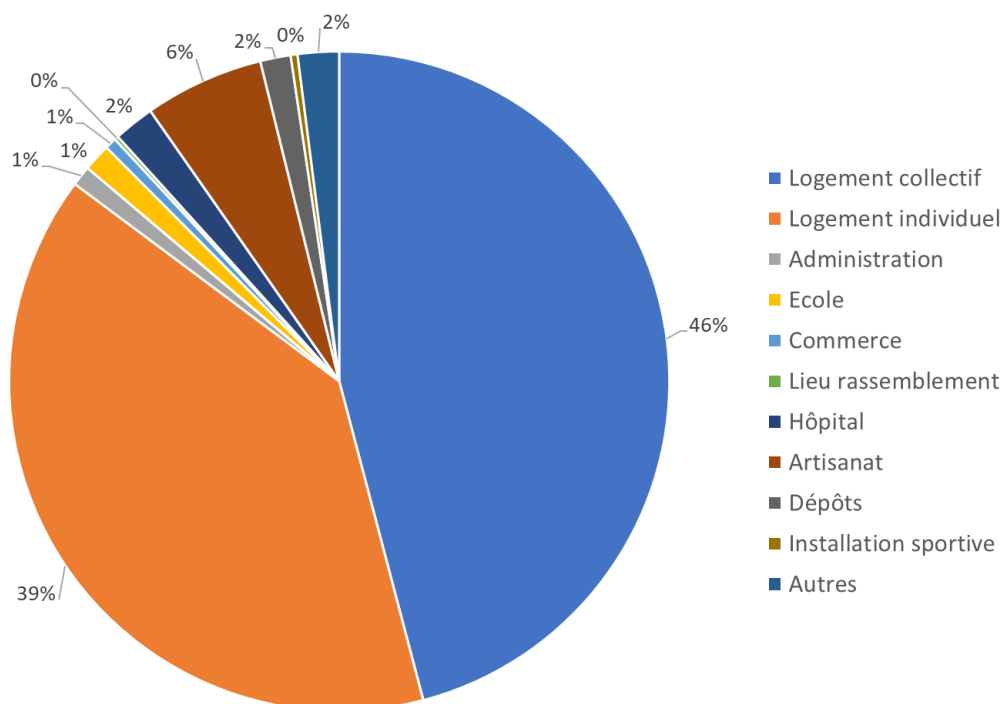


Figure 14 : Répartition de la SRE totale par type d'affectations, pour l'ensemble de la Commune

4.2 Evaluation des besoins annuels de chaleur

4.2.1 Besoins de chaleur en énergie

L'évaluation des besoins annuels de chaleur comprend les besoins liés au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (ECS). En revanche, les besoins liés à des processus industriels ne font partie intégrante d'un CET que dans le cas où il y aurait une possibilité de valorisation d'éventuels rejets thermiques. Par exemple, si une entreprise a des besoins importants de vapeurs, et qu'après utilisation de cette vapeur, elle la relâche sous forme d'eau à 80°C, cette eau chaude pourrait encore servir à chauffer un ou plusieurs bâtiment(s) voisin(s). Les besoins de chaleur ont été estimés en s'aidant des références suivantes :

1. base de données RCB du Canton [20] ;
2. valeurs de consommations indiquées par le fournisseur de gaz (SI Nyon) ;
3. valeurs indiquées par Haleon.

La base de données RCB renseigne sur les besoins de chaleur utiles³, en kWh/m²_{SRE}/an, pour le chauffage et l'ECS séparément, alors que les valeurs indiquées par les SI Nyon renseignent sur la

³ La chaleur utile, et plus généralement l'énergie utile, est celle qui est mise directement à la disposition du consommateur. Dans un bâtiment, le consommateur reçoit de l'énergie utile sous forme de chaleur ambiante (chaleur utile transmise par le corps de chauffe pour chauffer une pièce), de lumière, d'eau chaude sanitaire, d'ondes sonores (la musique) ou de travail mécanique (par exemple un mixer). La

quantité de gaz consommée annuellement pour l'ensemble du chauffage et de l'ECS. La principale différence entre les deux bases de données est que les valeurs du RCB sont des valeurs qui ont été, dans l'immense majorité des cas, des valeurs calculées (sur la base de l'année de construction du bâtiment, de statistiques, et de normes) et non des valeurs mesurées (donc réelles). En plus, le RCB indique des valeurs liées à l'énergie utile et non finale. A l'inverse, les valeurs indiquées par les SI Nyon sont des valeurs de consommation réelles, donc qui correspondent à la réalité du terrain. En revanche, elles comprennent aussi bien les besoins de gaz pour le chauffage que pour l'ECS. En outre, ces valeurs réelles correspondent aux besoins de gaz finaux, ou chaleur finale, et non aux besoins utiles, comme les valeurs du RCB.

Il y a donc des différences entre les deux sources de données, d'une part en raison de la différence entre valeurs calculées et valeurs mesurées, et d'autre part en raison du rendement de la chaudière à gaz des différents bâtiments (différence entre chaleur utile et chaleur finale).

Afin de déterminer la chaleur utile réelle, ou du moins, la chaleur utile la plus proche possible de la réalité, pour chacun des bâtiments, on a procédé de la manière suivante :

1. Addition de la chaleur utile totale (c'est-à-dire chauffage et ECS), indiquée par le RCB, pour l'ensemble des bâtiments de la Commune qui sont chauffés au gaz ;
2. Comparaison de la chaleur obtenue au point 1 ci-dessus, avec la quantité de gaz mesurée par les SI Nyon, en tenant compte d'un rendement de chaudière moyen ;
3. Définition d'un facteur de conversion défini sur la base de la comparaison faite au point 2 ci-dessus (cf. encadré ci-dessous).

Les hypothèses suivantes ont en outre été utilisées :

1. Le rendement de chaudière moyen pour l'ensemble des chaudières à gaz de la Commune est de 85%.
2. Les bâtiments chauffés au gaz produisent également l'ECS avec la chaudière à gaz⁴.

Calcul du facteur de conversion :

Besoins <u>utiles</u> totaux (chauffage et ECS) de l'ensemble des bâtiments chauffés au gaz, selon le RCB :	12'600 MWh/an
Besoins <u>finaux</u> totaux (chauffage et ECS) de l'ensemble des bâtiments chauffés au gaz, selon le RCB, en considérant un rendement de 85% :	14'824 MWh/an
Consommation annuelle moyenne de gaz entre 2018 et 2021, selon SI Nyon :	17'072 MWh/an
Facteur de conversion résultant :	$\frac{17'072}{14'824} = 1,15$

Les besoins de chaleur utile, pour le chauffage et l'ECS, peuvent à présent être calculés pour chaque bâtiment, ainsi que pour la Commune dans son ensemble, à l'aide des hypothèses ci-dessous :

1. Le même facteur de conversion est appliqué pour l'ensemble des bâtiments, quelles que soient l'affectation et l'année de construction du bâtiment, ou encore la technologie utilisée pour

chaleur finale, et plus généralement l'énergie finale, correspond à l'énergie fournie par les services industriels pour faire fonctionner la technologie qui produit la chaleur (le mazout, le gaz, l'électricité pour une pompe à chaleur, etc.) [21].

⁴ Cette hypothèse est sans doute la plus problématique, étant donné que certains bâtiments ont sans doute installé des panneaux solaires thermiques sur leur toiture. Ceci étant, il n'est pas possible d'être plus précis à ce stade.

produire la chaleur (chaudière à gaz ou à mazout, pompe à chaleur, etc.), pour passer de la chaleur utile selon le RCB, à une chaleur utile plus proche de la réalité.

2. Le facteur de conversion s'applique de la même manière sur le chauffage et l'ECS. En d'autres termes, c'est le même facteur de 1,15 pour les deux besoins. Cette hypothèse peut être considérée comme grossière, mais le niveau de détail des informations à disposition ne permet pas d'être plus précis.

Le Tableau 5 ci-après indique les besoins en chaleur utile pour le chauffage, pour chacun des secteurs, et le Tableau 6 indique les besoins en chaleur utile pour l'ECS. La Figure 15 et la Figure 16 indiquent la répartition des besoins, en pourcent par secteur, pour le chauffage et l'ECS.

Secteur	Logement collectif [MWh/an]	Logement individuel [MWh/an]	Administration [MWh/an]	Ecole [MWh/an]	Commerce [MWh/an]	Lieu de rassemblement [MWh/an]	Hôpital [MWh/an]	Artisanat [MWh/an]	Installation sportive [MWh/an]	Autres [MWh/an]	Chauffage utile TOTAL [MWh/an]
Secteur 01	2 234	657	241	376	17	96	0	0	86	0	3 708
Secteur 02	1 828	2 644	0	0	0	0	0	0	0	0	4 471
Secteur 03	768	1 625	0	0	177	0	0	0	0	31	2 601
Secteur 04	205	1 086	0	0	0	0	0	0	0	0	1 291
Secteur 05	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	348
Secteur 06	18	368	0	0	0	0	0	0	0	0	386
Secteur 07	1 861	1 765	0	0	0	0	128	0	0	37	3 790
Secteur 08	3 709	80	0	0	0	0	0	0	0	0	3 788
Secteur 09	1 668	2 022	0	0	0	0	0	0	0	71	3 761
Secteur 10	374	2 339	0	0	0	0	0	0	0	5	2 718
Secteur 11	0	81	83	0	0	0	0	6 470	0	0	6 634
Secteur 12	312	133	59	0	0	0	0	18	0	33	555
Bâtiments isolés et autres	1 363	1 121	0	0	26	0	533	6	0	443	3 492
TOTAL	14 686	13 919	384	376	220	96	660	6 493	86	620	37 541

Tableau 5 : Besoins de chauffage (en chaleur utile) par secteur et pour l'ensemble de la Commune (hors chaleur process pour Haleon, mais avec chauffage)

Secteur	Logement collectif [MWh/an]	Logement individuel [MWh/an]	Administration [MWh/an]	Ecole [MWh/an]	Commerce [MWh/an]	Lieu de rassemblement [MWh/an]	Hôpital [MWh/an]	Artisanat [MWh/an]	Installation sportive [MWh/an]	Autres [MWh/an]	ECS utile TOTAL [MWh/an]
Secteur 01	541	90	15	39	1	11	0	0	115	0	812
Secteur 02	517	433	0	0	0	0	0	0	0	0	950
Secteur 03	173	255	0	0	18	0	0	0	0	3	449
Secteur 04	41	163	0	0	0	0	0	0	0	0	204
Secteur 05	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220
Secteur 06	4	62	0	0	0	0	0	0	0	0	66
Secteur 07	411	303	0	0	0	0	27	0	0	1	742
Secteur 08	1 009	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1 024
Secteur 09	370	350	0	0	0	0	0	0	0	7	727
Secteur 10	97	409	0	0	0	0	0	0	0	0	506
Secteur 11	0	13	8	0	0	0	0	10	0	0	31
Secteur 12	74	17	6	0	0	0	0	2	0	33	131
Bâtiments isolés et autres	434	156	0	0	3	0	174	1	0	8	775
TOTAL	3 892	2 266	29	39	22	11	201	13	115	51	6 638

Tableau 6 : Besoins d'ECS (en chaleur utile) par secteur et pour l'ensemble de la Commune (inclus ECS pour Haleon)

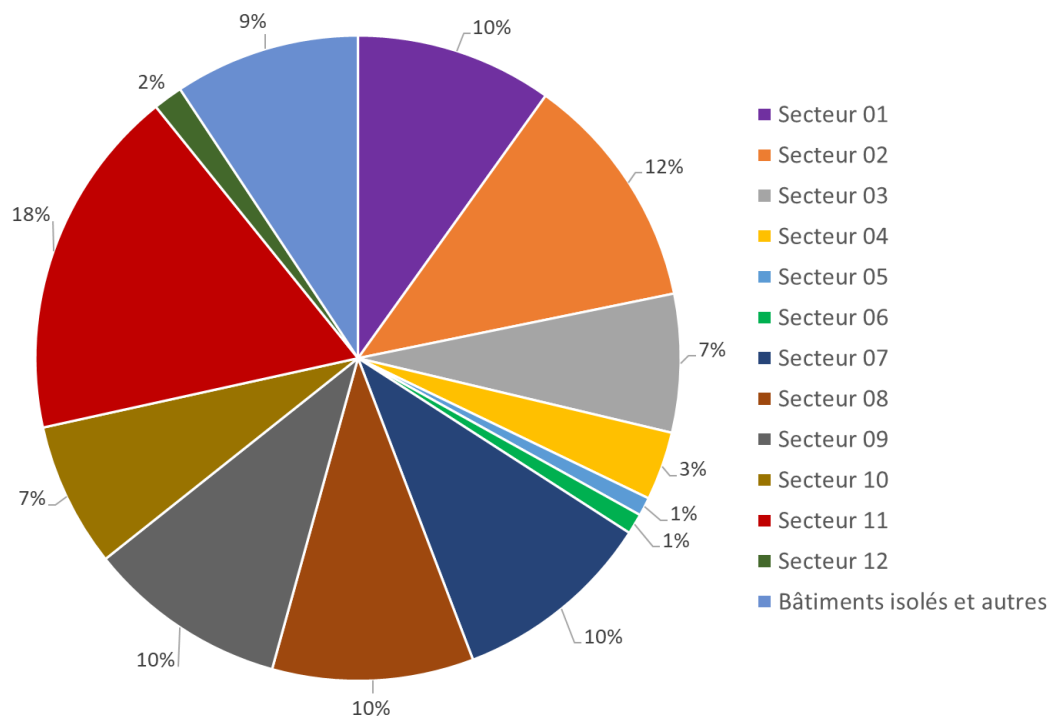


Figure 15 : Répartition des besoins de chauffage (en chaleur utile) totaux par secteur

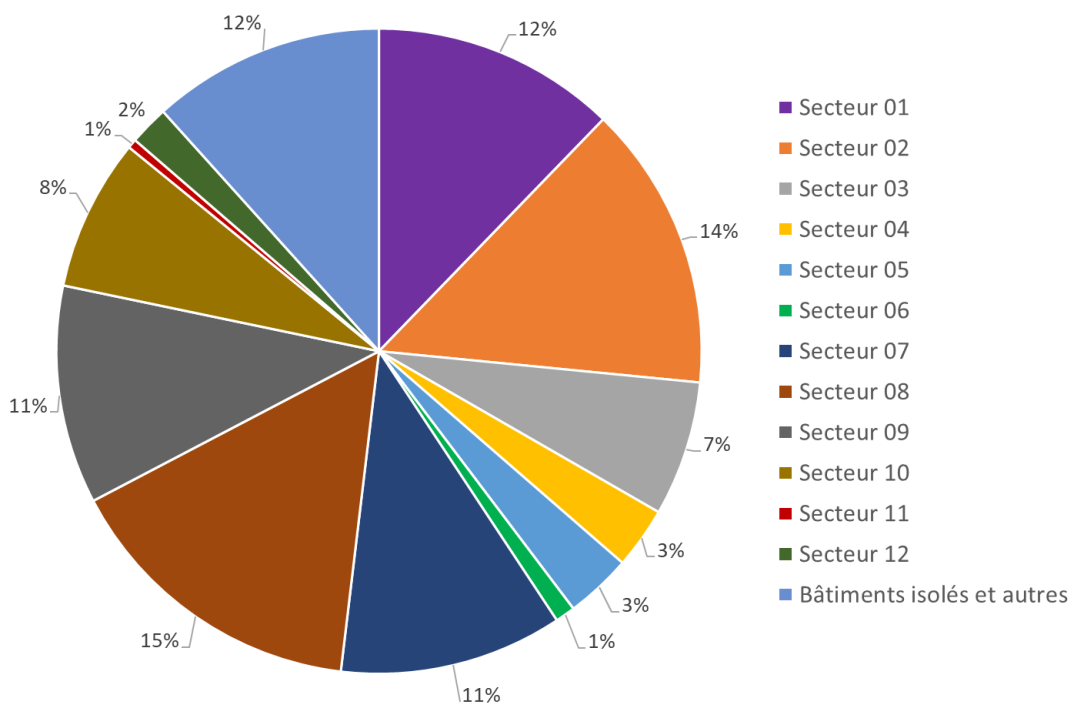


Figure 16 : Répartition des besoins d'ECS totaux par secteur

Enfin, le Tableau 7 et la Figure 17 ci-dessous indiquent les différents agents énergétiques utilisés pour satisfaire les besoins de chaleur. La proportion des différents agents énergétiques est calculée à partir de la base de données RCB. Comme on peut le constater, avec 32% des besoins totaux de la Commune satisfaits à l'aide de mazout, et 47% à l'aide de gaz, les combustibles fossiles dominent largement. Les pompes à chaleur (PAC, soit air et électricité) viennent loin derrière, avec 9%, quant aux autres énergies renouvelables (bois et solaire thermique), elles sont négligeables. Si quelques secteurs se distinguent clairement des autres, comme le secteur 05 (quartier d'habitation de L'Orangerie) pour lequel il n'y a que des PAC, le secteur 11 (secteur comprenant Haleon) qui consomme presque exclusivement du gaz, et le secteur 12 (Les Abériaux) qui ne consomme pas de gaz du tout, pour la majorité des autres secteurs, on constate un mix de ressources, avec des proportions qui varient plus ou moins entre les ressources mais avec une majorité d'énergies fossiles (mazout et gaz).

Agent énergétique	Pourcent
Mazout	32%
Gaz	47%
Electricité (direct)	8%
Electricité+Air (PAC)	9%
Bois	1%
Solaire thermique	1%
Indéterminé	1%
TOTAL	100%

Tableau 7 : Agents énergétiques servant à satisfaire les besoins en chaleur, pour l'ensemble de la Commune [20]

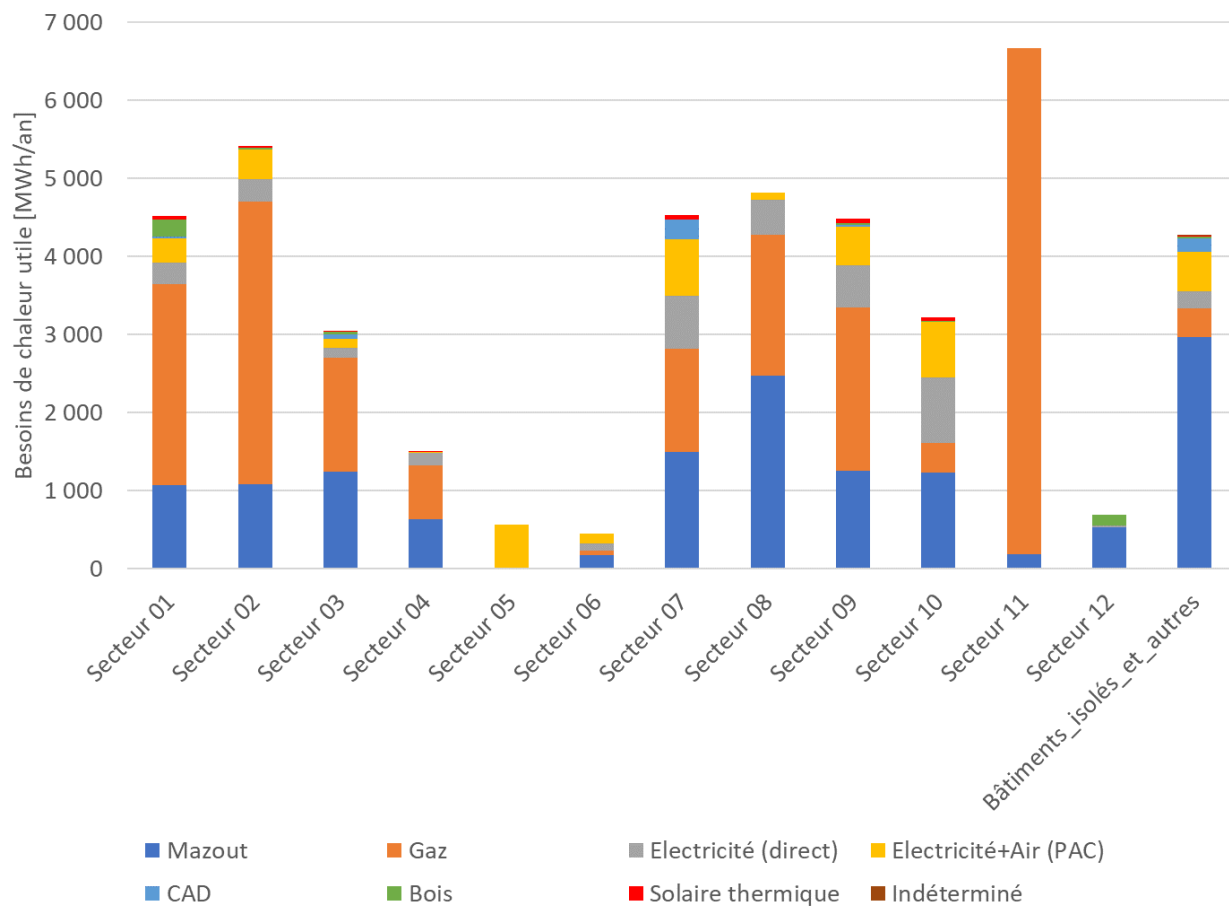


Figure 17 : Agents énergétiques utilisés pour satisfaire les besoins de chaleur

4.2.2 Besoins de chaleur en puissance

En termes de puissances, les données sont particulièrement lacunaires. En effet, non seulement cette information n'est disponible que pour une petite minorité de bâtiments dans le RCB, mais en plus, même pour cette minorité, les données n'ont pas pu être consolidées et ont été estimées avec des hypothèses très générales [23] (ces données seront du reste supprimées de la prochaine version de la base de données, précisément à cause de leur manque de fiabilité⁵ [23]).

Pour estimer les puissances de la production de chaleur dans les bâtiments, il faut donc recourir à des retours sur expérience et/ou des valeurs statistiques. Deux méthodes différentes ont été utilisées dans le cadre de la présente étude :

1. Selon plusieurs sources d'informations (par exemple, le guide *QM Chauffage au bois* [30]), l'expérience montre qu'on peut estimer la puissance requise, en première approximation et pour des bâtiments existants, en divisant les besoins en énergie pour le chauffage (soit les besoins du Tableau 5 : 37'541 MWh/an) par 2'000 heures équivalent d'utilisation à pleine charge pour des habitations, ou environ 1'200 heures pour des locaux administratifs. Etant donné l'immense majorité de SRE destinée à de l'habitation, on se limitera ici à considérer une valeur de 2'000 heures équivalent d'utilisation à pleine charge, sans aller plus en détails.
2. En fonction de l'époque de construction, la puissance de dimensionnement en W/m² a évolué, comme indiqué dans le Tableau 8 ci-dessous [24]-[25]. La puissance peut donc être estimée en considérant l'année de construction des bâtiments (cf. Figure 18 et Figure 19), ou alors l'année de rénovation énergétique, si une rénovation a été faite.

Description de l'ouvrage	Epoque approximative de construction	Puissance spécifique
Immeuble locatif à isolation thermique traditionnelle	~ 1980	50-70 W/m ²
Immeuble locatif existant, à bonne isolation thermique	~ 2000	40-50 W/m ²
Immeuble locatif nouvellement construit, conforme aux prescriptions des années 2000	~ 2005	30-40 W/m ²
Bâtiment administratif traditionnel	~ 1990	60-80 W/m ²

Tableau 8 : Puissance spécifique pour les technologies de production de chaleur, en fonction de l'époque de construction [24]-[25]

Selon la première méthode ci-dessus (règle « des 2'000 heures »), et avec les besoins de chauffage estimés dans la section 4.2.1, on obtiendrait, en première approximation, une puissance globale de 18'770 kW, soit une moyenne de 53 W/m² (considérant une SRE de 352'768 m², Tableau 4). Cette moyenne est cependant un peu basse, vu l'âge des bâtiments. A titre de comparaison, une telle valeur correspond à un immeuble locatif bien isolé des années 1990 environ [24].

Selon la deuxième méthode ci-dessus (règle de « l'époque de construction »), en considérant les puissances indiquées dans le Tableau 8 ci-dessus, ainsi que les époques de construction indiquées dans la Figure 18 (nombre de bâtiments par époque) ou la Figure 19 (SRE construite par époque) ci-dessous

⁵ Une nouvelle couche RCB est en cours de développement au sein de la DIREN. Ainsi, la couche qui peut être actuellement obtenue sur le portail Geoplanet, et qui est la couche qui comprend les puissances dont il est question ici, devrait prochainement être retirée et remplacée par une nouvelle couche.

(N.B. : En cas de rénovation énergétique, c'est l'année de rénovation qui est considérée pour évaluer la puissance, et non plus l'année de construction), on obtient une puissance totale de 18'880 kW (cf. Tableau 9), soit une puissance spécifique moyenne de 54 W/m² également.

Etant donné que les deux puissances estimées sont très proches (53 W/m² et 54 W/m²), et qu'à ce stade il n'est pas possible d'être plus précis (sans procéder à des audits des bâtiments), on s'en tiendra aux valeurs de 18'880 kW et 54 W/m² dans la suite du rapport.

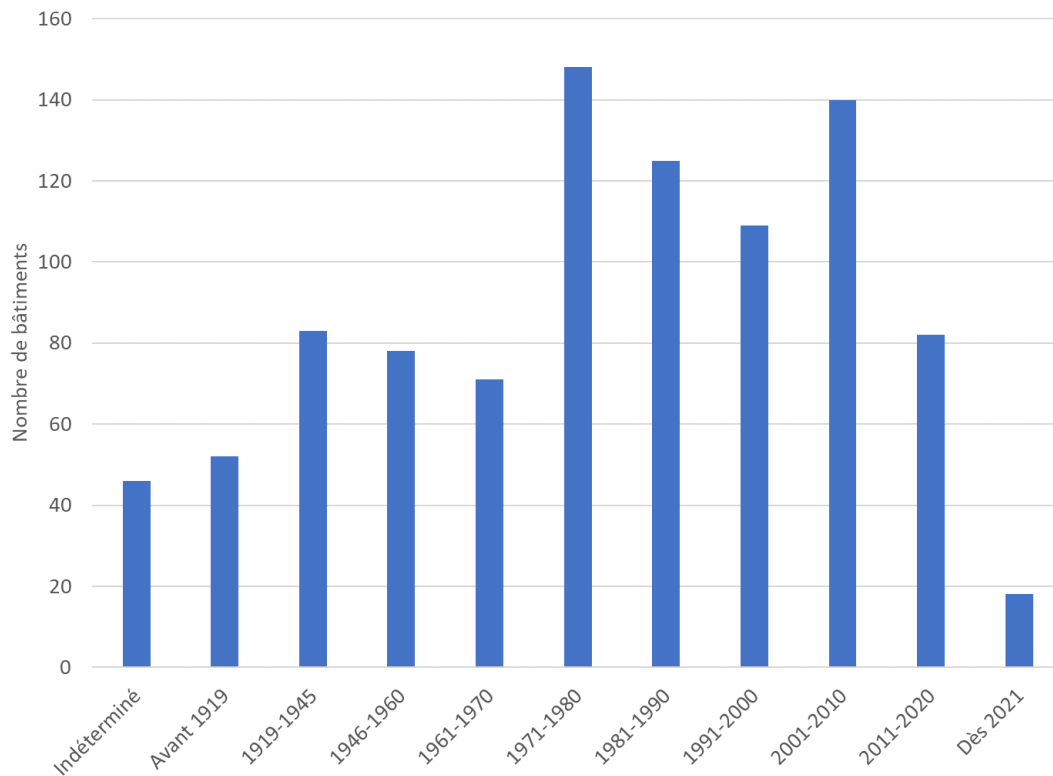


Figure 18 : Nombre de bâtiments, rapportés à l'époque de construction (attention, les écarts d'années ne sont pas les mêmes avant 1960 et après : avant 1960 les barres représentent des intervalles de plus de 10 ans, alors qu'à partir de 1960 chaque barre représente un intervalle de 10 ans) [20]

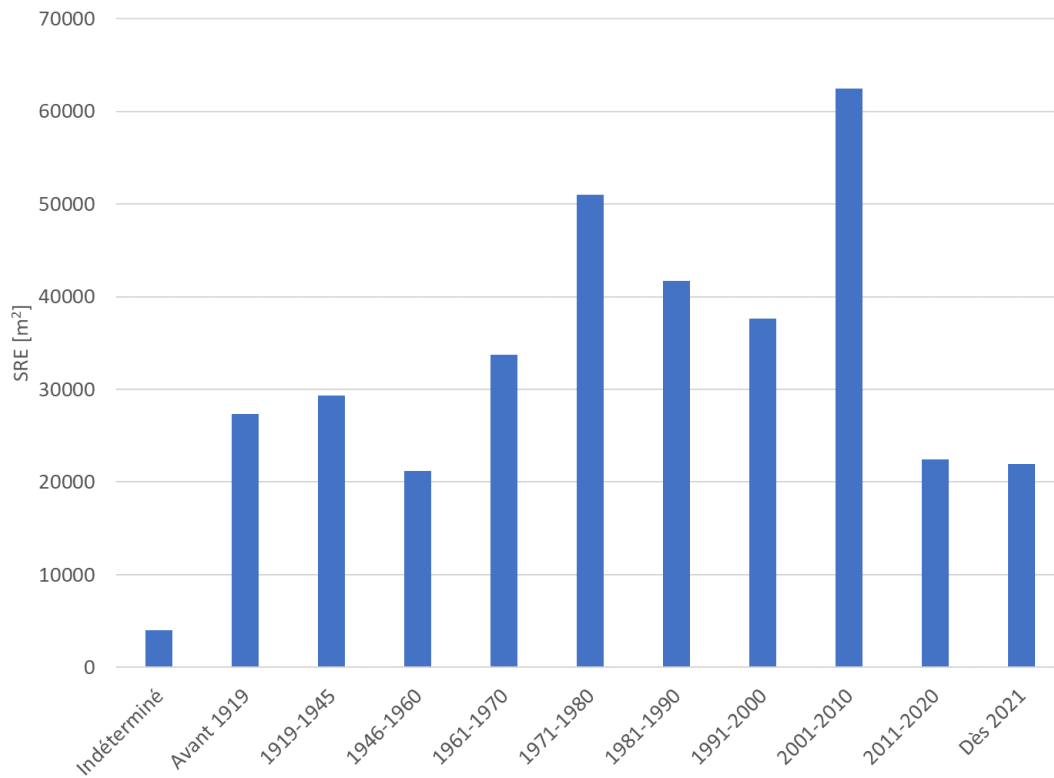


Figure 19 : SRE des bâtiments, rapportés à l'époque de construction (attention, les écarts d'années ne sont pas les mêmes avant 1960 et après : avant 1960 les barres représentent des intervalles de plus de 10 ans, alors qu'à partir de 1960 chaque barre représente un intervalle de 10 ans) [20]

Secteur	Logement collectif	Logement individuel	Administration	Ecole	Commerce	Lieu de rassemblement	Hôpitaux	Artisanat	Installation sportive	Autres	Puissance chaleur TOTALE
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Secteur 01	1 274	356	133	251	11	48	0	0	61	0	2 133
Secteur 02	925	1 409	0	0	0	0	0	0	0	0	2 334
Secteur 03	445	886	0	0	98	0	0	0	0	30	1 459
Secteur 04	120	612	0	0	0	0	0	0	0	0	732
Secteur 05	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	284
Secteur 06	8	197	0	0	0	0	0	0	0	0	205
Secteur 07	978	989	0	0	0	0	73	0	0	36	2 076
Secteur 08	2 079	41	0	0	0	0	0	0	0	0	2 120
Secteur 09	835	1 129	0	0	0	0	0	0	0	45	2 009
Secteur 10	236	1 266	0	0	0	0	0	0	0	4	1 506
Secteur 11	0	57	51	0	0	0	0	1 248	0	0	1 357
Secteur 12	155	71	30	0	0	0	0	10	0	16	281
Bâtiments isolés et autres	1 036	643	0	0	15	0	342	3	0	346	2 385
TOTAL	8 376	7 655	214	251	124	48	414	1 261	61	476	18 880

Tableau 9 : Puissances de chaleur par secteur et affectations

4.3 Evaluation des besoins annuels de froid

Dans le cadre de la présente étude, l'évaluation des besoins de froid ne concerne que les besoins liés au froid de confort. Le froid de process (froid industriel) n'est pas compris ici, quand bien même la Commune comprend une importante zone industrielle avec des besoins de froid conséquents (Haleon). Ces besoins-là feront cependant l'objet d'une section séparée plus loin dans ce rapport (section 4.5).

Les besoins de froid de confort sont faibles sur la Commune. En effet, les logements, qui représentent 86% de la SRE totale, ne sont pas habilités à avoir des installations de production de froid⁶. Les seuls bâtiments qui peuvent potentiellement avoir de telles installations sont les bâtiments de bureau de la zone industrielle, ainsi que l'un ou l'autre commerce ou hôtel. Or, il n'est pas possible de connaître les besoins exacts en énergie et en puissance de ces bâtiments, sans faire des audits sur site. En effet le RCB ne donne pas d'indications concernant les besoins de froid. On fera donc les hypothèses suivantes pour estimer les besoins de froid :

1. Les valeurs de la norme SIA 2024 [31] sont utilisées pour estimer les besoins en énergie et en puissance.
2. L'hôpital psychiatrique, ainsi que les petits commerces situés au centre du village n'ont pas de climatisation.

Les valeurs en énergie et puissance sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

Secteur	Commerce	Hôpital	Artisanat	TOTAL
	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]
Secteur 01	6	0	0	6
Secteur 02	0	0	0	0
Secteur 03	57	0	0	57
Secteur 04	0	0	0	0
Secteur 05	0	0	0	0
Secteur 06	0	0	0	0
Secteur 07	0	0	0	0
Secteur 08	0	0	0	0
Secteur 09	0	0	0	0
Secteur 10	0	0	0	0
Secteur 11	0	0	cf. section Haleon	N.A.
Secteur 12	0	0	3	6
Bâtiments isolés et autres	9	0	1	10
TOTAL	72	0	4	79

Tableau 10 : Energie de froid par secteur et pour l'ensemble de la Commune

⁶ On ne peut pas exclure que les quelques villas qui sont alimentées en chaleur en hiver par une sonde géothermique, ne soient pas rafraîchies en été à l'aide de géo-cooling. Ceci resterait cependant très marginal à l'échelle de la commune, et ne peut pas être vérifié dans le cadre de cette étude.

Secteur	Commerce	Hôpital	Artisanat	TOTAL
	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Secteur 01	5	0	0	5
Secteur 02	0	0	0	0
Secteur 03	49	0	0	49
Secteur 04	0	0	0	0
Secteur 05	0	0	0	0
Secteur 06	0	0	0	0
Secteur 07	0	0	0	0
Secteur 08	0	0	0	0
Secteur 09	0	0	0	0
Secteur 10	0	0	0	0
Secteur 11	0	0	cf. section Haleon	N.A.
Secteur 12	0	0	8	22
Bâtiments isolés et autres	8	0	3	10
TOTAL	61	0	10	86

Tableau 11 : Puissance de froid par secteur et pour l'ensemble de la Commune

4.4 Evaluation des besoins annuels d'électricité

Les besoins en électricité traités dans le cadre d'un CET sont essentiellement les besoins du parc bâti (logements, commerces, hôpital, etc.) et les besoins liés aux grands consommateurs (c'est-à-dire des consommateurs qui consomment plus de 0,5 GWh/an d'électricité). Les autres besoins électriques (éclairage public, agriculture, chantiers, etc.) peuvent être indiqués s'ils sont connus, mais ils ne sont pas essentiels dans le cadre d'un CET. En effet, il s'agit là de besoins spécifiques qui ne sont pas directement liés au parc bâti (ce qui ne signifie cependant pas que la Commune n'a aucune influence sur ces besoins ; la Commune est d'ailleurs directement responsable de l'éclairage public).

Les besoins en électricité liés au parc bâti incluent la production de chaleur pour le chauffage et l'ECS (si la chaleur est produite par un système électrique direct ou par pompe à chaleur), la production de froid, l'éclairage, les installations techniques du bâtiment⁷, et les équipements⁸. Quant aux besoins liés aux grands consommateurs, ces derniers peuvent comprendre, en plus des besoins qui viennent d'être énumérés pour le parc bâti, des besoins liés au process. Ce dernier point rend l'estimation des besoins en électricité particulièrement difficile à évaluer. D'une part parce qu'il peut s'agir de données confidentielles pour les entreprises, et d'autre part parce qu'il n'y a pas de normes ou de valeurs statistiques permettant de les estimer, s'ils ne sont pas disponibles. Ceci dit, le seul grand consommateur de la Commune est l'entreprise Haleon, et comme déjà expliqué plus haut pour la chaleur et le froid, Haleon fait l'objet d'une section séparée, plus loin dans ce rapport (section 4.5).

⁷ Installations techniques : installations auxiliaires servant au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (p.ex. pompes, brûleurs, radiateurs électriques d'appoint,...), au transport des personnes et des biens (par ex. ascenseurs, monte-charge, escaliers roulant, etc.), à la domotique, ou encore aux systèmes de surveillance (par ex. systèmes d'alarme, vidéosurveillance, etc.). Attention : L'électricité servant au chauffage des locaux, par exemple par un chauffage électrique direct (radiateurs fixés aux murs), n'est pas comprise dans les besoins d'électricité liés aux techniques du bâtiment.

⁸ Equipements : télévisions, ordinateurs, lave-vaisselles, plaques de cuisson, etc. .

Les données de consommation indiquées par la SEIC pour l'ensemble de la commune de Prangins, hors électricité de Haleon (que ce soit l'électricité de process ou l'électricité pour les techniques du bâtiment et les équipements de bureau), s'élèvent à 15'366 MWh/an en moyenne pour les années 2020, 2021 et 2022, avec malgré tout une différence assez importante entre l'année 2020 et les années 2021 et 2022 d'autre part (cf. Tableau 12). Difficile de dire à ce stade si cette différence est liée à la pandémie ou non. Les affectations indiquées ont été volontairement agrégées, contrairement à ce qui avait été fait pour les besoins thermiques. En effet, les besoins en électricité sont basés uniquement sur des valeurs réelles, transmises par la SEIC. Or certaines affectations, comme les hôtels, les restaurants ou encore les petits commerces, n'ont que très peu d'enseignes sur la commune de Prangins. En donnant les consommations par affectation, sans agrégation, il aurait donc été aisé d'en déduire les consommations exactes de certaines entreprises, ce qui contrevient à la protection des données. L'affectation « autre » comprend, outre les affectations SIA non détaillées dans les premières lignes du tableau, également les consommations pour l'éclairage public, les antennes, le port, le château, etc. ainsi que les consommations qui n'ont pas pu être attribuées de façon sûre à l'une des autres affectations.

Affectation	2020	2021	2022	Moyenne 2020-2022	Pourcentages
	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[%]
Logements	9 761	10 682	10 214	10 219	67%
Commerces/Bureaux	819	843	928	863	6%
Hôpital/Hôtels/Restaurants	1 078	1 094	1 190	1 121	7%
Autres (hors Haleon)	3 070	3 091	3 328	3 163	21%
TOTAL	14 728	15 710	15 660	15 366	100%

Tableau 12 : Consommations d'électricité au cours des trois dernières années

67% des besoins en électricité (hors Haleon), soit la grande majorité (10'219 MWh/an), sont liés aux logements. Ceci étant, ces besoins d'électricité comprennent aussi l'électricité pour les pompes à chaleur. Or, dans le cadre de la réalisation d'un CET, il convient de séparer les consommations d'électricité liées la production de chaleur (chauffages électriques, pompes à chaleur) et/ou de froid, des autres besoins d'électricité (éclairage, installations techniques du bâtiment, et équipements), afin d'éviter un double comptage énergétique au niveau de l'énergie thermique. Les hypothèses ci-dessous sont faites, pour évaluer la consommation d'électricité liée à la production de chaleur et/ou de froid, et ainsi pouvoir la déduire du reste des consommations d'électricité :

1. Le rendement des chauffages et boilers fonctionnant uniquement avec de l'électricité est de 1.
2. Le rendement annuel moyen des pompes à chaleur est de 2,5 [20].
3. La production de froid étant très faible sur la Commune (à part pour Haleon qui est traité à part), on fait l'hypothèse qu'elle est négligeable.

Comme indiqué dans la section 4.2 ci-dessus, environ 9% des besoins de chaleur (chauffage et ECS) sont satisfaits à l'aide d'une pompe à chaleur, et 8% à l'aide d'un système électrique direct. En d'autres termes, considérant que la Commune à des besoins de chauffage totaux de 37'541 MWh/an (Tableau 5), et des besoins d'ECS totaux de 6'638 MWh/an (Tableau 6), la consommation d'électricité liée à la production de chaleur résultante est de 4'870 MWh/an (cf. Tableau 13).

	Technologie		Besoins
	PAC	Elec. direct	d'électricité
	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]
Chauffage	3 415	3 146	4 141
ECS	601	554	729
TOTAL	4 017	3 700	4 870

Tableau 13 : Besoins d'électricité pour produire la chaleur (PAC et électrique direct)

L'analyse des données montre également que ce sont uniquement des logements qui sont chauffés avec de l'électricité, et pas les autres bâtiments. En d'autres termes, les logements consomment 5'349 MWh/an d'électricité pour des besoins autres que thermiques ($5'349 = 10'219 - 4'870$ MWh/an), soit une moyenne de 17-18 kWh/m²/an. Cette moyenne est inférieure à la moyenne suisse de 22-23 kWh/m²/an [29]. Ceci dit, eu égard aux hypothèses qui ont dû être faites pour estimer cette valeur, et au fait qu'un certain nombre de consommations ont dû être comptabilisées dans l'affectation « autres » car il n'a pas été possible de savoir exactement à quoi correspondait ces consommations (Tableau 12), il est difficile d'identifier avec précision pourquoi la valeur de consommation est basse. Il est aussi possible que le nombre de chauffages électriques directs a été surestimé dans le RCB. En effet, ces derniers consommeraient 3'700 MWh/an à Prangins, soit près d'un quart de la consommation totale d'électricité, alors qu'ils ne représentent que 10% en moyenne cantonale. A défaut de pouvoir être plus précis, on se tiendra cependant aux 17-18 kWh/m²/an dans la suite du rapport.

Finalement, il convient de préciser qu'il est d'usage, dans le cadre d'un CET, de détailler les besoins en électricité par secteur et/ou affectation. Ceci dit, une telle démarche est compliquée dans le cadre de la commune de Prangins, car il y a un certain nombre de consommateurs qui sont uniques dans leur catégorie d'affectation pour un quartier donné (l'usine d'Haleon, l'hôpital psychiatrique, la boulangerie et l'épicerie du centre du village, etc.). Ainsi, là également, donner des consommations par type d'affectation reviendrait en réalité à divulguer les consommations de ces entreprises. Ceci étant, le but de connaître les consommations électriques par types d'affectation, est avant tout de savoir s'il y a des rejets thermiques à valoriser. Or, d'une part, la majorité des entreprises présentes sont trop petites pour engendrer suffisamment de rejets. D'autre part, s'agissant d'Haleon, la seule grande entreprise, étant donné sa localisation, le plus logique serait de valoriser les rejets thermiques (s'il y en a) dans les immeubles situés au sud du site d'Haleon. Or ces immeubles sont sur la commune de Nyon, comme indiqué dans la Figure 20 ci-après, et ne font donc pas partie du présent CET. On s'en tiendra par conséquent au Tableau 12 pour les consommations électriques, sans plus de détails.

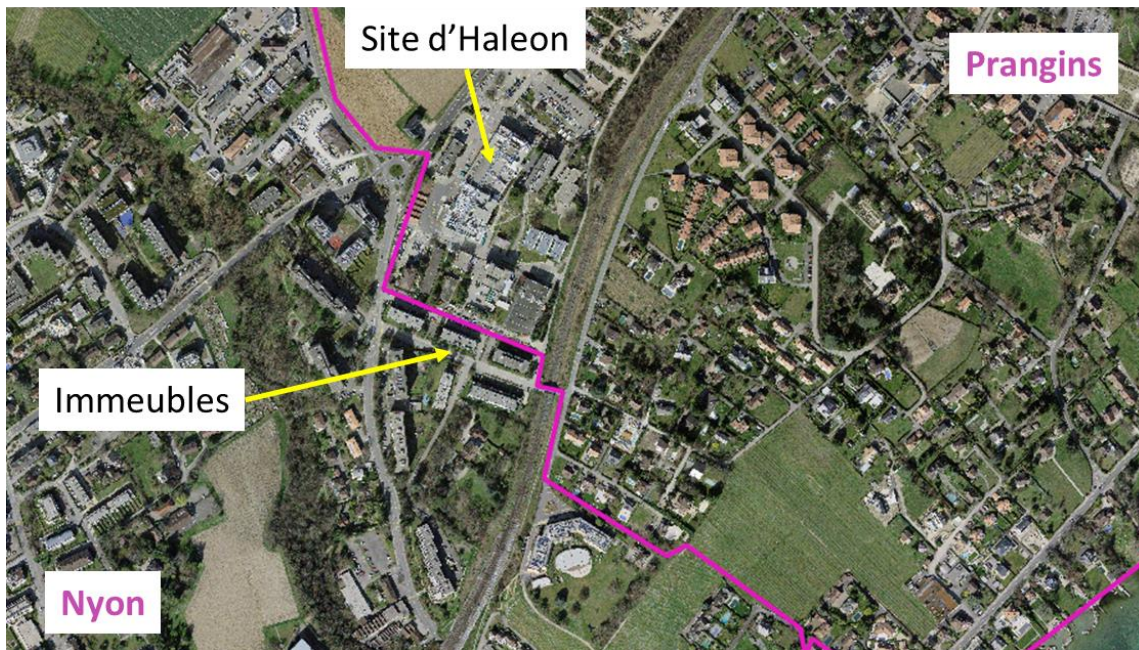


Figure 20 : Localisation d'Haleon par rapport aux immeubles situés à Nyon (ligne magenta : frontière communale entre Prangins et Nyon)

4.5 Haleon

L'entreprise Haleon est le plus gros employeur de la commune de Prangins, avec 1100 collaboratrices et collaborateurs, dont 650 dans la production. L'entreprise consomme actuellement environ 14,8 GWh/an de gaz et 14,1 GWh/an d'électricité (tout compris : froid de process, équipements, techniques du bâtiment,...). Le gaz est consommé à parts plus ou moins égales entre le chauffage et l'ECS d'un côté, et la chaleur de process de l'autre côté.

L'entreprise s'est fixé des objectifs ambitieux en matière climatique, puisque qu'elle envisage d'être neutre en CO₂ en 2025 déjà. Ainsi les chaudières à gaz pour le chauffage et l'ECS sont en passe d'être remplacées par des pompes à chaleur, quant à la chaleur de process, actuellement de la vapeur à 135°C, des études sont en cours. Ces études vont devoir permettre de déterminer, d'une part, si de la vapeur à plus basse température serait également envisageable, et, d'autre part, si le gaz naturel peut être remplacé par du biogaz ou tout autre procédé neutre en CO₂.

Concernant aussi bien le froid que le chaud, l'entreprise est en contacts réguliers avec les SI de Nyon, pour vérifier si les immeubles situés de l'autre côté de la route, sur la commune de Nyon, pourraient valoriser les rejets thermiques de l'entreprise.

Au vu de ce qui précède, on peut affirmer que :

- l'entreprise est déjà très active dans le domaine de la politique énergétique (elle a également procédé à un audit AENEC),
- si valorisation des rejets thermiques il y a, ce sera en collaboration avec la commune de Nyon et non avec la commune de Prangins

Aussi, l'entreprise Haleon ne fera pas l'objet d'une analyse plus approfondie, et ne sera pas incluse dans la suite de ce rapport.

4.6 Résumé des besoins énergétiques annuels actuels

Les besoins énergétiques actuels, estimés dans les sections ci-dessus, sont résumés dans le Tableau 14 ci-dessous, pour l'ensemble de la commune de Prangins. Comme indiqué dans la section 4.5 consacrée à l'entreprise Haleon, les consommations énergétiques de cette entreprise ne sont pas reprises dans la suite de ce rapport. Les besoins de chaleur, tout comme la SRE d'Haleon, ont donc également été retirés dans le tableau ci-dessous (n.b. : les besoins de chaleur d'Haleon étaient encore inclus dans le Tableau 5). Le tableau ci-dessous comprend donc l'ensemble des besoins de la Commune, à l'exception de ceux d'Haleon. D'autre part, pour les besoins en électricité on se limitera à donner la consommation totale (sans Haleon), sans indiquer le détail par secteur, pour les raisons de confidentialité évoquées dans la section 4.4 ci-dessus.

Secteur	SRE [m ²]	Energie - Chauffage (incl. PAC et chauf. élec.) [MWh/an]	Energie - ECS [MWh/an]	Energie- chaleur totale [MWh/an]	Puissance chaleur [kW]	Energie froid [MWh/an]	Puissance froid [kW]	Electricité (hors PAC et chauffage élec.) [MWh/an]
Secteur 01	36 831	3 708	812	4 520	1 989	6	5	
Secteur 02	48 239	4 471	950	5 421	2 605	0	0	
Secteur 03	25 220	2 601	449	3 050	1 362	57	49	
Secteur 04	11 816	1 291	204	1 495	638	0	0	
Secteur 05	11 599	348	220	568	284	0	0	
Secteur 06	4 033	386	66	452	218	0	0	
Secteur 07	37 893	3 790	742	4 533	2 046	0	0	
Secteur 08	42 672	3 788	1 024	4 813	2 304	0	0	
Secteur 09	37 833	3 761	727	4 487	2 043	0	0	
Secteur 10	29 419	2 718	506	3 224	1 589	0	0	
Secteur 11	2 675	259	31	290	144	N.A.	N.A.	
Secteur 12	5 277	555	131	686	285	6	8	
Bâtiments isolés et autres	39 455	3 492	775	4 266	2 131	10	10	
TOTAL	332 962	31 166	6 638	37 804	17 638	79	72	10 399

Tableau 14 : Récapitulatif des besoins énergétiques de la commune de Prangins, hors besoins d'Haleon

Pour la suite de ce rapport, on ne fera plus systématiquement la distinction entre les besoins de chaleur pour le chauffage et ceux pour l'ECS. Il convient donc de connaître également les besoins de chaleur totaux, à savoir 37'804 MWh/an.

4.7 Estimation des besoins énergétiques futurs

L'estimation des besoins futurs comprend deux volets. Un premier volet lié aux projets urbanistiques, qui tendent à faire augmenter les futurs besoins énergétiques, et un deuxième volet lié aux rénovations énergétiques, qui tendent au contraire à faire diminuer les besoins énergétiques.

4.7.1 Projets urbanistiques

Aucun projet urbanistique d'envergure n'est connu à l'heure actuelle pour la commune de Prangins, si ce n'est la construction d'un peu plus de 21'000m² de SRE de logements répartis sur deux projets : un premier projet proche de la Route de l'Etraz, dans le secteur 09, et un deuxième projet le long de la Route du Lac (RC1), dans le secteur 03 (cf. section 3.5 ci-dessus). Les besoins pour ces nouvelles constructions sont indiqués dans le tableau ci-dessous⁹.

Chaleur			Froid		Electricité	
Chauffage	Eau chaude sanitaire	Puissance chaud	Energie froid	Puissance froid	Eclairage, tech. bât. et appareils	Ventilation
[MWh/an]		[kW]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[MWh/an]
610	387	445	0	0	285	61

Tableau 15 : Besoins énergétiques des nouvelles constructions

4.7.2 Rénovations énergétiques

Le taux de rénovation énergétique actuel, en Suisse, est d'à peine 1% par année. En d'autres termes, à peine 1% des bâtiments connaissent une rénovation qui permet de réduire les besoins énergétiques de façon conséquente. Ceci étant, aussi bien le taux de rénovation que les baisses de consommation

⁹ Pour mémoire, les éventuelles nouvelles constructions au site des Abériaux n'étant qu'au stade de réflexions, elles ne sont pas considérées ici.

dépendent sensiblement de l'année de construction d'un bâtiment, comme l'indique la Figure 21 ci-dessous [32] :

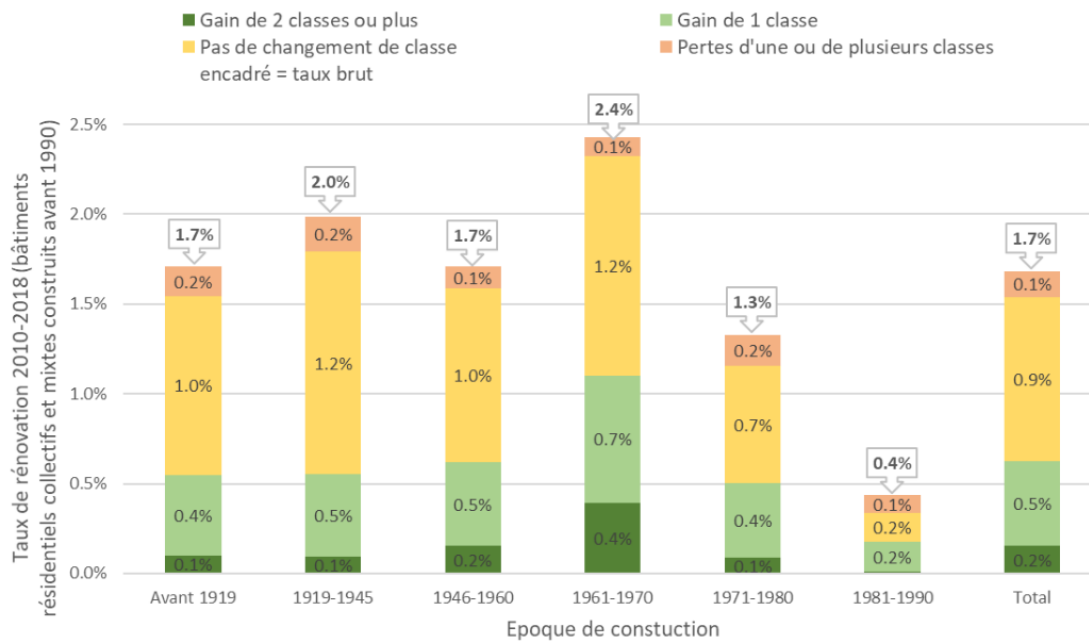


Figure 21 : Rapport entre l'année de construction d'un bâtiment, le taux de rénovation, et le gain énergétique [32]

Comme on peut le voir sur cette figure, seule une toute petite partie des rénovations permettent de gagner deux classes énergétiques ou plus (partie vert foncé des barres). Par classe, il faut comprendre les classes indiquées sur l'étiquette énergétique des bâtiments (classes A à G, cf. Figure 22). Par exemple, pour les bâtiments construits entre 1961 et 1970, pour 0,4% des bâtiments, la rénovation a

permis de gagner deux classes, c'est-à-dire d'économiser environ 50% d'énergie. Pour les rénovations qui n'ont permis de gagner qu'une seule classe, le gain énergétique est de 30%.

	Efficacité de l'enveloppe du bâtiment	Efficacité énergétique globale
A	Très bonne isolation thermique, fenêtre avec triple vitrage de protection thermique. Jusqu'à 25 kWh/m ² a*.	Eclairage et installations techniques du bâtiment très performants (chauffage et eau chaude). Appareils de pointe, utilisation d'énergie renouvelable.
B	Les nouvelles constructions atteignent la catégorie B selon les exigences légales. Jusqu'à 50 kWh/m ² a*.	Standard de construction pour nouveaux bâtiments (enveloppe et technique du bâtiment). Utilisation d'énergie renouvelable.
C	Anciennes constructions dont l'enveloppe a été rénovée entièrement. Jusqu'à 75 kWh/m ² a*. Année de construction dès 2000.	Anciennes constructions entièrement réhabilitées (isolation thermique et installations techniques), généralement avec utilisation d'énergie renouvelable.
D	Bâtiment bien et complètement isolé ultérieurement, mais avec des ponts thermiques résiduels. Jusqu'à 100 kWh/m ² a*. Année de construction dès 1990.	Bâtiment réhabilité dans une large mesure, avec toutefois des lacunes manifestes, ou sans utilisation d'énergie renouvelable.
E	Bâtiment dont l'isolation thermique a été considérablement améliorée, y compris par la pose de nouveaux vitrages isolants. Jusqu'à 125 kWh/m ² a*.	Bâtiment partiellement rénové, avec un nouveau générateur de chaleur et éventuellement de nouveaux appareils et un nouvel éclairage.
F	Bâtiment partiellement isolé thermiquement. Jusqu'à 150 kWh/m ² a*.	Bâtiment tout au plus réhabilité partiellement, avec remplacement de certains équipements ou utilisation d'énergie renouvelable.
G	Bâtiment non rénové, avec au plus une isolation incomplète ou défectueuse, posée ultérieurement, et ayant un gros potentiel de rénovation. Plus de 150 kWh/m ² a*.	Bâtiment non rénové, sans utilisation d'énergies renouvelables, et ayant un gros potentiel de rénovation.

* Besoins de chaleur typiques pour le chauffage

Figure 22 : Etiquette énergétique des bâtiments [33]

En combinant les informations ci-dessus avec les données disponibles pour la commune de Prangins, par rapport à l'âge des bâtiments, on obtient les gains énergétiques indiqués dans le Tableau 16 ci-après, à l'horizon 2030 et 2050. Remarque : le Tableau 16 ne tient plus compte d'Haleon, ce qui explique la différence entre les SRE et les besoins de chaleur indiqués dans ce tableau, et ceux indiqués dans le Tableau 14.

Epoque de construction	Nombre de bâtiments	SRE total [m ²]	Chauffage utile		Taux de rénovation selon [32]				Gains énergétiques			
			[MWh/an]	[kWh/m ² /an]	Gains én. de 2 classes (-50%)	Gains én. de 1 classe (-30%)	Total [%/an]	SRE rénovée [m ² /an]	Annuels [%/an/m ² rénové]	Annuels [MWh/an]	d'ici 2030 [MWh/an]	d'ici 2050 [MWh/an]
Indéterminé	38	4 046	375	93								
Avant 1919	44	27 348	2 976	109	0,1	0,4	0,5	137	34,0	10	79	196
1919-1945	75	28 656	3 567	124	0,1	0,5	0,6	172	33,3	14	114	285
1946-1960	70	19 414	2 337	120	0,2	0,5	0,7	136	35,7	11	84	210
1961-1970	63	21 542	2 642	123	0,4	0,7	1,1	237	37,3	18	146	365
1971-1980	140	45 919	4 513	98	0,1	0,4	0,5	230	34,0	15	119	298
1981-1985	37	13 721	1 349	98	0	0,2	0,2	27	30,0	2	15	38
1986-1990	72	27 968	2 696	96	0	0,2	0,2	56	30,0	4	30	75
1991-1995	31	16 861	1 987	118	0	0	0	0	0,0	0	0	0
1996-2000	62	20 806	1 943	93	0	0	0	0	0,0	0	0	0
2001-2005	34	16 829	1 520	90	0	0	0	0	0,0	0	0	0
2006-2010	90	45 679	3 614	79	0	0	0	0	0,0	0	0	0
2011-2015	26	10 898	672	62	0	0	0	0	0,0	0	0	0
2016-2020	40	11 351	601	53	0	0	0	0	0,0	0	0	0
Dès 2021	10	21 927	706	32	0	0	0	0	0,0	0	0	0
TOTAL		332 962	31 500					994		73	587	1 468

Tableau 16 : Réduction de la consommation énergétique liée au chauffage des bâtiments (sans Haleon)

En comparant le gain maximal d'énergie, en termes de chauffage utile, qu'on peut réaliser à l'horizon 2050, soit les 1'468 MWh/an, avec les 31'500 MWh/an du Tableau 14 ci-dessus, on constate que le gain n'est pas négligeable (près de 5%) et que les rénovations doivent être encouragées. Ceci étant, ce gain de 5% ne va pas influencer notablement un concept énergétique réalisé au niveau de toute une commune. Dans la suite de ce rapport, on se limitera par conséquent aux valeurs indiquées dans le Tableau 14. Ceci constitue une hypothèse conservatrice, lorsqu'il s'agit d'analyser les ressources permettant de satisfaire les besoins de chaleur. Mais attention, cette hypothèse ne remet aucunement en cause la nécessité de procéder à des rénovations. Les rénovations doivent absolument être encouragées. D'ailleurs la Commune elle-même entreprend en permanence des travaux dans ce sens (citons à titre d'exemple l'Auberge communale, le Collège de la Combe, ou encore le bâtiment de logements subventionnés Très-le-Châtel, qui tous ont fait l'objet, ou sont à l'étude, pour des travaux d'amélioration de la performance énergétique et de changement de la production de chaleur pour valoriser des énergies renouvelables).

5 Analyse des acteurs clés

Dans le domaine de l'énergie, les acteurs clés sont soit la commune de Prangins elle-même (autorités, administration communale et population), soit les fournisseurs d'énergie (gaz, électricité, mazout). Le tableau ci-dessous indique, pour chacun des acteurs, ce qui est en son pouvoir pour accompagner la Commune dans la transition énergétique.

Acteur	Rôle
Autorités	Développer une politique en lien avec la transition énergétique : <ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir et participer à la réalisation de projets phares (par ex. mise en place de chauffages à distance), • Jouer un rôle d'exemplarité, • Proposer un plan de mobilité douce, • Aider les particuliers à prendre des initiatives (par ex. mise en place de panneaux solaires) en facilitant les procédures, etc.
Administration communale	Accompagner les autorités dans leurs démarches.
Population	Prendre conscience des opportunités notamment en termes de subventions, et prendre les mesures nécessaires afin de pouvoir profiter au maximum desdites subventions ¹⁰ .
Fournisseurs d'énergie électrique	Augmenter la part d'électricité d'origine renouvelable dans le mix électrique.
Fournisseurs de gaz	Augmenter la part de biogaz.
Fournisseur de mazout	La consommation de mazout va continuer à baisser ces prochaines années en Suisse et devenir marginale en 2050, selon les différentes législations cantonales et fédérales. A terme, les fournisseurs de mazout n'auront par conséquent pas d'autre choix que de se ré-orienter.

Tableau 17 : Acteurs clés et leur rôle dans la transition énergétique

¹⁰ Actuellement le Programme Bâtiment par exemple, qui prévoit des subventions lors de travaux d'isolation, est prévu jusqu'en 2025. Quant à la rétribution unique pour les installations photovoltaïques de petite taille (moins de 100 kWc) elle court jusqu'en 2030. Il n'est pas clair comment évolueront ces programmes au-delà de 2025 resp. 2030. Ceci dit, au vu de la récente acceptation par le peuple de la Loi sur le climat, des rénovations vont continuer à être subventionnées d'une manière ou d'une autre, au-delà de 2025.

6 Analyse des ressources énergétiques disponibles

Dans cette section on synthétise les ressources énergétiques locales disponibles, aussi bien en termes d'énergie qu'en termes de puissance. Le potentiel des ressources a été évalué en tenant compte du secteur 11 (qui accueille notamment l'entreprise Haleon dont les toitures des bâtiments offrent un bon potentiel solaire), car cette zone fait partie intégrante de Prangins en termes de ressources et ne peut pas être exclue.

6.1 Energie solaire

L'énergie solaire peut être valorisée de deux manières différentes : pour générer de la chaleur (capteurs solaires thermiques), ou pour générer de l'électricité (panneaux photovoltaïques)¹¹. Pour estimer le potentiel solaire, on considère la surface totale de toitures disponibles, et on calcule des potentiels à partir du rayonnement solaire atteignant ces toitures. A ce stade, le potentiel offert par les façades pour la pose de panneaux verticaux n'est pas pris en compte.

L'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) a récemment développé un outil qui permet d'évaluer le rayonnement solaire pour des communes entières, ainsi que le potentiel électrique ou thermique [34]. La Figure 23 ci-après montre un extrait des données géoréférencées que cet outil permet d'obtenir, avec l'exemple du rayonnement solaire sur le centre du village de Prangins.

¹¹ En réalité il existe encore les panneaux hybrides, mais ils ne sont volontairement pas pris en compte ici. En effet ils ne permettent pas de satisfaire des besoins d'ECS sans recours à une autre énergie (les panneaux hybrides ne permettent que de faire le pré-chauffage). En revanche, il convient de préciser qu'ils ont de très bons rendements électriques, et qu'ils pourraient éventuellement être considérés dans les phases plus avancées du projet (lors de la modélisation des bâtiments).



Figure 23 : Exemple du rayonnement solaire au centre de Prangins [kWh/m²/an] [34]

Pour passer des valeurs de rayonnement solaire effectif au potentiel électrique valorisable en MWh/an pour la Commune, les hypothèses suivantes ont été faites [37]:

1. La surface disponible pour installer des éléments photovoltaïques en toiture correspond en moyenne à 70% de la surface totale de la toiture d'un bâtiment (ce facteur sert à tenir compte des surfaces non disponibles car utilisées par des velux, cheminées, chemin de vie, etc.).
2. Seules les toitures pour lesquelles la pose d'éléments photovoltaïques pourrait être rentable, sont considérées (*Surfaces toitures favorables*, dans le Tableau 18 ci-après). Il s'agit là des toitures de plus de 10m² de surface, et bénéficiant d'un rayonnement solaire jugé bon à excellent, c'est-à-dire égal ou supérieur à 800 kWh/m²/an.
3. Le rendement théorique d'un panneau photovoltaïque est de 20%, et l'indice de performance est de 80% (l'indice de performance correspond au ratio entre la performance effective d'un panneau en milieu réel, et sa performance théorique en laboratoire).
4. Les objets architecturaux classés en catégorie 1 ou 2 (cf. section 2.2.2), comme le Château de Prangins typiquement, n'ont pas été considérés à ce stade (quand bien même il existe à l'heure actuelle des tuiles solaires qui permettent de préserver les monuments, ces tuiles sont cependant encore très chères).

En ce qui concerne l'arbitrage entre les éléments photovoltaïques et les panneaux thermiques, ce dernier doit se faire au niveau de chaque bâtiment pris individuellement, et ne peut se faire pour une

Commune dans son ensemble¹². Aussi, les potentiels indiqués dans le tableau ci-dessous (colonnes *Potentiel électrique maximal* et *Potentiel thermique théorique*) sont estimés en partant du principe que l'ensemble des toitures est recouvert d'un seul type de panneaux (photovoltaïques ou thermiques¹³).

Les surfaces de toitures, le rayonnement solaire, ainsi que les potentiels électriques et thermiques sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Ce tableau comprend les futurs projets indiqués dans la section 4.7.1.

Secteur	Surface totale toitures [m ²]	Surface toitures favorables [m ²]	Rayonnement solaire sur toitures [MWh/an]	Potentiel électrique maximal [MWh/an]	Potentiel thermique théorique [MWh/an]	Potentiel thermique effectif [MWh/an]	Potentiel électrique restant après 65% ECS [MWh/an]
Secteur 01	25 613	18 652	24 465	3 084	5 948	528	2 838
Secteur 02	30 190	21 889	28 947	4 053	7 816	618	3 732
Secteur 03	25 221	18 624	24 503	3 278	6 321	292	3 133
Secteur 04	10 171	4 958	6 461	905	1 744	133	836
Secteur 05	5 250	4 725	6 780	1 356	1 831	143	1 250
Secteur 06	3 509	1 999	2 737	383	739	43	361
Secteur 07	25 928	18 338	24 339	3 407	6 572	483	3 157
Secteur 08	16 145	12 951	17 194	2 407	4 642	666	2 062
Secteur 09	31 466	22 697	31 176	4 365	8 418	472	4 120
Secteur 10	26 833	18 873	25 328	3 546	6 839	329	3 375
Secteur 11	23 825	20 598	26 539	3 715	7 165	20	3 705
Secteur 12	4 340	3 156	4 025	563	1 087	85	519
Bâtiments isolés et autres	46 368	32 232	41 141	2 298	4 431	85	2 280
TOTAL	274 860	199 693	263 636	33 360	63 552	3 896	31 368

Tableau 18 : Surfaces de toitures, rayonnement solaire, ainsi que potentiels électriques et thermiques (basé sur [34])

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, le potentiel solaire est très intéressant. Pour mémoire, les besoins d'électricité se montent à 10'399 MWh/an sans les besoins thermiques (chauffages électriques et pompes à chaleur), à près de 15'705 MWh/an si on inclut les chauffages électriques et les pompes à chaleur, et même à près de 30'000 MWh/an environ si on inclut également Haleon. Or même si on déduit la surface de toitures requises pour faire 60-70% d'ECS, il reste un potentiel électrique de 31'368 MWh/an. Il faut cependant garder à l'esprit que cette électricité ne peut pas encore être stockée sur plusieurs jours de manière efficace (hormis en utilisant le réseau comme moyen de stockage). Or elle n'est pas toujours produite au moment même où elle est requise. Il s'agit donc d'un potentiel réjouissant, mais il serait cependant erroné de penser que la Commune pourrait s'affranchir totalement du réseau électrique. D'autre part, les consommations d'électricité indiquées ne tiennent pas compte de la mobilité (qui ne fait pas partie du CET).

Conclusion

Le potentiel solaire est très intéressant pour la commune de Prangins.

¹² Cet arbitrage dépend d'éléments spécifiques à chaque bâtiment, comme la place en toiture, les besoins spécifiques, ou encore l'investissement consenti, par exemple. Faire un tel arbitrage au niveau d'une commune dans son ensemble n'a par conséquent aucun sens.

¹³ Etant donné que les panneaux solaires thermiques servent avant tout à satisfaire les besoins d'ECS, et qu'au maximum 60% à 70% des besoins d'ECS peuvent être satisfaits par des panneaux solaires, en pratique on ne recouvrira jamais l'entier d'une toiture de panneaux solaires thermiques.

6.2 Géothermie

La géothermie comprend essentiellement quatre options [45]:

1. Géothermie de très faible profondeur (jusqu'à 30m) : valorisation de l'énergie comprise dans le sous-sol à l'aide de corbeilles géothermiques, géostructures ou sondes horizontales, et pompes à chaleur (PAC) sol-eau, voire eau-eau en cas de présence de nappes souterraines.
2. Géothermie de faible profondeur (jusqu'à 400m environ) : valorisation de l'énergie comprise dans le sous-sol à l'aide de sondes verticales et de PAC sol-eau ou eau-eau (en cas de présence de nappes souterraines).
3. Géothermie de moyenne profondeur (jusqu'à 3'000m environ) : valorisation directe de la chaleur à des températures de l'ordre de 30 à 70°C.
4. Géothermie de grande profondeur (plus de 3'000m) : valorisation directe de températures de l'ordre de 100 à 150°C, production d'électricité possible.

Ces différents modes de valorisation de la géothermie sont illustrés dans la figure ci-dessous :

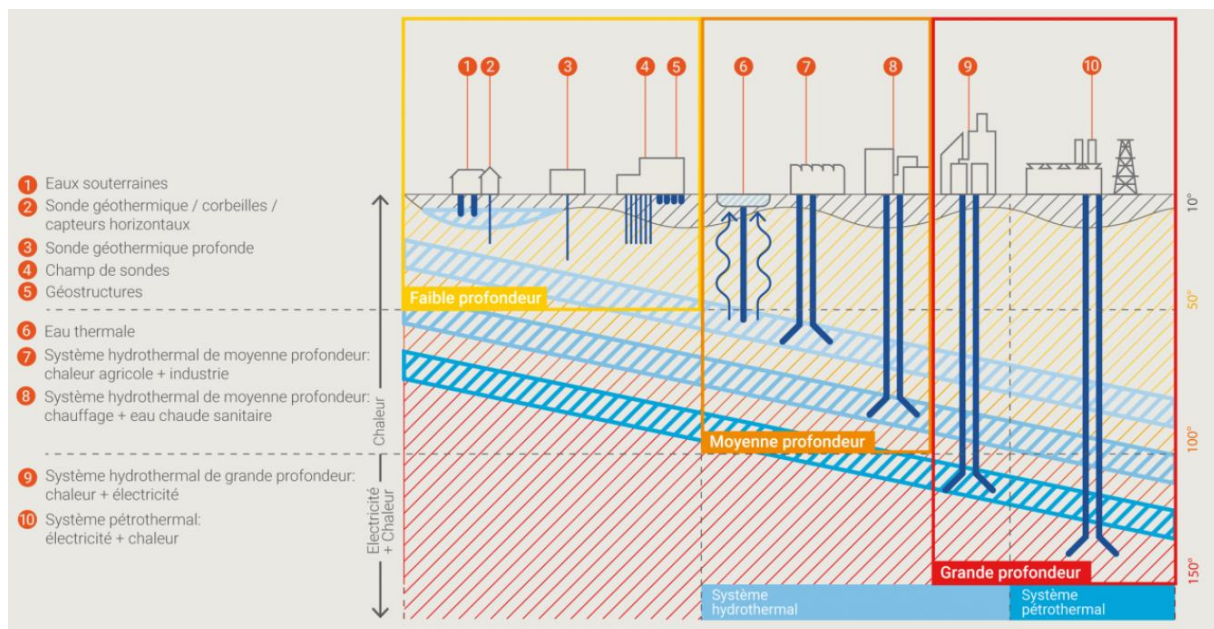


Figure 24 : Modes de valorisation de la géothermie [45]

Dans la suite de ce rapport, on s'intéressera essentiellement à la géothermie de faible profondeur (point 2 ci-dessus). La géothermie de très faible profondeur ne présente en effet qu'un intérêt ponctuel, et il n'est pas pertinent de l'analyser à l'échelle d'une commune (mais plutôt d'une villa individuelle). De plus, elle concurrencerait la géothermie de faible profondeur, dont le potentiel est plus élevé. Quant à la géothermie de moyenne et haute profondeur, elles sont analysées à l'échelle de la région (comme le projet EnergieÔ à Vinzel).

La Figure 25 ci-après indique les zones admissibles pour les sondes. Par « admissible », il faut comprendre les zones qui ne sont pas légalement interdites pour des raisons de protection des eaux par exemple. Le terme « admissible » utilisé ici ne concerne donc pas la faisabilité technique, qui serait par exemple liée à la possibilité pour des foreuses d'accéder aux parcelles s'il faut passer par des chemins étroits. On constate que l'immense majorité du parc bâti de la Commune se trouve en zone admissible. Les points roses dans la figure ci-après indiquent des forages (sondes) existants.

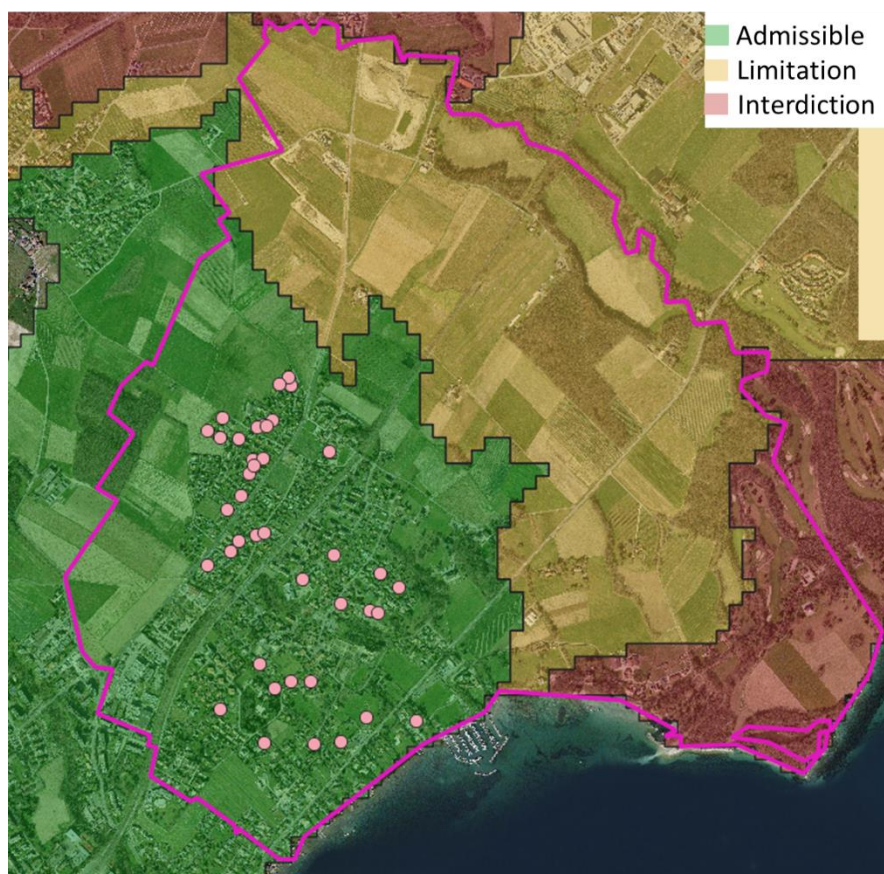


Figure 25 : Zones admissibles pour les sondes (en vert) et forages (sondes) existants (en rose) [44]

Afin d'estimer le potentiel géothermique, les hypothèses suivantes sont prises, s'agissant des parcelles retenues pour mettre des sondes :

1. On ne considère pas les parcelles de cultures, de vignes, ou encore des parcelles qui se situent loin de toute construction et donc de toute consommation énergétique (typiquement les champs autour du village, même si ces parcelles se situent encore juste dans la zone admissible).
2. Les parcelles doivent se trouver dans les zones admissibles pour les sondes. Les parcelles situées dans les zones avec « limitation » ont volontairement été écartées à ce stade de l'étude, étant donné qu'il faudrait analyser au cas par cas en quoi consiste la limitation (souvent il s'agit d'une limitation de profondeur). Cette hypothèse est certes très conservatrice, mais en même temps l'immense partie du parc bâti se trouve en zone admissible.

Au niveau d'une commune dans son entier, l'estimation du potentiel géothermique est délicate, et ne peut être considérée que comme première approximation. En effet :

1. Le potentiel dépend de la distance entre les sondes (dans le cas d'un champ de sondes), et de l'énergie qui est, ou non, réinjectée dans le terrain en été (par exemple en faisant du free-cooling).
2. Dans le cas de sondes individuelles, par exemple pour une villa, le potentiel dépend aussi de la présence, ou non, de sondes dans les jardins voisins, ainsi que de la distance entre ces sondes voisines et la sonde de la villa individuelle en question. Si on multiplie trop les sondes dans un quartier donné, sans tenir compte d'un espacement important entre les sondes, le sol

tend à se refroidir et à devenir moins performant. En résumé, le potentiel géothermique pour un endroit donné peut dépendre de ce que fait le voisin.

Plusieurs études en cours, ou publiées récemment [46], mettent en évidence ces difficultés qu'il y a à estimer le potentiel géothermique à large échelle, ou encore les différences qu'il peut y avoir entre des valeurs modélisées (même pour des projets relativement simples jusqu'à 4 sondes) et la réalité du terrain, et ce, pour des raisons pas encore toujours comprises [47].

Afin de néanmoins calculer une première approximation, les deux méthodes suivantes ont été utilisées, et leurs résultats comparés :

1. Une première méthode basée sur une optimisation de la distance entre les sondes, afin de limiter au maximum une influence réciproque entre les sondes, tout en maximisant le nombre de sondes qu'on peut placer dans un terrain.
2. Une deuxième méthode basée sur la norme *Sondes géothermiques SIA 384/6* [54], qui tient compte d'un rapport entre les SRE par parcelles et la surface au sol de ces mêmes parcelles.

Les hypothèses suivantes sont faites pour estimer le potentiel selon la première méthode :

1. L'espacement entre les sondes est de 50m, ce qui signifie qu'en première approximation, une sonde se situe dans un carré¹⁴ de 50m x 50m soit 2'500m². Cette hypothèse est à la fois conservatrice et optimiste. En effet, des expériences pratiques ont montré que sans régénération du terrain, des sondes pouvaient s'influencer sur une distance allant jusqu'à 100m. En revanche, avec une forte régénération (environ 60-80%), la distance d'influence baissait à moins de 20m.
2. La longueur d'une sonde est de 250m [48].
3. La puissance et l'énergie d'extraction (pour la chaleur, et sans régénération) sont de 20 W/m et 40 kWh/m/an [49].
4. Le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur valorisant l'énergie géothermique est de 3,6. Ce COP est estimé à l'aide d'un rendement exergétique de 55%, une température moyenne à l'évaporateur de 0°C, et une température moyenne côté condenseur de 55°C.
5. La puissance et l'énergie d'injection, si on veut faire du geo-cooling, sont de 20 W/m et 40 kWh/m/an [49].

Avec les hypothèses ci-dessus, on obtient les puissances et les énergies indiquées dans le Tableau 19 ci-après. Avec cette première méthode, le nombre de sondes qu'on peut mettre dépend essentiellement de la place disponible. A noter que pour la chaleur, on indique la puissance et l'énergie en sortie de pompe à chaleur (PAC). D'autre part, pour ne pas compter deux fois un même potentiel, on a déduit les sondes déjà existantes du nombre de sondes supplémentaires possibles.

¹⁴ On a choisi ici un carré par souci de simplification. En réalité, l'agencement optimal serait plutôt hexagonal.

Secteur	Surface du secteur [ha]	Nombre de sondes déjà existantes [-]	Nombre de sondes suppl. possibles [-]	Puissance chaleur [kW]	Energie chaleur [MWh/an]	Puissance froid [kW]	Energie froid [MWh/an]
Secteur 01	9	14	21	144	289	62	104
Secteur 02	18	7	66	457	913	197	329
Secteur 03	18	5	67	466	933	202	336
Secteur 04	9	4	31	215	429	93	155
Secteur 05	4	31	0	0	0	0	0
Secteur 06	2	0	8	57	114	25	41
Secteur 07	14	8	49	339	677	146	244
Secteur 08	7	0	28	197	394	85	142
Secteur 09	18	9	63	435	870	188	313
Secteur 10	17	22	44	305	611	132	220
Secteur 11	12	0	49	338	677	146	244
Secteur 12	3	0	12	80	161	35	58
Bâtiments isolés et autres	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TOTAL	130	100	437	3 034	6 068	1 312	2 186

Tableau 19 : Potentiel géothermique par secteurs et pour les secteurs 1 à 12

Avec une puissance chaleur totale de 3'034 kW et une énergie chaleur de 6'068 MWh/an, la géothermie pourrait satisfaire environ 18% des besoins de chaleur de la Commune qui ne sont pas déjà satisfaits à l'aide d'énergie renouvelable, c'est-à-dire les besoins de chaleur satisfaits à l'aide de mazout, de gaz ou de systèmes électriques directs (soit environ 33'300 MWh/an). Précisons enfin que les puissances et énergies de froid ne sont valorisables que si l'énergie qui a été injectée dans le sol en été est à nouveau extraite du sol à des fins de production de chaleur en hiver (utilisation du sol comme stockage énergétique).

Comme indiqué plus haut, le potentiel peut également être évalué selon une équation empirique indiquée dans la norme *Sondes géothermiques* SIA 384/6 [54], qui fait intervenir les besoins de chaleur existant, la surface de référence énergétique et la surface de la parcelle (par analogie on a considéré ici la surface du secteur). Même si l'équation n'est a priori pas prévue pour être appliquée à l'échelle de toute une commune, on a essayé de l'appliquer à la commune de Prangins pour avoir un point de comparaison avec la première méthode. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-après :

Secteur	Surface du secteur (par analogie à la surface des parcelles de la SIA 384/6)	Surface de parcelle moyenne (GSF _{eff})	SRE totale	Potentiel chaleur
	[ha]	[m ²]	[m ²]	[MWh/an]
Secteur 01	9	1 101	36 831	1007
Secteur 02	18	1 238	48 239	1910
Secteur 03	18	1 900	25 220	1059
Secteur 04	9	3 233	11 816	376
Secteur 05	4	4 462	11 599	N.A.
Secteur 06	2	858	4 033	181
Secteur 07	14	1 000	37 893	1558
Secteur 08	7	1 420	42 672	1925
Secteur 09	18	1 253	37 833	1513
Secteur 10	17	1 154	29 419	794
Secteur 11	12	7 171	22 482	2666
Secteur 12	3	4 143	5 277	274
Bâtiments isolés et autres	N.A.	N.A.	39 455	N.A.
TOTAL	130	N.A.	352 768	13 263

Tableau 20 : Potentiel selon la SIA 384/6 [54]

Le potentiel de 13'263 MWh/an indiqué dans le Tableau 20 est supérieur au potentiel indiqué dans le Tableau 19 (6'068 MWh/an) d'un facteur de plus de 2. Le potentiel estimé selon la SIA 384/6 tient cependant compte du fait qu'on peut **obliger** un propriétaire à faire de la régénération du terrain (c'est-à-dire de réinjecter de l'énergie dans le terrain en été, par exemple en faisant du geocooling), si le sol s'appauvrit trop, alors que pour estimer le potentiel indiqué dans le Tableau 19, on est parti du principe qu'il n'y aurait pas de régénération. Ceci montre toute la complexité de l'estimation du potentiel. Comment expliquer en effet à l'énième propriétaire qui souhaite installer une sonde pour sa villa que les précédents propriétaires n'ont pas eu besoin de régénérer le terrain, mais que lui devra le faire car la densité de sondes le requiert désormais ? On peut décider dès le début que la régénération est obligatoire, mais la base légale pour se faire devrait d'abord être créée. Dans la suite de ce rapport, et à défaut de mieux, on considèrera la moyenne entre les deux potentiels ci-dessus, à savoir entre 9'500 et 10'000 MWh/an.

Conclusion

La géothermie de faible profondeur a un potentiel non négligeable. Quant à la géothermie de moyenne et grande profondeur, son potentiel techniquement valorisable doit encore être précisé, suite à l'interruption du projet de Vinzel.

6.3 Bois

Comme en témoigne le nombre de chauffages à distance (CAD) alimentés par une chaudière à bois en Suisse, le bois constitue indiscutablement une ressource intéressante pour les CAD. En outre, le potentiel du bois dans le canton de Vaud dans sa globalité, n'est pas encore totalement exploité : on estime à l'heure actuelle qu'il reste encore 20% du bois-énergie disponible. La Stratégie bois-énergie du canton de Vaud précise que : « *Le Canton soutient les centrales de bois-énergie pour autant que leur localisation s'avère pertinente au regard des autres potentialités énergétiques renouvelables offertes par le territoire et des dynamiques (économiques, paysagères, environnementales, etc.) de ce dernier.* » Parallèlement, la Conception Cantonale de l'énergie préconise de valoriser en premier lieu les gisements énergétiques situationnels qui ne peuvent pas être déplacés et qui doivent être utilisés sur place (géothermie, nappes, eau de lac, etc.) [5]. Enfin, rappelons que la Commune se situe dans

une zone à immissions excessives (cf. section 3.1), ce qui ne plaide pas directement en faveur du bois. D'un autre côté cependant, la Commune produit sa chaleur à 81% par des énergies fossiles et 8% à l'aide de systèmes électriques directs. Or, un chauffage à distance alimenté au bois peut s'avérer plus efficace pour remplacer des chaudières à gaz ou au mazout, surtout dans un site inscrit à l'ISOS avec un objectif de sauvegarde A, comme l'est le centre historique du Village de Prangins, que de multiples pompes à chaleur air/eau. Ceci est d'autant plus vrai que les quartiers situés autour du centre du village ont des densités de chaleur relativement faibles (cf. section 7), et qui ne justifieraient pas, d'un point de vue économique, de prolonger le CAD de Nyon à travers ces quartiers pour venir desservir le centre de Prangins. Enfin, les nouvelles générations de chaudières à bois et de filtres permettent de maintenir une qualité de l'air tout-à-fait satisfaisante [67]. Ainsi le bois reste une option à ce stade.

Enfin, il conviendra de tenir compte des deux points ci-dessous, lors de l'installation d'une chaufferie à bois:

1. La combustion du bois génère occasionnellement des odeurs de « brûlé » lors de la combustion. Ces odeurs peuvent présenter des désagréments pour la population. Il convient donc de choisir de façon adéquate l'emplacement de la chaufferie, en tenant compte notamment des vents dominants.
2. La combustion du bois émet notamment des poussières fines. Pour lutter contre ces poussières fines, le Canton a émis une directive pour la mise en place de chaudières à bois dans des zones déjà moyennement ou fortement polluées, c'est-à-dire les zones pour lesquelles les concentrations de particules fines sont élevées. La commune de Prangins se situant précisément dans une zone à immissions excessives, elle devra se conformer strictement à la directive du Canton le cas échéant, comme indiqué dans le tableau ci-après.

Exigences	Puissance calorifique inférieure ou égale à 70 kW		Puissance calorifique de 70 kW à 500 kW		Puissance calorifique de 500 kW à 1 MW		Puissance calorifique de 1 MW à 10 MW		
	Zones à immissions excessives	Hors zones à immissions excessives	Zones à immissions excessives	Hors zones à immissions excessives	Zones à immissions excessives	Hors zones à immissions excessives	Zones à immissions excessives	Hors zones à immissions excessives	
Certificat de qualité (QM)	–	–	Obligatoire	Recommandé	Obligatoire	Recommandé	Obligatoire	Recommandé	
Eau chaude sanitaire (LVEne, art. 28a ¹)	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur / bois	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur / bois	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur	Capteurs solaires / CAD ER ou rejets de chaleur / bois	
Contrat d'entretien	–	–	Obligatoire	Recommandé	Obligatoire	Recommandé	Obligatoire	Recommandé	
Fréquence des contrôles	Tous les 4 ans	Tous les 4 ans	Tous les 2 ans	Tous les 2 ans	Tous les ans	Tous les 2 ans	Tous les ans	Tous les 2 ans	
Valeurs limites d'émissions ²	Monoxyde de carbone (CO)	Ch. Auto : 1000 mg/m ³ Ch. Man : 2500 mg/m ³	Ch. Auto : 1000 mg/m ³ Ch. Man : 2500 mg/m ³	500 mg/m ³	500 mg/m ³	500 mg/m ³	500 mg/m ³	250 mg/m ³	250 mg/m ³
	Particules solides (PM)	Ch. Auto : 50 mg/m ³ Ch. Man : 100 mg/m ³	Ch. Auto : 50 mg/m ³ Ch. Man : 100 mg/m ³	≤250kW : 50 mg/m ³ >250kW : 20 mg/m ³	50 mg/m ³	20 mg/m ³	20 mg/m ³	20 mg/m ³	20 mg/m ³
	Oxydes d'azote (NO _x)	–	–	250 mg/m ³	–	250 mg/m ³	–	200 mg/m ³	250 mg/m ³
Suivi des émissions	–	–	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps + suivi CO (évent. NO _x)	Filtre à particules : disponibilité garantie 90% du temps (évent. CO et NO _x)	

Toute nouvelle installation d'une puissance calorifique supérieure à 70 kW nécessite une autorisation spéciale (art. 120, LATC) délivrée dans le cadre d'une procédure de permis de construire.
 Pour les installations d'une puissance calorifique supérieure à 10 MW, les exigences sont définies au cas par cas.

- LVEne, art. 28a : Part minimale d'énergie renouvelable pour les besoins en eau chaude sanitaire des bâtiments
Les constructions nouvelles sont équipées de sorte que la production d'eau chaude sanitaire, dans des conditions normales d'utilisation, soit couverte pour au moins 30% par l'une des sources d'énergie suivantes :

 - des capteurs solaires ;
 - un réseau de chauffage à distance (CAD) alimenté majoritairement par des énergies renouvelables (ER) ou des rejets de chaleur ;
 - du bois, à condition que la puissance nominale de la chaudière excède 70 kW, hors des zones soumises à immissions excessives.
- Légende : Ch. Auto = Chaudières à chargement automatique, Ch. Man = Chaudières à chargement manuel.

Tableau 21 : Récapitulatif des exigences pour les chaudières à bois, en fonction de la puissance [18] (annexe)

Conclusion

Si c'est un fait que la commune de Prangins elle-même ne dispose pas directement de bois sur son territoire (elle en possède indirectement du fait qu'elle appartient au triage 122 et est membre du groupement forestier de la Dôle), le bois reste néanmoins une option qu'on ne peut pas totalement écarter à ce stade, dans le cas où les autres ressources ne permettraient pas d'atteindre les objectifs environnementaux, comme par exemple couvrir 50% des besoins avec des énergies renouvelables vaudoises d'ici 2050, selon la CoCEn.

6.4 Air

L'air est une ressource énergétique intéressante pour le chauffage des locaux. Il peut servir de source énergétique à l'évaporateur d'une pompe à chaleur (pompe à chaleur type « air/eau »). L'air étant omniprésent et illimité, cette ressource a l'avantage d'être aisément disponible. Les pompes à chaleur air/eau dépassant quelques dizaines de kW devront cependant être placées en toiture, pour éviter des circulations d'air trop importantes. De plus, à partir de 50-70 kW environ, des caissons d'isolation anti-bruit peuvent être nécessaires, afin d'atténuer les nuisances sonores. L'obligation ou non de mettre un caisson d'isolation dépend du bruit occasionné par l'installation, du degré de sensibilité au bruit dans laquelle se trouve le quartier, et de l'Ordonnance pour la protection contre le bruit qui édicte les valeurs limites d'exposition en fonction du degré de sensibilité au bruit de la zone (cf. section 3.2). Ceci dit, comme on peut le voir sur l'histogramme des puissances chaleur requises ci-dessous, l'immense majorité des bâtiments nécessitent des puissances en-dessous de 30 kW (ce qui n'est pas surprenant étant donné qu'il s'agit essentiellement de villas individuelles et de petits immeubles).

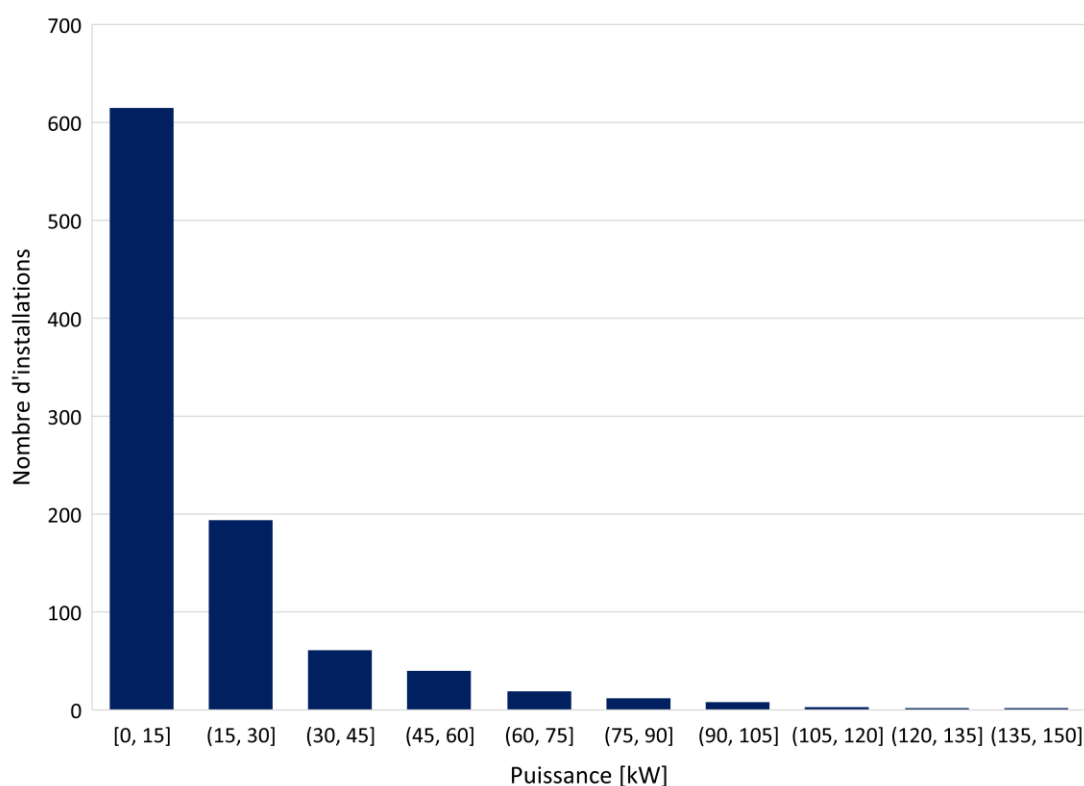


Figure 26 : Histogramme des puissances chaleur

Au niveau énergétique, les pompes à chaleur air/eau ont des rendements annuels qui peuvent être jusqu'à 30% inférieurs aux pompes à chaleur sol/eau (pompes à chaleur sur géothermie), ce qui se traduit

par une plus forte consommation d'électricité. En revanche, les pompes à chaleur air/eau sont plus faciles à installer que les pompes à chaleur sol/eau, et moins coûteuses à l'investissement.

Conclusion

L'énergie de l'air présente un potentiel à prendre en considération en l'absence de possibilités d'approvisionnement renouvelable recourant à des systèmes plus performants. Ceci est typiquement le cas pour des quartiers de villas, où les puissances en jeu ne sont pas très élevées.

6.5 Rejets thermiques

Il n'y a pas de rejets thermiques importants valorisables dans la Commune, hormis les rejets de l'entreprise Haleon, mais qui devraient être valorisés sur la commune de Nyon (cf. sections 4.4 et 4.5).

Conclusion

Il n'y a pas de rejets thermiques sur ou pour la commune de Prangins.

6.6 Eau du Léman

Le Léman représente un réservoir énergétique remarquable et, pour ainsi dire, illimité. L'énergie comprise dans l'eau du lac peut être valorisée de plusieurs manières différentes :

1. Pour le chaud : L'eau du lac peut soit alimenter une pompe à chaleur centralisée, qui dessert un chauffage à distance (Figure 27), soit être acheminée par conduites vers des pompes à chaleur décentralisées, qui alimentent directement les bâtiments dans lesquels elles sont placées (Figure 28).
2. Pour le froid : L'eau du lac est acheminée vers les bâtiments pour fournir du froid soit en mode free-cooling, soit en servant de source froide au condenseur des groupes froid.

Pour le chaud, que les pompes à chaleur soient décentralisées ou non, il est recommandé de faire une séparation hydraulique entre les conduites qui comprennent l'eau du lac et les conduites qui amènent l'eau dans les pompes à chaleur.

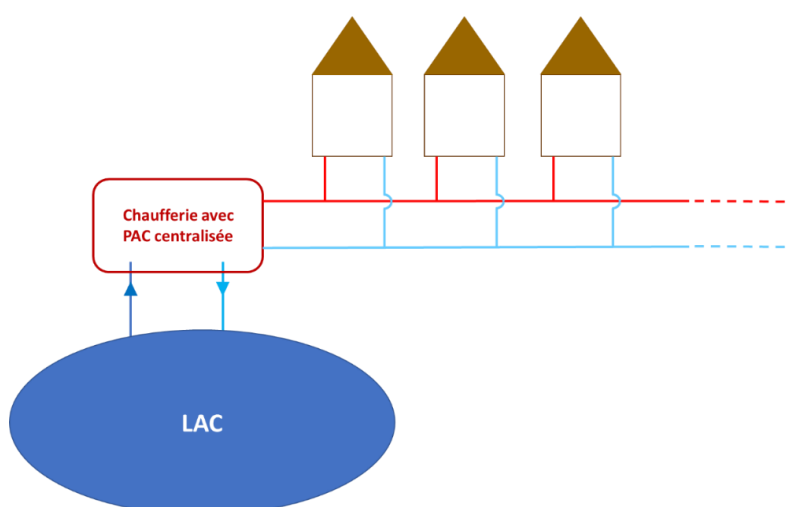


Figure 27 : Option centralisée

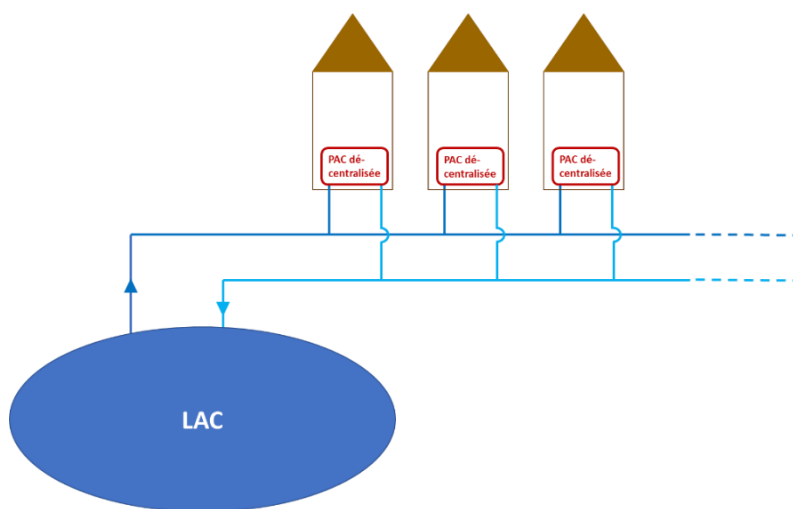


Figure 28 : Option décentralisée

Précisons également qu’afin de pouvoir valoriser l’eau du lac, il est important, au niveau de la bathymétrie du lac à l’endroit de la prise d’eau, que la pente soit suffisamment prononcée, afin d’atteindre rapidement une profondeur où la température de l’eau reste relativement stable tout au long de l’année (ce qui est le cas à partir de 40m environ sous le niveau du lac). Comme on peut le voir dans la Figure 29 ci-dessous, cette condition serait satisfaite au large de Prangins, puisqu’on est très rapidement à moins 40m.

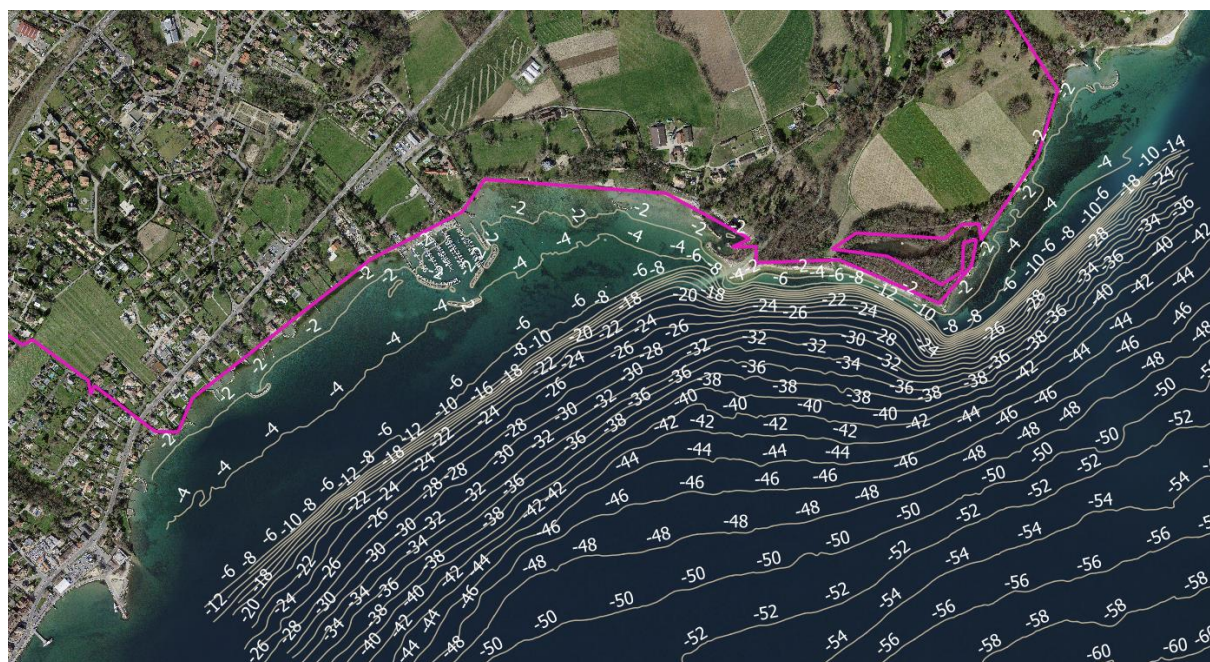


Figure 29 : Profil bathymétrique du Lac Léman au large de Prangins [51]

A noter qu’il existe déjà la conduite de pompage d’eau potable qui passe à l’est de la Commune (cf. Figure 30), et qui aurait pu représenter un certain potentiel, avec une température constante de 8-9°C tout au long de l’année. En effet, l’avantage de cette conduite est que l’eau est traitée, pour être rendue potable à l’Asse (Nyon), soit après avoir passé à côté du village (en d’autres termes une utilisation thermique de l’eau est encore possible au niveau de Prangins, puisque l’eau n’est pas encore garantie potable à ce niveau). Malheureusement, le débit varie beaucoup, comme on peut le voir sur la Figure 31, et avec un débit constant de 500-1’000 l/min, on obtiendrait une puissance au condenseur de la PAC de 200-400 kW. Cette puissance pourrait être intéressante pour un nouveau quartier (typiquement la puissance du

secteur 05, où se trouve le récent quartier de l'Orangerie, est de 284 kW) ou un petit quartier, mais pas pour une partie importante de la Commune.

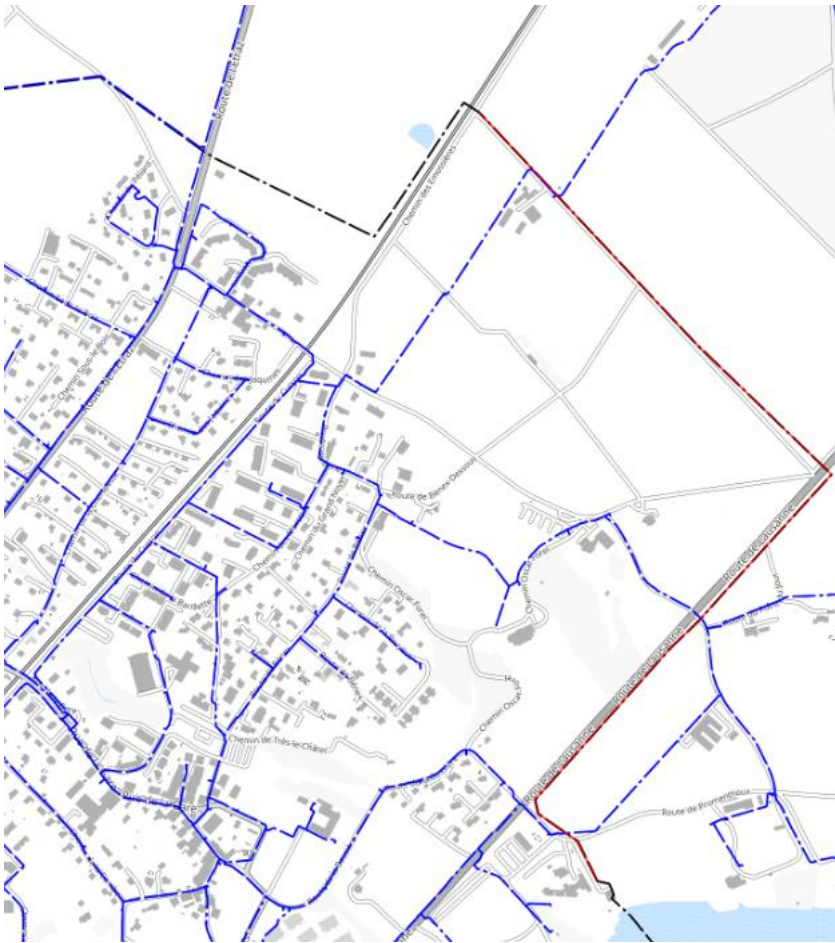


Figure 30 : Conduite d'eau potable (en rouge) [19]

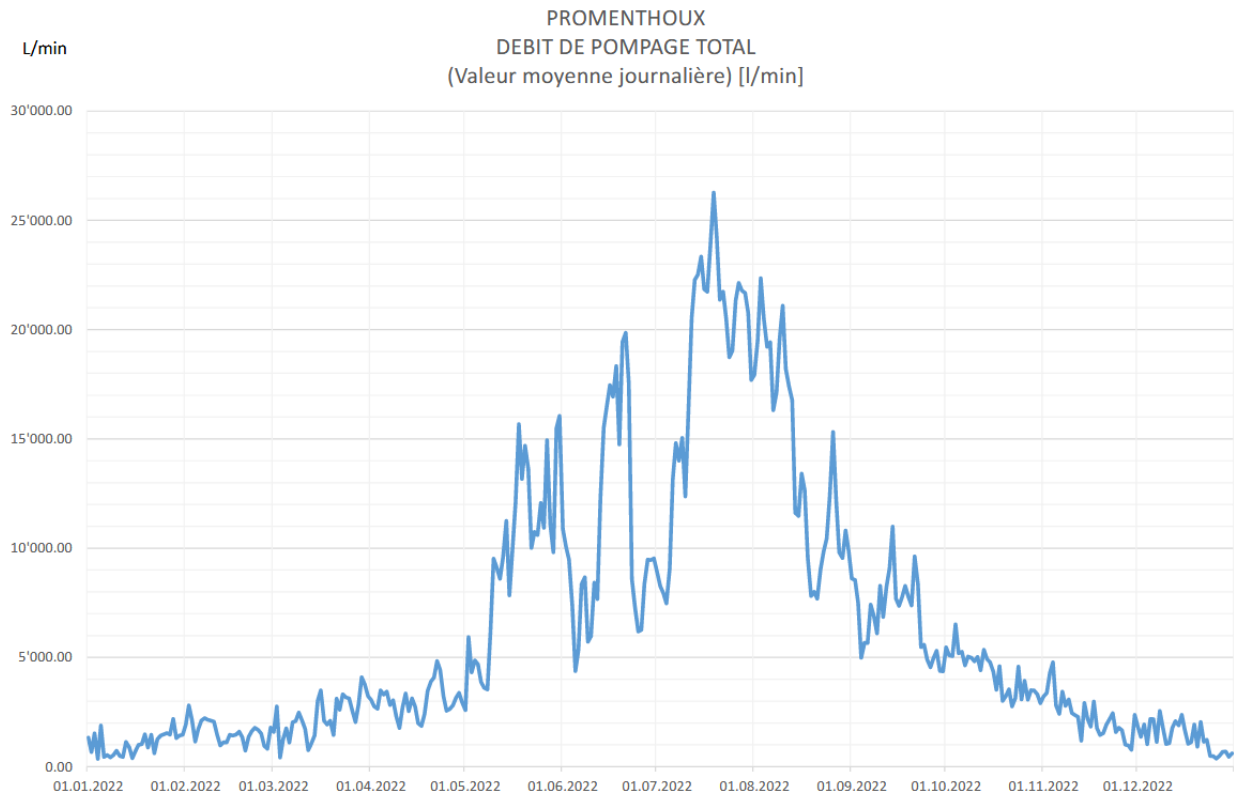


Figure 31 : Débit de la conduite d'eau potable [19]

Conclusion

L'eau du lac est une ressource a priori intéressante pour la commune de Prangins, mais qui nécessiterait des études complémentaires notamment au niveau de la rentabilité.

6.7 Energie éolienne

L'énergie éolienne et l'installation d'éoliennes est principalement planifiée à l'échelle cantonale. Ceci dit, l'entier de la commune de Prangins se situe en zone d'exclusions (en rose sur la figure ci-après). De plus, avec une vitesse du vent annuelle moyenne inférieure à 5 m/s à 125 m au-dessus du sol à Prangins sur la grande majorité de la Commune (cf. Figure 33), la Commune ne figure clairement pas parmi les sites prioritaires pour la mise en place d'éoliennes dans le canton de Vaud.

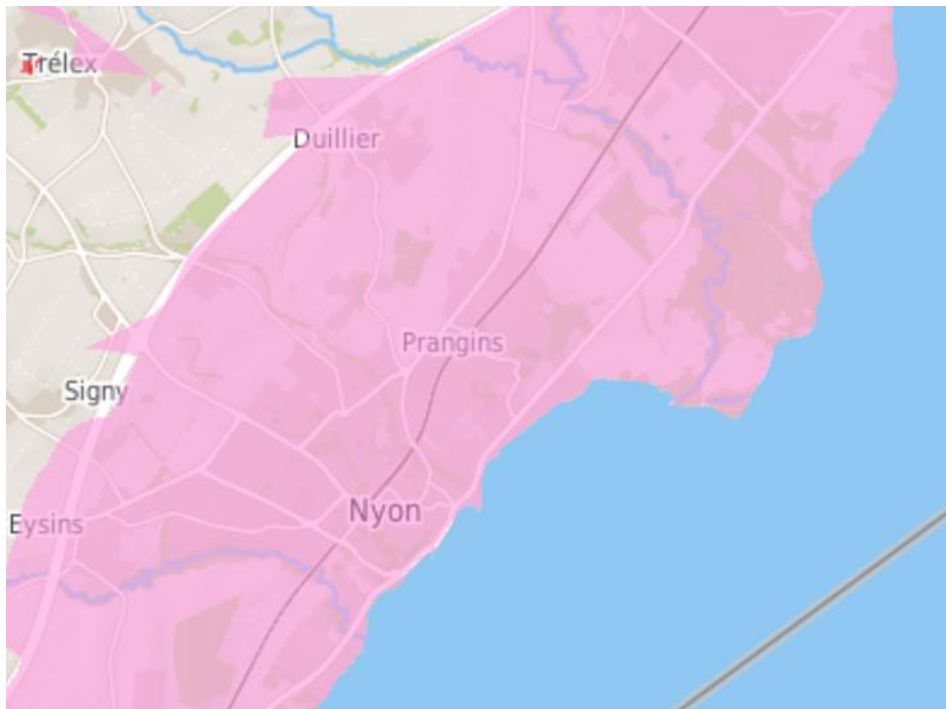


Figure 32 : Secteurs d'exclusion (en rose) pour l'implantation d'éoliennes [51]

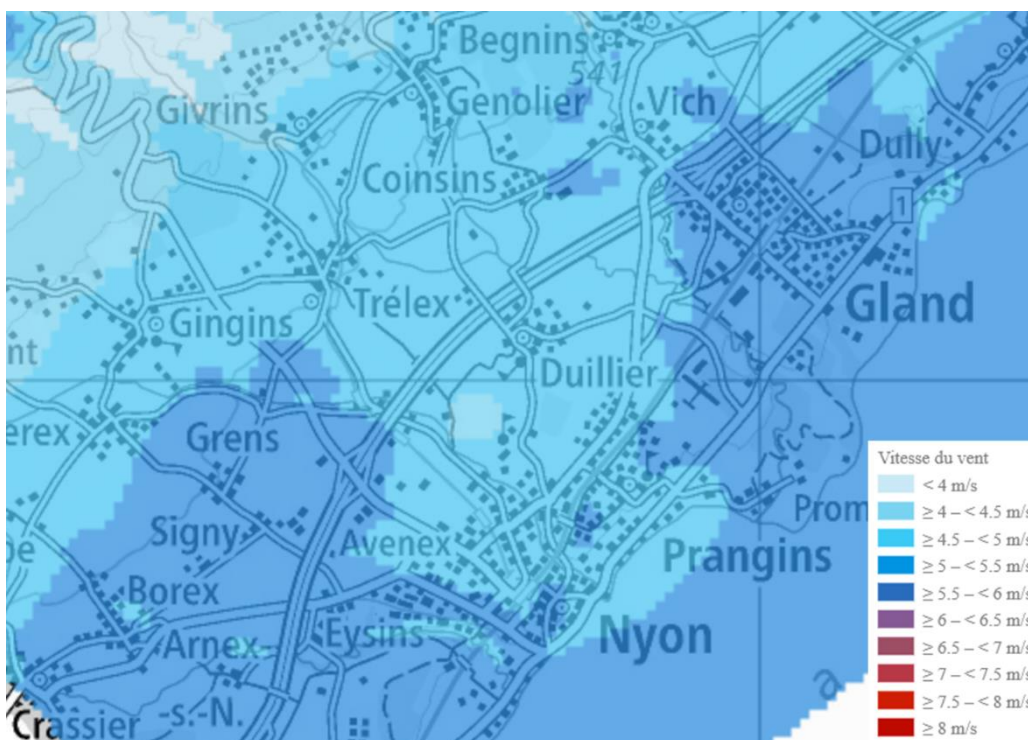


Figure 33 : Vitesse moyenne des vents [52]

Conclusion

Il n'y a pas de potentiel éolien valorisable dans la commune de Prangins.

6.8 Biomasse et biogaz

La biomasse et le biogaz font l'objet de stratégies de valorisation au niveau cantonal ou régional, et il ne serait pas pertinent de considérer ces ressources au niveau d'une commune seule. Les usines de traitement des déchets verts demandent une masse critique importante pour pouvoir fonctionner de manière efficace et rentable. De plus, les procédés sont relativement complexes, et nécessitent du personnel dûment formé. Le biogaz issu de la STEP de Nyon, STEP qui sera également responsable du traitement des eaux usées de la commune de Prangins à l'avenir, est estimé à environ 130'000 Nm³/an et est directement valorisé dans un couplage chaleur-force (CCF), soit une technologie de production simultanée de chaleur et d'électricité [19].

Conclusion

La biomasse et le biogaz ne représentent pas un potentiel au niveau d'une commune seule, et le biogaz actuellement disponible au niveau de la STEP est déjà valorisé.

6.9 Synthèse des ressources

La synthèse des ressources analysées dans le cadre de la présente étude fait état des potentiels suivants :

1. Energie solaire : fort potentiel
2. Géothermie :
 - 2.1. géothermie de faible profondeur : potentiel intéressant
 - 2.2. Géothermie de moyenne et haute profondeur : potentiel en cours d'évaluation
3. Bois : potentiel intéressant, même s'il doit être importé depuis l'extérieur de la Commune
4. Air : potentiel intéressant
5. Rejets thermiques : aucun potentiel
6. Léman : fort potentiel
7. Energie éolienne : aucun potentiel
8. Biomasse et biogaz : potentiel géré au niveau de la région voire du canton.

Les potentiels analysés sont mis en regard des besoins qu'ils permettraient de satisfaire, dans le tableau ci-après :

Ressource	Chaleur	Froid	Electricité	Contrainte
Solaire	10%	Rien	310%	Coordonner le solaire thermique et électrique.
Géothermie basse profondeur	26%	100%	Rien	Utilisation situationnelle, potentiel de froid uniquement disponible en coordination avec les besoins de chaud, dépend de la densité de sondes.
Géothermie moyenne et haute profondeur	A préciser	Rien	A préciser	Ressource à coordonner au niveau régional.
Bois	100% si importé	Rien	100% si importé	Ressource à coordonner au niveau cantonal, potentiel n'est plus infini sur le Canton.
Air	100%	100%	Rien	Les pompes à chaleur sur air ne sont performantes que dans les bâtiments bien isolés.
Rejets thermiques	Rien	Rien	Rien	N.A.
Léman	100%	100%	Rien	Potentiel théorique, le potentiel effectif dépend beaucoup de la rentabilité (cf. section 7).
Eolien	Rien	Rien	Rien	N.A.
Biomasse/ biogaz	Rien	Rien	Rien	N.A.

Tableau 22 : Synthèse des ressources et de la fraction des besoins qu'elles permettent de satisfaire

7 Modes d’approvisionnement énergétique

Globalement on distingue deux différents types d’approvisionnement : l’approvisionnement centralisé (réseau électrique et réseaux thermiques) et l’approvisionnement décentralisé (pompe à chaleur individuelle par exemple). Si l’approvisionnement en électricité est généralement centralisé¹⁵, le choix entre centralisé et décentralisé est plus complexe en ce qui concerne l’approvisionnement en énergie thermique. Ce choix dépend en effet, notamment, de la ressource énergétique (bois, eau du Léman, etc.), de la densité des besoins thermiques, ou encore de la politique énergétique de la Commune.

Le tableau ci-après décrit les principales caractéristiques d’un système d’approvisionnement en chaleur centralisé, c’est-à-dire un chauffage à distance (CAD). Ces caractéristiques peuvent servir d’aides à la décision pour déterminer si un quartier est propice ou non à la mise en place d’un réseau thermique :

¹⁵ Même dans le cas de la pose de panneaux photovoltaïques sur le toit, le système électrique global reste en partie centralisé à partir du moment où les panneaux sont connectés au réseau pour décharger le surplus d’électricité produite et assurer l’équilibrage.

Elément	Description
Aspect environnemental	<p>Les réseaux thermiques permettent de valoriser des ressources renouvelables qui ne pourraient pas être valorisées sans l'aide d'un réseau de distribution (car trop coûteux et donc irréaliste). On pense notamment à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'eau d'un lac, • La géothermie de haute profondeur, <p>qui représentent des potentiels énergétiques importants non seulement de par leur quantité (en MWh disponibles), mais également de par leur disponibilité constante tout au long de l'année.</p>
Rentabilité	<p>Il existe diverses valeurs, tirées de l'expérience, qui permettent d'estimer si un réseau sera économiquement rentable ou non. Ces valeurs sont :</p> <p><u>Densités minimales :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Densité linéique min. : 1,5 MWh/m_{lin}/an [30] • Densité surfacique min. : <ul style="list-style-type: none"> • ~300 MWh/ha/an (zone villas ou campagne) [55] • 400-800 MWh/ha/an (zone ville ou fortement encombrée en sous-sol) [55] <p><u>Puissance minimale :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Réseau d'eau du lac avec station de pompage lacustre : minimum ~4 MW [56] • Réseau avec chaufferie bois : minimum ~1,5 MW, estimé à partir de [30] ; ou alors penser à combiner le bois avec une petite fraction de gaz, pour qu'un réseau plus petit puisse rester rentable. <p>Ces valeurs doivent être prises comme des ordres de grandeur, à considérer avec prudence. En effet, la rentabilité effective dépendra des conditions locales.</p>
Situation/Localisation	<p>Selon la situation du potentiel réseau, les éléments suivants peuvent compliquer sa mise en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topologie : plus un secteur est escarpé, plus la mise en place d'un réseau thermique est compliquée. • Pavés : si les routes d'un village sont constituées de pavés uniquement, et que ceux-ci doivent être remis en place à l'identique, les coûts d'investissement sont considérablement plus chers. • Accessibilité : la mise en place d'un réseau thermique nécessite des machines de chantier importantes, pour lesquelles l'accès doit être garanti. • Conduites « mortes » : Si un quartier présente une densité de chaleur intéressante, mais qu'il est situé loin de la ressource, il faudra mettre en place une longue conduite sans preneurs entre la ressource et le quartier (une conduite « morte »). Ceci peut rendre un projet non rentable.

Acceptation par la société Les réseaux thermiques sont en général bien acceptés par la population car non bruyants. De plus, ils permettent aux consommateurs de s'affranchir de l'obligation de s'occuper de leur chaufferie. Les réseaux peuvent cependant aussi être perçus comme une perte d'indépendance par certains. De plus, il faut veiller à ce que la chaufferie centralisée n'émette pas d'odeurs indésirables, comme cela peut arriver dans le cas des chaufferies à bois, si elles sont mal situées par rapport aux vents dominants par exemple.

Tableau 23 : Caractéristiques des réseaux centralisés

Au vu du tableau ci-dessus, et en se concentrant sur la commune de Prangins, un réseau thermique aurait sa place idéalement dans un secteur proche du Léman (pour la ressource), présentant une densité thermique de plus de 300 MWh/ha/an et une puissance minimale de plusieurs MW. A première vue, aucun secteur ne répond directement à ces critères (cf. Figure 34 qui indique les densités thermiques de chaque secteur, chiffres bleus, en MWh/ha/an). En effet, les secteurs qui ont une densité supérieure ou proche de 300 MWh/ha/an ne sont pas les plus proches du lac. Ceci dit, l'éloignement reste très faible. En effet, si on souhaite par exemple connecter le centre du village (secteur 01) au lac, ce qui aurait tout son sens (non seulement de par la densité thermique, mais aussi parce qu'un CAD peut être plus approprié d'un point de vue esthétique, pour un bourg historique, que des pompes à chaleur), il faudrait une conduite d'environ 1 km de long en première approximation et en évitant les terrains privés (cf. Figure 35). Cette distance n'est pas grande. Précisons également qu'à l'heure de la conclusion du présent rapport, la Municipalité de Prangins a pris la décision de faire une étude de faisabilité pour la mise en place d'un CAD qui permettrait de chauffer les quelques bâtiments communaux et, dans la mesure du possible, l'hôtel de la Barcarolle, sur le site des Abériaux (le secteur 12). Ces bâtiments pourraient également bénéficier, au passage, du CAD sur l'eau du lac¹⁶.

En outre, si un CAD sur l'eau du lac se faisait, il faudrait étudier la possibilité de l'étendre pour desservir également, en plus du centre historique du village (secteur 01) et des Abériaux (secteur 12), d'autres secteurs situés directement à proximité (notamment le secteur 08 et quelques petits immeubles au nord-est du secteur 02). A la lumière de cet élément, un CAD alimenté par l'eau du lac ne peut pas être exclu à ce stade, quand bien même les critères indiqués dans le Tableau 23 ne sont pas entièrement satisfaits. Seule une étude détaillée pourra apporter une réponse précise.

Enfin, précisons encore que si l'on voulait connecter le centre du village, au CAD projeté par les SI de Nyon pour la Ville de Nyon¹⁷, il faudrait une longue conduite « morte » qui passerait par la Route de Saint-Cergue, puis la Route d'Oulteret, avant de continuer par la Route de l'Etraz jusqu'à Prangins (cf. Figure 36). Ceci rendrait le projet d'extension du CAD de Nyon difficilement rentable [19].

¹⁶ Les bâtiments concernés sont ceux de la voirie (déjà au bois), du Café-Restaurant les Abériaux (déjà au bois), de la STEP (actuellement au mazout) qui sera transformée en station de pompage (STAP, pour rediriger les eaux usées vers la STEP de Nyon), et de la villa du garde port (mazout).

¹⁷ Les SI de Nyon envisage un projet CAD pour le nord de Nyon, qui devra couvrir à terme (2050) 70 GWh/an. Le bois est prévu dans un 1^{er} temps à hauteur de 35 GWh/an, avec la géothermie pour 20-25 GWh/an supplémentaires (à confirmer) à terme. Les eaux usées de la STEP pourraient amener 15 GWh/an supplémentaires. [19]

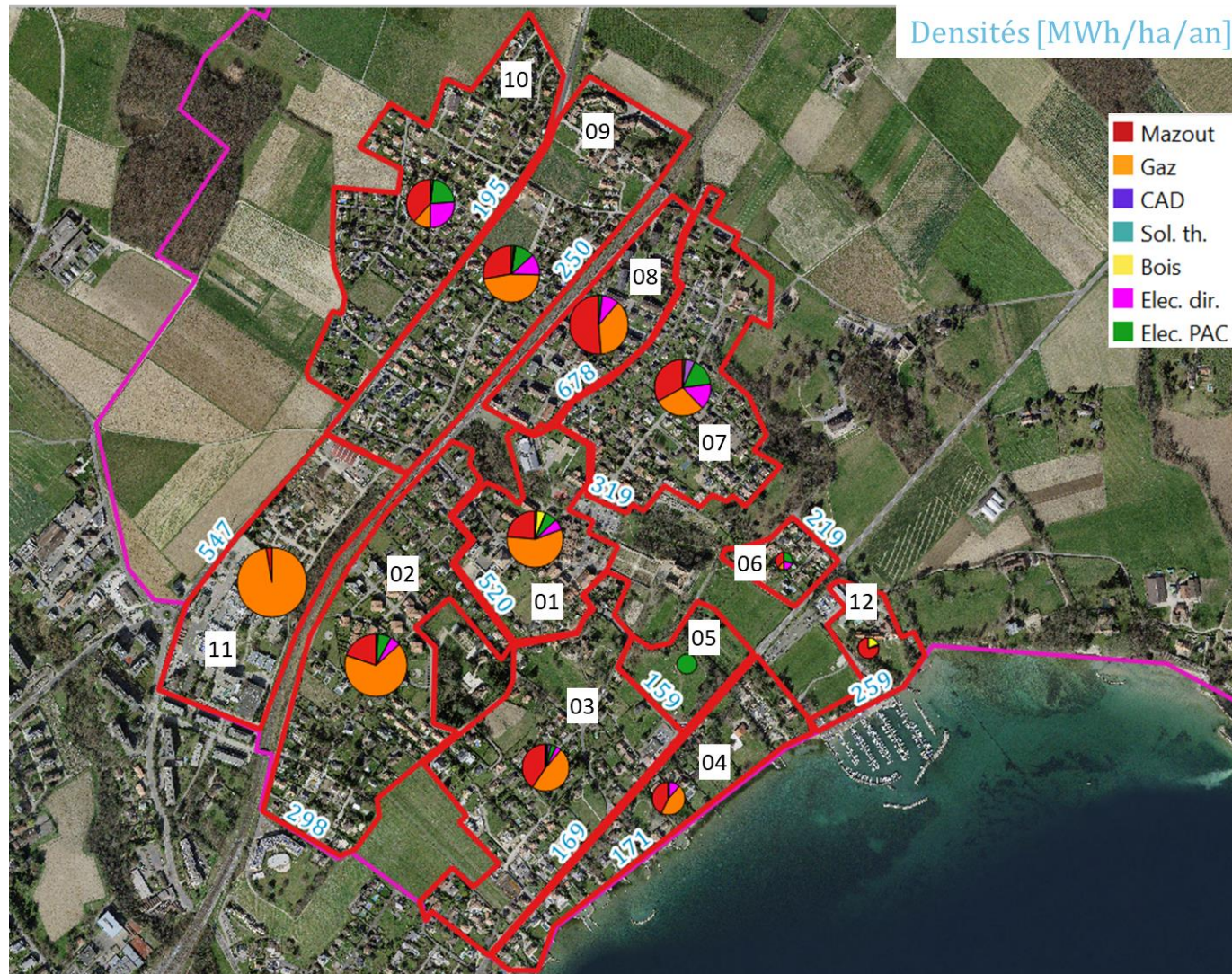


Figure 34 : Densité de chaleur par secteur en MWh/ha/an (chiffre en bleu), et proportions des agents énergétiques (la taille du camembert est proportionnelle aux besoins de chaleur)

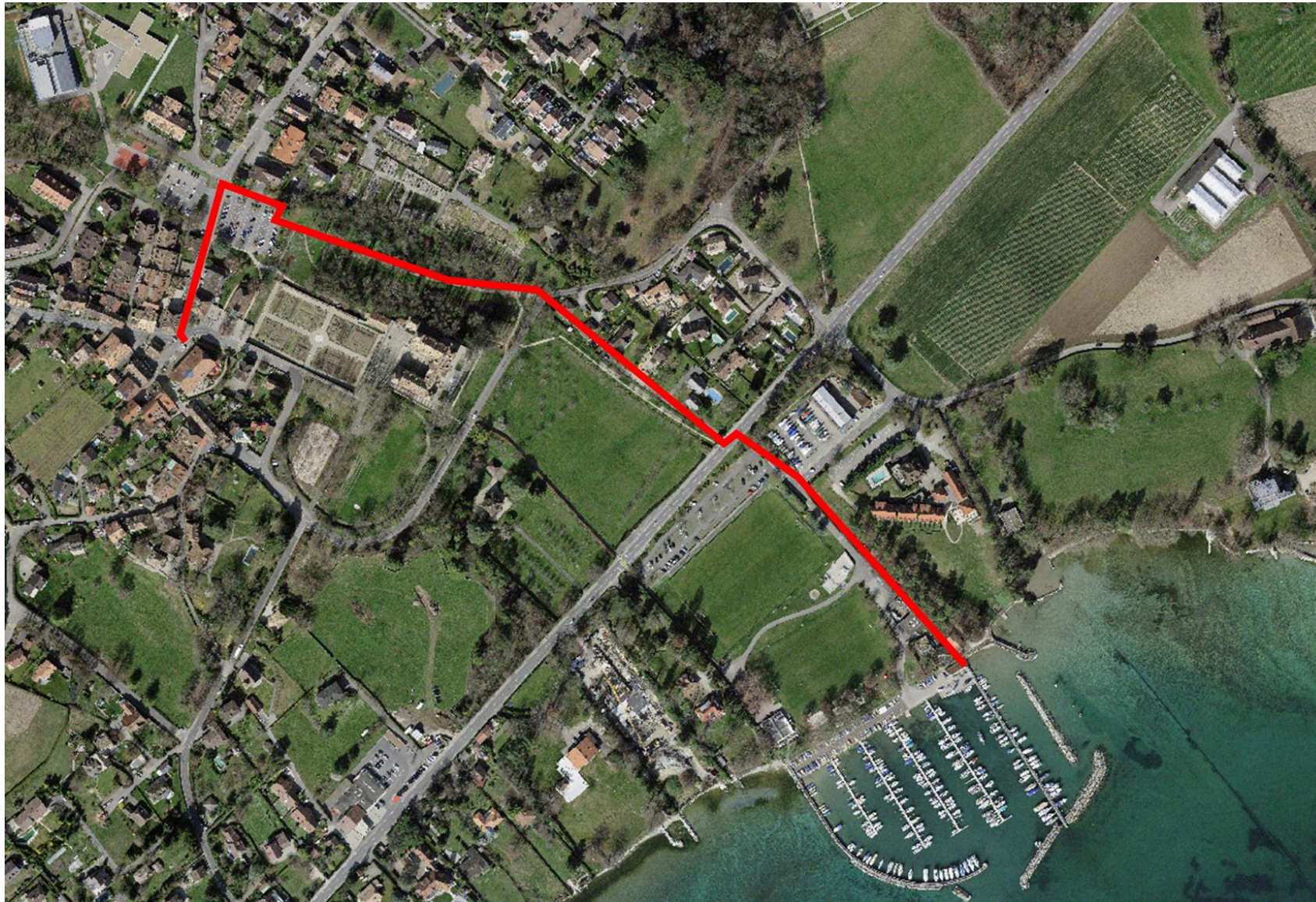


Figure 35 : Tracé approximatif d'une conduite (en rouge) reliant la station de pompage au centre du village



Figure 36 : Cheminement de la conduite reliant le CAD en projet pour la Ville de Nyon à Prangins [19]

8 Scénarios d’approvisionnement énergétique

8.1 Principes de base

Pour définir des scénarios d’approvisionnement énergétiques pour la commune de Prangins, on peut faire la distinction entre quatre types différents de quartiers, s’agissant du type du bâti et donc des besoins énergétiques (si on exclut la zone industrielle, plutôt tournée vers Nyon). Ces quatre types sont :

1. Les quartiers de villas (typiquement les secteurs 02 (à l’exception des petits immeubles au nord-est du secteur), 03, 04, 06, 07, 09 et 10),
2. Le quartier d’immeubles d’habitation collectifs (secteur 08),
3. Le centre historique du village (secteur 01 et le Château de Prangins),
4. Le quartier des Abériaux (secteur 12) et sa grande variété d’affectations.

L’analyse des ressources énergétiques n’a pas permis de mettre en évidence des spécificités selon les secteurs. En effet, toutes les ressources peuvent être considérées comme étant également réparties sur le territoire communal, hormis le Léman. Et même pour le Léman, étant donné que la valorisation de l’énergie comprise dans l’eau du lac devrait de toute façon se faire à l’aide d’un réseau de conduites pour que ce soit techniquement faisable (pour amener l’eau vers les bâtiments), même les maisons situées directement au bord du Léman n’auraient pas un avantage prépondérant par rapport aux autres bâtiments plus éloignés. Ce d’autant plus que, encore une fois, la pointe nord du village est à environ 1,5 km du lac, ce qui n’est, en soi, pas une grande distance pour un réseau thermique.

L’analyse des ressources a également montré qu’à part pour la géothermie basse profondeur, aucune des ressources disponibles n’a de réelle limite physique si on regarde le bilan annuel (cf. Tableau 22).

Au vu de ce qui précède, les scénarios d’approvisionnement ci-dessous peuvent être proposés pour les différents secteurs.

Quartiers de villas (typiquement les secteurs 02 (partie villas), 03, 04, 06, 07, 09 et 10)

Les quartiers de villas individuelles, de par leur densité thermique et leur topologie, sont surtout propices à la mise en place de pompes à chaleur (air/eau ou sol/eau), comme c’est d’ailleurs le cas pour le nouveau secteur 05 (le quartier d’habitation de L’Orangerie), ou de chaudières à pellets (pour autant que le bois vienne de Suisse, sans quoi le bilan environnemental est péjoré) pour les besoins de chaleur. Techniquement il serait bien entendu possible de connecter les secteurs situés au sud des voies ferrées (secteur 02, 03, 04, 06 et 07) à un CAD, si une telle installation était mise en place pour le centre du village (secteur 01, cf. ci-dessous), mais la rentabilité devrait être vérifiée. Par ailleurs, on pourrait imaginer connecter le secteur 06 à la conduite d’eau potable passant à l’est du château (cf. section 6.6), via une pompe à chaleur.

En ce qui concerne les besoins en électricité, la seule option est la mise en place de panneaux photovoltaïques en toitures.

Enfin, pour les villas construites avant 1960, il est vivement recommandé de vérifier préalablement si une rénovation n’est pas pertinente, avant de procéder au changement de la production de chaleur (cf. section 4.7.2).

Quartier d’immeubles d’habitation collectifs (typiquement le secteur 08)

Le quartier d’immeubles d’habitation aurait pu être propice, de par sa densité thermique, à la mise en place d’un CAD. Le problème cependant est que ce quartier est isolé de toute infrastructure de ce type. La seule option a priori cohérente qu’on peut définir, à ce stade, serait d’imaginer de mettre en place un

CAD alimenté par du bois ou l'eau du lac pour le centre du village, et de profiter de connecter aussi le quartier d'immeubles. Ceci dit, en l'absence de CAD pour le centre du village, et sans connaissance préalable de l'option qui sera retenue pour le centre du village, on préconisera plutôt des pompes à chaleur, ou éventuellement des chaudières à bois.

En ce qui concerne les besoins en électricité, comme pour les villas, la seule option est la mise en place de panneaux photovoltaïques en toitures.

Enfin, pour les bâtiments construits avant 1960, il est vivement recommandé de vérifier préalablement si une rénovation n'est pas pertinente, avant de procéder au changement de la production de chaleur (cf. section 4.7.2).

Centre historique du village (secteur 01) et Château de Prangins

Le centre du village pourrait accueillir quelques pompes à chaleur sol/eau. Ceci dit, globalement, si on souhaite passer entièrement à des énergies renouvelables, un CAD reste la seule option pertinente pour la production de chaleur (cf. aussi section 7). Rappelons à ce sujet qu'une précédente étude avait été faite en 2010, pour alimenter au CAD une partie du centre du Village, et plus précisément ce qui était alors la nouvelle école enfantine, l'UAPE, le Centre communal des Morettes, et les futurs EMS et immeubles locatifs [66]. Cette étude était arrivée à la conclusion que le CAD était trop cher. Il faut cependant se rappeler qu'à l'époque :

- cette étude était limitée aux bâtiments précités (typiquement le château n'avait pas été inclus) ;
- la chaudière des Morettes était encore relativement nouvelle et donc potentiellement pas encore amortie, ce qui rendait le remplacement de cette chaudière par une connexion à un nouveau CAD difficile à justifier économiquement ;
- depuis 2010, deux votations populaires ont été acceptées au niveau fédéral (la Stratégie Energétique 2050 et la Loi sur le climat), et plusieurs dispositions cantonales ont été appliquées, modifiant les exigences et les attentes, notamment de la population par rapport aux collectivités publiques, au niveau énergétique.

Au vu de ce qui précède, et malgré cette première étude de 2010, on ne peut plus exclure qu'un CAD pour le secteur 01 (centre du village) redevienne une option sérieuse à étudier (cf. aussi Section 7). Ce d'autant plus qu'entre temps, de nombreuses chaudières arrivent en fin de vie dans les différents bâtiments du secteur. Quant à la production d'électricité, si l'on s'en tient aux directives de la protection du patrimoine, la mise en place de panneaux photovoltaïques sera compliquée¹⁸. Par conséquent, on préconisera dans un premier temps des panneaux photovoltaïques là où c'est possible, et l'achat d'électricité renouvelable ailleurs.

Enfin, pour les bâtiments construits avant 1960, il est vivement recommandé de vérifier préalablement si une rénovation n'est pas pertinente, avant de procéder au changement de la production de chaleur (cf. section 4.7.2).

Les Abériaux (secteur 12)

Les quartiers des Abériaux, de par sa densité thermique et sa topologie, serait a priori surtout propice à la mise en place de pompes à chaleur (air/eau ou sol/eau) ou de chauffages bois, comme c'est d'ailleurs

¹⁸ L'utilisation de tuiles solaires reste possible. S'agissant d'un monument historique d'importance nationale, il s'agirait là cependant pour ainsi dire d'un projet pilote. Ceci dit, des tuiles solaires ont déjà été utilisées pour rénover des anciennes fermes.

le cas pour les zones villas. Ceci dit, et comme déjà évoqué, si un CAD sur l'eau du lac est is en place, il serait pertinent de connecter au passage ce secteur au CAD.

En ce qui concerne les besoins en électricité, la seule option est la mise en place de panneaux photovoltaïques en toitures.

Enfin, pour les bâtiments construits avant 1960, il est vivement recommandé de vérifier préalablement si une rénovation n'est pas pertinente, avant de procéder au changement de la production de chaleur (cf. section 4.7.2).

Les scénarios d'approvisionnement sont schématisés dans la Figure 37 ci-après (où le secteur comprenant Haleon n'est pas intégré). L'ordre des ressources dans la légende correspond à un ordre de priorité tel qu'on peut le définir avec le niveau de détail correspondant à celui d'un CET. Pour le secteur 01 et le secteur 12, aucun critère ne permet actuellement de définir lequel du bois ou du lac est prioritaire, l'ordre n'a aucun ici que peu d'importance. D'une manière générale, pour tous les secteurs hormis le secteur 01 (le centre du village) et 12 (Les Abériaux), on a choisi de mettre en priorité l'air ou la géothermie (donc les PAC), étant donné que la mise en place d'un CAD, qu'il soit alimenté par du bois ou par l'eau du Léman, dépendra potentiellement de ce qui peut justement se faire pour le centre du village et les Abériaux. Ceci dit, si un CAD est effectivement retenu, ce dernier pourrait alors devenir prioritaire pour d'autres secteurs également. Ce d'autant plus que le gros avantage du CAD, est qu'il permet de basculer rapidement de nombreux bâtiments des énergies fossiles aux énergies renouvelables.

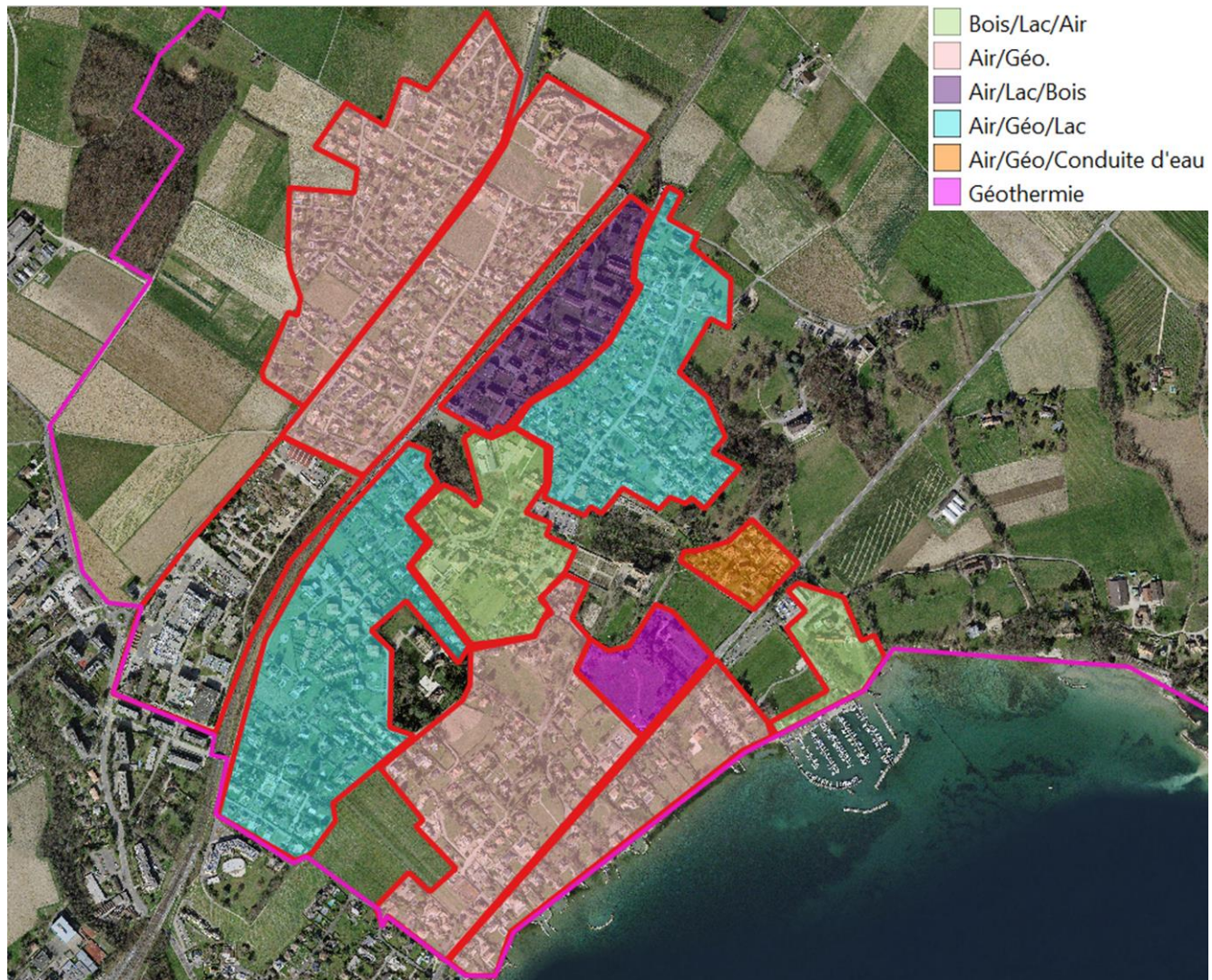


Figure 37 : Représentation par quartier des principales ressources énergétiques pour satisfaire les besoins thermiques (le soleil pour les panneaux PV est implicitement inclus pour tous les quartiers)

8.2 Evolution entre 2022, 2030 et 2050

Comme cela a été montré dans la section 8.1 ci-dessus, il n’y a en général pas une seule ressource qui s’impose naturellement, quel que soit le secteur. Bien souvent, on se trouve face à une multitude d’options possibles, qui se distinguent principalement en fonction du pourcentage que chacune des ressources énergétiques peut prendre dans le mix d’approvisionnement final. Or, comme il n’est pas possible de calculer les performances environnementales d’une multitude de scénarios (cf. chapitre suivant), il convient de faire des choix, notamment en ce qui concerne :

- le remplacement des chaudières à mazout (taux de remplacement annuel et technologie de remplacement),
- le remplacement des chaudières à gaz (taux de remplacement annuel et technologie de remplacement),
- le remplacement des chauffages électriques directs (taux de remplacement annuel et technologie de remplacement),
- le taux de rénovation des bâtiments,
- la mise en place de CAD,
- La ressource qu’on souhaite privilégier (p.ex. PAC air/eau ou PAC sol/eau).

Les hypothèses concernant les taux de remplacement sont indiqués dans le Tableau 24 ci-après. Les valeurs ne sont bien entendu que des indications, basées, d’une part, sur ce qui se fait actuellement (ceci est surtout vrai pour les hypothèses à l’horizon 2030) et, d’autre part, sur ce qui devrait être entrepris pour atteindre les objectifs en 2050 (notamment la suppression des énergies fossiles pour la production de chaleur). Les hypothèses à l’an 2030 ont été volontairement choisies plus ou moins en conformité avec la réalité actuelle, étant donné qu’il n’y a pas beaucoup d’éléments qui permettent d’envisager que les taux de rénovation, par exemple, pourront être sensiblement augmentés ces 5 à 7 prochaines années, par rapport à ce qui se fait actuellement (hypothèse conservatrice).

		D'ici 2030	D'ici 2050	Remarque
Taux de remplacements (Valeurs basées sur des moyennes cantonales et fédérales)	Chaudières mazout par PAC	1 %/an	2,5 %/an	%/an de la SRE chauffée au mazout
	Chaudières mazout par bois	0,15 %/an	0,18 %/an	%/an de la SRE chauffée au mazout
	Chaudières gaz par PAC	1 %/an	4 %/an	%/an de la SRE chauffée au gaz
	Chaudières gaz par bois	0,15 %/an	0,54 %/an	%/an de la SRE chauffée au gaz
	Chauff. Elec. par PAC	1 %/an	4,1 %/an	%/an de la SRE chauffée à l'elec. direct
Taux de rénovation		0,95%	1,50%	%/an de la SRE chauffée au mazout
Taux de pénétration PV (basé sur www.swissolar.ch)		312 MWh/an	625 MWh/an	

Tableau 24 : Taux de remplacement des chaudières (mazout, gaz et électrique direct), taux de rénovation des bâtiments et taux de pénétration du PV

Les hypothèses suivantes ont en outre été faites :

- La réduction des besoins de chaleur dans les bâtiments rénovés : 35%.
- Les bâtiments chauffés au mazout sont rénovés en priorité¹⁹, et sont alimentés par une PAC après rénovation. Les bâtiments chauffés au mazout qui ne sont pas rénovés, sont chauffés soit par une

¹⁹ Le choix de rénover en priorité les bâtiments chauffés au mazout plutôt que les bâtiments chauffés au gaz est basé sur les deux éléments suivants : le taux de rénovation en Suisse est encore très limité, or les chaudières à mazout sont plus problématiques que les chaudières à gaz. Il est donc pertinent, au niveau d’un CET où il n’est pas possible de calculer toutes les options possibles, de faire ce choix. Ceci étant, il est évident que dans l’idéal les vieux bâtiments chauffés au gaz devraient aussi être rénovés avant de passer à une PAC.

PAC, soit avec du bois (pellets) d'ici 2050, selon les taux de remplacement indiqués dans le tableau ci-dessus.

- Les bâtiments chauffés au gaz ne sont pas rénovés¹⁹, par contre leur système de production de chaleur est remplacé par des PAC ou des chaufferies à bois (pellets) d'ici 2050.
- Entre 2030 et 2050, l'ensemble de l'électricité vendue à la Commune (qu'il s'agisse des bâtiments de la Commune ou de privés) passera d'un mix SEIC *standard* (basé sur les ventes de 2021 [57]) à un mix *SEIC bénéfique* dès 2050., à savoir :

Mix *SEIC standard* :

1. 66,83% hydraulique,
2. 6,70% d'électricité ayant bénéficié d'un programme de subventionnement de la Confédération, et considéré comme étant du PV 100% local dans le cadre de cette étude,
3. 0,63% de PV, considéré comme 100% local dans le cadre de cette étude,
4. 25,84% nucléaire,

Mix *SEIC bénéfique* :

1. 90% d'électricité hydraulique (dont 2% local),
 2. 10% PV (considéré à 100% comme étant local).
- La répartition entre PAC air/eau et PAC sol/eau reste la même que la répartition actuelle, à savoir 78% de PAC air/eau et 22% de PAC sol/eau, sauf pour le secteur *Le Clos*, pour lequel on connaît la répartition exacte (100% PAC sol/eau).
 - Le taux de pénétration du PV en MWh/an est basé sur la moyenne nationale de 0,3m²/hab/an indiquée par swissolar [59].
 - Les besoins de froid ont été négligés dans la suite de l'analyse, tout comme le site Haleon.
 - Aucun des deux scénarios ne comprend de panneaux solaires thermiques. C'est un choix délibéré, dans la mesure où la mise en place de tels panneaux a chuté ces dernières années, étant donné que la tendance s'est largement déplacée vers une combinaison PAC+PV [59].

Remarquons que le scénario 2050 est très ambitieux, puisqu'il prévoit, par exemple :

1. 2,5 fois plus de remplacements de chaudières à mazout par des PAC (2,5%/an à la place de 1%/an, rapporté à la SRE),
2. 4 fois plus de remplacements de chaudières à gaz par des PAC (4%/an à la place de 1%/an, rapporté à la SRE),
3. +50% au niveau des rénovations de bâtiments (1,5% à la place de 0,95%).

Comme expliqué plus haut, des valeurs de ce type sont cependant nécessaires, si l'on considère un approvisionnement énergétique majoritairement décentralisé pour la chaleur (ce qui est le cas actuellement, pour des questions de rentabilité), et que l'on doit atteindre la neutralité carbone en 2050.

Enfin, en accord avec le mandat, deux options distinctes ont été évaluées :

- Option 1 : La chaleur pour le secteur 01 est fournie par un CAD alimenté au bois. Les autres secteurs suivent une évolution « standard » avec les valeurs indiquées dans le Tableau 24 ci-dessus.

- Option 2 : La chaleur pour les secteurs 01, 08 et 12 est fournie par un CAD alimenté par l'eau du lac²⁰. Les autres secteurs suivent une évolution « standard » avec les valeurs indiquées dans le Tableau 24 ci-dessus.

En suivant les valeurs indiquées dans le Tableau 24 ci-dessus, on obtient le mix énergétique présenté dans le Tableau 25 ci-dessous pour satisfaire les besoins de chaleur à l'horizon 2030 et 2050, selon l'option 1. Le mix est donné pour la Commune dans son entier. En effet, la répartition par secteur n'est plus requise, étant donné que ce mix va essentiellement servir pour évaluer le bilan environnemental (chapitre suivant), qui se donne à l'échelle de la Commune dans son ensemble.

Remarque : S'agissant de l'option 2, pour laquelle une étude approfondie doit encore être réalisée pour s'assurer de la pertinence notamment économique de cette option, seuls les résultats les plus importants seront donnés, afin d'éviter d'alourdir inutilement le rapport, et de perdre en lisibilité.

Technologie	2022	2030	2050
Chaudière à mazout	14 324	11 034	0
Chaudière à gaz	14 491	11 063	0
Electrique direct	3 700	3 173	0
Bois	477	4 399	4 399
PAC eau du Lac	0	0	0
PAC air/eau ou sol/eau	4 017	8 106	32 208
Reste	795	795	795
TOTAL	37 804	38 571	37 403

Tableau 25 : Répartition des besoins de chaleur en fonction des technologies qui permettent de satisfaire ces besoins, selon l'option 1 (secteurs 01 alimenté par un CAD bois)

On constate qu'entre 2022 et 2030 les besoins totaux augmentent légèrement (38'571 MWh/an en 2030 contre 37'804 MWh/an en 2022), ce qui est dû aux nouveaux développements (projets urbanistiques) qui engendrent des besoins supplémentaires qui sont supérieurs aux besoins qui peuvent être réduits grâce aux rénovations. De 2030 à 2050, il n'y a plus de nouveaux développements considérés, et les besoins diminuent au gré des rénovations.

Le Tableau 26 ci-après indique le mix pour la production d'électricité. Ce mix est directement proportionnel au taux de pénétration du photovoltaïque.

	2022	2030	2050
Electricité de réseau	14 760	10 796	878
Electricité photovoltaïque "privé"	508	5 507	19 275
TOTAL	15 269	16 303	20 152

Tableau 26 : Répartition des besoins d'électricité en fonction des ressources qui permettent de satisfaire ces besoins, selon l'option 1 (secteurs 01 alimenté par un CAD bois)

²⁰ Les immeubles des Mélèzes, au nord-est du secteur 02, pourraient aussi être connectés au CAD, le cas échéant. Ceci dit, ces immeubles n'ont pas été inclus pour faire les calculs dont les résultats sont indiqués dans la Figure 40, la Figure 41 et le Tableau 31. En effet, ceci aurait nécessité de scinder le secteur 02, tel qu'initialement défini, et de refaire l'ensemble des calculs. Or ceci n'était malheureusement plus faisable dans le temps à disposition. Ceci dit, cela ne changerait pas fondamentalement les résultats, étant donné que pour ces immeubles, l'hypothèse de calcul qui a été faite, est de mettre des pompes à chaleur air/eau (en lieu et place de pompes à chaleur eau/eau, si un CAD sur l'eau du lac est mis en place).

La Figure 38 et la Figure 39 ci-dessous reprennent les valeurs du Tableau 25 et du Tableau 26 de manière graphique.

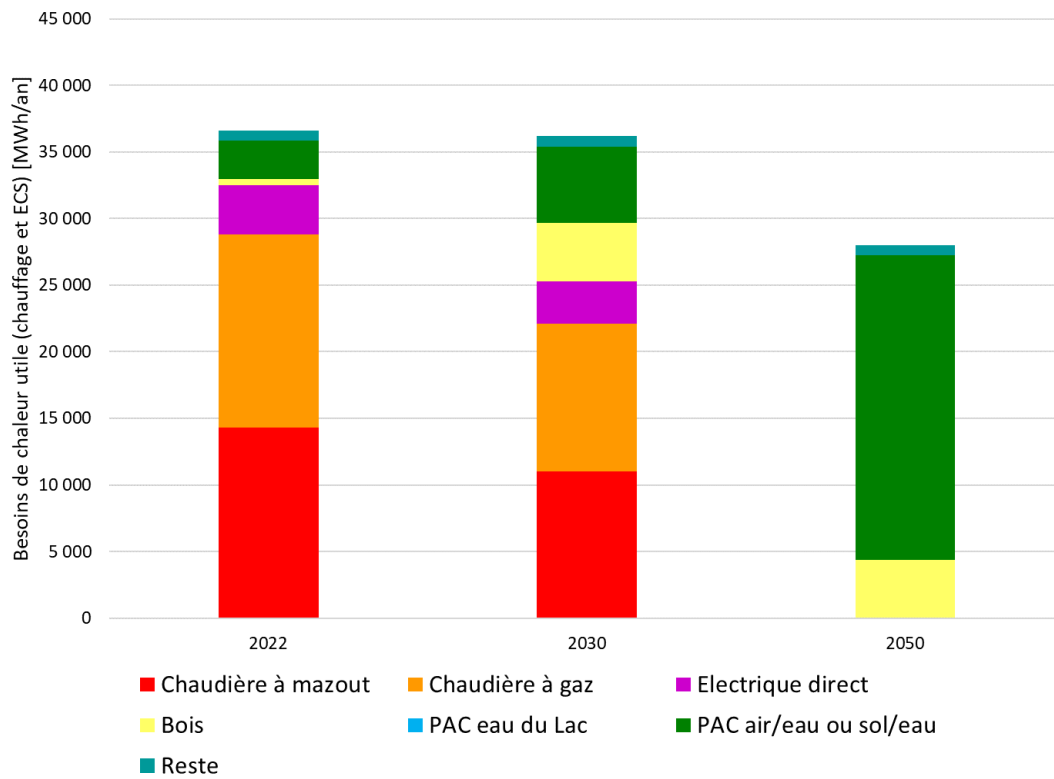


Figure 38 : Mix relatif aux besoins de chaleur, pour l'ensemble de la Commune, selon l'option 1 (secteurs 01 alimenté par un CAD bois)

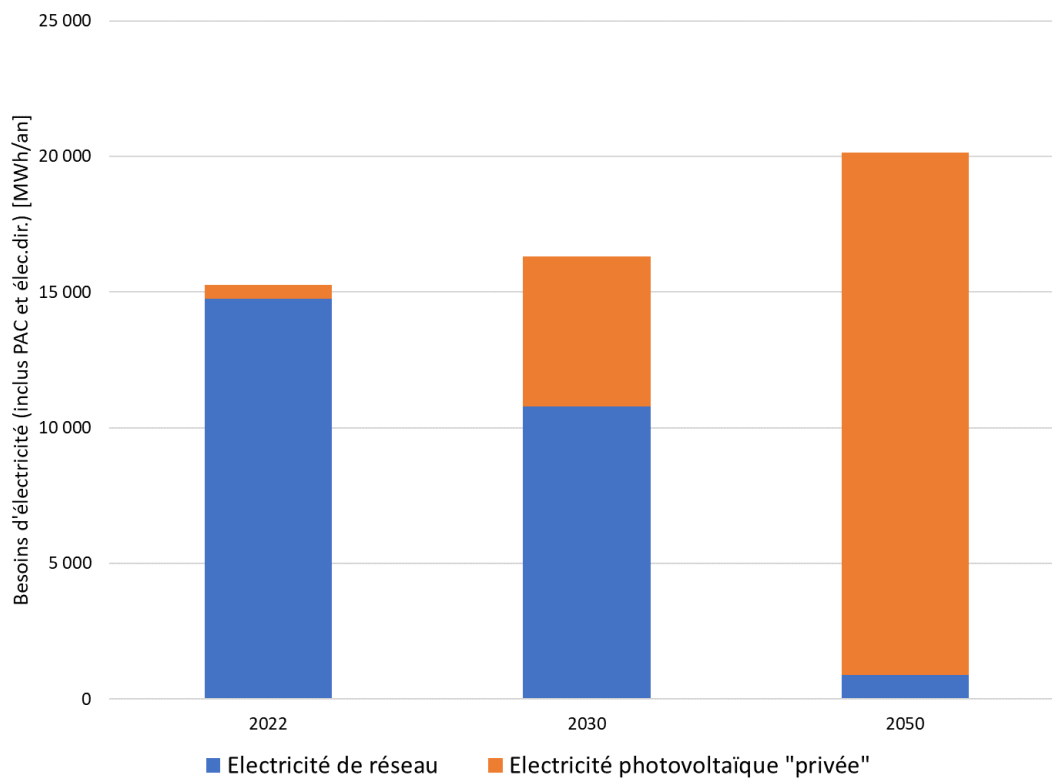


Figure 39 : Mix relatif aux besoins d'électricité, pour l'ensemble de la Commune, selon l'option 1 (secteurs 01 alimenté par un CAD bois)

Précisons qu'au vu des hypothèses faites plus haut, l'électricité de réseau passe d'un mix incluant de l'électricité nucléaire jusqu'en 2030 (SEIC standard), à un mix entièrement renouvelable en 2050 (SEIC Bénéfic). Ainsi, en 2050 il n'y a plus d'électricité non renouvelable.

La Figure 40 ci-après montre le mix électrique pour l'option 2, à savoir l'option dans laquelle les secteurs 01, 08 et 12 sont alimentés par un CAD sur l'eau du lac. Etant donné que le coefficient de performance d'une PAC sur l'eau du lac est meilleure que celui d'une PAC air/eau ou sol/eau, la Commune dans son ensemble a besoin de moins d'électricité. Ainsi, avec le même taux de pénétration d'électricité PV que celui qui a été considéré pour l'option 1, on remarque l'électricité de réseau est négative. Ce que cela signifie, est qu'en réalité la Commune produit plus d'électricité, annuellement, que ce dont elle a besoin, et doit/peut la revendre au réseau.

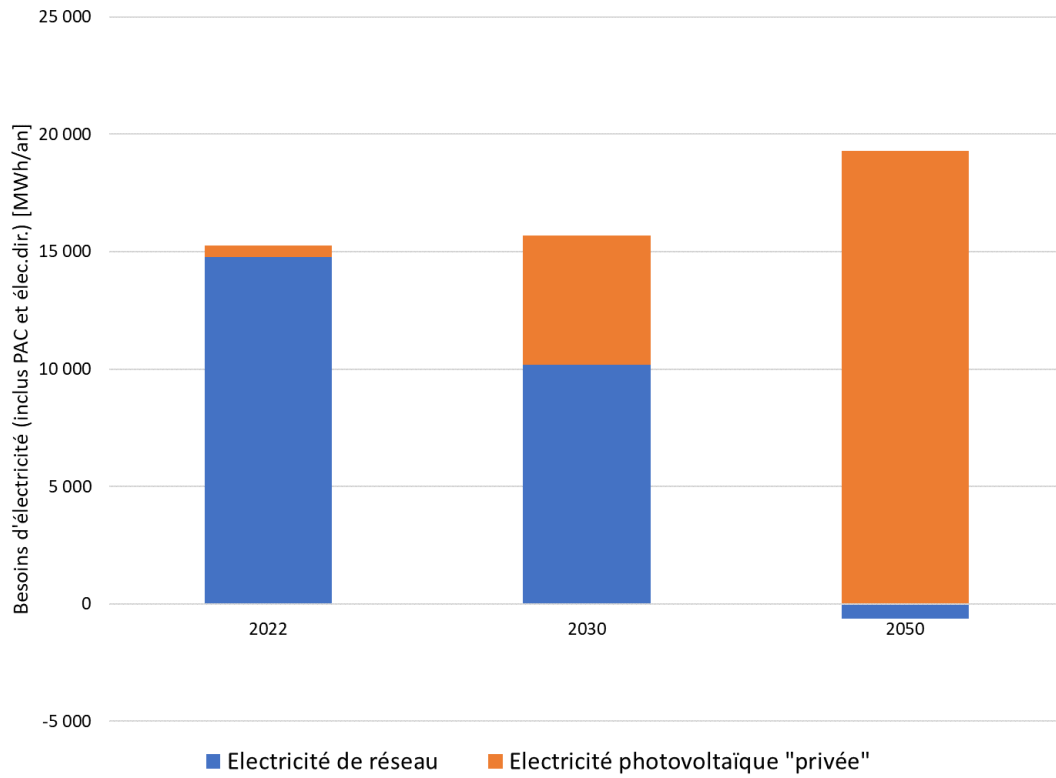


Figure 40 : Mix relatif aux besoins d'électricité, pour l'ensemble de la Commune, selon l'option 2 (secteurs 01, 08 et 12 alimentés par un CAD sur l'eau du lac

9 Analyse environnementale

La présente section a pour but de quantifier les paramètres relatifs aux aspects environnementaux des différents scénarios d’approvisionnement, à savoir :

- La consommation d’énergie finale,
- La consommation d’énergie primaire²¹,
- Les émissions de CO₂,
- La part d’énergies renouvelables,
- La part d’énergie importée (c’est-à-dire vaudoise),
- Les émissions de polluants atmosphériques (NOx, SO₂, CO).

Les hypothèses et valeurs suivantes ont été faites, respectivement prises, pour calculer les paramètres relatifs aux aspects environnementaux :

- Les valeurs d’émissions et les facteurs d’énergie primaire non renouvelables des différentes ressources sont tirés du KBOB de la Confédération [60], les valeurs d’émissions de polluants atmosphériques sont tirées de la Fiche d’information *Facteurs d’émission des chauffages* de l’Office Fédéral de l’Environnement [61]. Quant aux pourcentages d’énergie finale vaudoise (dernière colonne du tableau), ces derniers ont été calculés/estimés sur la base des informations disponibles (notamment pour le mix électrique SEIC). Toutes les valeurs utilisées dans la présente étude sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Ressource	Emissions de polluants atmosphériques				Energie primaire totale		Energie finale
	CO ₂ éq.	NOx	SO ₂	CO	Renouvelable	Non renouvelable	% VD
	[kg/MWh]	[mg/MWh]	[mg/MWh]	[mg/MWh]	[kWh/kWh]	[kWh/kWh]	
Mazout	343	133 200	43 200	46 800	0,01	1,25	0%
Gaz	234	64 800	1 800	50 400	0,00	1,05	0%
Bois (CAD)	26	486 000	36 000	1 080 000	1,03	0,03	100%
Bois (pellets)	28	486 000	36 000	1 080 000	1,05	0,13	100%
Hydraulique	12	N.A.	N.A.	N.A.	1,17	0,03	0%
Nucléaire	24	N.A.	N.A.	N.A.	0,01	4,21	0%
Solaire PV	44	N.A.	N.A.	N.A.	1,09	0,16	100%
Energie ambiante	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,00	0,00	100%
Electricité SEIC 2030	17	N.A.	N.A.	N.A.	0,86	1,12	7%
Electricité SEIC 2050	15	N.A.	N.A.	N.A.	1,16	0,04	12%

Tableau 27 : Valeurs environnementales liées aux différentes ressources énergétiques : polluants atmosphériques, énergie primaire totale (renouvelable et non renouvelable), et pourcentage vaudois de l’énergie finale [60]-[61]

²¹ L’énergie primaire est l’énergie sous forme brute, par encore soumise à une quelconque conversion, transformation ou transport. Des exemples sont le pétrole brut, le gaz, l’uranium ou le charbon sous terre, le bois sur pied, le rayonnement solaire, l’énergie potentielle de l’eau ou encore l’énergie cinétique du vent. Le *Facteur d’énergie primaire* est la quantité d’énergie primaire requise pour fournir une certaine quantité d’énergie au bâtiment, rapportée à cette quantité. [65]

- En ce qui concerne le bois, malgré le fait que la Commune elle-même ne dispose pas de ressources, il a été considéré comme « local », puisque le canton de Vaud dispose, lui, encore de ressources.
- En ce qui concerne les pompes à chaleur, les coefficients de performance COP utilisés sont issus du *Cahier Technique 2040* de la SIA [62], en considérant une répartition de 78% de PAC air/eau et 22% de PAC sol/eau :

Type de PAC	COP
PAC sur sondes	3,9
PAC air/eau	3,3
COP moyen	3,4

- Pour les chaudières, les rendements suivants ont été pris. Ces rendements sont issus du *Cahier Technique 2040* de la SIA [62] et de l'outil *Erneuerbar Heizen* [63]:

Technologie	Rendement
Chaudière à gaz	0,85
Chaudière à mazout	0,9
Chaudière individuelle à pellets	0,9
Rendement CAD	0,95

Les résultats de l'analyse environnementale sont indiqués dans les tableaux et figures ci-dessous. En plus des deux scénarios ci-dessus (scénario 2030 et scénario 2050), les performances environnementales du scénario actuel, tel qu'il s'est présenté en 2022, ont également été évaluées, à titre de comparaison.

	2022	2030	2050
Energie finale	52 573	53 189	48 121
Réduction p.r. 2020		1%	-8%
% énergie finale VD	4%	22%	51%
Energie primaire tot.	72 544	69 576	53 449
% énergie primaire tot. VD	8%	28%	98%
Energie primaire ren.	17 002	26 586	49 890
% énergie primaire ren. VD	25%	67%	99%
Parts d'énergies renouvelables	28%	46%	100%

Tableau 28 : Résultats de l'analyse environnementale, pour l'ensemble de la Commune : énergie finale, énergie primaire, énergie importée et énergies renouvelables, option 1

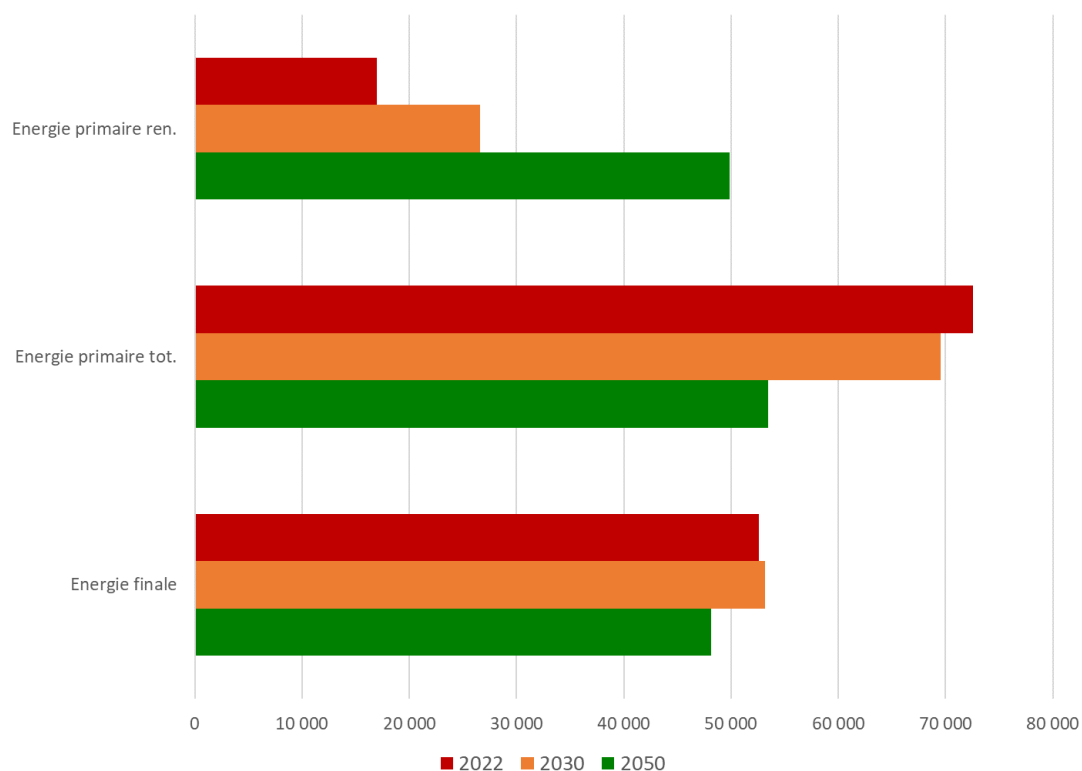


Figure 41 : Evolution de l'énergie primaire totale, l'énergie primaire renouvelable, et l'énergie finale, entre 2022 et 2050, option 1

		2022	2030	2050
Emissions CO ₂ éq.	[ton/an]	10 064	8 064	996
% réduction GES p.r. 2022			-20%	-90%
NO _x	[kg/an]	3 621	5 073	2 501
SO ₂	[kg/an]	779	769	185
CO	[kg/an]	2 250	6 820	5 557

Tableau 29 : Résultats de l'analyse environnementale, pour l'ensemble de la Commune : polluants atmosphériques, option 1

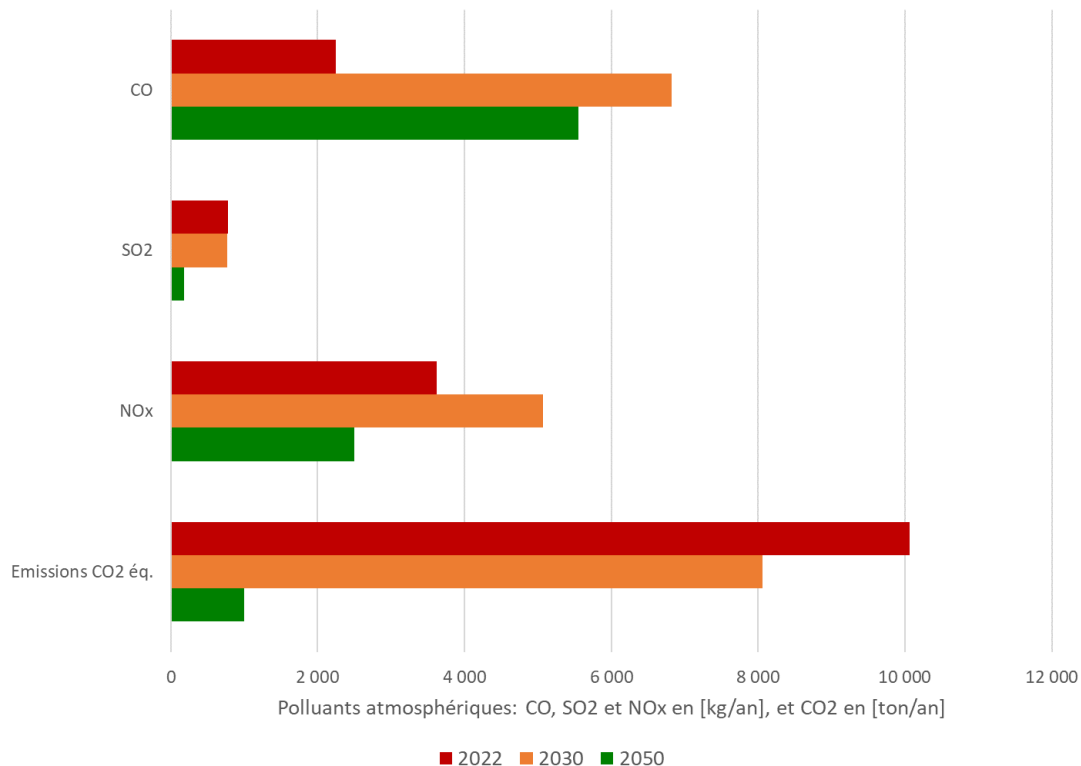


Figure 42 : Evolution des polluants atmosphériques entre 2022 et 2050, option 1

L'analyse des résultats indiqués dans les tableaux et figures ci-dessus appelle les commentaires suivants :

- L'objectif d'une neutralité carbone en 2050, tel que défini dans la **Loi sur le climat**, dans le domaine de l'approvisionnement énergétique pour la production de chaleur, nécessite d'augmenter considérablement la cadence de remplacement des chaudières à mazout ou à gaz. Il faudra en effet doubler, voire même tripler ou quadrupler le remplacement de ces chaudières par des pompes à chaleur ou des chaudières à bois (cf. valeurs indiquées dans le Tableau 24). Ceci n'est cependant pas propre à la commune de Prangins, mais une réalité qui se retrouve à l'échelon cantonal voire même national.
- La raison pour laquelle on n'arrive pas à la parfaite neutralité carbone en 2050 (on est à -90% par rapport à 2022, et non -100%, cf. Tableau 29 et Figure 42) vient un tout petit peu de la combustion du bois, mais surtout du fait que l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques n'est pas totalement neutre en carbone (cf. Tableau 27), pour tenir compte du fait que les panneaux sont produits en Chine. Ceci dit, ces valeurs vont encore évoluer d'ici 2050, si bien que les résultats du Tableau 28 doivent être analysés avec une certaine prudence. On pourrait d'ailleurs s'étonner du fait que l'électricité nucléaire est moins carbonée que l'électricité PV, contrairement à ce que révèlent certaines études. D'autre part, il sera aussi difficile d'à la fois maximiser l'énergie renouvelable locale vaudoise (donc le photovoltaïque) et en même temps minimiser les émissions de CO₂ en favorisant l'électricité hydraulique (qui est plutôt d'origine valaisanne, mais qui a moins d'émissions de CO₂ par kWh que l'électricité photovoltaïque). Ces points démontrent la nécessité de considérer ces valeurs pour ce qu'elles sont, à savoir des indicateurs plus que des valeurs absolues. Ce qui est surtout important, c'est d'analyser la tendance générale (qui indique bien des réductions importantes

d'émissions), et le fait de valoriser au maximum les énergies renouvelables locales quand c'est possible, et sinon supra-cantonale.

- L'objectif de la **CoCEn** d'augmenter la part d'énergie finale vaudoise à 35% en 2030 n'est pas atteint, en revanche celui de passer à 50% en 2050 est atteint avec les scénarios proposés. En revanche, l'objectif de réduction de la consommation d'énergie finale n'est atteint ni pour 2030 (-7%), ni pour 2050 (-14%). Ceci s'explique par deux raisons :
 1. On ne tient pas compte, dans le Tableau 28, de la population. Or les valeurs de +1% en 2030 et de -9% en 2050 devraient être pondérées par rapport au nombre d'habitants, si on s'en tient à la COCEn.
 2. Même en pondérant par rapport au nombre d'habitants, on n'obtiendrait cependant pas les valeurs demandées. Ceci est entre autres en partie lié au flou qui règne actuellement sur la manière de calculer l'énergie finale (manière qui n'est pas homogène entre le *Guide de planification énergétique* [2] et la COCEn [23]). Dans la version actuelle du guide, l'énergie ambiante (typiquement l'énergie soustraite à l'air ambiant ou au sol, dans le cas de pompes à chaleur) n'est pas comptabilisée (elle le sera dans la révision actuellement en cours). Ceci explique qu'il n'est pas possible d'atteindre les objectifs fixés par la COCEn avec la méthode de calcul préconisée par le guide. Ceci dit, l'énergie utilisée étant renouvelable et locale, les objectifs peuvent être considérés comme atteints.
- Avec les hypothèses faites, les objectifs du **Plan climat** ne seront largement pas atteints pour 2030 (-40% à -50% d'émissions de CO₂ par rapport à 2020). Si l'on veut pouvoir atteindre ces objectifs, il faudrait augmenter rapidement les taux de rénovations et/ou de remplacement de chaudières. Il faut cependant réaliser que la commune de Prangins elle-même n'a pas une grande marge de manœuvre pour les 7 prochaines années, à ce niveau-là.
- Globalement, le système énergétique gagne en efficacité, ce qui se voit au niveau de l'énergie primaire totale (énergie primaire non renouvelable et énergie primaire renouvelable), qui diminue jusqu'à 2050, passant de 72'544 MWh/an en 2022 à 53'449 MWh/an en 2050 (cf. Tableau 28 et Figure 41).
- Les polluants atmosphériques (CO, SO₂ et NO_x) ne diminuent pas vraiment entre 2022 et 2050, voire même ils augmentent de façon importante. Ceci est dû au CAD alimenté au bois, prévu pour le centre du village (secteur 01). Ces polluants atmosphériques sont précisément la raison pour laquelle ces installations nécessitent des filtres. Ceci dit, les générations actuelles de chaudières et de filtres permettent tout-à-fait de répondre aux directives du Canton [67].

En choisissant l'option 2, en lieu et place de l'option 1, le bilan serait sensiblement différent, puisque non seulement les problèmes liés au bois disparaîtraient, mais en plus, la Commune consommerait moins d'électricité. Les résultats sont présentés dans les deux tableaux et le graphique ci-après.

	2022	2030	2050
Energie finale	52 573	49 236	45 220
Réduction p.r. 2020		-6%	-14%
% énergie finale VD	4%	14%	43%
Energie primaire tot.	72 544	63 829	49 959
% énergie primaire tot. VD	8%	33%	101%
Energie primaire ren.	17 002	27 708	47 054
% énergie primaire ren. VD	25%	70%	101%
Parts d'énergies renouvelables	28%	52%	100%

Tableau 30 : Résultats de l'analyse environnementale, pour l'ensemble de la Commune : énergie finale, énergie primaire, énergie importée et énergies renouvelables, option 2

		2022	2030	2050
Emissions CO ₂ équ.	[ton/an]	10 064	6 385	850
% réduction GES p.r. 2022			-37%	-92%
NOx	[kg/an]	3 621	2 245	217
SO ₂	[kg/an]	779	465	16
CO	[kg/an]	2 250	1 494	481

Tableau 31 : Résultats de l'analyse environnementale, pour l'ensemble de la Commune : polluants atmosphériques, option 2

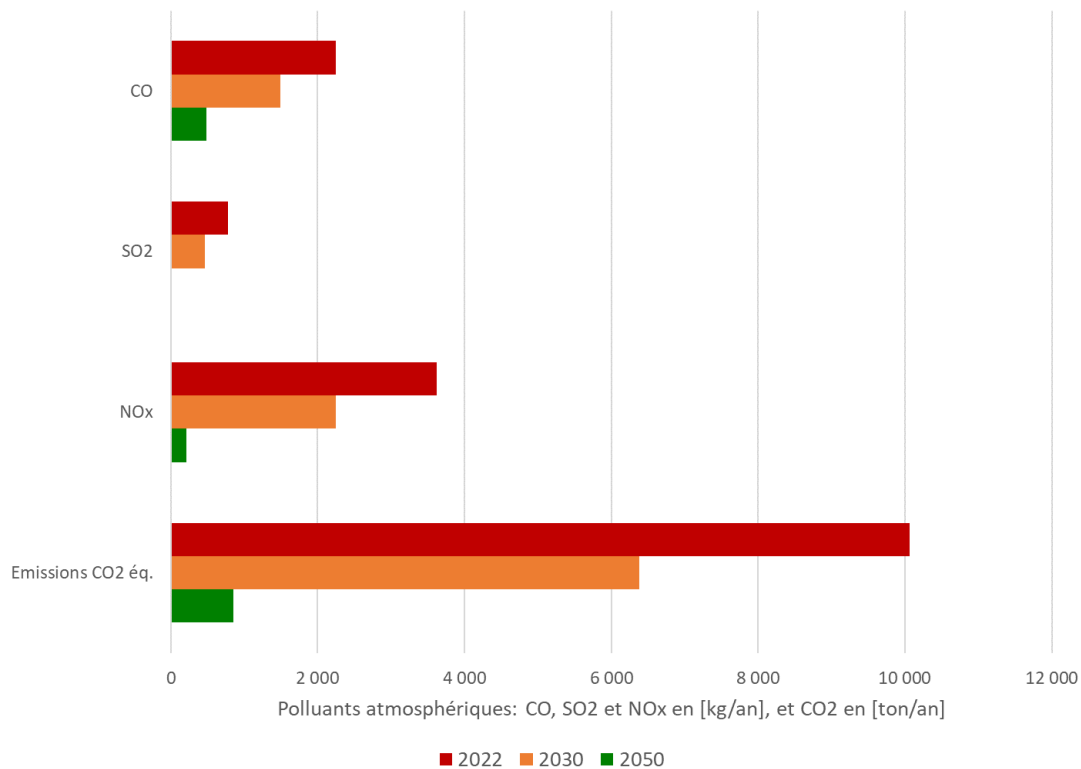


Figure 43 : Evolution des polluants atmosphériques entre 2022 et 2050, option 2

On constate qu'avec l'option 2, on pourrait presque atteindre les objectifs de la **CoCEn** (réduction de la consommation d'énergie finale pour 2030 de -7%, et pour 2050 de -14%), Tableau 30, ainsi que ceux du **Plan climat** pour 2030 (-40% à -50% d'émissions de CO₂ en 2030, par rapport à 2020), Tableau 31, sans parler des autres émissions de polluants qui disparaissent presque totalement. On constate en revanche,

dans le [Tableau 30](#), que la part d'énergie finale vaudoise est descendue à 43%, contre 51% dans le [Tableau 28](#). Cette anomalie vient du fait que l'énergie ambiante (en l'occurrence l'énergie soutirée à l'eau du lac) n'est pas comptabilisée selon la méthode actuelle du guide de planification énergétique [2] (en clair, dans le rapport entre, d'une part, la chaleur délivrée par la PAC aux bâtiments, et, d'autre part, l'énergie fournie à la PAC par l'eau du lac, on néglige l'énergie locale fournie par l'eau du lac). Comme expliqué plus haut, l'énergie ambiante figurera dans la version actuellement révisée du guide. Ceci étant, l'énergie utilisée étant renouvelable et locale, les objectifs peuvent être considérés comme atteints.

10 Recommandations

Au regard des objectifs fixés aux niveaux fédéral et cantonal en matière d'énergie et de CO₂, et au regard également de l'approvisionnement énergétique actuel de la commune de Prangins (plus de 80% de fossile), la Commune se doit d'adopter un scénario d'approvisionnement ambitieux, si elle souhaite atteindre les objectifs climatiques. Certes, que ce soit la Stratégie Energétique 2050 de la Confédération, le Plan climat ou encore la CoCEn, ces documents ne traduisent pas des objectifs que la Commune a elle-même fixés (contrairement par exemple au label Cité de l'Energie). La Commune a cependant clairement affiché sa volonté d'agir, comme en témoigne sa labélisation Cité de l'Energie. En outre, la commune de Prangins souhaite s'appuyer sur ces documents, ainsi que sur le présent CET, pour son prochain Plan d'action [66].

Le Scénario 2030, qui prévoit des taux de remplacement de chaudières ou de rénovations de bâtiments analogues à ce qui se pratique actuellement, ne permettra pas d'atteindre tous les objectifs en 2030 (soit dans 7 ans déjà). En revanche, à plus long terme, soit d'ici 2050, la Commune pourra atteindre les objectifs. Le scénario proposé est certes ambitieux, si l'on considère qu'il propose par exemple d'augmenter de 50% le taux de rénovation des bâtiments construits avant 1960 (1,5% à la place de 1%), ou qu'il propose de quadrupler le taux de remplacement des chaudières à gaz, mais il a le mérite de montrer clairement la direction dans laquelle la Commune doit aller, afin de respecter les buts de la CoCEn et du Plan climat. Comme on l'a vu, l'option de faire un CAD alimenté par l'eau du lac permettrait d'atteindre tous les objectifs environnementaux, encore faudra-t-il qu'il puisse être fait de manière rentable.

Les principales recommandations qu'on peut faire, pour aller dans le sens des scénarios proposés (ou du moins des réflexions inhérentes à ces scénarios), sont indiquées ci-dessous. Elles peuvent être catégorisées en deux groupes : les recommandations techniques, et les recommandations de gouvernance :

Recommandations techniques :

- Chaleur :
 - Etudier la possibilité de mettre en place un chauffage à distance (CAD) alimenté par le bois dans le secteur 01, voire même, mieux, par le l'eau du lac, e dans ce cas pour les secteurs 01, 08 et 12.
 - Etudier dans quelle mesure un tel CAD pourrait être étendu à d'autres secteurs et/ou comment les SI de Nyon pourraient être impliqués (sachant que des CAD sont en développement à Nyon).
- Electricité :
 - Procéder à une analyse détaillée des options d'installation de panneaux et/ou tuiles solaires dans le centre historique inscrit à l'ISOS avec un objectif de sauvegarde A. Etablir un plan cadastral et informer les propriétaires des toitures disponibles dans cette zone protégée par l'ISOS.
 - Inciter/faciliter l'installation de panneaux photovoltaïques.

Recommandations liées à la gouvernance :

- Chaleur :
 - Organiser une séance d'informations sur les enjeux liés à l'isolation/rénovation des bâtiments.
 - Inciter et/ou faciliter l'installation de PAC en groupant les intéressés et en proposant un appel d'offres (AO) groupé pour les propriétaires de chaudière à mazout.

➤ Electricité :

- Inciter et/ou faciliter l'installation de panneaux photovoltaïques par des actions groupées (comme cela a par exemple été fait à Epalinges pour le photovoltaïque).

D'une manière générale, la Commune peut aussi informer la population sur ce qu'elle a récemment entrepris dans le domaine énergétique. Cela permet non seulement de montrer le rôle exemplaire pris par la Commune, mais surtout d'échanger des expériences avec des personnes privées qui souhaiteraient faire des travaux identiques, à leur échelle, chez eux.

Enfin, la Commune peut également intervenir auprès du Canton pour mettre en évidence les difficultés qu'il peut y avoir à satisfaire aux exigences de la CoCEn et du Plan climat. Non pas dans le but de revoir les objectifs à la baisse, mais de mettre en place des outils facilitateurs là où c'est nécessaire.

Références

- [1] https://www.geo.vd.ch/theme/localisation_thm, accédé le 4 octobre 2022.
- [2] *Guide pour une Planification Energétique Territoriale, Partie 3 : Planification énergétique territoriale dans le cadre des Plans directeurs communaux et localisés (PDCOM, PDL)*, Département du territoire et de l'environnement, Direction de l'énergie, canton de Vaud, Juin 2016.
- [3] Loi sur l'énergie, LVLEne, du 16 mai 2006, 730.01, entrée en vigueur le 1er mars 2022.
- [4] Règlement d'application de la loi du 16 mai 2006 sur l'énergie, entrée en vigueur le 1^{er} mars 2022, RLVLEne, 730.01.1.
- [5] *Conception cantonale de l'énergie*, DGE-DIREN, 2019.
- [6] *Accélérer la transition énergétique vaudoise – Conception Cantonale de l'énergie*, version 2019, Département du territoire et de l'environnement (DTE), Direction générale de l'environnement (DGE), Direction de l'énergie (DIREN).
- [7] *Plan climat: une stratégie et des mesures ambitieuses pour réduire les risques et protéger la population*, Communiqué du Conseil d'Etat vaudois, Juin 2020.
- [8] *Stratégie du Conseil d'Etat vaudois pour la protection du climat Plan climat vaudois – 1^{ère} génération*, Juin 2020.
- [9] Communication personnelle, Unité du Plan climat, Département des institutions, du territoire et du sport, janvier 2023.
- [10] *Directives concernant l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse ISOS*, 1er janvier 2020, Confédération Suisse.
- [11] <https://www.recensementarchitectural.vd.ch/territoire/recensementarchitectural/>, accédé en février 2023.
- [12] <https://www.vd.ch/themes/environnement/air/chauffages-contrôle-des-émissions/>, accédé le 25 janvier 2023.
- [13] <https://www.agenda2030.ch/index.php/chapitre-4/energie-et-climat>, accédé le 15 mars 2020.
- [14] https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/air/fichiers_pdf/ZIE_Nyon_Gland.pdf, accédé le 25.01.2023.
- [15] *Bases pour une planification énergétique communale – Recommandations générales*, commune de Prangins, rédigé par le bureau Amstein+Walthert, novembre 2015.
- [16] *Programme de politique climatique – Période 2019-2023*, commune de Prangins.
- [17] *Régionyon – analyse des filières énergétiques renouvelables dans le district de Nyon*, étude en trois volets, rédigée par le bureau Amstein+Walthert entre 2013 et 2014.
- [18] Directive Cantonale pour l'implantation de Chauffage à Bois, Département du territoire et de l'Environnement, Direction Générale de l'Environnement du canton de Vaud, 1^{er} juillet 2020.
- [19] Communications personnelles, SI Nyon et/ou SEIC, octobre 2022-avril 2023.
- [20] *Registre Cantonal des Bâtiments – RCB*, fourni par la DIREN, état au 14.12.2022.
- [21] <https://www.minergie.ch/media/glossar-fr.pdf>, accédé le 28.01.2023.
- [22] Communication personnelle du bureau urbanité(s), mandaté par la commune de Prangins, octobre 2022.
- [23] Communication personnelle DIREN, octobre 2022 - avril 2023.
- [24] Dimensionnement des chaudières à mazout et à gaz, suisseénergie, OFEN, 2000.
- [25] Communication personnelle, HEPIA, Filière Architecture, 2007.
- [26] *GUIDE MOUDON-SOLAIRE Présentation du « Guide opérationnel pour intégration solaire dans un contexte à haute valeur patrimoniale – zone ISOS-A »*, Département du territoire et

- de l'environnement, Division EFFI (DGE-DIREN), Département des Finances et des relations extérieures, Division MS (DGIP-MS), 25/03/22.
- [27] Communication personnelle, Direction générale des immeubles et du patrimoine, Division Monuments et sites, janvier 2023.
 - [28] Communication personnelle, Ville de Nyon, Service des Infrastructures, mars 2023.
 - [29] *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 – 2018 nach Verwendungszwecken*, étude réalisée par les bureaux infras, TEP et prognos pour le compte de l'Office Fédéral de l'Energie, octobre 2019.
 - [30] *QM Chauffage au bois – Manuel de planification*, Energie-bois Suisse, traduction de 2010.
 - [31] *Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment*, SIA CT 2024, édition 2021.
 - [32] Économies d'énergie réelles pour plus de 1000 cas de rénovations de bâtiments à Genève, Grandjean, Novoa-Herzog, Ruben, Schneider, Hollmuller, Université de Genève, <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:164268>, 2022.
 - [33] *Rénovation des bâtiments - Comment réduire de moitié la consommation énergétique dans une maison individuelle grâce à des mesures ciblées*, Conférence des Services Cantonaux de l'Energie et Suisseénergie, 2022.
 - [34] <https://opendata.swiss/de/dataset/eignung-von-hausdachern-fur-die-nutzung-von-sonnenenergie>, accédé le 03.04.2023.
 - [35] *Documentation «Modèle de géodonnées» Solaire: aptitude des toitures (toitsolaire.ch) Solaire: potentiel des façades (facade-au-soleil.ch)*, Office Fédéral de l'Energie, 31 janvier 2023.
 - [36] *Culture solaire - Concilier énergie solaire et culture du bâti*, Office Fédéral de la Culture OFC, 2019.
 - [37] *Sonnendach.ch und Sonnenfassade.ch: Berechnung von Potenzialen in Gemeinden*, Office Fédéral de l'Energie, 8 mars 2019.
 - [38] Communication personnelle, Division Monuments et Site, Etat de Vaud, mai 2020 (pour un précédent projet).
 - [39] *Capteurs solaires – Aide au dimensionnement*, SuisseEnergie, 2015.
 - [40] Fiche d'information: Chaleur solaire, Swissolar, juillet 2019.
 - [41] Communications personnelles de différents fournisseurs.
 - [42] Communication personnelle, commune de Prangins, Service des Travaux, mars 2023.
 - [43] *Chauffer et rafraîchir grâce aux eaux usées – Conseils à l'intention des maîtres d'ouvrage*, des communes et des exploitants, Suisse Energie, novembre 2016.
 - [44] <http://www.cartolacote.ch>, accédé le 03.04.2023.
 - [45] *Géothermie en Suisse – Une source d'énergie polyvalente*, suisse énergie, 2017.
 - [46] *Recommendations for the planning and implementation of new GSHP systems in dense urban environments and related tool*, WP6 of the project Most Easy, Efficient and Low Cost Geothermal Systems for Retrofitting Civil and Historical Buildings (projet de recherche européen dont la Suisse est membre) M. Belliardi et al, SUPSI, 29 février 2020.
 - [47] *4D-Temperaturmessungen in EWS Saisonales und räumliches Temperatur-Monitoring in teilregeneriertem Erdwärmesondenfeld in Lausen*, Etude réalisée par Geo-Explorers pour le compte de l'OFEN, novembre 2017.
 - [48] *Alles über Erdwärmesonden*, Geothermie Schweiz, Janvier 2016.
 - [49] *Dimensionnement de sondes géothermiques pour le chauffage et le rafraîchissement*, Prof. Daniel Pahud, Cours donné le 16 juin 2011 à l'UNIGE.
 - [50] *Ordonnance sur la protection contre le bruit* (ordonnance fédérale), version au 1^{er} janvier 2021.

- [51] <https://www.geo.vd.ch/>, accédé entre octobre 2022 et mai 2023.
- [52] <https://map.geo.admin.ch>, accédé le 19.04.2023.
- [53] Communication personnelle, SUPSI, Lugano, avril 2023.
- [54] *Sondes géothermiques*, norme SIA 384/6, 2021.
- [55] *Programme réseaux thermiques - Économie et fondements de la rentabilité*, Bureau CSD sur mandat de SuisseEnergie, juillet 2017.
- [56] Communication personnelle fournisseurs, mars-mai 2020.
- [57] *Rapport de gestion 2021*, SEIC Gland, juin 2022.
- [58] <https://seicgland.ch/particulier/gamme-deco-energie/>, accédé le 08.05.2023.
- [59] <https://www.swissolar.ch/fr/services/medias/news/detail/n-n/statistik-sonnenenergie-2020-50-prozent-marktwachstum/>, accédé le 08.05.2023.
- [60] *Données des écobilans dans la construction 2009-1-2022 korr.xlsx*, téléchargé depuis https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html en avril 2023.
- [61] *Fiche d'information Facteurs d'émission des chauffages*, Office Fédéral de l'Environnement (OFEV), 2015.
- [62] *La voie SIA vers l'efficacité énergétique - CT 2040*, SIA, Ed. 2011.
- [63] <https://erneuerbarheizen.ch>, suisseénergie, accédé en mai 2023.
- [64] <https://www.vd.ch/themes/environnement/climat/initiative-populaire-cantonale-pour-la-protection-du-climat>, accédé le 30 juin 2023.
- [65] *Certificat énergétique des bâtiments - CT 2031*, SIA, Ed. 2009.
- [66] Communication personnelle, commune de Prangins, octobre 2022-novembre 2023.
- [67] Communication personnelle, Direction générale de l'environnement DGE, DIREV - Protection de l'air, juillet 2023.
- [68] *ISOS - Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse*, Office fédéral de la culture, Berne 2021.