

Novembre 2024

Planification énergétique territoriale

Des outils pour un approvisionnement en chaleur et en froid adapté à l'avenir

Information pour les autorités communales et les professionnels

Mentions légales

Editeur : SuisseEnergie pour les communes

Première impression : février 2011 ; révision : février 2019 ; révision : 2025

Mandataire : PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zurich ;

Soutien : Brandes Energie AG, econcept AG ; Planair

Groupe d'accompagnement Révision 2024 : cantons d'Argovie, canton de Berne, canton de Zurich, ville de Schaffhouse, ville de Bienne, ville de Zurich, Office fédéral du développement territorial (ARE), Office fédéral de l'énergie (OFEN), Réseaux thermiques suisses

Cette étude a été réalisée sur mandat de SuisseEnergie.

Les auteurs sont seuls responsables de leur contenu.

Table des matières

Modul 1: Objectif et signification	8
1.1 Qu'est-ce que la planification énergétique territoriale ?	9
1.1.1 Contenu et objectif	9
1.1.2 Utilité de la planification énergétique territoriale	10
1.1.2.1 Avantages en termes d'aménagement du territoire	10
1.1.2.2 Sécurité juridique et de planification	10
1.1.2.3 Importance politique	11
1.2 Contexte politique en matière d'énergie et de climat	12
1.2.1 Niveau national	12
1.2.2 Niveau cantonal	12
1.2.3 Niveau communal	13
1.2.4 Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre dans le domaine du chauffage	13
1.3 Sources	15
Modul 2: Procédure	16
2.1 Organisation et déroulement de la planification énergétique territoriale	17
2.1.1 Petites et moyennes communes	17
2.1.2 Grandes communes	17
2.2 Composants et grille de contenu	19
2.2.1 Visualisation du contenu de la planification	20
2.2.2 Rapport de planification	20
2.2.3 Catalogue de mesures	21
2.3 Coordination spatiale selon les priorités de planification	23
2.3.1 Priorités de planification	23
2.3.2 Priorités d'utilisation et coordination spatiale	23
2.4 Mise en œuvre de la planification énergétique territoriale	25
2.4.1 Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et les plans spéciaux (module 9)	25
2.4.2 Construction de réseaux thermiques (module 8)	25
2.4.3 Coopération avec les fournisseurs de services énergétiques (module 8)	25
2.4.4 Coordination de l'approvisionnement en gaz (module 6)	25
2.4.5 Information, conseil, coaching (module 9)	26
2.5 Sources	27
Modul 3: Demande d'énergie	28
3.1 Bilan global : demande totale d'énergie	29

3.1.1	Bilan sommaire versus bilan détaillé	29
3.1.2	Usage prévu.....	29
3.2	Bilan détaillé : demande d'énergie dans le domaine du chauffage	31
3.2.1	Données pour le bilan détaillé	31
3.2.2	Utilisation de la chaleur dans le bâtiment.....	31
3.2.2.1	Répartition spatiale de la demande de chaleur	31
3.2.3	Évolution de la demande en énergie	32
3.2.4	Chaleur destinée aux processus industriels.....	35
3.2.5	Bilan des gaz à effet de serre - Facteurs d'émission	35
3.2.6	Évolution de la demande de chaleur et de froid	36
3.3	Sources	37
Modul 4: Potentiels énergétiques		38
4.1	Potentiels pour l'utilisation de la chaleur	39
4.1.1	Utilisation d'énergies renouvelables	39
4.1.2	Méthode d'enquête	40
4.2	Potentiels de production d'électricité	48
4.2.1	Chaleur résiduelle issue de la valorisation des déchets	48
4.2.2	Gaz d'épuration issu du traitement des eaux usées	48
4.2.3	Énergie solaire.....	48
4.2.4	Énergie éolienne.....	48
4.2.5	Énergie hydraulique	49
4.2.6	Géothermie	49
4.2.7	Biomasse et bois	49
4.3	Sources	51
Modul 5: Production de chaleur et de froid		52
5.1	Types de production de chaleur	53
5.1.1	pompe à chaleur (PAC)	53
5.1.2	Chaudières.....	55
5.1.2.1	Chaudières au bois	55
5.1.2.2	Centrales thermiques au bois	55
5.1.2.3	Chaudières fossiles	55
5.1.3	Utilisation de l'énergie solaire	56
5.1.3.1	Couplage chaleur-force	59
5.1.4	Combinaisons de sources de chaleur (systèmes bivalents)	59
5.2	Types de production de froid	60
5.2.1	Différents types de production de froid.....	60
5.3	Couplage de secteurs	62

5.4	Source	63
------------	---------------------	-----------

Modul 6: Le réseau de gaz du futur	64
---	-----------

6.1	Perspectives d'avenir de l'approvisionnement en gaz	65
------------	--	-----------

6.1.1	Conditions-cadres politiques : Source énergétique gaz	65
-------	---	----

6.1.1.1	Niveau national	65
---------	-----------------------	----

6.1.1.2	Niveau cantonal	65
---------	-----------------------	----

6.1.1.3	Industrie du gaz	65
---------	------------------------	----

6.1.2	Gaz disponibles	65
-------	-----------------------	----

6.1.2.1	Biogaz	65
---------	--------	----

6.1.2.2	Gaz synthétiques	66
---------	------------------------	----

6.1.2.3	Gaz naturel	66
---------	-------------------	----

6.1.3	Évolution des ventes de gaz	67
-------	-----------------------------------	----

6.2	Principes de planification de l'approvisionnement en gaz	68
------------	---	-----------

6.2.1	Utilisation future du gaz	68
-------	---------------------------------	----

6.2.2	Le réseau de gaz du futur	68
-------	---------------------------------	----

6.3	L'approvisionnement en gaz dans la planification énergétique territoriale	70
------------	--	-----------

6.3.1	Carte du plan énergétique	70
-------	---------------------------------	----

6.4	Recommandations d'action pour les communes approvisionnées en gaz	72
------------	--	-----------

6.5	Recommandations d'action pour les entreprises de distribution de gaz (GVU)	74
------------	---	-----------

6.5.1	Objectifs de la politique climatique	74
-------	--	----

6.5.2	Stratégie de développement	74
-------	----------------------------------	----

6.5.3	Aspects économiques	74
-------	---------------------------	----

6.6	Sources	75
------------	----------------------	-----------

Modul 7: Principes des réseaux thermiques	76
--	-----------

7.1	Aperçu des réseaux thermiques	77
------------	--	-----------

7.1.1	Importance des réseaux thermiques pour la transformation de la chaleur	77
-------	--	----

7.1.2	Compréhension des réseaux thermiques	77
-------	--	----

7.1.3	Objectif des réseaux thermiques	78
-------	---------------------------------------	----

7.1.4	Évaluation de l'aptitude	78
-------	--------------------------------	----

7.1.4.1	Combinaison de la fourniture de chaleur et de froid	79
---------	---	----

7.1.5	Décarbonation des réseaux thermiques	80
-------	--	----

7.2	Sites des centrales et accumulateurs d'énergie	82
------------	---	-----------

7.3	Rentabilité des réseaux thermiques	83
------------	---	-----------

7.3.1	Paramètres clés pour la rentabilité des réseaux thermiques	83
-------	--	----

7.3.2	Détermination des coûts de production d'énergie approximatifs	84
-------	---	----

7.3.3	Risques et réflexions supplémentaires	85
-------	---	----

7.4	Sources	86
------------	----------------------	-----------

Modul 8: Organisation et financement des réseaux thermiques	87
8.1 Procédure de réalisation de réseaux thermiques pour les communes.....	88
8.1.1 Étape 1 : Concrétiser l'idée de projet	89
8.1.2 Étape 2 : Évaluer la faisabilité et la compétitivité	89
8.1.3 Étape 3 : Analyser les variantes d'organisation et de financement.....	90
8.1.3.1 Réalisation par des tiers et réalisation seule	90
8.1.3.2 Réalisation avec un partenaire	91
8.1.4 Étape 4 : Évaluer les variantes et définir la procédure	92
8.1.4.1 Critères d'évaluation	92
8.1.4.2 Description des variantes	93
8.1.4.3 Comparaison.....	93
8.1.4.4 Suite de la procédure.....	93
8.2 Questions juridiques	94
8.2.1 Y a-t-il une obligation de lancer un appel d'offres pour le réseau thermique ?	94
8.2.2 Qu'est-ce qu'une concession et que peut-on y régler ?	94
8.2.3 Autres formes de contrats possibles entre EDL et la commune	95
8.2.4 Faut-il des référendums pour construire un réseau thermique ?	95
8.2.5 La commune peut-elle être tenue d'indemniser un fournisseur de gaz pour le manque à gagner ou la perte de bénéfices si ce dernier perd éventuellement des clients en raison de la concurrence du réseau thermique ?	96
8.3 Sources	97
Modul 9: Mise en œuvre et réglementations énergétiques	98
9.1 Champs d'action pertinents pour la mise en œuvre.....	99
9.1.1 Aménagement du territoire	99
9.1.2 Efficacité énergétique	99
9.1.3 Approvisionnement en chaleur et en froid	99
9.1.4 Organisation, information et conseil	100
9.1.5 Planification énergétique territoriale comme base	100
9.2 Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et d'utilisation spéciale	101
9.2.1 Modèle de règlement sélectionné pour les domaines décrits	104
9.3 Autres instruments de mise en œuvre	106
9.3.1 Systèmes d'incitations économiques (mesures d'encouragement)	106
9.3.2 Soutien à la mise en place de réseaux thermiques et de solutions de chauffage individuelles .	106
9.3.3 Accords et contrats	106
9.3.4 Information et conseil.....	107
9.4 Sources	108
Modul 10: Contrôle des résultats.....	109
10.1 Objectifs d'impact de la planification énergétique territoriale	110

10.2	Méthodologie du contrôle des résultats	113
10.2.1	Contrôle des processus : cadre et organisation	113
10.2.1.1	Liste de contrôle pour le contrôle des processus	114
10.2.2	Contrôle de l'exécution : état de la mise en œuvre des mesures	114
10.2.3	Exigences relatives à un instrument d'évaluation	114
10.2.4	Contrôle de l'impact : consommation d'énergie.....	115
10.2.5	Indicateurs (liste non exhaustive)	115
10.2.6	Bilan global	116
10.2.7	Représentation visuelle	116
10.2.8	Instruments de contrôle disponibles	117
10.2.9	Commande de processus.....	117
10.2.10	Communication et rapports.....	117
10.3	Sources	119

Modul 1: Objectif et signification

Qu'est-ce qu'une planification énergétique territoriale ?

Module 1 en bref

Focus sur la chaleur et le froid

La planification énergétique territoriale coordonne l'approvisionnement en énergie et l'harmonise avec le développement structurel ainsi qu'avec les objectifs de politique énergétique et climatique d'une commune. En mettant l'accent sur l'approvisionnement en chaleur et en froid, sur l'utilisation de sources d'énergie renouvelables locales, la planification énergétique territoriale est un élément important des concepts énergétiques communaux globaux. Ces derniers peuvent également aborder les domaines de l'électricité et de la mobilité.

Utilité et importance

La planification énergétique territoriale offre une base permettant d'optimiser l'approvisionnement en chaleur et en froid dans la commune et de le concevoir pour l'avenir. En outre, elle permet de fixer de manière contraignante les principes de la politique énergétique et climatique. Les critères suivants doivent être pris en compte :

- Sécurité de l'approvisionnement
- Rentabilité
- Impact environnemental, notamment les émissions de gaz à effet de serre

Informations complémentaires et liens

- Annexes séparées pour les modules 1 à 10

1.1 Qu'est-ce que la planification énergétique territoriale ?

La planification énergétique territoriale permet de coordonner le développement de l'urbanisation avec l'utilisation rationnelle de l'énergie ainsi que la décarbonation de l'approvisionnement en chaleur.

Les plans sectoriels ou directeurs cantonaux et communaux axés sur l'énergie doivent être élaborés et appliqués de la même manière que les instruments d'exécution de l'aménagement du territoire tels que les plans de transport ou d'équipement et contiennent des instructions spatiales concrètes. La planification énergétique territoriale pour les communes est certes désignée et organisée différemment selon les cantons. Cependant, le but, le contenu et la procédure d'élaboration sont en grande partie identiques.

1.1.1 Contenu et objectif

La planification énergétique territoriale est orientée vers l'approvisionnement en chaleur et en froid d'une commune et constitue une base importante pour développer l'utilisation des sources d'énergie renouvelables disponibles au niveau régional. Elle permet entre autres de mieux coordonner le développement territorial d'une commune avec les sources souvent disponibles uniquement sur place - chaleur résiduelle, chaleur environnementale. En ce sens, la planification énergétique territoriale est un instrument de coordination de l'aménagement du territoire axé sur le domaine de la chaleur et du froid (figure 1).

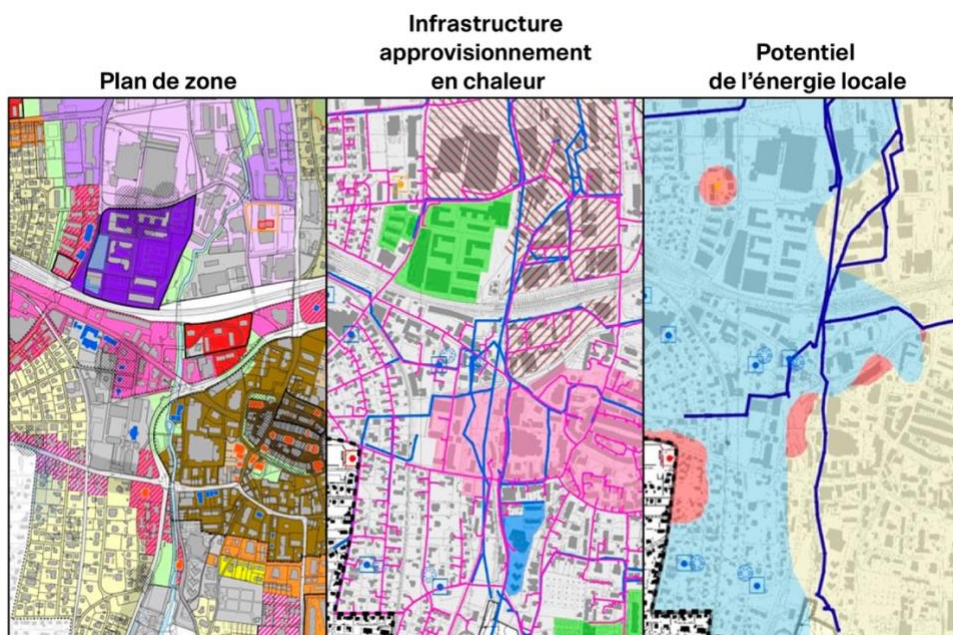


Figure1 : Exemple d'extrait de plans de base pour la planification énergétique territoriale de la ville de Lenzbourg : Résultat de l'analyse concernant la structure de l'habitat, l'infrastructure et les potentiels existants.

Concept énergétique global

La planification énergétique territoriale se focalise sur le domaine de l'approvisionnement en chaleur et en froid, tandis qu'un concept énergétique global s'occupe également des sous-secteurs du courant, de l'électricité et de la mobilité.

C'est pourquoi la planification énergétique territoriale est souvent un élément important ou une mesure centrale de la politique énergétique communale (par exemple : label Cité de l'énergie - catalogue de mesures).

La planification énergétique territoriale présente différentes interfaces avec les domaines partiels du courant, de l'électricité et de la mobilité.

1.1.2 Utilité de la planification énergétique territoriale

1.1.2.1 Avantages en termes d'aménagement du territoire

La sécurité d'approvisionnement, la rentabilité et la compatibilité avec l'environnement sont les principaux critères de mise à disposition de l'énergie, sur la base desquels l'approvisionnement en chaleur et en froid d'une commune peut être structurellement optimisé. La planification énergétique territoriale constitue à cet effet la base essentielle et a pour but de :

- Coordonner le développement urbain et l'offre de potentiels énergétiques exploitables ;
- Identifier les périmètres d'éventuels réseaux thermiques ;
- Optimiser et amortir durablement les investissements dans l'infrastructure d'approvisionnement ;
- Réduire de manière conséquente la consommation d'énergies fossiles et atteindre ainsi l'objectif net zéro.

1.1.2.2 Sécurité juridique et de planification

Les zones prioritaires pour les réseaux thermiques ou les zones appropriées ainsi que les sites pour les installations de production d'énergie doivent être garantis par l'aménagement du territoire. Les conditions essentielles sont ainsi créées pour utiliser davantage les rejets thermiques et la chaleur ambiante liés localement ainsi que les sources énergétiques renouvelables (figure 2). Les concepts d'approvisionnement consolidés qui en découlent peuvent être transformés dans une prochaine étape en instruments de planification contraignants pour les propriétaires fonciers. Cela augmente la sécurité juridique et d'investissement pour les investisseurs potentiels, ce qui est particulièrement important pour les propriétaires fonciers.

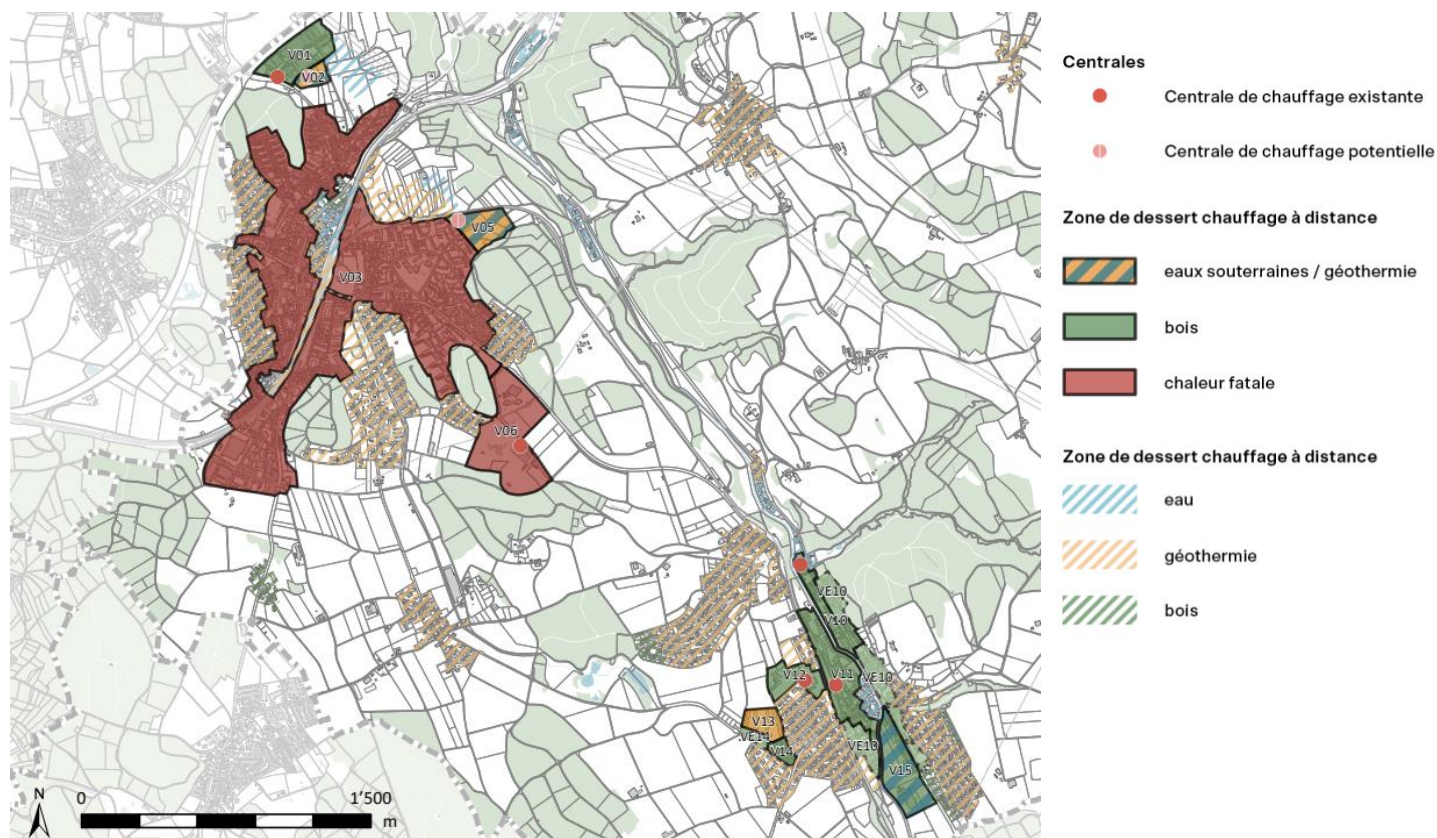


Figure2 : Extrait de la planification énergétique de la ville d'Illnau-Effretikon 2024

1.1.2.3 Importance politique

La planification énergétique territoriale est également un instrument important pour les autorités communales. En effet, les principes de la politique énergétique concernant l'approvisionnement en chaleur et en froid ainsi que l'approvisionnement en énergie futur y sont fixés dans l'espace et ancrés de manière contraignante pour les autorités. En outre, la planification énergétique territoriale sert les objectifs suivants :

- Coordination au sein des autorités
- Base pour la planification financière
- Base pour la mise en œuvre de la politique climatique communale (définition des objectifs)
- Conception active de l'approvisionnement en chaleur
- Conseil de base et information de la population

Planification énergétique territoriale vs. Plan directeur de l'énergie

La planification énergétique territoriale doit être établie sous forme de plan sectoriel ou de plan directeur, en fonction de la loi cantonale. Les différences sont présentées dans le tableau suivant :

	Planification énergétique territoriale	Plan directeur de l'énergie
Décision	Pouvoir exécutif	En règle générale, pouvoir exécutif (certains cantons, pouvoir législatif)
Obligation	Obligatoire pour les autorités	Obligatoire pour les autorités
Participation de la population (également en cas de modifications)	Volontaire	Participation publique

1.2 Contexte politique en matière d'énergie et de climat

L'accord international de Paris sur le climat, la stratégie énergétique 2050, ainsi que la loi fédérale sur le climat et l'innovation fixent de nouveaux objectifs ambitieux pour la politique climatique et énergétique. Ces objectifs sont concrétisés par la révision des lois fédérales et de la législation cantonale. Les paragraphes suivants montrent comment la Suisse met en œuvre ces objectifs au niveau national, cantonal et communal puis comment se présentent la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre en Suisse.

1.2.1 Niveau national

La politique énergétique nationale s'appuie sur quatre piliers : l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, la production d'électricité et la politique énergétique extérieure. La politique énergétique et climatique actuelle est mise en œuvre par le biais de différentes lois :

- La **loi fédérale sur l'énergie (LEne)**, en vigueur depuis le 1er janvier 2018, vise une réduction de la consommation d'énergie moyenne de 43 % par personne et par an d'ici à 2035 par rapport à l'an 2000 (LEne art.3, al. 1).
- Avec l'adoption de la **loi sur le climat et l'innovation** en 2023, l'objectif zéro net en 2050 a été inscrit au niveau légal. En outre, la loi prévoit de réduire la consommation de pétrole et de gaz.
- La **loi sur le CO₂**, en vigueur depuis le 23 décembre 2011, vise à réduire les émissions de CO₂ dues à l'utilisation de combustibles fossiles afin de limiter l'augmentation de la température mondiale à moins de 2 degrés Celsius. La loi révisée sur le CO₂ pour la période de 2025 à 2030 a été adoptée par le Parlement lors de la session de printemps 2024.

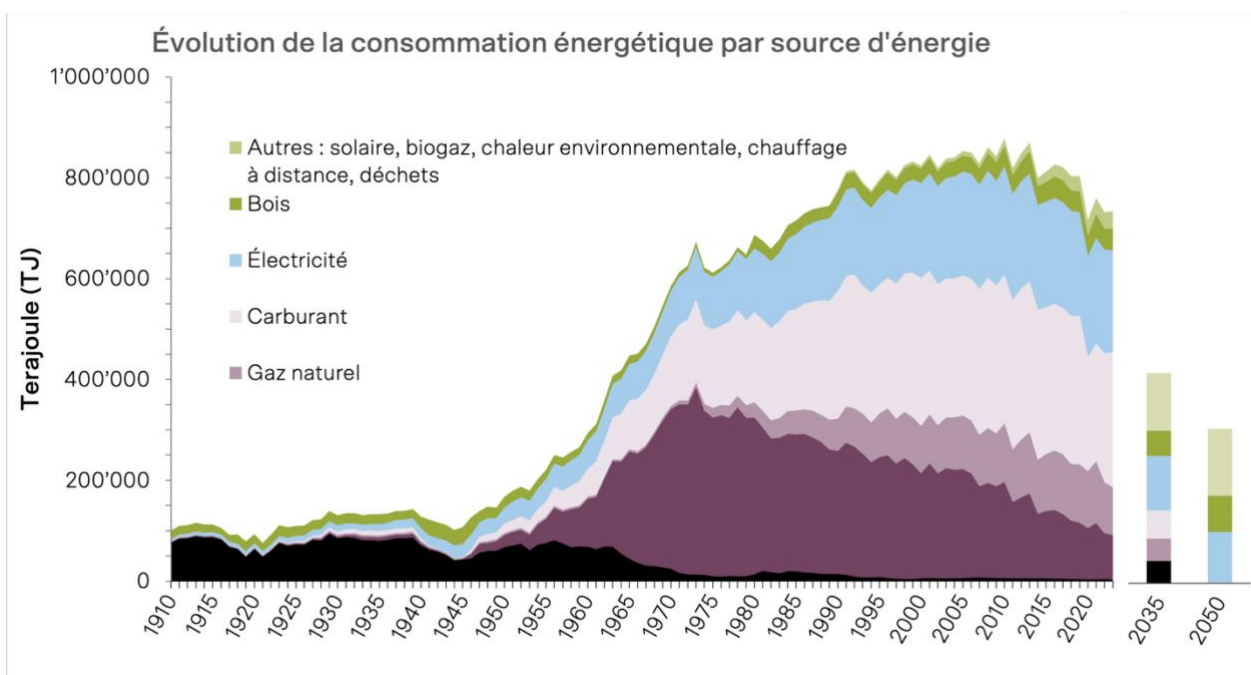


Figure3 : Evolution de la consommation d'énergie en Suisse par source énergétique jusqu'en 2023 avec les valeurs cibles de la Confédération pour 2035 et 2050 (PLANAIIR 2024 ; OFEN 2023b).

1.2.2 Niveau cantonal

Selon la Constitution fédérale, la Confédération et les cantons sont responsables d'un approvisionnement en énergie sûr, économique et respectueux de l'environnement ainsi que d'une consommation d'énergie économe et rationnelle. Conformément à l'art. 89, al. 4, de la Constitution fédérale, les cantons sont responsables des mesures relatives à la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. Dans le domaine du bâtiment, les cantons sont actifs avec la mise en œuvre du Modèle de prescriptions

énergétiques des cantons (MoPEC 2014) ainsi qu'avec les planifications énergétiques cantonales et communales. Le MoPEC 2014 est actuellement en cours de révision partielle.

1.2.3 Niveau communal

L'approvisionnement en chaleur et en froid sont des domaines d'action importants pour la commune. La planification énergétique territoriale aide à identifier la marge de manœuvre de la politique énergétique et climatique communale puis à participer activement à son élaboration.

Les champs d'action pour augmenter l'efficacité énergétique et l'utilisation des énergies renouvelables se situent d'une part dans la planification, la gestion et la rénovation des propres bâtiments publics (rôle de modèle) et d'autre part dans la mise en œuvre d'instruments d'aménagement du territoire (prescriptions, incitations) pour les constructions privées.

Un autre instrument important est le label "Cité de l'énergie", grâce auquel les objectifs de la société à 2000 watts et les objectifs nets zéro sont concrétisés au niveau communal.

1.2.4 Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre dans le domaine du chauffage

Le domaine du chauffage représente aujourd'hui environ 50 % de la consommation d'énergie en Suisse et génère ainsi 35 % des émissions de gaz à effet de serre. Les besoins en chaleur dans le secteur résidentiel sont aujourd'hui couverts à environ 60 % par des sources énergétiques fossiles - en premier lieu le mazout et le gaz naturel (figure 4 ; OFEN 2023a). Pour une politique climatique durable, un approvisionnement en chaleur sûr et économique, le recours aux sources énergétiques fossiles importées doit être réduit à zéro d'ici 2050 (sous réserve d'exceptions), conformément à la Vision de l'OFEN - Parc immobilier 2050 (OFEN 2023c). Dans ce contexte, la stratégie thermique 2050 de la Confédération (OFEN 2023a) prévoit notamment les alternatives suivantes aux énergies fossiles : Le développement des réseaux thermiques sans énergie fossile et l'utilisation de la chaleur environnementale.

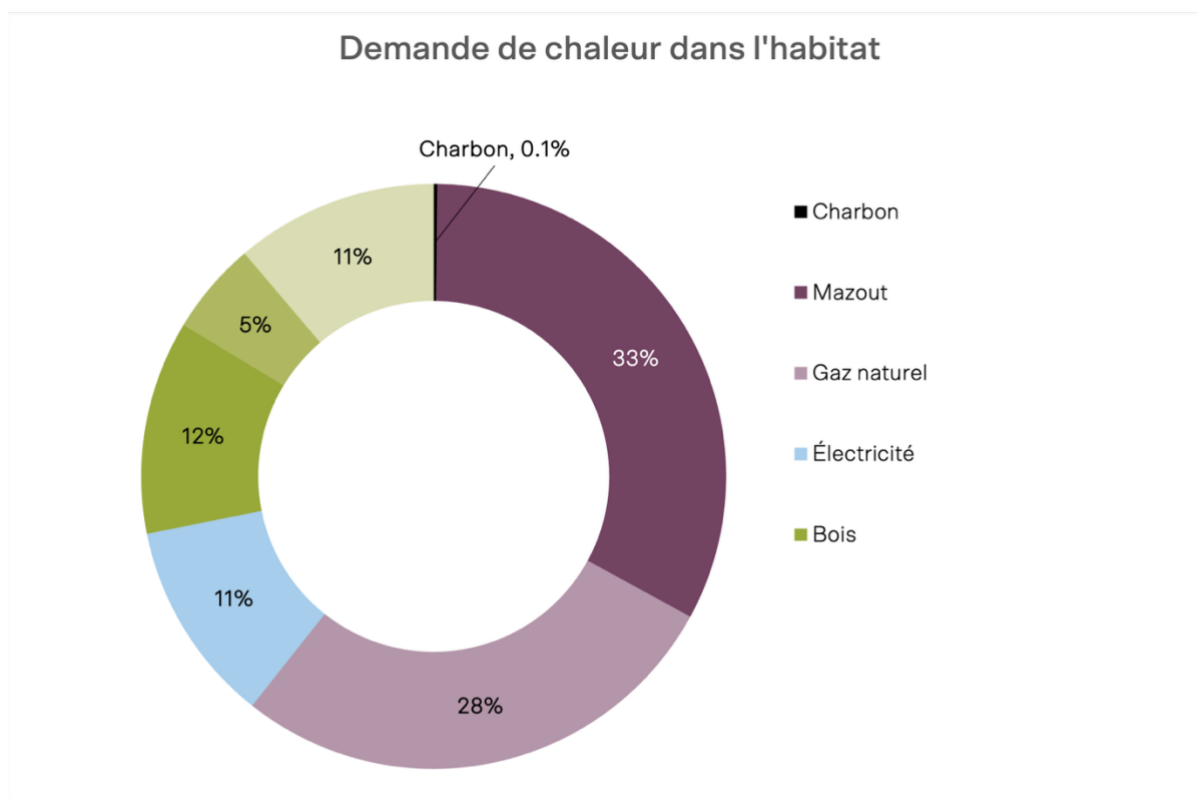


Figure 4 : Demande de chaleur dans le secteur résidentiel par source énergétique (chiffres pour 2022, OFEN 2022). *Énergie solaire, chaleur ambiante, biogaz

L'utilisation des sources énergétiques renouvelables disponibles en Suisse permet en outre de réduire la dépendance vis-à-vis de l'étranger et d'augmenter la valeur ajoutée locale (minimisation des risques). L'importation de sources énergétiques fossiles entraîne en Suisse une énorme sortie d'argent vers l'étranger ; en 2022, 22 milliards de francs ont été dépensés à cet effet. (OFEN 2023b, Statistique globale de l'énergie, tableau 42).

Un approvisionnement en chaleur et en froid adapté au développement urbain, et inversement, permet de mieux utiliser les sources énergétiques locales et renouvelables. La planification énergétique territoriale est l'instrument approprié à cet effet.

1.3 Sources

- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2022) : Consommation d'énergie des ménages privés 2000-2021 Analyse ex-post. Berne, Suisse
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023a). Stratégie thermique 2050. Berne, Suisse. Disponible sur : <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (consulté le [17.07.2024]).
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023b) : Statistique globale de l'énergie 2022. Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (consulté le [17.03.2024]).
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023c) : Parc immobilier 2050 - Vision de l'OFEN. Confédération suisse. Berne, Suisse

Modul 2: Procédure

Déroulement et contenu

Module 2 en bref

Organisation et déroulement de la planification énergétique territoriale

Une structure organisationnelle appropriée doit être définie en fonction de la taille de la commune et de l'ampleur de la planification énergétique territoriale. En principe, le travail de planification technique doit être séparé du pilotage et de l'accompagnement.

Composantes et grille de contenu de la planification énergétique

Le contenu de la planification énergétique territoriale se compose de la manière suivante :

- Plan permettant de visualiser les dispositions contraignantes pour les autorités et les informations de base pertinentes.
- Rapport de planification avec objectifs contraignants, pesée des intérêts, plans de base, explications et évaluation de l'impact.
- Catalogue de mesures avec un horizon temporel de 15 ans maximum pour la mise en œuvre des mesures.

Coordination spatiale selon les priorités de planification

La coordination spatiale résulte de l'intégration cohérente des aspects spatiaux les plus divers dans le respect des objectifs, stratégies et plans d'action politiques (priorités de planification) prédéfinis.

Mise en œuvre

Une fois mise en œuvre, la planification énergétique déploie ses effets sur la consommation de ressources et les émissions de gaz à effet de serre. Les activités se déroulent dans différents champs d'action, la commune pouvant intervenir en tant qu'informateur, planificateur (aménagement du territoire), initiateur, voire législateur.

Informations complémentaires et liens

- Annexes séparées pour les modules 1 à 10

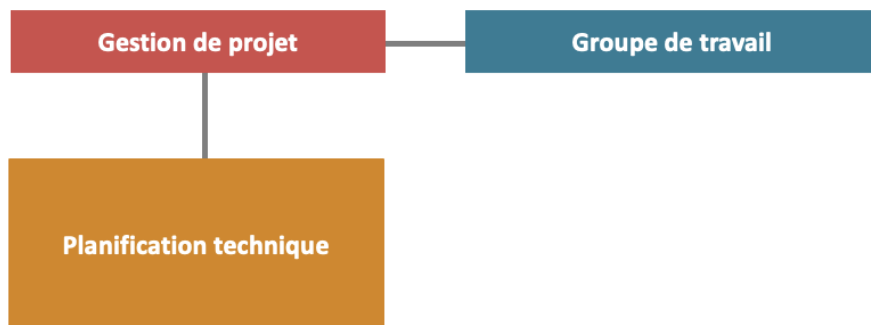
2.1 Organisation et déroulement de la planification énergétique territoriale

Les décideurs et les détenteurs de connaissances doivent être impliqués à un stade précoce dans l'élaboration de la planification énergétique territoriale. Cela permet d'améliorer sensiblement l'acceptation de la phase de mise en œuvre.

Les étapes de la procédure correspondent à la structure du présent guide. La commune mandante assume la direction générale du projet. Si nécessaire, elle peut confier l'élaboration à un planificateur en énergie.

2.1.1 Petites et moyennes communes

Sur le plan organisationnel, l'élaboration de la planification énergétique territoriale dans les petites et moyennes communes est souvent confiée à un spécialiste externe des domaines de l'énergie et de l'aménagement du territoire. Pour accompagner la planification spécialisée, un groupe de travail doit être constitué, dans lequel les personnes responsables des domaines de la politique, de l'administration ainsi que de l'approvisionnement et des services publics sont représentées de manière appropriée. Il est préférable que les services industriels soient membres du groupe de travail dès le début, tandis que pour les fournisseurs d'énergie externes, il convient de déterminer le moment opportun pour les intégrer au début des travaux.



2.1.2 Grandes communes

Pour les projets de planification de grande envergure, par exemple les projets intercommunaux, les planifications énergétiques régionales ou pour une ville plus importante, il peut être judicieux de répartir le processus de travail entre deux groupes ayant des domaines de compétence différents :

- Groupe de pilotage : pour le pilotage du projet, des cercles plus larges sont impliqués ; dans tous les cas, les décideurs déterminants et les personnes clés pour la future mise en œuvre, entre autres un représentant de l'exécutif, doivent être impliqués. Ceux-ci forment un groupe de pilotage qui prend des décisions stratégiques intermédiaires à la demande du groupe d'accompagnement.
- Groupe d'accompagnement : pour le travail technique, les planificateurs spécialisés sont assistés par un groupe d'accompagnement. Ce groupe en premier lieu des experts et des personnes disposant de connaissances issues de la politique, de l'administration (personnes disposant de connaissances internes à la commune, représentation des communes voisines ou du canton), des commissions parlementaires ainsi que des services publics (exploitant de réseaux thermiques ou de réseaux de gaz).

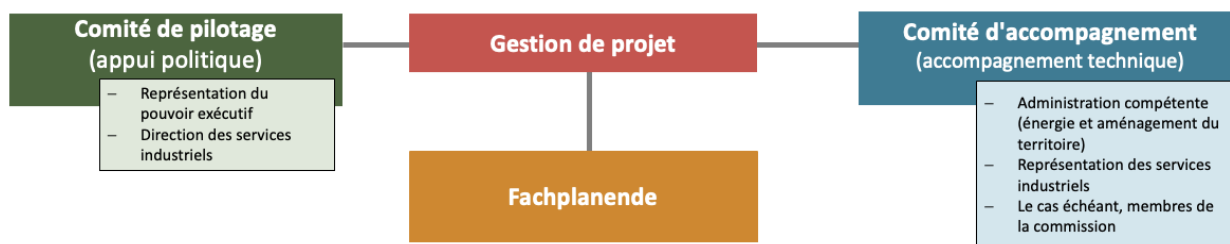


Figure4 : organisation possible d'une planification énergétique communale. Le groupe de pilotage prend les décisions politiques/stratégiques, le groupe d'accompagnement apporte son soutien dans le travail technique.

En outre, l'approvisionnement en gaz doit impérativement être pris en compte dans la planification énergétique territoriale, car il existe une infrastructure gazière dans de nombreuses communes. La gestion future de l'infrastructure gazière est déterminante pour atteindre l'objectif zéro net. Le fournisseur de gaz peut siéger dans le groupe d'accompagnement (élargi) et dans le groupe de pilotage, en fonction de la structure de propriété. Une implication individuelle auprès de fournisseurs de gaz externes est également possible (voir module 6 - Réseau gazier du futur).

Exemple de bonne pratique : la mise en réseau des acteurs comme facteur de réussite

Commune de Sins (AG)

La commune de Sins a intégré la planification énergétique comme thème permanent dans les réunions de la commission de l'énergie, afin d'apporter un savoir-faire complet dans le processus de décision et de surveiller continuellement la mise en œuvre. Le conseil municipal compétent encourage en outre activement les échanges avec les fournisseurs d'énergie, les coopératives et les entreprises privées. Grâce à cette mise en réseau, des projets peuvent être initiés directement et mis en œuvre de manière autonome par les acteurs concernés (EBP 2024a).

2.2 Composants et grille de contenu

Les plans énergétiques territoriaux peuvent prendre différentes formes, en fonction des directives des cantons et de leur utilisation dans les communes. Les éléments et la structure du contenu restent toutefois largement identiques.

La figure 2 présente les thèmes dont le contenu doit être traité dans le cadre de la planification énergétique territoriale. Sur le plan formel, les résultats du processus de planification sont généralement documentés de la manière suivante :

- Plan permettant de visualiser les dispositions contraignantes pour les autorités et les informations de base pertinentes
- Rapport de planification avec objectifs contraignants, pesée des intérêts, plans de base, explications et évaluation de l'impact.
- Catalogue de mesures avec un horizon temporel de 15 ans maximum pour la mise en œuvre des mesures (orientation vers la réalisation de l'objectif net zéro.)

Dans certains cantons, il existe des exigences concernant les contenus, les spécifications du plan (modèle de géodonnées) ou un texte de plan directeur supplémentaire.

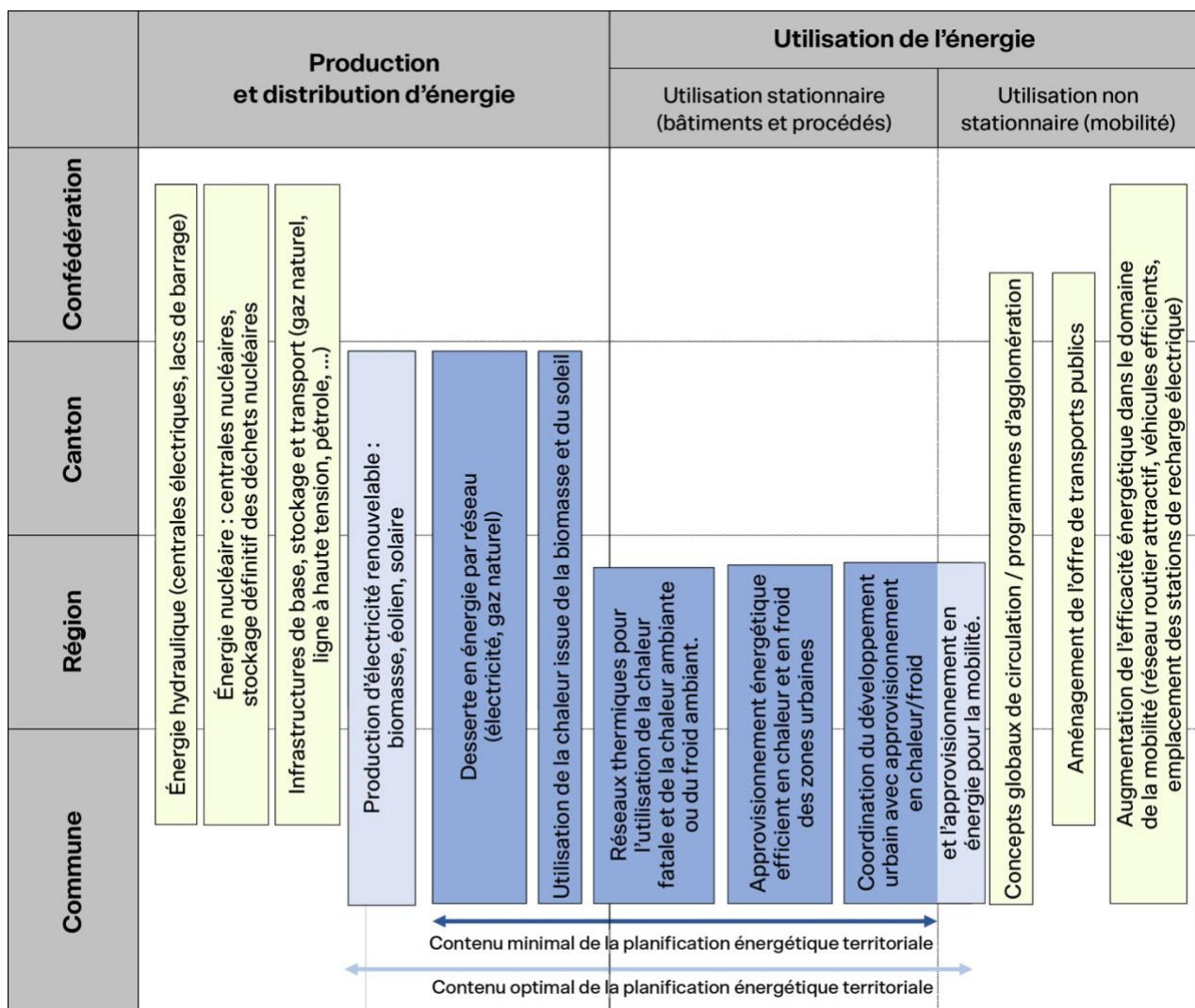


Figure5 : Besoin de coordination et niveaux d'exécution au sein de la planification énergétique territoriale.

2.2.1 Visualisation du contenu de la planification

La carte du plan visualise les principales définitions et informations pertinentes de la planification énergétique territoriale. Parmi les dispositions possibles, on trouve :

- Potentiels énergétiques liés au site à exploiter à l'avenir, tels que la chaleur résiduelle ou les sources énergétiques renouvelables
- Zones interconnectées pour l'approvisionnement par réseaux thermiques
- Zones adaptées, dans lesquelles une source énergétique donnée doit être utilisée en priorité pour l'approvisionnement en chaleur
- Réseau cible de l'approvisionnement en gaz pour les processus et les couvertures de pointe (y compris le plan de déclassement pour les zones restantes)
- Sécurisation des sites pour les installations et les infrastructures
- De plus, les mesures liées au lieu (cf. catalogue de mesures) doivent être mentionnées
- Carte de base avec les bâtiments, les limites de propriété, les routes, les cours d'eau et les surfaces boisées ainsi que les limites communales

2.2.2 Rapport de planification

Le rapport de planification explique les objectifs, les conditions, les clarifications et les hypothèses de la planification énergétique territoriale. De plus, le rapport comprend les informations de base les plus importantes, la pesée des intérêts effectuée, y compris une estimation sommaire des effets. La grille de contenu possible du rapport sur la planification énergétique territoriale s'articule comme suit :

- Introduction : motivation et caractère obligatoire de la planification énergétique territoriale
- Conditions-cadres : Aperçu des prescriptions et des dispositions légales, des stratégies et des concepts, des planifications et des programmes, des visions et des modèles de la Confédération, du canton, de la région et de la commune sur des thèmes déterminants tels que l'énergie et le climat (en particulier l'objectif zéro net).
- Infrastructure : description de l'infrastructure énergétique existante telle que les réseaux thermiques et les réseaux de gazoducs existants, le cas échéant les sondes géothermiques, les captages d'eau souterraine pour l'utilisation thermique, les installations solaires thermiques.
- Analyse détaillée des besoins(s) en énergie et en chaleur : Evaluation et représentation de l'utilisation et de l'approvisionnement actuels en énergie, y compris les émissions de gaz à effet de serre
- Prévisions de développement : déduction et visualisation de l'évolution probable de l'urbanisation et de la consommation d'énergie. Éventuellement, représentation d'informations spéciales sur l'urbanisation telles que la densité de construction, les biens immobiliers des pouvoirs publics, les zones de développement, de mise en œuvre ou de réhabilitation dans un plan de base.
- Potentiels énergétiques : description qualitative et quantitative des sources d'énergie disponibles au niveau local et régional, telles que la chaleur résiduelle et les sources énergétiques renouvelables. Représentation dans un plan des potentiels, éventuellement combiné avec des installations d'infrastructure existantes telles que le réseau de gaz ou le réseau de conduites de grands réseaux thermiques.
- Les objectifs à atteindre : Le chemin à parcourir pour atteindre l'objectif net zéro est indiqué. Les prévisions de développement et les définitions prévues des zones sont prises en compte.
- Coordination spatiale : synthèse, superposition des plans de base tels que la densité des besoins en chaleur (actuels et futurs), les potentiels et le développement de l'urbanisation. Sur cette base, on a procédé à l'attribution, à la déduction, à la pesée des intérêts et à la définition des zones d'approvisionnement. La stratégie gazière/planification du réseau gazier doit être mise en évidence lors de la définition. Évaluation de l'impact pour savoir si les définitions recommandées garantissent la réalisation de la trajectoire nette zéro et quelles mesures sont impérativement nécessaires pour y parvenir. Dans ce contexte, il existe une incertitude quant à l'évolution des facteurs d'émission de gaz à effet de serre. Pour atteindre l'objectif de zéro émission nette de gaz à effet de serre, il convient également de réfléchir à des mesures d'émissions négatives.

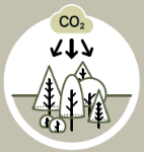
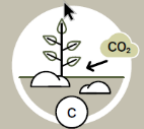
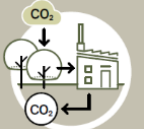
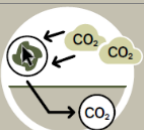
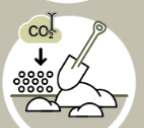
- Aperçu des mesures : un aperçu des mesures recommandées pour la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale.

2.2.3 Catalogue de mesures

Les mesures efficaces pour atteindre les objectifs constituent le cœur de la planification énergétique territoriale. Les mesures relatives aux émissions négatives font également partie de la réalisation des objectifs. Les instructions d'action doivent être décrites dans les différentes fiches de mesures et leur effet doit être évalué sommairement. L'horizon pour la mise en œuvre des mesures doit être de 15 ans maximum en raison de l'évolution rapide de l'environnement dans le domaine de l'énergie. Le catalogue de mesures doit en outre être vérifié, actualisé et mis à jour tous les quatre ans. Le réexamen doit permettre de déterminer si le plan énergétique doit être révisé ou non. Un contrôle régulier des éventuels plans thermiques secondaires doit également être effectué pour vérifier la cohérence avec le plan énergétique territorial en vigueur.

Technologies à émission négative

Les technologies à émissions négatives (NET) extraient les gaz à effet de serre de l'atmosphère par des approches biologiques ou techniques et les accumulent de manière permanente. Elles sont donc importantes pour atteindre l'objectif zéro net. Les paragraphes suivants présentent différentes approches en matière d'émissions négatives.

	Boisement, reboisement, gestion forestière et exploitation du bois : la croissance des arbres extrait le CO ₂ de l'air. Celui-ci peut être accumulé dans les arbres, les sols et les produits du bois.
	Gestion des sols (y compris le charbon végétal) : Apport de carbone (C) dans les sols, par exemple au moyen de résidus de récolte ou de charbon végétal. Enrichir le sol en quantité de carbone.
	Utilisation de la bioénergie avec captage et stockage du CO ₂ (BECCS) : les plantes transforment le CO ₂ en biomasse, qui fournit de l'énergie. Le CO ₂ est capturé et stocké dans le sous-sol.
	Filtration et stockage mécanique du CO ₂ dans l'air (DACCS) : le CO ₂ est extrait de l'air ambiant par des processus chimiques et accumulé dans le sous-sol.
	Accélération de l'altération : les minéraux broyés fixent le CO ₂ chimique et peuvent ensuite être stockés dans des produits, dans le sol ou dans la mer.

OFEV (2022 ; P.11)

Fixation et participation

- Selon la Constitution (art. 75, al. 1), la Confédération fixe les principes de l'aménagement du territoire. La mise en œuvre plus précise de l'aménagement du territoire est ensuite du ressort des cantons. La procédure pour la planification énergétique territoriale - participation, examen préalable, fixation et approbation - doit donc se conformer à la législation cantonale en matière d'énergie ou de planification et de construction, qui repose elle-même sur les principes de la Confédération.
- Dans l'intérêt d'une bonne mise en œuvre, il vaut la peine de soumettre la planification contraignante pour les autorités à la participation et à la consultation des entreprises locales, d'autres représentants d'intérêts (p. ex. partis, fournisseurs d'énergie) et, le cas échéant, de la population.
- Pour les plans directeurs énergétiques, la mise à l'enquête publique et la participation de la population sont obligatoires.

Préparation et remise des données

Les formes possibles de préparation des données d'un plan énergétique sont les suivantes :

- Plan SIG avec lien vers la base de données des mesures comme outil de travail et de conseil interne à l'administration
- Plan SIG avec lien vers la base de données des mesures en tant que service SIG public en ligne (p. ex. Géoportail des cantons d'Argovie, Bâle-Ville, Berne, St-Gall, Thurgovie et Zurich ou EnerGIS des villes de Zurich et Berne, commune de Thalwil)
- Les villes et les communes proposent également des cartes d'approvisionnement en chaleur à titre facultatif. Celles-ci ne sont toutefois pas juridiquement contraignantes.

2.3 Coordination spatiale selon les priorités de planification

La production d'énergie, sa distribution et son utilisation sont des domaines thématiques et des tâches transversales qui impliquent simultanément plusieurs niveaux d'exécution de l'État.

Les villes et les communes ne sont donc pas en mesure d'influencer de manière déterminante tous les aspects ayant un impact sur le territoire. Une coordination aussi large que possible doit être recherchée dès la planification.

2.3.1 Priorités de planification

Les lois cantonales sur l'énergie, les plans directeurs ou les stratégies énergétiques définissent les priorités de planification pour l'utilisation des sources énergétiques disponibles localement. Les critères de base pour l'approvisionnement en chaleur (délimitation des zones) sont la valeur de la source d'énergie, le caractère local et la compatibilité avec l'environnement. L'ordre des priorités de planification est généralement le suivant :



1. **Chaleur résiduelle locale de haute qualité et chaleur environnementale :**

entre autres les entreprises industrielles, les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), les centrales électriques ou les installations de couplage chaleur-force (CCF) existantes, la géothermie de moyenne et de grande profondeur.



2. **Chaleur résiduelle de faible valeur liée au lieu et chaleur environnementale :**

entre autres des eaux usées (collecteurs, STEP), de l'industrie, des centres de calcul, de l'eau souterraine, de l'eau de source, de l'eau de surface ou de l'eau potable, ainsi que de la géothermie non profonde.



3. **Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional :**

utilisation efficace de la biomasse comme les déchets verts, les restes de repas.



4. **Utilisation de la chaleur ambiante non localisée :**

Utilisation de la chaleur solaire ou de la chaleur de l'air ambiant.



5. **Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional (ressources rares):**

Bois énergie

2.3.2 Priorités d'utilisation et coordination spatiale

La coordination spatiale de l'approvisionnement en chaleur s'effectue par la mise en commun cohérente des informations relatives à la structure de l'habitat, au développement spatial et structurel de la commune (voir également les types de réglementation dans le module 9), à la référence de densité énergétique ainsi qu'aux potentiels énergétiques disponibles localement et régionalement (figure 3). Les définitions déterminantes (priorités d'utilisation telles que les délimitations de zones et les garanties de localisation) résultent d'une pesée prudente des intérêts. L'allocation spatiale, l'évaluation de la politique énergétique ainsi que les priorités de planification éventuellement fixées par le canton doivent être prises en compte de la même manière.

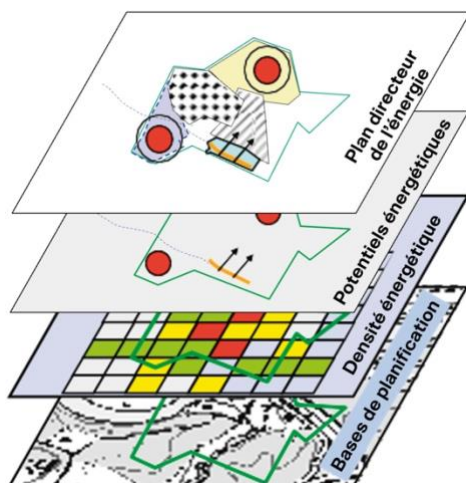


Figure 3 : Regroupement des informations sur les bases spatiales et structurelles ainsi que sur l'approvisionnement en chaleur.

2.4 Mise en œuvre de la planification énergétique territoriale

La planification énergétique territoriale est généralement contraignante pour les autorités (en fonction de la législation cantonale), ce qui permet de charger la commune de la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale dans le cadre de sa marge de manœuvre. Certains champs d'action sont expliqués ci-dessous et approfondis dans les modules 6, 7, 8 et 9.

2.4.1 Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et les plans spéciaux (module 9)

Si la planification énergétique contraignante pour les autorités doit devenir contraignante pour les propriétaires fonciers, des prescriptions énergétiques peuvent être fixées dans les plans d'affectation et les plans d'affectation spéciaux, en fonction de la législation cantonale.

Différentes prescriptions sont utiles en fonction de la densité de l'habitat et du type de zone, p. ex :

- Obligation de raccordement à un réseau thermique
- Objectif pour les centrales de chauffage communes
- Exigences énergétiques accrues pour les nouvelles constructions et les transformations
- Augmentation de la part des sources d'énergie renouvelables lors du remplacement du chauffage
- Production d'énergies renouvelables (électricité ou chaleur) dans ou sur le bâtiment

2.4.2 Construction de réseaux thermiques (module 8)

La mise en place d'un réseau thermique doit se faire en fonction de la situation. En fonction de la situation de départ, les initiateurs, le régime de propriété et le ou les exploitants des réseaux thermiques sont différents.

Les organismes responsables possibles de réseaux thermiques sont énumérés ci-dessous :

- La commune confie la réalisation d'un réseau thermique à des tiers.
- La commune (ou une entreprise appartenant à la commune) devient propriétaire et exploitante du réseau thermique.
- La commune réalise un réseau thermique en collaboration avec un partenaire.

2.4.3 Coopération avec les fournisseurs de services énergétiques (module 8)

Lorsqu'un réseau thermique est mis en place, il est souvent nécessaire et/ou opportun de prévoir des dispositions contractuelles avec le fournisseur. Ces dispositions varient en fonction du régime de propriété.

Si l'exploitant est une institution appartenant à la commune, des objectifs peuvent être fixés dans la stratégie du propriétaire, sinon des conventions de prestations, des contrats de concession peuvent être conclus afin de fixer les droits et les obligations de la commune et du fournisseur de services énergétiques.

Les différentes formes de portage et les dispositions contractuelles sont décrites dans le module 9.

2.4.4 Coordination de l'approvisionnement en gaz (module 6)

Le gaz naturel étant une source énergétique fossile qui contribue fortement aux émissions de CO₂ des bâtiments, une stratégie gazière globale est nécessaire pour atteindre les objectifs en matière d'émissions de gaz à effet de serre et d'efficacité.

Si une commune est desservie par un réseau de gaz, une coordination avec le gestionnaire du réseau de gaz est nécessaire pendant l'élaboration de la planification énergétique territoriale.

Le module 6 traite de la future configuration d'une stratégie gazière, du rôle du réseau gazier et de la coordination avec la planification énergétique territoriale.

2.4.5 Information, conseil, coaching (module 9)

La mise en œuvre de la planification énergétique territoriale peut être facilitée par l'information des propriétaires fonciers et des offres de conseil.

Une réunion d'information, une brochure explicative et, le cas échéant, la mise en ligne de la planification énergétique territoriale ou d'un plan d'approvisionnement en chaleur adaptable de manière flexible sur le site Internet (basé sur le SIG dans le plan local) aident à expliquer l'intention de la planification énergétique territoriale et à la mettre en œuvre, dans la mesure où les propriétaires fonciers peuvent consulter les informations à la parcelle près.

Avant de raccorder un bien immobilier à un réseau de chaleur, il vaut la peine de procéder à un assainissement énergétique afin d'éviter des coûts de raccordement trop élevés. Il en va de même lors du remplacement d'un générateur de chaleur. Une offre de conseil complète de la part de la commune aide les propriétaires fonciers à économiser et à optimiser l'énergie.

2.5 Sources

- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2022) : Eliminer le CO2 de l'air. Magazine "l'environnement" 2/2022.
- EBP (2024a) : Recommandations pour la planification énergétique. Exemples de bonnes pratiques. Zurich, Suisse.

Modul 3: Demande d'énergie

Bilan énergétique et bilan des gaz à effet de serre d'une commune

Module 3 en bref

Bilan global : demande totale d'énergie

Pour le bilan sommaire de la demande totale d'énergie dans la commune, les valeurs moyennes suisses sont utilisées et adaptées avec des données spécifiques à la commune, faciles à collecter. Divers cantons proposent déjà des bilans approximatifs par commune avec un baromètre énergétique ou une statistique énergétique.

Bilan détaillé : demande d'énergie dans le domaine du chauffage

Pour le bilan détaillé, des données spécifiques à la commune sont collectées, la demande en énergie dans le domaine du chauffage est examinée de manière approfondie, c'est-à-dire que l'utilisation actuelle de chaque source d'énergie possible sur le territoire communal est saisie. Ce module fournit également des indications sur l'évolution de la demande énergétique future.

Bilan des gaz à effet de serre : émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie

Les besoins énergétiques sont calculés à l'aide de facteurs d'émission de gaz à effet de serre et présentés spécifiquement pour les besoins en chaleur et en froid.

Informations complémentaires et liens

– Annexes séparées pour les modules 1 à 10

3.1 Bilan global : demande totale d'énergie

Le bilan énergétique d'une commune recense la demande d'énergie finale de tous les consommateurs sur le territoire de la commune.

L'établissement d'un bilan énergétique communal se fait en deux étapes plus ou moins détaillées :

- Le bilan sommaire donne une vue d'ensemble de la demande d'énergie finale, qui est différenciée selon les sources énergétiques.
- Le bilan détaillé permet d'approfondir les résultats en fonction du lieu et de relever en outre la demande spécifique à l'application dans le domaine de la chaleur.

3.1.1 Bilan sommaire versus bilan détaillé

Le bilan approximatif pour déterminer la demande d'énergie finale se base essentiellement sur les valeurs moyennes nationales pour les différentes sources énergétiques, telles qu'elles sont indiquées dans la figure 1 (colonne de gauche). Le bilan détaillé, avec les adaptations spécifiques aux communes, est établi sur la base des indications suivantes (colonne de droite) :

- Les ventes de gaz, de chauffage/refroidissement urbain et d'électricité dans les zones de desserte communales sont généralement faciles à collecter via les fournisseurs d'énergie.
- Pour une analyse des sources énergétiques dans le domaine de l'électricité, il est fait appel à la déclaration d'origine du fournisseur local d'électricité.¹
- Des valeurs spécifiques aux communes sont également disponibles en partie pour les énergies renouvelables.
- La quantité de combustibles fossiles est déterminée en tant que grandeur résiduelle² ou en tant qu'estimation sur la base des puissances de combustion installées.
- Comme paramètre pour la consommation de carburant, on peut dire qu'en 2022, 212 kWh de carburant/électricité renouvelable ont été utilisés en moyenne par habitant pour la mobilité individuelle.

3.1.2 Usage prévu

Les sources énergétiques finales utilisées le sont à environ 40 % pour le chauffage, 29 % pour la mobilité (hors trafic aérien), 12 % pour la chaleur destinée aux processus industriels et 19 % pour les autres applications telles que l'éclairage, la domotique, l'information et la communication (OFEN 2022). Les applications thermiques déterminent donc de manière importante les besoins énergétiques.

¹ Souvent, il ne s'agit pas des sources énergétiques effectivement utilisées dans la commune, mais de la fourniture à tous les clients du fournisseur d'énergie.

² Se calcule à partir de la différence entre la moyenne CH et les ventes de gaz mesurées.

Consommation d'énergie selon les statistiques énergétiques nationales

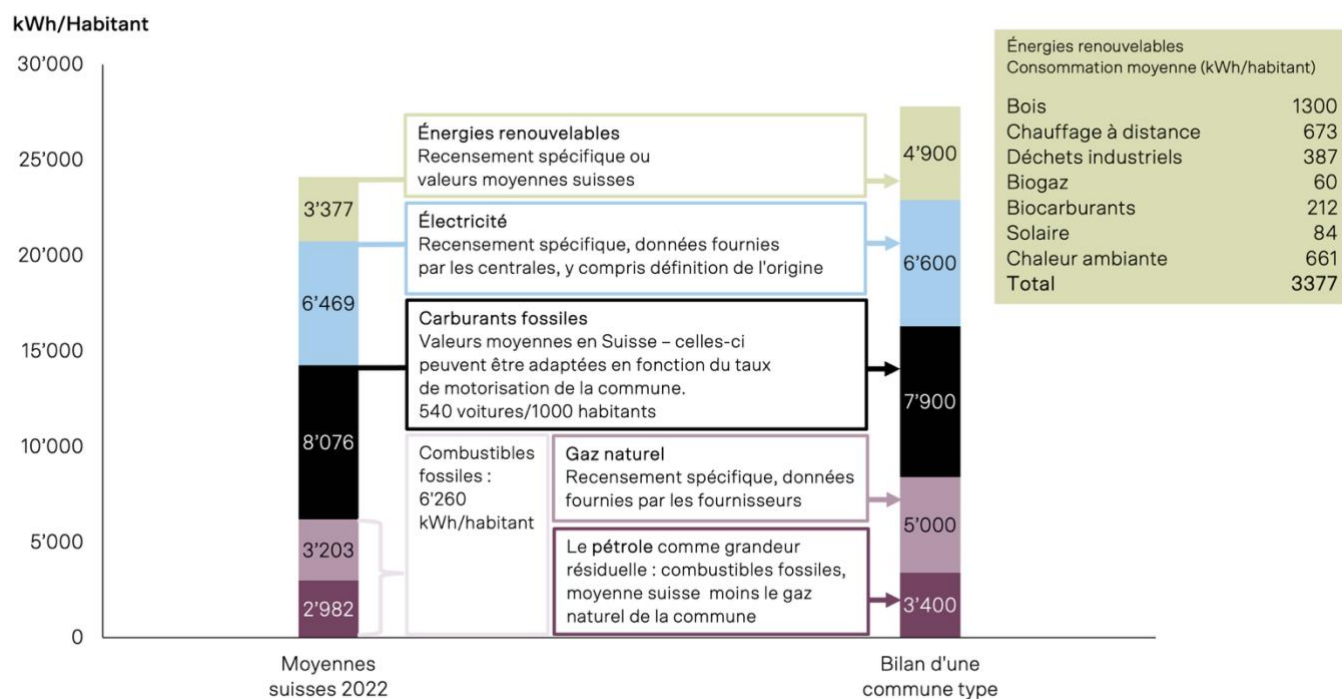


Figure 1 : Les valeurs moyennes suisses pour la consommation finale d'énergie servent de base aux bilans énergétiques (OFEN 2022).

3.2 Bilan détaillé : demande d'énergie dans le domaine du chauffage

Le bilan de la demande dans le domaine du chauffage porte sur le chauffage des locaux et de l'eau chaude dans le secteur du bâtiment, sur la répartition spatiale ainsi que sur les besoins en chaleur destinée aux processus industriels.

3.2.1 Données pour le bilan détaillé

Pour les bilans détaillés, SuisseEnergie met à disposition le calculateur d'énergie et de climat. Certains cantons soutiennent des outils de bilan (ZH) ou mettent à disposition leurs propres bilans à différents niveaux de détail par commune (AG, BL, BE, SG, VD).

Pour établir un bilan détaillé, les sources d'énergie possibles sont listées dans le tableau 2 du chapitre « Évolution de la demande d'énergie ».

3.2.2 Utilisation de la chaleur dans le bâtiment

L'utilisation de la chaleur est intéressante pour la planification énergétique territoriale. La demande dans le secteur du bâtiment doit donc être différenciée en fonction des besoins en chauffage ou en eau chaude. La détermination des parts respectives doit se référer à la qualité et à l'âge du parc immobilier concerné. Les valeurs approximatives correspondantes sont indiquées dans le tableau 1.

Nouvelle construction	Parc immobilier
46 % Chauffage des locaux	86 % Chauffage des locaux
54 % Eau chaude	14 % Eau chaude

Tableau 1 : Valeurs approximatives des besoins énergétiques pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire (source SIA 2024:2021)

3.2.2.1 Répartition spatiale de la demande de chaleur

Dans l'analyse de la demande énergétique pour le secteur du bâtiment, il convient de tenir compte de la répartition spatiale. La Confédération met à disposition sur <https://map.geo.admin.ch>, sous le mot-clé "demande de chaleur/froid", une répartition spatiale de la demande de chaleur. Par ailleurs, les cantons mettent souvent à disposition la répartition de la "demande de chaleur/froid" sur leur géoportail. Ces données se basent sur le Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL). Son actualisation concernant les données énergétiques doit être clarifiée. Si nécessaire, les besoins énergétiques de certaines régions et zones peuvent être déterminés plus précisément à l'aide des valeurs caractéristiques suivantes :

- Période de construction : La période de construction moyenne des bâtiments par zone ou l'âge de construction est une grandeur caractéristique pour l'estimation de l'indice énergétique typique. Ce recensement peut être effectué en partie avec les bases de données du SIG cantonal ou avec les données du RegBL. Il est également possible de procéder à une estimation par le service communal de la construction.
- Indice énergétique : l'indice énergétique des bâtiments peut être déterminé à l'aide de la figure 2 - par classes d'âge de construction.
- Surface de référence énergétique (SRE) : pour les bâtiments d'habitation, la surface de référence énergétique est souvent incluse dans la SRE. Alternativement, elle peut être estimée par le biais du coefficient d'utilisation spécifique à la zone et du potentiel de densification encore disponible.

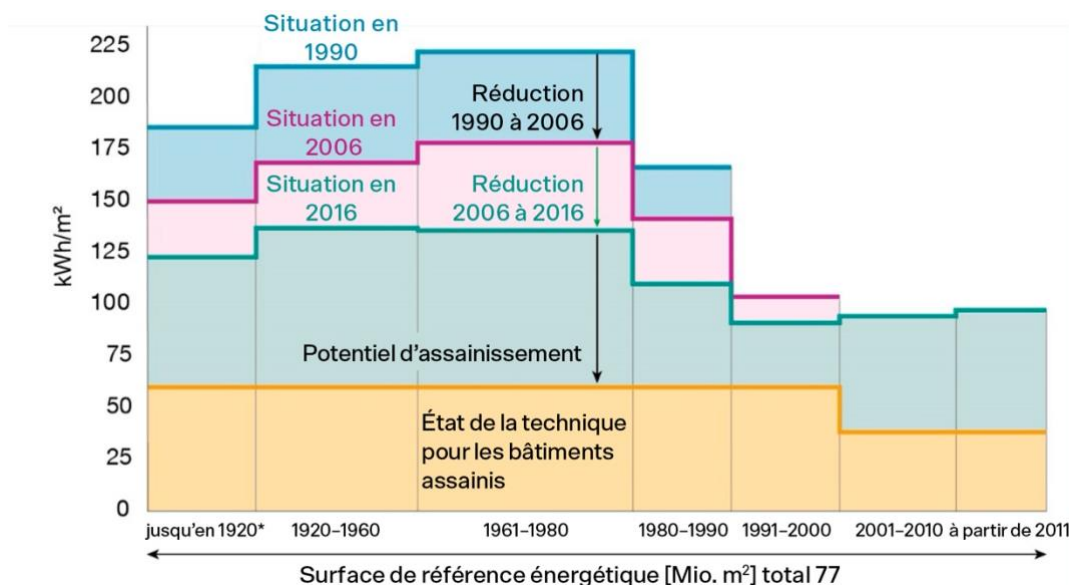


Figure 2 : Besoin spécifique en énergie finale (indice énergétique) des bâtiments en kWh/m² SRE*a, par rapport aux périodes de construction ; canton de Zurich (2018)

En principe, les indices énergétiques se réfèrent aux bâtiments d'habitation. Pour les bâtiments tertiaires et industriels, ils sont un peu trop élevés, car la tendance est de consommer moins d'énergie pour le chauffage des locaux et l'eau chaude. Si nécessaire, les besoins énergétiques pour des types de bâtiments spécifiques peuvent être déterminés selon la norme SIA 2024:2021.

3.2.3 Évolution de la demande en énergie

La figure 2 donne des indications sur les évolutions futures possibles de la demande en énergie dans le parc immobilier : selon la période de construction et le standard de rénovation, la demande en énergie finale des bâtiments existants peut être considérablement réduite. Toutefois, d'autres facteurs doivent être pris en compte dans un pronostic réaliste de la demande énergétique. Il est recommandé de convertir les perspectives énergétiques de la Confédération et du canton d'implantation pour la commune concernée. Si nécessaire, des paramètres de développement spécifiques à la commune peuvent également être utilisés pour le calcul des scénarios énergétiques. Les indicateurs suivants doivent être utilisés à cet effet :

- Evolution de la population et de l'urbanisation : proportion de nouveaux logements
- Développement de l'emploi : proportion de nouveaux bâtiments industriels et de services
- Demande d'énergie : normes de construction pour les nouveaux bâtiments ; taux de rénovation et mesures énergétiques ; augmentation de l'efficacité des installations de production d'énergie
- Influences climatiques : Diminution des degrés-jours de chauffage ou augmentation des degrés-jours de refroidissement

Chaleur résiduelle locale de haute qualité

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données	Informations complémentaires
Chaleur résiduelle des UIOM et de l'industrie, géothermie moyenne profonde et	Informations fournies par les exploitants d'installations – Utilisation des données de planification énergétique cantonale	les voir module 7 "Principes des réseaux thermiques www.geothermie-schweiz.ch

Chaleur résiduelle locale de faible valeur et chaleur environnementale

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données	Informations complémentaires
Chaleur résiduelle de l'industrie, des STEP et des égouts	<ul style="list-style-type: none"> Informations fournies par les exploitants d'installations Utilisation des données de la planification énergétique cantonale 	voir module 7 "Principes des réseaux thermiques"

Chaleur environnementale (sol, eaux souterraines, eau potable, eaux de surface)	<ul style="list-style-type: none"> Nombre de pompes à chaleur autorisées dans le canton (source possible : navigateur SIG) ; données des offices compétents (sur la base des concessions) Données de l'entreprise d'approvisionnement en énergie (EAE) sur les prestations de PAC, les tarifs et/ou la consommation d'électricité Données du canton ou de la commune : carte des sondes géothermiques, concessions pour la chaleur des eaux souterraines Données d'éventuels exploitants de projets géothermiques 	<ul style="list-style-type: none"> Offres SIG cantonales www.fws.ch www.geothermie-schweiz.ch
---	---	---

Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données	Informations complémentaires
Bois	<p>Il existe deux options de détermination :</p> <ul style="list-style-type: none"> Indication par les exploitants forestiers (coopération bois, IG Holz, forestiers communaux) de la quantité de bois vendue sur le territoire communal Calcul de la demande à l'aide des données du contrôle communal des installations de chauffage : multiplication de la puissance installée de tous les chauffages au bois par une estimation des heures de pleine charge annuelles (env. 1500 h). En règle générale, la consommation de combustible des grandes installations de chauffage (> 350 kW) est directement enregistrée pour le cadastre des émissions. 	Contenu énergétique du bois : www.holzenergie.ch
Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Données fournies par les exploitants d'installations de biogaz 	www.biomassesuisse.ch

Chaleur ambiante non localisée et sources énergétiques renouvelables

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données	Informations complémentaires
Soleil	<ul style="list-style-type: none"> Données de la commune sur le nombre d'installations autorisées Informations sur les programmes de promotion communaux et cantonaux (installations récentes) Dénombrement des surfaces de toiture dans le SIG ou les cartes de la commune Estimation du nombre d'installations 	www.swissolar.ch www.sses.ch
Air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> Indications de l'EAE sur la puissance de la PAC, le tarif et la consommation d'électricité (faire la distinction avec les autres utilisations de la chaleur ambiante) 	

Sources énergétiques en réseau

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données	Informations complémentaires
Chauffage/froid urbain	<ul style="list-style-type: none"> Données de consommation du gestionnaire du réseau de chauffage/refroidissement urbain (régional ou communal), si possible réparties par processus, chauffage des locaux et eau chaude sanitaire 	
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> Données de consommation du fournisseur de gaz (régional ou communal), si possible réparties par processus, chauffage des locaux et eau chaude 	
Utilisation de l'électricité dans le domaine du chauffage	<ul style="list-style-type: none"> Données EAE sur les tarifs de chauffage électrique et la consommation d'électricité ou utilisation de la valeur moyenne suisse (2022) : 558 kWh/habitant Électricité pour l'eau chaude : estimer les données du RegBL à partir des surfaces de référence énergétique et des sources énergétiques (courant, chauffage) ou utiliser la valeur moyenne suisse (2022) : 334 kWh/habitant. 	OFEN (2023b) : Analyse de la consommation d'énergie suisse par type d'utilisation

Sources énergétiques fossiles non localisées

Source d'énergie	Obtention d'informations et de données
Combustibles pétroliers	<ul style="list-style-type: none"> – Option 1 : calcul de la demande sur la base des données du contrôle communal des installations de chauffage. Multiplication de la puissance installée de tous les chauffages au mazout par une estimation des heures de pleine charge annuelles (environ 1'500 h pour le chauffage et l'eau chaude). Les installations pour l'industrie et l'artisanat affichent plutôt 1'750 heures de pleine charge. En règle générale, la consommation de combustible est directement enregistrée pour les grandes installations de chauffage (> 350 kW). La consommation d'énergie de processus peut également être relevée directement auprès des gros consommateurs. – Option 2 : Estimation de la demande totale de chaleur dans le secteur du bâtiment (demande totale de chaleur moins le chauffage urbain, le gaz naturel et les énergies renouvelables) et données des gros consommateurs industriels (énergie de processus) – Option 3 : détermination de la demande d'énergie dans le secteur du bâtiment à l'aide d'indices énergétiques typiques en fonction de l'âge (voir figure 2), puis calcul de la consommation de mazout (demande totale de chauffage moins le chauffage urbain, le gaz naturel et les énergies renouvelables). La consommation d'énergie de processus peut également être relevée directement auprès des gros consommateurs.

Tableau2 : Établissement du bilan détaillé des principales sources énergétiques à l'aide des sources de données disponibles.

3.2.4 Chaleur destinée aux processus industriels

La chaleur est également souvent utilisée comme énergie de processus dans l'artisanat et l'industrie. Les données relatives aux besoins doivent être obtenues directement auprès des entreprises industrielles et de services. Dans les communes disposant d'un chauffage à distance ou d'un approvisionnement en gaz, il est également possible de s'adresser au service d'approvisionnement (courant, électricité destinée aux processus industriels : demande analogue auprès des entreprises d'approvisionnement en électricité). Les données manquantes peuvent être remplacées par des valeurs de référence de la Confédération une distinction est faite entre le lieu de travail et la branche (OFEN 2018a).

3.2.5 Bilan des gaz à effet de serre - Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission constituent la base du calcul des émissions de gaz à effet de serre. L'évolution de ces facteurs d'émission de gaz à effet de serre, des facteurs d'énergie primaire et des points d'impact sur l'environnement a tendance à baisser en raison de l'augmentation des gains d'efficacité et de l'utilisation d'énergies renouvelables dans les processus de production et de transport. La rapidité de cette évolution a une influence décisive sur la réalisation de l'objectif de zéro émission nette de gaz à effet de serre et sur la nécessité de disposer d'un potentiel d'émissions négatives. Il n'est toutefois pas possible d'estimer cette évolution. Deux systèmes différents sont disponibles pour le calcul du bilan des gaz à effet de serre :

1. Données d'écobilan de la KBOB : Les données d'écobilan de la KBOB (qui contiennent entre autres des facteurs d'émission de gaz à effet de serre) ont été développées par la Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (KBOB) en Suisse et sont adaptées aux données nationales et aux conditions spécifiques de la Suisse. Ainsi, les MoPEC utilisent également les données d'écobilan de la KBOB. Les données d'écobilan de la KBOB sont utilisées pour différents instruments mis à la disposition des communes (calculateur d'énergie et de climat) (KBOB 2023).
2. GHG Protocol Facteurs de gaz à effet de serre : le GHG Protocol est une norme utilisée au niveau international. Il permet ainsi un calcul complet et standardisé des émissions à différents niveaux de

la chaîne de création de valeur. La loi sur le climat et l'innovation utilise le GHG Protocol pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre (OFEV 2024).

Les deux bases de données de facteurs d'émission sont régulièrement mises à jour. Le bilan doit toujours être établi selon le même système afin de garantir la comparabilité des données au fil des années, car les facteurs d'émission des deux systèmes peuvent différer.

3.2.6 Évolution de la demande de chaleur et de froid

En raison de plusieurs facteurs, la demande de chaleur va diminuer à l'avenir, mais la demande de froid va augmenter. Les raisons de la diminution de la demande de chaleur sont les rénovations de bâtiments et les hivers plus doux. Une étude de l'Empa prévoit une baisse des degrés-jours de chauffage de 3 300 aujourd'hui à 2 500 degrés-jours de chauffage au maximum (R. Mutschler et al., 2021). Le facteur de l'augmentation de la demande de froid est en premier lieu l'augmentation des périodes de chaleur en été. Dans ce contexte, l'Empa (voir ci-dessus) prévoit une augmentation de 200 degrés-jours de refroidissement aujourd'hui à 400 degrés-jours de refroidissement au maximum. Les deux estimations se basent sur le scénario climatique le plus extrême RCP 8.5 (OFEN 2023b). La demande de froid restera toutefois nettement inférieure à la demande de chaleur à l'avenir.

Pour garantir que les réseaux thermiques soient économiquement viables à l'avenir, le réseau doit être conçu en fonction de la future demande de chaleur/froid. Pour ce faire, les données ci-dessus doivent être prises en compte dans l'estimation.

Glossaire

Énergie primaire : par énergie primaire, on entend l'énergie sous sa forme naturelle, avant qu'elle ne soit transformée en énergie utilisable (par exemple, pouvoir calorifique du charbon). La consommation d'énergie primaire tient compte des éventuelles pertes de transformation ou de transmission de la quantité d'énergie utilisable par le consommateur.

Énergie finale : énergie directement fournie au consommateur. Le terme d'énergie finale englobe les sources énergétiques commercialisées telles que le mazout, le gaz naturel, l'électricité, l'essence, le diesel, les combustibles bois ou le chauffage urbain.

3.3 Sources

- Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air (2018) : L'énergie dans les bâtiments d'habitation 2018. Canton de Zurich. Zurich, Suisse.
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2018a) : Consommation d'énergie dans l'industrie et le secteur tertiaire. Berne, Suisse.
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2022) : Consommation d'énergie des ménages privés 2000-2021 Analyse ex-post. Berne, Suisse
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023b) : Statistique globale de l'énergie 2022. Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (consulté le [17.03.2024]).
- Office fédéral de la statistique (OFS) : Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL). Disponible sous : Registre des bâtiments et des logements (accès le [17.07.2024]).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2024) : Dernier inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse.
- <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/climate-reporting/ghg-inventories/latest.html> (consulté le [17.10.2024])
- Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics KBOB (2023) : Données d'écobilan dans le domaine de la construction. Disponible sur : https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (consulté le [17.07.2024]).
- SIA (2021) : Données d'utilisation des locaux pour l'énergie 2024:2021. Société suisse des ingénieurs et des architectes. Zurich, Suisse.

Modul 4: Potentiels énergétiques

Chaleur résiduelle et énergies renouvelables

Module 4 en bref

Sources d'énergie disponibles

Différentes sources énergétiques renouvelables et sources de chaleur résiduelle peuvent être envisagées pour l'utilisation énergétique dans une communauté.

Pour l'analyse des potentiels écologiques - en ce qui concerne l'utilisation de la chaleur et du froid et la production d'électricité - les sources énergétiques renouvelables et les sources de chaleur résiduelle utilisées et non utilisées sont relevées.

Conditions locales

La planification énergétique territoriale et les priorités de planification proposées permettent de créer les conditions locales nécessaires à l'utilisation judicieuse des potentiels écologiques sur le territoire communal.

Informations complémentaires et liens

– Annexes séparées pour les modules 1 à 10

4.1 Potentiels pour l'utilisation de la chaleur

Pour évaluer les potentiels énergétiques sur le territoire de la commune, il est nécessaire de recenser l'offre de sources énergétiques renouvelables locales et de sources de chaleur résiduelle.

Conformément aux priorités de planification de l'approvisionnement en énergie (voir module 2 "Procédure"), l'éventail des ressources possibles comprend les sources suivantes :

- Chaleur résiduelle locale de haute qualité et chaleur environnementale
- Chaleur résiduelle locale de faible valeur et chaleur environnementale
- Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional
- Utilisation de la chaleur ambiante non localisée
- Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional (ressources rares)

4.1.1 Utilisation d'énergies renouvelables

Les sources d'énergie doivent être examinées en fonction de leur potentiel écologique et des conditions techniques d'utilisation. Dans le cas des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et d'autres sources locales, il faut par exemple veiller à ce qu'il y ait suffisamment d'acheteurs de chaleur dans l'environnement proche. En revanche, pour l'utilisation de la chaleur provenant des égouts, il faut veiller à ce que l'estimation de l'offre énergétique tienne compte du refroidissement maximal possible des eaux usées et des fluctuations des quantités d'eaux usées au cours de la journée.

L'utilisation du froid gagne en importance. Certaines sources d'énergie renouvelables (comme les eaux souterraines, les eaux de surface, la géothermie) peuvent être utilisées non seulement pour le chauffage, mais aussi pour un refroidissement direct efficace.

En ce qui concerne les estimations de potentiel, il convient de distinguer les notions suivantes (figure 1) :

- Le potentiel théorique est basé sur les possibilités physiques d'utilisation des ressources renouvelables ; par exemple, l'intensité du rayonnement solaire, l'ensoleillement.
- Le potentiel technique décrit la part du potentiel théorique qui peut effectivement être utilisée ; par exemple, le rendement des capteurs solaires.
- Le potentiel écologique désigne les ressources renouvelables utilisables durablement avec les technologies disponibles ; par exemple, les capteurs solaires sur les surfaces bâties.
- Le potentiel économique désigne la réalisation économiquement viable pour exploiter le potentiel ; par exemple, construction rentable de capteurs solaires.

Différenciation du concept du potentiel

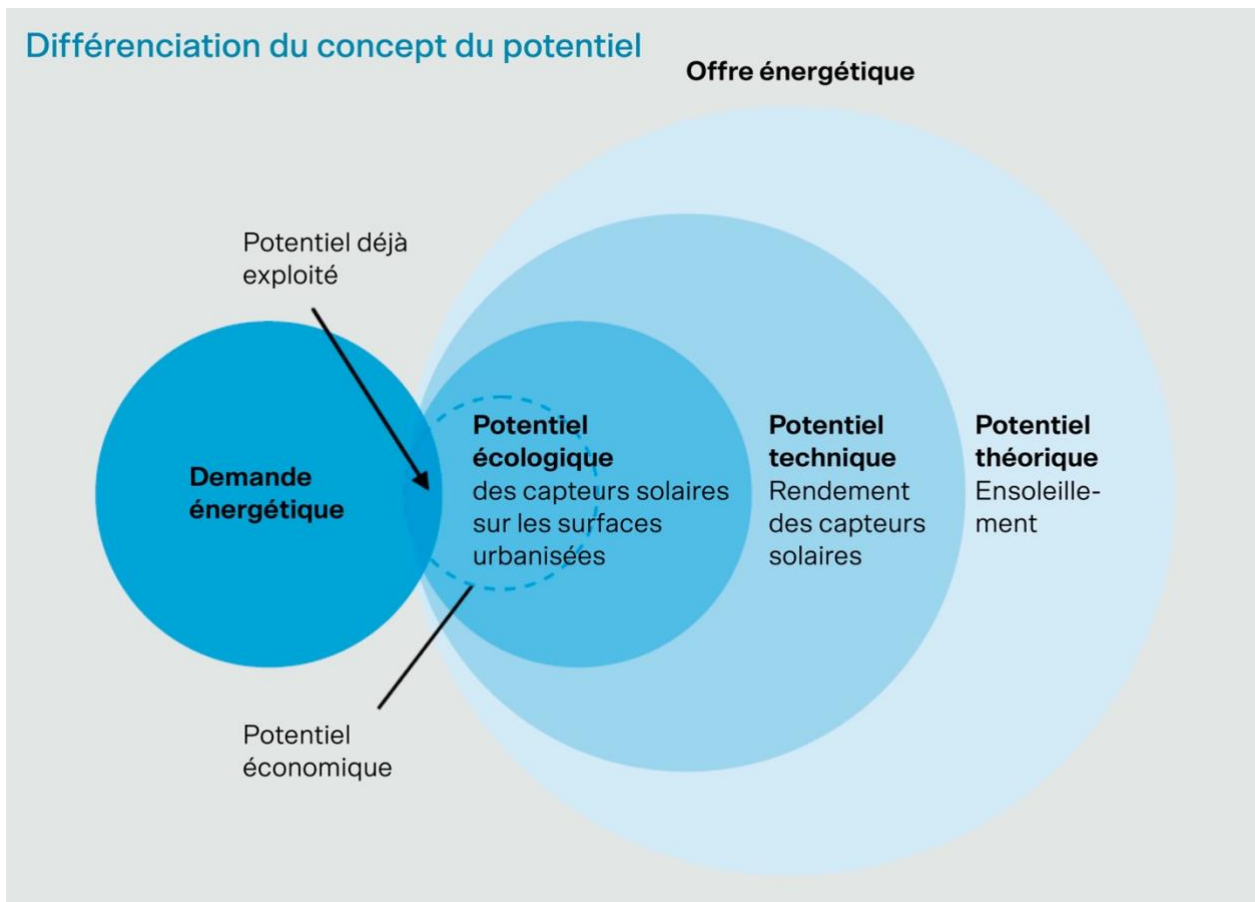


Figure6 : Les différences entre le potentiel théorique, technique, écologique et économique, avec l'exemple de l'énergie solaire.

Exemple de bonne pratique : élaboration d'une base efficace pour les petites communes

Région Lac de Zurich-Linth (SG)

L'association Region Zürichsee-Linth a développé une planification thermique globale en étroite collaboration avec ses communes et les fournisseurs de chaleur régionaux. Grâce à une approche régionale coordonnée, l'association a réussi à créer une base efficace et solide pour la poursuite des activités dans toutes les communes. Cette approche montre comment des efforts communs et une planification globale permettent d'exploiter les synergies et d'utiliser les ressources de manière optimale (EBP 2024a).

4.1.2 Méthode d'enquête

Le tableau 1 donne un aperçu des sources énergétiques potentielles, complété par des informations sur les bases à partir desquelles les potentiels écologiques peuvent être relevés ou déduits. Les principales valeurs de référence et d'expérience sont donc mentionnées. Il est également mentionné où les informations pertinentes sur les sources d'énergie et les différents types de production de chaleur et de froid peuvent être obtenues.



Chaleur résiduelle locale de haute qualité et chaleur environnementale

Ressources	Obtention d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Chaleur résiduelle de l'usine de traitement des ordures ménagères	<ul style="list-style-type: none"> – Exploitants d'UIOM et de réseaux de chaleur (en cas d'utilisation de la chaleur résiduelle) – Statistique fédérale sur les déchets <p>Evolution future des déchets (planification des UIOM, évolution de la population, gestion des déchets, stockage saisonnier des déchets, économie circulaire)</p> <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation possible de courant, d'électricité ou de chaleur directe (CCF avec déchets) – Tenir compte des besoins propres en chaleur et en électricité (en particulier compte tenu de l'obligation future en matière de capture et de stockage du carbone (CSC)) 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réseau thermique nécessaire et possible s'il existe une densité suffisante de la demande en énergie (voir module 7) <p>Chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> – La demande de chaleur à l'année ou les consommateurs de chaleur destinée aux processus industriels ou les gros consommateurs sont intéressants <p>Le froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Production de froid possible dans les machines frigorifiques à absorption ; rendement relativement faible
Chaleur résiduelle industrielle	<ul style="list-style-type: none"> – Grandes entreprises artisanales et industrielles du secteur de la production – Installations de captage du carbone <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tenir compte des besoins propres (notamment en cas d'éventuel futur CSC) 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réseau thermique nécessaire et possible s'il existe une densité suffisante de la demande en énergie <p>Le froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Production de froid possible dans les machines frigorifiques à absorption ; rendement relativement faible
Géothermie moyenne et profonde (à partir de 500 m)	<ul style="list-style-type: none"> – Clarifier les conditions géologiques <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilisation possible de courant, d'électricité ou de chaleur directe 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réseau thermique nécessaire et possible si la densité de la demande en énergie est suffisante – Réseau de chaleur nécessaire en cas de production combinée de courant, électricité et chaleur <p>Le froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Production de froid possible dans les machines frigorifiques à absorption ; rendement relativement mauvais



Chaleur résiduelle locale de faible valeur et chaleur environnementale

Ressources	Obtention d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Opérationnel Sources de chaleur résiduelle³ <ul style="list-style-type: none"> – Entreprises industrielles – Conversion de l'énergie – Production de froid 	<ul style="list-style-type: none"> – Grandes entreprises de production – Postes de transformation ou autres installations de transformation de l'énergie (commune, entreprise d'approvisionnement en énergie (EAE)) – Centres de données – Installations de captage du carbone <p>Remarque :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tenir compte des besoins personnels 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réseau thermique nécessaire et possible si la densité de la demande en énergie est suffisante <p>Le froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les réseaux basse température sont intéressants pour la production de froid (préparation avec des pompes à chaleur (PAC))⁴ (cf. module 7)
Chaleur résiduelle provenant des eaux usées épurées (STEP)	<ul style="list-style-type: none"> – Exploitants de STEP (courbe de température ; débit de temps sec) – Estimation des paramètres cf. chaleur résiduelle des égouts <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tenir compte des besoins personnels 	
Chaleur résiduelle provenant de canalisations d'eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> – Commune/STEP : Informations sur le débit moyen par temps sec, la température moyenne et le diamètre des canaux. – Estimation à l'aide des paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> – Débit moyen par temps sec au moins 10 l/s – Température moyenne de plus de 10 °C nécessaire après l'utilisation de la chaleur, si pas de réchauffement jusqu'à la STEP ○ Puissance d'extraction max. (kW) = Débit moyen journalier par temps sec (m³/h) x Capacité thermique spécifique de l'eau c_p (kWh/m³ K) x Refroidissement dT (K) <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none"> – Des tronçons de canalisation suffisamment longs et grands (diamètre minimal de 80 cm) doivent être disponibles (alternative : conduite de dérivation). – Vérifier la température minimale requise et la réserve de la STEP – Tenir compte de la date de rénovation des canalisations 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réseau thermique nécessaire et possible si la densité de la demande en énergie est suffisante <p>Le froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Distribution de froid possible via des réseaux basse température (préparation avec des pompes à chaleur (PAC))

³ Pour plus d'informations, voir la source suivante : Energie Suisse 2023 : Utilisation de la chaleur résiduelle des centres de calcul - étude de potentiel et recommandations pour les exploitants et les communes. *eicher + pauli*.

⁴ Pour plus d'informations sur les pompes à chaleur, voir OFEN (2018b).



Chaleur résiduelle locale de faible valeur et chaleur environnementale

Utilisation de la chaleur des eaux

- Eaux souterraines
- Eau de mer
- Cours d'eau
- Eau potable (réservoirs ou débordement de source)

- Cartes cantonales d'utilisation de la chaleur (SIG/géoportails : eaux souterraines/thermiques, cartes de protection des eaux)
- Estimation du potentiel sur la base des conditions spécifiques à la commune (en partie connaissances chez le fontainier) :
 - Lac
 - Cours d'eau
 - Canaux
 - Ressources en eau souterraine
 - Réservoirs d'eau potable
 - Captages d'eau de source et d'eau souterraine

Remarque

- Certains cantons exigent une puissance frigorifique minimale pour l'octroi d'une concession.

Chaleur et froid :

- Réseau thermique possible si la densité de la demande en énergie est suffisante

Le froid :

- Installations décentralisées pour des objets individuels : utilisation directe du froid possible en tenant compte de l'apport de chaleur dans les eaux

Géothermie non profonde

(de 50 m à 500 m)

- Cartes cantonales d'utilisation de la chaleur géothermique (SIG/géoportails)
- Besoin(s) en électricité pour les pompes à chaleur dépendant de l'amplitude de température (COP : 4 à 5)

Remarques

- Pour une utilisation durable, les sondes devraient être régénérées à partir d'une densité de besoins en chaleur d'environ 150 MWh/ha*a.
- Prise en compte des zones de protection des eaux souterraines et des eaux

Chaleur et froid :

- Installations décentralisées pour des objets individuels
- Utilisation possible comme accumulateur saisonnier (régénération des sondes en été via le refroidissement ou le Chaleur thermique solaire)

Chaleur :

- Les champs de sondes peuvent également être intégrés dans les réseaux thermiques en tant que stockage saisonnier

Le froid :

- Utilisation directe du froid possible

Cas spéciaux

- Tunnel d'évacuation d'air
- Drainage du tunnel

- Clarifier les conditions spécifiques sur le territoire communal
- Déterminer la rentabilité

Chaleur et froid :

- Réseau thermique possible dans les zones à densité de demande énergétique moyenne à élevée

Le froid :

- Production de froid possible sous conditions



Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional

Ressources	Obtention d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Biomasse (sans le bois), Fermentation	Installations de biogaz commerciales >10'000 t de déchets verts par an <ul style="list-style-type: none">– Opérateur de collecte de déchets verts– Déchets organiques provenant de l'industrie alimentaire et de la restauration– Statistique fédérale sur les déchets– Par tonne de déchets organiques : 100 m³ de biogaz (CCF : 200 kWh_{el} resp. 200 kWh_{th}) Installations agricoles de biogaz : utilisation dans de grandes installations (régionales) : convient à partir de 80 à 100 unités de gros bétail (UGB) ou 3'000 - 4'000 t de lisier et de fumier : <ul style="list-style-type: none">– Statistiques cantonales pour le nombre d'animaux dans les communes– Conversion du nombre d'animaux en UGB selon "l'ordonnance sur la terminologie agricole et la reconnaissance des formes d'exploitation", annexe (art. 27)– Chaque UGB produit environ 1,5 m³ de biogaz par jour	Production de chaleur, d'électricité ou de carburant (biogaz) <ul style="list-style-type: none">– Réseau thermique possible si la densité de la demande en énergie est suffisante (demande d'énergie moyenne à élevée nécessaire)– Chaleur résiduelle CCF– Injection alternative de biogaz dans le réseau de gaz



Utilisation de la chaleur ambiante non localisée

Ressources	Obtention d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Énergie solaire	<ul style="list-style-type: none"> En règle générale, l'estimation du potentiel dans le domaine de la chaleur se base sur la surface de toiture (www.sonnendach.ch) ou la surface de façade (www.sonnenfassade.ch) utilisable et sur les besoins(s) en chaleur locaux. Le taux de couverture solaire ainsi que les rendements annuels sur le Plateau et dans l'espace alpin sont décrits en détail dans le module 5. <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> Les surfaces de toiture qui ne sont pas utilisées pour la production de chaleur peuvent être utilisées pour la production d'électricité (par exemple, les gymnases, les salles polyvalentes, les toits des granges). 	<p>Chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Installations décentralisées dans des objets individuels pour la production d'eau chaude avec ou sans chauffage d'appoint Intégration dans les réseaux thermiques intéressante pour le fonctionnement en été Chaleur excédentaire utilisable pour la régénération des sondes géothermiques
Utilisation de la chaleur de l'air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> Approche descendante pour répondre aux besoins(s) en chaleur <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none"> L'utilisation de la géothermie et de la chaleur des eaux est préférable à l'utilisation de l'air ambiant (meilleur COP). L'utilisation dans des bâtiments rénovés ou nouvellement construits sur le plan énergétique est préférable à l'utilisation dans des bâtiments anciens mal isolés (meilleur COP). La thématique de la protection contre le bruit doit être prise en compte (par ex. habitat collectif) 	<p>Chaleur et froid :</p> <ul style="list-style-type: none"> Installations décentralisées, en premier lieu dans des objets individuels



Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional

Ressources	Obtention d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Bois	<p>Résidus de bois et bois usagé</p> <ul style="list-style-type: none"> Entreprises de transformation du bois Résidus de bois issus de la forêt et de l'agriculture Centres de collecte régionaux pour le bois usagé <p>Bois énergie et bois de paysage</p> <ul style="list-style-type: none"> Coopération locale et régionale en matière de bois Études et planifications cantonales www.map.geo.admin.ch > biomasse ligneuse SIG : Surface forestière de la commune <p>Remarque :</p>	<p>Chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Centrale thermique ou centrale de cogénération (avec production d'électricité) avec réseaux thermiques en présence d'une forte densité de demande d'énergie (en l'absence d'alternatives et de disponibilité assurée) En l'absence d'alternatives, convient à un parc immobilier nécessitant des températures de départ élevées.

Sources énergétiques renouvelables disponibles au niveau régional



Le bois se conserve bien.

Le potentiel libre de bois est limité dans toute la Suisse. Le bois ne devrait donc plus être utilisé pour le chauffage des locaux pour les nouvelles installations (voir encadré).

Tableau4 : Potentiels pour l'utilisation de la chaleur

Potentiel du bois-énergie en Suisse

Le potentiel de bois-énergie comprend les catégories suivantes : Bois de forêt, résidus de bois, bois de paysage, bois usagé. Ceux-ci sont proposés dans les assortiments de bûches, de copeaux et de pellets.

Le potentiel du bois-énergie en Suisse est déjà exploité à 7/8 et la tendance est à la hausse. Le potentiel de bois-énergie est donc limité. Les réserves sont disponibles de manière différente selon les régions. Il est donc recommandé aux personnes investissant dans de grandes installations utilisant du bois-énergie de s'assurer au préalable de la quantité de bois-énergie dont elles ont besoin (OFEV 2023).

L'utilisation des catégories par gamme est recommandée comme suit :

	Bûches	Plaquettes	Pellets
Poêles à bûches	Bois de forêt Bois de paysage		
Chaudière à bûches	Bois de forêt Bois de paysage		
Automatique Chaudières < 300 kW		Bois de forêt Résidus de bois	Résidus de bois Importations (bois de forêt)
Automatique Chaudières 300 kW - 1'000 kW		Bois de forêt Bois de paysage Bois résiduel Nouvelle biomasse (vieux bois)	Résidus de bois Nouvelle biomasse Importations (bois de forêt)
Automatique Chaudières 1'000 - 10'000 kW		Bois de forêt Bois de paysage Bois résiduel Bois usagé Nouvelle biomasse	(bois de forêt)
Automatique Chaudières > 10'000 kW		(bois résiduel) (vieux bois) (nouvelle biomasse)	

Tableau3 : Aptitude des catégories de bois en fonction de l'assortiment et de la taille de l'installation (Source : Approvisionnement en bois-énergie - Bases et stratégie, Bois-énergie Suisse 2022)Entre parenthèses, l'utilisation en deuxième priorité, la troisième priorité a été omise pour faciliter la lecture.

Indépendamment de l'attribution ci-dessus, le bois devrait être utilisé en premier lieu comme matériau. Les nouvelles installations de chauffage pour la chaleur de confort devraient, dans la mesure du possible, renoncer à l'utilisation du bois.

Dans les réseaux thermiques existants, il convient d'examiner dans quelle mesure les sources d'énergie alternatives peuvent remplacer le bois.

4.2 Potentiels de production d'électricité

L'analyse du potentiel pour la planification énergétique territoriale peut inclure la production de courant, d'électricité à partir de sources renouvelables sur le territoire communal. En principe, les sources suivantes se prêtent à la production d'électricité :

4.2.1 Chaleur résiduelle issue de la valorisation des déchets

Les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) fournissent une chaleur résiduelle de haute qualité, utilisable pour la production d'électricité ; la chaleur résiduelle est injectée dans un réseau thermique. Les besoins propres en chaleur et en électricité doivent être pris en compte (en particulier si l'on tient compte de la prochaine obligation de CSC).

4.2.2 Gaz d'épuration issu du traitement des eaux usées

De manière optimale, les stations d'épuration des eaux usées (STEP) utilisent généralement le gaz d'épuration pour faire fonctionner leurs propres installations de couplage chaleur-force (CCF), afin de couvrir une partie de leurs propres besoins en électricité, et transmettent la chaleur résiduelle à un réseau de chaleur. Si aucune de ces deux possibilités n'est mise en œuvre pour une utilisation ultérieure du gaz d'épuration, il convient d'envisager son injection dans le réseau de gaz. L'injection du gaz d'épuration dans le réseau de gaz naturel est possible pour les moyennes et grandes installations.

4.2.3 Énergie solaire

Les surfaces de toiture et les façades présentant une inclinaison et une exposition adéquates peuvent être utilisées pour la production de chaleur ou d'électricité. Le potentiel de production d'électricité est limité en premier lieu par les surfaces disponibles et s'élève à 67 TWh/an (www.sonnendach.ch).

En principe, le photovoltaïque peut s'attendre à un rendement électrique annuel par module de cellules solaires compris entre 150 et 230 kWh/m² (OFEN 2023d). Des informations plus précises sur le potentiel d'utilisation du photovoltaïque dans une commune peuvent être obtenues pour les toits et les façades par bâtiment ou par commune sous : www.sonnendach.ch, www.sonnenfassade.ch).

4.2.4 Énergie éolienne

L'utilisation de l'énergie éolienne complète idéalement l'énergie solaire, car les deux tiers de l'énergie éolienne sont produits en hiver et sont également disponibles la nuit, lorsque l'énergie solaire est rare. En Suisse, plus de 4 TWh/a devraient être produits par le vent d'ici 2050. Le potentiel total s'élève à 29,5 TWh/a (OFEN 2023).

Le potentiel local doit être clarifié au cas par cas, sur la base de la carte du potentiel éolien de la Confédération et du canton, en fonction des critères suivants : force moyenne minimale du vent de 4,5 m/s ; distance suffisante par rapport aux zones d'habitation en tenant compte de l'ordonnance sur la protection contre le bruit et de la protection du paysage (cartes d'aptitude régionales : www.windatlas.ch). En outre, des restrictions nationales s'appliquent et peuvent être consultées sur map.geo.admin.ch dans la section "Vent : intérêt fédéral". Conformément à la loi fédérale sur la sécurité de l'approvisionnement en électricité à partir d'énergies renouvelables (art. 10, al. 1-1^{er}), les cantons sont tenus de définir dans leur plan directeur des zones adaptées à l'éolien et à l'énergie hydraulique. Dans la plupart des cantons, des zones ou des critères de production d'énergie éolienne sont déjà délimités dans le plan directeur.

4.2.5 Énergie hydraulique

Les cours d'eau et l'approvisionnement en eau potable entrent en ligne de compte pour l'utilisation de la force hydraulique. Cette dernière est réalisable en utilisant la pente, mais doit être clarifiée au cas par cas. Il vaut la peine d'approfondir la question lorsqu'une source débite au moins 500 l/min et que la différence de hauteur est d'au moins 50 m (SuisseEnergie 2003). De plus, il convient de considérer les extensions possibles pour les installations hydroélectriques existantes, ou les droits d'eau, ou concessions qui ne sont plus utilisés pour les nouvelles installations. Ceci en tenant compte du fait que le potentiel écologique est épuisé, à quelques exceptions près.

La Confédération met à disposition sur maps.admin.ch des données sur le potentiel des centrales hydroélectriques. Par ailleurs, certains cantons disposent d'une analyse du potentiel des cours d'eau (p. ex. canton de Berne, canton de Zurich) et la publient dans des études et/ou sur le géoportail.

4.2.6 Géothermie

L'utilisation de la géothermie profonde pour produire de l'électricité est en principe possible. Des explorations sont régulièrement menées en Suisse. Il n'existe pas encore de projets réussis.

4.2.7 Biomasse et bois

Les installations de couplage chaleur-force (voir module 5 "Production de chaleur") constituent une technologie efficace pour l'utilisation de combustibles renouvelables pour la production d'électricité avec une utilisation complète de la chaleur résiduelle. Ces installations ont un rendement élevé, à condition que la chaleur puisse également être entièrement utilisée. Les installations de cogénération doivent donc être exploitées en fonction de la chaleur et il doit y avoir suffisamment d'acheteurs de chaleur dans les environs immédiats ou proches. Si elles ne fonctionnent pas avec des combustibles fossiles, elles constituent un élément important du couplage sectoriel.

Les installations CCF à la biomasse et au bois supposent une taille d'installation de l'ordre du mégawatt ; la chaleur doit être cédée pour l'approvisionnement dans un réseau de chaleur. L'installation doit être gérée en fonction de la chaleur. Les valeurs indicatives pour la part d'énergie produite sont de 25 % à 40 % pour le courant, électricité, et de 50 % à 65 % pour la chaleur. Seules les installations conformes à l'ordonnance sur l'encouragement de l'énergie sont autorisées (OEneR 730.03).

Le réseau énergétique du futur

Avec l'augmentation de la production d'électricité à partir de sources dont l'offre est fluctuante, comme l'énergie solaire ou éolienne, les exigences en matière de régulation de l'approvisionnement en électricité augmentent. Avec l'énergie hydraulique, la Suisse dispose d'une grande quantité d'énergie de régulation (centrales à accumulation). Les nouvelles technologies permettent d'améliorer l'interaction entre l'offre fluctuante et la gestion de la demande, y compris au niveau communal.

- La consommation propre (dans des communautés ou des quartiers) de courant, électricité provenant d'une production décentralisée soulage le réseau électrique et augmente la rentabilité des installations.
- En tant que réseaux électriques du futur, les smart grids permettent de coordonner de manière optimale et énergétiquement efficace la production d'énergie décentralisée, la demande fluctuante et le stockage décentralisé, par exemple avec les batteries des véhicules électriques. Dans un smart grid, la demande en électricité peut être partiellement adaptée à l'offre.
- Une surproduction de courant, électricité renouvelable peut éventuellement être utilisée à l'avenir pour produire du gaz synthétique, le gaz renouvelable peut alors être accumulé (technologie Power-to-Gas voir module 6).

Potentiels d'efficacité

Outre l'exploitation des potentiels régionaux de production de chaleur, de froid et d'électricité à partir de rejets thermiques et d'énergies renouvelables, il convient également de tenir compte des potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique. Ceux-ci permettent d'une part de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'autre part de diminuer les coûts énergétiques.

Chaleur : dans le domaine des bâtiments, la Confédération prévoit une réduction des besoins énergétiques d'environ 90 TWh en 2023 à environ 65 TWh en 2050 (OFEN 2023e). Dans le cadre de la stratégie énergétique 2050, la Confédération met en œuvre différentes mesures visant à augmenter l'efficacité énergétique. Dans le domaine de la chaleur, il s'agit de la promotion de l'assainissement énergétique des bâtiments via le Programme Bâtiments et des incitations fiscales (OFEN 2020). Il existe encore d'autres possibilités d'action pour améliorer l'efficacité énergétique dans le domaine de la chaleur, comme l'utilisation de systèmes de chauffage intelligents ou le réglage optimal de la température de chauffage (SuisseEnergie 2024d).

Electricité : dans le domaine de l'électricité, le passage à des appareils efficaces (respect de l'étiquette énergétique) ou le remplacement complet de l'éclairage par des sources lumineuses efficaces (LED) constituent des possibilités d'action importantes. En outre, des compteurs électriques intelligents et des systèmes de gestion de l'énergie peuvent être utilisés pour optimiser la consommation d'électricité et identifier d'autres potentiels d'économie.

Froid : en raison de la hausse des températures due au changement climatique, l'efficacité du froid gagnera en importance à l'avenir. Afin de permettre à l'avenir des logements aussi frais que possible sans installations frigorifiques, le mode de construction du bâtiment est important (construction résiliente au climat). La taille, l'emplacement et l'orientation des fenêtres, entre autres, jouent un rôle central (Haute école de Lucerne 2021). Par ailleurs, le refroidissement actif va également gagner en importance. Pour pouvoir mettre à disposition en temps voulu des systèmes efficaces ou même des systèmes de refroidissement à distance via des réseaux thermiques, il convient de les prendre en compte dès aujourd'hui.

4.3 Sources

- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2018b) : Manuel sur les pompes à chaleur : planification, optimisation, exploitation, maintenance. Office fédéral de l'énergie, <http://faktor.ch/faktor-buecher/waermepumpen-planung-optimierung-betrieb-wartung.html>
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2020) : Mesures visant à accroître l'efficacité énergétique. Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/erstes-massnahmenpaket/massnahmen-zur-steigerung-der-energieeffizienz.html> (consulté le [25.07.2024]).
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023a). Stratégie thermique 2050. Berne, Suisse. Disponible sur : <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (consulté le [17.07.2024]).
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023d) : Perspectives énergétiques 2050+. Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html>. (Accès le [17.07.2024]).
- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023e) : Bâtiment Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/gebaeude.html> (consulté le [25.07.2024]).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2023) : L'énergie du bois. Disponible sur : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/holzverwendung/holzenergie.html> (consulté le [17.07.2024]).
- EBP (2024a) : Recommandations pour la planification énergétique. Exemples de bonnes pratiques. Zurich, Suisse.
- SuisseEnergie (2003) : De l'éco-électricité sommeille dans l'eau potable. Office fédéral de l'énergie (OFEN). Berne, Suisse.
- SuisseEnergie (2024d) : Chauffage efficace sur le plan énergétique et renouvelable. Disponible sur : <https://www.energieschweiz.ch/haushalt/heizen/> (consulté le [25.07.2024]).
- Haute école de Lucerne (HSLU) (2021) : Construire dans le respect du climat. Disponible sur : <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/ueber-uns/medien/medienmitteilungen/2021/08/16/klimagerecht-bauen/> (consulté le [25.07.2024]).
- Energie-bois Suisse (2022) : Approvisionnement en bois-énergie. Bases et stratégie. Zurich, Suisse

Modul 5: Production de chaleur et de froid

Domaines d'application et valeurs caractéristiques

Module 5 en bref

Modes de production de chaleur et de froid

Pour l'approvisionnement en chaleur et en froid, non seulement les différentes sources énergétiques, mais aussi les différents modes de production sont d'une grande importance pour une production de chaleur et de froid aussi efficace que possible.

On peut distinguer les types de production de chaleur suivants en termes d'application, d'utilisation et d'impact environnemental :

- Pompes à chaleur (PAC)
- Chaudières
- Utilisation de l'énergie solaire
- Couplage chaleur-force

Pour exploiter les réseaux thermiques de manière efficace et économique, il est possible d'utiliser et de combiner différents systèmes de production de chaleur tels que le couplage chaleur-force, les pompes à chaleur à plusieurs niveaux et le chauffage au bois. Les réseaux thermiques permettent également d'approvisionner simultanément en chaleur et en froid des zones qui en ont besoin.

Couplage de secteurs

Le couplage des secteurs est une condition préalable à la décarbonation de l'approvisionnement en énergie. Des garanties d'emplacement sont nécessaires pour les installations correspondantes.

Informations complémentaires et liens

- Bases des réseaux thermiques Module 7
- Annexe séparée pour les modules 1 à 10

5.1 Types de production de chaleur

Outre les différentes sources énergétiques, les différents modes de production sont également importants pour l'approvisionnement en chaleur. Des générateurs de chaleur adaptés aux sources énergétiques et au domaine d'utilisation permettent une production de chaleur aussi efficace que possible.

Pour évaluer la pertinence des différents types de production de chaleur, il est notamment important de connaître le domaine d'utilisation prévu (figure 1).

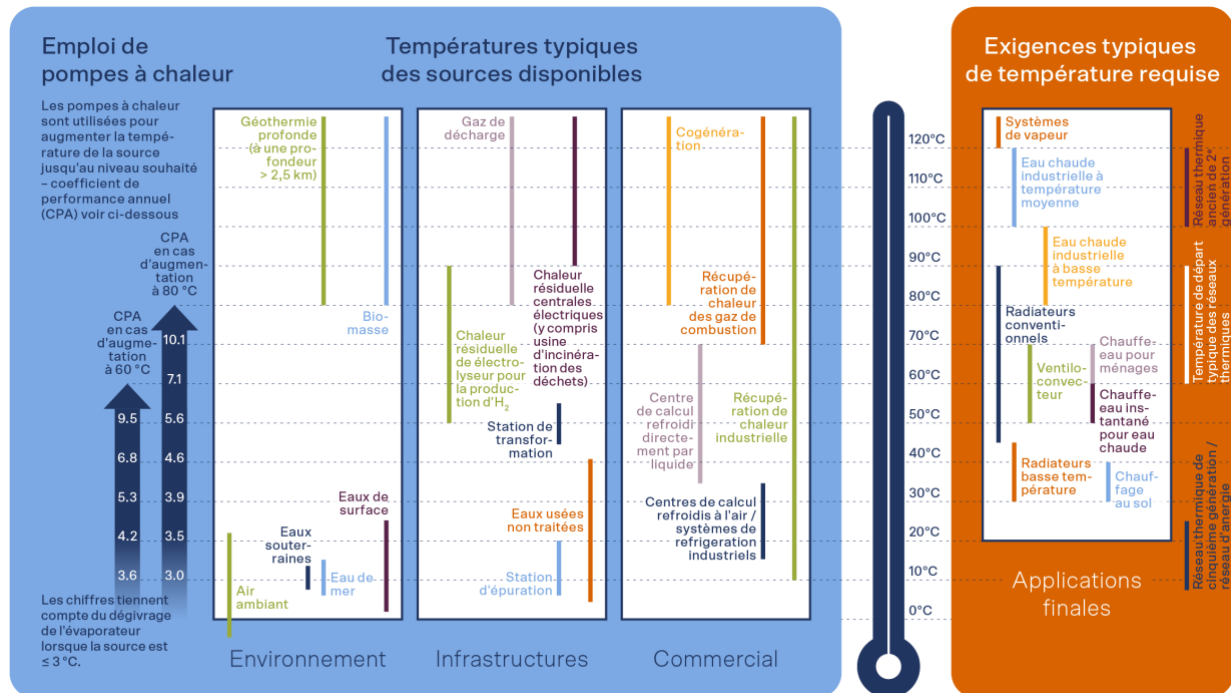


Figure 7 : Plage de température des sources d'énergie et exigences en matière de niveau de température de la part de l'utilisateur (Source : D'après Codema Dublin's Energy Agency)

Les sources d'énergie présentées dans la figure 1 peuvent être converties en chaleur au niveau de température requis à l'aide de différentes technologies. Les technologies suivantes sont disponibles à cet effet :

5.1.1 pompe à chaleur (PAC)

Les pompes à chaleur (PAC) exploitent des potentiels énergétiques à bas niveau de température. Cette forme de production d'énergie nécessite une coordination spatiale lorsque des sources de chaleur locales sont disponibles dans l'environnement immédiat - sol, air ambiant, eaux de surface et eaux souterraines. En outre, la chaleur résiduelle, provenant par exemple des eaux usées, peut également être utilisée à des fins de chauffage. Pour qu'une PAC fonctionne efficacement, il faut veiller à la fois à la qualité de la source de chaleur et au domaine d'utilisation (tableau 2). En effet, plus la différence de température entre la source de chaleur et le système de chauffage est faible, moins l'énergie auxiliaire (courant, biogaz ou gaz naturel) nécessaire à l'entraînement de la PAC est importante. En règle générale, l'air ambiant ne devrait être utilisé que si aucune autre source de chaleur environnementale n'est disponible.

- Les PAC conviennent à la production de chaleur ambiante dans les bâtiments neufs ou les bâtiments anciens rénovés sur le plan énergétique qui se contentent de faibles températures de départ dans le circuit de chauffage (le cas échéant, avec des chauffages au sol).

- Dans un réseau thermique ou pour la production d'eau chaude, il convient, pour des raisons d'efficacité, d'utiliser des pompes à chaleur couplées en série ou des pompes à chaleur avec des compresseurs à deux étages (y compris couverture de pointe, systèmes bivalents).
- Les pompes à chaleur qui tirent leur énergie du sol, des eaux de surface et souterraines ou des eaux usées peuvent également être utilisées pour refroidir les bâtiments en été.

Efficacité opérationnelle et coefficient de performance annuel

Le terme de coefficient de performance annuel (COP) est utilisé pour mesurer l'efficacité d'une installation de pompe à chaleur. Le COP correspond au rapport entre l'énergie produite par an (chaleur dégagée) et l'énergie fournie par an (courant, électricité). Plus le TJA est élevé, plus la pompe à chaleur (PAC) est efficace. Une efficacité de fonctionnement élevée est réalisable si la température de départ dans le système de chauffage est la plus basse possible et si la source de chaleur présente une température élevée constante pendant les mois d'hiver importants pour le chauffage.

Domaines d'application des pompes à chaleur (PAC)

Source de chaleur WP	Domaine d'utilisation
Eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> – Utile à partir d'une puissance de chauffage de 150 kW (bivalent) – Utilisation de la chaleur résiduelle des eaux usées brutes ou épurées en cas de débit constant des eaux usées (au moins 10 l/s) et de refroidissement admissible en amont de la STEP. – En cas de faible production d'eaux usées, il est possible, le cas échéant, d'utiliser la chaleur des eaux usées brutes, même en cas de faible quantité, au moyen d'accumulateurs journaliers et de pompes à chaleur (PAC). Les quantités d'eaux usées sont soumises à de fortes variations au cours de la journée. Pendant la nuit et jusqu'au pic du matin (besoin(s) en chaleur le plus élevé), la quantité d'eaux usées est à chaque fois la plus faible. L'utilisation d'accumulateurs journaliers permet d'absorber ces fluctuations.
Géothermie non profonde	<ul style="list-style-type: none"> – Systèmes généralement très efficaces ; régénération des sondes géothermiques recommandée (stockage saisonnier) – Sondes géothermiques possibles uniquement en dehors des nappes phréatiques et des zones karstiques (autorisation cantonale)
Eaux souterraines (eau de source et eau potable)	<ul style="list-style-type: none"> – A partir d'une puissance de chauffage de 20 kW, c'est judicieux (respecter les prescriptions des cantons concernant la puissance minimale). – Captages uniquement avec concession cantonale
Eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> – A partir d'une puissance de chauffage de 20 kW, c'est judicieux (respecter les prescriptions des cantons concernant la puissance minimale). – Captages uniquement avec concession cantonale
Air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> – Seules les petites installations sont judicieuses (basses températures de l'air extérieur en période de chauffage ; les PAC air-eau ont un COP plus bas ; tenir compte du problème du bruit).

Tableau 1 : Différents domaines d'utilisation des sources de chaleur pour les pompes à chaleur (PAC)

Glossaire

Systèmes mono et bivalents : Les systèmes de production de chaleur sont différenciés en fonction du nombre de générateurs de chaleur utilisés. Si un système doit fournir la puissance de chauffage nécessaire dans tous les états de fonctionnement possibles, on parle de systèmes monovalents. Dans le cas des systèmes bivalents, des producteurs supplémentaires sont connectés en alternance ou en parallèle pour couvrir les charges de pointe.

5.1.2 Chaudières

La chaleur est produite par la combustion de combustibles tels que le bois énergie - bûches, copeaux de bois ou pellets - ainsi que le fioul ou le gaz. En raison de la nocivité de la plupart des combustibles pour le climat et de la rareté du bois-énergie de ces sources énergétiques, celles-ci doivent être utilisées en premier lieu pour des processus à haute température dans l'industrie et ne peuvent être utilisées pour produire du chauffage et de l'eau chaude qu'en l'absence d'alternatives.

5.1.2.1 Chaudières au bois

Pour la planification énergétique territoriale, ce sont principalement les centrales de chauffage au bois ainsi que les installations de chauffage à copeaux de bois qui sont importantes, car elles servent à l'approvisionnement du réseau thermique avec la source énergétique renouvelable qu'est le bois. Les grandes installations de chauffage au bois ont l'avantage de pouvoir être exploitées plus efficacement que les petites installations et d'émettre spécifiquement moins de polluants. Le dimensionnement approprié des installations est une condition préalable importante (voir QM Chauffages au bois 2022) :

- Le domaine d'utilisation optimal des chauffages au bois est la chaleur destinée aux processus industriels. Dans des cas exceptionnels, les chauffages au bois conviennent également à l'approvisionnement en chaleur (chaleur ambiante et eau chaude) de bâtiments moins bien isolés. Les chauffages à copeaux de bois sont plutôt utilisés dans les immeubles collectifs ou les écoles ; pour les petits bâtiments et les maisons individuelles, les chauffages automatiques à pellets font leurs preuves.
- La combustion est neutre en CO₂ ; en revanche, d'autres polluants atmosphériques sont également émis - poussières fines, oxydes d'azote (NO_x) et monoxyde de carbone (CO). Il peut être nécessaire d'éviter les zones polluées.
- L'énergie du bois est aujourd'hui la deuxième source énergétique renouvelable la plus utilisée en Suisse, après l'énergie hydraulique. Le potentiel du bois-énergie en Suisse est déjà exploité à 7/8 et la tendance est à la hausse. Le potentiel résiduel de bois-énergie est donc limité. Les réserves sont disponibles de manière différente selon les régions. Il est donc recommandé aux personnes investissant dans de grandes installations utilisant du bois-énergie de s'assurer au préalable de la quantité de bois-énergie dont elles ont besoin (OFEV 2024b).
- L'utilisation du bois-énergie fait partie intégrante de la gestion durable des forêts. En outre, elle permet d'augmenter la valeur ajoutée régionale. Comme par le passé, la priorité est donnée à la valorisation matière plutôt qu'à la valorisation énergétique.

5.1.2.2 Centrales thermiques au bois

Comme les centrales de chauffage au bois doivent également utiliser une grande partie de la chaleur générée par la production d'électricité, il n'existe que peu de sites où les conditions sont réunies pour une exploitation rentable des centrales de chauffage au bois.

5.1.2.3 Chaudières fossiles

Les chauffages au mazout ou au gaz naturel émettent de nombreux gaz à effet de serre. Les chauffages fossiles doivent donc être limités à des applications spéciales, comme les processus à haute température instables et, le cas échéant, à la redondance, à la couverture de pointe des réseaux thermiques et à la sécurité d'approvisionnement des infrastructures critiques. En outre, il convient de réduire autant que possible la couverture de pointe en optimisant l'exploitation et en stockant la chaleur. La technique de combustion a été constamment améliorée au cours des dernières années. L'utilisation de la chaleur des

gaz de combustion dans la chaudière à condensation permet d'augmenter le rendement en conséquence. Dans la mesure du possible, le mazout et le gaz naturel doivent être remplacés par des sources énergétiques renouvelables ou du gaz renouvelable. Des couvertures de pointe renouvelables peuvent être réalisées, entre autres, avec du biogaz, des chaudières à électrodes (courant, électricité), de l'hydrogène, du méthanol ou du bois.

Production de chaleur par les chaudières

Combustibles	Domaine d'utilisation	Valeurs caractéristiques pour la planification	Émissions
Copeaux de bois	<ul style="list-style-type: none"> – Centrale de chauffage avec réseau thermique – (à partir de 150 kW jusqu'à 10 MW) et chaleur destinée aux processus industriels 	<ul style="list-style-type: none"> – Contenu énergétique : 500 à 1'100 kWh/Sm³ – Les installations présentent une plage de puissance variable – Souvent des systèmes bivalents avec une chaudière supplémentaire au mazout ou au gaz – Les installations sont équipées d'un accumulateur, d'une batterie, d'un ballon (solaire) et, en règle générale, d'un séparateur de poussières fines. – réalise 	<ul style="list-style-type: none"> – Combustion neutre en CO₂ (11 g CO₂/kWh)
Pellets	<ul style="list-style-type: none"> – Normalement entrée et sortie – Habitat collectif – (15 à 70 kW) – grande installation, installation de grande envergure – réseau thermique (jusqu'à 1 MW) 	<ul style="list-style-type: none"> – Contenu énergétique : environ 3'300 kWh/Sm³ – Volume de stockage nécessaire inférieur à celui des chaudières à copeaux de bois 	<ul style="list-style-type: none"> – presque neutre en CO₂ – Incinération (28 g CO₂/kWh)
Gaz renouvelables	<ul style="list-style-type: none"> – Seulement en cas d'absence d'alternative chez : – Chaleur destinée aux processus industriels – Sécurité d'approvisionnement des infrastructures critiques (p. ex. hôpitaux) – Couverture de pointe et sécurité d'approvisionnement du réseau thermique 	<ul style="list-style-type: none"> – Rendement élevé grâce à la technique de combustion par condensation 	<ul style="list-style-type: none"> – Émissions de CO₂ élevées : – Biogaz 124 g CO₂/kWh, –

Tableau 2 : Production d'énergie par les chaudières (équivalents CO₂ du KBOB 2023)

5.1.3 Utilisation de l'énergie solaire

L'énergie solaire peut être utilisée pour produire de la chaleur à l'aide de capteurs solaires installés sur le toit ou sur la façade d'un bâtiment. La chaleur obtenue peut être utilisée aux fins suivantes :

- Mise à disposition d'eau chaude sanitaire : indépendamment de l'état d'isolation du bâtiment, le chauffage de l'eau chaude sanitaire peut être réalisé à l'aide de capteurs solaires. Il est recommandé de faire appel

à une deuxième source de chaleur en plus de l'énergie solaire pendant les mois d'hiver afin de garantir la mise à disposition tout au long de l'année.

- Régénération des sondes géothermiques (en tant qu'accumulateur saisonnier) et de l'accumulateur en fosse : la régénération des sondes géothermiques et de l'accumulateur en fosse permet, en été, d'évacuer dans le sol la chaleur excédentaire de l'installation solaire. Cela permet d'une part d'obtenir des températures plus élevées en hiver à partir de la sonde géothermique et d'autre part d'éviter un refroidissement du sous-sol au fil des années d'exploitation.
- Appoint au chauffage : l'appoint au chauffage par une installation solaire - complétée par un accumulateur largement dimensionné - est particulièrement approprié dans les bâtiments bien isolés. L'utilisation de l'énergie solaire à des fins de chauffage peut être combinée avec tous les systèmes de chauffage. Les avantages du Solaire thermique ou Chaleur solaire peuvent être exploités de manière optimale, en particulier en combinaison avec des réseaux thermiques, avec la source énergétique biomasse. Si la surface de capteur et l'accumulateur sont correctement dimensionnés, les besoins estivaux en chaleur peuvent être entièrement couverts par le solaire thermique. Les rendements peuvent être optimisés par des températures de fonctionnement basses.
- Fonctionnement estival des réseaux thermiques : Intégrés dans un réseau thermique, les capteurs solaires permettent de mettre hors service l'installation de chauffage primaire pendant les mois d'été.
- Mise à disposition de chaleur destinée aux processus industriels : environ la moitié de tous les processus de production ne nécessite que des températures allant jusqu'à 250 °C. Cette énergie peut être fournie par la chaleur du soleil. Les installations actuelles se trouvent principalement dans l'industrie alimentaire et des boissons, dans l'industrie textile et chimique ainsi que dans les processus de lavage simples, comme les stations de lavage de voitures. Mais le solaire thermique est également souvent utilisé dans les piscines en plein air (Swissolar 2024).

La quantité d'énergie solaire produite dépend entre autres des facteurs suivants :

- Rayonnement solaire, ensoleillement local : le rayonnement solaire, ensoleillement local dépend de la position du soleil, des conditions météorologiques, de l'altitude du site et de la pollution atmosphérique. En Suisse, les valeurs les plus faibles sont obtenues dans les régions basses, plus brumeuses et plus nuageuses, et les plus élevées dans les régions des hautes Alpes.
- Orientation des capteurs solaires : selon l'orientation des capteurs solaires (angle d'inclinaison et orientation) et le rayonnement solaire local, il est possible d'obtenir des rendements énergétiques plus ou moins élevés (figure 2).

Sur le rayonnement solaire disponible, environ 60 % du rayonnement incident peut être utilisé pour la production de chaleur, selon le type d'installation.

ORIENTATION OPTIMALE DES CAPTEURS SOLAIRES

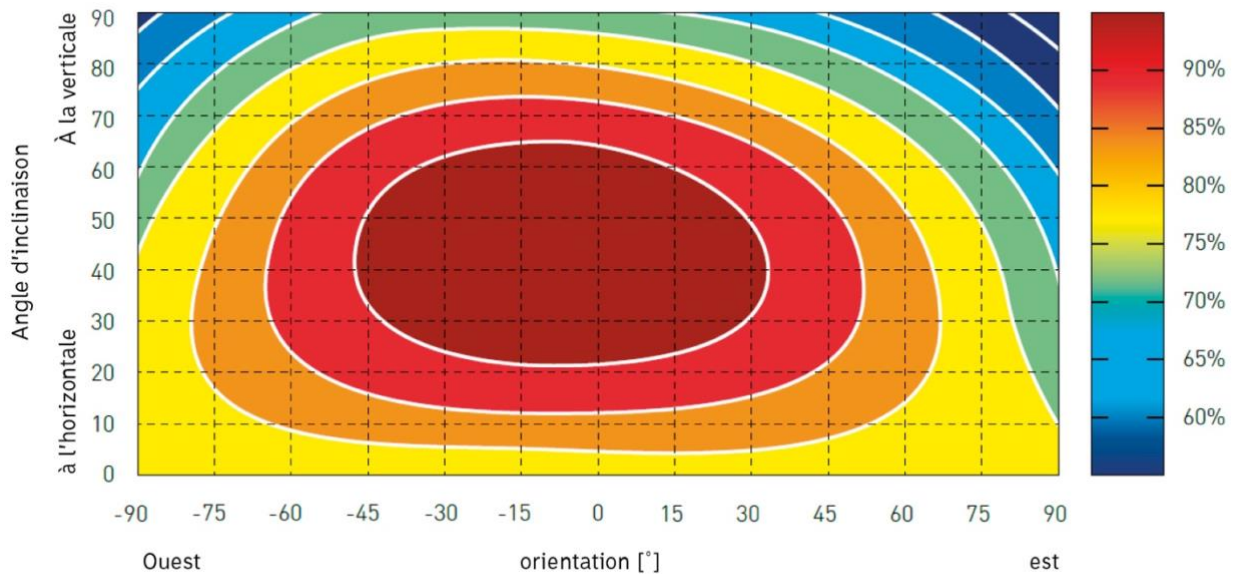


Figure 2: Orientation et rendement des installations photovoltaïques (Swissolar 2024)

Figure8 : Orientation et rendement des installations photovoltaïques (Swissolar 2024)

Régénération des sondes géothermiques

Dans les régions où plusieurs sondes géothermiques sont placées très près les unes des autres, le sol peut se refroidir au fil des ans et nuire à l'efficacité de l'installation. Pour éviter le refroidissement du sol, les sondes peuvent être régénérées pendant les mois d'été. Cela peut se faire par free-cooling (fonctionnement des pompes de circulation du système de chauffage uniquement) ou par stockage actif de la chaleur (par ex. de capteurs solaires) dans les sondes (SuisseEnergie 2024a). La norme SIA 384/6:2021 régit la conception et la régénération des sondes géothermiques.

Surface nécessaire pour les capteurs solaires

Indépendamment de son emplacement en Suisse, 1 m² de surface de capteur permet de couvrir annuellement jusqu'à 60 % des besoins en eau chaude d'une personne, en fonction des besoins(s) en chaleur, de l'orientation, de l'inclinaison et de l'efficacité. Si le chauffage doit également être soutenu, il faut alors prévoir une surface de capteur nettement plus grande ainsi qu'une capacité de stockage plus importante. Les installations de capteurs solaires utilisées pour l'eau chaude et le chauffage des locaux couvrent généralement au moins 30 % des besoins(s) en chaleur annuels. (cf. tableau 4) (Swissolar 2024)

Type de placement	Site du Plateau	Site de l'espace alpin
Taux de couverture élevé (au moins 60 %)	350 kWh à 450 kWh	400 kWh à 500 kWh
Taux de couverture moyen (30 à 60 %)	400 kWh à 550 kWh	500 kWh à 600 kWh
Préchauffage (moins de 30 %)	450 kWh à 650 kWh	600 kWh à 700 kWh

Tableau 4 : Production annuelle d'énergie par m² de capteur solaire (Swissolar 2015)

5.1.3.1 Couplage chaleur-force

Les installations de couplage chaleur-force (CCF) produisent du courant, de l'électricité via un processus de combustion et fournissent en même temps de la chaleur résiduelle utilisable. L'exploitation d'un CCF en fonction de la chaleur est particulièrement intéressante en hiver, lorsque la demande en chaleur et en électricité est la plus élevée. Les installations CCF sont adaptées à l'approvisionnement de base dans le réseau thermique ainsi qu'à la couverture d'un besoin en charge de bande toute l'année pour les gros consommateurs (tableau 3). Une exploitation rentable dépend d'un nombre d'heures de fonctionnement élevé (supérieur à environ 4000 h/a).

Domaines d'application pour les installations de cogénération

Installations CCF	Combustible	Applications possibles
Centrale de cogénération (CPC)	– Turbine à vapeur utilisant du gaz renouvelable, des ordures ménagères, du bois énergie	– Centrale de chauffage au bois avec réseau thermique – Récupération de chaleur à partir de l'usine de traitement des ordures ménagères
Centrale de cogénération (CCF)	– Turbine à gaz à gaz renouvelable/gaz liquéfié – Moteur à combustion avec gaz renouvelable, biocarburant	– réseau thermique, entre autres pour les ensembles résidentiels – Chaleur destinée aux processus industriels (éventuellement en combinaison avec un groupe électrogène de secours) – grands bâtiments individuels

Tableau 3 : Domaines d'application des installations de CCF

5.1.4 Combinaisons de sources de chaleur (systèmes bivalents)

Dans les régions où une seule source énergétique renouvelable ne suffit pas à assurer l'approvisionnement en chaleur tout au long de l'année ou dans les installations où la rentabilité n'est pas assurée, il est possible d'envisager une combinaison de plusieurs sources de chaleur. Des exemples de telles combinaisons dans le passé sont l'utilisation des eaux souterraines, des eaux usées ou des eaux fluviales en combinaison avec des copeaux de bois ou du gaz naturel et du biogaz comme couverture de pointe. Il est important de mettre à disposition un volume de stockage suffisant.

5.2 Types de production de froid

5.2.1 Différents types de production de froid

Il existe différentes méthodes de production de froid. Elles peuvent être divisées en systèmes passifs et actifs.

Nom	Description	Domaine d'utilisation/ restrictions
Production passive de froid		
Free-Cooling	<ul style="list-style-type: none"> – Le free-cooling consiste à utiliser les températures ambiantes pour obtenir un refroidissement de l'air ambiant sans utiliser d'énergie. – Un exemple de free-cooling est d'ouvrir la fenêtre la nuit. – Source énergétique : Air 	<ul style="list-style-type: none"> – Universel – Une température ambiante fraîche est nécessaire.
Geo-Cooling	<ul style="list-style-type: none"> – Le géocooling utilise la différence de température entre la température ambiante et la nappe phréatique, le sol ou l'eau du lac pour évacuer passivement la chaleur. Ce procédé ne nécessite que peu de courant, pour la pompe de circulation, car le transfert s'effectue via un échangeur thermique (SuisseEnergie 2024e). – Sources énergétiques appropriées : géothermie, eaux souterraines et eaux de surface 	<ul style="list-style-type: none"> – Bâtiments avec chauffage par le sol – Puissances de refroidissement limitées en cas de températures extrêmes ou de besoins de refroidissement élevés (en particulier pour les eaux souterraines et de surface) – Particulièrement adapté aux bâtiments qui disposent déjà d'une pompe à chaleur (pas de coûts d'investissement supplémentaires, régénération des sondes géothermiques).
Production active de froid		
Pompes à chaleur à compression (PAC)	<ul style="list-style-type: none"> – Lorsqu'une pompe à chaleur fonctionne de manière réversible, il est possible de produire du froid au lieu de la chaleur en cas de besoin de refroidissement. La même source de chaleur que pour le chauffage est alors utilisée. – Le système est fondamentalement conçu pour le chauffage. – Sources énergétiques appropriées : géothermie, eaux souterraines et lacustres, en partie eaux usées 	<ul style="list-style-type: none"> – Bâtiments avec chauffage par le sol – Particulièrement adapté aux bâtiments qui disposent déjà d'une pompe à chaleur (pas de coûts d'investissement supplémentaires). – Domaine d'application optimal lors de l'utilisation de la chaleur résiduelle produite pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire ou pour la régénération de sondes géothermiques.
Installations split (climatiseurs)	<ul style="list-style-type: none"> – Une installation split dispose d'un compresseur et d'un évaporateur situés à l'extérieur et d'une sortie de froid située à l'intérieur. – Le système est conçu pour le refroidissement. – Source énergétique : Air 	<ul style="list-style-type: none"> – L'unité extérieure génère du bruit, ce qui peut être particulièrement problématique dans les zones résidentielles à forte densité de population. – L'installation de l'unité extérieure nécessite un espace suffisant à l'extérieur.
Froid par absorption	<ul style="list-style-type: none"> – Le système de réfrigération par absorption utilise la chaleur pour évaporer un fluide frigorigène et produire ainsi du froid. Aucun compresseur n'est utilisé. – Sources énergétiques appropriées : chaleur résiduelle à haute température (p. ex. chaleur résiduelle des UIOM) 	<ul style="list-style-type: none"> – La chaleur utilisée doit être à haute température (120 °C à 180 °C). – Ce système n'est utile qu'en cas d'excédent de chaleur, car le rendement est plutôt faible.

Outre les systèmes décentralisés décrits, les réseaux thermiques peuvent également distribuer du froid. La chaleur résiduelle générée par la production de froid peut alors être utilisée dans le réseau de chaleur parallèle, ce qui permet d'éviter les pertes d'énergie et d'utiliser l'énergie disponible de manière optimale.

5.3 Couplage de secteurs

Le couplage de secteurs désigne le lien entre les secteurs énergétiques du courant, de la chaleur et de la mobilité. Le couplage de secteurs joue un rôle important dans la décarbonation de l'approvisionnement en énergie.

Stratégie thermique de la Confédération : "Les pompes à chaleur sont d'ores et déjà une technologie clé du couplage sectoriel et, dans le secteur industriel notamment, les gaz renouvelables et les combustibles synthétiques prennent de plus en plus d'importance. La décarbonation entraîne une électrification accrue du système énergétique grâce à la généralisation des pompes à chaleur et de la mobilité électrique. Dans ce contexte, les secteurs énergétiques du courant, de la chaleur et des transports doivent être étroitement liés et gérés de manière intelligente. Ce n'est qu'ainsi que les énergies renouvelables pourront être utilisées de manière optimale, intégrées le plus efficacement possible dans le système énergétique et que les émissions de CO₂ pourront être réduites dans tous les domaines." (OFEN 2023a).

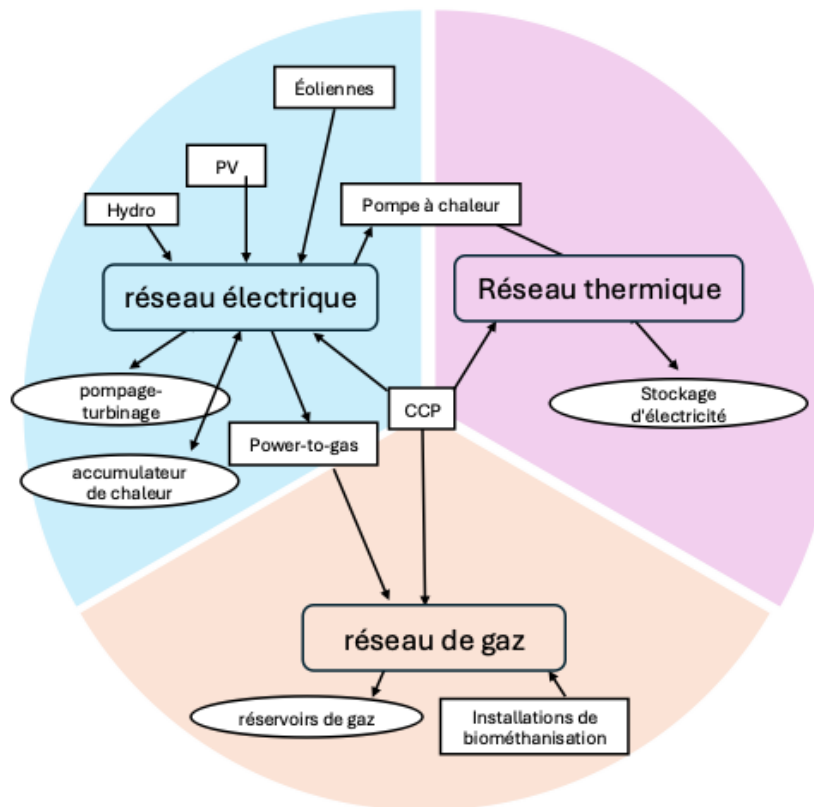


Figure9 : Représentation graphique du couplage sectoriel des réseaux énergétiques (basée sur le centre de recherche Réseaux énergétiques FEN, PLANAR 2024)

Dans le cadre de la planification énergétique territoriale, des sites appropriés pour des installations CCP ou Power-to-Gas doivent être identifiés. Le plan énergétique permet également de garantir l'emplacement dans le plan directeur communal.

5.4 Source

- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023a). Stratégie thermique 2050. Berne, Suisse. Disponible sur : <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (consulté le [17.07.2024]).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2023) : L'énergie du bois. Disponible sur : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/holzverwendung/holzenergie.html> (consulté le [17.07.2024]).
- SuisseEnergie (2024a) : Grâce à une installation solaire, votre pompe à chaleur géothermique consomme moins de courant, électricité. Disponible sur : <https://www.energieschweiz.ch/stories/ratgeber-erdwaermepumpe/> (consulté le [17.07.2024]).
- SuisseEnergie (2024e) : Géothermie : l'énergie de la terre. Disponible sur : <https://www.energieschweiz.ch/erneuerbare-energien/erdwaerme/> (consulté le [22.08.2024]).
- Centre de recherche sur les réseaux énergétiques FEN (2024) : Planification du système. Disponible sur : <https://www.fen.ethz.ch/de/> (consulté le [26.07.2024]).
- Swisssolar (2015) : Capteurs solaires. Aide au dimensionnement. SuisseEnergie, Berne, Suisse.
- Swisssolar (2024) : Application Solaire thermique ou Chaleur solaire. Disponible sur : <https://www.swisssolar.ch/de/wissen/solartechnologien/solarwaerme/anwendung> (consulté le [17.07.2024]).
- QM Chauffages au bois (2022) : Manuel de planification. QM Chaufferies. 3ème édition.

Modul 6: Le réseau gazier du futur

Source énergétique Gaz

Le module 6 en bref

La politique climatique actuelle de la Confédération, avec l'Accord de Paris sur le climat, la stratégie énergétique 2050, les perspectives énergétiques 2050+, la stratégie thermique et la loi sur le climat et l'innovation, vise une réduction massive des émissions de gaz à effet de serre. Cela a entraîné un changement de paradigme dans l'industrie gazière. C'est pourquoi une coopération plus étroite entre les communes et les entreprises de distribution de gaz (GVU) est indispensable, avec une planification clairvoyante et par étapes du futur réseau de gaz réduit.

Ce module aborde de manière différenciée le thème de la stratégie gazière des communes et des GVU. Il montre l'importance de l'approvisionnement en gaz, les principes de l'approvisionnement en énergie ainsi que les possibilités d'action des communes et des entreprises de distribution de gaz.

Informations complémentaires et liens

- Annexe séparée pour les modules 1 à 10
- Module 7 : Principes des réseaux thermiques
- Module 8 : Organisation et financement des réseaux thermiques

6.1 Perspectives d'avenir de l'approvisionnement en gaz

Le gaz est une source énergétique précieuse et polyvalente, dont l'importance s'est fortement accrue depuis les années 1980. Aujourd'hui, l'approvisionnement en gaz repose principalement sur le gaz naturel. En tant qu'énergie fossile, le gaz naturel contribue au changement climatique par ses émissions de gaz à effet de serre. A l'avenir, l'approvisionnement en gaz s'orientera de plus en plus vers les objectifs actuels de la Confédération et des cantons.

6.1.1 Conditions-cadres politiques : Source énergétique gaz

Différents niveaux de politique climatique influencent l'utilisation future de la source énergétique gaz :

6.1.1.1 Niveau national

Afin d'atteindre l'objectif net zéro de la Suisse, la Confédération a défini dans la stratégie nationale en matière de chaleur que le gaz renouvelable (biogaz et gaz synthétiques issus de sources renouvelables) ne doit être utilisé que dans les domaines où aucune alternative renouvelable n'est disponible. Les domaines d'application prévus sont la chaleur destinée aux processus industriels, les installations de production combinée de chaleur et d'électricité et la couverture des charges de pointe dans les réseaux thermiques.

La loi sur le climat et l'innovation a été adoptée en votation populaire en 2023. Cette loi prévoit de réduire la consommation de pétrole et de gaz grâce à des incitations telles que des subventions financières pour les chauffages respectueux du climat et les technologies innovantes (DETEC 2023).

6.1.1.2 Niveau cantonal

En 2014, le "Modèle de prescriptions énergétiques des cantons" (MoPEC) a introduit une nouveauté importante dans le domaine du remplacement des systèmes de chauffage. Concrètement, pour les bâtiments d'habitation, 10 % de l'énergie utilisée lors du remplacement du générateur de chaleur doit provenir de sources renouvelables. Pour les cantons qui ont introduit ces règles, cela conduit à ce que 90 % des nouveaux chauffages dans les bâtiments d'habitation fonctionnent entièrement avec des énergies renouvelables ou des rejets de chaleur (EBP 2022). Actuellement, les cantons travaillent à une révision partielle du MoPEC. La révision partielle du MoPEC 2024 a adopté la partie F et exige désormais qu'en cas de remplacement du générateur de chaleur, les besoins(s) en chaleur soient entièrement couverts par des énergies renouvelables ou des rejets thermiques non utilisables ailleurs.

6.1.1.3 Industrie du gaz

L'industrie gazière prend des mesures pour rendre l'approvisionnement en gaz plus respectueux de l'environnement en y injectant davantage de biogaz. En outre, les premières installations de production et d'utilisation d'hydrogène (issu de l'électrolyse de l'eau à l'aide de courant, électricité renouvelable) ou de méthane (issu de l'hydrogène et du CO₂) existent et quelques autres sont en cours de planification.

6.1.2 Gaz disponibles

6.1.2.1 Biogaz

Le biogaz peut être produit à partir d'engrais de ferme, de déchets verts, de sous-produits agricoles, de déchets organiques des ménages, de déchets industriels et de boues d'épuration. En 2023, un total de 439 GWh de biogaz a été injecté dans le réseau de gaz. La part du biogaz injecté dans la consommation totale de gaz est passée à 1,4 % (OFEN 2024).

Le potentiel de biogaz indigène est limité ; il est estimé à 15 % maximum des ventes actuelles de gaz en Suisse (étude WSL 2017). De plus, le biogaz est nettement plus cher que le gaz naturel. Ainsi, l'achat de

biogaz via le réseau de distribution coûte environ deux fois plus cher que le gaz naturel (EBP 2020, déclarations GUV 2023).

6.1.2.2 Gaz synthétiques

Les technologies "Power-to-Gas" utilisent le courant, l'électricité pour produire des gaz synthétiques sous forme d'hydrogène, de méthane ou de molécules plus complexes (par exemple le méthanol), qui peuvent être utilisés comme combustible ou carburant ou être exploités dans l'industrie. Les gaz ainsi produits peuvent être injectés dans le réseau de gaz dans des proportions variables. L'hydrogène ne peut pas être injecté à volonté. On ne sait pas encore comment seront conçus les réseaux de gaz du futur, si un réseau d'hydrogène verra le jour et si le réseau de méthane restera en place. Il est toutefois prévisible que les réseaux seront beaucoup moins étendus que le réseau de gaz actuel.

Les premières installations "power-to-gas" existent déjà, mais elles sont coûteuses et leur rendement est actuellement encore faible. Dans la mesure où ces technologies deviendront plus compétitives dans un avenir proche, elles pourront être de plus en plus utilisées pour remplacer le gaz naturel. Du point de vue de la politique énergétique et climatique, l'utilisation du "power-to-gas" n'est toutefois judicieuse que s'il existe un excédent suffisant de courant, d'électricité renouvelable. Le potentiel de gaz synthétiques indigènes dépend donc également de l'excédent de courant, électricité renouvelable et est estimé à 15 % maximum des ventes actuelles de gaz en Suisse (EBP 2020). En raison des coûts de production élevés et des conditions d'implantation non optimales en Suisse par rapport à l'étranger, les gaz renouvelables seront probablement importés en majorité à l'avenir.

6.1.2.3 Gaz naturel

Le gaz naturel est toujours disponible. Toutefois, pour atteindre les objectifs climatiques, il faut passer aux sources énergétiques renouvelables (voir figure 1).

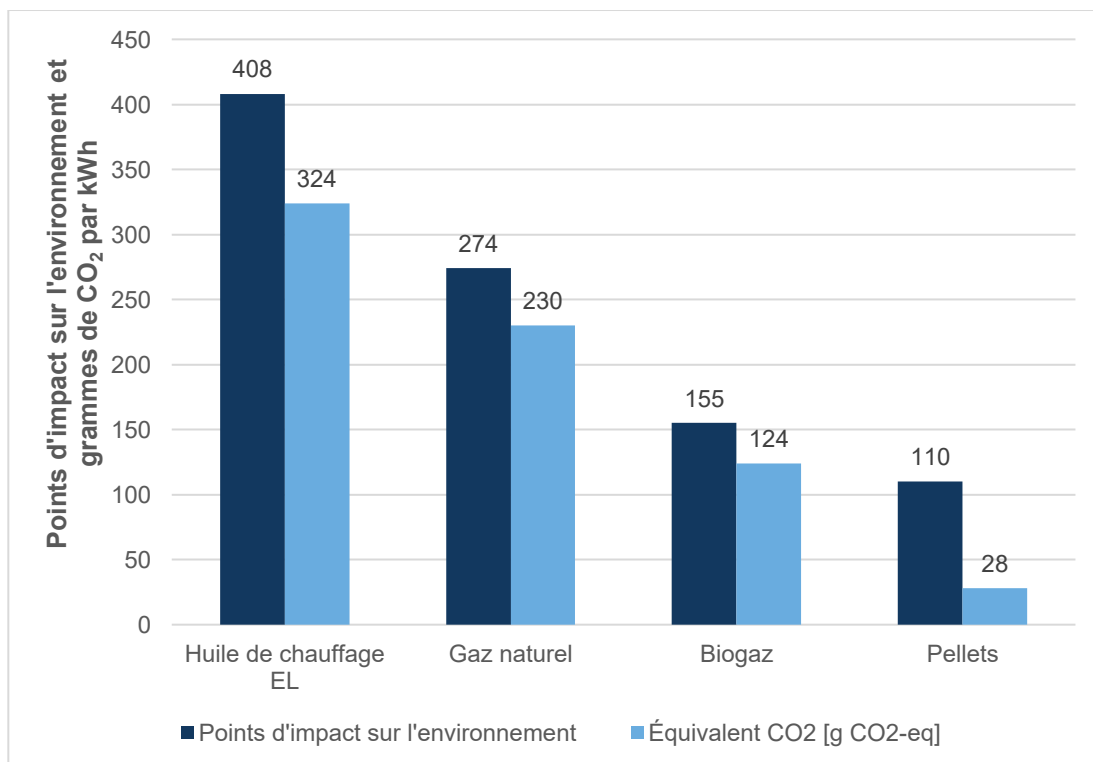


Figure10 : Facteurs d'émission des chauffages (Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics KBOB (2023))

Remarque : le KBOB calcule des valeurs moyennes. Dans certains cas, ces valeurs peuvent s'en écarter sensiblement en fonction du type d'installation et de son exploitation. Par exemple, le bilan du biogaz certifié

"naturemade star" produit par des installations suisses est nettement inférieur, avec une moyenne de 46 g de CO₂-eq par kWh.

6.1.3 Évolution des ventes de gaz

En 2023, les ventes de gaz s'élevaient à 26 TWh, ce qui correspond à environ 12 % de la consommation totale d'énergie finale en Suisse. Au cours des dernières années, la consommation de gaz naturel n'a cessé de diminuer (OFEN 2024).

Sur la base des stratégies nationales en matière d'énergie et de chaleur, l'évolution des ventes de gaz dépend principalement de la diminution des besoins(s) spécifiques en chaleur des bâtiments, des réglementations en matière de construction et d'énergie, des choix de chauffage des clients, du développement économique, de l'extension des réseaux thermiques, des degrés-jours de chauffage et des processus de densification et de rénovation urbaines.

Les nouvelles réglementations du MoPEC 2014 ont eu un impact sur les ventes de gaz, comme le montre une étude d'EBP qui a examiné les effets de ces dispositions. Dans les cantons qui ont repris les réglementations relatives au remplacement des chauffages du MoPEC 2014, les systèmes de chauffage fossiles tels que les chauffages au gaz ont été presque exclusivement remplacés par des systèmes de chauffage renouvelables (EBP 2022). Le MoPEC 2014 est actuellement en cours de révision afin d'augmenter encore la part des énergies renouvelables, ce qui renforcerait la tendance à l'abandon du réseau de gaz.

La politique énergétique et climatique a donc une influence considérable sur les ventes de gaz. Une baisse des ventes de gaz entraîne une diminution de l'utilisation du réseau de gaz, ce qui augmente les coûts fixes par client de gaz restant et conduit donc à une hausse des prix du gaz. Cette dynamique pourrait rendre le gaz encore moins attractif en tant que source énergétique et favoriser un recours accru aux énergies renouvelables.

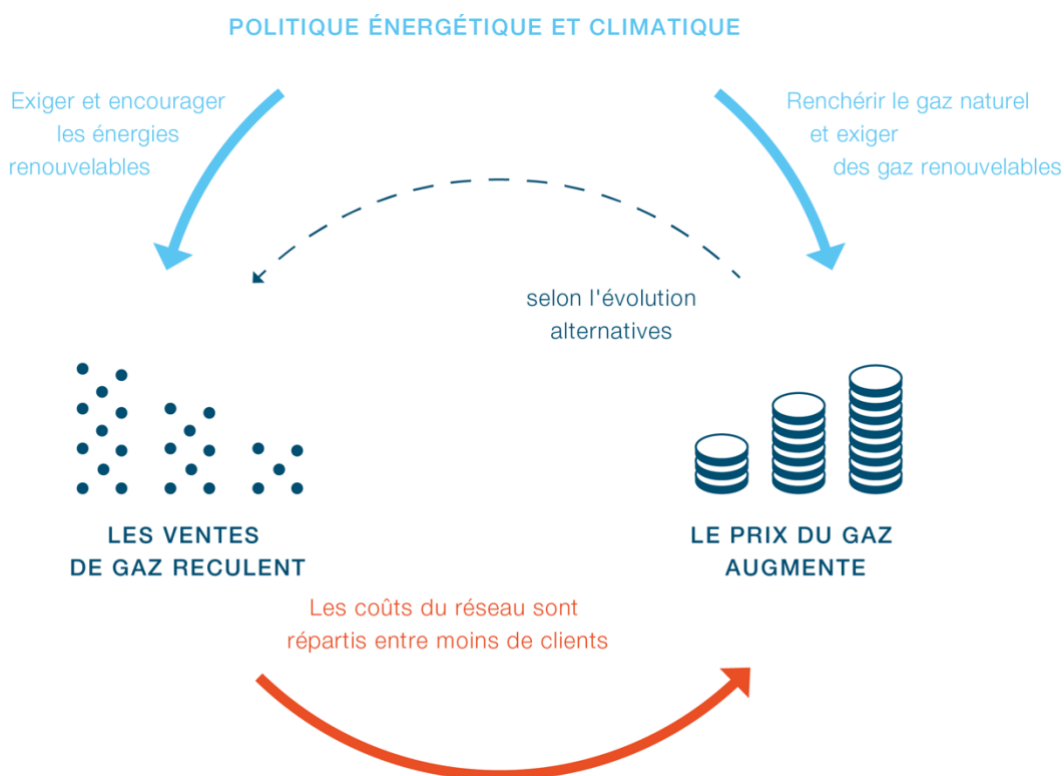


Figure11 : Effet de la politique énergétique et climatique sur les ventes et le prix du gaz (EBP 2020)

6.2 Principes de planification de l'approvisionnement en gaz

Pour pouvoir atteindre les nouveaux objectifs de la politique énergétique, les communes et les GUV doivent planifier soigneusement ensemble la décarbonation de l'approvisionnement en chaleur et la mettre en œuvre progressivement.

L'Association suisse de l'industrie gazière a formulé comme objectif la décarbonation de l'approvisionnement en gaz. Comme étapes intermédiaires, les parts de biogaz et de gaz synthétique renouvelable doivent atteindre 15 % d'ici 2030, 50 % d'ici 2040 et 100 % d'ici 2050. Un réseau stratégique de gaz résiduel sera maintenu dans ce contexte.

6.2.1 Utilisation future du gaz

Le gaz est une source énergétique polyvalente qui peut être utilisée aussi bien comme combustible pour des applications à haute température et comme carburant que comme matière première pour des processus chimiques. Ainsi, l'utilisation du gaz doit également se concentrer sur les domaines d'application particulièrement précieux et efficaces et doit à l'avenir se faire au moyen de gaz renouvelables. Cela est principalement nécessaire dans les processus suivants :

- les processus industriels (processus chimiques et à haute température).
- utilisation efficace du gaz au moyen d'installations de cogénération (pendant la période de chauffage, guidée par la chaleur).
- Redondance et couverture de pointe (en l'absence d'alternatives) dans les centrales énergétiques des réseaux thermiques avec utilisation de chaleur résiduelle et d'énergies renouvelables.

6.2.2 Le réseau de gaz du futur

Les GUV désignent, dans le cadre de la planification énergétique territoriale communale ou régionale ou d'une planification du réseau cible de gaz, les zones dans lesquelles le réseau de gaz doit être démantelé et fermé, réutilisé ou maintenu. En principe, toutes les décisions sont basées sur des critères économiques. Les aspects régionaux et cantonaux doivent être pris en compte. Les types de zones peuvent être classés en deux types :

- Le **réseau gazier stratégique** se rapporte aux domaines d'utilisation particulièrement précieux et efficaces du gaz à haute température, comme indiqué ci-dessus dans la section Utilisation future du gaz. Il s'agit notamment des conduites de transport et des conduites circulaires (pour garantir la sécurité d'approvisionnement), de la desserte des entreprises industrielles utilisant des processus chimiques et à haute température, des centrales énergétiques des réseaux thermiques (CCF, redondance) et des stations-service. Ce réseau doit être converti aux gaz renouvelables, maintenu et renouvelé à long terme, pour autant qu'il soit économiquement rentable.

Le **réseau de distribution** dessert et alimente en gaz le reste de la zone d'habitation (p. ex. les zones résidentielles et commerciales et les bâtiments publics). Comme il faut s'attendre à une diminution de la densité d'achat de gaz dans ces zones (cf. évolution des ventes de gaz), il convient de déterminer le moment optimal pour la fermeture (quand une fermeture est-elle plus avantageuse qu'un renouvellement des conduites de gaz). Plus les clients du gaz seraient informés tôt d'une fermeture prévue, plus l'indemnité de valeur résiduelle à payer le cas échéant serait faible.

Indemnisation de la valeur résiduelle.

Lors de la fermeture du réseau de gaz, il faut également penser aux indemnités de valeur résiduelle. On distingue deux types d'indemnités de valeur résiduelle :

- **Indemnités de valeur résiduelle pour les appareils à gaz** : lors de la fermeture d'un réseau de gaz, la valeur des chaudières à gaz non amorties est inévitablement détruite. Pour compenser ce remplacement prématuré des installations de chauffage, des indemnités de valeur résiduelle sont versées.
- **Indemnisation de la valeur résiduelle des réseaux de gaz aux fournisseurs** : lorsqu'un réseau de gaz est désaffecté, le moment optimal peut être déterminé sur la base de la fin de vie technique des conduites. Comme cela est rarement le cas pour l'ensemble du réseau en même temps, une solution possible est que la commune paie au fournisseur de gaz la valeur résiduelle du réseau si celui-ci n'est pas la propriété de la commune. Cela se fait dans le cadre d'une convention de déclassement de certaines zones de desserte (EBP 2024).

6.3 L'approvisionnement en gaz dans la planification énergétique territoriale

Grâce à l'outil de planification énergétique territoriale communale, les communes analysent leur approvisionnement en énergie et définissent des mesures basées sur cette analyse afin d'utiliser davantage les rejets thermiques et les énergies renouvelables liés au site et de les coordonner avec l'approvisionnement en gaz. La planification énergétique territoriale attribue à certaines régions des zones prioritaires pour les réseaux thermiques (voir module 7) et formule des mesures de mise en œuvre appropriées. Parallèlement, le rôle futur du réseau de gaz dans ces zones est défini.

6.3.1 Carte du plan énergétique

La carte du plan énergétique définit différentes instructions d'action en fonction des conditions locales, aussi bien pour les exploitants de réseaux thermiques que pour les GUV (cf. fig. 3).

Pour une définition coordonnée, le GUV élabore une planification du réseau cible de gaz parallèlement à la planification énergétique territoriale. Il s'agit d'examiner comment le réseau actuel se compose en termes de structure d'âge et de matériel, quels sont les réseaux cibles de gaz régionaux et suprarégionaux qui ont été définis et comment les ventes vont évoluer à l'avenir avec les conditions-cadres existantes. Les répercussions sur les coûts du réseau et la compétitivité peuvent également être analysées. Sur ces bases, le GUV élabore un projet de planification des réseaux cibles de gaz.

Si les projets de planification du réseau cible de gaz et du plan énergétique sont disponibles, ils peuvent ensuite être coordonnés et adaptés ultérieurement. La connaissance détaillée du réseau et l'échange direct avec l'entreprise générale de distribution permettent de définir des dispositions communes dans le plan énergétique qui sont réalisables pour l'entreprise générale de distribution (EBP 2024).



Figure12 : Représentation schématique d'une planification énergétique territoriale communale avec des instructions d'action spécifiques au territoire pour les prestataires de services énergétiques et les GUV dans les zones d'habitation (Hoesli B. & Passaglia M. 2019).

Réseaux thermiques existants ou planifiés → Retrait progressif du réseau de distribution de gaz

Dans ces zones, les raccordements au réseau thermique sont prioritaires. Les nouveaux raccordements au réseau de gaz pour la production de chaleur de confort ne sont plus autorisés. Mettre l'accent sur l'exploitation à long terme du réseau gazier stratégique ; fermer progressivement le réseau de distribution

(cf. Réseau gazier du futur). L'accélération du passage du gaz au réseau thermique doit être accélérée (cf. ci-dessous).

Réseau thermique planifié → Utilisation du gaz comme énergie de transition ainsi que pour la redondance et la couverture de pointe

Dans les zones où un réseau thermique est prévu, toutes les dispositions doivent être prises pour qu'un raccordement ultérieur des immeubles au réseau thermique puisse se faire sans problèmes techniques / économiques (p. ex. centrales de chauffage pour les nouvelles constructions, températures de départ adaptées lors de la rénovation des bâtiments et du remplacement des chauffages). Le gaz doit être considéré comme une source énergétique de transition et être utilisé en conséquence. Il convient de renoncer à de nouveaux raccordements.

Zone d'utilisation décentralisée des énergies renouvelables → Renoncer à la desserte en gaz

Renoncer de manière générale aux nouveaux raccordements au gaz. Planifier le moment de la fermeture en tenant compte, entre autres, de l'âge des chaudières et des conduites installées et coordonner la fermeture avec les exploitants de l'approvisionnement en gaz et en électricité.

Zone où il n'y a pas d'alternative renouvelable → gaz pour la production de chaleur dans des cas exceptionnels

Si, dans des cas exceptionnels, l'utilisation de sources énergétiques renouvelables n'est pas possible (par exemple, dans les vieilles villes), il convient de recourir autant que possible à des alternatives renouvelables telles que les pompes à chaleur air-eau ou les chauffages à pellets. L'utilisation du gaz comme source énergétique ne devrait être prévue que dans des cas exceptionnels et il faudrait alors, si possible, s'efforcer de recourir au CCF pour la production de chaleur et d'électricité. Au plus tard à partir de 2050, les clients devraient être approvisionnés exclusivement par des gaz renouvelables.

Définition des zones d'approvisionnement en gaz

Le réseau stratégique de gaz résiduel doit être défini dans la planification énergétique territoriale avec une zone d'approvisionnement propre, éventuellement superposée. Pour le réseau de distribution, il convient d'élaborer un plan de fermeture sur la base d'analyses économiques, d'analyses "net zero" et d'estimations de développement, et de le communiquer dans la planification énergétique territoriale, si possible avec la date de fermeture.

6.4 Recommandations d'action pour les communes approvisionnées en gaz

Les communes sont responsables de la mise en œuvre des objectifs de politique énergétique et climatique fixés par la Confédération et le canton. La planification et la coordination du développement urbain et de l'infrastructure d'approvisionnement et d'élimination, y compris l'approvisionnement en énergie, font également partie de leurs tâches. Les principaux instruments à cet effet sont classés ci-dessous en fonction de l'influence de la commune sur la GVU.

- Si la commune est le fournisseur de gaz ou détient des parts importantes dans l'entreprise, elle peut influencer les décisions concernant le réseau de gaz et a donc une **grande influence**
- Si le réseau de gaz est géré par un fournisseur de gaz externe, la commune a une **petite influence** sur la manière dont le réseau est géré

Outre l'influence de la commune, d'autres facteurs tels que le rapport entre le réseau thermique éventuellement existant et le réseau de gaz, l'âge des conduites de gaz ou les prescriptions cantonales sont importants pour le choix de l'instrument (EBP 2024b).

Instruments	Influence sur GUV	
	grand	petit
Planification énergétique territoriale coordonnée et planification du réseau cible de gaz La commune élabore une planification énergétique territoriale avec des zones appropriées pour les réseaux thermiques ainsi que pour l'utilisation de la chaleur résiduelle et de la chaleur environnementale, et définit les mesures correspondantes (cf. fig. 3). Ce processus de planification doit être réalisé en étroite coopération avec les GRD actifs dans la commune (fournisseurs d'électricité, exploitants de réseaux thermiques et GUV). Afin de permettre l'élaboration parallèle de la planification énergétique et de la planification du réseau cible de gaz (voir la section sur l'approvisionnement en gaz dans la planification énergétique), la commune devrait donc prendre contact avec le GUV à un stade précoce.	✓	(✓)
Objectifs pour les GUV Si la commune est propriétaire ou copropriétaire de l'entreprise commune, elle peut fixer des objectifs tels que l'objectif net zéro, une part de gaz renouvelables et le déclassement des réseaux dans certaines zones.	✓	X
Adaptation de la concession De nombreuses communes en Suisse ont conclu des contrats de concession avec les GUV, qui ne contiennent souvent pas de dispositions relatives au déclassement. Ces concessions devraient être adaptées ou complétées par des avenants afin de permettre et de réglementer le déclassement des réseaux de gaz.	(✓)	✓
Introduction ou augmentation de la redevance de concession Les communes peuvent négocier avec les GUV l'introduction ou l'augmentation des redevances de concession (si la législation cantonale l'autorise). Cela peut se faire en résiliant le contrat et en le renégociant. Des redevances plus élevées pourraient entraîner une hausse des prix du gaz et inciter les consommateurs à opter pour des systèmes de chauffage alternatifs.	(✓)	✓
Contributions de désinvestissement pour la mise hors service anticipée de chauffages au gaz Les contributions de désinvestissement compensent le remplacement des chauffages au gaz qui ne sont pas encore totalement amortis. Cette solution encourage la mise en place de petits réseaux de distribution ou le développement de nouvelles zones afin d'obtenir une densité de raccordement suffisante pour une exploitation rentable.	✓	✓
Indemnités de valeur résiduelle pour les chauffages au gaz Lors de la fermeture d'un réseau de gaz, les propriétaires d'immeubles dont les chauffages au gaz ne sont pas encore amortis peuvent faire de la résistance. Des indemnités de valeur résiduelle leur offrent une compensation financière pour le remplacement anticipé de leurs installations.	✓	✓
Païement de la valeur résiduelle du réseau au fournisseur de gaz Lors de la fermeture d'un réseau de gaz, le moment peut être optimisé sur la base de la fin de vie technique des conduites. Comme cela est rarement possible pour l'ensemble du réseau en même temps, la commune peut convenir avec le fournisseur de gaz de la fermeture de zones de desserte et payer en contrepartie la valeur résiduelle du réseau si le fournisseur n'est pas la propriété de la commune.	(✓)	✓

Figure13 : Aperçu des instruments de la commune dans l'orientation de l'approvisionnement en gaz vers le zéro net. Légende : x= ne convient pas, (✓) convenance moyenne, ✓ bonne convenance (EBP 2024b).

6.5 Recommandations d'action pour les entreprises de distribution de gaz (GVU)

La politique commerciale de GVU doit tenir compte des nouveaux objectifs de la politique énergétique à tous les niveaux. Cela nécessite une stratégie axée sur le long terme et des accords d'action spécifiques aux territoires avec les municipalités.

6.5.1 Objectifs de la politique climatique

Les objectifs opérationnels des GVU doivent être adaptés aux objectifs actuels de la politique énergétique de la Confédération, des cantons et des communes, tout en préservant les exigences de gestion et en garantissant la sécurité d'approvisionnement. Il s'agit notamment de l'objectif net zéro de la Confédération, à atteindre d'ici 2050, ainsi que de la stratégie thermique 2050 et de la vision de l'Association Suisse de l'Industrie Gazière. Les statuts, la stratégie de propriétaire ou le mandat de prestations de la GVU doivent être révisés en conséquence.

6.5.2 Stratégie de développement

La stratégie de développement opérationnel de GVU doit être orientée vers les besoins futurs en matière d'approvisionnement en chaleur, d'industrie et d'entreprises commerciales (énergie de processus) et d'interactions accrues entre les réseaux énergétiques (convergence des réseaux).

Le GVU doit élaborer une stratégie spatiale pour le développement futur du réseau de gaz (cf. Réseau de gaz du futur), qui tienne également compte de la planification régionale et suprarégionale. Dans ce contexte, l'approvisionnement futur doit être réexaminé en raison de la baisse des ventes et de l'augmentation des coûts relatifs qui en découle. De même, il convient d'examiner une réorientation vers les réseaux thermiques. En complément, le GVU met en place une stratégie prospective d'information et de conseil qui lui permet de soutenir les communes avec leurs structures de communication.

6.5.3 Aspects économiques

Les conditions spécifiques à la zone doivent être définies dans la planification énergétique territoriale et / ou dans un contrat de collaboration ou de concession entre la commune d'implantation et les exploitants des réseaux thermiques et l'entreprise de transport de gaz. Cela permet des planifications à plus long terme avec une sécurité juridique accrue pour toutes les parties concernées.

L'amortissement et les intérêts des conduites de gaz sont de l'ordre de 5 à 10 % du prix de vente du gaz (Surveillant des prix, 2011). En cas de baisse significative des ventes de gaz, notamment en raison de l'assainissement des bâtiments et du passage des clients aux énergies renouvelables, cette part peut augmenter sensiblement. Il n'est pas certain que ces coûts plus élevés puissent être entièrement répercutés sur les clients. Il peut en résulter des coûts non amortissables pour l'entreprise commune. En cas de fermeture de parties du réseau de distribution de gaz, il en résulte en outre des coûts pour la mise hors service opérationnelle et la sécurisation de l'infrastructure des conduites. Une réduction de la durée d'amortissement du réseau de distribution ou un supplément de risque calculé lors du calcul du taux d'intérêt interne contrebalancent ces risques et augmentent la marge de manœuvre de l'entreprise à l'avenir.

Une communication ouverte entre le GVU, les exploitants des réseaux thermiques et la commune d'implantation est une condition préalable à une bonne coopération dans la mise en œuvre des mesures définies dans la planification énergétique territoriale.

6.6 Sources

- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2024) : Statistique globale de l'énergie 2023. Disponible sur : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/> (consulté le [18.07.2024]).
- EBP (2020) : Guide de l'avenir de l'infrastructure gazière. Conférence métropolitaine de Zurich. Zurich, Suisse.
- EBP (2022) : Etude de base pour le développement du MoPEC. Conférence des services de l'énergie des cantons. Zurich, Suisse.
- EBP (2024b) : Réseaux thermiques et gaz. SuisseEnergie. Berne, Suisse.
- Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) (2023) : Loi sur le climat et l'innovation. Disponible sur : <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/klima-und-innovationsgesetz.html> (consulté le [17.07.2024]).
- Hoesli B. & Passaglia M. (2019) : Le gaz naturel dans la planification énergétique communale. Aqua & Gas
- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie : Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) 2014. Disponible sur : <https://www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/muken> (consulté le [17.07.2024]).
- Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics KBOB (2023) : Données d'écobilan dans le domaine de la construction. Disponible sur : https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html (consulté le [17.07.2024]).

Modul 7: Principes des réseaux thermiques

Adéquation et rentabilité

Module 7 en bref

Aperçu des réseaux thermiques

La planification énergétique territoriale est une condition importante pour la réalisation de réseaux thermiques (comme les réseaux de chaleur/froid ou les réseaux d'énergie). Ceux-ci sont adaptés à l'approvisionnement des zones d'habitation en chaleur à haute et basse température ou en froid à partir de rejets thermiques et d'énergies renouvelables locales.

Exploitation économique des réseaux thermiques

Afin d'examiner l'exploitation économique d'un réseau thermique, il est nécessaire de procéder à des clarifications concernant les coûts de revient lors de la production d'énergie, la densité des besoins en chaleur et en froid, aux exigences des bâtiments existants ainsi qu'aux coûts de la distribution d'énergie dans la zone d'approvisionnement. La coordination avec une éventuelle alimentation en gaz existante est également impérative.

Informations complémentaires et liens

- Organisation et financement des réseaux thermiques, module 8
- Annexe séparée pour les modules 1 à 10

7.1 Aperçu des réseaux thermiques

Où est-il opportun de construire des réseaux thermiques ? Quels sont les facteurs qui influencent l'adéquation d'un réseau thermique ? Outre les conditions techniques et spatiales, il faut également tenir compte de la rentabilité et de la coordination avec les réseaux d'approvisionnement déjà existants.

7.1.1 Importance des réseaux thermiques pour la transformation de la chaleur

D'ici 2050, les chauffages fossiles doivent être remplacés par des systèmes de chauffage sans CO₂. Dans ce contexte, les réseaux thermiques sont d'une importance capitale pour l'approvisionnement en chaleur sans CO₂ des bâtiments et, en partie, des entreprises industrielles dans les zones à forte densité de consommation d'énergie. Ils permettent d'utiliser les rejets thermiques liés au site ainsi que la chaleur issue de sources renouvelables telles que les usines de traitement des ordures ménagères, les eaux superficielles et souterraines, les eaux usées, la géothermie et la biomasse.

Près de 40 % des besoins en énergie finale pour le chauffage des locaux et de l'eau pourraient être couverts par des réseaux thermiques d'ici 2050. Cela permettrait d'alimenter environ 700 000 ménages par des réseaux thermiques et de remplacer en moyenne 2 500 litres de pétrole par ménage. Au total, les émissions de CO₂ pourraient être réduites de 5 millions de tonnes de cette manière (OFEN 2023a ; EnDK 2019). Les réseaux thermiques constituent donc une alternative au réseau de gaz. Au cours des prochaines années, de nombreux chauffages fossiles seront remplacés par des chauffages renouvelables. Dans certains cantons, la loi l'impose. La mise en place d'un réseau thermique doit donc avoir lieu dans les dix à quinze prochaines années afin de ne pas perdre trop de clients potentiels au profit de solutions individuelles.

7.1.2 Compréhension des réseaux thermiques

Un réseau thermique est la distribution par conduction de chaleur et/ou de froid à partir d'une source d'énergie commune. Au sein des réseaux thermiques, on distingue les réseaux à haute température et les réseaux à basse température (voir fig. 1).

- Les réseaux à haute température présentent une température de départ de plus de 60 °C. Les réseaux à basse température présentent une température de départ de moins de 60 °C.
- Les réseaux basse température présentent une température de départ inférieure à 60 °C. Les réseaux énergétiques constituent la dernière génération de réseaux thermiques. Ils distribuent de l'énergie produite à basse température (<30 °C), à partir de rejets thermiques ou de chaleur environnementale (géothermie, eaux souterraines et de surface, air). L'élévation de la température au niveau requis ne se fait pas de manière centralisée, mais chez l'utilisateur concerné. Les réseaux d'énergie permettent de chauffer et de refroidir, mais aussi d'utiliser ailleurs les rejets thermiques de faible valeur provenant de l'industrie et de l'artisanat.

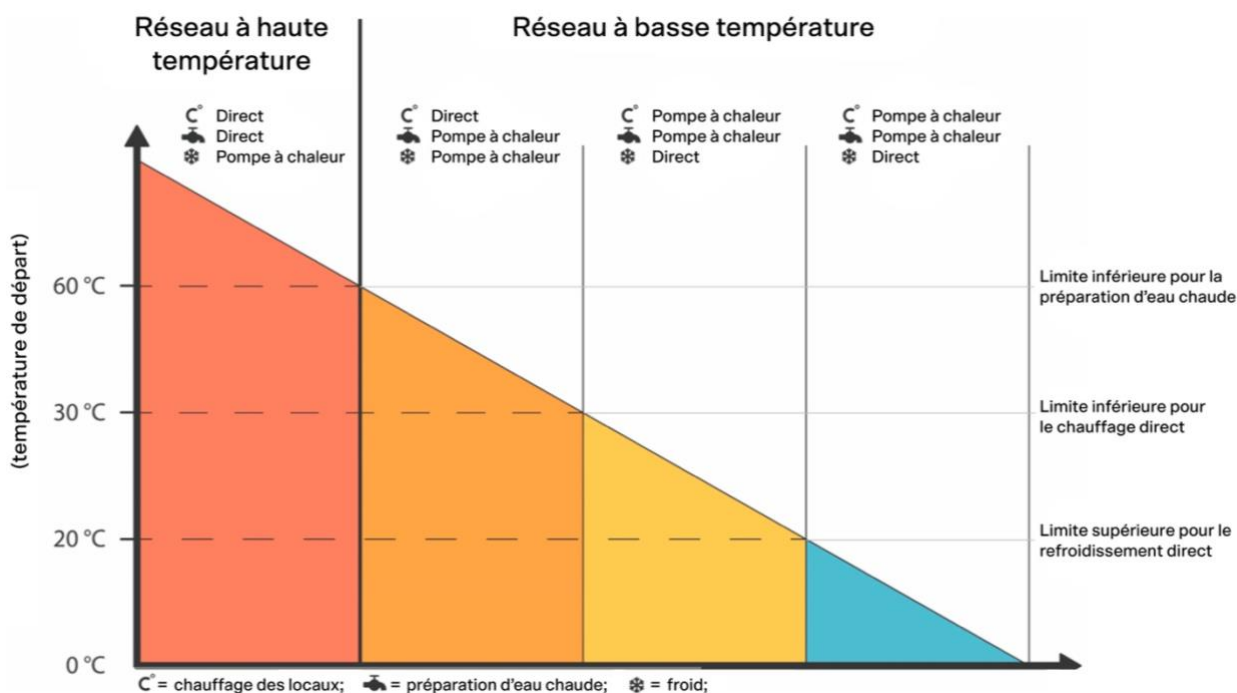


Figure14 : Aperçu des types de réseaux thermiques, de leur température de départ et de leur utilisation. Tiré du séminaire Réseaux thermiques suisses

7.1.3 Objectif des réseaux thermiques

Les réseaux thermiques permettent d'organiser l'approvisionnement en chaleur et en froid à un niveau supérieur. La planification des réseaux thermiques doit toutefois être effectuée avec prudence, car leur mise en place et leur exploitation sont déterminées par des investissements élevés et de longues périodes d'utilisation et d'amortissement. Les réseaux thermiques sont créés dans les buts suivants :

- Utilisation des rejets thermiques des usines d'incinération des ordures ménagères, de l'industrie et de l'artisanat, des STEP et des installations de cogénération
- Utilisation de sources de chaleur et de froid renouvelables et localisées
- Approvisionnement en chaleur et en froid et utilisation simultanée de la chaleur perdue des installations frigorifiques
- Exploitation de technologies de production d'énergie (combinées) comme les pompes à chaleur, les chauffages au bois, la géothermie et les installations CCF
- Approvisionnement dans les zones où les solutions individuelles ne sont pas possibles ou seulement de manière limitée

7.1.4 Évaluation de la pertinence

Pour déterminer un approvisionnement en énergie approprié, il convient de prendre en compte divers aspects de planification (fig. 2). Le critère le plus important pour un réseau thermique est le futur besoin de chaleur et de froid à couvrir par le réseau dans la zone d'approvisionnement (déduction faite des solutions individuelles renouvelables déjà existantes). Ce n'est que si la densité des besoins en chaleur et en froid est suffisante que les conditions d'un approvisionnement par des réseaux thermiques sont réunies. Par ailleurs, les conditions de construction (p. ex. intégration possible d'une centrale énergétique dans un projet de construction ou viabilisation d'un site dans le cadre d'un projet de construction), ainsi que les sources d'énergie locales, peuvent également favoriser la mise en place d'un réseau thermique. Si ce n'est pas le cas, il convient de viser une utilisation décentralisée des rejets thermiques et des énergies renouvelables. Si une zone se prête à un réseau thermique, il convient de déterminer s'il existe des sources de chaleur résiduelle et, le cas échéant, lesquelles. En présence de rejets thermiques de haute qualité (p. ex. rejets thermiques des UIOM) avec un niveau de température directement utilisable, on peut viser une

interconnexion avec une température de départ élevée. En cas de chaleur résiduelle ou environnementale de faible valeur qui n'est pas directement utilisable, un réseau thermique à basse température de départ peut être envisagé comme mode d'approvisionnement, dans la mesure où les besoins du client peuvent être satisfaits.

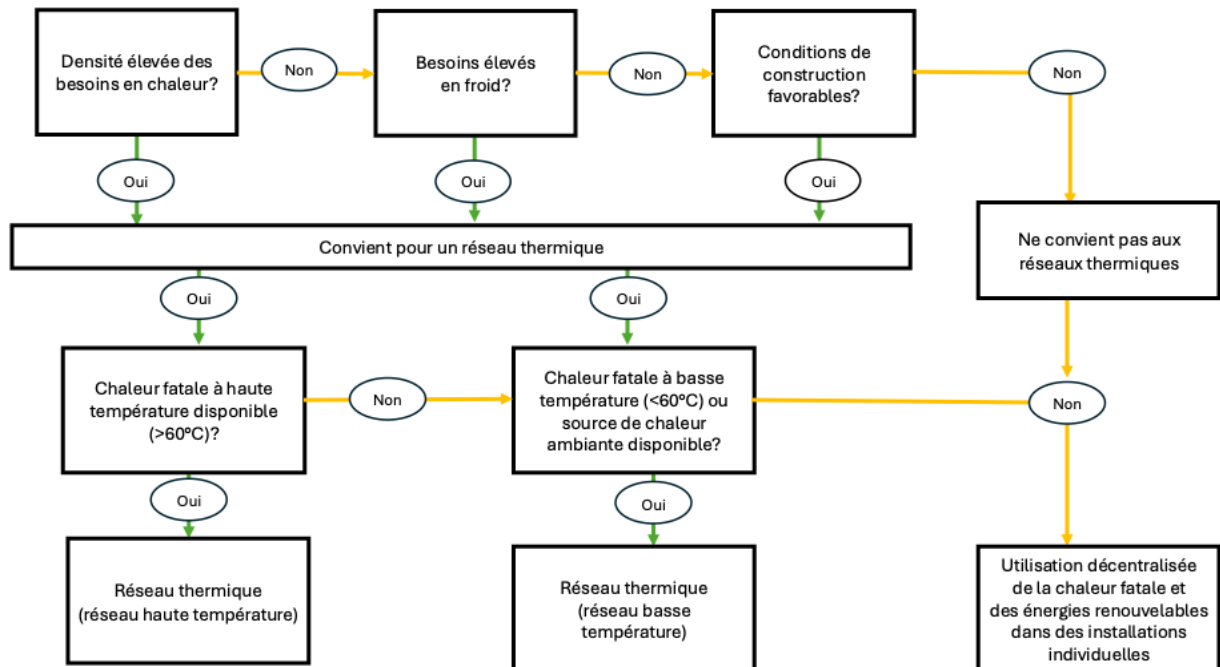


Figure15 : Procédure de décision pour la construction d'un réseau thermique

Les autres conditions suivantes favorisent la mise en place d'un réseau thermique :

- Gros consommateurs ayant des besoins(s) en chaleur toute l'année (clients clés tels que les écoles, les hôpitaux, les maisons de retraite, les blanchisseries)
- Gros consommateurs ayant des besoins en froid toute l'année (clients clés comme les centres de calcul)
- Les zones résidentielles : Les zones résidentielles anciennes et densément construites présentent une forte densité de besoins en chaleur ; les zones de transformation et les nouvelles zones de construction présentant une densité thermique moindre peuvent souvent être approvisionnées par des réseaux basse température, dans lesquels la production de chaleur est décentralisée dans les bâtiments à l'aide de pompes à chaleur (PAC).
- Durée d'exploitation : lors de l'évaluation de l'aptitude des zones, il convient de tenir compte des besoins(s) en chaleur futurs (en tenant compte des rénovations de bâtiments, des constructions de remplacement) ainsi que de la disponibilité temporelle des sources d'énergie.
- Augmentation de la demande de froid : en raison des changements climatiques, la demande de froid va augmenter. Il convient de l'évaluer et d'en tenir compte lors de la planification. Par exemple, un système flexible peut distribuer de la chaleur en hiver et du froid en été.
- Zones avec une part importante d'industrie, d'artisanat et de services : La desserte des zones industrielles et artisanales par des réseaux de chaleur ou de froid combinés doit être examinée en détail et au cas par cas.

7.1.4.1 Combinaison de la fourniture de chaleur et de froid

La demande de froid pour la climatisation des bâtiments de services, des installations de serveurs et des centres de calcul est en nette augmentation (réchauffement climatique, îlots de chaleur dans les centres-villes, chaleur perdue de l'informatique ainsi que les exigences de confort croissantes). La production de froid conventionnel - machines frigorifiques fonctionnant à l'électricité - génère des rejets thermiques qui, en période de canicule, réchauffent encore le microclimat des centres-villes.

L'approvisionnement en chaleur et en froid peut être judicieusement combiné dans les réseaux thermiques. Il existe différents types de combinaisons possibles, qui doivent être choisies en fonction de la demande :

- Réseau d'énergie : ce système à deux conduites est conçu pour les basses températures. Dans le cas idéal, le réseau d'énergie peut être utilisé directement pour le refroidissement, sans pompe à chaleur (PAC) supplémentaire. Cette solution est extrêmement efficace sur le plan thermodynamique. Les conduites d'un réseau énergétique ont un diamètre relativement grand, car il n'y a qu'une faible différence de température entre l'aller et le retour (ou le côté chaud et le côté froid). Système à quatre conduites : dans ce système, outre la chaleur, le froid est également fourni et nécessite une conduite d'alimentation et une conduite de retour, soit quatre tuyauteries. Des machines thermiques et frigorifiques centrales produisent de la chaleur et du froid qui peuvent être mis à disposition dans un réseau séparé. L'un des grands avantages de ce système est que la chaleur résiduelle de la production de froid peut être directement injectée dans la distribution de chaleur. Le système peut donc être particulièrement efficace. Comme les coûts de construction augmentent avec le nombre de conducteurs, de tels réseaux sont généralement très limités dans l'espace.
- Système Change-Over (système à deux tubes) : Dans ce système à deux conducteurs, le mode de fonctionnement change tous les six mois : en hiver, la température de départ est au niveau utile direct ($> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$), en été, la température de départ est inférieure à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui permet de refroidir directement. Ce système n'est toutefois rentable que s'il n'y a pas de besoin de refroidissement en hiver et que le besoin de refroidissement est plus élevé que le besoin de chauffage en été. Cela est particulièrement intéressant lorsque l'eau chaude sanitaire est produite localement (chauffe-eau à pompe à chaleur). En outre, le vieillissement de la tuyauterie doit être examiné de près, car il peut être accéléré par de grandes variations de température.

Coordination avec l'approvisionnement en gaz

La coordination de l'approvisionnement en gaz avec les réseaux thermiques existants et planifiés est une tâche essentielle de la planification énergétique territoriale. Les considérations, principes de planification et mesures correspondantes sont décrits dans le module 6 "Réseau gazier du futur". Les points les plus importants sont les suivants :

- Dans les zones où des réseaux thermiques existants ou en projet sont déjà alimentés en gaz, il convient de définir la procédure à suivre en cas de conflits d'intérêts pour les entreprises d'énergie et de gaz concernées. Le passage direct de l'approvisionnement en gaz à un réseau thermique est souvent moins coûteux, mais nécessite une très bonne coordination avec toutes les parties concernées.
- En l'absence de réseaux thermiques, il est possible de définir les sources énergétiques renouvelables les plus adaptées à la zone concernée.
- Afin de garantir une coordination entre l'approvisionnement en gaz et les réseaux thermiques, il est préférable que l'approvisionnement en gaz analyse son réseau (âge et état des conduites) en amont de la planification énergétique territoriale et, dans l'idéal, qu'il établisse déjà une planification du réseau cible qui tienne compte, si possible, de la situation régionale et interrégionale. Il convient de noter que le gaz naturel et l'hydrogène ne sont pas prévus pour être utilisés à l'avenir dans le chauffage des locaux.

7.1.5 Décarbonation des réseaux thermiques

Pour atteindre le zéro net en 2050, il est essentiel que les réseaux thermiques soient exploités sans énergie fossile. Les technologies permettant d'exploiter un réseau thermique sans énergie fossile en charge de base sont déjà répandues. Souvent, le mazout ou le gaz sont encore utilisés pour couvrir les charges de pointe. Selon le guide pour des réseaux thermiques sans émissions (Planair SA & Verenum AG 2023), il existe différentes possibilités pour la décarbonation des réseaux thermiques :

- Accumulateurs thermiques : des accumulateurs (à long terme et saisonniers) peuvent être utilisés pour couvrir ou minimiser la charge de pointe. Le choix du type d'accumulateur dépend des conditions locales.
- Optimisation de l'exploitation : un réglage optimal de l'exploitation, de la production à l'utilisateur en passant par la distribution, permet de minimiser la couverture de pointe, par exemple en augmentant l'efficacité et en réduisant la simultanéité des besoins (déplacement de la charge).
- Optimisation côté production : la régulation des réseaux thermiques fonctionne souvent de manière réactive, c'est-à-dire que les exploitants réagissent aux signaux en influençant le générateur de chaleur. Comme les énergies renouvelables sont généralement moins flexibles que les énergies fossiles pour réagir aux changements de la demande, les prévisions de la demande servent à optimiser le système.
- Sources énergétiques alternatives (charge de base) : Les sources d'énergie renouvelables peuvent remplacer les sources d'énergie fossiles en combinaison avec un réchauffage par des combustibles synthétiques ou des chaudières à électrodes.
- Sources énergétiques alternatives (charge de pointe) : Le biogaz et les chaudières à électrodes sont des alternatives renouvelables déjà disponibles aujourd'hui pour couvrir les pics de consommation d'énergie fossile. La disponibilité du biogaz doit être vérifiée à l'avance, car il s'agit d'une ressource rare (Planair SA & Verenum AG 2023). A partir de 2040 environ, les combustibles synthétiques ou l'hydrogène pourraient également constituer une alternative (Association des entreprises électriques suisses 2022).

7.2 Sites des centrales et accumulateurs d'énergie

Pour la mise en place d'un réseau thermique, la construction d'une centrale énergétique est indispensable. D'autres infrastructures sont souvent nécessaires, comme des prises d'eau près de lacs ou de rivières, des forages de sondes géothermiques ou des puits de pompage en cas d'utilisation d'eau souterraine. Les accumulateurs d'énergie joueront également un rôle plus important à l'avenir. Compte tenu de la densification croissante des constructions, la recherche de sites devient de plus en plus complexe, c'est pourquoi il est essentiel de s'assurer suffisamment tôt de l'existence de sites appropriés. Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte dans le choix d'un site pour les centrales et les accumulateurs d'énergie :

- Proximité de la zone de couverture
- Disponibilité des potentiels énergétiques et des consommateurs d'énergie
- Facteurs économiques (ex. proximité de la zone d'approvisionnement)
- Connexion à l'infrastructure
- Topographie du site
- Prescriptions légales (OPN/ OPEau, obligations en matière d'environnement et de protection de la nature)
- Obligations en matière d'environnement et de protection de la nature
- Propriétaire(s) foncier(s) du site

L'importance de ces facteurs varie en fonction du site et de la source énergétique prévue pour les infrastructures nécessaires. La commune dispose de différentes options pour sécuriser les sites d'implantation des infrastructures. Différentes situations de départ doivent être prises en compte :

- Propriété du site
- Terrain appartenant à la commune : si le site appartient déjà à la commune, celle-ci peut disposer de la zone et délivrer les autorisations nécessaires sans négociations foncières supplémentaires. Cela permet souvent une mise en œuvre plus rapide et moins coûteuse du projet.
- Propriété privée : si le site est une propriété privée, la municipalité doit mener des négociations et, le cas échéant, conclure des accords de location ou d'achat. Cela peut nécessiter de longues négociations et des compromis financiers.
- Zone du site
- Emplacement dans la zone à bâtir : si le site se trouve dans une zone à bâtir, le développement est généralement plus rapide, car il n'est généralement pas nécessaire de modifier fondamentalement le règlement de la zone. Les zones industrielles ou artisanales ou les zones destinées aux bâtiments publics sont particulièrement adaptées à la construction d'une centrale énergétique ou d'un accumulateur ; les zones purement résidentielles, en revanche, s'y prêtent moins.
- Site en dehors de la zone à bâtir : si le terrain nécessaire se trouve en dehors d'une zone à bâtir, un classement en zone constructible est généralement nécessaire. Ce processus peut être long et nécessite une étroite concertation avec les autorités supérieures et le public.

Selon la situation de départ, la commune dispose de différentes possibilités d'action pour garantir des sites appropriés pour des centrales énergétiques ou des accumulateurs d'énergie. Elle peut par exemple utiliser ses propres terrains à cette fin et permettre ainsi une mise en œuvre directe sans processus d'acquisition supplémentaire. Alternativement, il est possible d'acquérir des surfaces auprès de propriétaires privés afin de garantir les sites nécessaires. Si la zone prévue ne se trouve pas dans une zone à bâtir appropriée, la commune peut en outre viser un zonage afin de permettre légalement la construction d'une centrale énergétique ou d'un accumulateur (solaire). En cas de zonage, il est nécessaire d'apporter la preuve de l'obligation d'implantation.

7.3 Rentabilité des réseaux thermiques

Il est difficile d'évaluer la rentabilité d'un réseau thermique de manière générale, car elle dépend de nombreux facteurs. Les coûts énergétiques et les coûts d'investissement influencent notamment le tarif énergétique proposé et donc la compétitivité par rapport aux solutions de chauffage individuelles. La rentabilité doit donc impérativement être examinée de plus près dans le cadre d'une étude de faisabilité. Ce chapitre présente quelques conditions favorables à l'exploitation économique des réseaux thermiques.

7.3.1 Paramètres clés pour la rentabilité des réseaux thermiques

L'approvisionnement par des réseaux thermiques est rentable lorsque, sur l'ensemble du cycle de vie, les dépenses, y compris les coûts externes, ne sont pas plus élevées qu'un approvisionnement décentralisé en chaleur et en froid (SIA 480). Les facteurs suivants influencent fortement la rentabilité d'un réseau thermique :

1. *Densité des besoins en énergie* : la densité des besoins en énergie est le besoin en énergie par an de tous les consommateurs par rapport à la surface de base d'une zone d'approvisionnement. Une zone peut devenir intéressante à partir d'une densité de demande d'énergie d'environ 400 MWh par an et par hectare
2. *Taux de raccordement* : le taux de raccordement indique le rapport entre la quantité d'énergie raccordée et la quantité d'énergie potentiellement disponible. Pour une exploitation rentable, des ordres de grandeur de 50 % ou plus sont souvent nécessaires.
3. *Densité de raccordement* (également appelée densité linéaire ou densité énergétique linéaire) : La densité de raccordement décrit le rapport entre l'énergie fournie aux clients par an et la longueur totale des lignes. Plus le besoin en énergie par surface est élevé et plus la longueur des lignes est faible, plus un réseau thermique peut être exploité de manière économique. Une zone peut devenir intéressante à partir d'une densité de puissance supérieure à 1 kW par mètre de tracé (m) ou à plus de 2 MWh/(m·a) en cas d'exploitation toute l'année. Comme la longueur du réseau de conduites est souvent encore inconnue avant l'étude de faisabilité, on peut utiliser la règle générale d'environ 200 à 300 Tm de conduites nécessaires par hectare de zone d'habitation pour la desserte principale.

Densité thermique dans les nouveaux quartiers

Dans les nouveaux quartiers, les besoins de chauffage devraient diminuer en raison des exigences accrues en matière d'isolation thermique ; les besoins(s) en chaleur pour l'eau chaude sanitaire restent à peu près constants. Les bâtiments peuvent être chauffés à un niveau de température peu élevé. Cela favorise l'approvisionnement individuel par bâtiment avec des sources d'énergie renouvelables (par ex. géothermie). Ainsi, la pertinence des réseaux thermiques se limite aux nouveaux quartiers à très forte densité de construction, à la chaleur résiduelle et à la chaleur environnementale disponibles localement, aux besoins élevés en refroidissement ou aux conditions de construction particulières. Les réseaux d'énergie peuvent constituer une option intéressante pour répondre aux besoins combinés de chaleur et de froid.

Le tableau 1 fournit de premières indications sur les domaines dans lesquels un réseau thermique peut être exploité de manière rentable et où il est donc judicieux de procéder à un examen approfondi.

Taux d'utilisation	Constructions existantes		Nouvelles constructions	
	Réseaux HT (≥ 60 °C)	Réseaux NT (< 60 °C)	Réseaux HT (> 60 °C, fossile max. 20 %)	Réseaux NT (chaleur résiduelle ou renouvelable)
< 0,5	peu approprié	peu approprié	peu approprié	peu approprié
< 0,5 à 0,80	convient sous réserve	convient sous réserve	peu approprié	convient sous réserve
0,80 à 1,10	approprié	approprié	convient sous réserve	convient sous réserve
> 1,10	approprié	approprié	approprié	approprié

Tableau5 : Aptitude côté utilisateur des zones résidentielles ou des zones avec une majorité de bâtiments résidentiels pour les réseaux haute (HT) et basse température (BT).
Hypothèses de départ : Densité de raccordement env. 1 kW / Tm (env. 2 MWh / a mètre de tracé (Tm)). Coûts de distribution pour les nouveaux bâtiments : 800 Fr. / Tm ; bâtiments existants : 1200 Fr. / Tm ; limite de rentabilité pour des coûts de distribution de 40 Fr. / MWh)

Glossaire

Taux d'aménagement : rapport entre la substance bâtie et la substance autorisée par le plan de zone (tableau 1 : hypothèse 100 %).

Densité de raccordement : rapport entre la quantité d'énergie raccordée et la quantité d'énergie potentiellement prélevée (tab. 1 : hypothèse 75 %). Pour les zones présentant des consommateurs similaires, cela correspond également à la part du nombre de consommateurs de chaleur raccordés.

Coefficient d'utilisation : rapport entre la surface brute de plancher imputable du bâtiment et la surface de terrain imputable

7.3.2 Détermination des coûts de production d'énergie approximatifs

Le coût de production de l'énergie est souvent utilisé pour déterminer la rentabilité d'une installation et pour comparer les coûts avec d'autres systèmes. Les coûts de production d'énergie indiquent combien il coûte de produire une certaine quantité d'énergie. Ils sont calculés en divisant tous les coûts encourus pour produire cette quantité d'énergie par la quantité d'énergie produite : $\text{Energiegestehungskosten} = \frac{\text{Gesamtkosten}}{\text{Erzeugte Energiemenge}}$.

Les coûts totaux comprennent les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation, les coûts de capital et les coûts d'élimination. On tient également compte du soutien financier, par exemple des programmes d'aide ou des projets de compensation climatique. Les coûts de revient des réseaux thermiques se situent typiquement entre 50 et 170 CHF/MWh. (*Association suisse du chauffage à distance 2022*)

En principe, plus les coûts de production d'énergie sont faibles, plus la distribution dans le réseau thermique peut être coûteuse. Les coûts de distribution sont influencés de manière décisive par la production de chaleur/froid (MWh / a) par m (tableau 1).

Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement comprennent tous les coûts liés à la construction initiale du réseau thermique. Ils comprennent les coûts de planification, les coûts de production d'énergie, de distribution d'énergie et de remise aux clients. En ce qui concerne les coûts de distribution d'énergie, ce sont notamment les coûts des conduites qui jouent un rôle important ; ceux-ci dépendent à leur tour des facteurs suivants (liste non exhaustive) :

- *Lieu de pose* : en milieu urbain, les coûts de construction peuvent être 1,5 à 5 fois plus élevés qu'en milieu rural. Si la viabilisation d'une zone se fait en même temps que les autres conduites et routes, on peut s'attendre à des coûts moins élevés.
- *Tracé* : une forte densité de conduites industrielles, ainsi que des traversées de cours d'eau, de voies ferrées ou d'autoroutes sont particulièrement génératrices de coûts.
- *Niveau de température et fluide thermique* : les réseaux à basse température sans isolation sont souvent moins chers que les réseaux à haute température (valeur indicative pour une conduite de vapeur en caniveau avec DN 100 : 4 000 CHF/mètre) (Association suisse du chauffage à distance 2022).

7.3.3 Risques et réflexions supplémentaires

La construction de centrales énergétiques et de réseaux thermiques est un investissement à long terme . La durée d'amortissement des centrales énergétiques varie entre 20 et 25 ans et celle des réseaux thermiques est d'environ 40 ans. Il est donc important, lors de l'analyse de rentabilité, de procéder également à une évaluation des risques d'écarts par rapport au développement prévu. De tels écarts pourraient par exemple signifier que le développement prévu ne sera pas entièrement atteint. Les ventes d'énergie peuvent également diminuer en raison de la rénovation de bâtiments ou de nouvelles exigences économiques et légales. De plus, les prix de l'énergie pourraient changer, les coûts d'investissement pourraient augmenter ou les taux d'intérêt pourraient changer. (*Groupe de travail QM Chauffage urbain 2022*)

D'autres étapes après la confirmation de la faisabilité d'un réseau thermique sont présentées dans le module 8.

7.4 Sources

- Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023a). Stratégie thermique 2050. Berne, Suisse. Disponible sur : <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (consulté le [17.07.2024]).
- Gnehm, Rita (2022) : Guidance for cities developing H/C plans. Decarb City Pipes 2050.
- Haute école de Lucerne (HSLU) (2024) : Séminaire sur les réseaux thermiques en Suisse.
- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK) (2019) : Fiche technique sur le chauffage à distance en bref. Disponible sur : https://www.endk.ch/de/ablage/energieberatung/Merkblatt%20Fernwaerme%20in%20Kuerze%2020190502_d.pdf (consulté le [17.07.2024]).
- PLANAR (2016) : Droits et obligations en matière d'approvisionnement en chaleur dans le cadre d'un réseau. SuisseEnergie, cantons LU, SG, TG, SH, ZH. Berne, Suisse.
- PLANAR (2017) : Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et les plans spéciaux. SuisseEnergie. Berne, Suisse.
- Planair SA & Verenum AG (2023) : Guide pour des réseaux thermiques sans émissions. RES DHC.
- SIA 480 : Calcul de rentabilité pour les investissements dans le bâtiment. Société suisse des ingénieurs et des architectes. Zurich, Suisse.
- Association suisse du chauffage à distance (2022) : Guide du chauffage / du refroidissement à distance. SuisseEnergie & chauffage à distance. Berne, Suisse.
- Association des entreprises électriques suisses (AES) (2022) : Pleins feux sur l'hydrogène. Avenir énergétique 2050. Des pistes pour l'avenir énergétique et climatique de la Suisse.
- Groupe de travail QM Chauffage urbain (2022) : Manuel de planification du chauffage à distance. SuisseEnergie & QM Chauffage à distance. Berne, Suisse.

Modul 8: Organisation et financement des réseaux thermiques

Notamment par les communes

Le module 8 en bref

Procédure pour la réalisation de réseaux thermiques

Pour la réalisation d'un réseau thermique, une procédure en quatre étapes peut être appliquée :

- *Concrétiser l'idée de projet* : La commune établit une planification énergétique afin d'identifier les zones d'interconnexion potentielles.
- *Évaluer la faisabilité et la compétitivité* : L'étape suivante consiste à évaluer la faisabilité technique et économique.
- *Analyser les variantes d'organisation et de financement* : La commune évalue différents modèles d'organisation (par ex. par des tiers, des partenariats ou seule) et leurs exigences financières.
- *Évaluer les variantes et définir la procédure* : Sur la base de critères d'évaluation définis, les options sont comparées et la solution appropriée est choisie.

Aspects juridiques

Pour la réalisation d'un réseau thermique, il y a quelques questions juridiques à clarifier. Dans ce module, les questions suivantes seront abordées :

- Appel d'offres pour un réseau thermique
- Concession de réseaux thermiques et autres formes de contrats
- Implication de la population

8.1 Procédure de réalisation de réseaux thermiques pour les communes

L'initiative de la mise en place d'un réseau thermique peut venir des acteurs les plus divers, comme la commune d'implantation elle-même, son prestataire de services énergétiques, un prestataire de services énergétiques externe, des propriétaires fonciers ou une entreprise tenue d'utiliser des rejets thermiques. Selon l'initiateur ou l'initiatrice, il existe différentes possibilités de réglementer les droits et les obligations de l'exploitant du réseau thermique. Le module suivant ne présente que les possibilités pour lesquelles la commune est chef de file dans la réalisation du réseau thermique.

La procédure décrite ici est décrite plus en détail dans le guide "Organisation et financement des réseaux thermiques" de SuisseEnergie pour les communes.

L'organisation et le financement des réseaux thermiques sont étroitement liés. La manière dont le réseau thermique est organisé détermine les ressources financières nécessaires. Parallèlement, le budget disponible influence les formes d'organisation envisageables. Les modèles publics, privés ou mixtes, nécessitent chacun des approches de financement différentes. Une commune disposant de moyens limités peut ne pas être en mesure de mettre en œuvre toutes les formes d'organisation. En outre, plus la commune contribue financièrement, plus son influence sur la structure organisationnelle et les décisions est grande.

Pour trouver la meilleure solution en termes d'organisation et de financement, la commune peut utiliser un processus en quatre étapes (voir figure 1). Celui-ci comprend l'élaboration d'options, la pesée des avantages et des inconvénients, l'évaluation des possibilités et, enfin, la décision. L'approche présentée ci-dessous aide la commune à trouver une solution adaptée à la fois au cadre financier et aux objectifs organisationnels.

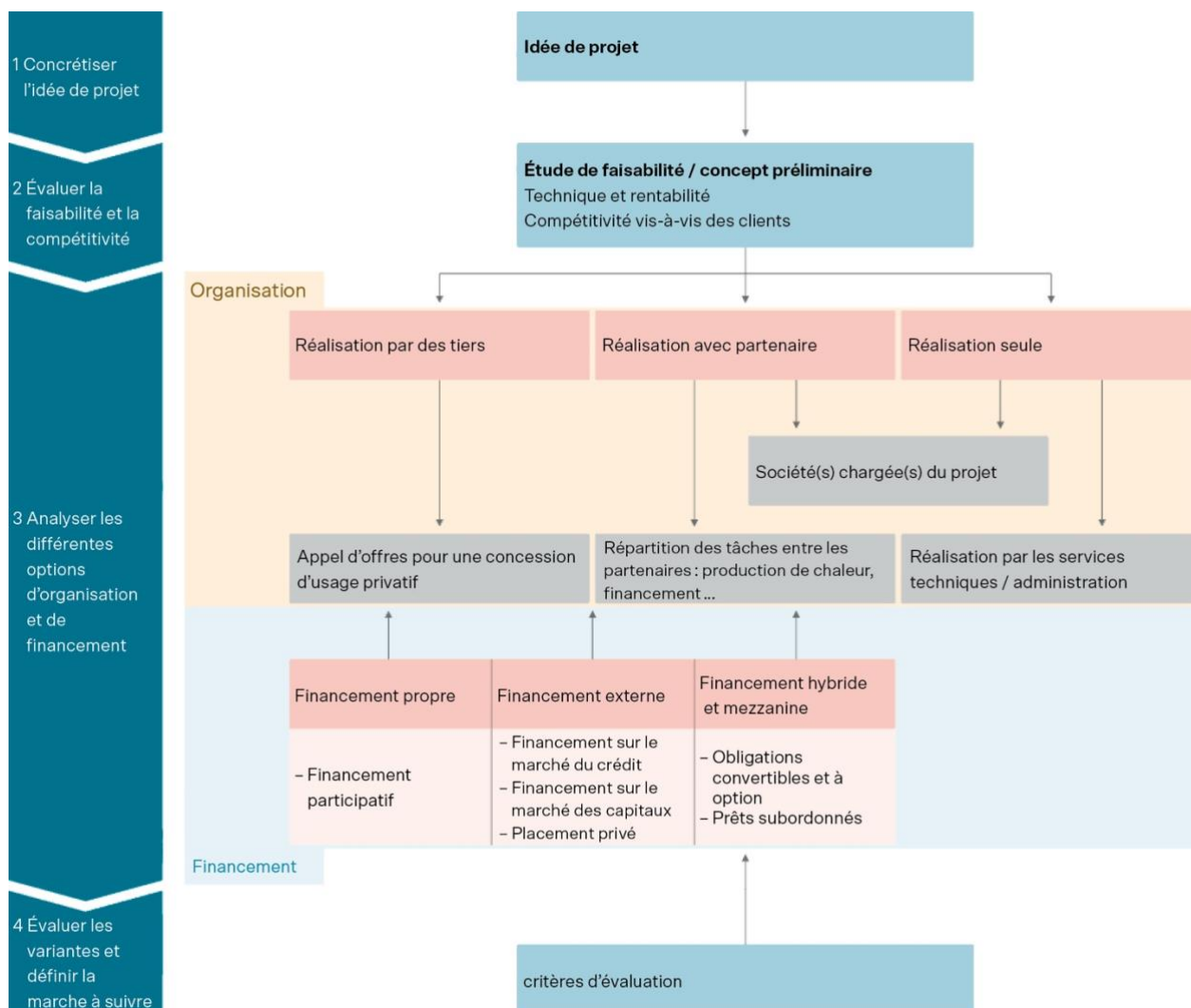


Figure 2 : Quatre étapes pour les communes afin de clarifier l'organisation et le financement des réseaux thermiques

8.1.1 Étape 1 : Concrétiser l'idée de projet

La première étape pour la commune est l'élaboration d'une planification énergétique territoriale. La planification énergétique donne à la commune une vue d'ensemble des sources d'énergie potentielles (cf. module 4) et de la répartition spatiale de la demande de chaleur et de froid (cf. module 3).

Si, dans le cadre de la planification énergétique, une ou plusieurs zones ont été désignées comme zones d'interconnexion possibles, la deuxième étape suit.

L'idée de projet peut également venir de contractants ou d'autres acteurs (station d'épuration des eaux usées, particuliers, etc.). Dans ce cas, il est important pour la commune de bien régler les droits et obligations dans un contrat correspondant (voir chapitre "Question juridique").

8.1.2 Étape 2 : Évaluer la faisabilité et la compétitivité

Dans les zones qui ont été délimitées dans la planification énergétique comme zones d'interconnexion (possibles), il faut d'abord en étudier la faisabilité. De nombreux cantons et parfois l'OFEN soutiennent financièrement l'élaboration d'études de faisabilité (maximum 50%). Il s'agit notamment de la faisabilité technique, qui doit prendre en compte des aspects tels que l'emplacement de la centrale énergétique, le niveau de température, l'hydraulique et le tracé des conduites. Sur cette base, des analyses économiques sont nécessaires. Il s'agit notamment

- **Détermination des coûts de production d'énergie approximatifs (voir module 7) :** Celui-ci permet de comparer les coûts de différentes sources d'énergie.
- **Planification financière :** il s'agit de déterminer les coûts d'investissement (cf. module 7) pour la mise en place du réseau et de prendre en compte le cash-flow afin d'évaluer la rentabilité et la viabilité financière du projet. Une obligation de raccordement (cf. module 7) peut éventuellement minimiser les risques.

D'autres recommandations concernant le contenu de l'étude de faisabilité figurent dans la liste de contrôle de SuisseEnergie (2023). Les connaissances acquises permettront de comparer la compétitivité du réseau thermique avec d'autres solutions et de négocier ultérieurement avec les bailleurs de fonds.

L'étude de faisabilité devrait être réalisée par des experts spécialisés dans les réseaux thermiques : Dans certaines communes, les services industriels peuvent s'en charger ou un bureau d'études spécialisé peut être mandaté. Une commune disposant d'un savoir-faire limité en matière de réseaux thermiques a la possibilité de lancer un appel d'offres pour le développement du réseau, de l'étude de faisabilité à la mise en œuvre et à l'exploitation, en passant par la planification de l'exécution. Après l'adjudication, la commune peut poursuivre le développement du réseau de manière ciblée avec un partenaire.

Si le réseau thermique s'avère réalisable dans le cadre de l'étude de faisabilité, la commune peut comparer différents modèles d'organisation et de financement à l'étape suivante.

8.1.3 Étape 3 : Analyser les variantes d'organisation et de financement

L'organisation et le financement des réseaux thermiques sont indissociables. La forme d'organisation choisie détermine les besoins financiers, tandis qu'à l'inverse, le budget disponible limite éventuellement les formes d'organisation possibles. Parallèlement, plus la participation financière de la commune est élevée, plus elle peut (co)décider. En principe, il existe trois possibilités d'organisation, chacune présentant des avantages et des inconvénients ainsi que des conditions financières différentes.

Réalisation :	par des tiers	avec un partenaire	Seul
Droit de regard de la communauté	Faible, principalement par le biais de la concession	Dépend de la participation financière, de faible à importante	Entièrement à la commune
Besoins en capitaux de la commune	Minimum ; le financement est assuré par des tiers	Varie de faible à très élevé	Maximum, la commune s'occupe de tout le financement
Savoir-faire requis de la part de la commune	Minimal ; le savoir-faire est fourni par des tiers	Varie de faible à très élevé	Maximum ; la commune doit disposer du savoir-faire en interne
Coûts d'exploitation pour la commune	Minimum ; le réseau thermique est exploité par des tiers	Varie de faible à très élevé	Maximum ; la commune est responsable de l'exploitation et de l'entretien
Nécessité d'un signalement	Généralement nécessaire	Généralement nécessaire	Pas nécessaire
Bases contractuelles	Concession, réglementation de la coopération	Concession, réglementation de la coopération	Pas nécessaire

8.1.3.1 Réalisation par des tiers et réalisation seule

Dans le cas d'une réalisation par des tiers, tant les dépenses que le droit de regard de la commune sont minimes, alors qu'ils sont entièrement entre les mains de la commune dans le cas d'une réalisation par elle-même. Dans le cas d'une réalisation par des tiers, il est fortement recommandé de conclure une concession (voir plus loin). En revanche, si la commune opte pour la réalisation autonome du réseau thermique, la nécessité de collaborer avec des partenaires externes disparaît et une concession n'est pas non plus nécessaire.

8.1.3.2 Réalisation avec un partenaire

La réalisation avec un partenaire peut prendre différentes formes :

- La solution organisationnelle la plus simple est une coopération ponctuelle : la commune confie par exemple l'exploitation du réseau thermique à un partenaire, tandis qu'elle se charge elle-même de la distribution de l'énergie. Cette coopération est réglée par contrat.
- La situation est plus complexe lorsque la commune et le partenaire créent ensemble une entreprise. En général, il s'agit d'une société anonyme dans le cadre d'un partenariat public-privé. La part d'actions que la commune détient dans la SA est ici essentielle.

	Pourcentage ≤ 33	33 % < part ≤ 50	50 % < part ≤ 66	Part > 66
Possibilités juridiques d'exercer une influence	Minimal ; possibilité de prévoir d'autres dispositions dans la convention d'actionnaires ⁵	Minorité de blocage pour les décisions importantes ⁶ ; possibilité de prévoir d'autres dispositions dans la convention d'actionnaires	majorité des droits de vote ; les décisions importantes ne peuvent pas être prises contre la volonté des autres actionnaires	majorité des droits de vote ; les décisions importantes peuvent être prises même contre la volonté des autres actionnaires

Plus l'investissement de la commune est élevé, plus elle acquiert un droit de regard. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'une participation de 45 %, par exemple, entraîne certes des coûts plus élevés qu'une participation de 40 %, mais n'accorde pas un droit de regard supplémentaire important.

La commune peut apporter à une société anonyme non seulement des moyens financiers, mais aussi des biens matériels tels qu'un réseau de gaz ou un réseau thermique existant, ce qui permet de réduire les besoins financiers directs

D'une manière générale, la société anonyme offre différentes possibilités de financement, par exemple des financements hybrides et mezzanines, qui ne sont que rarement accessibles à une commune.

⁵ Une convention d'actionnaires est un accord de droit privé entre actionnaires qui, en plus des dispositions statutaires, fixe des droits et des obligations spécifiques aux actionnaires, comme l'exercice du droit de vote, les restrictions de vente ou les règles de comportement au sein de l'entreprise. Contrairement aux statuts, elle n'est contraignante qu'entre les actionnaires concernés et ne peut pas être imposée directement par l'entreprise elle-même.

⁶ Selon le CO, au moins 2/3 des actions sont nécessaires pour approuver des "décisions importantes". Avec la minorité de blocage de "1/3 + 1 action", une commune peut, à elle seule, empêcher des "décisions importantes" contre la volonté de l'actionnaire majoritaire → Minorité de blocage. Les "décisions importantes" sont énumérées dans le CO, art. 704.

Glossaire des formes de financement

Autofinancement

L'autofinancement signifie que la commune réunit des capitaux à partir de ses propres ressources. Elle peut fournir ce capital à partir de sa fortune existante, du compte courant ou, par exemple, d'un crédit approuvé par la population.

Financement externe

Le financement externe désigne le financement par des moyens mis à disposition par des bailleurs de fonds externes, par exemple des banques, des assurances, des caisses de pension ou des EDL externes. Les bailleurs de fonds examinent certes si et à quel taux d'endettement ils sont prêts à investir dans le réseau thermique, mais ils n'exigent pas de droit de regard.

Financement hybride et mezzanine

Le financement hybride et le financement mezzanine sont des formes de financement particulièrement intéressantes pour les sociétés anonymes. Ils combinent à la fois des éléments de financement propre et de financement externe. Ils offrent aux bailleurs de fonds une position intermédiaire entre le capital propre et le capital étranger, souvent avec des risques plus élevés, mais aussi des revenus plus importants. En cas d'insolvabilité, les investisseurs en capital mezzanine se situent entre les investisseurs en capital étranger et les investisseurs en capital propre dans l'ordre de priorité. Ils ne sont donc remboursés qu'après les bailleurs de fonds externes, mais avant les bailleurs de fonds propres.

Un exemple est l'obligation convertible, qui donne au créancier le droit de convertir l'obligation en fonds propres à une date ultérieure, généralement sous forme d'actions. Cela permet à l'investisseur de profiter d'une éventuelle augmentation de la valeur de l'entreprise.

8.1.4 Étape 4 : Évaluer les variantes et définir la procédure

La commune décide quelles variantes elle souhaite examiner plus en détail et définit les critères d'évaluation. Les variantes sont ensuite décrites, évaluées et comparées entre elles. Dans le meilleur des cas, il en ressort une image claire de l'option à mettre en œuvre et la commune peut planifier la suite des opérations.

8.1.4.1 Critères d'évaluation

En choisissant des critères d'évaluation appropriés, la commune peut s'assurer que les conditions générales pertinentes pour sa situation spécifique sont prises en compte et qu'une solution la plus adaptée possible est trouvée. Les critères d'évaluation sont par exemple :

- Savoir-faire disponible à la commune
- Besoins en capitaux de la commune
- Contribution à la gestion future du réseau de gaz de la commune
- Charges pour la commune pendant l'exploitation
- Possibilités d'influence pour la commune
- Vitesse de réalisation
- Acceptation des clients de la chaleur

Ensuite, les critères d'évaluation et l'appréciation de la commune devraient être consignés, par exemple

Critères d'évaluation	Évaluation de la communauté	Justification
Faible besoin en capital	Plus le besoin en capital est faible, mieux c'est.	Au cours des dix prochaines années, des investissements d'environ 150 millions de francs sont déjà prévus pour les locaux scolaires.

8.1.4.2 Description des variantes

Ensuite, les variantes sont décrites, les points forts et les points faibles sont notés et les critères d'évaluation sont appliqués :

Évaluation de la variante 1	
Faible besoin en capital	++

8.1.4.3 Comparaison

Dès que toutes les variantes sont décrites, elles peuvent être comparées. Dans le meilleur des cas, un favori se dégage clairement. Si ce n'est pas le cas, il est possible que des clarifications supplémentaires soient nécessaires afin de pouvoir mieux comparer les variantes les plus prometteuses.

Évaluation	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Faible besoin en capital	++	--	-

8.1.4.4 Suite de la procédure

La suite de la procédure s'oriente sur le résultat de la comparaison et nécessite une planification individuelle. Si la commune opte pour le développement autonome du réseau thermique, la mise en œuvre peut être poursuivie rapidement. Dans tous les autres cas, il s'agit d'identifier des partenaires appropriés. Dans ce cas, il est recommandé de préparer des appels d'offres afin de trouver le partenaire optimal pour la réalisation du projet.

8.2 Questions juridiques

8.2.1 Y a-t-il une obligation de lancer un appel d'offres pour le réseau thermique ?

Le réseau thermique ne doit *pas faire l'objet d'un appel d'offres*,

...lorsque le réseau thermique est mis en place par un fournisseur de services énergétiques communal (EDL) faisant partie de l'administration publique ou

...lorsque la commune confie la concession à une entreprise sur laquelle la commune exerce un contrôle similaire à celui qu'elle exerce sur un service administratif et lorsque cette entreprise fournit la majeure partie de ses services à la commune.

Dans tous les autres cas, il *est très probable* qu'un *appel d'offres* *doive* être *lancé*. Cependant, la procédure juridique pour l'attribution d'une concession pour la construction et l'exploitation d'un réseau thermique n'est actuellement pas définitivement clarifiée d'un point de vue juridique. En principe, l'art. 2, al. 7 de la loi fédérale sur le marché intérieur (LMI) stipule que le transfert de l'exploitation de monopoles cantonaux et communaux à des privés doit en principe se faire par le biais d'un appel d'offres. Cela doit empêcher la discrimination et garantir la transparence (*Informations complémentaires : Abegg, Andreas & Seferovic, Goran 2024*).

Prestataires de services énergétiques (GRD)

Une entreprise de services énergétiques (ESE) est une entreprise qui propose différents services dans le domaine de l'approvisionnement en énergie et de son utilisation. Il s'agit notamment de la planification, de la construction et de la gestion d'installations énergétiques, de la fourniture de solutions énergétiques et de l'optimisation de la consommation d'énergie. Ainsi, les ESE disposent idéalement des connaissances professionnelles nécessaires dans le domaine de la réalisation de réseaux thermiques.

La forme d'organisation des ESE peut varier fortement et va des départements administratifs aux sociétés anonymes et aux coopératives. Les ESE sont des partenaires importants des communes pour la mise en place de réseaux thermiques permettant d'utiliser les rejets thermiques et la chaleur environnementale liée localement.

8.2.2 Qu'est-ce qu'une concession et que peut-on y réglementer ?

La concession les conditions d'utilisation du sol public pour la construction et l'exploitation d'un réseau thermique. En ce sens, la concession est une disposition nécessitant une participation entre la commune et l'exploitant du réseau thermique.

Les aspects suivants peuvent être réglés dans le cadre d'une concession, mais doivent de ce fait également être négociés

- l'utilisation des sources de chaleur (dans la mesure où la commune peut en décider) ;
- la délimitation de la zone d'approvisionnement (périmètre d'approvisionnement) ;
- l'emplacement de la centrale énergétique et les obligations relatives au bâtiment ;
- l'utilisation du domaine public et les droits de passage ;
- la planification et la construction de l'infrastructure ;
- l'échange mutuel, précoce et régulier d'informations ;
- l'information commune de la population ;
- un conseil et une prospection coordonnés des clients et clientes ;
- la coordination avec d'autres sources énergétiques liées à l'acheminement ;
- le domaine thématique de l'obligation de raccordement avec obligation d'approvisionnement ;

- les éventuels objectifs en matière de protection du climat (par exemple, trajectoire cible en termes de densité de raccordement, de part d'énergies renouvelables et de chaleur résiduelle ou d'émissions de CO₂).
- Transparence des prix et égalité de traitement des clients de même type ;
- Durée de la concession ou critères déterminants quand une concession devient caduque si le réseau thermique n'est pas mis en place dans les délais.
- Droit de retour (dans le cadre de concessions, se réfère à une disposition contractuelle selon laquelle les droits de propriété d'une infrastructure ou d'une installation peuvent revenir au concédant (par exemple la commune) à la fin de la durée de la concession)
- Redevances de concession (pas possible dans tous les cantons (par exemple, Kt. ZH n'est plus possible depuis 2021))

8.2.3 Autres formes de contrats possibles entre ESE et la commune

Selon le besoin de réglementation et les objectifs de la collaboration, différentes formes de contrats et de marges de manœuvre sont appropriées. Les paragraphes suivants donnent un aperçu des formes de contrats :

- **Contrat de servitude** : un contrat de servitude règle l'utilisation de terrains du patrimoine financier, par exemple pour permettre la construction de lignes et définir juridiquement les droits nécessaires à l'utilisation de ces surfaces.
- **Stratégie de propriétaire** : dans la mesure où l'EDL est majoritairement détenue par la commune, la stratégie de propriétaire permet d'influencer l'orientation de la direction.
- **Contrat de fourniture de chaleur** : un contrat de fourniture de chaleur est approprié lorsque seule la fourniture de chaleur sans autre intérêt public doit être réglée et que la commune est l'acquéreur de la chaleur.
- **Contrat de collaboration** : un contrat de collaboration est approprié lorsque la commune et l'EDL souhaitent collaborer sur un projet spécifique, par exemple pour des projets pilotes ou des études de faisabilité.
- **Concession d'utilisation spéciale** : une concession d'utilisation spéciale peut être attribuée lorsque l'initiative de créer un réseau thermique vient de l'EDL et qu'aucun appel d'offres ne doit être lancé. La commune ne peut toutefois pas y fixer d'objectifs, de pourcentage d'énergies renouvelables ou autres.

Pour plus d'informations sur le contenu de tels contrats, voir le document " Droits et obligations en matière d'approvisionnement en chaleur dans le réseau " de PLANAR (2016).

8.2.4 Faut-il des référendums pour construire un réseau thermique ?

En règle générale, les planifications énergétiques ne doivent être approuvées que par l'exécutif communal et, le cas échéant, par le canton. Les planifications énergétiques suivent la procédure habituelle du plan directeur et sont adoptées par les exécutifs (parlement ou assemblée communale). La mise en œuvre concrète, comme la construction d'un réseau thermique (p. ex. décisions de crédit), peut également nécessiter des décisions populaires.

Il convient de tenir compte du règlement communal et des compétences de l'exécutif communal en matière de dépenses. Des décisions populaires ou parlementaires sont également nécessaires lors de la définition ou de la modification de règlements de construction et de zones (ou de règlements de construction et d'utilisation). En cas de collaboration avec un partenaire, la création commune d'une entreprise spécifique au projet pourrait nécessiter l'approbation du législatif ou de la population.

Mais de manière générale, une commune a toujours la possibilité d'organiser un vote aux urnes facultatif si elle veut s'assurer un soutien politique par l'approbation de la population.

8.2.5 La commune peut-elle être tenue d'indemniser un fournisseur de gaz pour le manque à gagner ou la perte de bénéfices si ce dernier perd éventuellement des clients en raison de la concurrence du réseau thermique ?

Les contrats existants ou la concession entre la commune et le gestionnaire du réseau de gaz sont déterminants à cet égard. En l'absence de tels contrats, la commune peut partir du principe qu'il n'existe aucun droit à indemnisation du seul fait de la concurrence supplémentaire exercée par le réseau thermique.

8.3 Sources

- Abegg, Andreas & Seferovic, Goran (2024) : Procédure d'appel d'offres pour les concessions territoriales de réseaux thermiques à l'exemple de la ville de Zurich. sui generis 2024, p. 31.
- Econcept (2024) : Organisation et financement de réseaux thermiques. SuisseEnergie pour les communes. Berne, Suisse.
- SuisseEnergie (2023) : Recommandation relative au contenu d'une étude de faisabilité pour les réseaux thermiques. Disponible sur : https://www.local-energy.swiss/dam/jcr:d630273a-24ac-4a7a-b3cd-de1613cb2e4e/Empfehlung_fuer_den_Inhalt_einer_Machbarkeitsstudie_fuer_thermische_Netze.pdf
- PLANAR (2016) : Droits et obligations en matière d'approvisionnement en chaleur dans le cadre d'un réseau. SuisseEnergie, cantons LU, SG, TG, SH, ZH. Berne, Suisse.

Modul 9: Mise en œuvre et réglementations énergétiques

Instruments et exemples

Module 9 en bref

Afin de parvenir à une mise en œuvre rapide de la planification énergétique territoriale, des mesures sont recommandées dans différents champs d'action :

- Politique énergétique et climatique régionale et communale (stratégie, ressources, promotion)
- Aménagement du territoire (incitations et directives)
- Approvisionnement en chaleur et en froid
- Organisation, information et conseil

Le choix des instruments pour la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale communale dépend directement des mesures définies dans la planification énergétique territoriale et des dispositions légales des lois cantonales sur l'aménagement du territoire et l'énergie.

En principe, il existe une large palette d'instruments pour la mise en œuvre.

Informations complémentaires et liens

Annexe séparée pour les modules 1 à 10

9.1 Champs d'action pertinents pour la mise en œuvre

Afin de pouvoir mettre en œuvre la planification énergétique territoriale de manière ciblée, il convient de définir les champs d'action pertinents.

Les champs d'action suivants sont en principe pertinents pour une mise en œuvre réussie de la planification énergétique territoriale. Politique énergétique et climatique communale

Objectifs énergétiques et objectifs nets zéro cohérents de la commune, aussi bien pour ses stratégies, ses planifications que pour ses entreprises et son propre parc immobilier. Les ressources nécessaires à cet effet doivent être intégrées dans la planification financière.

9.1.1 Aménagement du territoire

Mesures de planification des transports et de l'habitat ainsi que du droit de la construction dans le sens de la politique énergétique communale et de l'approvisionnement en chaleur et en froid visé (directives et incitations)

9.1.2 Efficacité énergétique

Assainissement et rénovation énergétique du parc immobilier existant

9.1.3 Approvisionnement en chaleur et en froid

Mise en place de réseaux thermiques, optimisation de leur fonctionnement ou fourniture décentralisée de chaleur et de froid à partir de sources d'énergie renouvelables.

9.1.4 Organisation, information et conseil

des manifestations d'information et de participation orientées vers les groupes cibles ainsi qu'une offre active de conseil et de coaching.

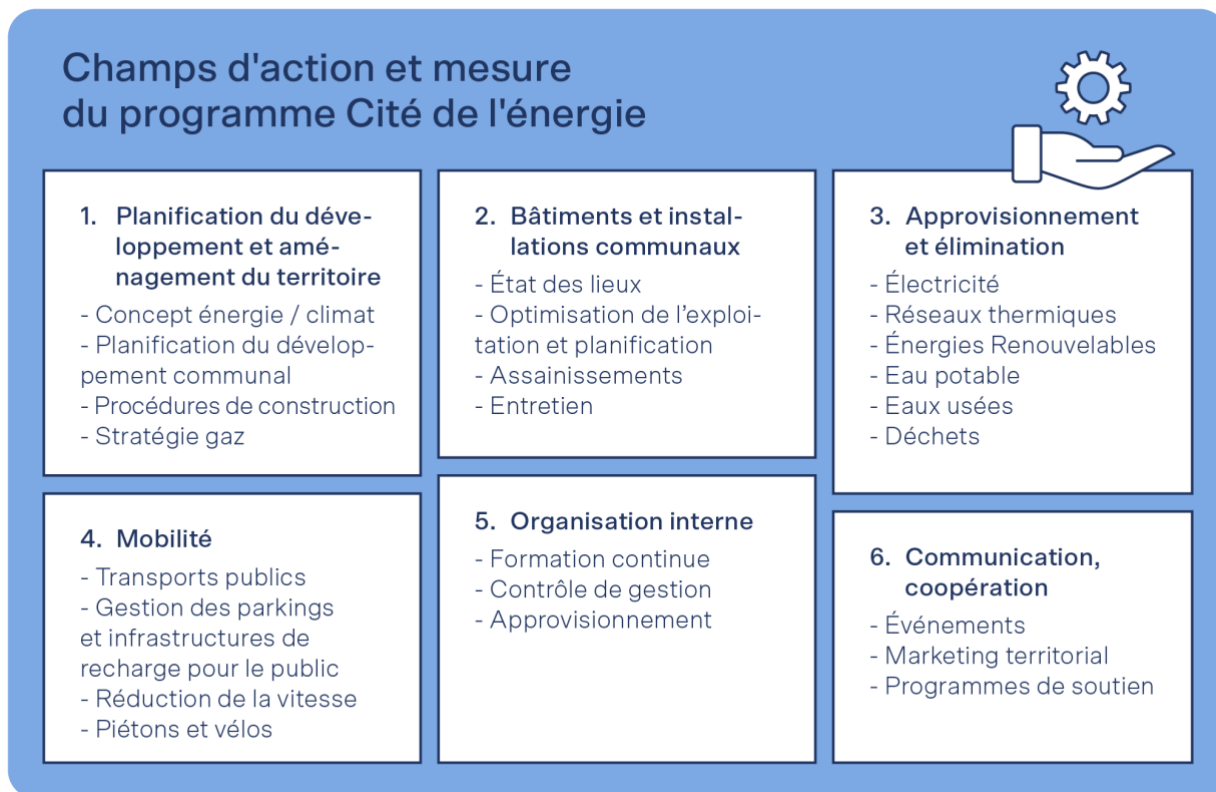


Figure16 : Les six champs d'action dans le processus Cité de l'énergie (Cité de l'énergie 2024)

Des mesures peuvent être définies dans la planification énergétique territoriale dans tous les champs d'action décrits ci-dessus. Il est important que les mesures soient coordonnées avec d'autres instruments déjà existants, tels qu'une stratégie climatique ou une Cité de l'énergie.

9.1.5 Planification énergétique territoriale comme base

La base de la mise en œuvre de la politique énergétique est une planification énergétique communale et régionale qui coordonne l'approvisionnement futur en chaleur et en froid dans l'espace et l'oriente vers les sources énergétiques renouvelables. Elle constitue ainsi une base de travail et de coordination appropriée pour la décarbonation de l'approvisionnement en chaleur et en froid (voir également le module 2).

La planification énergétique communale et territoriale définit des mesures aptes à garantir la mise en œuvre et l'exécution. Les différentes mesures sont mises en œuvre à différents niveaux. Elles peuvent concerner le niveau de l'organisation, de la planification, du projet et/ou de l'exécution. Une concrétisation des mesures dans des fiches de mesures séparées facilite leur exécution et leur mise en œuvre.

Mesures

Les fiches de mesures fournissent des instructions et des informations sur :

- Objet (situation initiale, description et explication de la mesure)
- Localisation géographique
- Objectif
- Effet sur la demande énergétique, le mix énergétique, les émissions de CO₂
- Marche à suivre, prochaines étapes de réalisation
- Priorités et obligations
- Conséquences budgétaires et financement
- Personnes impliquées issues d'autorités et d'administrations ainsi que d'entreprises privées
- Responsabilités
- État d'avancement de la coordination : préorientation, résultat intermédiaire ou décision définitive
- Dépendances et conflits d'objectifs
- Remarques concernant le contrôle de gestion

9.2 Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et d'utilisation spéciale

Dans les plans d'affectation et les plans d'utilisation spéciaux, la planification énergétique territoriale peut être mise en œuvre de manière contraignante pour les propriétaires fonciers. Les explications suivantes constituent le module C (résumé) de l'étude du même nom de SuisseEnergie, élaborée en coopération avec quatre cantons (PLANAR 2017), ainsi que les labels et les normes en Suisse.

Un bâtiment consomme de l'énergie et génère des émissions de gaz à effet de serre aussi bien lors de son fonctionnement (chaleur de confort et refroidissement, eau chaude sanitaire) que lors de sa construction (construction, rénovation et déconstruction, calculées linéairement sur la durée de vie des éléments du bâtiment) et par la mobilité induite par le bâtiment (cf. figure 2).

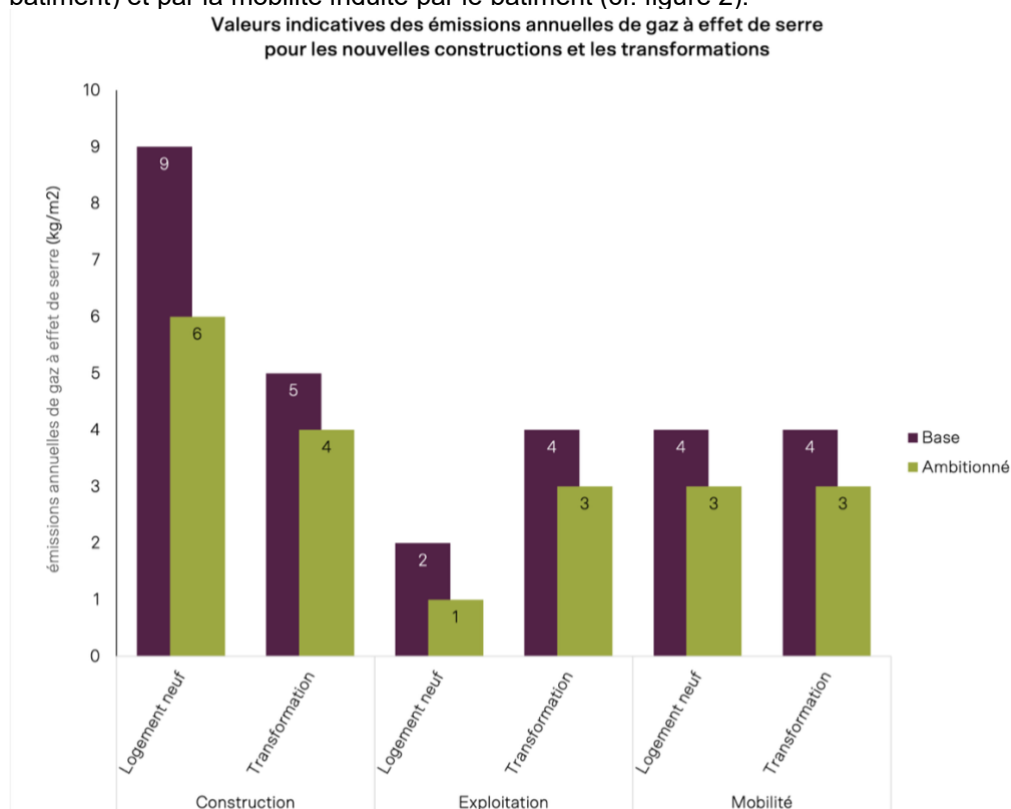


Figure17 : Valeurs indicatives des émissions annuelles de gaz à effet de serre pour les nouvelles constructions et les transformations selon la SIA 390/1 Voie climatique pour des constructions ambitieuses. Ces valeurs peuvent être atteintes par des bâtiments compacts situés à des endroits appropriés.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- Avec les grands progrès en matière d'efficacité des nouveaux bâtiments (dans le domaine de l'"exploitation"), les autres domaines "construction" et "mobilité" gagnent en importance en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, conformément à la voie du climat de la SIA. C'est pourquoi ces domaines doivent également être davantage pris en compte. Avec l'augmentation des besoins en refroidissement, la protection thermique estivale et un bon aménagement des environs pour optimiser le microclimat sont également des thèmes importants.
- L'orientation des prescriptions énergétiques doit être différente selon le type de zone de développement ("type de réglementation") : Ainsi, le domaine de la construction a une importance nettement plus grande pour les nouveaux bâtiments que pour les bâtiments existants (voir la section Focalisation des prescriptions énergétiques selon le type de réglementation).
- Les cantons définissent dans les plans d'affectation des marges de manœuvre très différentes pour les communes. Dans le cas des plans d'affectation spéciaux, la marge de manœuvre juridique est généralement beaucoup plus grande ou il est possible de s'écarter de la construction réglementaire en fonction des prescriptions fixées.

Différentes normes et instruments sont disponibles pour réglementer la demande d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre correspondantes (voir figure 3).

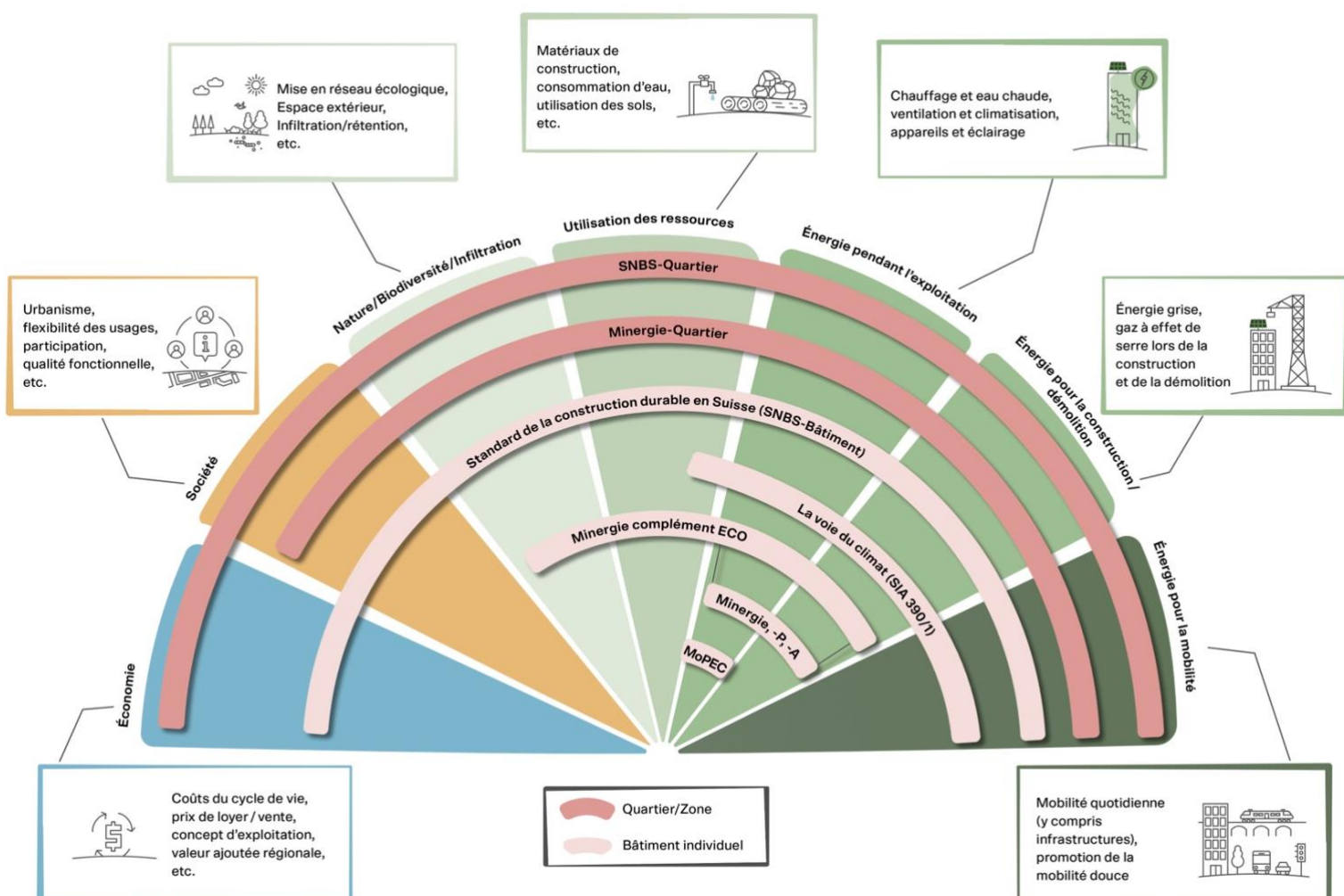


Figure18 : Aperçu des différentes réglementations et normes dans le secteur du bâtiment (source : PLANAR 2024)

Focalisation des prescriptions énergétiques selon le type de réglementation La Confédération et les cantons exigent une réduction substantielle des émissions de gaz à effet de serre lors de la rénovation des bâtiments et des nouvelles constructions, ainsi que dans la mobilité. Les communes sont invitées à appliquer et à mettre en œuvre ces nouveaux objectifs et directives de manière ciblée. Cela peut se faire notamment par le biais de prescriptions énergétiques appropriées dans les plans d'affectation et d'utilisation spéciale. L'objectif de ces prescriptions est divisé en plusieurs domaines :

- Construction : énergie grise pour la construction, la rénovation et la déconstruction
- Exploitation : haute efficacité énergétique des bâtiments (compacité, isolation thermique et ombrage)
- Exploitation : mise à disposition de la chaleur de confort nécessaire (chauffage et eau chaude) et du froid par des sources énergétiques renouvelables
- Exploitation : obligation de raccordement en cas de réseau thermique disponible
- Exploitation : dispositions pour un raccordement ultérieur simplifié (par ex. par une production de chaleur centralisée et une distribution à basse température) en cas de réseau thermique prévu
- Mobilité : limitation et gestion des places de stationnement, parking collectif, places de stationnement pour les vélos, équipement pour la mobilité électrique (stations de recharge, SIA 2060), mesures d'accompagnement

En fonction du type de réglementation, il convient de pondérer différemment l'accent mis par une réglementation sur les thèmes ci-dessus. Quatre types de réglementation sont définis et traités :

- 1 **Nouvelle construction, transformation en utilisation mixte dense** : zones de nouvelle construction et de transformation (autres types d'utilisation, densification) avec utilisation mixte ou pour des utilisations résidentielles avec une densité élevée ; en règle générale, avec une grande aptitude à la mise en réseau thermique ; un développement de la zone a souvent lieu avec des plans d'affectation spéciaux.
- 2 **Nouvelle construction Usages résidentiels de faible densité**
- 3 **Dans le parc immobilier à usage mixte dense** : parc immobilier stable (zones de vieux bâtiments) à usage mixte ou pour des usages résidentiels à haute densité ; généralement avec une grande aptitude pour les réseaux thermiques.
- 4 **Parc des usages résidentiels de faible densité** : parc stable (zones d'habitat ancien) pour des usages résidentiels prédominants de faible à moyenne densité.

Pour les quatre types de réglementation, l'accent principal des prescriptions énergétiques doit être mis sur les points suivants, en tenant compte de l'impact et de la marge de manœuvre :

Type de réglementation		1 Nouvelle construction / transformation, utilisation mixte dense	2 Nouvelle construction résidentielle, faible densité	3 Bâtiments existants, utilisation mixte dense	4 Bâtiments existants résidentiels, faible densité
Domaine					
Construction		++	++	+	+
Exploitation	Efficacité énergétique des bâtiments	+	+	+	+
	Part renouvelable	+	++	+	++
	Obligation de raccordement au réseau disponible	++	–	++	–
	Centrale énergétique en cas de réseau prévu	++	+	++	–
Mobilité		++	++	+	+

Régulation + importantes + particulièrement importantes – généralement sans

Figure 4 : Types de réglementation en fonction du type d'utilisation, de la densité de construction et du type de zone

L'orientation des prescriptions énergétiques doit être différente selon le type de réglementation.

- Le type de réglementation 1 met l'accent sur la construction, la mobilité et la mise en réseau des bâtiments. Les autorités de construction et de planification disposent d'une grande marge de manœuvre dans les nouvelles zones de construction : elles peuvent par exemple imposer des prescriptions énergétiques plus strictes par le biais de plans d'affectation spéciaux ou de contrats. Les réseaux de chaleur de proximité peuvent être mis en place à moindre coût dans les nouvelles constructions, en même temps que la viabilisation, plutôt que dans les zones existantes.
- Le type de réglementation 2 se concentre sur la construction et la mobilité, car l'exploitation des nouveaux bâtiments est déjà très efficace. De plus, les nouveaux bâtiments peuvent être chauffés avec des températures de départ basses, ce qui favorise la chaleur environnementale.
- Les bâtiments du type de réglementation 3 sont souvent des constructions anciennes nécessitant une rénovation. Ici, l'accent est mis sur la décarbonation au moyen d'un réseau thermique et sur l'efficacité de

l'exploitation. Les bâtiments de type 3 se prêtent bien à un réseau thermique, car ils présentent des besoins(s) en chaleur relativement élevés. Il est également important de garantir un site pour une centrale énergétique d'un réseau thermique.

- Le type de régulation 4 se caractérise par une faible densité de la demande de chaleur et, pour cette raison, les bâtiments ne se prêtent souvent pas à un approvisionnement en réseau. C'est pourquoi l'accent est davantage mis sur la décarbonation et les rénovations énergétiques.

9.2.1 Modèle de règlement sélectionné pour les domaines décrits

Les prescriptions énergétiques doivent être en accord avec les bases juridiques cantonales ainsi qu'avec la marge de manœuvre accordée aux communes dans les plans d'affectation et les plans spéciaux. Les dispositions types sélectionnées dans l'étude de base (PLANAR 2017) et dans la pratique pour les domaines décrits sont présentées ci-dessous selon . Pour certaines de ces dispositions types, les bases légales correspondantes font défaut dans certains cantons. Il convient en outre de noter que certains cantons ont élaboré leurs propres dispositions types (p. ex. le canton de Berne). Les dispositions types doivent être orientées vers les objectifs définis par les communes. A cet égard, les labels et normes suisses correspondants conviennent aux objectifs suivants :

Une durabilité étendue

- Minimum SNBS Gold
- SNBS Areal, avec l'exigence que les bâtiments individuels soient certifiés SNBS Gold.

Atteindre la neutralité climatique

- SIA 390/1 (Voie du climat)
- SNBS Gold avec note minimale de 5.0 pour les émissions de gaz à effet de serre, l'énergie pour la construction, l'exploitation et la mobilité
- Site SNBS avec exigence que les bâtiments individuels soient certifiés SNBS Gold avec la note minimale ci-dessus.

Faible énergie de construction et d'exploitation

- Minimum Minergie-P

– Aire Minergie avec bâtiments individuels au moins Minergie-P

Domaine	Dispositions types
Efficacité énergétique incl. Construction grise)	<p>Les nouvelles constructions doivent respecter les valeurs caractéristiques énergétiques en vigueur au moment de la demande de permis de construire, conformément au standard Minergie-P-Eco, dans la mesure où un tel standard est défini pour la catégorie de bâtiment concernée. Si seul le standard Minergie-P ou le standard Minergie-Eco est défini, ces valeurs énergétiques doivent être respectées. En outre, des mesures en faveur d'une desserte de transport respectueuse de l'environnement doivent être présentées dans le cadre d'un concept de mobilité.</p> <p>Les nouvelles constructions doivent respecter les valeurs cibles et les exigences supplémentaires de la trajectoire climatique SIA (SIA 390/1) en vigueur au moment de la demande de permis de construire pour les émissions de gaz à effet de serre. 2, l'énergie primaire totale et l'énergie primaire non renouvelable.</p> <p>Les nouvelles constructions doivent obtenir une certification avec le label SNBS Gold en vigueur au moment de la demande de permis de construire, avec une note minimale de 5 pour les critères 311, 312, 313, 321 et 322. Pour tous les autres critères, les règles de notation SNBS doivent être respectées.</p>
Part renouvelable d'énergie	<p>Les nouvelles constructions et les extensions de constructions existantes (surélévations, annexes) doivent être construites et équipées de manière à ce que les besoins(s) en chaleur pour le chauffage et l'eau chaude soient couverts par des énergies renouvelables.</p>

Domaine	Dispositions types
Obligation de raccordement en cas d'association existante	Les bâtiments chauffés doivent être raccordés au réseau thermique. Des exceptions sont possibles pour les bâtiments dont l'approvisionnement en chaleur présente des avantages écologiques (notamment en termes d'émissions de gaz à effet de serre) par rapport à un raccordement au réseau de chaleur. D'autres exceptions sont possibles s'il peut être prouvé que le raccordement n'est pas économiquement ou techniquement possible.
Centrale de chauffage commune	Les nouvelles constructions et les extensions de bâtiments existants (surélévations, annexes) ainsi que les transformations avec remplacement du chauffage de plusieurs bâtiments voisins doivent être équipées d'une centrale de chauffage commune et des dispositions appropriées doivent être prises pour un raccordement ultérieur à un réseau thermique.
Mobilité, places de stationnement pour les véhicules à moteur	Les places de stationnement pour les voitures de tourisme et les motos doivent être disposées dans des parkings collectifs.
la mobilité, Dispositions annexes	La location d'un logement ne doit pas nécessairement être couplée à la location d'une place de parking. Le loyer pour les cases de stationnement doit au moins couvrir les frais. Les installations de stationnement doivent être équipées de dispositifs de construction pour la réalisation de stations de recharge électrique pour véhicules, facturables individuellement.

Fig. 5 : Dispositions types pour des domaines sélectionnés (selon l'étude de base susmentionnée et PLANAR)

Objectifs climatiques

Outre les prescriptions énergétiques, il existe d'autres prescriptions qui visent l'adaptation au climat. Les mesures d'adaptation au climat, notamment pour la protection contre la chaleur, permettent de minimiser les besoins en énergie pour la climatisation. Ci-dessous sont énumérées quelques prescriptions possibles que la commune peut édicter :

- **Aménagement des environs** : les surfaces environnantes doivent être davantage végétalisées et aménagées de manière à lutter contre la surchauffe.
- **Aération** : l'aération du corps urbain ne doit pas être entravée par les nouvelles constructions afin de ne pas gêner le refroidissement nocturne.
- **Toitures végétalisées** : les toitures avec une couche importante de substrat recouvert de végétation accumulent davantage d'eau de pluie qui, en s'évaporant, assure le refroidissement.
- **Infiltration** : si l'eau de pluie n'est pas directement évacuée dans les égouts, elle reste à la disposition de la végétation et refroidit l'environnement par évaporation.

9.3 Autres instruments de mise en œuvre

Outre les prescriptions énergétiques contraignantes pour les propriétaires fonciers, les communes disposent d'autres instruments pour soutenir efficacement la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

9.3.1 Systèmes d'incitations économiques (mesures d'encouragement)

En ce qui concerne les systèmes d'incitation de l'économie de marché, les communes ont la possibilité de soutenir financièrement des projets énergétiques. Les programmes d'encouragement existants de la Confédération et du canton peuvent être complétés de manière judicieuse et adéquate ou les contributions de ces programmes peuvent être augmentées. La planification énergétique territoriale fournit à cet effet des bases spécifiques au lieu pour l'utilisation des moyens communaux.

Les mesures d'encouragement appropriées pour les communes sont

- Contributions aux études de variantes et de faisabilité
- Organisation de l'approvisionnement simultané, par exemple, d'installations PV, de forages de sondes ou de pompes à chaleur (PAC)
- Projets pilotes et de démonstration (partage des risques)
- Contributions à la rénovation de bâtiments dignes de conservation ou protégés
- Prestations préalables pour la mise en place de réseaux thermiques basés sur des sources énergétiques renouvelables
- Contributions au remplacement des chauffages fossiles par des énergies renouvelables, éventuellement couplées à un plan énergétique, ce qui signifie qu'aucune solution renouvelable individuelle n'est encouragée dans une zone interconnectée.

9.3.2 Soutien à la mise en place de réseaux thermiques et de solutions de chauffage individuelles

La mise en place de nouveaux réseaux thermiques génère souvent un besoin de coordination ou nécessite un initiateur. La commune peut apporter son soutien non seulement pour la mise en place de réseaux thermiques, mais aussi pour la promotion de solutions thermiques individuelles. Le soutien de la commune peut s'appuyer sur ces points :

- Les entreprises communales initient le réseau thermique.
- La commune lance un appel d'offres pour l'approvisionnement du réseau thermique par un fournisseur externe de services énergétiques (EDL).
- Offre de contrat d'exécution pour des solutions individuelles, le contractant se contentant de planifier et de construire le chauffage (par ex. par ses propres usines ou en collaboration avec des EDL externes)
- Information et conseil (voir ci-dessous)

9.3.3 Accords et contrats

Les accords de coopération volontaires entre la commune et d'autres acteurs offrent souvent une alternative flexible et viable aux prescriptions généralement abstraites. Il existe des formes juridiques très diverses pour de tels accords :

- Adaptation de la stratégie du propriétaire/propriétaire d'EDL, si la commune y est associée. Par exemple, un objectif net zéro de l'EDL peut être ancré dans la stratégie de ses propriétaires.
- Contrats de prestations ou contrats de concession avec EDL (voir module 8)
- Contrats d'urbanisme pour la réglementation des tâches d'équipement et d'infrastructure avec les développeurs de sites

- Dispositions contractuelles relatives à l'approvisionnement en chaleur ou aux concepts de mobilité avec les propriétaires fonciers concernés (tels que contrats préliminaires pour les réseaux thermiques, participation des parcelles voisines, solutions de partage pour le stationnement ou les véhicules).
- En fonction du contenu des réglementations, des contrats de droit privé suffisent ou elles nécessitent un ancrage dans le registre foncier (par exemple en cas de pertinence pour le droit de la construction).

9.3.4 Information et conseil

L'acceptation de la mise en œuvre et l'effet des mesures d'encouragement peuvent être augmentés si la planification énergétique territoriale est thématisée publiquement et utilisée comme base des offres de conseil. Pour les campagnes d'information, il convient d'utiliser autant que possible des canaux établis - plateformes d'échange, manifestations et médias.

Les moyens de communication envisageables sont les suivants

- Brochures d'information, dépliants, articles de journaux
- Réunions d'information (avec des témoignages et des spécialistes)
- EnerGIS, systèmes basés sur Internet pour la mise en évidence, à la parcelle près, des énergies renouvelables disponibles (cadastre solaire, géothermie, etc.)
- Conseils en énergie pour les candidats à la construction par l'administration de la construction ou des spécialistes neutres
- Coaching énergétique pendant la planification et la réalisation de projets d'assainissement et de rénovation
- Exposés lors de colloques
- Présence et présence sur des salons commerciaux et immobiliers communaux ou régionaux

Exemple de meilleure pratique : communication coordonnée sur la planification énergétique et la fermeture de gaz

Commune : Thalwil (ZH)

La commune de Thalwil a mis en place une plate-forme d'information numérique afin de communiquer sur les thèmes liés à la planification énergétique. Cette plateforme propose des informations sur les réseaux de chaleur de la commune, sur la fermeture du réseau de gaz et sur les possibilités pour les propriétaires d'utiliser des systèmes de chauffage respectueux du climat avec de la chaleur renouvelable et disponible localement. Les propriétaires fonciers reçoivent des conseils ciblés sur leurs besoins en matière d'approvisionnement en chaleur renouvelable. Les recommandations de la planification énergétique sont présentées de manière claire et compréhensible (EBP 2024a).

Lien : <https://energie.thalwil.ch/fernwarme/>

9.4 Sources

- EBP (2024a) : Recommandations pour la planification énergétique. Exemples de bonnes pratiques. Zurich, Suisse
- Cité de l'énergie (2024) : Processus Cité de l'énergie. Disponible sur : www.energiestadt.ch (consulté le [17.07.2024]).
- PLANAR (2017) : Prescriptions énergétiques dans les plans d'affectation et les plans spéciaux. SuisseEnergie. Berne, Suisse.
- SIA (2017) : Sentier de l'efficacité SIA : SIA 2040:2017. Société suisse des ingénieurs et des architectes. Zurich, Suisse.
- SIA (2025) : SIA 390/1:2025 Chemin climatique - Bilan des gaz à effet de serre sur le cycle de vie des bâtiments. Société suisse des ingénieurs et des architectes. Zurich, Suisse.

Modul 10: Contrôle des résultats

Méthodologie et indicateurs

Le module 10 en bref

Contrôle de l'exécution, des effets et des processus

Afin de pouvoir suivre la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale et de comprendre l'effet des activités mises en œuvre, un contrôle des résultats de la planification énergétique communale est nécessaire. Le contrôle de l'exécution s'occupe de la mise en œuvre en temps voulu des mesures décidées, le contrôle de l'efficacité s'occupe de la réalisation des objectifs prédéfinis et des objectifs intermédiaires. Tous deux s'orientent sur les objectifs, les mesures et les priorités définis dans la planification énergétique. De plus, un contrôle périodique du processus est nécessaire afin d'optimiser les procédures.

Évolution des émissions de gaz à effet de serre dans le domaine de la chaleur

La consommation de chaleur (y compris le mix de sources d'énergie) constitue le point de repère le plus important pour le contrôle de l'efficacité de la planification énergétique territoriale, ainsi que l'énergie finale ou l'énergie primaire nécessaire à cet effet, avec les émissions de gaz à effet de serre correspondantes. Le choix de l'instrument d'évaluation est décisif pour le contrôle des effets. Pour tous les indicateurs, il doit y avoir un lien avec la réalisation des objectifs et la trajectoire de réduction définie au préalable. Les objectifs actuels de la société à 2000 watts, de la loi sur le climat et l'innovation et du standard pour les bâtiments doivent être utilisés comme base.

Informations complémentaires et liens

- Standard de construction SuisseEnergie
- Annexe séparée pour les modules 1 à 10

10.1 Objectifs d'impact de la planification énergétique territoriale

La planification énergétique territoriale se concentre en priorité sur l'approvisionnement en chaleur et en froid. Dans cette mesure, le contrôle des effets doit également être orienté vers les objectifs et les mesures correspondants.

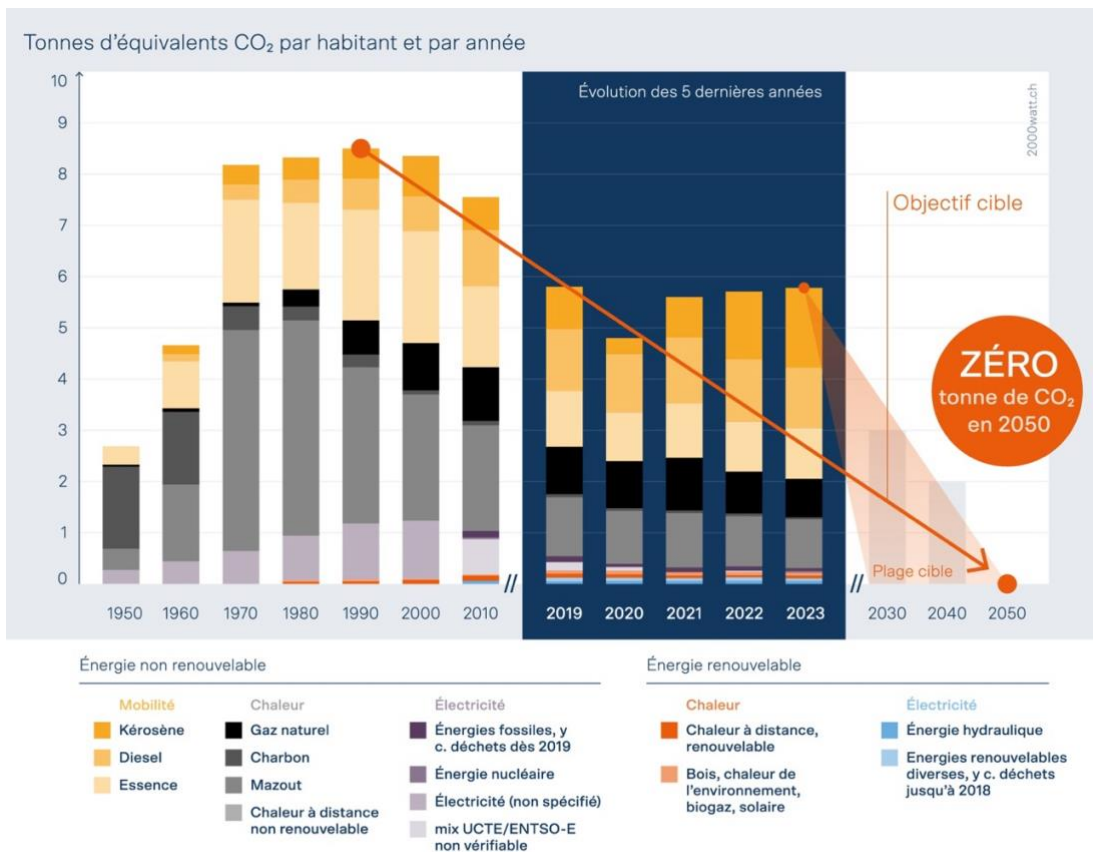
L'un des objectifs généraux est l'objectif net zéro d'ici 2050, inscrit dans la loi sur le climat et l'innovation :

- Net 0 tonne d'émissions de gaz à effet de serre par habitant et par an provenant des applications énergétiques.

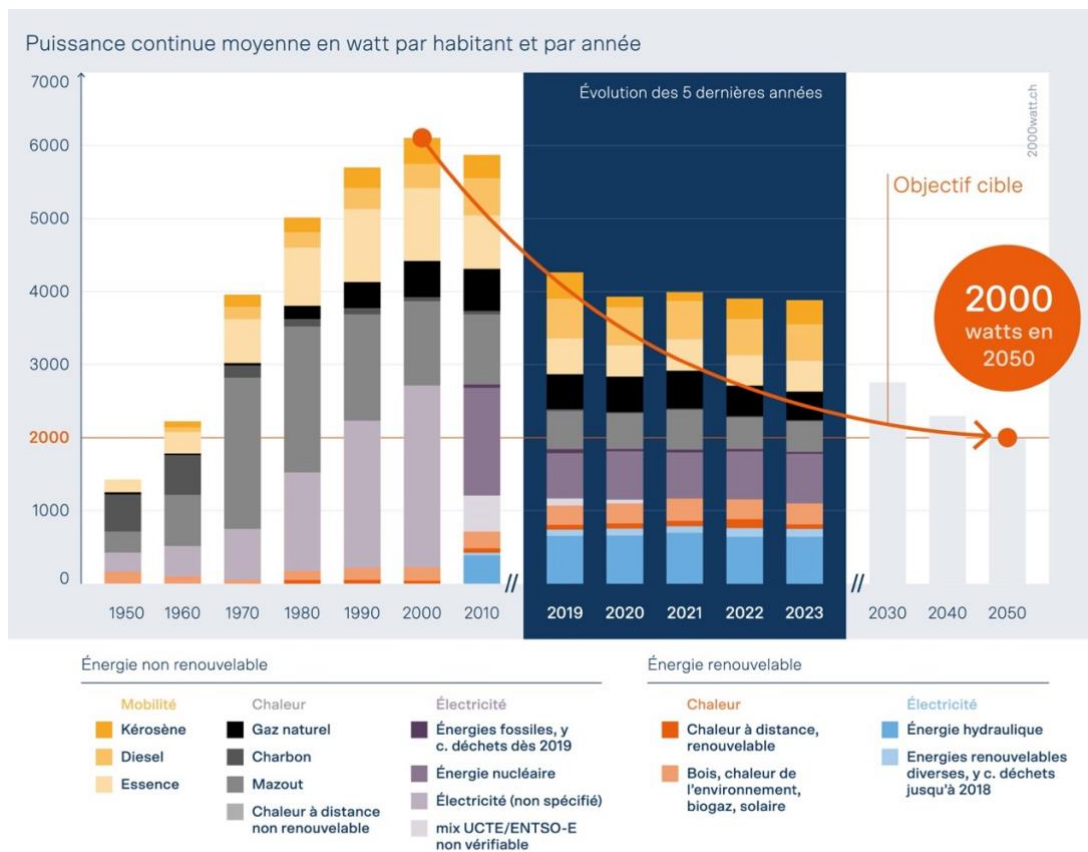
Outre cet objectif national "net zero", des objectifs cantonaux et communaux doivent également être pris en compte. La Stratégie chaleur 2050 concrétise cet objectif climatique global et le rapporte spécifiquement au domaine de la chaleur.

- Conformément à la stratégie thermique 2050 de la Confédération, l'approvisionnement en chaleur doit être orienté de la manière suivante : Le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire sont exclusivement produits à partir d'énergies renouvelables.
- En 2050, les bâtiments auront été rénovés sur le plan énergétique et seront exploités de manière efficace et intelligente.

Un autre aspect important est la suffisance, c'est-à-dire la réduction des besoins en énergie. Ce thème est repris par la société à 2000 watts.



Source : Statistique globale de l'énergie CH, recommandation KBOB, Principes directeurs Société à 2000 watts (2020), marquage-electricite.ch



Source : Statistique globale de l'énergie CH, recommandation KBOB, Principes directeurs Société à 2000 watts (2020), marquage-electricite.ch

Figure19 : Trajectoires d'énergie primaire et d'émissions de gaz à effet de serre (société à 2000 watts 2020)

Pour contrôler l'efficacité de la planification énergétique territoriale, il est recommandé de définir, en plus de cet objectif, des objectifs intermédiaires communaux (par exemple pour 2030 et 2040) ainsi que des sous-objectifs pour le secteur du chauffage. Des indicateurs appropriés doivent être attribués à ces sous-objectifs, qui peuvent être saisis à un coût raisonnable.

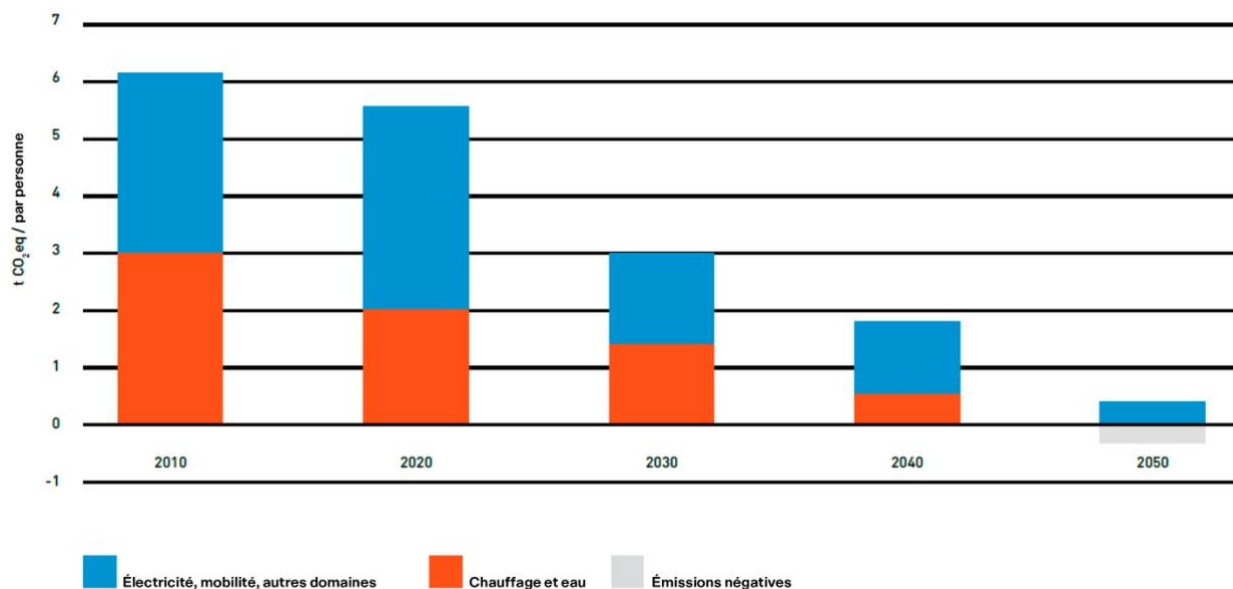


Figure20 : Objectifs intermédiaires / sous-objectifs visualisés pour le domaine de la chaleur ; les objectifs globaux pour 2050 sont fixés dans le concept directeur pour la société à 2000 watts (voir ci-dessus).

Les objectifs intermédiaires communaux tiennent compte des valeurs de départ actuelles (en ce qui concerne l'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre des domaines courant, mobilité et chaleur) et sont orientés vers les objectifs communaux. Le cas échéant, il est judicieux de fixer en plus des objectifs de mise en œuvre spécifiquement pour les mesures dans le domaine de la chaleur avec une subdivision entre les bâtiments publics et l'ensemble du territoire communal. Cela permet de tenir compte de la marge de manœuvre différente des communes dans ces deux sous-domaines.

10.2 Méthodologie du contrôle des résultats

Le succès de la planification énergétique territoriale ne se mesure pas uniquement à l'effet de réduction quantifiable. Le contrôle s'effectue à trois niveaux différents

Un contrôle fiable des résultats de la planification énergétique territoriale implique l'observation continue du processus de mise en œuvre, l'évaluation et la vérification de la structure organisationnelle, des prestations effectuées ainsi que des effets quantitativement mesurables (voir figure 3) :

- Le contrôle périodique des processus vérifie la procédure, l'organisation et la structuration de la mise en œuvre.
- Le contrôle permanent de l'exécution vérifie que les mesures et les activités sont mises en œuvre dans les délais et détermine les mesures supplémentaires à prendre si la mise en œuvre stagne.
- En revanche, le contrôle d'efficacité évalue la réalisation des objectifs sur la base de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre économisées.

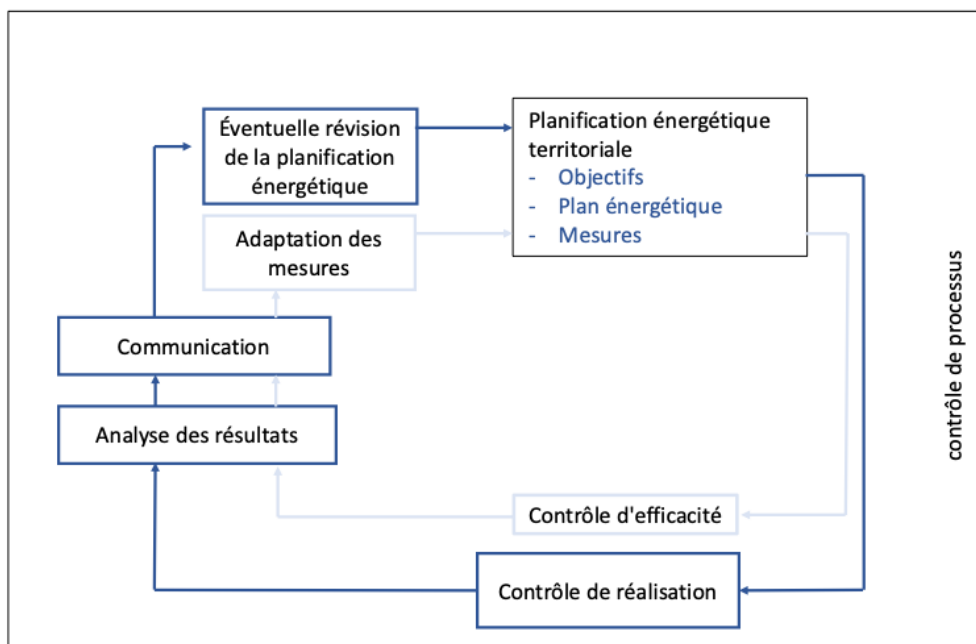


Figure21 : Déroulement du contrôle des résultats et des processus

Le contrôle des résultats (contrôle du processus, de l'exécution et de l'impact) est généralement effectué par une commission environnementale ou énergétique dans laquelle tous les acteurs pertinents sont représentés. Il s'agit souvent de la même commission qui accompagne également le processus Cité de l'énergie ou, en tant que commission d'accompagnement technique, le processus de planification énergétique.

10.2.1 Contrôle des processus : cadre et organisation

Le contrôle des processus montre si les conditions générales nécessaires à l'élaboration et à la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale sont réunies. Ce contrôle de processus a lieu la plupart du temps dans le cadre de l'élaboration de la planification énergétique territoriale ou périodiquement avec l'examen de la politique énergétique communale par le programme "Label Cité de l'énergie" (SuisseEnergie 2024b).

10.2.1.1 Liste de contrôle pour le contrôle des processus

La liste de contrôle comprend les responsabilités définies, les ressources libérées ainsi que la communication :

- Les décideurs importants sont-ils impliqués dans la procédure ?
- Les ressources en personnel sont-elles suffisantes pour l'élaboration du plan énergétique et le processus de mise en œuvre ?
- Les responsabilités sont-elles clairement définies et communiquées ?
- Les ressources financières sont-elles suffisantes pour l'élaboration et la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale ?
- Les responsabilités en matière de contrôle de l'impact de la mise en œuvre sont-elles définies ?
- Des ressources suffisantes sont-elles prévues pour le suivi de l'impact ?
- Une information et une communication complètes et ciblées sur les résultats sont-elles prévues ?

10.2.2 Contrôle de l'exécution : état de la mise en œuvre des mesures

Le contrôle de l'exécution vérifie périodiquement (au moins une fois par an) la mise en œuvre des mesures (voir module 9 "Mise en œuvre, réglementation énergétique") dans le domaine de l'énergie. Ces mesures comprennent notamment les mesures définies dans la planification énergétique ou dans le programme d'activités de Cité de l'énergie ou dans des plans climatiques séparés (réduction des émissions de gaz à effet de serre dans tous les domaines et adaptation au changement climatique).

L'état et l'avancement de la mise en œuvre des mesures peuvent être facilement signalés par un système de feux de signalisation :

- **vert** désigne toutes les mesures qui sont mises en œuvre conformément à la planification.
- **en jaune**, les mesures dont la mise en œuvre est en retard sont signalées
- **en rouge**, les mesures dont la mise en œuvre a pris beaucoup de retard sont signalées.

Les résultats doivent être communiqués au moins une fois par an aux responsables (chefs de service et organes politiques) et être rendus publics sous une forme appropriée.

Exemple de bonne pratique : la planification énergétique en tant que "planification continue".

Commune : Birsfelden (BL)

La commune de Birsfelden adapte continuellement sa planification énergétique en tenant compte régulièrement des nouvelles connaissances et des progrès réalisés dans le développement des réseaux de chaleur. Un groupe de travail composé de représentants de l'administration communale, du conseil municipal et des fournisseurs d'énergie se réunit quatre fois par an afin de coordonner ces efforts. Cette approche dynamique permet de réagir de manière flexible aux développements actuels et assure une planification efficace (EBP 2024a).

10.2.3 Exigences relatives à un instrument d'évaluation

Le contrôle des effets s'effectue idéalement à l'aide d'un instrument qui standardise autant que possible la saisie, l'entrée et l'évaluation. L'instrument d'évaluation doit contenir les éléments suivants :

- Indicateurs et trajectoires cibles
- Cycles d'évaluation
- Valeurs de saisie (y compris l'unité de mesure)
- Sources, liens et outils pour l'obtention de données
- Évaluation graphique

Il est important de bien documenter ce processus afin de pouvoir toujours procéder de la même manière et de comprendre les valeurs obtenues.

10.2.4 Contrôle de l'impact : consommation d'énergie

Le contrôle d'efficacité saisit l'évolution de l'énergie finale et donc aussi de l'énergie primaire et des émissions de gaz à effet de serre. Ceci dans le sens d'un bilan global de l'utilisation de l'énergie, au niveau des différents champs d'action (p. ex. réseaux de chaleur ou bâtiments communaux) et par rapport à des indicateurs individuels particulièrement pertinents (p. ex. chaleur environnementale). Ces indicateurs doivent être orientés vers les objectifs intermédiaires et les sous-objectifs communaux et pouvoir être mesurés et saisis à un coût raisonnable (Tableau 6).

Le bilan lié au contrôle des effets doit toujours être établi avec la même méthode, afin de pouvoir montrer une évolution pertinente. Il est recommandé de procéder à un bilan global (voir ci-dessous).

Le contrôle d'efficacité est effectué périodiquement à intervalles égaux. Il doit être effectué au moins tous les 4 ans (ré-audits, législature) ; dans les grandes communes, certains indicateurs, tels que le nombre de raccordements au réseau thermique ou le nombre de nouvelles pompes à chaleur (PAC), sont souvent calculés chaque année.

10.2.5 Indicateurs (liste non exhaustive)

Développement de l'ensemble du territoire communal

Consommation finale d'énergie	Total et par habitant (combustibles fossiles, énergies renouvelables, pour l'approvisionnement en chaleur résiduelle, électricité à des fins de chauffage)
Besoin en énergie primaire	Total et par habitant (conversion à partir de la demande d'énergie finale)
Émissions de gaz à effet de serre	Total et par habitant (conversion à partir de la demande d'énergie finale)

pour les contrôles annuels, des indicateurs plus simples à collecter

Nombre ou puissance des chauffages fossiles	A partir du cadastre des foyers
Quantité de gaz vendue	Par habitant (par fournisseur de gaz ; total et part de biogaz/gaz synthétique)
Quantité vendue de chauffage/froid urbain	Total et nombre de raccordements (par les exploitants de réseaux thermiques ; total et part de chaleur résiduelle renouvelable/ fossile)
Nombre de chauffages électriques	Fournisseur d'électricité ou registre des bâtiments et des logements
Nombre de CECB	Total des autorisations
Nombre de rénovations énergétiques	Total des autorisations
Nombre de remplacements de chauffage	Rapport remplacement fossile/renouvelable

Développement des bâtiments communaux

Consommation finale d'énergie	Combustibles fossiles, énergies renouvelables, chaleur résiduelle, courant à des fins thermiques
Indice énergétique	Énergie finale chaleur par surface de référence énergétique pour des catégories de bâtiments sélectionnées
Consommation électrique	Énergie finale courant, électricité par surface de référence énergétique

Tableau6 : Indicateurs de suivi des effets

D'autres indicateurs sont décrits dans le catalogue de la Cité de l'énergie et sur <https://www.local-energy.swiss/>.

10.2.6 Bilan global

Dans l'idéal, un bilan global de l'utilisation de l'énergie sur le territoire communal est également établi et comparé avec les valeurs et les trajectoires cibles. Pour ce faire, la consommation d'énergie finale de l'approvisionnement en chaleur est complétée par les autres domaines d'utilisation de l'énergie (mobilité, électricité, etc.). Pour déterminer l'énergie primaire et les gaz climatiques, il est possible d'utiliser, à partir de l'énergie finale, des facteurs de conversion pour les besoins en énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre (voir module 3 "Demande d'énergie").

10.2.7 Représentation visuelle

Les indicateurs sélectionnés peuvent être visualisés sur un axe temporel, saisis et comparés à d'éventuelles valeurs cibles. Leur évolution peut être illustrée par un graphique. Il est ainsi possible de vérifier de manière simple et compréhensible si la commune se trouve sur la trajectoire cible définie.

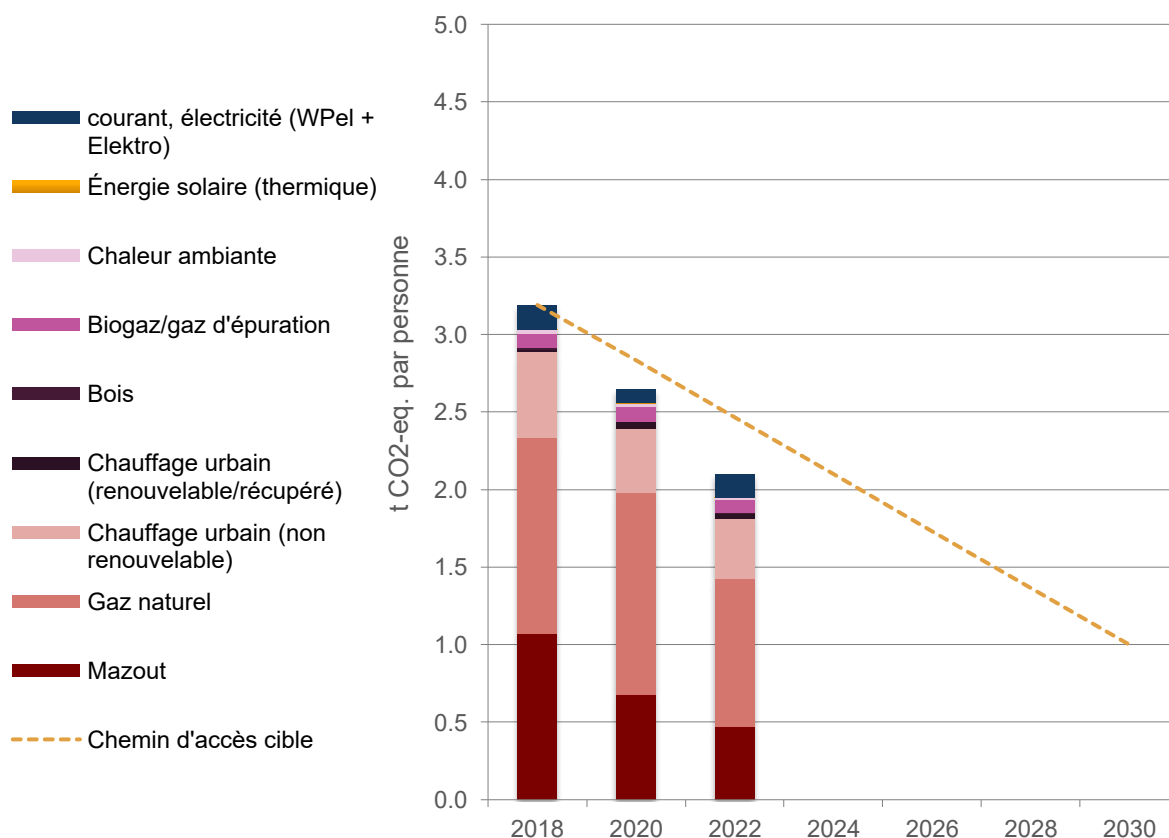


Figure22 : Contrôle d'impact des émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage par rapport à la trajectoire cible. Exemple de commune

10.2.8 Instruments de contrôle disponibles

Des instruments auxiliaires sont disponibles pour le contrôle des résultats. Les coûts dépendent souvent de la taille de la commune. Certains de ces instruments sont (partiellement) financés par le canton. Il existe également des offres de la Confédération.

10.2.9 Commande de processus

Les processus classiques de gestion de la qualité, qui établissent un cycle continu d'objectifs - mesures - vérification - adaptation, sont adaptés au pilotage des processus. Le processus Cité de l'énergie, qui comprend un comité de suivi, un programme d'activités approuvé et un accompagnement externe, en fait également partie. Toutes les parties prenantes, telles que les fournisseurs de gaz, de chauffage à distance et d'énergie, les représentants politiques et administratifs de la commune, les responsables de la communication et les représentants des intérêts locaux, doivent être impliquées dans le pilotage du processus.

Cité de l'énergie : un programme complet

Le programme Cité de l'énergie permet de prendre en compte l'ensemble de la politique énergétique composée des domaines "planification du développement", "bâtiments et installations communales", "approvisionnement et élimination" et "mobilité" ainsi que "organisation interne" et "communication/coopération".

Une planification des mesures est conçue pour des objectifs intermédiaires, contient des dates de mise en œuvre pour chaque mesure et les responsabilités correspondantes. Elle est liée à une planification financière et est actualisée au moins une fois par an (dans le cadre du contrôle de l'exécution). Pour les tâches suivantes lors de la mise en œuvre des mesures, il convient de définir des responsabilités et de les ancrer dans les descriptions de poste des personnes concernées :

- pour la conduite de l'ensemble du processus de lié à l'énergie
- pour la coordination des différents acteurs dans le domaine de la chaleur
- pour la mise en œuvre de toutes les mesures définies dans le cadre de la planification énergétique territoriale, y compris leurs adaptations à l'évolution des conditions générales
- pour le suivi des indicateurs : qui fournit les données pour les indicateurs, à qui et à quel moment, qui fait l'évaluation
- pour le reporting

La réglementation de la répartition des tâches entre la commune et les fournisseurs d'énergie pour la mise en œuvre crée un cadre clair, des obligations et une orientation. La procédure plus précise à cet effet est décrite dans le module 8.

10.2.10 Communication et rapports

Les points clés pour le reporting sur la mise en œuvre de la planification énergétique territoriale et la communication associée doivent être définis au début du processus. Ces points clés incluent les objectifs de communication, les groupes cibles, la périodicité, les canaux, les expéditeurs et les personnes responsables.

Les objectifs nécessaires pour le reporting et la communication sont :

- Les informations et les données du monitoring sont mises à disposition.
- Information périodique des responsables politiques sur la mise en œuvre des mesures dans les délais et sur le degré de réalisation des objectifs
- Informer le public sur l'état de réalisation des objectifs. Cela permet d'établir la confiance, de motiver les activités propres et de préparer d'éventuelles décisions par le corps électoral.

– Information de la clientèle concernée par les changements

Canaux possibles pour le reporting

- Communiqués de presse
- Rapports annuel
- Rapports de législature (rapport environnemental)
- Bulletin d'information
- Site web de l'EAE/de la commune
- Rapport d'évaluation

Le choix des canaux utilisés doit être adapté au public cible, car les différents canaux s'adressent à des groupes cibles différents. Les différents groupes cibles exigent à leur tour des périodicités et des expéditeurs parfois différents pour le reporting. Pour le travail de relations publiques, la commune est l'expéditeur idéal. Pour le reporting à l'attention de la direction politique et administrative, l'expéditeur est celui qui établit les données.

Rapports	Annuellement		Tous les 4 ans	
Groupe cible	Etat de la mise en œuvre des mesures (contrôle de l'exécution)	Réalisations, tâches ouvertes, formation d'opinion et champs d'action	Niveau de réalisation des objectifs (contrôle des effets)	Information à long terme et à plusieurs niveaux
de direction politique Implication large et à plusieurs niveaux de – autorités (commissions), – Parlement, – membres de l'exécutif, – des politiciens individuels avec des tâches clés	X		X	
Services administratifs avec compétences et tâches clés dans le processus de mise en œuvre (Bâtiment et génie civil, Conférence des chefs de service (direction), secrétaire communal, services industriels)	X		X	
Principales parties prenantes Fournisseurs actifs de chaleur, installateurs, investisseurs		X	X	
Le grand public pour ce groupe cible, une délimitation précise de la communication joue un rôle très important.		X	X	
La clientèle concernée par les modifications (de la distribution de gaz ou de réseaux thermiques)			X	X

Tableau7 : Rapports par groupe cible

10.3 Sources

- Société à 2000 watts (2020) : Concept directeur pour la société à 2000 watts, SuisseEnergie, disponible sur : <https://www.local-energy.swiss/programme/2000-watt-gesellschaft.html#/> (consulté le [17.07.2024]).
- EBP (2024a) : Recommandations pour la planification énergétique. Exemples de bonnes pratiques. Zurich, Suisse.
- SuisseEnergie (2024b) : Redémarrage de la Cité de l'énergie. Disponible sur : <https://www.local-energy.swiss/neustart-energiestadt.html#/> (consulté le [17.07.2024]).
- SuisseEnergie (2024c) : Calculateur d'énergie et de climat. Disponible sur : <https://www.local-energy.swiss/arbeitsbereich/netto-null-2000-watt-pro/werkzeuge-und-instrumente/energie-und-klima-kalkulator.html#/> (consulté le [17.07.2024]).