

Informations pour les collectivités publiques et spécialistes

# Planification énergétique territoriale

Outils pour un approvisionnement en chaleur  
et en froid tourné vers l'avenir

Module 1 : But et signification

Module 2 : Procédure

Module 3 : Demande en énergie

Module 4 : Potentiel énergétique

**Module 5 : Production  
de chaleur**  
Domaines d'application et  
valeurs de référence

Module 6 : Réseaux de chaleur

Module 7 : Mise en oeuvre

Module 8 : Contrôle des résultats

Module 9 : Concession EAE

Module 10 : Stratégie gaz

Etat: Décembre 2019

## Module 5 en bref

### Types d'installations de production de chaleur

Au regard de l'application, de l'utilisation et de l'impact environnemental, les installations de production de chaleur se différencient comme suit :

- Les installations de combustion
- Les pompes à chaleur
- Les couplages chaleur-force
- L'utilisation de l'énergie solaire

### Approvisionnement de chaleur par un réseau

Dans les zones avec des besoins de chaleur élevés, les installations de production de chaleur, tels que les couplages chaleur-force, les centrales de chauffage au bois et les systèmes de pompes à chaleur à plusieurs paliers, peuvent être conçus de façon d'autant plus rationnelle et rentable qu'ils sont centralisés et combinés à un réseau de chaleur à distance ou de proximité. Les installations peuvent aussi être combinées à des systèmes bivalents. Dans les zones ayant également des besoins de froid, les réseaux thermiques qui offrent un approvisionnement simultané de chaleur et de froid sont particulièrement intéressants du point de vue de l'efficacité énergétique et de la rentabilité économique.

### Informations complémentaires et liens

- Réseaux de chaleur, Module 6
- Annexe aux modules 1 à 10

# Types de production de chaleur

**En ce qui concerne l’approvisionnement en chaleur, la diversité se manifeste non seulement au niveau des ressources énergétiques, mais également des types de production de chaleur. La planification énergétique territoriale encourage l’utilisation des rejets de chaleur et le recours aux énergies renouvelables.**

Le domaine d’utilisation prévu est un paramètre important dans le choix du type de production de chaleur (tableau 1). Par ailleurs, différents types d’installations peuvent être combinés, chacun devenant un composant du système de production de chaleur :

- Production de chaleur par combustion : la combustion de bois et de combustibles fossiles produit des températures très élevées.
- Récupération de chaleur de procédés : utilisation de la chaleur fatale à haute ou basse température.
- Transformation de chaleur à basse température : utilisation de la chaleur ambiante à l’aide de pompes à chaleur et du rayonnement solaire à l’aide d’installations solaires thermiques.
- Le chauffage avec des plaquettes forestières convient plutôt aux bâtiments résidentiels collectifs ou aux bâtiments scolaires ; quant aux immeubles plus petits ou aux maisons individuels, il est conseillé d’opter pour des chaudières automatiques à pellets.
- La combustion est neutre en CO<sub>2</sub> ; mais elle émet d’autres polluants atmosphériques – des particules fines, de l’oxyde d’azote (NOx) et du monoxyde de carbone (CO). Dans ces circonstances, il convient d’éviter les régions déjà fortement polluées.
- Le potentiel de bois-énergie n’est globalement pas encore épuisé ; mais les réserves disponibles sont différentes d’une région à l’autre. Le recours au bois-énergie est un élément d’une exploitation durable de la forêt. En outre, cela peut permettre d’augmenter la création de valeur régionale. Il faut cependant toujours donner la priorité à la valorisation matière du bois sur la valorisation énergétique.

## LES INSTALLATIONS DE COMBUSTION

La combustion de combustibles tels que le bois-énergie – bûches, plaquettes ou pellets – ainsi que le mazout, le gaz naturel ou le biogaz, permettent de produire de la chaleur. Celle-ci est utilisée pour les installations de chauffage et d’eau chaude sanitaire ou pour des procédés industriels à haute température.

### Combustion du bois

Dans le cadre de la planification énergétique territoriale, on s’intéresse surtout aux chaudières bois et aux installations de chauffage à plaquette servant à approvisionner les réseaux de chauffage à distance et de proximité alimentés par du bois renouvelable. L’exploitation des grandes centrales de chauffage au bois est plus efficace et moins polluante que celle de centrales de moindre importance. Il est, à cet égard, essentiel de dimensionner correctement les installations (voir le manuel de planification QM Chauffages au bois) :

- Le domaine d’application optimal du chauffage au bois est pour l’approvisionnement en chaleur (chauffage, eau chaude) d’immeubles existants mal isolés.

### Combustion fossile

Le chauffage au mazout ou au gaz naturel doit dorénavant être réservé à la production de chaleur à haute température ou pour offrir une redondance et couvrir des pointes de charge. En raison du taux élevé d’émissions de CO<sub>2</sub>, la combustion fossile doit être réservée à des usages particuliers, tels que les procédés à haute température. Les techniques de combustion ont été constamment améliorées ces dernières années. L’efficacité a augmenté grâce à une meilleure récupération de la chaleur des fumées avec des chaudières à condensation.

#### Couplage chaleur-force

Étant donné que la production d’électricité dans une centrale à bois génère de grandes quantités de chaleur qui doivent être valorisées à proximité, il existe peu d’endroits où les conditions sont propices à leur implantation avec un fonctionnement économiquement intéressant.

## PRODUCTION DE CHALEUR À HAUTE TEMPÉRATURE

Combustibles	Domaine d'utilisation	Caractéristiques en vue de la planification	Emissions
<b>Plaquettes forestières</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centrale de chauffage avec réseau de chaleur (de 150 kW à 10 MW) et procédés thermiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenu énergétique : 500 à 1100 kWh/m<sup>3</sup>pl</li> <li>Installations à faible variabilité de puissance</li> <li>Souvent, systèmes bivalents avec chaudières à mazout ou à gaz</li> <li>Installations réalisées avec stockage et généralement avec un séparateur de particules fines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combustion neutre en CO<sub>2</sub> (22 g/kWh)</li> </ul>
<b>Pellets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En principe maisons individuelles et immeubles locatifs (15 à 70 kW)</li> <li>Centrales avec réseau de chaleur (jusqu'à 1 MW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenu énergétique : env. 3300 kWh/m<sup>3</sup>pl</li> <li>Volumes de stockage moindres par rapport aux plaquettes forestières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combustion quasi-neutre en CO<sub>2</sub> (40 g/kWh)</li> </ul>
<b>Combustibles fossiles (mazout et gaz naturel)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Couverture des pointes et secours d'approvisionnement dans le réseau de chaleur</li> <li>Procédés thermiques dans l'industrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficacité élevée grâce à la technique de condensation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissions de CO<sub>2</sub> élevées : gaz nat. 248 g/kWh, biogaz 140 g/kWh, mazout 324 g/kWh</li> </ul>

Tableau 1 : Production d'énergie avec combustion du bois et combustions fossiles (équivalence CO<sub>2</sub> de Treeze 2017)

## POMPES À CHALEUR

Les pompes à chaleur exploitent les potentiels énergétiques à un bas niveau de température. Ce type de production d'énergie est intéressant en matière de planification territoriale, en raison de la disponibilité de sources de chaleur ne pouvant être utilisées qu'à l'endroit d'où elles émanent – géothermie, eaux souterraines et de surface. De plus, les rejets de chaleur, provenant par exemple des eaux usées, peuvent aussi être utilisés pour le chauffage. Pour garantir une exploitation efficace des pompes à chaleur, il convient de porter une attention particulière à la qualité de la source de chaleur et à l'usage prévu (tableau 2, page 4). En effet, plus la différence de température entre la source d'énergie et le système de chauffage est faible, moins il faut apporter d'énergie (électricité, gaz naturel ou biogaz) pour faire fonctionner la pompe.

- Les pompes à chaleur conviennent à la production de chaleur ambiante dans les nouvelles constructions ou les constructions anciennes rénovées du point de vue énergétique, capables de fonctionner à de basses températures d'entrée dans le circuit de chauffage (chauffages au sol).

- Dans un réseau de chaleur de proximité ou pour la production d'eau chaude, il est préférable pour des questions d'efficacité de recourir à des pompes à chaleur connectées en série ou des pompes à chaleur dotées de compresseurs bi-étagés (y c. couvertures des pointes de charge, systèmes bivalents).
- Les pompes à chaleur qui tirent leur énergie du sol, des eaux souterraines ou des eaux usées, peuvent aussi être utilisées durant la période estivale pour refroidir les immeubles. Le refroidissement actif et passif gagne en importance, en raison des charges thermiques internes plus élevées, d'une meilleure étanchéité à l'air des façades et des exigences croissantes en matière de confort.

### Efficacité et coefficient de performance annuel

L'unité utilisée pour mesurer l'efficacité d'une installation de pompe à chaleur est le coefficient de performance annuel (COP). Il indique le rapport entre l'énergie utile (en l'occurrence le chauffage) et l'apport d'énergie utilisé par le compresseur. Pour atteindre un rendement de fonctionnement élevé, il suffit que la température de départ du système de chauffage soit la plus basse possible et que la source de chaleur affiche en permanence des températures élevées durant les mois d'hiver (Figure 1, différence de température maximale idéalement entre 20 K et 30 K).

### Coefficient de performance d'une pompe à chaleur par rapport à l'augmentation de température

Coefficient de performance[-]

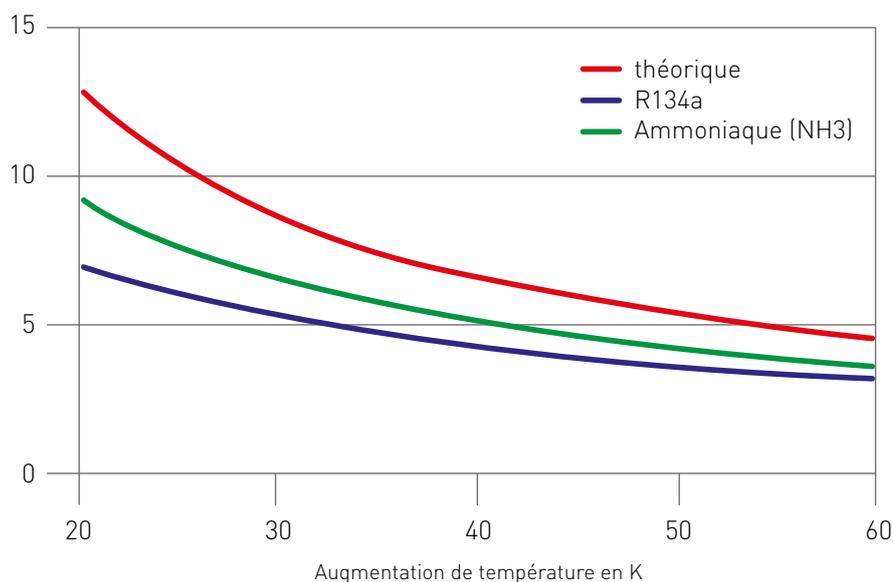


Figure 1 : Dépendance du coefficient de performance annuel (COP Coefficient Of Performance) d'une pompe à chaleur par rapport à l'augmentation de température et le fluide réfrigérant (Erb 2009)

### COUPLAGES CHALEUR-FORCE

Les installations de couplage chaleur-force (CCF) produisent du courant par le biais d'un processus de combustion, tout en fournissant des rejets de chaleur utilisables. L'exploitation d'un CCF suivant les besoins de chaleur est surtout intéressante en hiver, lorsque la demande simultanée en électricité et en chaleur est la plus

élevée. Les installations CCF sont particulièrement adaptées à l'approvisionnement de base dans les réseaux de chaleur et pour couvrir le ruban des grands consommateurs pendant toute l'année (Tableau 3). Une utilisation rationnelle correspond à un nombre élevé d'heures d'exploitation (4000 h/a).

## DOMAINES D'UTILISATION POUR DES POMPES À CHALEUR ET DES INSTALLATIONS CCF

Sources de chaleur	Domaine d'utilisation
<b>Eaux usées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Judicieux à partir d'une puissance calorifique de 150 kW (bivalent)</li> <li>Utilisation des rejets de chaleur d'eaux usées traitées ou brutes si la production est régulière (au min. 15 l/s) et le refroidissement maximum autorisé à l'entrée de la station d'épuration est respecté</li> </ul>
<b>Géothermie peu profonde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Système très efficace le plus souvent ; Régénération des sondes géothermiques conseillée (stockage saisonnier)</li> <li>Sondes géothermiques uniquement en dehors des gisements d'eaux souterraines et des zones karstiques (autorisation cantonale nécessaire)</li> </ul>
<b>Eau potable, de source ou souterraine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Judicieux à partir d'une puissance calorifique de 20 kW (observer les prescriptions cantonales concernant la puissance minimale)</li> <li>Captages seulement en présence de concessions cantonales</li> </ul>
<b>Eau de surface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Judicieux à partir d'une puissance calorifique de 20 kW (respecter les prescriptions des cantons en ce qui concerne les puissances minimales)</li> <li>Ouverture de captage uniquement avec une concession cantonale</li> </ul>
<b>Air ambiant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uniquement judicieux pour de petites installations (températures extérieures basses durant la période de chauffage ; les PAC air-eau ont des COP plus faible ; faire attention aux nuisances sonores)</li> </ul>

Tableau 2 : Différents domaines d'utilisation des sources de chaleur par des pompes à chaleur

Installations CCF	Combustible	Utilisations possibles
<b>Centrale thermique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbines à vapeur avec gaz naturel, mazout, déchets, bois-énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centrale thermique au bois avec réseau de chaleur à distance</li> <li>Utilisation des rejets de chaleur des usines d'incinération des ordures ménagères</li> </ul>
<b>Production combinée de chaleur et d'électricité (CHP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbine à gaz avec gaz naturel, gaz liquide</li> <li>Moteur à combustion avec gaz, biogaz, biocarburant, mazout</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réseau de chaleur de proximité, notamment pour les quartiers résidentiels</li> <li>Procédés thermiques industriels (évent. en combinaison avec un groupe d'électricité de secours)</li> <li>Bâtiments individuels plus grands</li> </ul>

Tableau 3 : Domaines d'utilisation des installations CCF



### Glossaire

#### Systèmes mono et bivalents :

Les systèmes de production de chaleur se différencient par le nombre d'unités de production utilisées. Si un système doit fournir la puissance de chauffage nécessaire dans toutes les conditions de fonctionnement possibles, on parle alors de systèmes monovalents. Quant aux systèmes bivalents, ils bénéficient de l'apport de générateurs supplémentaires ou en parallèle pour couvrir les charges de pointe.

## UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire peut servir à la production de chaleur à l'aide de capteurs solaires installés sur un toit ou sur une façade d'immeuble. La chaleur obtenue peut être valorisée pour les utilisations suivantes :

- Préparation d'eau chaude sanitaire : Indépendamment du niveau d'isolation du bâtiment, la préparation de l'eau chaude sanitaire peut être réalisée à partir de capteurs solaires. Il est conseillé d'installer une deuxième source de chaleur en hiver afin d'assurer une couverture des besoins toute l'année.
- La régénération de sondes géothermiques (comme stockage saisonnier) : Grâce à la régénération des sondes géothermiques en été, d'une part les températures obtenues en hiver avec les sondes peuvent être augmentées, d'autre part le refroidissement du sol au cours des années d'exploitation peut être évité.
- Complément de chauffage : L'utilisation d'une installation solaire – associée à un stockage de taille importante – pour un complément au chauffage est particulièrement intéressante pour les bâtiments bien isolés. L'utilisation de l'énergie solaire à des fins de chauffage peut se combiner avec de nombreuses autres sources : les pellets de bois (grande installation), les bûches de bois (petite installation), ou bien le gaz et le biogaz (très grande installation). Le rendement peut être optimisé grâce à une faible température opérationnelle.
- Approvisionnement estival d'un réseau de chaleur de proximité : L'intégration de capteurs solaires dans un réseau de chaleur de proximité permet de remplacer entièrement les systèmes de chauffage principaux pendant les mois d'été.

Selon l'exposition des capteurs (angle d'inclinaison et orientation) et l'irradiation solaire du lieu, différents niveaux de rendement énergétique peuvent être atteints (voir Figure 2).

- L'irradiation solaire du lieu dépend de la position du soleil, des conditions météorologiques, de l'altitude et de la pollution atmosphérique. En Suisse, les zones à basse altitude avec beaucoup de brouillard et de nuages sont celles qui reçoivent le moins d'ensoleillement, et la zone alpine à haute altitude est celle qui en reçoit le plus.
- Selon le type d'installation, 1/3 à 2/3 de l'irradiation solaire incidente peut être utilisée pour la production de chaleur.

### Surface nécessaire pour capteurs solaires

Indépendamment du lieu en Suisse, 1 à 1,5 m<sup>2</sup> de surface couverte par des capteurs permettent de couvrir jusqu'à 70 % des besoins annuels en eau chaude sanitaire d'une personne. Cela correspond à une production annuelle de 400 à 500 kWh/m<sup>2</sup>. Si le chauffage doit également être en partie fourni, une surface beaucoup plus grande et une capacité de stockage plus élevée doivent être installées. Selon le type d'intégration et l'application, la production de chaleur spécifique se situe entre 300 et 700 kWh/m<sup>2</sup> (voir Tableau 4).

## EXPOSITION OPTIMALE DES CAPTEURS SOLAIRES

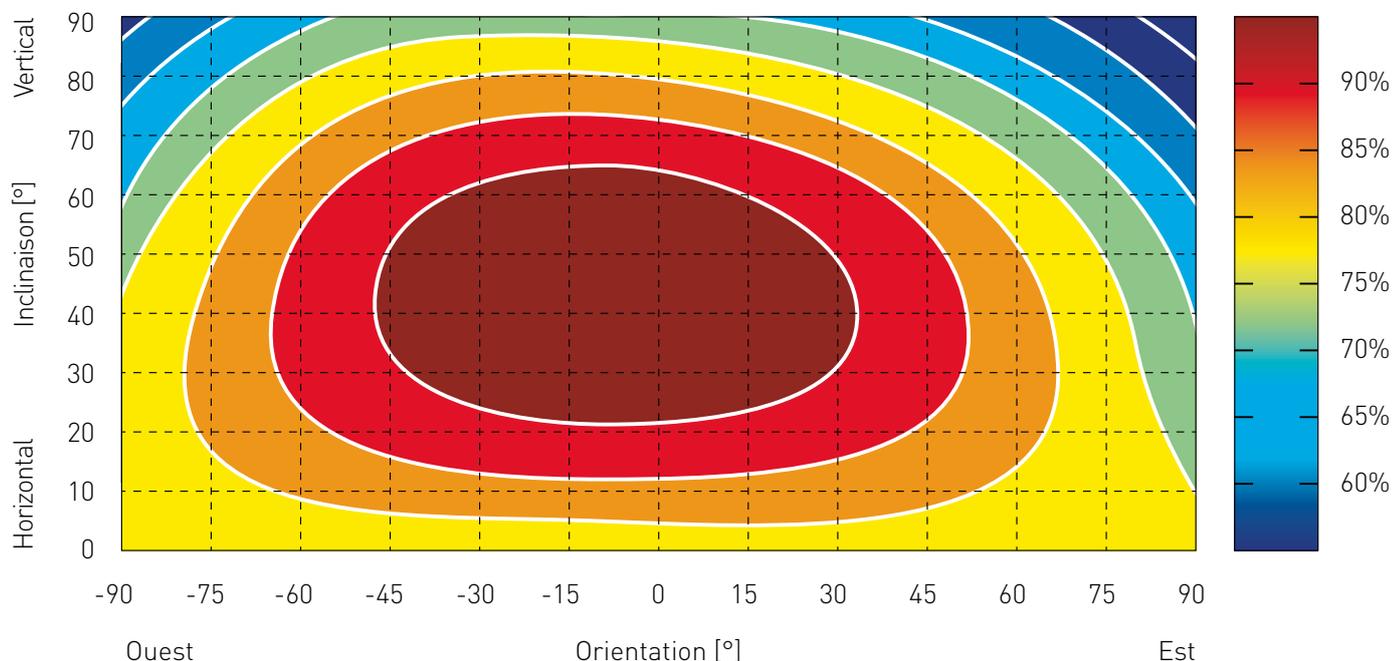


Figure 2 : Diminution du rendement en cas d'écart par rapport à l'exposition optimale (Swissolar 2017)

## COMBINAISON DE SOURCES DE CHALEUR

Dans les zones où une seule source d'énergie renouvelable ne suffit pas à assurer l'approvisionnement en chaleur toute l'année, ou bien lorsque l'installation n'est pas rentable, une combinaison de plusieurs sources de chaleur peut être considérée. Des exemples de telles combinaisons sont

l'exploitation d'eau de nappe phréatique ou de plaquettes forestières en combinaison avec le gaz et le biogaz. Toutefois, il est à noter que de telles solutions peuvent avoir des inconvénients du point de vue écologique.

Type d'installation	Site en plaine (Suisse centrale)	Site en zone alpine
Installations solaires compactes pour la production d'ECS	• 330 kWh à 540 kWh	• 440 kWh à 720 kWh
Préchauffage de l'ECS pour les bâtiments résidentiels collectifs	• 420 kWh à 590 kWh	• 550 kWh à 740 kWh
Production d'ECS et soutien au chauffage	• 250 kWh à 310 kWh	• 380 kWh à 530 kWh
Régénération de sondes géothermiques	• env. 700 kWh	• env. 800 kWh

Tableau 4 : Productivité annuelle par m<sup>2</sup> de capteur solaire (Swissolar 2017)

#### Impressum

**Editeur** : SuisseEnergie pour les communes,  
c/o Nova Energie GmbH, 8370 Sirmach

**Première impression** : février 2011 [d]; révision décembre 2019 [d]

**Mandataire** : PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zürich

**Groupe d'accompagnement de la révision** : Brandes Energie AG, econcept AG,  
Hochschule Luzern HSLU

Avec le soutien de l'Office fédéral du développement territorial ARE et de l'Office fédéral de l'énergie OFEN ainsi que des cantons d'Argovie, Berne, Lucerne, Schaffhouse, St-Gall, Thurgovie et Zurich