

Information destinée aux 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
Energies renouvelables et
rejets de chaleur

Module 5 : Production de chaleur

Module 6 : Réseaux de chaleur

Module 7 : Mise en oeuvre

Module 8 : Contrôle des résultats

Module 9 : Concession EAE

Module 10 : Stratégie gaz

Etat: Octobre 2019

Module 4 en bref

Ressources énergétiques disponibles

Diverses sources d'énergies renouvelables et de rejets de chaleur peuvent être envisagées pour l'approvisionnement en énergie d'une commune. Quant à l'analyse du potentiel écologique dans le domaine de la chaleur et de la production d'électricité, elle suppose un inventaire des ressources énergétiques renouvelables utilisées et non utilisées ainsi que des rejets de chaleur.

Conditions requises au niveau local

La planification énergétique territoriale et les priorités proposées permettent de réunir, sur le territoire communal, les conditions nécessaires à l'utilisation rationnelle des potentiels écologiques en matière d'approvisionnement.

Informations complémentaires et liens

- Annexe aux modules 1 à 10

Potentiels d'utilisation de la chaleur

L'évaluation du potentiel énergétique du territoire communal nécessite l'inventaire des ressources énergétiques renouvelables et des rejets de chaleur disponibles au niveau local.

Conformément aux priorités en matière d'approvisionnement énergétique (cf. module 2 «Procédure»), l'éventail des ressources potentiellement exploitables comprend :

- Les rejets de chaleur d'origine locale à haut potentiel
- Les rejets de chaleur et la chaleur de l'environnement d'origine locale à faible potentiel
- Les ressources énergétiques renouvelables disponibles régionalement
- La chaleur de l'environnement et les énergies renouvelables

UTILISATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les ressources énergétiques doivent être examinées sous l'angle de leur potentiel écologique et des exigences techniques d'utilisation. Dans le cas des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), il s'agit par exemple de vérifier qu'il y ait suffisamment de consommateurs de chaleur à proximité immédiate. En ce qui concerne l'exploitation de la chaleur issue des eaux usées, il faut veiller à ce que l'évaluation de l'offre énergétique tienne

compte du débit et du diamètre minimaux de la canalisation. Les besoins en refroidissement gagnent en importance. Certaines sources d'énergie renouvelables (telles que les eaux souterraines, les eaux de surface et la géothermie) conviennent non seulement au chauffage, mais aussi à un refroidissement direct et efficace.

Quant à l'évaluation du potentiel, il convient de distinguer les termes suivants (figure 1) :

- Le potentiel théorique est basé sur les possibilités physiques d'exploitation des ressources renouvelables; par ex. l'intensité du rayonnement solaire.
- Le potentiel technique traduit quelle part du potentiel théorique est réellement exploitable; par ex. rendement des capteurs solaires.
- Le potentiel écologique désigne l'exploitation durable des ressources renouvelables grâce aux technologies disponibles ; par ex. des capteurs solaires installés dans les zones urbanisées.

DIFFÉRENCIATION DE LA NOTION DE POTENTIEL

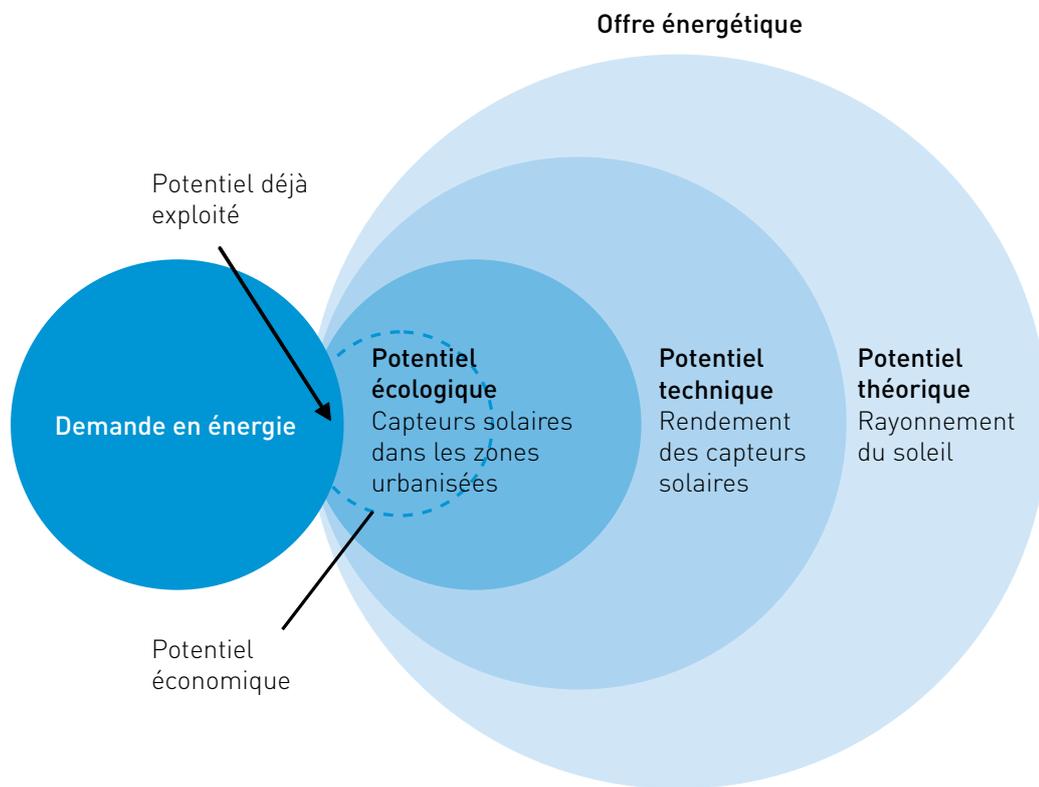


Figure 1: Différences entre potentiel théorique, technique, écologique et économique à travers l'exemple de l'énergie solaire.

MÉTHODE D'INVENTAIRE

Le tableau 1 des pages 4 à 8 offre un aperçu des ressources énergétiques potentielles ainsi que des informations utiles à l'inventaire du potentiel écologique, à l'instar des principales caractéristiques et valeurs empiriques. Le tableau indique également où trouver les informations pertinentes sur les ressources énergétiques et les différents moyens de produire de la chaleur.



REJETS DE CHALEUR D'ORIGINE LOCALE À HAUTE VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Rejets de chaleur des usines d'incinération des déchets	<ul style="list-style-type: none">• Exploitants de réseaux de chaleur et usines d'incinération• Statistiques des déchets de la Confédération• Evolution future des déchets (planification des UIOM, évolution démographique, exploitation des déchets, stockage saisonnier des déchets) Remarques <ul style="list-style-type: none">• Exploitation d'électricité et de chaleur ou exploitation directe de la chaleur (CCF avec déchets)• Prise en compte de la demande en chaleur et en électricité	<ul style="list-style-type: none">• L'exploitation au sein d'un réseau de chaleur implique une densité suffisante en matière de demande énergétique• La demande de chaleur tout au long de l'année, qu'il s'agisse de chaleur pour les processus industriels ou des gros consommateurs, est intéressante.• Possibilité de production de froid par des machines à absorption à partir des rejets de chaleur des UIOM (rendement relativement faible)
Rejets de chaleur industriels	<ul style="list-style-type: none">• Grandes entreprises productrices de l'industrie et de l'artisanat Remarque <ul style="list-style-type: none">• Prise en compte de la demande	<ul style="list-style-type: none">• L'exploitation au sein d'un réseau de chaleur implique une densité suffisante en matière de demande énergétique
Géothermie profonde (dès 500 m)	<ul style="list-style-type: none">• Clarifier les conditions géologiques• Aucun forage concluant en Suisse à ce jour (recherches pour l'instant infructueuses à Bâle, Zurich et St-Gall) Remarque <ul style="list-style-type: none">• Exploitation d'électricité et de chaleur ou exploitation directe de chaleur	<ul style="list-style-type: none">• L'exploitation au sein d'un réseau de chaleur implique une densité suffisante en matière de demande énergétique• Réseau thermique nécessaire pour la production combinée d'électricité et de chaleur

Tableau 1 : Ressources énergétiques potentielles



REJETS DE CHALEUR ET CHALEUR DE L'ENVIRONNEMENT D'ORIGINE LOCALE À FAIBLE VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Rejets de chaleur des entreprises <ul style="list-style-type: none"> • Industries • Transformation de l'énergie • Production de froid 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes entreprises productrices • Stations de transformation ou autres installations de transformation de l'énergie (communes, EAE) • Centres de calcul 	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux de chaleur ou de froid possibles • L'exploitation au sein d'un réseau de chaleur implique une densité suffisante en matière de demande énergétique
Rejets de chaleur des stations d'épuration d'eaux usées (STEP)	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitants des STEP (courbes de températures, débit par temps sec) • Estimation des valeurs caractéristiques cf. chaleur résiduelle des canalisations d'évacuation des eaux usées <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prise en compte de la demande 	<ul style="list-style-type: none"> • Les réseaux de froid sont intéressants pour la production de froid (traitement avec des pompes à chaleur) (cf. module 6)
Rejets de chaleur provenant des canalisations d'évacuation des eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> • Commune : informations sur le débit moyen par temps sec, température moyenne et diamètre des canalisations • Evaluation basée sur les paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Débit moyen par temps sec de 15 l/s au min. • Température moyenne supérieure à 10°C nécessaire après utilisation de la chaleur • Performances de pompage max. (kW) = valeur journalière moyenne du débit par temps sec (l/s) x capacité thermique massique de l'eau cp (kWh/m³ K) x refroidissement dT (K) <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des segments de canalisation suffisamment longs et larges (au moins 80 cm de diamètre moyen) doivent être à disposition • Vérifier les températures minimales requises auprès des stations d'épuration • Tenir compte des délais d'assainissement des canalisations 	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux de chaleur ou de froid possibles • Les réseaux de froid sont intéressants pour la production de froid (traitement avec des pompes à chaleur) (cf. module 6) • L'exploitation au sein d'un réseau de chaleur implique une densité suffisante en matière de demande énergétique. Des zones avec une demande énergétique moyenne à haute sont nécessaires, soit env. 150 kW (30 à 50 unités d'habitation).

Tableau 1 : Ressources énergétiques potentielles



REJETS DE CHALEUR ET CHALEUR DE L'ENVIRONNEMENT D'ORIGINE LOCALE À FAIBLE VALEUR ÉNERGÉTIQUE

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Utilisation de la chaleur du réseau hydraulique <ul style="list-style-type: none"> Eaux souterraines Eau des lacs Cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Cartes cantonales d'utilisation de la chaleur (SIG/Géoportail : eaux souterraines et géothermie, cartes de protection des eaux) Évaluation du potentiel basée sur les réalités spécifiques de la commune : <ul style="list-style-type: none"> Lacs Cours d'eaux Canalisations Réservoirs d'eaux souterraines, réservoirs d'eau potable Captages de sources et d'eaux souterraines <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none"> Exigences minimales relatives à la puissance requise pour l'exploitation de la chaleur dans certains cantons 	<ul style="list-style-type: none"> Warme oder kalte Fernwärme möglich Zentrale Anlagen (Seewasser, Flusswasser): hohe Energienachfragedichte nötig Dezentrale Anlagen für Einzelobjekte Kälteproduktion unter Beachtung des Wärmeeintrags in die Gewässer möglich
Géothermie à faible profondeur (50 à 500 m)	<ul style="list-style-type: none"> Cartes cantonales de géothermie (SIG/Géoportail) Les besoins en électricité des pompes à chaleur dépendent de la courbe des températures (COP : 4 à 5) <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none"> Pour une utilisation durable, les sondes doivent être régénérées à partir d'une densité de demande de chaleur d'environ 150 MWh/ha*a. Prise en compte des zones de protection des eaux et des eaux souterraines 	<ul style="list-style-type: none"> Installations décentralisées pour des objets isolés Production de froid possible Utilisation comme stockage saisonnier possible (régénération des sondes en été via le refroidissement ou la chaleur solaire) Les champs de sondes peuvent également être intégrés dans des réseaux thermiques comme stockage saisonnier.
Cas spéciaux <ul style="list-style-type: none"> Ventilation des tunnels Drainage des tunnels 	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les données spécifiques du territoire communal Évaluer la rentabilité 	<ul style="list-style-type: none"> Réseaux de chaleur ou de froid possibles Zones avec une demande énergétique moyenne à haute nécessaire production de froid possible sous certaines conditions

Tableau 1 : Ressources énergétiques potentielles



RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES RENOUVELABLES DISPONIBLES DANS LA RÉGION

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Bois	<p>Bois résiduel et déchets de bois</p> <ul style="list-style-type: none">• Entreprises de transformation du bois• Bois résiduel des forêts et de l'agriculture• Points de collecte régionaux pour les déchets de bois <p>Bois-énergie</p> <ul style="list-style-type: none">• Coopératives de bois locales et régionales• Etudes cantonales et planifications• SIG : Surfaces forestières de la commune	<ul style="list-style-type: none">• Installations décentralisées pour des objets isolés• Installation de chauffage ou centrale de cogénération (avec production d'électricité) avec réseau de chauffage à distance en cas de forte densité de la demande énergétique• Particulièrement adapté aux bâtiments existants qui nécessitent des températures de départ élevées.
Biomasse (sans bois), méthanisation industrielle	<ul style="list-style-type: none">• Exploitants des centrales de fermentation de la biomasse, collecte des déchets verts• Déchets organiques de denrées alimentaires et de l'industrie de valorisation de la viande ainsi que de la restauration	<ul style="list-style-type: none">• Production de chaleur et d'électricité ou de carburant (biogaz)• Chauffage à distance possible• Zones avec une demande énergétique moyenne à haute nécessaire• Alimentation d'appoint de biogaz dans le réseau de gaz
Biomasse agricole avec co-méthanisation	<ul style="list-style-type: none">• Statistiques cantonales pour le bétail dans la commune• Conversion des animaux en UGB selon l'«Ordonnance sur la terminologie agricole et la reconnaissance des formes d'exploitation», appendice (art. 27)• Env. 1,5 m³ de biogaz par UGB produits par jour <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none">• Exploitation dans des installations plus importantes (niveau régional): adapté à partir de 80 à 100 unités de gros bétail (UGB) ou 3'000-4'000 t de lisier et fumier par année (installations agricoles) respectivement 10'000 t de déchets verts (installations industrielles)• autres substrats pour la co-méthanisation nécessaires	

Tableau 1 : Ressources énergétiques potentielles



CHALEUR DE L'ENVIRONNEMENT ET ÉNERGIES RENOUVELABLES

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Possibilités d'utilisation
Energie solaire	<ul style="list-style-type: none">• En règle générale, l'estimation du potentiel dans le secteur de la chaleur est basée sur le cadastre solaire des toits (www.toitso-laire.ch) ou des façades (www.facade-au-soleil.ch) et sur la demande locale de chaleur.• Le taux de couverture solaire et les rendements annuels sur le Plateau central et dans la région alpine sont décrits en détail dans le module 5. <p>Remarque</p> <ul style="list-style-type: none">• Les surfaces de toit qui ne sont pas utilisées pour la production de chaleur peuvent l'être pour la production d'électricité (par exemple les halles de gym, les salles polyvalentes, les toits de grange)	<ul style="list-style-type: none">• Installations décentralisées pour des objets isolés pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire avec ou sans appoint de chauffage.• Intégration dans les réseaux thermiques pour l'exploitation estivale intéressante• L'excès de chaleur peut être utilisé pour la régénération des sondes géothermiques.
Utilisation de la chaleur de l'air ambiant	<ul style="list-style-type: none">• Approche top-down pour couvrir les besoins en chaleur <p>Remarques</p> <ul style="list-style-type: none">• L'utilisation de l'énergie géothermique et de la chaleur des eaux est préférable à l'utilisation de l'air ambiant (meilleur COP).• L'utilisation dans des bâtiments énergétiquement assainis ou nouvellement construits est préférable à l'utilisation dans des bâtiments anciens mal isolés (meilleur COP).	<ul style="list-style-type: none">• Installations décentralisées pour des objets isolés

Tableau 1 : Ressources énergétiques potentielles

Potentiel pour la production d'électricité

L'analyse des potentiels énergétiques exploitables permet d'inclure la production de courant à partir des ressources énergétiques renouvelables disponibles sur le territoire communal.

Outre les centrales hydroélectriques, solaires et éoliennes, ce sont surtout les centrales de cogénération (CCF) qui entrent ici en ligne de compte. Celles-ci présentent en effet un degré d'efficacité élevé, pour autant que leur chaleur puisse être intégralement utilisée. Il convient dès lors d'en régler la puissance en fonction des besoins en chaleur et de les disposer à proximité immédiate ou dans les environs d'un nombre suffisant de consommateurs. Les centrales de cogénération ne devraient si possible pas être alimentées par des sources fossiles. Se prêtent en principe à la production d'électricité les ressources énergétiques suivantes :

REJETS DE CHALEUR LORS DE L'INCINÉRATION DES DÉCHETS

Les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) fournissent des rejets de chaleur à haute valeur utiles à la production d'électricité; la chaleur résiduelle est injectée dans un réseau thermique.

GAZ ISSUS DE L'ÉPURATION DES EAUX USÉES

Les stations d'épuration des eaux usées utilisent généralement les gaz d'épuration dans des installations de couplage chaleur-force afin de couvrir une partie de leurs besoins en électricité. Les grandes installations offrent la possibilité d'injecter les gaz d'épuration dans le réseau de gaz naturel.

BIOMASSE ET BOIS

Les installations de couplage chaleur-force avec biomasse et bois nécessitent une installation d'une puissance d'un mégawatt; la chaleur est destinée à alimenter un réseau de chaleur. Les valeurs indicatives pour les quantités d'énergie produites sont de 20 % à 25 % pour l'électricité et 75 % à 80 % pour le chauffage.

ENERGIE SOLAIRE

Les surfaces de toitures et les façades présentant l'inclinaison et l'exposition appropriées peuvent être exploitées pour la production de chaleur ou d'électricité. Le potentiel de production de courant est principalement limité par les surfaces disponibles et s'élève à 67 TWh/an (OFEN 2019, www.toitsolaire.ch). En principe, on peut compter sur un rendement annuel électrique par module de cellules solaires entre 150 et 230 kWh/m² (OFEN 2019 : www.toitsolaire.ch). Des informations plus détaillées sur le potentiel d'applications du photovoltaïque dans une commune peuvent être obtenues pour les toits et les façades par bâtiment ou par commune sur : www.toitsolaire.ch, www.facade-au-soleil.ch).

ENERGIE ÉOLIENNE

L'exploitation de l'énergie éolienne ne se justifie pas partout. Le potentiel doit être défini au cas par cas à l'aide des critères suivants : vitesse moyenne minimale du vent de 4,5 m/s; distance à la zone d'habitation la plus proche de 300 à 500 m ; nuisances sonores et protection du paysage (cartes régionales du potentiel éolien : www.atlas-desvents.ch). Dans la plupart des cantons, les zones ou les critères de production d'énergie éolienne sont décrits dans le Plan directeur.

ENERGIE HYDRAULIQUE

Les cours d'eau et l'approvisionnement en eau potable entrent en ligne de compte pour l'exploitation de l'énergie hydraulique, à condition d'exploiter le dénivelé en ce qui concerne l'eau potable, ce qui demande à être étudié au cas par cas. Une évaluation plus détaillée vaut la peine si une source produit au moins 10 l/s et si la différence d'altitude est d'au moins 50 m. Il convient également d'examiner la possibilité d'agrandir les centrales hydroélectriques existantes ou, dans le cas de nouvelles centrales, d'utiliser des concessions ou droits d'eau qui ne sont plus utilisés. Ceci doit être réalisé en tenant compte du fait que le potentiel écologique a été épuisé à quelques exceptions près.

Certains cantons disposent d'une évaluation du potentiel des eaux (par ex. le canton de Berne) et la diffuse à travers des études ou dans le géoportail.

GÉOTHERMIE

L'utilisation de la géothermie profonde pour la production d'électricité est en principe possible. En Suisse, des investigations continuent d'être menées, mais aucun projet n'a encore abouti à ce jour.

COUPLAGE CHALEUR-FORCE

Technologie efficiente destinée à la production d'électricité avec pleine utilisation de la chaleur résiduelle à partir de combustibles renouvelables (cf. Module 5 «Production de chaleur»).

Le réseau énergétique du futur

Avec l'accroissement de la production d'électricité à partir de sources dont l'approvisionnement fluctue, à l'instar de l'énergie solaire ou éolienne, les exigences en matière de contrôle de l'approvisionnement en électricité augmentent. Au travers de sa force hydraulique, la Suisse possède une grande quantité d'énergie de régulation (centrale à accumulation). Les nouvelles technologies peuvent améliorer l'interaction entre la gestion fluctuante de l'offre et de la demande.

- La consommation propre (dans les communes ou les quartiers) d'électricité issue de la production décentralisée soulage le réseau électrique et augmente l'efficacité économique des centrales.
- Avec le Smart Grid comme réseau électrique du futur, la production décentralisée d'énergie, la fluctuation de la demande et le stockage décentralisé, par exemple avec les batteries des véhicules électriques, peuvent être coordonnés de manière optimale et économe en énergie. Dans un réseau intelligent, la demande d'électricité peut être partiellement adaptée à l'offre.
- A l'avenir, la surproduction d'électricité renouvelable pourrait être stockée dans le réseau de gaz sous forme de gaz synthétique (technologie Power-to-gaz, voir Module 10).

Potentiels d'efficacité

Outre l'exploitation des potentiels régionaux pour la production d'électricité issue des rejets de chaleur et d'énergies renouvelables, il convient également de tenir compte du potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique. Le potentiel pour une plus grande efficacité dans la consommation d'électricité - par rapport à la consommation d'avant - peut être estimé comme suit (OFEN 2009 : Mesures d'efficacité dans le secteur de l'électricité, base pour les appels d'offres publics) :

- Secteur des ménages : 42 %
- Secteur des services : 43 %
- Secteur industriel : 23 %
- Secteur des transports : 20 %

Impressum

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

Première impression : février 2011 (d); révision février 2019 (d)

Mandataire : PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zürich

Groupe d'accompagnement de la révision : Brandes Energie AG, econcept AG

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