

Planification énergétique territoriale

Outils pour un approvisionnement en chaleur 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 chauffage

Module 7 : Mise en œuvre

Module 8 : Contrôle des résultats

Module 4 en bref

Ressources énergétiques disponibles

La consommation énergétique d'une commune peut porter sur différentes sources d'énergies renouvelables et de rejets de chaleur. 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 8

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 à haut potentiel ne pouvant être utilisés qu'à l'endroit d'où ils émanent.
- Les rejets de chaleur de faible potentiel et chaleur ambiante ne pouvant être utilisés qu'à l'endroit d'où ils émanent.
- Les ressources énergétiques renouvelables disponibles dans la région.
- La chaleur ambiante et les énergies renouvelables pouvant être utilisées ailleurs qu'à l'endroit d'où elles émanent.

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, il s'agit par exemple de vérifier s'il existe dans le voisinage un nombre suffisant de consommateurs de chaleur potentiels.

En ce qui concerne l'exploitation de la chaleur issue des canalisations d'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. Quant à l'évaluation du potentiel, il convient de distinguer les termes suivants (illustration 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. le taux d'efficacité des capteurs solaires.
- Le **potentiel écologique** désigne les ressources renouvelables et durablement exploitables, avec l'apport des technologies disponibles à cet effet ; par ex. des capteurs solaires installés sur des superstructures.

Méthode d'inventaire

Le tableau des pages 3 à 5 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.

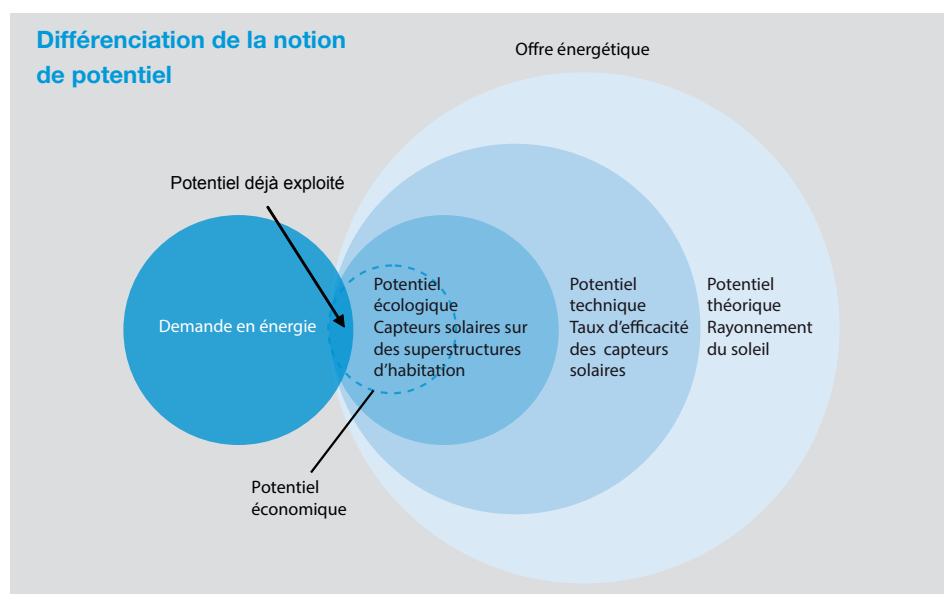




Illustration 1 : Différences entre potentiel théorique, technique, écologique et économique.

Tableau 1 : Liste des ressources énergétiques possibles dans une commune, complétée par des informations sur les conditions d'exploitation et l'évaluation du potentiel.

 Rejets de chaleur à fort potentiel énergétique ne pouvant être utilisés qu'à l'endroit d'où ils émanent		
Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Rejets de chaleur des UIOM (énergies renouvelables à hauteur de 50 %)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Exploitants de réseaux de chaleur et usines d'incinération (en cas d'utilisation des rejets de chaleur) ■ Statistiques des déchets (Confédération) ■ Evolution future des déchets (planification des usines d'incinération, évolution démographique, exploitation des déchets) ■ Taux de rendement de la rémunération du courant injecté (RCI) 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ La production d'électricité et de chaleur est possible ■ Tenir compte des besoins propres Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ L'exploitation au sein du réseau de chaleur implique une densité suffisante en termes de demande énergétique ■ La demande annuelle de chaleur ou les processus de production industriels ou des gros consommateurs sont intéressants
Rejets de chaleur industriels	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grandes entreprises commerciales et industrielles de la branche productrice 	Froid <ul style="list-style-type: none"> ■ Possibilité de production de froid par des machines à absorption, à partir des rejets de chaleur des usines d'incinération des ordures ménagères ; clarifier les conditions d'exploitation au cas par cas
Géothermie profonde (dès 300m)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clarifier les conditions géologiques ■ Aucun forage concluant en Suisse à ce jour (recherches infructueuses à Bâle et Zurich ; essais de forages prévus à Saint-Gall) 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Exploitation d'électricité et de chaleur ou possibilité d'exploitation directe de la chaleur Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Forte demande, forte densité de consommation de chaleur nécessaire ■ Réseau de chaleur à distance pour la production combinée d'électricité et de chaleur (obligatoire)

 Rejets de chaleur et chaleur ambiante à faible valeur énergétique ne pouvant être utilisés qu'à l'endroit d'où ils émanent		
Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Rejets de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Industries ■ Transformation de l'énergie ■ Production de froid 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grandes entreprises productrices et centres de calcul ■ Stations de transformation ou autres installations de transformation de l'énergie (communes, EAE) 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Chaleur ou froid à distance possible Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Zones avec des besoins en chaleur de densité moyenne à élevée (nécessaire)
Rejets de chaleur provenant des stations d'épuration	<ul style="list-style-type: none"> ■ Paramètres : cf. Module 5 « Production de chaleur », tableau 2 	Froid <ul style="list-style-type: none"> ■ Le chauffage à distance à basse température est intéressant pour la production de froid (traitement avec des pompes à chaleur)
Rejets de chaleur provenant des canalisations d'eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> ■ Service communal compétent: 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 facteur 6 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Exploitation de la chaleur émanant des eaux usées non purifiées ■ Des segments de canalisation suffisamment longs doivent être à disposition ■ Vérifier les températures minimales requises auprès des stations d'épuration ■ Tenir compte des délais d'assainissement des canalisations Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Zones ayant des besoins en chaleur de densité moyenne à élevée (obligatoire) : besoins de puissance minimale d'env. 150 kW (30 à 50 unités d'habitation)



Rejets de chaleur et chaleur ambiante à faible valeur énergétique ne pouvant être utilisée qu'à l'endroit d'où ils émanent

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Utilisation de la chaleur des eaux <ul style="list-style-type: none"> Eaux souterraines Eau des lacs Cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluation du potentiel basée sur les réalités spécifiques de la commune (dont les lacs, cours d'eau, canalisations, réservoirs d'eaux souterraines exploitables, réservoirs d'eau potable) Tenir compte des sources d'eau potable non exploitées 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Prise en considération des eaux souterraines en zones de protection ou des conditions géologiques (sources possibles : SIG ou carte communale des zones de protection) Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Installations centrales (eau des lacs, cours d'eau) : demande importante et densité de chaleur élevée nécessaires Installations décentralisées (eaux souterraines) pour des objets isolés Exigences minimales relatives à la puissance requise pour l'exploitation de la chaleur dans certains cantons Froid <ul style="list-style-type: none"> Production de froid possible
Géothermie à faible profondeur (50 à 300 m)	<ul style="list-style-type: none"> Grandeur mesurable : sans zones de protection des eaux souterraines, en théorie couverture de 80 % des besoins en chaleur ; beaucoup moins en zones de protection Les besoins d'électricité pour les pompes à chaleur dépendent du taux d'efficacité (COP : 3,5 à 4) 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Prise en considération des eaux souterraines en zones de protection ou des conditions géologiques (sources possibles : SIG ou carte des zones de protection de la commune)
Cas spéciaux <ul style="list-style-type: none"> Air repris des tunnels Drainage des tunnels 	<ul style="list-style-type: none"> Clarifier les réalités spécifiques du terrain 	Offre en chaleur <ul style="list-style-type: none"> évaluer la rentabilité Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs aux besoins en chaleur suffisants (nécessaire)



Ressources énergétiques renouvelables disponibles dans la région

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Bois	Bois résiduel et usagé <ul style="list-style-type: none"> Entreprises de transformation du bois Bois résiduel des forêts et de l'agriculture Sites régionaux de récolte du bois usagé Bois-énergie <ul style="list-style-type: none"> Coopératives de bois locales et régionales Etudes cantonales et planifications SIG : Potentiel du bois-énergie (par ex. canton de Zurich); surfaces forestières de la commune Tendance : les volumes du marché devraient progresser d'env. 62 % d'ici 2025 (HES Berne, OFEV, OFEN 2010) 	Ressources énergétiques <ul style="list-style-type: none"> Exploitation du bois pour le chauffage, pour les petites installations ou installations CCF avec réseau de chaleur à distance Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Réseau: exigences en matière de densité de chaleur et d'utilisateurs
Biomasse (sans bois), fermentation industrielle	<ul style="list-style-type: none"> Collecte des déchets verts Déchets végétaux de denrées alimentaires et de l'industrie de valorisation de la viande ainsi que de la restauration 	Ressources énergétiques <ul style="list-style-type: none"> Utilisation comme cosubstrat dans des installations agricoles de biogaz ou de grandes centrales (fermentation industrielle) Pour le chauffage et l'électricité ou la production de carburant Demande en chaleur <ul style="list-style-type: none"> Choisir un emplacement approprié (consommation de chaleur suffisamment grande ou alimentation du réseau de gaz)



Ressources énergétiques renouvelables disponibles dans la région

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Biomasse agricole avec co-fermentation	<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 (www.biomassesuisse.ch) 	<p>Ressources énergétiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Exploitation dans des installations plus importantes (niveau régional): adapté à partir de 80 jusqu'à 100 unités de gros bétail (UGB) ■ Exploitation de chaleur, électricité et gaz possible; vérifier infrastructure disponible ■ autres substrats pour la co-fermentation (nécessaire) <p>Demande en chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Choix du site: consommation de chaleur suffisamment grande ou alimentation du réseau de gaz



Chaleur ambiante et énergies renouvelables pouvant être utilisées ailleurs qu'à l'endroit d'où elles émanent

Ressources énergétiques	Collecte d'informations sur le potentiel écologique	Remarques à propos de l'exploitation
Energie solaire	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potentiel de chaleur utilisable: généralement évalué en fonction de la demande et non des surfaces de toitures disponibles ■ Calcul basé sur l'examen des surfaces de toitures avec un bon rendement; facteurs : situation, inclinaison, plein soleil, besoins en chaleur ■ Capacité des différentes communes à exploiter l'énergie solaire sur le SIG PV : www.swissolar.ch ou http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis ■ Utilisation des évaluations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Institut für Solartechnik SPF : 35 % des besoins des ménages suisses en chaleur couverts avec des capteurs solaires • AWEL (2006) : env. 15 % des besoins en chaleur des ménages du canton de Zurich • econcept (2009) : 13 à 25 % des besoins en chauffage et eau chaude ■ env. 25 % de la surface d'habitat utilisable ■ Rendement annuel par m² de surface couverte par les capteurs: production d'eau chaude : 400 à 550 kWh/m²a; appoint de chauffage : 250 à 300 kWh/m²a 	<p>Ressources énergétiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Les surfaces de toiture qui ne peuvent pas servir à l'utilisation de la chaleur, peuvent être utilisés pour la production d'électricité (par ex. salle de gym, salles multisports, toits de hangars) <p>Demande en chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ L'évaluation du potentiel dans le domaine de la chaleur est généralement basée sur la surface de toiture utilisable et les besoins en chaleur locaux. Le taux de couverture solaire pour le chauffage de l'eau chaude représente env. 60 % des besoins en chaleur. En présence d'un chauffage d'appoint, on peut se satisfaire d'un taux de couverture d'env. 20 % pour le chauffage et l'eau chaude.
Utilisation de la chaleur de l'air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> ■ Evaluation du service compétent sur l'utilisation actuelle et le potentiel ■ Valeur empirique AWEL canton de Zurich : utilisation actuelle de l'air ambiant d'un volume à peu près identique à celle de la chaleur du sol. ■ Potentiel non utilisé : approche top-down pour couvrir les besoins en chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'utilisation de la chaleur du sol et de l'eau est à privilégier par rapport à l'air ambiant (pour des raisons d'efficacité)

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 et les éoliennes, ce sont surtout les centrales de cogénération qui entrent ici en ligne de compte. Celles-ci présentent en effet un degré d'efficacité élevé, pour autant que leur chaleur puisse être utilisée. Il convient dès lors d'en régler la puissance en fonction des besoins en chaleur et de disposer à proximité immédiate ou dans les environs d'un nombre suffisant de consommateurs. 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 fournissent des rejets de chaleur de grande valeur utiles à la production d'électricité.

■ **Gaz issus de l'épuration des eaux usées** : les installations d'épuration des eaux usées utilisent généralement les gaz d'épuration dans une installation 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

Smart Grid ou le réseau énergétique du futur



La production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable est soumise à d'importantes variations, à l'instar de l'énergie éolienne ou solaire, et à un nombre grandissant de producteurs, ce qui tend à augmenter

les exigences posées aux réseaux électriques. Pour pouvoir gérer des fluctuations de production toujours plus fortes, les réseaux de transport d'électricité doivent devenir plus intelligents. Production et consommation doivent être mieux équilibrées : il faut donc renforcer l'automatisation des réseaux. A cet effet, elles s'appuient sur les réseaux intelligents ou « smart grids ».

Au travers de sa force hydraulique, la Suisse possède une énorme quantité d'énergie flexible. Les smart grids sont une solution pour relever ces défis. Il s'agit de faire en sorte que le réseau électrique intègre des technologies de l'information et de la communication modernes afin qu'il puisse être piloté de manière plus intelligente et flexible de manière à optimiser la production, la distribution, la consommation et qui a pour objectif de mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité.

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 présentant l'inclinaison et l'orientation voulue peuvent être exploitées pour la production de chaleur ou d'électricité. Le potentiel de production de courant ne connaît qu'une limite: celle des surfaces disponibles. Le potentiel des applications photovoltaïques dans une commune dépend fortement de la densité de l'habitat: selon l'Office fédéral de l'énergie, le courant solaire permettrait par exemple de couvrir jusqu'à 16 % des besoins en électricité de la ville de Zurich et jusqu'à 50 % des besoins d'une commune agricole du canton de Fribourg (OFEN 2006). Un taux de couverture de 25 % a été calculé pour une commune de l'agglomération zurichoise (econcept 2009). Le rendement annuel électrique par module de cellule solaire se situe globalement entre 110 et 130 kWh/m².

Tableau 2 : La production d'électricité dans la commune : les sources d'énergie et d'informations connexes.

Offre en électricité	1 ^{ère} étape: rapprochement de la valeur moyenne suisse	2 ^{ème} étape: bilan détaillé des informations suivantes
Production d'électricité à partir de ressources renouvelables	Production d'électricité renouvelable par habitant 2007 : 4317 kWh (OFEN 2007)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Indications des contrats d'approvisionnement avec les producteurs locaux, directement auprès d'EAE ■ Installations photovoltaïques; indications fournies par le service des travaux sur les installations soumises à autorisation ■ Indications sur l'électricité issue de la biomasse, du vent, de l'eau, directement auprès des exploitants des installations (également pour les installations suprarégionales) ■ Indications sur l'électricité provenant des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et de l'industrie, directement auprès des exploitants des installations

■ **Energie éolienne** : l'exploitation de l'énergie éolienne ne se justifie pas toujours. Le potentiel doit être défini individuellement, à l'aide des critères suivants: vitesse minimale du vent de 4,5 m/s; distance minimale de 400 à 500m jusqu'à la zone d'habitation la plus proche; nuisances sonores et protection du paysage (cartes régionales des projets éoliens: www.suisse-eole.ch).

■ **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 la pente du terrain en ce qui concerne l'eau potable, ce qui demande à être étudié au cas par cas. Il convient également d'examiner la possibilité d'agrandir les centrales existantes ou, dans le cas de nouvelles centrales, de rétablir des concessions ou droits d'eau.

■ **Géothermie** : L'utilisation de la géothermie profonde pour la production d'électricité est en principe possible. En Suisse, différents sites font l'objet d'investigations. Mais aucun projet n'a encore abouti à ce jour.

■ **Couplage chaleur-force** : Technologie efficace destinée à la production d'électricité et de chaleur à partir de sources d'énergie fossiles (cf. Module 5 « Production de chaleur »).

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 d'observer le potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique. Le potentiel pour une plus grande efficacité dans la consommation d'électricité 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 industriel: 23 %
- Secteur des services: 43 %
- Secteur des transports: 20 %

Autres informations sur les ressources énergétiques

Usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)

- Statistiques cantonales des ordures ménagères

Géothermie profonde

- Informations générales: www.crege.ch, www.geothermie.ch
- Toposhop : cartes géologiques suisses

Exploitation de la chaleur des eaux usées

- Müller et al. 2005 : Heizen und Kühlen mit Abwasser – Ratgeber für Bauherren und Kommunen (www.infrastrukturanlagen.ch)

Géothermie peu profonde

- Zones de protection des eaux souterraines: www.ofev.admin.ch
- Cartes SIG cantonales ou cartes d'implantation des sondes géothermiques autorisées et prestations

Bois

- Cartes SIG cantonales des aires forestières

- Facteurs de conversion et apport calorifique des essences de bois : www.energie-bois.ch

- HAFL, OFEV, OFEN 2010 : Bois, matière première et source d'énergie

Biomasse sans bois

- « Ordonnance sur la terminologie agricole et la reconnaissance des formes d'exploitation (OTerm) », appendice (art. 27). (www.admin.ch)

Energie solaire

- AWEL 2006 : Das Angebot erneuerbarer Energien. Potenzial erneuerbarer Energieträger im Kanton Zürich (contient aussi des données sur d'autres ressources énergétiques renouvelables).
- OFEN 2010 : Potenzialabschätzung für Sonnenkollektoren im Wohngebäudepark (en allemand)
- econcept 2009 : Grundlagen für die Energiepolitik der Gemeinde Kilchberg. Im Auftrag Gemeinde Kilchberg, econcept Zürich

Impressum

Editeur : SuisseEnergie pour les communes, c/o Bio-Eco Sàrl, 1304 Cossonay et la Conférence suisse des services cantonaux de l'énergie (EnFK)
Impression : septembre 2013 (f)

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

Groupe d'accompagnement : Kurt Egger (SuisseEnergie pour les communes), Ursula Eschenauer (Canton de St-Gall), Sascha Gerster (Canton de Zurich), Jules Gut (Canton de Lucerne), Robert Horbaty (SuisseEnergie pour les communes), Michel Müller (Canton d'Argovie), Alex Nietlisbach (Canton de Zurich), Marcel Sturzenegger (Canton de St-Gall), Deborah Wettstein (Canton de Berne)

Mandataire : Brandes Energie AG (Maren Kornmann), econcept AG (Reto Dettli, Noemi Rom), PLANAR AG für Raumentwicklung (Bruno Hoesli, Michael Rothen, Fabia Moret)

Traduction : Monique Niederoest

Version (f) : Bio-Eco Sàrl, coordination (Sophie Borboën, Aline Savio-Golliard), adaptation et exemples : Bio-Eco (Brigitte Dufour-Fallot) et SEREC (Antonio Turiel)

Layout (f) : Scriptum, www.scriptum.ch