



# Sources d'énergie: chiffres et faits

Utilisation, potentiel et risques en Suisse de différentes sources d'énergie



sc | nat <sup>+</sup>

Swiss Academy of Sciences  
Akademie der Naturwissenschaften  
Accademia di scienze naturali  
Académie des sciences naturelles

**SATW**

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften  
Académie suisse des sciences techniques  
Accademia svizzera delle scienze tecniche  
Swiss Academy of Engineering Sciences

# Contenu

Introduction.....	1
Remarques sur les différentes ressources .....	2
Explications concernant les colonnes des tableaux.....	4
Électricité .....	6
Chaleur.....	7
Carburant.....	8
Références .....	9



## **IMPRESSUM:**

### **Editeur:**

Académie des sciences naturelles suisse (SCNAT)

Schwarztorstrasse 9, 3007 Berne

Tél. +41 (0)31 310 40 20

Fax +41 (0)31 310 40 29

E-Mail: [info@scnat.ch](mailto:info@scnat.ch)

Académie suisse des sciences techniques (SATW)

Seidengasse 16, 8001 Zurich

Tél. +41 (0)44 226 50 11

Fax +41 (0)44 226 50 19

E-Mail: [info@satw.ch](mailto:info@satw.ch)

### **Auteur et Rédaction:**

ProClim– Forum for Climate and Global Change

Schwarztorstrasse 9, 3007 Berne

Tél. +41 (0)31 328 23 23

Fax +41 (0)31 328 23 20

E-Mail: [neu@scnat.ch](mailto:neu@scnat.ch)

**Traduction:** Jean-Claude Baltzinger, Anne Streiff

**Layout:** Olivia Zwygart

**Photos:** Christoph Ritz, Christoph Kull

Berne, février 2007



# Sources d'énergie: chiffres et faits

## Utilisation, potentiel et risques en Suisse de différentes sources d'énergie

*Auteur et rédaction: Urs Neu, ProClim-*

Le document donne un aperçu des ordres de grandeur des données importantes (réserves, coûts, émissions, potentiels, etc.) pour les décideurs sur les principales sources d'énergie.

Il n'existe aucun rapport fournissant toutes ces données importantes pour les décideurs pour l'ensemble des sources d'énergie pour la Suisse. Il existe par contre de nombreuses études portant sur certains secteurs. La présente compilation tente de faire une synthèse à partir de la multitude d'études provenant d'institutions reconnues et d'opinions d'experts.

Diverses hypothèses et méthodes de calcul sont à la base des différentes études. Les valeurs trouvées dans la littérature ne sont par conséquent pas exactement comparables entre elles, toutefois elles donnent une

idée de l'ordre de grandeur et de la marge de fluctuation des chiffres recherchés. Pour tout de même pouvoir, dans une certaine mesure, les comparer on n'a pris en compte que les études qui satisfont à diverses conditions cadres (p. ex. analyses des émissions sur un «life cycle», voir les explications des colonnes ci-dessous). Ne peuvent donc être comparés que des ordres de grandeur, et non pas les limites quantitatives inférieures et supérieures. Au niveau des coûts, ne sont présentées que des comparaisons relatives. On consultera les études spécifiques pour avoir des données détaillées sur chacune des ressources.

Les analyses des différentes formes d'énergie (électricité, chaleur, transport) diffèrent, c'est la raison pour laquelle les coûts et les émissions entre les formes d'énergie ne sont pas comparables.



## Remarques sur les différentes ressources

**Charbon:** de nos jours, le charbon n'a en Suisse qu'une importance relativement mineure, mais il pourrait à l'avenir regagner en importance sur le plan mondial car les réserves sont plus importantes que celles du pétrole et du gaz naturel. Le charbon est mieux réparti géographiquement et provient de régions politiquement plus stables. Le charbon pourrait en outre devenir moins cher à long terme que les autres ressources fossiles.

**Pétrole:** les réserves mondiales de pétrole sont évaluées de manières très diverses. Les réserves de pétrole sous forme difficilement exploitables (sables pétrolifères et schistes bitumineux) ont beau être importantes, leur exploitation coûtera très cher et, selon leur teneur, consommera beaucoup d'énergie. A long terme, les prix vont monter avec l'augmentation des besoins et la diminution des réserves. Les réserves facilement exploitables sont extrêmement concentrées géographiquement et se trouvent dans des régions politiquement instables.

**Gaz naturel:** les réserves de gaz naturel dureront un peu plus longtemps que les réserves de pétrole facilement accessibles. Dans l'ensemble, le gaz naturel produit moins d'émissions polluantes que le pétrole et le charbon, mais les émissions de CO<sub>2</sub> restent malgré tout encore très élevées. La plupart des réserves se trouvent sur le territoire de l'ancienne Union soviétique, et donc dans un secteur qui connaît une évolution politique instable. Les prix évoluent à peu près parallèlement à ceux du pétrole et continueront aussi d'augmenter à long terme.

**Uranium:** au rythme actuel de sa consommation, les réserves d'uranium peuvent tenir encore assez longtemps, mais elles ne sont pas illimitées et, avec le temps, ne seront encore exploitables qu'à des coûts élevés. L'énergie nucléaire produit très peu d'émissions de CO<sub>2</sub>, mais les réserves ne permettent pas vraiment de forte extension au niveau mondial des centrales nucléaires pour qu'elles soient les substituts du charbon et

du pétrole (réduction du CO<sub>2</sub>). Ceci ne serait possible qu'avec des réacteurs d'une nouvelle génération qui reste encore à développer (p. ex. les surgénérateurs) avec une utilisation bien plus efficace des ressources. Ce qui exige encore d'énormes efforts et coûts de développement. Pour le problème des déchets, en Suisse, la faisabilité technique est en théorie démontrée, mais sa mise en pratique n'a pas encore de solution. L'acceptation politique de nouvelles centrales nucléaires est un gros point d'interrogation.

**Énergie hydraulique:** le potentiel de l'énergie hydraulique est en Suisse très largement épuisé, parfois aussi pour des raisons de protection du paysage. Il reste encore un certain potentiel dans le secteur des petites centrales ou des centrales au fil de l'eau. A long terme, la production d'électricité d'origine hydraulique pourrait diminuer en périodes sèches si le volume des glaciers diminue drastiquement. En raison des modifications climatiques, on s'attend d'une part à une augmentation des précipitations en hiver et d'autre part à une augmentation des besoins en électricité en été (réfrigération). Ceci réduit le besoin de stockage d'eau l'été en prévision de l'hiver. Les coûts de production d'électricité par les centrales existantes sont bas, mais les coûts de revient des installations récemment construites sont nettement plus élevés. En raison de la possibilité d'arrêt ou de mise en marche rapide des centrales, il existe un potentiel élevé et stratégiquement important de pouvoir réguler à court terme l'ensemble du réseau européen.

**Soleil:** en cas d'augmentation de la demande et de nouveaux progrès techniques, on table sur une baisse des coûts de revient aujourd'hui encore très élevés de production de courant électrique. Considérée sur un «life cycle», la production d'électricité par des cellules photovoltaïques comporte une production relativement élevée de polluants par rapport à d'autres énergies renouvelables. Par contre, la production de CO<sub>2</sub> dans les centrales électriques héliothermiques est nettement plus fai-



ble. La production irrégulière d'énergie est un inconvénient. Un fort potentiel réside par contre dans la production de chaleur locale à des coûts et avec des émissions polluantes relativement faibles. La construction de centrales électriques héliothermiques autour de la Méditerranée recèle un potentiel très élevé, ce qui cependant signifierait, une fois encore, une dépendance de l'étranger, mais tout de même dans des régions politiquement plus sûrs que pour le pétrole et le gaz naturel.

**Géothermie & chaleur environnante:** si l'exploitation de la chaleur environnante (de l'air, de l'eau et surtout du sol) a un très grand potentiel et présente beaucoup d'avantages (disponible de manière pratiquement illimitée, dans le temps comme dans l'espace, source indigène, faible production de polluants), elle a toutefois l'inconvénient d'avoir besoin d'électricité pour sa production. La production de chaleur des profondeurs du sol (géothermie profonde), et la production d'électricité qui lui fait suite, ont un potentiel très élevé: indigène, propre, disponible de manière pratiquement illimitée. De gros efforts sont toutefois encore nécessaires pour développer des installations. La production d'électricité est surtout judicieuse en relation avec l'utilisation de la chaleur produite.

**Vent:** pour la production d'électricité à partir de parcs d'éoliennes, l'espace à disposition est en Suisse relativement limité. Pour une contribution notable à la fourniture d'énergie de nombreuses installations seraient nécessaires.

**Bois & biomasse:** le bois et la biomasse sont des sources d'énergie indigènes dont la taille est toutefois limitée et les émissions polluantes relativement élevées, surtout celles de  $\text{NO}_2$  et de poussières fines. Les installations de filtration sont une condition à leur exploitation sur une plus large échelle. Les ressources existantes (surtout vieux bois, déchets) devraient être utilisées. Le potentiel de production de biomasse comme agent énergétique est limité en Suisse.

**Biogaz:** il en est pour le biogaz comme pour le bois, mais les émissions polluantes sont nettement moindres. Le méthane issu de la biomasse peut être produit à partir de déchets de bois et de biomasse liquide (lisier). Ce méthane peut être distribué et utilisé au travers des réseaux de distribution de gaz existants. Le potentiel du biogaz est en concurrence avec l'utilisation de la biomasse pour le chauffage (au lieu de la fermentation) et pour la production de biocarburant.

**Déchets industriels & UIOM:** le potentiel d'utilisation de l'incinération des ordures pour la production de chaleur et d'électricité est en Suisse déjà largement exploité.

**Potentiel d'économies:** il existe un potentiel considérable d'économies dans de nombreux domaines, surtout dans celui de l'isolation thermique et de l'efficacité énergétique des machines, moteurs, appareils électriques, etc. L'exploitation de ce potentiel requiert des investissements qui, grâce toutefois à une moindre consommation d'énergie, sont au moins partiellement compensés ou même dans certains cas surcompensés, aussi bien dans les machines que dans les véhicules. Le bilan au niveau des coûts est alors surtout positif si, dans le remplacement ou la fabrication de routine d'appareils, d'automobiles, etc. les standards techniques les plus élevés sont appliqués. C'est surtout la mise à niveau des appareils qui entraîne des coûts. A long terme, le plus efficace est l'imposition de normes très élevées à l'achat de nouveaux appareils.

**Couplage chaleur-force:** quelles que soient les agents énergétiques utilisés, il faut veiller à ce que, dans la production combinée d'électricité et de chaleur, la valorisation de l'énergie soit plus efficace, aussi bien dans les centrales électriques que dans les petites installations.



## Explications concernant les colonnes des tableaux

**Ressources:** présentation des ressources énergétiques actuelles et futures de la Suisse.

**Part de la consommation aujourd'hui:** part (en %) de la consommation de la Suisse en 2005 (selon les statistiques de l'OFEN).

\*Répartition du chauffage à distance (part de l'énergie-mix 1,8 %): pour 50 % des déchets industriels + UIOM et pour 50 % du pétrole – Répartition de la production thermique d'électricité (5,4 % de la production d'électricité) pour 50 % de UIOM + déchets industriels et pour 50 % du pétrole.

**Réserves:** durée de la couverture de la consommation actuelle par les réserves existantes dans le monde. Attention: en cas de forte augmentation de la consommation, cette durée sera raccourcie d'autant.

**Sécurité d'approvisionnement:** la sécurité d'approvisionnement prend en compte les facteurs suivants:

1. Disponibilité à court terme (production d'énergie constante ou stochastique, c.-à-d. qu'elle varie p. ex. en fonction du temps, ou qu'elle est en principe utilisable librement). Elle influe sur la stabilité du réseau électrique (la production stochastique d'énergie en grande quantité requiert qu'elle soit contrebalancée par des sources librement utilisables).
2. Pour quelle durée de consommation (sur la base de la consommation actuelle) les réserves en Suisse sont-elles emmagasinées?
3. Région de production (Suisse, importation, production dans – ou transport à travers – des régions politiquement instables).

La sécurité d'approvisionnement est surtout critique dans le secteur de l'électricité où les possibilités de stockage sont très faibles et l'adaptation du mécanisme liant prix/offre/demande fonctionne trop lentement (stabilité du réseau). Dans le secteur du chauffage, le fait que les ressources soient situées

dans des zones géographiquement limitées a pour conséquence que des événements majeurs (catastrophes naturelles, guerres, activités politiques) peuvent entraîner de grandes difficultés d'approvisionnement (plus forte est la concentration et plus grande est l'incertitude).

**Coûts:** indication des coûts pour la mise à disposition d'une quantité d'énergie sous forme utilisable équivalente à 1 kWh. Ces coûts dépendent entre autres de la forme de production (p. ex. pétrole de puits ou de schistes bitumeux, taille de la centrale). On a aussi tenu compte des variations de prix, des baisses de prix dues aux développements technologiques, ainsi que des hausses de prix dues à la raréfaction de la ressource. Les coûts doivent inclure l'intégralité du «life cycle» (coûts de revient), et donc l'extraction, le transport, la construction de la centrale, les coûts de production, l'élimination des déchets. Les coûts externes (comme p. ex. les coûts indirects liés aux polluants) ne sont pas compris dans les coûts. Seulement des coûts relatifs comparés aux autres ressources sont représentés ainsi que le développement durant les décennies à venir (de gauche à droite). Rouge indique des coûts relativement élevés, bleu moyens et vert relativement bas.

**Émission de polluants:** donne la quantité de polluants émis par kWh d'énergie utilisée. Sont indiqués: le CO<sub>2</sub>, les hydrocarbures, les oxydes d'azote, les particules et d'autres polluants importants éventuels. La quantité de polluants émis se rapporte à l'entier du «life cycle» (extraction, transport, construction de la centrale, incinération, élimination des déchets).

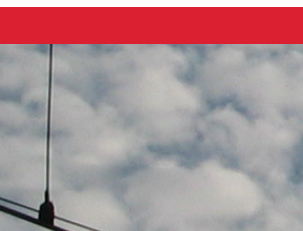
**Risques:** risques techniques liés à la production, au transport (p. ex. fuites, effets sur l'environnement), à l'élimination des déchets (radioactivité, résidus toxiques, etc.) ainsi qu'aux risques pour l'environnement (pollution atmosphérique, émissions agissant sur le climat). L'adhésion politique fait aussi partie des risques liés à l'utilisation.



**Contribution possible à l’approvisionnement énergétique en Suisse:** on indique l’ordre de grandeur de la contribution possible absolue à l’approvisionnement énergétique futur en Suisse en 2020 et 2050 (en GWh). Cette indication est une estimation raisonnablement optimiste du potentiel. La part dans l’énergie-mix dépend de l’évolution de la demande. Les indications en % éventuelles sont converties en contributions énergétiques absolues.

**Chances et potentiel:** progrès possibles dans l’extraction de la ressource, possibilités de réduire les risques ou les émissions (p. ex. CO<sub>2</sub>-capturing), possibilités d’utilisation dans d’autres systèmes de consommation. Possibilités de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par séquestration (fixation du CO<sub>2</sub> émis et stockage dans le sol) et coûts associés.

**Urgence du point de vue scientifique:** urgence à propos de cette ressource du point de vue scientifique en ce qui concerne les risques, la sécurité d’approvisionnement, nécessité de développer la recherche, etc.



## Électricité

Ressources	Part actuel dans la consom. (%)	Réserves	Sécurité d'approvisionnement 1. Disponibilité 2. Possibilité stockage CH 3. Lieu de production	Coûts (aujourd'hui à gauche, futur à droite)	Émissions de polluants par kWh – GHG (équiv. CO <sub>2</sub> ) – NOx – Particules (PM10)	Risques – Déchets – Risques pour l'environnement – Adhésion politique	Contribution possible à l'approvisionnement énergétique de la Suisse (en GWh) 2020/2050 Électricité actuellement: 60'000	Chances et potentiel (y c. séquestration)	Besoin d'agir du point de vue scientifique
Charbon	< 0.1	> 100 ans	1. Libre 2. Semaines 3. Étranger / incertitude légère		– 800-1700 g CO <sub>2</sub> – 500-1000 mg NOx – 50-150 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atm. – Exploitation (accidents) – Attentat terroriste		– Filtres – Séquestration CO <sub>2</sub>	– Séparation du CO <sub>2</sub> – Séquestration
Pétrole	2.7	40-90 ans	1. Libre 2. Mois 3. Étranger / grande incertitude		– 500-1200 g CO <sub>2</sub> – 300-1200 mg NOx – 20-30 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Risques pour l'environnement lors du transport – Attentat terroriste		– Filtres – Séquestration CO <sub>2</sub> – Découverte de nouvelles réserves – Amélioration des rendements	– Perfectionnement de la technologie
Gaz naturel	< 0.1	70-130 ans (70 ans connus)	1. Libre 2. Jours 3. Étranger / incertitude mod. à grande		– 400-1000 g CO <sub>2</sub> – 80-500 mg NOx – < 1 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Attentat terroriste	– Importé seulement – CE G+V – Couvre théoriquement tous les besoins – Disponibilité limitée à long terme	– CCF et pompes à chaleur à gaz	
Uranium	38	50-150 ans (50 connus)	1. Constante 2. Ans 3. Étranger / légère incertitude		– 5-50 g CO <sub>2</sub> – 20-200 mg NOx – 1-30 mg PM10	– Risque GAU 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-6</sup> /par réacteur et année – Élimination non résolue déchets – Adhésion politique – Attentat terroriste	– 2020: 22'000 – 2050: Couvre théoriquement tous les besoins – Disponibilité à long terme dépend des progrès techniques	– Nouvelle génération (génération IV, «réacteurs rapides», surrégénérateurs) – Exploitation de la chaleur d'échappement	– Matériaux à haute température
Énergie hydraulique	56.5	Renouvelable	1. Parfois libre, parfois constante, limitée à long terme en cas de séch. 2. Mois 3. En Suisse	Petite centrale	– 4-40 g CO <sub>2</sub> – 10-80 mg NOx – 15-60 mg PM10	– Eau résiduelle – Protection paysage – Attentat terroriste – Tremblement de terre	– 34000-40000 – Limitation à long terme en cas de longues périodes de sécheresse		– Effet de longues périodes sèches sans glaciers
Soleil	< 0.1	Renouvelable	1. Stochastique 2. Jours 3. En Suisse		– 40-150 g CO <sub>2</sub> (PV) resp. 10-20 g CO <sub>2</sub> (CE héliothermique) – 40-300 mg NOx – 60-120 mg PM10	– Substances toxiques dans la production de cellules PV (surtout F, partiellement As, Cd)	– Aujourd'hui: 17 – PT: 30'000 – Réaliste 2020: 50-300 2050: 1000-5000	– kW héliothermiques importés du bassin méditerranéen – PT 2035: 250'000 GWh	
Géothermie profonde	< 0.1	Renouvelable	1. Constante 2. Heures 3. En Suisse		– 20-60 g CO <sub>2</sub>	– Risques techniques – Dégagement de petits tremblements de terre lors de la construction	– 2050: 2000 – Très élevée à long terme	– Très grand potentiel – Coûts et faisabilité technique incertains – Exploitation de la chaleur d'échappement	– Exploration des aquifères profonds – Technique
Vent	< 0.1	Renouvelable	1. Stochastique 2. – 3. En Suisse / étranger		– 10-20 g CO <sub>2</sub> – 40-70 mg NOx – 10-50 mg PM10	– Aspect du paysage	– Aujourd'hui: 5 – 2050: 1000-4000 (chiffre élevé requière des installations individuelles)		
Bois Biomasse	< 0.1	Renouvelable	1. Libre 2. Semaines 3. En Suisse		– 50-150 g CO <sub>2</sub> – 1500-2500 mg NOx – 50-2000 mg PM10	– Émissions de particules et de NOx (bois) – Evtl. consommation d'eau	– Aujourd'hui: 900 – 2020: 1000-2000 – 2050: 3000-4000	– Réduction des émissions par filtres à particules – CCF décentralisé	– Chaudière à condensation – Condensation des fumées
Biogaz	< 0.1	Renouvelable	1. Libre 2. Jours 3. En Suisse		– 10-11 g CO <sub>2</sub> – 500-700 mg NOx – 30-50 mg PM 10	Rien	– 2050: 5000 (Concurrent de l'essence)		
Déchets industriels + UIOM	2.7	Renouvelable	1. Constante 2. Semaines 3. En Suisse			Rien	– Aujourd'hui: 1300 – PT: 1600	– Potentiel presque épuisé – Meilleur degré d'efficacité	
Potentiel d'économie			Pas pertinent			Rien	– Optim.-réalist. jusqu'à 2035: 10'000-15'000	– App. plus efficaces – CFF	

Ressources	Part actuel dans la consom. (%)	Réserves	Sécurité d'approvisionnement 1. Disponibilité 2. Possibilité stockage CH 3. Lieu de production	Coûts (aujourd'hui à gauche, futur à droite)	Émissions de polluants par kWh – GHG (équiv. CO <sub>2</sub> ) – NOx – Particules (PM10)	Risques – Déchets – Risques pour l'environnement – Adhésion politique	Contribution possible à l'approvisionnement énergétique de la Suisse (en GWh) 2020/2050 Chaleur actuellement: 110'000	Chances et potentiel (y c. séquestration)	Besoin d'agir du point de vue scientifique
Charbon	1.4	> 100 ans	1. Libre 2. Semaines 3. Étranger / incertitude légère		– 400-700 g CO <sub>2</sub> – 300-600 mg NOx – 200-1000 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Exploitation (accidents)	– Théoriquement grande – Importé seulement	– Filtres – Séquestration CO <sub>2</sub>	
Pétrole	58	40-90 ans	1. Libre 2. Mois 3. Étranger / grande incertitude		– 300-500 g CO <sub>2</sub> – 200-500 mg NOx – 30-70 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Risques pour l'environnement lors du transport	– Importé seulement – Couvre théoriquement tous les besoins – Disponibilité limitée à long terme	– Filtres – Séquestration CO <sub>2</sub> – Découverte de nouvelles réserves – Amélioration des rendements	– Perfectionnement de la technologie
Gaz naturel	27	70-130 ans (70 ans connus)	1. Libre 2. Jours 3. Étranger / incertitude mod. à grande		– 200-400 g CO <sub>2</sub> – 200-700 mg NOx – 5-20 mg PM10	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques	– Importé seulement – CE G+V – Couvre théoriquement tous les besoins – Disponibilité limitée à long terme		
Soleil	< 0.5	Renouvelable	1. Stochastique 2. Jours 3. En Suisse		– 5-30 g CO <sub>2</sub> – 50-70 mg NOx	Rien	– Aujourd'hui: 190 – PT: 20'000 – 2050: 3000-5000		
Chaleur environnante (pompes à chaleur)	1.4	Renouvelable	1. Constante 2. Heures/jours 3. En Suisse		– 3-50 g CO <sub>2</sub> – 50-100 mg NOx	– Protection des eaux souterraines	– Aujourd'hui: 1000 – PT: 20'000 – 2050: 5000-10000 – Grande à long terme – Besoin de courant électr.		
Géothermie profonde	< 0.5	Renouvelable	1. Constante 2. Heures 3. En Suisse		– 1-10 g CO <sub>2</sub>	– Échangeurs de chaleur dans le sous-sol – Comportement à long terme – Dégagement de petits tremblements de terre lors de la construction	– 2050: 2000-10000 – Grande à long terme		– Exploration des aquifères profonds – Technique
Bois Biomasse	7	Renouvelable	1. Libre 2. Semaines 3. En Suisse		– 5-40 g CO <sub>2</sub> – 100-700 mg NOx – 50-200 mg PM10	– Émissions de particules et de NOx (bois) – Evtl. consommation d'eau	– Aujourd'hui: 4000 – 2050: 5000-10000	– Gazéification g biogaz	– Chaudière à condensation – Condensation des fumées
Biogaz	< 0.5	Renouvelable	1. Libre 2. Jours 3. En Suisse	(CCF)	– 0.2 g CO <sub>2</sub> – 400-1800 mg NOx – 1-100 mg PM10	Rien	– Aujourd'hui: 600 – 2050: 5000 (CCF)		
Déchets industriels + UIOM	5	Renouvelable	1. Constante 2. Semaines 3. En Suisse			Rien	– Aujourd'hui: 2500 – Épuisé	– Exploitation de la chaleur d'échappement lors de la production d'électricité	
Potentiel d'économie			Pas pertinent		– 1-50 g	Rien	– 20'000-40'000	– Isolation, minergie – Chauffages efficaces – Production efficace	

### Abréviations

- CCF: couplage chaleur-force
- CO<sub>2</sub>: gaz à effet de serre en équivalents de CO<sub>2</sub>
- PT: potentiel technique
- CE: centrale électrique
- PV: photovoltaïque (cellules solaires)
- G+V: gaz et vapeur (installation à cycle combiné avec turbines à gaz et à vapeur)
- UIOM: Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères

### Code des couleurs

Ordre de grandeur des valeurs **positif**, **moyenne** ou **négatif**

### Unités

Contributions énergétiques en GWh (1 GJ = 278 kWh, 1 PJ = 278 GWh)

## Carburant

Ressources	Part actuel dans la consom. (%)	Réserves	Sécurité d'approvisionnement 1. Disponibilité 2. Possibilité stockage CH 3. Lieu de production	Coûts (aujourd'hui à gauche, futur à droite)	Émissions de polluants par kWh – GHG (équiv. CO <sub>2</sub> ) – NOx – Particules (PM10)	Risques – Déchets – Risques pour l'environnement – Adhésion politique	Contribution possible à l'approvisionnement énergétique de la Suisse (en GWh) 2020/2050 Transport actuellement: 80'000	Chances et potentiel (y c. séquestration)	Besoin d'agir du point de vue scientifique
Charbon liquéfié	< 0.1	> 100 ans	1. Libre 2. Semaines 3. Étranger / incertitude légère		350-400 g CO <sub>2</sub>	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Exploitation (accidents)	– Remplaçant passager de pétrole		
Pétrole	99	40-90 ans	1. Libre 2. Mois 3. Étranger / grande incertitude		250-300 g CO <sub>2</sub>	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques – Risques pour l'environnement lors du transport	– Importé seulement – Couvre théoriquement tous les besoins – Disponibilité limitée à long terme	– Filtres – Découverte de nouvelles réserves – Amélioration des rendements	
Gaz naturel	< 0.5	70-130 ans (70 ans connus)	1. Libre 2. Jours 3. Étranger / incertitude mod. à grande		220-260 g CO <sub>2</sub>	– Émissions CO <sub>2</sub> – Polluants atmosphériques	– 2020: 1% des véhicules au gaz naturel – 2050 grande		
Biodiesel	< 0.5	Renouvelable	1. Libre 2. Semaines 3. En Suisse		50-200 g CO <sub>2</sub>	– Perte de biodiversité en cas de monocultures		– Potentiel domestique limité	– Chaudière à condensation – Condensation des fumées
Biogaz	< 0.5	Renouvelable	1. Libre 2. Jours 3. En Suisse	Selon le prix des déchets	5-10 g CO <sub>2</sub>	– Perte de biodiversité en cas de monocultures	– 1% des véhicules au gaz avec biogaz		
Potentiel d'économie			Pas pertinent			Rien	– 20'000-30'000 – 3000-7000	– Moteurs et véhicules plus efficaces – Transports publics	

## Code des couleurs

Ordre de grandeur des valeurs **positif**, **moyenne** ou **négatif**

## Unités

Contributions énergétiques en GWh (1 GJ = 278 kWh, 1 PJ = 278 GWh)

## Abréviations

CCF: couplage chaleur-force

CO<sub>2</sub>: gaz à effet de serre en équivalents de CO<sub>2</sub>

PT: potentiel technique

CE: centrale électrique

PV: photovoltaïque (cellules solaires)

G+V: gaz et vapeur (installation à cycle combiné avec turbines à gaz et à vapeur)

UIOM: Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères

- Dones R., T. Heck, S. Hirschberg, 2004: Greenhouse Gas Emissions from Energy Systems, Comparison and Overview. Encyclopedia of Energy, 3, 77-95.
- Ereuerbare Energien und Nuklearanlagen, BFE 2005  
([http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_547459984.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_547459984.pdf))
- Energieperspektiven 2050 der Umweltorganisationen  
([http://www.energiestiftung.ch/files/energieperspektiven/kurzfassung\\_ellipson\\_web.pdf](http://www.energiestiftung.ch/files/energieperspektiven/kurzfassung_ellipson_web.pdf))
- Plan de route: Energies renouvelables Suisse – Une analyse visant la valorisation des potentiels d'ici 2050, rapport SATW N° 39, Académie suisse des sciences techniques SATW, 2007  
(voir <http://www.satw.ch>)
- Ausbaupotential der Wasserkraft, BFE 2004  
([http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_490499577.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_490499577.pdf))
- Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Nitsch et al.) 2004  
([http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/publications/Oekologisch\\_optimierter\\_Ausbau\\_Langfassung.pdf](http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/publications/Oekologisch_optimierter_Ausbau_Langfassung.pdf))
- Potentiale zur energ. Nutzung von Biomasse in der Schweiz, BFE 2004  
([http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_736197123.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_736197123.pdf))
- Würsten F., Tec21, 45/2004  
([http://www.tec21.ch/pdf/tec21\\_4520041780.pdf](http://www.tec21.ch/pdf/tec21_4520041780.pdf))
- Williams R.H. and E.D. Larson, 2003: A comparison of direct and indirect liquefaction technologies for making fluid fuels from coal. Energy for Sustainable Development, Volume VII (4), December 2003
- Chinese Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century, Study of BMELV  
(<http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biofuels-for-transportation-in-china-2005.pdf>)
- CH50% – Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien, rapport SATW N° 30, 1999
- Schuss M., Life cycle Analyse von Passiv-Häusern, Diplomarbeit  
([http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/daten/produkte/gemis/LCA\\_Passivhaus.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/daten/produkte/gemis/LCA_Passivhaus.pdf))
- Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), V4.2, Ökoinstitut Darmstadt 2004  
([http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g42-results\\_1.zip](http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/g42-results_1.zip))
- Hirschberg S., PSI, 2003  
(<http://lrs.epfl.ch/webdav/site/lrs/shared/Document/hirschberg2.pdf>)



### Remerciements

Nous remercions chaleureusement Lukas Gutzwiller (BFE), Kurt Wiederkehr (VSE), Paolo Burlando (ETH Zürich), Andreas Zuberbühler (SATW), Christoph Ritz (ProClim–), Philipp Dietrich (PSI), Stefan Hirschberg (PSI), Robert Horbaty (Suisse Eole), Markus Real (Alpha Real AG), David Stickelberger (Swissolar), Hans-Christian Angele (BiomassEnergie), Jürg Buri (Energienstiftung Schweiz), Andreas Grossen (Gas naturel CH), Armin Heitzer (Swissoil), Andreas Keel (Energie-Bois Suisse), Leo Scherrer (Greenpeace) et Roland Wyss (Géothermie Suisse) pour les informations et les contributions aux discussions.

### Informations brèves sur les institutions

**SCNAT:** L'Académie des sciences naturelles (SCNAT) encourage et met en réseau les sciences naturelles au niveau régional, national et international. Les accents de l'Académie sont la reconnaissance précoce des thèmes importants pour la société, l'éthique dans les sciences et le dialogue avec la société ([www.scnat.ch](http://www.scnat.ch)).

**SATW:** La SATW se mobilise pour une meilleure compréhension des sciences techniques, encourage l'application des résultats de recherche dans les services économiques et met en réseau les spécialistes des sciences techniques au niveau national et international entre eux et avec d'autres disciplines ([www.satw.ch](http://www.satw.ch)).

**ProClim–:** ProClim– est le Forum suisse de la SCNAT pour le climat et les changements environnementaux globaux. Son but est un soutien des échanges de connaissance dans la recherche et entre la recherche, les dirigeants et la société ([www.proclim.ch](http://www.proclim.ch)).