

La production d'électricité à partir de sources renouvelables (hors énergie hydraulique) a plus que doublé depuis 2010, mais n'atteint que 4,5 %.

L'ensoleillement annuel en Suisse est 220 fois plus élevé que la consommation d'énergie annuelle.

La Suisse est l'un des pays qui utilisent le plus intensivement la géothermie avec des pompes à chaleur pour chauffer les bâtiments.

Les installations d'incinération de déchets fournissent environ 2 % de l'énergie totale en Suisse.

Les chauffages au bois produisent environ la moitié de la chaleur issue des sources renouvelables.



## Nouvelles sources d'énergie pour la Suisse

Le soleil | l'eau | le vent

# De nouvelles sources sont nécessaires en grande quantité

830 000 TJ (térajoules) – telle est la quantité totale d'énergie finale que consomme approximativement la Suisse chaque année. Le secteur des transports en consomme presque 40 %. Un autre quart de l'énergie est consommé par les ménages. Le reste se répartit entre l'industrie et le secteur des services avec respectivement 15 à 20 % de l'énergie.

## Le problème des gaz à effet de serre

Le problème est le suivant: deux tiers de notre consommation énergétique sont toujours basés sur les sources d'énergie fossiles que sont le mazout, le gaz naturel, l'essence, le diesel et le kérosène. Nous les utilisons avant tout pour chauffer des locaux, pour les transports ou dans des installations industrielles. Les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant en Suisse restent donc élevées.

La situation est meilleure en ce qui concerne l'électricité: en Allemagne, par exemple, plus de la moitié de l'électricité est encore produite dans des centrales au charbon et au gaz, alors que la Suisse produit son électricité pratiquement sans émissions de CO<sub>2</sub>, cela essentiellement grâce à l'énergie hydraulique et les centrales nucléaires. Les centrales à accumulation dans les Alpes et les centrales fluviales sur le Plateau produisent environ 60 % de notre électricité. À peine 40 % proviennent de cen-

trales nucléaires, et le reste d'autres sources principalement renouvelables.

## Des pertes lors de la conversion

En réalité, nous consommons beaucoup plus d'énergie que l'«énergie finale», car le transport et la conversion des différentes énergies requièrent également de l'énergie. Les pertes sont particulièrement importantes lorsque l'on transforme l'énergie thermique en énergie électrique ou mécanique. Le cycle de Carnot, publié par Sadi Carnot en 1824, est un cycle thermodynamique théorique transformant la chaleur issue de deux réservoirs à températures différentes en énergie électrique ou mécanique. Plus la différence des températures est petite, plus le rendement est faible. Même dans une centrale à charbon très moderne, équipée de turbines à vapeur de dernière génération, le rendement maximal oscille entre 40 et 45 %.

## Les possibilités sont multiples

Pour parer aux inconvénients de l'approvisionnement énergétique actuel, d'autres sources d'énergies renouvelables sont nécessaires en plus de l'énergie hydraulique. L'énergie éolienne, l'énergie solaire, la géothermie, le bois, le biogaz, les rejets de chaleur des grandes installations industrielles ou les centrales de cogénération, qui produisent simultanément de l'électricité et de la chaleur, sont autant d'exemples qui illustrent les possibilités d'utiliser d'autres sources pour notre approvisionnement énergétique. Il est clair toutefois que chacune de ces nouvelles sources d'énergie ne peut résoudre à elle seule notre problème énergétique. Il est donc indispensable de combiner ces différentes technologies, car chacune d'entre elles a ses avantages et ses inconvénients.

# Les eaux usées, source d'électricité et de chaleur

L'eau que nous utilisons quotidiennement recèle beaucoup d'énergie. Mais une grande quantité d'électricité et de chaleur industrielle est nécessaire pour amener l'eau propre aux consommateurs et la purifier ensuite dans les stations d'épuration. Des technologies adaptées permettent toutefois de récupérer une partie de cette énergie.

## Le gaz du bassin de fermentation

La production d'énergie dans les stations d'épuration est déjà largement répandue. Les boues d'épuration subsistant après le traitement des eaux usées sont traitées dans un bassin de fermentation. À une température de 35°C, les microorganismes décomposent la matière organique restante. Il en résulte du gaz de fermentation, un mélange gazeux qui se compose environ de deux tiers de méthane. Dans de nombreuses stations d'épuration, ce gaz est récupéré pour servir ensuite à la production d'électricité et de chaleur dans une centrale de cogénération. L'électricité et la chaleur peuvent être directement mises à profit dans les stations d'épuration: l'électricité permet par exemple d'actionner les pompes, tandis que la chaleur sert au chauffage du bassin de fermentation et du bâtiment d'exploitation. Aujourd'hui, les meilleures stations d'épuration sont tellement efficaces qu'elles produisent plus d'électricité qu'elles n'en consomment.

Il y a beaucoup d'énergie dans les eaux usées. On peut donc produire de l'électricité et de la chaleur à partir des boues d'épuration.

Les eaux usées renferment également de l'énergie utile: la chaleur résiduelle qu'elles contiennent pourrait servir à chauffer un bâtiment sur six en Suisse. À l'heure actuelle, la Suisse compte déjà près de 300 installations qui exploitent la chaleur résiduelle des eaux usées.

## Une légère pente suffit

Désormais, l'eau potable sert aussi à produire de l'énergie dans de nombreuses communes. Des «centrales à eau potable» exploitent la différence de hauteur entre l'installation de captage et le réservoir pour la production d'électricité. Comme dans une centrale hydroélectrique «normale», l'eau qui ruisselle actionne une turbine qui produit de l'électricité au moyen d'un générateur. Lorsque les conduites contiennent suffisamment d'eau, l'installation d'un tel dispositif est déjà profitable avec une différence d'altitude relativement faible de quelques dizaines de mètres. En Suisse, plus de 200 turbines hydrauliques sont désormais en service. Chaque année, elles produisent la quantité d'électricité consommée par 20 000 ménages.



# Une éolienne pour chaque maison?

Lorsqu'il est question d'énergie éolienne, la plupart des gens pensent tout de suite aux grands parcs éoliens offshore en mer du Nord et en mer Baltique. Mais qu'en est-il des pays comme la Suisse qui ne disposent d'aucun accès à la mer ni d'un espace suffisant pour les énormes parcs éoliens? L'installation d'éoliennes sur les toits des immeubles de nos villes serait-elle la solution?

Nous avons interrogé Markus Geissmann, responsable du domaine de l'énergie éolienne à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), où la question s'est aussi posée. Il y a cinq ans, une prise de position sur la possibilité d'installer de petites éoliennes sur les immeubles a même été élaborée. Bilan: l'énergie éolienne urbaine en Suisse n'en vaut pas la peine. «Généralement, nos villes et communes sont construites dans des endroits abrités du vent qui ne conviennent pas à la production d'électricité au moyen d'éoliennes».

## Utile pour les lieux isolés

Geissmann reconnaît toutefois que les petites éoliennes sont utiles dans certains cas: «Pas dans les villes, mais dans des lieux isolés sans réseau électrique, comme les cabanes du CAS.» Il y a donc bien un marché pour les petites éoliennes. La Suisse compte aussi des sociétés novatrices dans ce domaine, par exemple «Agile Windpower» à Dübendorf et «Envergate» en Thurgovie. Les deux entreprises misent sur le principe de l'axe vertical dans leurs installations (voir illustration). Les premières installations du genre sont déjà exploitées.

## 10 % d'énergie éolienne pour le bouquet énergétique suisse

L'énergie éolienne va cependant gagner en importance également en Suisse – mais pas sous la forme de petites installations. L'OFEN mise sur des parcs éoliens regroupant des grandes turbines. Il en existe actuellement cinq en Suisse avec au total 35 turbines – notamment dans le Bas-Valais, dans le Jura et sur le Plateau. Ils produisent 0,2 % de la consommation totale d'énergie en Suisse. D'ici 2020, cette part devrait atteindre 1 %, l'objectif à long terme de l'OFEN étant de 10 %. À titre de comparaison, le Danemark couvre déjà 42 % de ses besoins en électricité par l'énergie éolienne.



Informations complémentaires sur [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Eolienne fonctionnant selon le principe de l'axe vertical: contrairement aux éoliennes classiques, les pales de cette éolienne tournent parallèlement autour de l'axe vertical. Cela offre des avantages aérodynamiques, car l'énergie éolienne agit de manière uniforme sur toute la surface des pales.

# Jede Fassade ein kleines Stromkraftwerk

Heute deckt die Solarenergie weniger als ein Prozent des Schweizer Energieverbrauchs. In Zukunft könnte sie jedoch den grössten Anteil der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) ausmachen, sagt Urs Elber, Direktor des Forschungsschwerpunkts Energie bei der Empa in Dübendorf. Doch welche Entwicklungen sind nötig, damit sich die Photovoltaik (PV) mittelfristig durchsetzt? «Ein wichtiger Treiber sind die ästhetische und technische Gebäudeintegration», ist Elber überzeugt. Denn heute sind die blauschwarzen Photovoltaik-Paneele auf Hausdächern ästhetisch unvorteilhaft.

## Wenn das Haus zum Elektrizitätswerk wird

Aus diesem Grund haben sich in den letzten Jahren mehrere Forschungsgruppen und Entwicklungsabteilungen von Herstellern auf eine bessere Integration der Photovoltaik in Dach- und Fassadenelemente konzentriert. In den letzten Monaten entstanden gleich mehrere Demonstrationsprojekte. So wurde im Gundelinger Feld in Basel die Fassade einer alten Maschinenfabrik mit Modulen in Grau, Blau, Gold und Türkis verkleidet. Die wenigsten Passanten merken, dass es sich um Photovoltaik-Paneele handelt. Genau das ist das Ziel der Gebäudeintegration: die Photovoltaik soll unsichtbar werden. So auch bei einem Mehrfamilienhaus im zürcherischen Brütten (siehe Bild): Die Module



wurden speziell behandelt, sodass sie matt und anthrazitfarben sind. Der Bau fügt sich farblich in seine Umgebung ein und erntet auf über 1000 m<sup>2</sup> Fläche Sonnenstrahlung.

«Die Nachfrage der Architekten nach verschiedenfarbigen Photovoltaikzellen wird immer grösser», sagt Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, Abteilungsleiterin des PV-Centers am CSEM in Neuenburg. Sie hat nicht nur die zuvor beschriebenen anthrazitfarbenen Module mitentwickelt, sondern auch solche in der Farbe von Dachziegeln und sogar in Weiss. Für letztere hat ihr Team eine spezielle, mehrschichtige Folie entwickelt, die auf herkömmliche Silizium-Solarzellen aufgeklebt wird. Sie ist durchlässig für die unsichtbare Infrarot-Strahlung und reflektiert das sichtbare Licht, wodurch die Module als weiss erscheinen. Ohne Verlust ist der ästhetische Gewinn jedoch nicht zu haben: Laut Perret-Aebi produzieren die weissen Module rund 40 Prozent weniger Strom als herkömmliche Siliziumpaneele; bei den ziegelfarbenen sind es 25 Prozent. Den geringeren Wirkungsgrad nähme man jedoch gerne in Kauf, sagt sie, wenn dafür zuvor unproduktive Fassaden und Dachflächen als kleine Stromkraftwerke genutzt werden können.



Erfahre noch mehr auf [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

# L'électricité produite par le bruit, la lumière et le freinage

Mouvement, chaleur, lumière et bruit – notre environnement est rempli d'énergie que l'on peut exploiter. Il existe de nombreuses idées sur la manière de «collecter» ces faibles quantités d'énergie. Le principe: faire en sorte que les appareils nécessitant peu d'électricité et ne pouvant être raccordés au réseau électrique tirent directement l'énergie de leur environnement plutôt que d'une batterie. Cette approche est appelée «Energy Harvesting». Comme le démontre une recherche sur Internet, les idées originales ne manquent pas: des sacs à dos qui produisent une petite quantité d'énergie à chaque pas du porteur; des LED qui transforment la lumière du soleil en électricité; des nanogénérateurs qui produisent de l'électricité à partir du bruit routier.

## Une simple pression sur le bouton suffit

À la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW), par exemple, des chercheurs ont développé dif-

férents appareils qui reposent sur cette approche. Ils ont notamment conçu un régulateur novateur pour chauffages intelligents qui utilise la différence de température entre le radiateur et l'environnement comme source d'énergie. Il est possible aussi d'utiliser l'énergie mécanique de façon ciblée. Selon ce principe, les chercheurs de la ZHAW ont conçu une télécommande sans batterie pour les portes de garage. Celle-ci est équipée d'un élément piézoélectrique, comme dans des briquets, qui se déforme lorsqu'on appuie sur le bouton de la télécommande, générant une charge électrique qui permet d'envoyer un signal à la porte de garage.

## Freinage régénératif

Le freinage régénératif est un mode de freinage utilisé par certaines locomotives électriques, trams, trolleybus et la plupart des voitures électriques et hybrides. Il permet de convertir une partie de l'énergie cinétique en énergie électrique pour ralentir ou arrêter le véhicule, plutôt que de la dissiper en pure perte. Aux débuts des trains électriques, quelques locomotives étaient déjà équipées de systèmes de freinage régénératif, notamment le fameux «crocodile» des CFF sur la ligne du Gothard. En Formule 1, des systèmes de récupération de l'énergie cinétique sont couramment utilisés depuis 2009.

Les idées originales pour l'Energy Harvesting ne manquent pas. Par exemple des souliers qui chargent des batteries en marchant.

## «Il est possible aujourd'hui de produire de manière simple et rentable de l'électricité à partir de sources renouvelables»

Mevina Feuerstein, ewz  
(service d'électricité de la ville de Zurich)



## Pourquoi avez-vous opté à l'époque pour des études d'ingénieur à l'ETH?

J'ai choisi le génie mécanique car ces études sont très diversifiées et regroupent différentes disciplines. Après mon bachelor, j'ai été l'une des premières à suivre le nouveau cursus de master Energy Science and Technology. J'ai apprécié de pouvoir traiter à fond la question de l'énergie, un sujet important pour notre avenir. Au cours de mes études, j'ai appris à penser en termes d'interdépendance et de façon abstraite, à me concentrer sur l'essentiel d'un problème et à travailler avec d'autres personnes au sein d'une équipe.

## Qu'est-ce qui vous fascine dans les nouvelles technologies énergétiques?

D'ici 2050, la population mondiale aura besoin de trois fois plus de ressources que ce que la Terre est en mesure de fournir. Il s'agit donc d'économiser des ressources pour les applications pour lesquelles il n'existe aucune alternative. On pourrait en faire beaucoup plus encore, en particulier dans le domaine de l'énergie. Aujourd'hui, il est simple

et relativement rentable de produire de l'électricité à partir d'énergies renouvelables. Il est possible aussi de construire des bâtiments sans chauffage et de les utiliser de manière confortable. Le défi consiste à concevoir des solutions sur mesure avec les ressources locales.

## Comment décririez-vous votre profession actuelle?

Je m'occupe de projets stratégiques auxquels participent différents services de notre entreprise. Ces projets contribuent à ce que l'ewz passe du statut de fournisseur d'énergie traditionnel à celui d'entreprise capable de proposer des solutions globales en termes d'énergie et de communication.

## Qu'est-ce qui vous plaît dans votre travail?

J'apprécie surtout de pouvoir travailler avec des collaborateurs de tous les services de notre société. La mise en œuvre commune de projets, qui visent un résultat tangible, est très intéressante. De plus, nous nous impliquons en faveur de la transition énergétique.

## «C'est cool de pouvoir cuisiner comme ça!»

L'énergie solaire, c'est top! Des animatrices de l'organisation de jeunesse Jungwacht Blauring se sont appliquées à fabriquer des petits fours solaires. Avec leurs groupes, elles savent désormais chauffer des saucisses de Vienne et des marshmallows.



Les animatrices de la Jubla ont bricolé des petits fours solaires avec des matériaux du quotidien.

Presque tous les enfants le savent: un cadran solaire, lorsqu'il est correctement positionné, indique précisément l'heure du jour. Mais beaucoup ignorent toutes les possibilités de l'énergie solaire. Sous la direction de professionnels, cinq animatrices ont appris comment capter la lumière du soleil et l'utiliser pour produire de la chaleur. La SATW met à disposition les instructions correspondantes (voir encadré «Capter les rayons du soleil en toute facilité»).

### Une application pratique unanimement appréciée

Les animatrices de la Jubla, Lisa, Julia, Muriel, Corina et Annalena, ont fabriqué des petits fours solaires fonctionnels. Pour cela, elles ont utilisé des matériaux de base du quotidien, comme du carton et des feuilles d'aluminium. L'ingénieure en électronique Astrid Hügli a fourni les instructions aux jeunes femmes et leur a donné des astuces. Si vous avez un minimum de connaissances sur l'énergie solaire et savez

comment la capter avec du matériel adapté, il est très facile de fabriquer des fours solaires fonctionnels.

Les cinq jeunes femmes ont montré beaucoup de zèle et les résultats ne se sont pas fait attendre. Des tubes de chips vides ont été revêtus à l'intérieur d'une feuille d'aluminium. Une «fenêtre de four» en film de polyester transparent a ensuite été collée sur les tubes. Un piquet en bois a été planté à la fois dans le sol et le couvercle servant de support pour les saucisses de Vienne ou les marshmallows. Le «four» a alors été orienté perpendiculairement au soleil afin de capter de façon optimale de la chaleur à l'intérieur du tube. Mmmh, il ne restait plus qu'à déguster les saucisses de Vienne ou les marshmallows chauffés.

«Je suis certaine que les enfants vont aimer cette machine à hotdogs», a déclaré une Muriel très enthousiaste à propos du cuiseur de saucisses de Vienne. Sa collègue, Annalena, l'a

immédiatement confirmé et s'est montrée ravie du résultat de leur bricolage: «La fabrication n'est pas du tout compliquée. Et le résultat, un hotdog chaud que l'on a fait soi-même, va sûrement plaire à tous les enfants. Je trouve ça mega cool de pouvoir cuisiner comme ça!».



### Capter les rayons du soleil en toute facilité

Instruction de la SATW disponibles au téléchargement pour les enfants et adolescents

- Une brique de lait comme chauffe-eau
- Une paille pour mesurer le temps
- Une maisonnette solaire
- Un tube de chips comme four à hotdogs

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

## Découvrir les «nouvelles sources d'énergie»

### ENERGY CHALLENGE 2016

Participe et découvre de façon ludique des connaissances sur l'énergie. L'app correspondante peut être téléchargée dans l'App Store ou Google Play.

[www.energychallenge.ch](http://www.energychallenge.ch)

### Visite des centrales électriques

De nombreuses centrales électriques proposent des visites de leurs centrales et des centres d'informations. Tu trouveras des détails sur les centrales sur Internet.

## Encore plus de découverte

### SimplyScience

Tu t'intéresses à la technique et aux sciences? Alors rends-toi sur le site Internet SimplyScience. Tu y trouveras beaucoup d'inspiration pour le choix de ton métier ou de tes études.

[www.simplyscience.ch](http://www.simplyscience.ch)

### educa.MINT

Enrichissez vos cours MINT! educa.MINT vous aide à trouver les bonnes offres. Vous pouvez également vous abonner à la newsletter pour être toujours au courant des dernières nouveautés dans le domaine MINT.

[www.educamint.ch](http://www.educamint.ch)

### La jeunesse suisse fait de la recherche

Mène tes propres recherches et présente ton projet à un jury d'experts ainsi qu'au grand public. La date limite pour la participation au concours national 2017 est fixée au 15 octobre 2016.

<http://sjf.ch/concours-national/>

### Comment l'électricité est-elle stockée?

L'électricité dans le réseau est toujours en équilibre. Lorsqu'une certaine quantité d'électricité du réseau est utilisée, par exemple pour se sécher les cheveux, la même quantité d'électricité doit être injectée simultanément dans le réseau à un autre endroit. C'est pourquoi les centrales actuelles produisent toujours exactement la quantité d'électricité que nous consommons.

Toutefois, de nombreuses sources d'énergie renouvelables ne peuvent pas fournir d'électricité en fonction des besoins. Par exemple, l'électricité solaire ne peut être produite que lorsque le soleil brille. Les sources d'énergies renouvelables nécessitent donc un stockage de l'électricité. Comme l'électricité est impossible à stocker directement, elle doit d'abord être transformée dans un autre type d'énergie, même si cela implique une perte d'énergie.

Il existe deux possibilités de stockage principales: d'une part, les lacs de barrage en montagne qui sont couplés à une station de pompage. Le pompage procure à l'eau une énergie potentielle supérieure. Lorsque l'eau s'écoule à nouveau dans la vallée, l'énergie potentielle peut être convertie en électricité dans une turbine. L'autre possibilité de stockage concerne les batteries: l'électricité y est transformée en énergie électrochimique. En cas de besoin, elle peut être reconvertie en électricité. Le stockage par batteries est surtout adapté pour des durées de minutes à jours, les stations de pompage de jours à semaines.

Malheureusement, le dispositif de stockage parfait n'existe pas. C'est pourquoi il faut encore mettre l'accent sur la recherche et le développement. La Haute école spécialisée du Valais, un canton qui dispose d'une grande quantité d'eau, de soleil et de vent, a donc ouvert le «Gridlab», un laboratoire conçu pour les énergies renouvelables, le stockage d'énergie et les SmartGrids. Des modèles y sont conçus pour pouvoir fournir de l'électricité de manière fiable à partir de sources renouvelables. Le laboratoire est également à disposition des étudiants qui suivent le cursus Energie & Techniques environnementales.

## Choix d'études et de carrière

**Chère Madame Franke,**  
**Je passerai bientôt la maturité. Mon travail de maturité porte sur la production alternative d'électricité. Mais quelles sont les perspectives d'études dans ce domaine?** (Elena, 18 ans)

Chère Elena,  
Les deux EPF de Zurich et de Lausanne, ainsi que les hautes écoles spécialisées, proposent des cursus dans le domaine des énergies renouvelables. Il s'agit en premier lieu de résoudre des problèmes techniques concrets, mais également de comprendre les relations sociales et économiques.

Les cursus de bachelor de 3 ans sur les techniques de l'énergie et environnementales font partie des cursus les plus récents dans les hautes écoles spécialisées et couvrent largement le domaine des énergies renouvelables. L'emploi du temps comprend les matières de base, comme les maths, l'informatique et la physique, mais également des matières techniques, p. ex. la thermodynamique, la technologie solaire ou le droit de l'environnement. Au plus tard à partir de la troisième et dernière année, tu peux choisir une spécialité. Le choix des spécialités est vaste: des énergies renouvelables thermiques ou électriques à la gestion environnementale, en passant par l'énergie dans les bâtiments.

### Infos & liens

L'offre de cursus dans le domaine de l'énergie est vaste et diversifiée, et change constamment en fonction des avancées de la recherche. Le site [www.orientation.ch](http://www.orientation.ch) te permet d'être toujours à jour.

Participe aux journées d'orientation et découvre tout ce qu'il faut savoir directement sur place: l'ETH Zurich ouvre ses portes les 7 et 8 septembre 2016. Les séances d'information de toutes les hautes écoles ont lieu au mois de novembre.



Luise Franke, conseillère d'orientation scolaire et professionnelle au centre OSP d'Oerlikon ZH

En comparaison, les deux EPF proposent généralement des spécialisations dans le domaine des énergies renouvelables uniquement au niveau du master. Contrairement aux cursus techniques et pratiques des hautes écoles spécialisées, elles privilégient des connaissances de base étendues. En fonction de leurs intérêts, les étudiants choisissent d'abord un cursus de bachelor dans l'ingénierie de l'environnement, l'électrotechnique, la physique ou l'ingénierie mécanique pour se spécialiser ensuite dans le domaine des énergies renouvelables au niveau du master.

La maturité gymnasiale te permet d'accéder directement aux deux EPF. Pour accéder aux hautes écoles spécialisées, tu dois effectuer une année de stage dans un domaine professionnel apparenté avant de commencer tes études. Depuis peu, certaines hautes écoles proposent des études de bachelor avec stage intégré aux titulaires de maturités. Autrement dit, le stage fait partie intégrante des études et ne doit pas être effectué au préalable.