dena
Agence allemande de l'énergie

renewables
Made in Germany

renewables – Made in Germany

L'approvisionnement en énergie verte d'aujourd'hui et de demain

www.renewables-made-in-germany.com

Avec le soutien du
Ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie
en vertu d'une décision du Bundestag allemand

Éditeur
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
L'agence allemande de l'énergie
Chausseestr. 128 a, 10115 Berlin, Allemagne

Tél. +49 (0) 30 72 61 65-6 00
Fax +49 (0) 30 72 61 65-6 99
E-mail: renewables@dena.de
Internet: www.dena.de

Dernière mise à jour
Octobre 2015

Impression
Silber Druck oHG
Am Waldstrauch 1, 34266 Niestetal, Allemagne

Concept et réalisation
design@in-fluenz.de
Lavesstraße 20/21, 30159 Hannover, Germany

Image de couverture
iStock.com/JFsPic

Tous droits réservés. Toute utilisation est soumise à l'autorisation de la dena.

Tous les contenus ont été rédigés avec le plus grand soin et selon l'état le plus avancé des connaissances. La dena décline toute responsabilité quant à la mise à jour, la justesse et l'exhaustivité des informations mises à disposition. La dena décline toute responsabilité pour des dommages, qu'ils soient de nature matérielle ou immatérielle, causés de manière directe ou indirecte par l'utilisation ou la nonutilisation des informations proposées, hormis dans les cas où elle a commis de manière avérée une faute intentionnelle ou une négligence grave.

Site web officiel
www.renewables-made-in-germany.com

Avec le soutien du

Ministère fédéral
de l'Économie
et de l'Énergie

en vertu d'une décision
du Bundestag allemand

Sommaire

Avant-propos 5

Énergies renouvelables
Place des énergies renouvelables dans le système énergétique 10

Technologies des énergies renouvelables – Solutions pour un avenir durable 12

Technologies des énergies renouvelables – Moteurs de la sécurité énergétique 13

Technologies des énergies renouvelables – dans le contexte de la transition énergétique en Allemagne. 14

Financement d‘installations d‘énergies renouvelables 16

Énergie éolienne
Développement de l’énergie éolienne 18

Technologies permettant d’utiliser l’énergie éolienne. 19

Le photovoltaïque
Technologies de l’énergie photovoltaïque 21

Domaines d’utilisation. 22

Futures tendances 23

Le solaire thermique
Technologies de thermie solaire 24

Champs d’application de la thermie solaire 25

Champs d’application du refroidissement solaire 26

Centrales solaires thermiques 27

La bioénergie
Bioénergie – Mobilité, production de chaleur et d’électricité 28

Biomasse solide : technologies et applications 29

Électricité et chaleur issues du biogaz 30

L’énergie hydraulique
Exploitation de l’énergie hydraulique 31

Électricité provenant de la petite hydroélectricité et de l’énergie marine 32

L'énergie géothermique
Géothermie profonde 33

Géothermie de surface utilisée pour chauffer et refroidir des bâtiments 34

Énergies hors réseau
Utilisation hors réseau des énergies renouvelables 35

Technologies d'approvisionnement en énergie et en eau 36

Champs d'application 37

Les energies renouvelables dans le residentiel
Approvisionnement électrique d'habitats au moyen des énergies renouvelables 38

Production de chaleur et de refroidissement dans une maison fonctionnant aux énergies renouvelables 39

Avant-propos

De plus en plus, les zones d‘habitation, les secteurs manufacturier et industriel et les foyers domestiques partout dans le monde ont besoin d‘une énergie fiable, abordable et produite dans le respect de l‘environnement pour couvrir leurs besoins d‘électricité, de chauffage, de refroidissement et de transports. Les énergies renouvelables peuvent contribuer substantiellement à couvrir ces besoins.

Contrairement aux énergies fossiles, les énergies renouvelables utilisent des ressources inépuisables. Nous disposons de différents types de technologies à l‘échelle mondiale permettant d‘exploiter ces potentiels naturels. Des techniques de stockage et d‘intégration au réseau permettent de stocker les énergies renouvelables ou de leur faire parcourir de longues distances depuis le lieu de production jusqu‘aux centres de consommation, de les distribuer et, partant, de les utiliser d‘une manière adaptée aux besoins.

Les technologies, les produits et les services utilisant les énergies renouvelables « made in Germany » jouissent d‘une excellente réputation internationale. Ils sont synonymes de qualité, de fiabilité, de durabilité, d‘efficacité et de sécurité.

Les technologies présentées dans cette brochure vous donnent un aperçu des possibilités d‘exploitation de votre approvisionnement en énergie régénérative. L‘importation de produits et services allemands peut être encouragée par le biais de différents programmes du gouvernement fédéral allemand, succinctement illustrés dans la partie sur le financement. Dans ce qui suit, les différentes formes d‘énergies renouvelables seront tout d‘abord présentées, les possibilités d‘utilisation examinées et leur interaction dans le système énergétique global expliqué.

Les différentes formes d‘énergies renouvelables

L‘énergie éolienne est utilisée depuis des siècles dans de nombreuses régions du globe et est devenue, ces dernières décennies, un pilier important de l‘approvisionnement énergétique durable. Actuellement, la majorité des installations éoliennes érigées dans le monde sont situées sur le continent (onshore) et sont raccordées à un réseau électrique public. En règle générale, plusieurs installations forment un parc éolien. Elles alimentent le réseau de distribution avec l‘électricité générée. Les installations isolées se prêtent, quant à elles, à l‘approvisionnement électrique décentralisé des régions éloignées du réseau électrique public et peuvent alimenter le mini-réseau d‘une localité.

Compte tenu des régimes de vents constants et des vitesses de vents supérieures en moyenne, de plus en plus d‘installations

juwi

Solarwatt AG

sont installées en mer (offshore), notamment en Europe et en Asie orientale. Le rendement est jusqu'à 40 pour cent supérieur que sur le continent. D'ici à 2030, l'éolien offshore en Allemagne devrait couvrir jusqu'à 15 pour cent des besoins en électricité. Le Global Wind Energy Council (GWEC - conseil mondial de l'énergie éolienne) estime que d'ici à 2020, jusqu'à 12 pour cent de l'approvisionnement électrique mondial pourrait être couvert par l'énergie éolienne. Dans les pays dont les surfaces disponibles sont limitées, comme l'Allemagne par ex., il existe un important potentiel Repowering d'installations onshore (remplacement d'installations moins performantes par des nouvelles, plus puissantes, de manière à réaliser la même performance avec moins d'installations).

Le **soleil** produit plus d'énergie sur terre en une heure que la consommation annuelle mondiale. Cette énergie est exploitable de multiples manières. Les installations photovoltaïques (PV) transforment directement la lumière du soleil en courant électrique. Les installations PV offrent la possibilité de produire et d'utiliser de l'électricité indépendamment des réseaux existants, par ex. via les Systèmes Solaires Domestiques (SSD). Le photovoltaïque peut toutefois aussi servir à construire des systèmes insulaires hors réseau. De tels mini-réseaux peuvent approvisionner en électricité des bâtiments isolés, voire plusieurs bourgades. Des technologies de stockage (comme les batteries) sont intégrées dans ces mini-réseaux, afin de garantir l'approvisionnement en électricité même lorsque le rayonnement solaire est insuffisant. Le recours à des systèmes hybrides – une combinaison de plusieurs types d'énergies renouvelables (PV avec installations éoliennes ou centrales hydroélectriques par ex.) ou de générateurs de courant à base de diesel ou de biocarburants – est une solution confortable pour approvisionner en électricité hors réseau des petites bourgades ou des installations industrielles, telles que des exploitations minières. Les installations photovoltaïques peuvent garantir une alimentation en eau continue à des fins d'approvisionnement en eau potable ou d'irrigation. Par ailleurs, cette technologie permet de purifier ou de désaliniser l'eau. Des installations couplées au réseau peuvent parfaitement se fondre dans les éléments architecturaux des toits ou des façades. Les installations de grande taille générant des puissances de plusieurs mégawatts sont généralement construites sur de grands espaces libres.

L'utilisation technique de la **chaleur solaire** (thermie solaire) est une technique d'exploitation de l'énergie développée et éprouvée depuis des décennies. Les installations solaires thermiques peuvent également être exploitées dans les régions à faible rayonnement solaire. Elles se prêtent parfaitement au réchauffement de l'eau potable et à l'appoint de chauffage. Le consommateur qui dispose d'une installation solaire se libère de la dépendance à l'égard des combustibles fossiles et n'est pas affecté par les hausses des prix de l'énergie. De nos jours, les installations solaires de petite taille font partie, un peu partout, du programme standard de l'industrie du chauffage et des professionnels du secteur. Un fort potentiel réside dans le stockage de la chaleur solaire en été pour l'hiver et dans la distribution d'eau chaude par le biais des réseaux de chaleur locaux. Les installations solaires thermiques de grande taille peuvent aussi servir d'appoint aux réseaux de chaleur à distance.

Novatec Solar GmbH

EnviTec Biogas AG

À l'inverse, l'application thermique très prometteuse du refroidissement solaire est particulièrement intéressante dans les pays où les besoins de climatisation sont importants.

Les **centrales solaires thermiques** (Centrales solaires à concentration, CSC) se prêtent surtout à une utilisation au niveau de la ceinture solaire de la Terre, car c'est là que le rayonnement solaire direct nécessaire au fonctionnement des CSC est le plus puissant. La ceinture solaire s'étend approximativement du 40e degré de latitude nord au 40e degré de latitude sud, donc par exemple du sud de l'Espagne à l'Afrique du Sud. On observe actuellement à l'échelle mondiale une hausse des constructions d'installations solaires thermiques de production d'électricité. On compte actuellement un nombre de centrales solaires thermiques en fonctionnement équivalant à 2,5 GW et un nombre d'installations en construction pour un équivalent de 1,5 GW environ. Avec une puissance démarrant à 5 MW environ, les centrales solaires thermiques peuvent avoir de multiples applications, allant de l'approvisionnement de bourgades à l'approvisionnement de centres de consommation hors réseau. Grâce à l'utilisation de technologies de stockage, ces centrales sont assez puissantes pour fournir un approvisionnement de base. Selon l'Agence Internationale de l'énergie (AIE), la puissance installée des centrales solaires thermiques à l'échelle mondiale devrait tripler d'ici à 2020, passant de 4 à 12 GW.

La **bioénergie** est une source d'énergie renouvelable importante et polyvalente. Elle est utilisée sous une forme solide, liquide et gazeuse pour générer de l'électricité et de la chaleur et pour fabriquer des biocarburants. Un des grands avantages de la bioénergie est qu'elle peut être stockée. On utilise traditionnellement la biomasse solide, par le biais de la combustion du bois, pour chauffer et cuisiner. La biomasse est utilisée dans des applications industrielles pour produire de l'électricité et de la chaleur. Pour ce qui est de l'utilisation de la biomasse pour chauffer les pièces d'habitation, on emploie de plus en plus les granulés de bois. Ils prennent à peine plus de place que le fioul. De surcroît, la biomasse peut être gazéifiée par traitement thermochimique. Le combustible gazeux ainsi produit est surtout utilisé dans des installations de couplage chaleur-force (CCF) efficaces. Celles-ci peuvent aussi très bien être installées loin des réseaux électriques, tandis que les installations CCF de petite taille sont conçues en particulier pour une utilisation dans les maisons. Le biogaz est obtenu à partir de ressources diverses : à partir des composés organiques des décharges (gaz de décharge), des eaux usées communales (gaz d'épuration), des déchets organiques de l'industrie, des ménages et du secteur manufacturier, ainsi que des résidus et des plantes énergétiques issus de l'agriculture. Les résidus de méthanisation générés par la production de biogaz peuvent être utilisés en agriculture comme des engrais de première qualité ou être vendus comme produit dérivé pour augmenter la valeur ajoutée. Le traitement du biogaz pour obtenir une qualité équivalente au gaz naturel occupe une place de plus en plus importante. Le biométhane ainsi obtenu peut être injecté dans les réseaux de gaz naturel existants. Par ailleurs, le biogaz est utilisé comme carburant pour les transports.

L'énergie hydraulique est l'une des formes d'énergie renouvelables que l'homme utilise depuis le plus longtemps. Elle était déjà utilisée à l'époque préindustrielle pour faire fonctionner les moulins, mais aussi les scieries, les usines à papier et les forges.

NaturEnergie AG

H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH

De nos jours, l'énergie hydraulique sert presque exclusivement à produire du courant électrique. Actuellement, à l'échelle mondiale, 16 pour cent environ de l'électricité produite provient de l'énergie hydraulique. En particulier les centrales hydrauliques de petite taille sont considérées comme une forme d'exploitation durable, étant donné qu'elles sont plus faciles à intégrer dans les systèmes écologiques existants que les exploitations de grande taille. On estime que jusqu'à présent, seul un quart environ du potentiel économique a été exploité. Un grand potentiel existe au niveau de la modernisation des installations existantes. En matière d'utilisation de l'énergie hydraulique, il faut surtout tenir compte de la protection de la nature et des eaux (utilisation d'échelles à poissons par ex.).

La **géothermie** est une forme d'énergie renouvelable toujours disponible de manière constante en dépit des variations climatiques et météorologiques. L'utilisation de la chaleur terrestre pour produire de l'électricité revêt un intérêt particulier, notamment dans les régions aux conditions géologiques favorables (par ex. les régions à activité volcanique, où la température est supérieure à 200 °C), la chaleur terrestre constitue une base solide à une production d'énergie respectueuse de l'environnement et avantageuse en termes de coûts et peut représenter une contribution importante dans l'approvisionnement en énergie de base. Du point de vue de la génération de chaleur, le principe fondamental de la « géothermie profonde » est simple : l'extraction de la chaleur du sous-sol nécessite un liquide pour le transport de cette chaleur. Soit ce vecteur de transport est déjà présent dans le sous-sol sous la forme de vapeur ou d'eau brûlante, auquel cas celles-ci sont conduites à la surface où elles sont refroidies puis, normalement, réinjectées dans le sous-sol, soit le liquide doit d'abord être injecté dans les profondeurs, où il devient chaud, puis il est ramené à la surface. La chaleur obtenue peut être injectée dans des réseaux de chaleur locaux et à distance ou être directement utilisée pour chauffer des bâtiments et d'autres consommateurs de chaleur. Dans le cas de la géothermie proche de la surface, la chaleur stockée dans le sol jusqu'à des profondeurs de 150 m environ est rendue utilisable à l'aide de pompes à chaleur. Parmi les sources de chaleur éligibles pour les pompes à chaleur entrent en ligne de compte le sous-sol, les masses d'eau ou encore l'air ambiant. La géothermie proche de la surface sert surtout à chauffer et à refroidir les bâtiments.

Applications possibles

Comme indiqué, les énergies renouvelables peuvent être utilisées pour produire de l'électricité et de la chaleur. Il existe également d'autres champs d'application possibles dans le domaine de la mobilité. Alors que dans le secteur de l'électricité, le vent et le soleil entraînent une production d'énergie variable en fonction des conditions météorologiques, la bioénergie, l'énergie hydraulique et la géothermie sont disponibles de façon quasi constante, de même qu'elles sont stockables et régulables, même si l'énergie hydraulique dépend tout de même fortement des quantités de précipitations et que des variations peuvent survenir. La combinaison de toutes les technologies permettra un approvisionnement énergétique fiable dans la durée et conforme à la demande.

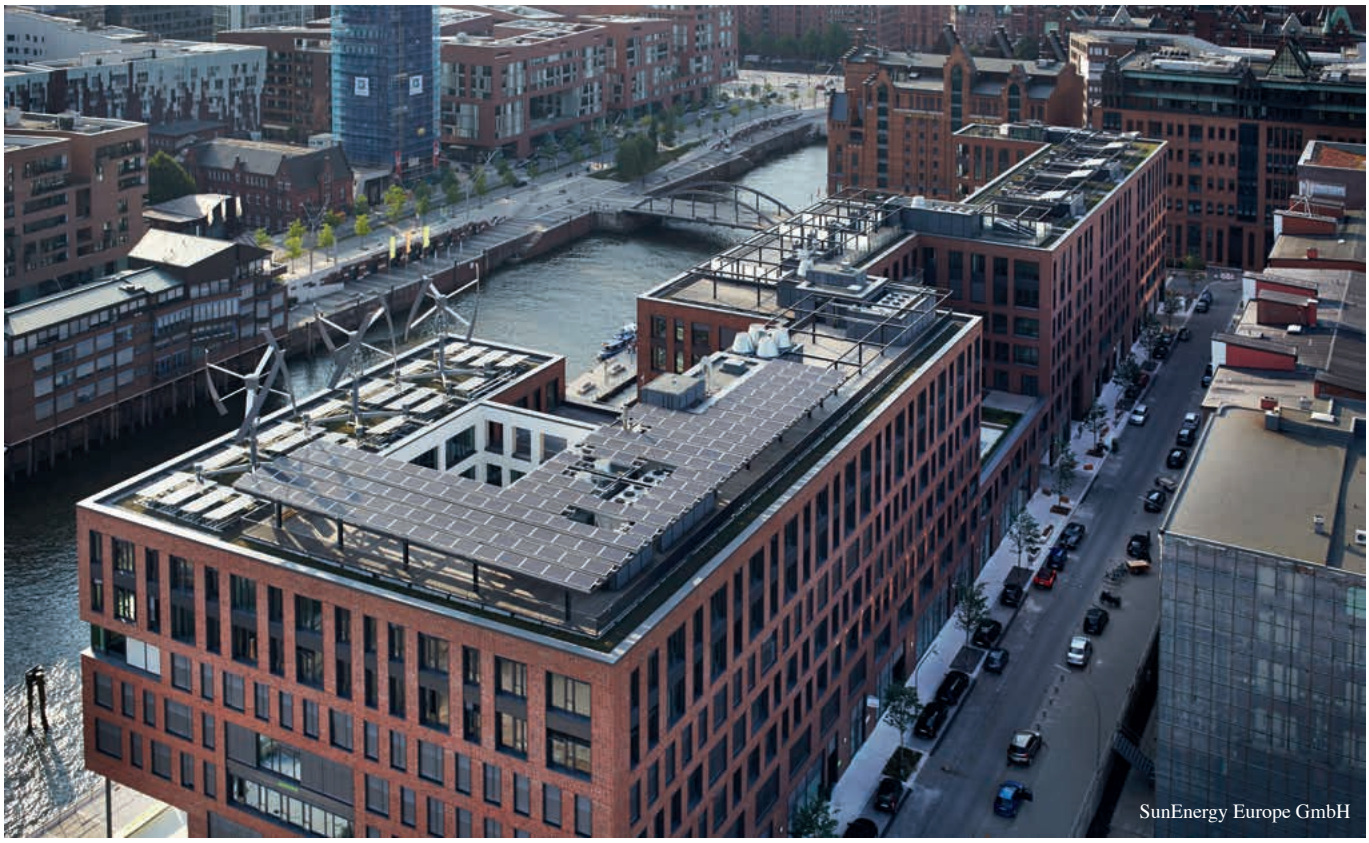
Étant donné que la plage de puissance peut varier de quelques watts à quelques centaines de mégawatts, les énergies renouvelables peuvent en outre être adaptées à n'importe quel type

d‘approvisionnement énergétique. Utilisées en interaction étroite avec les techniques énergétiques modernes, elles peuvent contribuer substantiellement à la sécurité de l‘approvisionnement, même dans une société industrielle moderne.

Actuellement, chaque source d‘énergie renouvelable n‘est pas utilisable dans chaque pays de manière rentable. Les meilleurs potentiels en termes d‘utilisation de l‘énergie solaire se trouvent par ex. au niveau de la fameuse ceinture solaire de la Terre. Le potentiel technique de l‘énergie éolienne dépend, quant à lui, de la vitesse moyenne du vent. Celle-ci est généralement nettement plus faible au-dessus des grandes étendues terrestres des continents qu‘au-dessus des océans. Mais dans pratiquement tous les pays, certains sites se prêtent à l‘utilisation des énergies renouvelables les plus diverses.

Le choix de la(des) technologie(s) appropriée(s) dépend des conditions sur place, telles que les exigences au niveau du type et du volume d‘énergie à mettre à disposition. Comptent notamment au nombre de ces facteurs :

Conditions sur place	Exigences de l’utilisateur
Potentiels naturels (par ex. rayonnement solaire, vitesse du vent, ressources en biomasse)	Forme(s) d‘énergie : électricité, chaleur/refroidissement, mobilité
Régime d‘aides d‘État (par ex. utilisation de subventions d‘investissement d‘État pour augmenter l‘efficience des projets)	Consommation de pointe
Infrastructure (raccordement au réseau par ex.)	Production/Production annuelle
Moyens financiers disponibles pour l‘investissement de départ (capital propre ou étranger)	Fluctuation des besoins en énergie au cours de la journée/de l‘année


SunEnergy Europe GmbH

Place des énergies renouvelables dans le système énergétique

Le développement de la production d'énergies renouvelables dans les secteurs générateurs d'électricité et de chaleur permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre CO_2 et de rendre la production d'énergie moins dépendante des importations de matières premières. Concernant l'intégration de grandes parts des quantités fluctuantes de l'électricité issue des installations photovoltaïques et éoliennes, des changements radicaux sont nécessaires au niveau de la production, de la transmission, de la distribution, du stockage et de la consommation d'électricité.

Champs d'action dans lesquels un grand nombre de techniques innovantes de stockage et d'intégration de l'électricité au réseau sont utilisées ou testées en Allemagne :

- **modernisation des réseaux de transport et de distribution,** afin de desservir tout le territoire en électricité produite de manière décentralisée et de la transporter depuis les centres de production jusqu'aux grands centres de consommation ;
- **comportement des installations énergétiques décentralisées** compatible avec le réseau/utile au réseau pour garantir un fonctionnement stable et fiable de celui-ci ;
- **développement, utilisation et optimisation des systèmes de stockage,** pour compenser les variations de charges résiduelles, proposer une énergie de réglage et d'autres services système, éviter les blackouts, maintenir la production garantie et emmagasiner les excédents d'électricité, parfois substantiels, issus des énergies renouvelables, auxquels il faut s'attendre à plus long terme, et compenser les périodes creuses prolongées.

Dans le domaine des réseaux de transmission, l'Europe a pour objectif de renforcer significativement ses capacités et de mettre en réseau les régions éloignées les unes des autres. Pour ce faire, de nouveaux potentiels d'énergies renouvelables et des capacités de stockage vont être exploités à grande échelle. En plus de l'extension du réseau par l'ajout de nouvelles conduites et grâce aux nouvelles technologies des conduites, il est possible, dans le réseau de transmission, de mieux répartir la charge sur les capacités de transmission existantes avec la gestion de la puissance réactive. Par exemple, grâce à une électronique de puissance moderne comme les systèmes de transmission flexibles en courant alternatif (FACTS) dans un réseau de transmission.

Au niveau des **réseaux de distribution,** le recours à des transformateurs de réseau local réglables, à des régulateurs de tension et à un contrôle intégré ciblé de l'injection de puissance réactive des installations énergétiques décentralisées permet de réduire le besoin de développement du réseau grâce à une importante capacité de production installée (provenant des installations photovoltaïques par ex.).

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans l'approvisionnement en électricité va de pair avec l'importance croissante des marges de manœuvre pouvant être dégagées grâce aux **capacités de stockage** et à la gestion des charges. Les principaux rôles du stockage sont l'équilibrage temporaire des fluctuations de la production et de la demande, la mise à disposition de services système en remplacement des centrales conventionnelles de moins en moins sollicitées, ainsi que l'emmagasinage des excédents de production issus des énergies renouvelables, auxquels il faut s'attendre à l'avenir, et la compensation des pénuries d'énergie régénérative. Il existe différentes sortes de technologies de stockage.

Possibilités de stockage de l'énergie électrique

Les centrales de **pompage-turbinage**, dont le degré d'efficacité peut atteindre jusqu'à 80 pour cent, représentent pour le moment la seule option technique de stockage d'électricité disponible à grande échelle – et ce sera bientôt la plus rentable aussi – pour un équilibrage par heure ou par jour (voir aussi le chapitre sur l'énergie hydraulique).

Les usines à **accumulation d'air comprimé** utilisent l'énergie excédentaire issue, par exemple, de sources d'énergie renouvelables volatiles pour comprimer l'air qui est stocké dans des cavités souterraines. En cas de besoins en courant, celui-ci est produit avec de l'air comprimé dans une turbine à gaz.

Depuis plusieurs décennies, des systèmes de batterie conventionnels sont utilisés pour l'approvisionnement en énergie. Avec la part croissante des énergies renouvelables de nature fluctuante, deux nouveaux domaines d'application se sont ouverts pour le **stockage électrochimique :** les « installations de stockage à domicile » qui stockent l'énergie solaire que l'on produit soi-même et garantissent l'autoapprovisionnement en cas de besoin. Les grosses batteries de plusieurs mégawatts gagnent de plus en plus en importance. Elles fournissent des services système comme par exemple le maintien de la fréquence et de la tension, ou encore l'aptitude au démarrage autonome en l'espace de quelques millièmes de secondes, et assurent ainsi la stabilité du réseau et la sécurité d'approvisionnement.

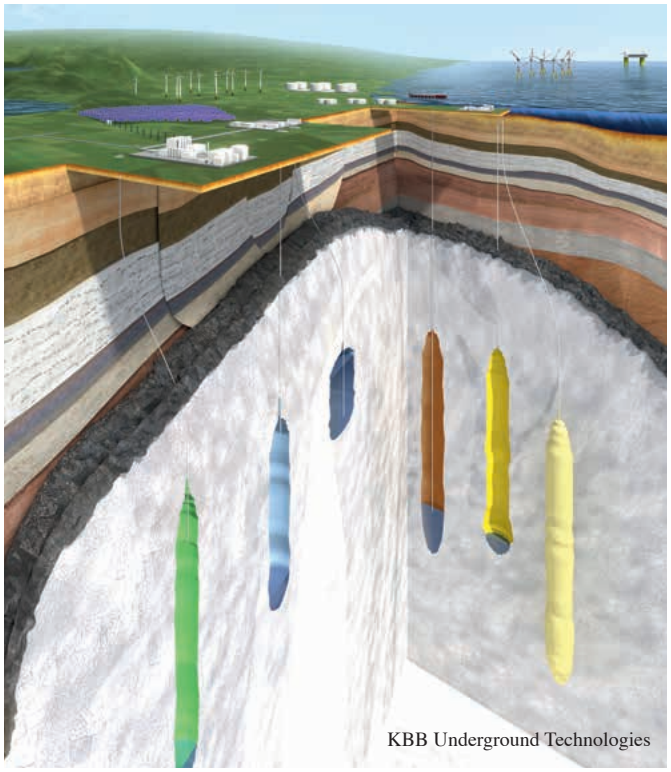
L'idée, avec le **Power to Gas** (conversion d'électricité en gaz), est de transformer l'énergie renouvelable en hydrogène et en méthane. Ce gaz peut être transporté via l'infrastructure gazière, puis stocké et utilisé au final dans différents domaines d'application (mobilité, industrie, approvisionnement en chaleur et production d'électricité). Le « Power to Gas » est une solution intersystème d'intégration des énergies renouvelables dans le

système énergétique. En outre, en tant que principe de stockage d'électricité, il peut contribuer à équilibrer les fluctuations de la production d'électricité.

La gestion des charges peut également permettre d'équilibrer les fluctuations de production. Dans le secteur industriel, des charges décalables peuvent être exploitées moyennant un coût relativement faible avec l'aide de la technologie de mesure et de contrôle en conjonction avec la technologie d'automatisation et des processus, afin de répondre à la situation de l'approvisionnement sur le marché de l'électricité. Dans les logements privés, cela peut se faire en utilisant des compteurs intelligents (smart meters) associés à une technique d'automatisation du bâtiment et à des appareils contrôlables.

Les possibilités d'application des technologies modernes d'information et de communication à un contrôle intelligent des réseaux électriques sont actuellement mises à l'essai en Allemagne par le biais de projets de recherche et de modélisation les plus divers. Dans cet environnement dynamique, les entreprises allemandes resteront les moteurs de l'innovation en matière de techniques de stockage et d'intégration au réseau, et continueront à développer des solutions d'approvisionnement en énergie régénérative efficientes en termes de coûts.

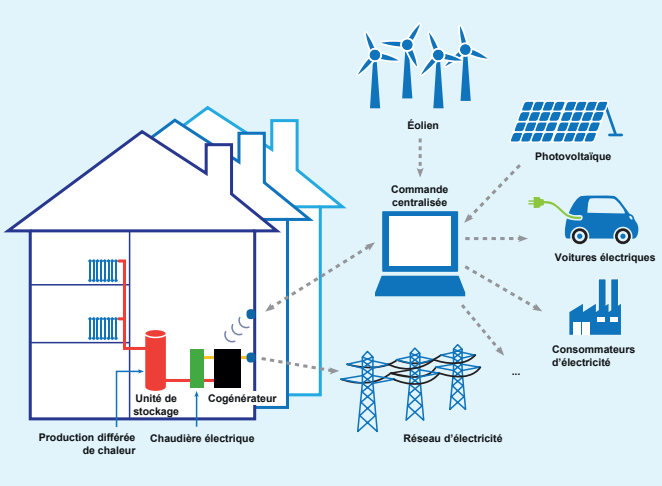
Grottes de stockage de gaz


KBB Underground Technologies

Intégration au réseau par le biais de centrales virtuelles

Une centrale virtuelle est une combinaison d'installations décentralisées productrices d'énergies renouvelables – à l'instar des centrales de biogaz, CCF, éoliennes, centrales solaires et hydroélectriques – ayant pour but la commercialisation commune de l'électricité et la prise en charge de la responsabilité du réseau, en vue de fournir de l'énergie de réglage par exemple. Toutes les installations réglables mises en réseau dans une centrale virtuelle sont commandées via une salle de contrôle centrale.

Centrale électrique virtuelle



Possibilités de stockage de chaleur

Les **accumulateurs de chaleur sensibles** sont un type d'appareil de stockage largement répandu. L'emmagasinage et la restitution de l'énergie se font par modification de la température du vecteur de stockage. Les accumulateurs de chaleur peuvent encore être subdivisés en deux groupes selon si le vecteur de stockage est solide (béton ou terre par ex.) ou liquide (eau par ex.). Avec les **accumulateurs de chaleur latente**, il y a une transition de phase du vecteur de stockage qui s'opère. Pour des raisons techniques de volume et de pression, la transition se fait le plus souvent entre l'état solide et l'état liquide, même si en principe une transition liquide-gazeux est également possible. L'avantage de cette technique est le niveau de température quasiment constant lors du chargement, du stockage et du déchargement.

Les **accumulateurs thermochimiques** servent au stockage de l'énergie thermique par le biais de processus chimiques réversibles. Cela présente l'avantage d'obtenir une énergie beaucoup plus dense qu'avec les accumulateurs de chaleur sensible et latente, et de ne pas avoir à subir de déperditions thermiques en cas de stockage prolongé.

Technologies des énergies renouvelables – Solutions pour un avenir durable

Avantages : outre l'objectif d'un approvisionnement énergétique fiable et efficace, le recours aux énergies renouvelables répond à de très nombreuses attentes.

Disponibilité locale	▪ Ressources domestiques présentes partout dans le monde dans des concentrations différentes.
Fourniture d'énergie durable	▪ Selon des critères humains, elles sont inépuisables (rayonnement solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique, géothermie) ou se régénèrent (bioénergie) et sont stockables.
Sécurité	▪ Fabrication, exploitation et élimination relativement sans danger ou réinjection dans le circuit des matières valorisables via le recyclage.
Stabilité des prix	▪ Promotion de l'autonomie vis-à-vis des marchés volatiles des énergies fossiles, stabilité des coûts de l'énergie à long terme.
Rentabilité	▪ Rentabilité de l'exploitation dès aujourd'hui, même sans mesures de soutien, en fonction de l'emplacement, pour autant que les investissements de départ puissent être compensés par des coûts ultérieurs relativement bas (analyse du cycle de vie). ▪ Dans les régions isolées, bien souvent la possibilité la plus avantageuse de fournir de l'énergie.
Protection de l'environnement	▪ Préservation des ressources naturelles par économie des matières premières fossiles, peu d'intrusion invasive dans le paysage naturel (exploitation écologique des surfaces) et peu d'émissions anthropogènes dans l'air ambiant (acidification et eutrophisation).
Protection du climat	▪ Quasi-absence d'émissions et, partant, conformité avec les objectifs internationaux relatifs à la protection du climat.
Protection de la santé humaine	▪ Préservation de la santé humaine grâce à la quantité restreinte d'émissions nocives (bruit, ainsi que polluants dans l'air, l'eau et les sols).
Création de valeur ajoutée locale	▪ Création d'empois dans des branches à la croissance durable. ▪ Stimulation du développement économique des régions rurales grâce à une production et à une distribution décentralisées. ▪ Soutien d'un développement économique positif par le biais d'innovations techniques.
Indépendance du raccordement au réseau	▪ Approvisionnement énergétique durable et fiable loin du réseau électrique public (en combinaison avec des accumulateurs d'énergie).

Coûts de l'approvisionnement énergétique

Les prix du marché actuels des sources d'énergie fossile et de l'énergie nucléaire ne représentent qu'une infime partie des coûts effectifs à supporter par la société. S'il fallait calculer les coûts externes des dégâts environnementaux et des conflits politiques, les énergies renouvelables seraient aussi compétitives voire même, dans bien des cas, plus avantageuses que les énergies conventionnelles. Les dégâts économiques occasionnés par l'utilisation de carburants fossiles, en particulier les dégâts liés au changement climatique et à la pollution de l'air, deviennent un facteur économique de plus en plus important, dont l'influence sur les décisions en matière de politique économique est sans cesse plus grande. C'est ainsi qu'en raison du commerce d'émissions introduit dans le cadre du protocole de Kyoto, les coûts des émissions de CO_2 influencent aujourd'hui déjà le flux des investissements, lors de la construction de nouvelles centrales par exemple. Mais les nouveaux critères de risque pour les entreprises, liés au changement climatique, jouent eux aussi un rôle. À cela vient s'ajouter le fait que les polluants résultant de la combustion des combustibles fossiles sont les principaux responsables du smog et des pluies acides. Selon une étude commandée par la Commission européenne, les coûts et les conséquences économiques, pour la population allemande, de l'utilisation du pétrole et du charbon pour produire de l'électricité se chiffrent entre 0,05 et 0,08 EUR/kWh, et entre 0,03 et 0,06 EUR/kWh respectivement. Les énergies renouvelables offrent la possibilité de couvrir les besoins mondiaux de manière durable et respectueuse du climat.

Technologies des énergies renouvelables – Moteurs de la sécurité énergétique

Le défi : la demande augmente, les réserves diminuent

Actuellement, la demande de combustibles fossiles augmente considérablement. Cela est dû notamment à la forte croissance économique dans certaines régions d'Asie. Dans le même temps, les réserves diminuent et celles qui restent sont limitées à quelques régions. Il s'ensuit des conflits politiques et un nombre croissant de confrontations militaires, ce qui représente un risque économique élevé pour toutes les populations, vu leur immense dépendance vis-à-vis de ces matières premières, qui deviennent de plus en plus chères.

Pénurie de ressources fossiles et nucléaires

Bien que cette question suscite bien des discussions parmi les scientifiques et qu'il est difficile d'évaluer à quel moment le pic de production mondiale du pétrole sera dépassé, il ne fait aucun doute que cela surviendra dans un futur proche. Conformément aux principes économiques fondamentaux, et en conjonction avec l'augmentation de la demande, en particulier dans les pays en pleine expansion que sont la Chine, l'Inde ou le Brésil, le pétrole se renchérira sensiblement et de manière constante. Les spéculations financières, les conflits militaires, comme par exemple au Proche-Orient, et les catastrophes naturelles telles que celles liées au changement climatique, vont encore aggraver la volatilité du prix du pétrole.

Les combustibles fossiles vont non seulement se raréfier, mais en plus les réserves existantes resteront limitées à quelques régions. Ainsi, 74 pour cent des réserves pétrolières mondiales et 71 pour cent de toutes les réserves gazières se trouvent au Moyen-Orient et dans la région de la mer Caspienne.

Dépendance croissante vis-à-vis des importations

Compte tenu de la répartition régionale des ressources, de nombreux États dépendent des importations de sources d'énergie. En 2014, l'Allemagne par exemple dépendait à plus de 60 pour cent des importations d'énergie. Ce taux est de 53,4 pour cent pour l'Union européenne (UE-28). La dépendance énergétique varie fortement d'un pays à l'autre au sein de l'UE et aussi à l'échelle mondiale. Au sein de l'UE, le Danemark est le seul exportateur net d'énergie, alors que Malte dépend à près de 100 pour cent des importations. Cela va de pair avec d'importants transferts de capitaux, avec une forte dépendance et avec une insécurité politique et régionale. Les principaux fournisseurs de pétrole brut et de gaz naturel de l'Union européenne sont la Russie (37 pour cent des importations de pétrole brut et 38 pour cent des importations de gaz naturel) et la Norvège (avec 10 pour cent et 35 pour cent respectivement).

Dépendance de l'UE-28 vis-à-vis des importations énergétiques en 2014

État membre de l'UE	Dépendance énergétique*
UE-28	53
Malte (UE-Max)	104
Italie	77
Espagne	71
Allemagne	63
Austriche	62
France	48
Grande Bretagne	46
Bulgarie	38
Pologne	26
Roumanie	19
Danemark	12
Estonie (UE-Min)	12

*Importations divisées par consommation brute. Consommation d'énergie brute en millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep). Définie comme production primaire plus les importations, moins les exportations. Source: Europe's Energy Portal 2015

Création de valeur ajoutée locale des énergies renouvelables

L'énergie provenant du soleil, de la terre et de la biomasse est disponible partout et peut apporter une contribution déterminante à la sécurité énergétique et à la prévention des conflits. De surcroît, les technologies des énergies renouvelables offrent à 1,6 milliard de personnes qui n'ont pas accès à un approvisionnement moderne en électricité et aux pays émergents assoiffés d'énergie, la possibilité d'un approvisionnement en énergie durable et décentralisée grâce à la création d'une valeur ajoutée locale – sans avoir besoin des onéreux réseaux d'électricité et sans la dépendance à l'égard des importations. Il est particulièrement judicieux ici de recourir à des systèmes autarciques (systèmes décentralisés d'approvisionnement en électricité). Pour assurer un approvisionnement en électricité fiable et abordable, des systèmes hybrides peuvent utiliser une combinaison de différentes sources d'énergie. Par exemple, les sources énergétiques telles que l'énergie éolienne, photovoltaïque, hydraulique et les moteurs à combustion fonctionnent très efficacement ensemble.

Technologies des énergies renouvelables – dans le contexte de la transition énergétique en Allemagne

Développement des énergies renouvelables dans tout le pays : Comment l'Allemagne fait-elle face à ces défis ?

Concernant la « transition énergétique », et plus particulièrement le développement des énergies renouvelables sur tout le territoire et leur intégration dans le système énergétique, les acteurs politiques et économiques ainsi que les consommateurs du monde entier ont le regard tourné vers l'Allemagne. En adoptant une politique résolument énergétique, le gouvernement fédéral allemand veut faire de son pays l'une des économies nationales les plus efficaces en matière d'énergie et les plus respectueuses de l'environnement au monde. Simultanément, les prix de l'énergie doivent rester compétitifs, le niveau de prospérité élevé et la sécurité de l'approvisionnement garantie. Cela met la cinquième plus grande nation industrielle au monde face à d'importants défis. Les pays du monde entier peuvent s'inspirer de l'expérience allemande dans ce domaine.

Deutscher Bundestag/Lichblick/Achim Melde

Développement selon un calendrier : chemin de la croissance des énergies renouvelables jusqu'en 2013

Étant donné qu'elles ont très tôt bénéficié d'un soutien politique, les énergies renouvelables, qui représentent aujourd'hui en Allemagne 12,3 pour cent de la consommation finale d'énergie et 23,4 pour cent de la production brute d'électricité, constituent un pilier du système énergétique global. Le gouvernement fédéral allemand poursuit un nouvel objectif de développement. Rien que dans le secteur de l'électricité, la part des énergies renouvelables devrait atteindre 40 à 45 pour cent d'ici à 2025 et 55 à 60 pour cent d'ici à 2035.

L'utilisation accrue des énergies renouvelables en Allemagne est le résultat de l'application de la loi fédérale de promotion des énergies renouvelables (EEG) en vigueur depuis le 1er avril 2000 pour le secteur de l'électricité. L'EEG vise à permettre l'intégration des énergies renouvelables au marché grâce aux rémunérations fixes, aux garanties d'achat et à l'injection prioritaire de cette électricité dans le réseau. Fin 2013, à l'échelle de l'Allemagne, plus de 1,5 million d'installations promues par l'EEG injectaient plus de 150 000 GWh d'électricité au total dans le réseau d'électricité allemand.

Dans le secteur thermique également, la loi allemande sur la chaleur d'origine renouvelable (EEWärmeG) et le renforcement du programme d'incitation du marché MAP sont les principaux points de départ d'un doublement de la production de chaleur issue des énergies renouvelables en vue d'atteindre 14 pour cent en 2020. La loi sur la chaleur d'origine renouvelable prévoit que les maîtres d'ouvrage utilisent partiellement la chaleur renouvelable dans les bâtiments neufs, prennent certaines mesures compensatoires, comme par exemple des mesures d'isolation supplémentaires, ou aient recours au couplage chaleur-force ou à la chaleur à distance. Le programme MAP promeut les technologies du marché de la chaleur, essentiellement pour le parc de bâtiments, comme par exemple les installations de thermie solaire, les chauffages à granulés de bois et les pompes à chaleur efficientes. À ces mesures d'incitation prises au niveau fédéral viennent encore s'ajouter de nombreuses mesures prises individuellement dans différents États fédérés (« Bundesländer ») et communes. En Allemagne, l'utilisation des biocarburants est encouragée dans le cadre de la loi sur les quotas de biocarburants (BiokraftQuG). En vertu de cette loi, les mélanges de biocarburants avec les carburants fossiles sont encouragés depuis 2007 grâce aux quotas de biocarburants.

La loi relative au développement des réseaux d'énergie (EnLAG), votée en 2009, devrait accélérer le développement futur du réseau de transmission allemand, de manière à garantir aussi la transmission des parts très fluctuantes des énergies renouvelables dans le réseau depuis les sites de production souvent décentralisés jusqu'aux centres de consommation à forte consommation d'énergie.

Enjeux de politique énergétique à partir de 2014

Le développement massif des énergies renouvelables, et du photovoltaïque et de l'énergie éolienne en particulier, met à présent la politique et l'économie énergétique au défi d'intégrer, au moyen de solutions intelligentes, les énergies renouvelables (souvent tributaires des saisons et du temps) dans le système énergétique, d'élargir l'infrastructure par le biais du développement des réseaux de transmission et de distribution, d'améliorer

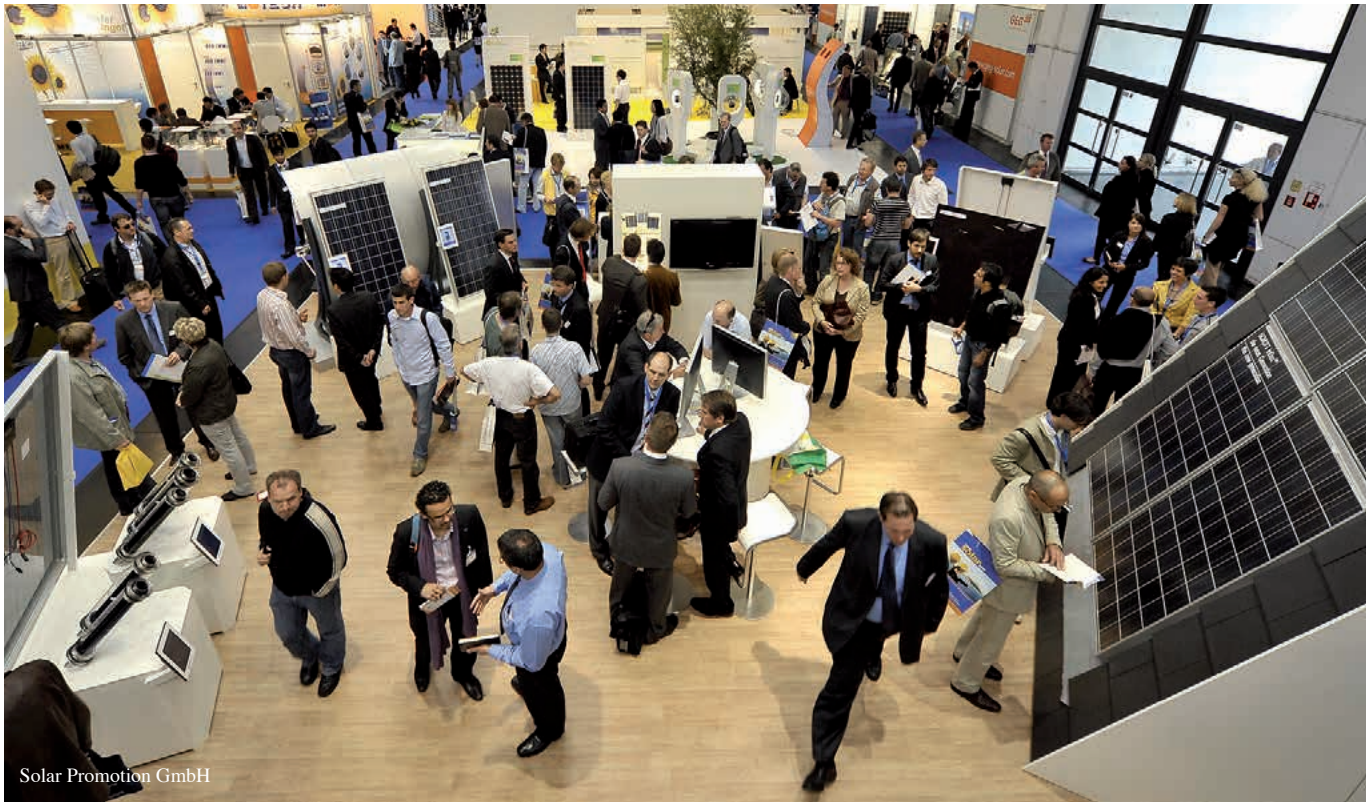
la coordination avec les voisins européens et de répartir équitablement les frais de la transition énergétique.

La réforme de l'EEG intervenue en 2014 doit permettre d'orienter plus spécifiquement les ambitieux objectifs de développement ainsi que de faire baisser et de mieux répartir les coûts du développement futur. L'introduction d'une obligation de commercialisation directe doit permettre de mieux intégrer les énergies renouvelables au marché. Par ailleurs, le gouvernement fédéral veut que l'industrie allemande, qui est une grande consommatrice d'énergie, reste compétitive et ne souffre pas de la hausse des prix de l'électricité. La création de valeur ajoutée et les emplois doivent rester garantis, un défi que le gouvernement fédéral tente de relever grâce à des échanges intensifs avec l'industrie. Concernant la répartition des coûts de la transition énergétique, il faut tenir compte des intérêts d'un grand nombre de parties prenantes, telles que les entreprises d'approvisionnement en énergie, les opérateurs de réseaux, l'industrie de sous-traitance énergétique et les investisseurs, ainsi qu'un grand nombre de consommateurs d'énergie, y compris les consommateurs privés finaux. Avec 830 000 employés environ, les industries grandes consommatrices d'énergie sont par exemple responsables du succès ou de l'échec d'un grand nombre d'autres branches. De même, la branche des énergies renouvelables, qui emploie quelque 371 000 travailleurs, représente un important facteur économique. Par le biais de la « Besondere Ausgleichsregelung » (réglementation compensatoire spéciale) prévue par la loi relative à la promotion des énergies renouvelables, le politique a donc créé la possibilité que les entreprises grandes consommatrices d'électricité du secteur manufacturier productif ainsi que les entreprises du rail soient exemptées du fameux prélèvement EEG.

Perspectives à long terme

Avec sa transition énergétique, l'Allemagne s'est engagée dans une voie qui suscite le respect de la scène internationale. En 2050, l'Allemagne devrait disposer d'un système énergétique respectueux du climat, fiable et rentable. Ce nouveau système énergétique durable, fondamentalement nouveau, qui ne génère pratiquement aucune émission de CO_2, contribuera grandement à la protection du climat international et permettra de contourner les risques que l'utilisation de l'énergie atomique fait courir à l'homme et à l'environnement.

Par ailleurs, le gouvernement fédéral prévoit que la transition énergétique renforcera son économie nationale. Grâce à l'utilisation éprouvée en Allemagne de technologies, de machines et de produits « made in Germany », l'industrie domestique occupe aujourd'hui déjà une position concurrentielle forte. La réussite de la transition énergétique ancrera encore davantage cette base.


Solar Promotion GmbH

Financement d‘installations d‘énergies renouvelables

La construction d‘installations fonctionnant avec des énergies renouvelables suppose des investissements de départ, pour lesquels il existe différentes formes de financement. Le choix du mix financier adéquat dépend de plusieurs facteurs, notamment du type d‘installation, de l‘importance du projet ou de la taille de l‘installation, ainsi que des conditions d‘octroi d‘aides éventuelles sur le site de l‘investissement. On a généralement recours à des financements mixtes combinant capitaux étrangers, capitaux propres et aides publiques.

L‘assurance d‘un cash flow prévisible, permettant d‘honorer les obligations financières liées au projet concerné, peut par exemple provenir des rémunérations d‘injection garanties par l‘État ou des revenus d‘un appel d‘offres remporté. Un soutien financier peut également être obtenu grâce à des subventions d‘investissement allouées par des institutions donatrices ou des communes, grâce à des allégements fiscaux ou à la vente des fameux certificats verts. Si aucune aide publique n‘est prévue sur le site de l‘investissement, il est possible de refinancer le crédit en utilisant les économies financières réalisées à l‘achat d‘énergie (autoconsommation) ou les recettes provenant de la vente directe de l‘énergie régénérative produite.

Projets de grande ampleur

Les projets de grande ampleur, comme la construction et l‘exploitation d‘un parc éolien, s‘inscrivent souvent dans le cadre de ce que l‘on appelle un financement de projet. Différents acteurs (consortiums d‘exploitants, fabricants, fournisseurs, etc.) se regroupent au sein d‘une société ad hoc et montent leur propre « Fonds Commun de Créances (FCC) » (Special-Purpose-Vehicle (SPV)). Les acteurs apportent une partie des capitaux propres dans le FCC ; après la réalisation d‘une diligence raisonnable (due diligence, contrôle de crédit et d‘activité), des capitaux étrangers sont mis à disposition via des banques.

Les actionnaires d‘une société de projet d‘énergies renouvelables s‘attendent à ce que leur investissement leur rapporte un bon rendement. C‘est dans cette optique que des sociétés de gestion de private equity., comme des fonds de pension et des fonds pour l‘environnement, investissent dans des parcs éoliens et dans des parcs solaires partout dans le monde. Les projets d‘investisseurs stratégiques sont en grande partie préfinancés sur les sommes de bilan des différents acteurs. Les fournisseurs d‘énergie, fabricants de turbines à vent et modules photovoltaïques, mais aussi, par exemple, les chaînes de distribution alimentaire, sont d‘importants acteurs de ce segment. En Allemagne, les « parcs citoyens » sont également très répandus. Il s‘agit d‘investisseurs privés qui se regroupent pour réaliser un projet.

Souscription de crédit

Pour le financement de projets de grande ampleur dans le secteur des énergies renouvelables, une attribution de crédit est directement liée au projet spécifique concerné et, partant, au rendement annuel prévu. Beaucoup d‘établissements bancaires nationaux et internationaux proposent des services dans ce domaine. Étant donné le travail préparatoire laborieux et coûteux qu‘implique un financement de projet, cela vaut surtout la peine pour des projets à partir d‘un volume d‘investissement de dix millions d‘euros environ.

Financement à l‘exportation

Dans le cadre de ce que l‘on appelle un financement à l‘exportation, les banques accordent à l‘acheteur d‘une marchandise (celui qui passe commande) un crédit sur plusieurs années, sachant qu‘après livraison et prestation en bonne et due forme, l‘exportateur touche directement son dû, financé par le crédit acheteur. Normalement, un crédit est accordé à condition qu‘une couverture soit offerte par le fournisseur allemand d‘assurance-crédit à l‘exportation Euler Hermes Allemagne AG (la « couverture Hermes »). Celle-ci couvre environ 85 pour cent du risque économique et 95 pour cent du risque politique. Vous trouverez de plus amples informations sur la couverture Hermes dans la section « Avantages à l‘importation de marchandises et de services allemands ».

Aide à l‘investissement

En Allemagne et dans le monde entier, le groupe bancaire allemand KfW joue un rôle central dans l‘attribution de facilités de crédit pour des investissements dans des projets d‘énergies renouvelables. En 2014, 3,3 milliard d‘euros (64 pour cent du montant total des contributions dans le secteur énergétique) ont été attribués au titre des énergies renouvelables dans le cadre de la collaboration financière avec les pays en développement. La banque de développement KfW compte parmi les plus grands partenaires financiers au monde pour des projets d‘énergies renouvelables dans des pays en développement.

Les autres principaux bailleurs de fonds pour la réalisation de projets en dehors de l‘OCDE sont, entre autres, les agences nationales de développement, le Fonds pour l‘environnement mondial (Global Environment Facility, GEF), la banque mondiale et les banques de développement régionales. Hormis les instruments de financement habituels, les bailleurs bilatéraux et multilatéraux proposent aussi des crédits « onlending ». Il s‘agit d‘un crédit accordé par une organisation internationale à des banques locales dans des pays éligibles à une aide. Les banques locales peuvent ensuite attribuer à leur tour ces crédits sous certaines conditions. L‘importateur local pourra ainsi bénéficier

d‘un soutien à des conditions souvent avantageuses (échéances plus longues par ex.).

Financement CDM/JI

Les mécanismes flexibles du protocole de Kyoto représentent une autre possibilité de financement de grands projets d‘énergies renouvelables. Dans le cadre du mécanisme CDM, des entreprises allemandes financent par ex. des projets dans des pays en développement ou émergents. Le pays cible à l‘étranger reçoit des investissements et, généralement aussi, une meilleure base de départ grâce au transfert de technologie. En échange, les entreprises allemandes reçoivent des droits d‘émission qu‘elles peuvent utiliser pour satisfaire à leur devoir de réduction d‘émissions dans le système européen d‘échange des quotas d‘émission.

Installations individuelles / Projets de moindre ampleur

La construction d‘installations individuelles ou les projets de moindre ampleur sont souvent financés par une seule entreprise. Le financement a lieu par le biais d‘un mix entre capitaux propres et capitaux étrangers ou d‘un leasing d‘installation. Les recettes provenant de l‘énergie produite (fourniture d‘électricité ou de chaleur par ex.), ou les économies financières réalisées grâce à l‘efficience des installations (coûts de fourniture d‘énergie plus faibles) peuvent être utilisées à des fins de refinancement d‘un crédit.

Souscription de crédit

Les banques locales offrent des possibilités de contracter un crédit, également aux personnes privées et aux entrepreneurs. Les conditions peuvent fortement varier. Les valeurs d‘expérience des banques dans le domaine des énergies renouvelables sont essentielles pour une évaluation correcte du risque.

Aide à l‘investissement

Selon le pays ou le site, des aides publiques telles que des crédits à taux réduit, des subventions d‘investissement ou des allégements fiscaux peuvent éventuellement venir alléger un investissement. À cela peuvent aussi venir s‘ajouter des fonds mis à disposition par des bailleurs bilatéraux et multilatéraux avec les crédits « onlending » présentés plus haut (voir Projets de grande ampleur / Aide à l‘investissement).

Leasing

Le leasing, une solution à mi-chemin entre l‘achat et la location de biens d‘investissement, représente une solution alternative à l‘achat d‘une installation. Comparé à l‘achat, le leasing présente l‘avantage d‘être neutre au bilan et de préserver les capitaux propres d‘un entrepreneur, qui conserve donc ses liquidités. Le leasing offre sécurité de la planification et transparence des coûts. Des recettes peuvent être générées par la vente de l‘énergie produite.

Avantages à l‘importation de marchandises et de services allemands

Les importateurs de marchandises et de services allemands du secteur des énergies renouvelables bénéficient d‘un soutien indirect grâce à différents programmes du gouvernement fédéral allemand. Ce dernier considère que les exportations de technologies des énergies renouvelables méritent d‘être soutenues car elles stimulent aussi le développement durable global. Il fournit les couvertures correspondantes sous la forme de garanties d‘État à l‘exportation et de garanties d‘investissement. Ces deux formes de garanties peuvent également être sollicitées en combinaison.

Garanties de crédit à l‘exportation du gouvernement fédéral

L‘assurance-crédit à l‘exportation – aussi appelée couverture Hermes – permet de couvrir les risques, liés aux opérations à l‘étranger, de non-recouvrement de créances auxquels sont exposées les entreprises allemandes lors de l‘exportation de marchandises et de services. L‘échéance de crédit pour les projets dans le domaine des énergies renouvelables est généralement de 18 ans. Si l‘on tient compte des frais générés sur place (dépenses d‘infrastructure pour le placement d‘installations éoliennes sur des sites éloignés), les parts peuvent être couvertes à concurrence de 30 pour cent de la valeur totale de l‘ordre. Grâce à l‘option qui permet d‘effectuer les remboursements à l‘entreprise allemande dans sa propre monnaie nationale plutôt qu‘en euros, les clients évitent le risque, lié à la dépréciation de leur monnaie, de ne pas pouvoir honorer les créances de l‘importateur allemand.

Garanties d‘investissement

Les importateurs de marchandises et de services allemands profitent en outre du soutien dont le gouvernement fédéral allemand gratifie les entreprises allemandes avec les garanties d‘investissement. Avec cet instrument, le gouvernement fédéral offre aux entreprises allemandes qui effectuent des investissements directs à l‘étranger, une couverture contre les risques politiques. Cela englobe les participations, les prêts de type quasi-fonds propres, les dotations en capital des succursales et autres apports d‘actifs. Dans le cadre des projets d‘énergies renouvelables, la garantie d‘investissement pourra également prendre la forme de confirmations venant d‘instances étatiques ou contrôlées par l‘État, concernant par exemple la construction d‘infrastructures ou la garantie des prix d‘achat. Certaines garanties peuvent courir jusqu‘à 20 ans.

Développement de l'énergie éolienne

Dans de nombreuses régions du globe, des moulins à vent étaient traditionnellement utilisés pour moudre le grain ou pomper l'eau du sol. Ils font partie du paysage depuis des siècles. Les installations éoliennes modernes sont des centrales qui produisent de l'électricité à des prix souvent compétitifs. Compte tenu de sa technologie moderne et de ses avantages tant économiques qu'écologiques, l'énergie éolienne est la source d'électricité régénérative enregistrant la croissance la plus rapide et celle qui détrônera toutes les autres sources à moyen terme. Fin 2014, les capacités installées totales étaient de 370 GW environ à l'échelle mondiale. Les principaux marchés se trouvent en Chine (114,7 GW), aux États-Unis (65,8 GW) et en Allemagne (40,4 GW).

SOWITEC group GmbH

Principe de fonctionnement

Pour le développement de turbines à vent modernes, les ingénieurs se sont appuyés sur les expériences de la construction aéronautique, pour savoir comment utiliser la force de portance du vent. Aujourd'hui, c'est le rotor horizontal à trois ailes (concept danois) qui est le plus utilisé. Ce rotor, qui s'est imposé grâce à sa fiabilité mécanique, son esthétisme visuel et son bas niveau sonore, a été conçu de manière à ce que son générateur puisse fournir une puissance optimale pour des vitesses de vent allant de 12 à 16 m/s. Et il reste efficace même lorsque les vents sont plus faibles. Lorsque les vents sont trop forts, la puissance est réduite afin de garantir une alimentation électrique constante du réseau. La mise en lien d'installations éoliennes à l'aide de techniques modernes de pilotage et de régulation permet d'effectuer des transitions lentes « en douceur » pour éviter les fluctuations dans le réseau électrique.
Les installations éoliennes modernes couplées au réseau électrique sont des installations de haute technicité, composées pour l'essentiel de tours de 50 à 100 m de haut, d'une gondole avec les installations techniques, d'un rotor à axe horizontal et de trois pales.

Les avantages de l'énergie éolienne

- L'énergie éolienne fournit une électricité propre et respectueuse du climat à des prix souvent compétitifs.
- Les installations éoliennes créent des emplois et profitent aux régions économiquement faibles. Les communes perçoivent des recettes fiscales et des loyers pour les terrains mis en bail.
- Les installations éoliennes couvrent un large spectre d'applications, allant de quelques kW à plusieurs MW.
- Des turbines de 10 kW indépendantes du réseau alimentent des exploitations agricoles et des petits villages, tandis que des parcs éoliens offshore avec une puissance installée de plusieurs centaines de mégawatts alimentent en électricité le réseau des régions industrielles.
- Les installations éoliennes forment la base idéale d'un mix énergétique avec d'autres installations d'énergies renouvelables, que ce soit pour le réseau d'électricité public, les installations hybrides ou un mini-réseau.

Rendement des installations éoliennes

La production d'électricité des installations éoliennes varie en fonction de la vitesse des vents du moment, de la hauteur de l'installation et de la taille des pales de rotor. Lorsque les vents soufflent plus fort, la production d'électricité augmente de manière disproportionnée. Une augmentation de 10 pour cent de la vitesse des vents peut entraîner une hausse du rendement de 1/3. En Allemagne, une installation terrestre de 1,5 MW produit en moyenne 2,5–5 millions kWh d'électricité par an. La hauteur des tours permet aux rotors de supporter des vitesses de vents élevées et plus la surface balayée par le rotor est grande, plus le rendement de l'énergie éolienne et sa transformation en électricité sont importants. Lorsque le vent est fort, la production est ajustée de manière à ce qu'alimentation électrique du réseau reste constante. Une installation est mise à l'arrêt en cas de surcharge dangereuse du réseau ou si un vent trop fort menace d'endommager les rotors.

Énergie éolienne « Made in Germany »

L'Allemagne se sert de son rôle de précurseur et de son expérience pour proposer ses idées modernes d'applications et de solutions, lesquelles ont déjà fait leur preuve à l'échelle internationale. Les entreprises allemandes font partie des fournisseurs leaders dans le domaine de l'éolien. L'offre va de la recherche et de la production des composants et des systèmes complets les plus divers à l'entretien et à l'exploitation des parcs éoliens, en passant par le développement de projets. Les produits et prestations de services de l'éolien « Made in Germany » jouissent d'une excellente réputation dans le monde entier en raison de leur fiabilité et de leur niveau de pointe en matière de technologie.

Technologies permettant d'utiliser l'énergie éolienne

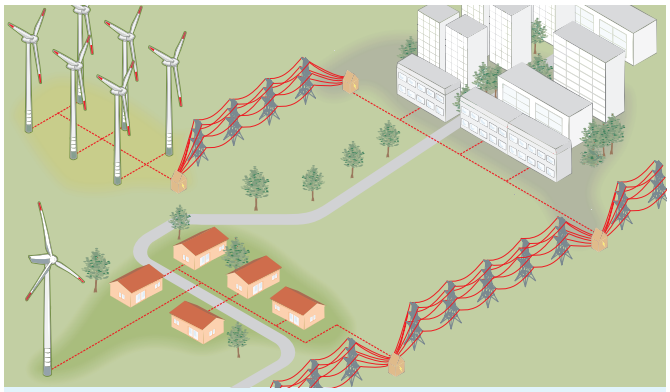
D'une manière générale dans le secteur de l'énergie éolienne, on fait la distinction entre les secteurs onshore, offshore et petit éolien. On trouvera ci-après les définitions les plus courantes.

Éolien onshore

De nos jours, les installations éoliennes onshore sont souvent installées le long des côtes ou à proximité des côtes. Pour réaliser des rendements élevés, on a développé des turbines dotées de hautes tours et de rotors permettant de balayer de grandes surfaces. Sommets des montagnes et hauts plateaux sont des sites qui se prêtent particulièrement bien à la production d'énergie éolienne. Il existe un large spectre d'installations éoliennes pour tous les types d'application. Deux techniques ont été développées pour convertir l'énergie éolienne en électricité de façon efficace :

- d'une part, le concept d'entraînement traditionnel avec un nombre de tours par minute variable, un engrenage et un générateur tournant à grande vitesse, et
- d'autre part, l'installation sans engrenage.

Champs d'application



Les avantages de l'énergie éolienne onshore

- Les coûts d'investissement sont plus faibles que pour les installations offshore, qui doivent pour certaines être ancrées, câblées, installées, exploitées et entretenues en haute mer.
- De plus, la production d'électricité décentralisée s'effectue plus près des centres de consommation, ce qui réduit les contraintes de développement et d'exploitation du réseau..

Installations éoliennes couplées au réseau

Les installations éoliennes sont soit érigées en groupes, dans les fameux parcs éoliens, soit individuellement. Les unités individuelles injectent normalement l'électricité directement dans le réseau existant. Lors de la construction de parcs éoliens, ce sont surtout les coûts élevés de raccordement au réseau électrique qui dominent (canalisations vers le réseau interurbain, unités de régulation et transformateurs).

Installations individuelles / Éloignement du réseau

Les installations individuelles sont essentiellement utilisées dans les régions où le réseau d'électricité est trop éloigné ou dans les cas où un raccordement serait trop onéreux.

Rééquipement (Repowering)

Le rééquipement consiste à remplacer des installations éoliennes de la première génération par des turbines modernes. Cela permet de développer les capacités, même sur des marchés éoliens traditionnels comme l'Allemagne, sans pour cela devoir solliciter de nouvelles surfaces. Sur les nouveaux marchés éoliens, le besoin en rééquipement est certes encore faible pour le moment, mais il recèle un fort potentiel pour l'avenir. Dans le même temps, un marché des turbines d'occasion s'est développé, qui répond à une demande de solutions autonomes individuelles.

Petit éolien

Il n'existe pas de définition précise à ce jour des petits aérogénérateurs. Voici quelques-unes des définitions les plus courantes :

- Selon la norme CEI 61400-2:2006, les petits aérogénérateurs ont une surface balayée par le rotor de 200 m² au maximum, ce qui correspond à une puissance nominale de 50 kW environ pour une tension électrique située en dessous de 1 000 VCA ou 1 500 VCC.
- La Fédération allemande de l'énergie éolienne (BWE) classe les petits aérogénérateurs comme suit :
  – les microéoliennes (puissance nominale jusqu'à 5 kW),
  – les mini-éoliennes (de 5 kW à 30 kW),
  – les moyennes éoliennes (de 30 à 100 kW).
- En général, la tour ne dépasse pas 20 mètres et la puissance moyenne d'un petit aérogénérateur se situe entre 5 et 10 kW.

Les avantages du petit éolien dans les régions hors réseau

Outre l'autoapprovisionnement en électricité, le petit éolien permet aussi d'économiser du diesel, qui sera utilisé à la place dans des générateurs d'électricité. Les petites installations éoliennes, notamment lorsqu'elle sont associées à d'autres technologies des énergies renouvelables comme le photovoltaïque, conviennent bien à l'approvisionnement énergétique de base dans les régions éloignées des réseaux.

Développement

Les petites installations éoliennes deviennent de plus en plus une solution alternative pour la production autonome et autarcique d'électricité. Les potentiels sont particulièrement importants dans les pays en développement et dans les pays émergents où le taux d'électrification est faible. Les petites installations éoliennes peuvent ainsi produire de l'électricité en tant que systèmes autonomes ou être bien intégrées à des réseaux en îlotage ou à des systèmes hybrides existants.

Offshore : des dimensions gigantesques

- La hauteur du moyeu d'une installation éolienne offshore de 5 MW est actuellement de 90 mètres environ au-dessus du niveau de la mer,
- le diamètre du rotor est de 125 mètres environ, les surfaces balayées par les pales du rotor correspondent à environ 1,5 terrain de football,
- la gondole fait la taille d'une maison et peut peser jusqu'à 400 tonnes, une installation éolienne offshore pèse autant que 250 éléphants (poids total jusqu'à 1 000 tonnes).

Les avantages de l'offshore

- Les parcs éoliens offshore ouvrent de nouvelles possibilités de création d'emplois, concernant en particulier les services spécialisés comme par ex. ceux axés sur les exigences de la haute mer. Cela peut représenter un avantage pour les régions côtières économiquement faibles.
- Les parcs éoliens ayant une capacité installée de plusieurs centaines de mégawatts fournissent une électricité constante, sont capables de remplacer de grosses centrales conventionnelles et fournissent des services système comme par ex. le maintien de la fréquence.
- Peu de concurrence sur le plan de l'utilisation des eaux, car peu de concurrence en général et pas beaucoup d'autres possibilités d'utilisation.

Perspectives

Le Global Wind Energy Council (GWEC) estime que d'ici à 2020, jusqu'à 12 pour cent (15 à 17,5 pour cent en 2030) du besoin énergétique mondial pourrait être couvert par l'énergie éolienne. La moitié des installations mondiales seront installées dans des économies en plein essor comme le Brésil, la Chine, l'Inde, le Mexique, le Maroc, l'Afrique du Sud et la Turquie. En outre, les banques de développement nationales et multilatérales devraient investir de plus en plus dans l'énergie éolienne dans ces pays émergents.

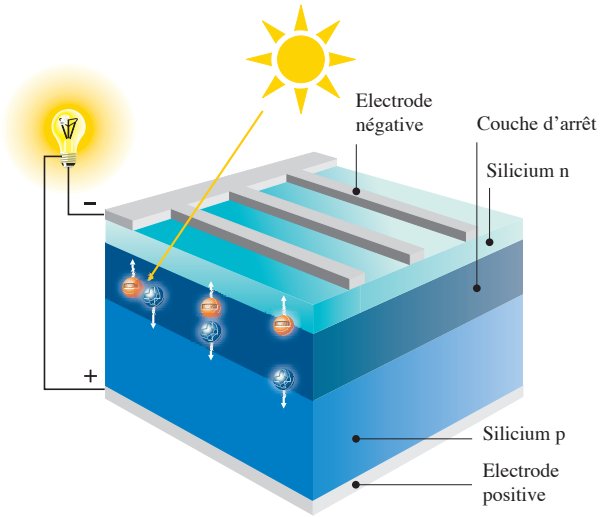
Onshore : il est par ailleurs important de faire en sorte que la population accepte mieux les parcs éoliens, notamment les installations onshore. La solution viendra peut-être des modèles de participation, comme les parcs éoliens citoyens. Ces derniers existent déjà dans quelques pays, comme en Allemagne et au Danemark.

Offshore : les prévisions pour le secteur de l'offshore sont positives et prévoient une forte croissance pour 2015, particulièrement dans l'UE. Cela s'explique par le développement prévu des projets offshore à travers l'UE, qui devrait permettre d'atteindre une nouvelle capacité installée de 1,9 GW en 2014 et de 12 GW en 2015. De nombreuses fondations ont déjà été installées au large des côtes allemandes et attendent d'être développées dans le cadre du parc éolien actuellement en construction. L'Allemagne, le Royaume-Uni et la Belgique présentent les plus forts potentiels de croissance dans le domaine offshore, mais le marché commence également à bouger aux Pays-Bas et au Danemark. La France s'est fixé l'objectif de 6 GW.

Petit éolien : les petites installations éoliennes deviennent de plus en plus une solution alternative pour la production autonome et autarcique d'électricité. Les potentiels sont particulièrement importants dans les pays en développement et dans les pays émergents où le taux d'électrification est faible. Les petites installations éoliennes peuvent ainsi produire de l'électricité en tant que systèmes autonomes ou être bien intégrées à des réseaux en îlotage ou à des systèmes hybrides existants. Selon les prévisions de la World Wind Energy Association (l'Association Mondiale de l'Énergie Éolienne – WWEA), la capacité installée pourrait atteindre un total cumulé de 5 GW environ d'ici à 2020.

Technologies de l'énergie photovoltaïque

L'énergie solaire recèle un potentiel énorme qui peut être utilisé grâce à différentes technologies. L'énergie photovoltaïque (PV) en est un exemple. Étant donné que l'énergie solaire est disponible partout, le photovoltaïque est une solution attrayante pour produire aussi bien du courant couplé au réseau que du courant hors réseau.

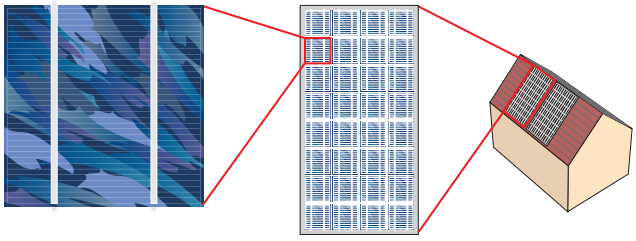


Mode de fonctionnement

- Les cellules photovoltaïques sont composées d'un ou de plusieurs matériaux semi-conducteurs et permettent la conversion directe de l'énergie a en énergie électrique.
- Grâce à l'apport d'éléments chimiques, deux couches se forment, une couche conductrice p avec un excédent de porteurs de charge positif et une couche conductrice n avec un excédent de porteurs de charge négatif. Du fait de ce déséquilibre, un champ électrique interne se forme au niveau de la couche diélectrique, qui provoque une séparation de charges lors de l'incidence de la lumière. Les porteurs de charges ainsi libérés peuvent être évacués par des contacts métalliques et utilisés directement comme courant continu (DC) par un appareil électrique ou être injectés dans le réseau comme courant alternatif (AC) via un convertisseur intercalé.
- Pour obtenir des capacités plus élevées, les cellules photovoltaïques sont interconnectées aux modules.
- Outre le silicium, d'autres éléments, comme le cuivre, le gallium ou le cadmium, trouvent leur application dans le photovoltaïque. D'une manière générale, on fait la différence entre la technologie à couche épaisse (cellules monocristallines et polycristallines) et la technologie à couche fine (silicium amorphe par ex.).

Les avantages de la production d'électricité photovoltaïque

- Peu de nuisances sonores, absence d'émissions
- Large spectre d'utilisations, depuis les plus petites comme les calculatrices à énergie solaire, jusqu'à la production d'électricité à domicile et dans de grandes usines avec une puissance de plusieurs mégawatts.
- Pas de pièces mobiles – Longue durée d'utilisation des installations.
- Compatibilité environnementale élevée – L'utilisation et l'élimination du silicium ne présentent pas de danger pour l'environnement.
- Aujourd'hui, les cellules photovoltaïques sont surtout fabriquées à base de silicium, le deuxième élément chimique le plus abondant sur terre et donc peu coûteux à valoriser.



Cellule solaire – panneau solaire – générateur solaire

Installations photovoltaïques

Selon l'utilisation que l'on veut en faire, les modules seront configurés et câblés en tant qu'installations clés en main avec onduleurs, régulateurs de charge, batteries et autres appareils. Les installations photovoltaïques peuvent être conçues comme des installations autarciques ou couplées au réseau. Dans les installations autarciques, le rendement énergétique correspond aux exigences énergétiques. Si nécessaire, l'énergie est stockée dans des accumulateurs ou complétée par une source d'énergie supplémentaire (système hybride). Dans les installations couplées au réseau, le réseau public fonctionne comme milieu d'emmagasinage.

Conversion de l'électricité

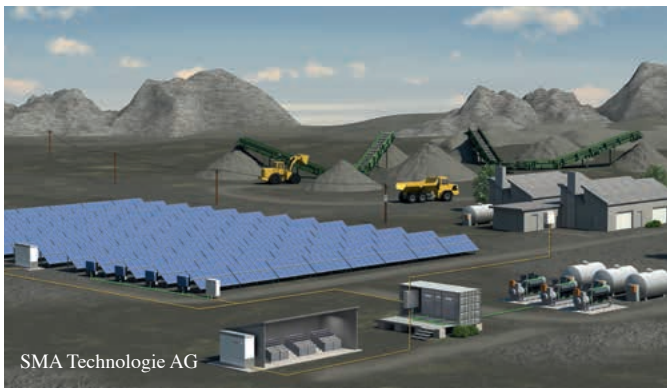
- Les onduleurs transforment le courant continu produit en courant alternatif, qui peut ensuite être injecté dans le réseau.
- La conversion se fait à l'aide d'un onduleur qui assure un mode de fonctionnement optimal en fonction du rayonnement solaire et qui renferme des dispositifs de surveillance et de protection.
- L'onduleur se voit également accorder une importance particulière dans le cadre de l'intégration dans le réseau du courant issu des énergies renouvelables. En effet, l'onduleur est fortement intégré dans le réseau électrique intelligent pour permettre une production optimale et une charge dans les réseaux.

Domaines d'utilisation

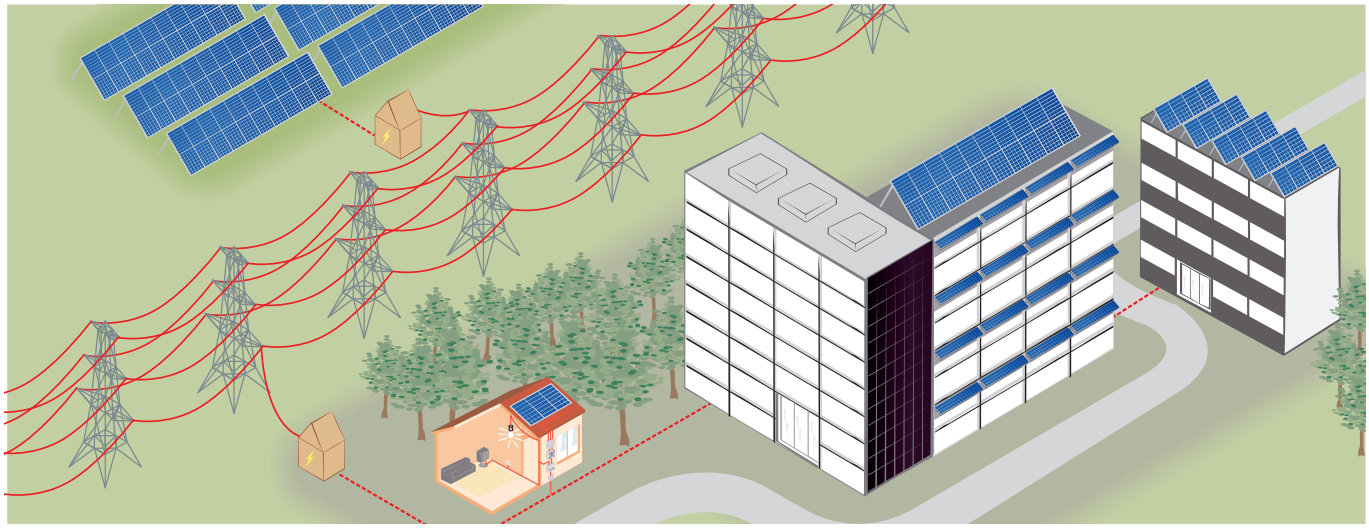
Les systèmes photovoltaïques peuvent aussi bien être utilisés couplés au réseau que dans le domaine off-grid (en marge du réseau) ou en combinaison avec d'autres technologies en tant que systèmes hybrides pour approvisionner des bourgades entières en électricité via des réseaux en îlotage. Les installations off-grid se prêtent parfaitement à l'approvisionnement en courant de zones isolées, où la sécurité d'approvisionnement est réduite. Ici également, l'avantage se situe au niveau de la modularité du générateur PV : de quelques watts pour alimenter des appareils électriques ménagers, jusqu'à plusieurs centaines de kWc voire de MWc.

Utilisations domestiques – L'installation sur la toiture comme forme typique. Le photovoltaïque intégré aux bâtiments ouvre de nouveaux champs d'applications, comme par ex. l'intégration de systèmes photovoltaïques sur le toit, sur la façade ou aux fenêtres. Pour couvrir la consommation annuelle d'une famille de quatre personnes en Allemagne par exemple, un foyer moyen a besoin d'une installation photovoltaïques fournissant une puissance de 3,5 à 4 kW. Selon la technologie photovoltaïque utilisée, cela correspond à une surface de panneaux solaires de 35 à 40 m² environ, ou plus. Une optimisation de son autoconsommation peut être obtenue en utilisant une technique de système intelligente. Avec une connexion au réseau, l'électricité excédentaire peut être directement versée à l'exploitant du réseau. Par rapport à une installation hors réseau, les frais sont plus bas, étant donné qu'en principe un emmagasinage d'énergie n'est pas indispensable, ce qui améliore en outre l'efficacité du système. Mais la production d'électricité avec PV et solutions de stockage peut aussi avoir lieu hors réseau. Bornes de recharge mobiles et systèmes de lampes sont d'autres domaines d'utilisation possibles pour la consommation privée.

Industrie et industrie manufacturière – On a généralement recours à des installations sur les toitures, comme dans le domaine privé, ce qui présente l'avantage de pouvoir tirer parti des toits des halles industrielles et des complexes de bâtiments pour produire de l'électricité avec des installations photovoltaïques et approvisionner les sites de production et les entreprises manufacturières. Cette production d'électricité peut avoir lieu off-grid ou en réseau. Les systèmes hybrides représentent un cas particulier. Ceux-ci combinent installations photovoltaïques et autres technologies des énergies renouvelables et/ou groupes électrogènes diesel. Cela peut faire baisser le prix du diesel et diversifier la structure de consommation.


SMA Technologie AG

Installations de grande taille reliées au réseau – En règle générale, les installations de grande taille sont conçues comme des installations au sol ou sur des toitures de grande taille. Ce type d'installations peut approvisionner communes, régions et systèmes insulaires (Mini-Grids) en électricité. Avec les mini-grids (mini-réseaux), plusieurs installations photovoltaïques alimentent généralement un système insulaire et peuvent approvisionner en électricité plusieurs maisons, voire même plusieurs localités. Des solutions hybrides sont souvent utilisées ici. Pour optimiser la production d'électricité, les modules peuvent être orientés vers le soleil.



Futures tendances

Développement de nouvelles technologies

Les entreprises allemandes sont les leaders mondiaux du développement et de la recherche de nouvelles technologies photovoltaïques. La condition préalable à un développement positif du marché à l'avenir est la poursuite de la baisse des prix, par exemple en augmentant le degré de rendement et en diminuant l'emploi de matériaux, ainsi qu'une utilisation renforcée dans d'autres domaines d'utilisation. Par conséquent, les futures technologies photovoltaïques devraient encore gagner en importance à l'avenir :

Systèmes photovoltaïques à concentration (CPV)

En utilisant les systèmes de miroirs et de lentilles, une intensité de lumière élevée est concentrée sur une cellule photovoltaïque. Actuellement, ces systèmes permettent d'atteindre des degrés de rendement de 43,6 pour cent. Cette technologie offre un potentiel élevé de baisse des coûts de production, ce qui signifie que l'approvisionnement en énergie se fera à un prix avantageux à l'avenir.

Photovoltaïque organique (OPV)

Les cellules photovoltaïques organiques sont composées de liaisons de carbures d'hydrogène, qui sont déposées sur le substrat comme le silicium amorphe. L'avantage de telles cellules photovoltaïques est que la puissance, contrairement aux cellules photovoltaïques anorganiques, ne diminue pas lorsque le rayonnement baisse et que les températures augmentent. Cela permet de réaliser un meilleur rendement solaire et offre aussi davantage de possibilités d'utilisation grâce à la couleur et à la flexibilité du matériel.

Intégration au réseau

Avec la poursuite du développement du photovoltaïque, la question de l'intégration au réseau gagne en importance. Dans les régions rurales notamment, de grandes quantités d'énergie solaire sont produites et injectées dans le réseau. Mais par contre, la demande en électricité est aussi plus faible dans les régions rurales. Le développement du photovoltaïque va de pair avec le développement et le renforcement du réseau électrique et des possibilités de stockage de l'électricité photovoltaïque. L'industrie photovoltaïque allemande développe des onduleurs modernes, qui peuvent faire augmenter la capacité des réseaux d'électricité et partant, maintiennent les coûts de développement du réseau à un niveau bas.

Responsabilité des fabricants et recyclage

Les modules photovoltaïques contiennent des matériaux tels que le verre, l'aluminium et de nombreux produits semi-conducteurs qui peuvent être réutilisés dans de nouvelles installations ou à

Bosch Solar Energy AG

d'autres fins. Si, compte tenu de leur espérance de vie, des modules doivent être retirés du réseau au cours des 10 à 15 prochaines années, les entreprises notamment ont la responsabilité de proposer des solutions d'élimination durables. Il existe déjà des processus de recyclage pour les modules à faible couche et cristallins. Les entreprises de l'industrie photovoltaïque européenne ont développé le système de recyclage « PV CYCLE » en 2007.

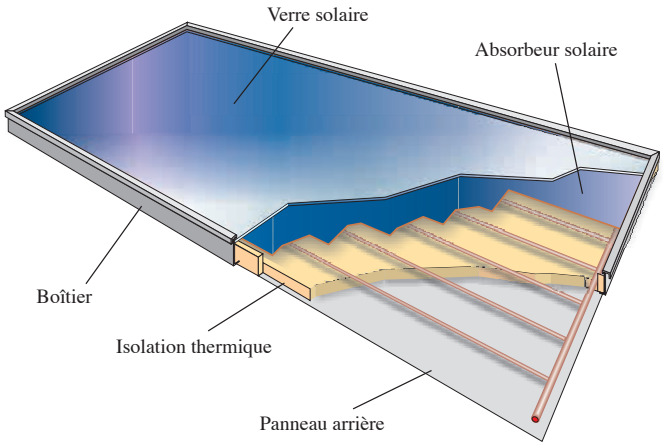
Perspectives

Selon l'European Photovoltaic Industry Association (EPIA, Association européenne de l'industrie photovoltaïque), il faut s'attendre à ce que les plus grands marchés de croissance en Europe se délocalisent vers d'autres régions du monde. La Chine et l'Inde, surtout, disposent d'un grand potentiel pour de nouvelles installations photovoltaïques. Par conséquent, on table sur une croissance élevée du marché photovoltaïque dans ces pays au cours des prochaines années. En Asie du Sud-Est, en Amérique Latine et dans la région MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord), on s'attend également à un développement des installations photovoltaïques.

De nombreux pays du monde n'ont pas de réseau électrique ou alors, il est insuffisant. Jusqu'à présent, ces régions utilisaient des groupes électrogènes diesel pour produire de l'électricité. À l'avenir, des installations hybrides diesel photovoltaïque offriront une alternative écologique. D'après les estimations de Greenpeace, la part du marché global des systèmes off-grid dans les pays en développement devrait croître fortement dans les prochaines années et ainsi garantir d'ici à 2030 l'approvisionnement en électricité de quelque deux milliards de personnes éloignées du réseau. Le premier système commercial hybride diesel – photovoltaïque a été mis en service fin 2012 en Afrique du Sud.

Technologies de thermie solaire

La production de chaleur à partir de l'énergie solaire est une technologie éprouvée depuis des décennies. La thermie solaire peut servir à réchauffer l'eau sanitaire ou l'habitation, mais également être utilisée à des fins de refroidissement.



Mode de fonctionnement et différents types de collecteurs solaires

Absorbeurs sans vitrage. Les absorbeurs sont la forme la plus simple des collecteurs solaires. Il s'agit de tapis noirs en plastique généralement utilisés pour chauffer l'eau des piscines en plein air. Ils peuvent contribuer à la réduction des frais d'exploitation d'une piscine. Ils sont moins chers que les chaudières à combustibles fossiles et permettent d'atteindre des températures de 30 °C à 40 °C.

Près de 90 pour cent des collecteurs utilisés en Allemagne sont des **collecteurs plans.** L'absorbeur solaire en métal est intégré dans une boîte qui réduit les pertes de chaleur grâce à un système d'isolation thermique et à une plaque de verre. Les capteurs solaires plans travaillent normalement dans une plage de température de 60 °C à 90 °C.

Collecteurs à air. Il s'agit ici d'un type particulier de collecteurs plans. L'air y est chauffé et généralement utilisé directement, sans emmagasinage intermédiaire, pour chauffer des bâtiments. L'air réchauffé peut également être utilisé pour le séchage de produits agricoles. L'emploi d'échangeurs thermiques air/eau permet aussi de réchauffer de l'eau, par exemple de l'eau potable.

Collecteurs à tubes sous vide. Ils permettent de limiter encore davantage les pertes de chaleur, grâce à la création d'un vide important dans les tubes de verre, et d'obtenir ainsi un rendement et des températures encore plus élevés. Un collecteur se compose de plusieurs tubes sous vide. Grâce au positionnement pivotant des différents tubes, la tôle d'absorption plate se trouvant dans l'enveloppe de verre peut être tournée de sorte à être positionnée de manière optimale par rapport au soleil. C'est pourquoi les collecteurs à tubes sous vide peuvent presque être utilisés à l'horizontale sur les toits plats. Chaque tube forme un système autonome qui transmet la chaleur à l'eau que l'on veut chauffer via un circuit de chaleur antigel.

Avantages

- Réduction de la consommation d'énergies fossiles, économies considérables sur les factures de chauffage et meilleure planification des frais de chauffage.
- Moins grande dépendance à l'égard des importations d'énergie
- Contribution à la diminution des émissions de CO_2.
- Technologie fiable et éprouvée.

Systèmes solaires thermiques

Installation de circulation actionnée par une pompe.

- L'énergie thermique produite est transmise à l'emmagasineur d'énergie par un caloporteur.
- La circulation du liquide caloporteur se fait au moyen d'une pompe. C'est pourquoi l'emmagasineur d'énergie peut être installé à la cave, ce qui facilite l'intégration de l'installation solaire et du producteur de chaleur conventionnel.
- L'unité de commande surveille et régule le fonctionnement de l'installation, de manière à ce qu'il y ait toujours suffisamment d'énergie thermique disponible.

KBB Kollektorbau GmbH

Installation à siphon thermique (convection).

- Ces installations, idéalement installées à l'abri du gel, sont conçues simplement et leurs pompes et régulateurs fonctionnent sans énergie électrique.
- Étant donné que des liquides chauffés ont une épaisseur moindre que les liquides froids, la pesanteur permet au caloporteur de circuler entre le collecteur et l›emmagasineur situé au-dessus.

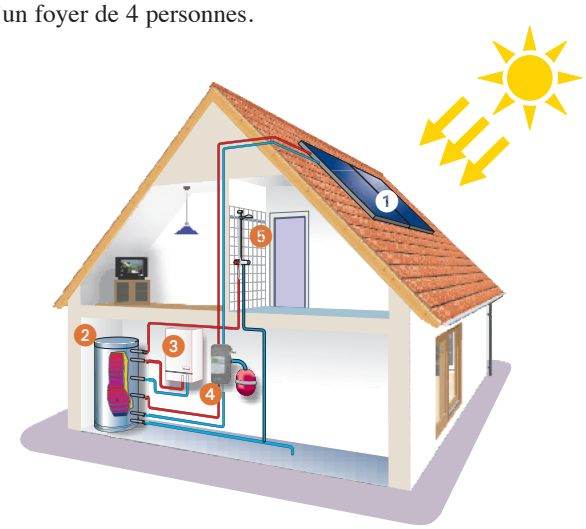
Perspectives

Si l'importance de la technologie thermique solaire a longtemps été sous-estimée, on s'attend à ce qu'elle connaisse un regain d'intérêt à l'avenir, en raison de la forte augmentation des prix de l'énergie et du développement des chauffages solaires innovants. La thermie solaire sera de plus en plus utilisée dans les habitations collectives, les hôpitaux, les foyers, les hôtels et dans le secteur industriel.

Champs d'application de la thermie solaire

Production d'eau chaude pour maisons individuelles

C'est le domaine d'application le plus fréquent de la thermie solaire dans le monde. En Europe, ces installations sont développées dans le but de couvrir 100 pour cent des besoins d'eau chaude en été, et de 50 à 70 pour cent sur l'année. Elles sont constituées d'une grande surface de collecteur de 3 à 6 m² et d'une chaudière d'une capacité de 200 à 400 alitres pour le stockage de l'eau chauffée, ce qui permet de couvrir les besoins d'un foyer de 4 personnes.



Les installations solaires thermiques pour chauffer l'eau sanitaire dans une maison isolée: 1) Collecteur 2) Réservoir de stockage solaire 3) Chaudière 4) Station solaire 5) Consommateur d'eau chaude (par ex. douche)

Installations pour le réchauffement d'eau potable

Ces installations sont généralement conçues pour suffire à réchauffer à elles seules l'eau sanitaire pendant les six mois d'été. Durant la période hivernale, la préparation d'eau chaude est assurée en majeure partie par un générateur de chaleur (chaudière à gaz, au fioul ou à bois, ou pompe à chaleur) et complétée, lors des journées ensoleillées, par l'installation thermique solaire. C'est ainsi que, sur l'ensemble de l'année, l'installation thermique solaire couvre environ 60 pour cent des besoins de chaleur pour réchauffer l'eau potable. La surface de collecteurs nécessaire dépend des conditions climatiques dans le pays concerné.

Installations combinées

Les installations solaires combinées disposent d'une plus grande surface de collecteurs solaires. Au printemps et à l'automne, elles participent au réchauffement des bâtiments. Ici aussi, la surface de collecteurs nécessaire dépend des conditions climatiques du pays concerné et des besoins du consommateur. Normalement, la proportion de chaleur solaire par rapport au besoin total de chaleur du bâtiment oscille entre 20 et 30 pour cent selon la qualité de l'isolation de la maison et donc, selon les besoins de chauffage. Cependant, il existe aussi des maisons solaires qui couvrent plus de 50 pour cent, et jusqu'à 100 pour cent de leur besoin en chaleur total à l'aide du thermique solaire.

Fourniture et stockage

Pour pouvoir utiliser la thermie solaire à plus grande échelle, il faut construire des réseaux de chaleur de proximité et à distance, et les raccorder à des emmagasineurs de chaleur de taille correspondante. D'immenses volumes de stockage sont nécessaires lorsque la chaleur solaire est utilisée par le biais d'un réseau à distance, pour pouvoir approvisionner des quartiers résidentiels entiers et disposer de la chaleur stockée en été pendant la saison froide également. La chaleur peut par exemple être emmagasinée dans des couches souterraines drainantes (aquifères).

Production de chaleur de processus pour applications industrielles

La chaleur de processus représente un énorme potentiel pour les systèmes solaires thermiques : dans l'industrie, environ 30 pour cent des besoins de chaleur se situent à un niveau de température inférieur à 100 °C. La chaleur solaire peut être injectée soit au niveau de l'approvisionnement (réseau d'eau chaude ou réseau vapeur industriel) soit au niveau du processus. La technique de système nécessaire pour obtenir des températures élevées est encore relativement chère à l'heure actuelle ; en revanche, l'approvisionnement en chaleur industrielle, pour des températures comprises entre 20 et 100 °C, peut être mis en place relativement vite et à un prix comparativement avantageux. À l'avenir, on devrait pouvoir atteindre des températures allant jusqu'à 250 °C.

Exemple de projet : à Eichstätt, en Allemagne, une centaine d'installations pilotes approvisionne une brasserie en eau chauffée par thermie solaire. Pour en augmenter la rentabilité, les processus de production ont été adaptés à l'intensité du soleil. L'installation fonctionne grâce à des collecteurs à tubes sous vide sur une surface de 900 m² et avec deux grands réservoirs solaires d'une capacité de 60 m³.

Perspectives

Si l'importance de la technologie thermique solaire a longtemps été sous-estimée, on s'attend à ce qu'elle connaisse un regain d'intérêt à l'avenir, en raison de la forte augmentation des prix de l'énergie et du développement des chauffages solaires innovants. La thermie solaire sera de plus en plus utilisée dans les habitations collectives, les hôpitaux, les foyers, les hôtels et dans le secteur industriel.

Champs d'application du refroidissement solaire

Wagner & Co Solartechnik GmbH

Climatisation solaire

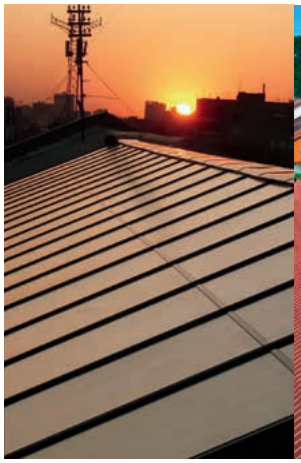
La thermie solaire peut apporter une importante contribution aux besoins de climatisation. L'énergie générée dans un collecteur peut être utilisée pour faire fonctionner une installation de climatisation. L'avantage de cette technologie est que, comme le besoin de refroidissement est à son maximum lorsque le soleil frappe le plus fort, ni le chaud ni le froid n'ont besoin d'être stockés très longtemps. Outre les économies directes de combustibles fossiles que cela permet de réaliser, cette technique permet aussi de réduire les pics de consommation d'électricité en été. L'aspiration grandissante à un niveau de vie plus élevé, combinée avec la tendance à la construction de bâtiments dotés de grandes façades en verre fera vraisemblablement augmenter les besoins en climatisation écologique. Ces systèmes constituent une alternative fiable, surtout dans les pays plus chauds où les réseaux sont à la limite de leur capacité aux heures où les besoins en électricité des appareils de refroidissement sont au plus haut.

Systèmes utilisés pour le refroidissement solaire :

À l'intérieur de systèmes fermés, un processus d'absorption est déclenché grâce à l'énergie solaire. Ce faisant, le liquide enfermé n'a aucun contact avec l'air extérieur. Avec des systèmes ouverts au contraire, l'eau, en tant que liquide de refroidissement, est en contact direct avec l'air extérieur à refroidir. Les systèmes ouverts utilisent normalement une méthode combinée de déshumidification sorptive de l'air et de refroidissement par condensation pour le traitement de l'air des installations d'aération. La climatisation par sorption est une technique qui a fait ses preuves. Avec la méthode de dessication, la vapeur d'eau est éliminée de l'air entrant au moyen d'un dessicant, comme le gel de silice, déposé sur un cylindre poreux en rotation et qui absorbe l'humidité. Pendant la rotation, une partie du cylindre est constamment soumise à la chaleur d'un flux d'air chauffé par le soleil, de sorte que l'humidité est rejetée dans l'air ambiant. Dans les systèmes ouverts, l'air humide rejeté comme l'air d'alimentation servent tous les deux de réfrigérants. L'air d'alimentation est directement propulsé dans la pièce selon une technique de récupération de chaleur. Au niveau du premier rotor, l'air entrant se réchauffe facilement pendant le séchage. Lorsqu'il passe au niveau du deuxième rotor, l'air se refroidit de nouveau pour s'adapter à la température ambiante. L'étape de refroidissement suivante à la température souhaitée se fait par condensation de l'eau dans l'air entrant.

Perspectives

C'est en particulier dans les pays ayant d'importants besoins de réfrigération que le refroidissement assisté par énergie solaire est une technologie prometteuse, étant donné qu'elle permettra de réduire à long terme la consommation d'électricité et les coûts de climatisation. La chaleur emprisonnée via les collecteurs solaires est l'énergie motrice nécessaire aux appareils de réfrigération. Dans la mesure où la technique de refroidissement solaire est encore relativement nouvelle, les frais d'installation sont aujourd'hui encore supérieurs à ceux des systèmes de refroidissement traditionnels. Ces coûts s'expliquent par la complexité de la technique et le faible intérêt que lui porte l'industrie. Les entreprises et instituts de recherche travaillent au développement de cette technologie, afin de la rendre plus compacte, plus abordable et adaptable à des besoins plus modestes.



Schüco AG

Wagner & Co Solartechnik GmbH

KBB Kollektorbau GmbH

Centrales solaires thermiques

Aperçu de la technologie

Dans les centrales à base d'énergie solaire thermique haute température (Concentrated Solar Power, CSP), l'énergie solaire est exploitée dans de grandes installations techniques pour produire de l'électricité. Le rayonnement solaire est concentré par procédé optique, ce qui permet d'atteindre les très hautes températures nécessaires au fonctionnement de la centrale. Cette chaleur haute température peut également être temporairement stockée, ce qui permet de produire du courant en fonction des besoins. C'est là un des principaux avantages de cette technologie.

Pour un fonctionnement rentable, les centrales solaires thermiques ont besoin d'une part élevée de rayonnement solaire direct. C'est pourquoi elles sont installées, en toute logique, dans des zones très ensoleillées, comme le sud de l'Europe, l'Afrique du Nord et le sud-est des États-Unis. Dans le sillage de l'évolution actuelle du marché, de nombreuses centrales cylindro-paraboliques seront planifiées et construites, mais de plus en plus aussi des tours solaires ; par ailleurs, quelques installations utilisant la technologie Fresnel sont en exploitation ou en construction. En 2013, on dénombrait dans le monde environ 60 centrales solaires thermiques raccordées au réseau. Cela correspond à une capacité de 3 200 MW environ. Quarante autres centrales, avec une puissance totale prévue d'environ 6 000 MW, se trouvent actuellement à différents stades de construction ou de développement concret du projet. Les entreprises allemandes sont les leaders mondiaux du développement et de la recherche de technologies CSP.

Novatec Solar GmbH

Les centrales cylindro-paraboliques contient de nombreuses rangées parallèles de collecteurs, qui sont constitués de miroirs courbés en forme de parabole, qui concentrent la lumière du soleil sur un tube absorbeur placé le long de la ligne focale et qui génèrent des températures d'environ 400 °C. On utilise généralement comme caloporteur une huile thermique, qui transporte l'énergie thermique vers un échangeur de chaleur, où de la vapeur d'eau est produite à une température de 390 °C environ. Cette vapeur d'eau permet au final, comme pour une centrale traditionnelle, d'activer une turbine à vapeur avec générateur.
Dans **les collecteurs de Fresnel,** des miroirs plans longs à peine incurvés concentrent le rayonnement solaire sur un tube absorbeur fixe, où l'eau est directement chauffée et s'évapore. La vapeur ainsi produite peut être utilisée pour produire de l'électricité ou directement à des fins de refroidissement et de désalinisation dans des processus industriels. Le concept de base de ces collecteurs est plus simple que celui du miroir cylindro-parabolique, ce qui entraîne, certes, un degré de rendement annuel légèrement plus faible, mais aussi des coûts d'investissement plus faibles pour le secteur solaire.

FLABEG Holding GmbH

Dans **les tours solaires,** le rayonnement solaire est concentré sur un absorbeur central et échangeur thermique, par des centaines de miroirs qui se positionnent automatiquement. Les températures peuvent atteindre jusqu'à 1 000 °C, soit des valeurs nettement plus élevées qu'avec les collecteurs cylindro-paraboliques. Avec ces températures plus élevées, le degré de rendement est lui aussi meilleur, notamment dans le cas des turbines à gaz, ce qui fait donc baisser la facture d'électricité.
Dans le cas des **installations Dish-Stirling,** un miroir en forme de parabole (plat = angl. Dish) concentre le rayonnement solaire sur le thermorécepteur d'un moteur Stirling monté en aval, qui transforme directement l'énergie thermique en travail mécanique ou en électricité. Cela permet d'atteindre des rendements de plus de 30 pour cent supérieurs. Il existe par exemple des installations prototypes sur la Plataforma Solar de Almeria, en Espagne. Ces installations sont idéales comme systèmes insulaires. La possibilité s'offre ici aussi de relier plusieurs installations au sein d'une « ferme » et de couvrir ainsi une demande comprise entre dix kilowatts (kW) et plusieurs mégawatts (MW).

Perspectives

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que la puissance installée sera triplée par la construction de centrales solaires thermiques d'ici à 2018 et qu'elle passera des 3,2 GW actuels à près de 10 GW. Ce développement positif au niveau mondial de l'aménagement de centrales solaires thermiques est le résultat de l'extension de projets à de nombreux pays et s'accompagne de réductions significatives des coûts de revient de l'électricité dans les projets de centrale récemment lancés. Au cours des cinq à dix prochaines années, les installations solaires thermiques présentes sur des sites rentables devraient être capables de concurrencer l'électricité provenant de centrales de charge moyenne, en fonction de l'évolution des coûts globaux (frais d'achat et d'évitement du CO_2) des combustibles fossiles.

Bioénergie – Mobilité, production de chaleur et d'électricité

Solides
- déchets de bois
- déchets des champs (foin)
- plantes énergétiques (bois et coupes de foin)

Gazeux
- biogaz
- gaz d'épuration
- gaz de décharge

Liquides
- huile végétale
- biodiesel
- bioéthanol
- biocarburants synthétiques

Grâce á la photosynthèse, les plantes produisent da le biomasse et créent ainsi un réservoir d'énergie. La biomasse peut service à la production de carburants, de chaleur et d'énergie. La biomasse est constituée du bois, des déchets organiques, des engrais et autres substances d'origine végétale et animale.

Aperçu du marché

Partout dans le monde, l'utilisation de la biomasse solide revêt une énorme importance sur le plan de l'approvisionnement énergétique. En particulier, les pays en développement misent beaucoup sur le bioénergie pour la fourniture de chaleur et pour cuisiner. En 2010, la bioénergie était l'énergie renouvelable la plus répandue, avec une part de 9,5 pour cent dans la consommation mondiale d'énergie primaire.

Classification de la bioénergie

La bioénergie peut être obtenue à partir de sources différentes. Celles-ci se distinguent en fonction de leur disponibilité, de leurs propriétés de combustion et de leurs possibilités d'utilisation. Des combustibles solides, liquides et gazeux peuvent être fabriqués à partir de la biomasse.

Biomasse solide

- Sont considérées comme de la biomasse solide tous les produits au détail et en vrac, secs ou déshydratés, obtenus à partir de plantes ou de parties de plantes. Elle peut par exemple être stockée sous la forme de granulés de bois ou de plaquettes forestières. Cela permet une production de chaleur et d'électricité permanente et adaptée aux besoins.
- La part de la biomasse solide (y compris les déchets) dans l'approvisionnement mondial en énergie primaire était de 9,7 pour cent environ en 2012.
- La part de la biomasse solide (y compris le charbon) dans la fourniture globale d'énergie à partir des énergies renouvelables était de 68,9 pour cent en 2012.

Biogaz

- Le biogaz, qui s'obtient à partir de la méthanisation de la biomasse, est utilisé de multiples façons dans le monde entier pour l'approvisionnement énergétique : comme combustible dans des centrales de cogénération pour production d'électricité en utilisant la chaleur résiduelle (couplage chaleur-force, CCF), comme biométhane par injection dans le réseau de gaz naturel après traitement correspondant du biogaz, comme carburant dans les véhicules à gaz, ou directement pour cuisiner.
- La moitié de la production totale d'énergie à base de biogaz en Europe provient de la production allemande.
- Environ 56,7 pour cent des installations en Europe ont produit du biogaz à partir de résidus agricoles, alors que les décharges ont produit 31,3 pour cent et les stations d'épuration douze pour cent du biogaz européen.

Biocarburants liquides

- Les biocarburants sont obtenus à partir de la biomasse solide et ont une qualité comparable aux carburants traditionnels.
- Le biodiesel et le bioéthanol dominent le marché des biocarburants, avec des parts de 80 et 20 pour cent respectivement.

Les avantages de la bioénergie

La bioénergie n'a quasiment aucune incidence en termes de CO_2. Elle rejette la même quantité de dioxyde de carbone que celle absorbée par les plantes durant leur croissance. Pour le bilan CO_2, cela ne fait aucune différence que le bois pourrisse dans la forêt ou qu'il soit utilisé pour produire de l'énergie ! En outre, la bioénergie est :

- emmagasinable et disponible en toute flexibilité,
- capable, grâce à cette flexibilité et à cette disponibilité permanente, de compenser les fluctuations de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne,
- pratiquement disponible dans chaque pays.
- Le recours à la biomasse aide à réduire les problèmes d'élimination des déchets tout en fournissant une énergie précieuse.
- Les régions agricoles profitent de la création d'emplois sûrs dans l'agriculture et la sylviculture, ainsi que sur l'ensemble de la chaîne de création.
- Les cultures énergétiques ouvrent de nouveaux champs d'activités aux agriculteurs.
- L'utilisation de la bioénergie décentralise la production d'énergie et crée un cycle des matériaux et de l'énergie.

Biomasse solide : technologies et applications

Production de chaleur et d'électricité à partir de biomasse solide

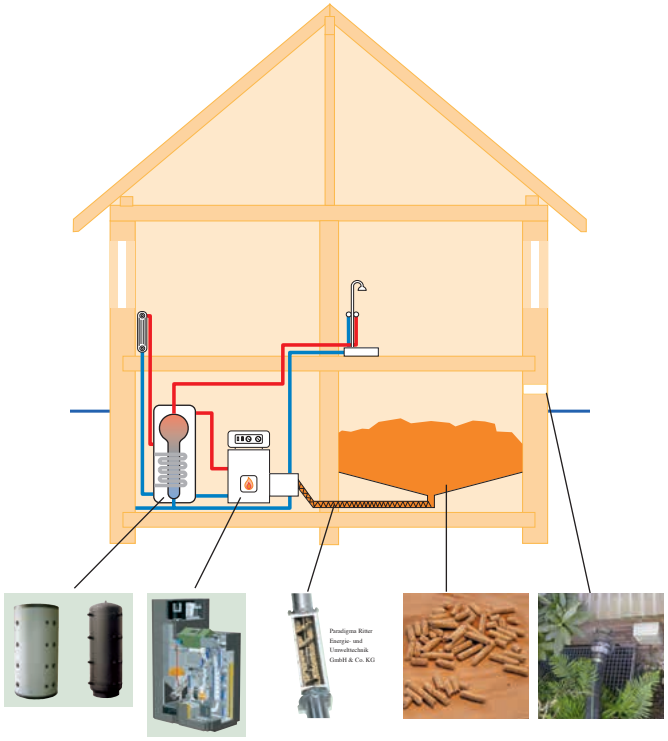
À l'échelle internationale, l'utilisation énergétique de la biomasse solide est la méthode la plus ancienne et demeure également la plus répandue parmi les technologies des énergies renouvelables. En raison de la disponibilité permanente de la biomasse solide, elle peut non seulement servir à produire de la chaleur mais aussi par ex. de l'électricité qui compensera l'énergie éolienne ou solaire, dont la production est irrégulière. Sont considérées comme de la biomasse solide tous les produits au détail et en vrac, secs ou déshydratés, obtenus à partir de plantes ou de parties de plantes.

Technologies et applications

Lors de la combustion de biomasse solide dans des installations de chauffage modernes, l'énergie contenue dans la biomasse est utilisée de façon extrêmement efficiente. La source d'énergie principale est le bois, sous forme de bûches, de plaquettes forestières et de granulés de bois. Pour sa combustion, on a mis au point des fours et chaudières manuels, ou partiellement ou entièrement automatiques, dotés de systèmes d'allumage à commandes électroniques, qui contribuent, à 90 % et plus, à un processus de combustion peu polluant aux rendements particulièrement élevés.

La biomasse solide est également utilisée pour la production d'électricité dans les installations de couplage chaleur-force (CCF). Ce faisant, la chaleur résiduelle dégagée lors de la production d'électricité est, par exemple, utilisée pour alimenter les réseaux de chauffage locaux et à distance, ou mise à la disposition de processus industriels sous forme de vapeur ou de chaleur. Au besoin, la chaleur résiduelle peut également être convertie en froid à des fins industrielles, pour des entrepôts frigorifiques ou pour la climatisation de bâtiments.

Outre la combustion, la biomasse solide est également adaptée à la gazéification. Selon les propriétés du combustible et la capacité de l'installation, il convient d'utiliser des gazogènes à lit fixe, à lit fluidisé ou à flux entraîné. Le gaz de bois ainsi obtenu peut ensuite être utilisé à des fins de production d'électricité dans les moteurs à combustion ou turbines à gaz, avec un rendement électrique élevé. Ce faisant, il est possible d'augmenter considérablement le rendement total par l'utilisation de la chaleur résiduelle via CCF.



Réservoirs de stockage | Chaudière à granulés de bois | Acheminement automatique des granulés | Granulés | Approvisionnement des granulés de bois

Perspectives

La hausse des prix de l'énergie fait que de plus en plus de particuliers, communes et entreprises envisagent d'utiliser la biomasse pour leur approvisionnement en chaleur et en énergie. La croissance fulgurante du commerce international de la biomasse permettra à de nombreuses régions d'Europe de poursuivre, à l'avenir également, le développement de l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques. Étant donné que les prix du bois énergétique ont eux aussi augmenté par le passé et que les exigences en matière d'émissions se sont durcies dans de nombreuses régions, les technologies de combustion efficientes et pauvres en émissions vont continuer de gagner en importance en Europe.

Le développement de l'utilisation de l'énergie de la biomasse solide est aussi constamment encouragé au niveau politique, car il représente un élément important pour atteindre, d'ici à 2020, les objectifs fixés par la politique énergétique européenne.

Électricité et chaleur issues du biogaz

Le biogaz, qui s'obtient à partir de la méthanisation de la biomasse, est utilisé de multiples façons dans le monde entier pour l'approvisionnement énergétique : comme combustible dans des centrales de cogénération pour production d'électricité en utilisant la chaleur résiduelle (couplage chaleur-force, CCF), comme biométhane par injection dans le réseau de gaz naturel après traitement correspondant du biogaz, comme carburant dans les véhicules à gaz, ou directement pour cuisiner.

Production de biogaz

Le biogaz est obtenu à partir des ressources suivantes :

- composants organiques des décharges (gaz de décharge),
- eaux usées communales (gaz d'épuration),
- déchets organiques de l'industrie, des ménages et de l'industrie manufacturière,
- résidus et plantes énergétiques de l'agriculture.

Différents types de bactéries anaérobies participent au **processus de méthanisation** de la substance organique en l'absence d'oxygène. La composition de ce parterre de bactéries dépend des substances organiques de départ et des conditions propres au processus comme la température et la valeur du pH. La productivité d'une installation de méthanisation dépend indiscutablement des processus microbiologiques intervenant pendant la méthanisation.

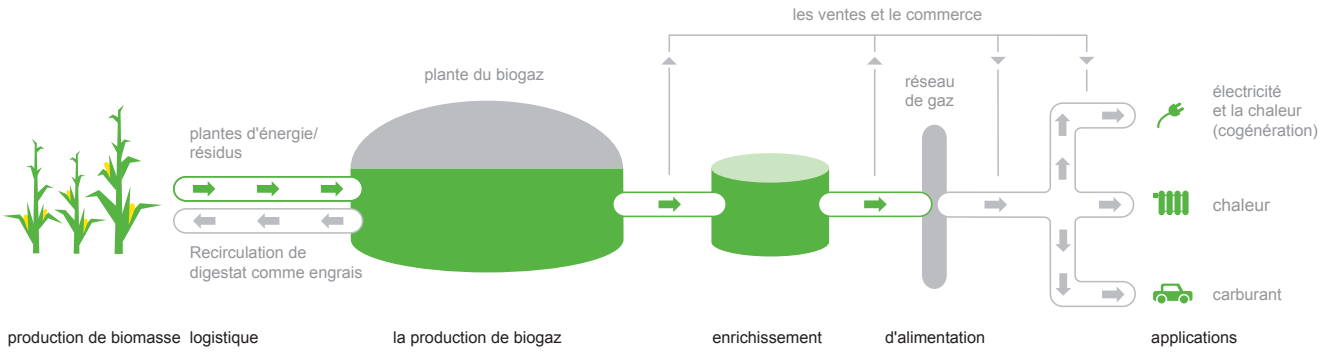
Les installations agricoles de biogaz utilisent généralement du lisier et des plantes énergétiques comme substrat de fermentation. Grâce à l'utilisation énergétique du lisier dans les installations de biogaz, les émissions de méthane nocives pour le climat, provenant des réservoirs de lisier ouverts, sont largement réduites. Pour augmenter le rendement gazier, des matières premières renouvelables sont utilisées, comme le maïs ou les céréales, ainsi que beaucoup d'autres plantes énergétiques telles que les tournesols, le sorgho, les betteraves sucrières, les radis oléifères ou le sorgho sucrier. Par ailleurs, les installations industrielles traitent également les eaux usées ainsi que les déchets de la production alimentaire, comme les restes de repas et les séparateurs de graisse. En plus du biogaz, il existe un résidu de fermentation formé à partir d'un mélange d'eau, de composants minéraux et d'une substance organique non éliminée. Ce résidu peut être utilisé en fin de cycle nutritif, comme engrais d'excellente qualité dans le cadre de la production de plantes énergétiques.

Production d'électricité et de chaleur (CCF)

L'utilisation stationnaire du biogaz dans les centrales de cogénération pour produire de l'électricité et de la chaleur (CCF) permet d'obtenir des rendements extrêmement élevés. L'électricité produite peut être injectée dans le réseau public ou servir à l'approvisionnement autarcique des zones industrielles et manufacturières, ou à celui des zones d'habitation rurales éloignées du réseau. Pour exploiter en plus la chaleur résiduelle, on a la possibilité d'utiliser des groupes électrogènes en aval pour produire davantage d'électricité, mais aussi d'utiliser cette chaleur à des fins de chauffage ou de séchage, ou pour le fonctionnement d'appareils de réfrigération.

Injection dans le réseau de gaz naturel

Une option attrayante est l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel. Après avoir été préalablement traité pour obtenir la même qualité que le gaz naturel (biométhane, jusqu'à 98 pour cent de taux de méthane), le biogaz peut être utilisé là où les besoins de chaleur sont importants et permettre d'obtenir, de concert avec une production d'électricité conjointe (CCF), des rendements optimaux. Le réseau de gaz naturel peut en outre jouer un rôle central en tant que réservoir à long terme d'énergie renouvelable en fournissant de l'électricité en fonction des besoins, et partant, en contribuant à compenser les fluctuations saisonnières de l'alimentation en électricité provenant des installations solaires et éoliennes.



Exploitation de l'énergie hydraulique

Énergie hydraulique – Faits actuels

C'est aujourd'hui la source d'énergie renouvelable la plus utilisée au monde pour la production d'électricité. Aux alentours de 1,31 TW capacité sont installés à la fin de 2014, l'hydroélectricité représentait environ 16% de la production d'électricité mondiale. En 2020, la part de l'énergie hydraulique dans la production d'électricité mondiale ne pourra vraisemblablement pas augmenter sensiblement compte tenu de la hausse des besoins, mais elle devrait cependant atteindre 4 500 TWh environ en valeur absolue.

Les avantages de l'énergie hydraulique

- emmagasinable et disponible en toute flexibilité,
- capable de couvrir les besoins de base et stabilisateur du réseau : grâce à cette flexibilité et à cette disponibilité permanente, l'énergie hydraulique est en mesure de compenser les fluctuations de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne,
- réduit les importations d'énergie,
- peut stimuler les régions moins développées et raccordées au réseau d'électricité,
- peut fournir de l'énergie de façon décentralisée.

Technologies et applications

Actuellement, ce sont surtout trois technologies qui sont utilisées pour produire de l'électricité à partir de l'énergie hydraulique :

Centrales au fil de l'eau/centrales fluviales

- ce sont les plus répandues au monde,
- elles utilisent l'énergie des courants d'un cours d'eau et servent généralement à couvrir la charge de base,
- leur puissance dépend en grande partie de la pente et de la quantité d'eau,
- elles peuvent également retenir l'eau en période de besoins réduits et utiliser cette réserve dès que les besoins en électricité s'accroissent.

Centrales à réservoir

- retiennent l'eau dans un lac naturel ou artificiel et l'amènent vers la centrale située en contrebas par des conduites forcées,
- fonctionnent indépendamment de l'afflux d'eau naturel,
- permettent de compenser les fluctuations de production d'électricité régionale et suprarégionale, et au niveau de la consommation.

Centrales de pompage-turbinage

- Les centrales de pompage-turbinage fonctionnent avec deux réservoirs d'eau, qui présentent une différence de hauteur la plus grande possible (bassins supérieur et inférieur), le bassin supérieur contenant l'eau destinée à la production d'électricité en périodes de pics de consommation.

- En périodes creuses (par exemple la nuit, ou en périodes d'apports importants d'électricité d'origine solaire ou éolienne), l'eau est pompée du bassin inférieur vers le bassin supérieur.
- L'activation du générateur est assurée par des turbines Pelton.

Turbines pour énergie hydraulique

Le type de turbine utilisé dépend du débit et de la hauteur de chute (la pression) de l'eau.

Turbine Francis – L'un des plus anciens types de turbines traditionnelles, surtout utilisée dans les petites centrales hydroélectriques. Adaptée pour des hauteurs de chute faibles et des débits moyens.

Vis hydrodynamiques – Fonctionnement selon le principe de la vis d'Archimède. Surtout utilisées pour des hauteurs de chute faibles et des puissances réduites.

Turbines Kaplan et turbines bulbes – Catégories de turbine courantes pour les grosses centrales au fil de l'eau avec des hauteurs de chute faibles, de 6 à 15 mètres, et des volumes d'écoulement élevés. Adaptées en cas de fluctuations de la quantité d'eau.

Turbine Pelton – La fameuse turbine Pelton est une turbine à jet libre, utilisée pour des hauteurs de chute élevées, de 100 à 1 000 m, et/ou des petites quantités d'eau.

Turbines à impulsions radiales – Les turbines à impulsions radiales sont utilisées pour des hauteurs de chute et des quantités d'eau faibles. Elles sont généralement de faible puissance.

Exigences du droit de l'environnement

La construction de centrales hydroélectriques n'est pas sans impact sur le paysage. La planification d'une centrale hydroélectrique doit donc prendre en compte les spécifications liées aux lois sur la protection de l'eau, de la nature et des paysages. La continuité écologique pour les poissons et autres organismes aquatiques est assurée par des dispositifs élaborés pour la montaison et la dévalaison des poissons. Les petites centrales hydroélectriques sont considérées comme moins dommageables pour l'environnement que les grosses centrales. Outre la construction d'installations nouvelles, ce sont avant tout le remplacement, la modernisation et la remise en service d'installations existantes qui sont effectués.

Électricité provenant de la petite hydroélectricité et de l'énergie marine

Petite hydroélectricité

On désigne par petite hydroélectricité l'utilisation d'énergie hydraulique par des petites centrales décentralisées, s'accompagnant généralement d'impacts moindres sur la nature. La plupart de ces installations sont situées en bordure de petits cours d'eau et ne disposent pas de lac d'accumulation, mais de réservoirs d'eau de tailles et de conceptions différentes.
Il n'existe cependant pas de consensus international sur la définition de la petite hydroélectricité. La classification qui s'est entre-temps imposée est la suivante :

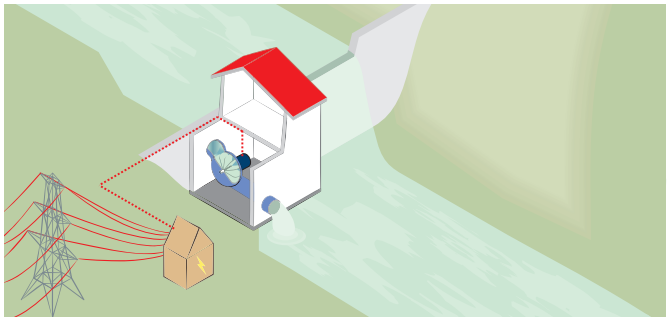
- Micro : 1 kW – 100 kW
- Mini : 100 kW – 1 000 kW
- Petite : 1 000 kW – 10 000 kW

Turbines pour petites centrales hydroélectriques

La turbine Francis est essentiellement utilisée dans ce secteur. Elle a une forme de spirale. Elle est utilisée pour des hauteurs de chute faibles et des vitesses d'écoulement moyennes. Seul le distributeur est réglable. L'eau arrive sur la pale avec une forte puissance radiale et ressort le long de l'axe de rotation.
Autres turbines pour petite hydroélectricité :

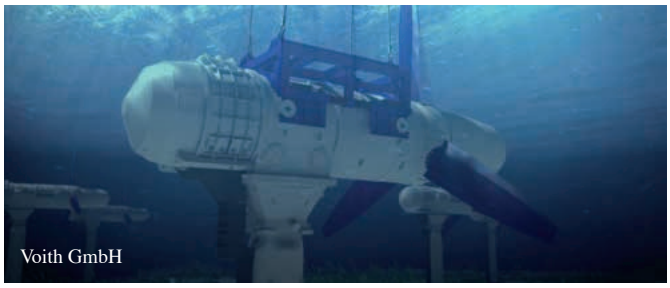
- les turbines à impulsions radiales sont utilisées pour des hauteurs de chute et des vitesses de courant faibles,
- les turbines Pelton sont adaptées pour des hauteurs de chute élevées et des vitesses de courant faibles,
- les turbines à vis sont adaptées pour des hauteurs de chute et des puissances faibles.

Microcentrale au fil de l'eau



Types de centrales adaptées à l'exploitation de l'énergie marine

L'énergie cinétique des vagues, des marées et des courants peut elle aussi être utilisée pour produire de l'électricité. L'utilisation de l'énergie marine a pour avantage une mise à disposition d'énergie régulière, ce qui a un effet stabilisateur sur le mix d'énergies renouvelables. Alors que les usines marémotrices sont déjà techniquement à maturité, d'autres technologies sont encore en phase de développement, comme les centrales dites houlomotrices.


Voith GmbH

Exploitation de l'énergie des marées et des mers

La production d'électricité à partir de la force naturelle des océans n'en est encore qu'à ses balbutiements, mais elle pourrait à l'avenir apporter une contribution significative à la fourniture d'électricité dans le monde. L'électricité produite a l'avantage de sa capacité d'approvisionnement de base, étant donné que les marées sont prévisibles. Dans des pays comme le Canada, les États-Unis, la Russie, l'Australie ou la Grande-Bretagne, qui sont bordés d'océans à forts courants et/ou à forte amplitude des marées, il existe un énorme potentiel d'utilisation de l'énergie des marées et des mers aux fins de la production d'électricité régénérative. Le portefeuille de projets internationaux pour un total de 3 GW n'est que le début de l'évolution prévisible de ce marché. Outre la poursuite des réductions de coûts, les autres défis à relever comprennent notamment le raccordement des installations au réseau d'électricité, les fortes contraintes mécaniques, la corrosion ainsi que la maintenance des installations.

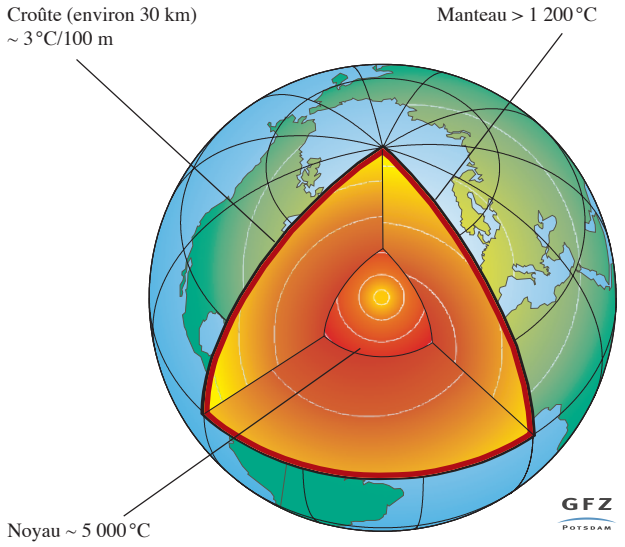
Perspectives

À l'avenir, l'énergie hydraulique continuera de jouer un rôle important dans l'approvisionnement mondial d'électricité. De nombreux pays du monde disposent encore d'énormes potentiels de développement de ces capacités. Dans les régions parvenues à saturation, comme l'Europe et l'Amérique du Nord, l›accent est mis sur la modernisation, la remise en service et l'agrandissement des installations existantes. L'optimisation et la modernisation d'installations existantes sur la base de critères écologiques permettent également de réaliser de plus grands projets dans le respect de l'environnement. La tendance du développement global de production d'électricité par énergie hydraulique est aux projets transfrontaliers. Les pays gèrent ensemble leurs ressources énergétiques, à l›instar du Central America´s Electrical Interconnection System (SIEPAC) ou de l'African Power Pools. L'utilisation d'un nouveau type de conduites, très longues, permet également aux régions éloignées d'utiliser l'électricité issue de l'énergie hydraulique. Par exemple le Rio Madeira, au Brésil, est le point de départ de la plus longue liaison à courant au monde.

Géothermie profonde

La chaleur terrestre est disponible 24h/24, indépendamment des saisons, de la météo et des conditions climatiques. De nombreux pays du monde utilisent déjà la chaleur terrestre pour produire de l'électricité ou l'injectent directement dans les réseaux de chaleur. Notamment dans les régions aux conditions géologiques favorables (par ex. les régions à activité volcanique, où la température est supérieure à 200 °C), la chaleur terrestre constitue une base solide pour une production d'énergie respectueuse de l'environnement et avantageuse en termes de coûts.

La chaleur présente dans la croûte terrestre provient essentiellement de la chaleur résiduelle datant des origines de la Terre et des processus de désintégration radioactive. De surcroît, les couches supérieures (jusqu'à 2 m de profondeur) emmagasinent également la chaleur provenant du rayonnement solaire.



GFZ (Deutsches GeoForschungsZentrum)

Géothermie profonde

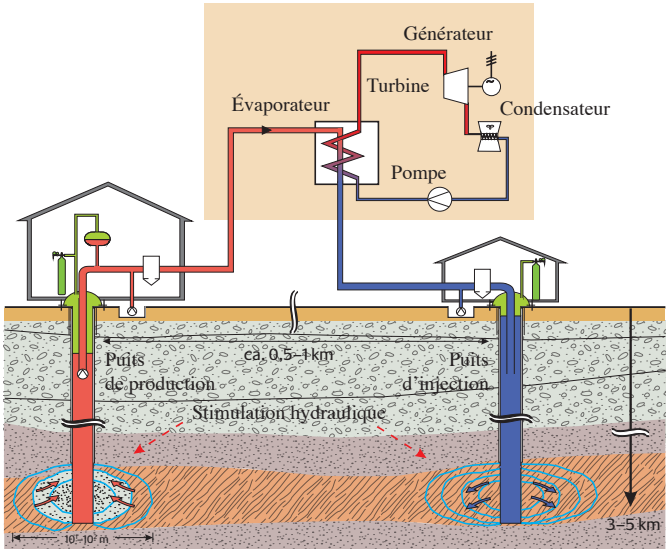
Grâce à la géothermie profonde, on peut à la fois produire de l'électricité dans des centrales et de la chaleur dans des réseaux de chaleur plus vastes pour la production industrielle ou le chauffage des bâtiments.

Dans la géothermie profonde, on distingue la géothermie hydrothermale, les systèmes HDR (Hot Dry Rock) et les sondes géothermiques. La géothermie hydrothermale utilise directement la chaleur en puisant l'eau chaude dans des couches à grande profondeur. Cette géothermie peut être utilisée pour produire de la chaleur ou de l'électricité selon la température.

Dans des pays comme l'Allemagne, l'Italie, l'Indonésie, le Mexique et les États-Unis, l'utilisation de la chaleur terrestre fait partie du concept énergétique depuis de nombreuses années déjà. En Allemagne, l'évolution technique ne va pas seulement dans le sens d'une utilisation efficiente des ressources à hautes températures, mais met également l'accent sur des technologies permettant exploiter les ressources à base température dans une plage de 120 à 200 °C environ.

Avec le système HDR, il s'agit d'utiliser la chaleur terrestre située dans les couches de roches profondes (de 3 000 à 7 000 m), où il n'y a pas ou pas suffisamment de ressources naturelles en eau. À l'aide de forages en profondeur, l'eau va pouvoir circuler au travers d'un système contrôlé de roches crevassées et d'anfractuosités. L'eau chaude est ensuite soutirée à la surface par un forage et entraîne, sous la forme de vapeur, une turbine qui produit de l'électricité ou approvisionne le réseau thermique. Les entreprises allemandes proposent différentes solutions pour tirer parti également de niveaux de température plus bas. Le cycle de Kalina et le cycle de Rankine organique (ORC) sont particulièrement adaptés pour la production d'électricité à des niveaux de température plus bas (120 – 200 °C). L'utilisation en aval de telles installations peut faire augmenter considérablement les rendements des sites de stockage à haute enthalpie.

Principe de la production d'électricité géothermique (ORC)

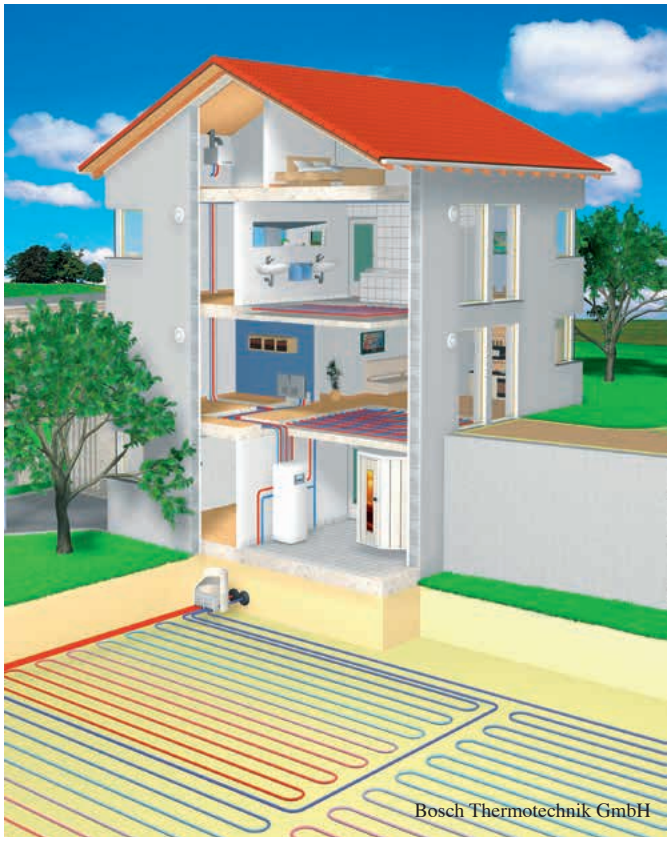


GFZ (Deutsches GeoForschungsZentrum)

Géothermie de surface utilisée pour chauffer et refroidir des bâtiments

La géothermie de surface est parfaitement adaptée pour la climatisation comme pour le chauffage des bâtiments. Elle utilise une énergie provenant des couches terrestres supérieures (jusqu'à 400 m max.). Différents systèmes, comme les collecteurs et les sondes géothermiques, les pieux énergétiques ou toute autre géostructure en béton permettent d'exploiter, au niveau des 100 à 150 premiers mètres de la surface de la terre, les températures moyennes qui y règnent (de 7 à 12 °C). Les pompes à chaleur géothermiques font monter ces basses températures jusqu'au niveau de température nécessaire dans les bâtiments. De la chaleur est alors extraite du sol suivant un processus cyclique. Mais les températures constantes présentes dans le sous-sol peuvent aussi servir à refroidir directement les bâtiments, sans utiliser la pompe à chaleur. Si la puissance réfrigérante du sous-sol ne suffit pas, on peut utiliser la pompe à chaleur en fonctionnement inversé.

Les collecteurs géothermiques, qui sont placés à l'horizontale à une profondeur comprise entre 80 et 160 cm, sont soumis aux effets météorologiques régnant en surface. Pour pouvoir absorber la chaleur emmagasinée dans le sol, les collecteurs sont traversés par un caloporteur. Les pompes à chaleur peuvent également fonctionner avec l'air ambiant. L'air a pour avantage d'être toujours disponible partout, et à moindre coût. Mais l'inconvénient est que l'air ambiant est plus frais.


Bosch Thermotechnik GmbH

Pompe à chaleur avec collecteurs géothermiques est le plus froid lorsque les besoins de chaleur sont les plus élevés (c'est-à-dire l'hiver), ce qui diminue le rendement de la pompe à chaleur. Le régulateur différentiel de température présent dans les pompes à chaleur pour sondes géothermiques peut être maintenu à un niveau relativement constant sur l'année, moyennant un faible apport en énergie. L'énergie absorbée provient en premier lieu du milieu ambiant, dont la température moyenne dépend du rayonnement solaire annuel.

Les sondes géothermiques sont des installations très répandues en Europe centrale et septentrionale. Elles sont placées à des profondeurs de 50 à 400 m, de manière à pouvoir utiliser la géothermie de surface. Leurs besoins en surface sont réduits et elles utilisent un niveau de température constant. Il s'agit de tuyaux en plastique organisés en circuits et reliés au système de refroidissement et de chauffage des bâtiments. À l'intérieur circule un fluide caloporteur qui absorbe la chaleur du sol environnant et la transmet à la pompe à chaleur.

Les pieux en béton sont des colonnes en béton atteignant de grandes profondeurs, des parois moulées ou autres éléments en béton indispensables d'un point de vue statique, rivés dans le sous-sol et équipés de tubes en plastique, qui exploitent la chaleur ou le froid géothermique avec l'eau comme conducteur. L'eau froide se réchauffe dans les pieux en béton par action géothermique. L'eau chaude réchauffe le bâtiment par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. En été, ce système peut être utilisé, comme décrit plus haut, pour un refroidissement en douceur.

Perspectives

La géothermie se trouve de plus en plus au cœur des débats politiques sur l'approvisionnement futur en énergie. Vu la hausse grandissante des coûts des combustibles fossiles, la disponibilité garantie à long terme de la géothermie et ses possibilités d'utilisation plus flexibles en termes de chauffage, de climatisation et de production d'électricité, de plus en plus d'installations sont construites dans le monde. Dans le domaine de la fourniture de chaleur, on attend une progression annuelle de 20 à 30 pour cent de la capacité installée.

Utilisation hors réseau des énergies renouvelables

L'accès à l'énergie représente la fer de lance du développement économique et social. Sans énergie, les entreprises ne peuvent pas produire et donc, elles ne sont pas en mesure de créer de l'emploi. L'énergie est nécessaire pour cultiver des aliments, préparer des repas, chauffer les habitations et les écoles, faire fonctionner les hôpitaux et traiter l'eau pour la rendre potable. Elle permet en outre de communiquer et de se déplacer dans le monde entier.

De la pauvreté énergétique des régions concernées

En 2013, près d'un cinquième de la population mondiale, soit plus de 1,3 milliard de personnes, n'avait toujours pas accès à l'électricité. Pire encore, près de deux cinquièmes de la population mondiale (environ 2,7 milliards de personnes) n'ont même pas la possibilité de cuisiner dans des conditions dignes de ce nom. La pauvreté énergétique concerne principalement l'Afrique subsaharienne et les pays en développement d'Asie, où 84 pour cent des personnes concernées vivent dans des régions rurales qui ne sont pas raccordées au réseau public. Cela a des conséquences directes sur la vie quotidienne des ménages concernés : par exemple, les habitants ne peuvent que rarement utiliser l'éclairage électrique ou regarder la télévision, recharger leurs téléphones portables ou conserver des médicaments au frais.

Champs d'application

L'électricité issue des énergies renouvelables rend possible un approvisionnement en électricité hors réseau et ne nécessitant pas l'importation de ressources fossiles. Les énergies solaire, éolienne, hydraulique et la bioénergie, utilisées seules ou en combinaison (systèmes hybrides) permettent un fonctionnement hors réseau de, par exemple, la lumière, la radio, la télévision, des appareils de réfrigération, du téléphone, du matériel informatique, des écoles, des hôpitaux, des pompes hydrauliques et des systèmes insulaires dans les villages et dans des régions rurales entières.

Choix technologiques

Le recours aux énergies renouvelables dans des régions éloignées du réseau est très souvent rentable, les systèmes pouvant aussi être intégrés dans un réseau électrique existant ou en cours de création. Le choix des technologies à utiliser dépend des besoins en énergie existants et prévus, des ressources disponibles et bien sûr aussi, des coûts d'installation et de fonctionnement.

Domaines d'utilisation	Approvisionnement en courant	Approvisionnement en chauffage / refroidissement
Foyers	Téléphones portables, éclairage, ordinateurs, machines à coudre, radios, téléviseurs	Production d'eau chaude, chauffage domestique, cuisine, climatisation des bâtiments
Agriculture	Pompes hydrauliques, Moulins à céréales, Désalinisation de l'eau de mer	Séchage des récoltes agricoles
Industrie et services	Machines, ordinateurs, stations de mesure scientifique	Chaleur industrielle, climatisation des bâtiments
Établissements publics et sociaux	Éclairage, Frigidaires, Appareils médicaux	Climatisation des bâtiments
Infrastructure	Réseaux téléphoniques et mobiles, mini-réseaux, Éclairage des routes et des panneaux routiers, réseaux d'alimentation de bord des bateaux	Carburants végétaux
Industrie	Électrification et systèmes de sécurité dans les zones urbaines et rurales, en cas de réseaux d'électricité instables	Chaleur de processus industrielle

Steca Elektronik GmbH

Phaesun GmbH

Fraunhofer ISE

Phocos AG

Technologies d'approvisionnement en énergie et en eau

Énergie photovoltaïque

Les installations photovoltaïques produisent de l'électricité directement à partir de la lumière du soleil et peuvent être utilisées dans presque toutes les parties du monde. Ces installations existent en plusieurs catégories de taille, depuis les petites lampes photovoltaïques et les pompes hydrauliques mobiles jusqu'aux grandes installations destinées aux entreprises, aux hôpitaux et à l'industrie en passant par les systèmes insulaires pour habitations de petite taille. Les systèmes insulaires de plus grande taille permettent d'approvisionner en électricité plusieurs bâtiments, zones d'habitation ou villages. Avec la plupart des systèmes insulaires éloignés du réseau, l'électricité est stockée dans des batteries et peut être utilisée selon les besoins. Dans le cas des systèmes plus grands, les générateurs fournissent l'approvisionnement de base et les batteries peuvent, par exemple, délester les groupes électrogènes diesel et réduire leur consommation.

Phocos AG

Énergie éolienne

Les petites et moyennes installations éoliennes (diamètre du rotor jusqu'à 20 m et puissance de 100 kW environ) offrent une multitude de possibilités d'utilisation dans les régions hors réseau. La production d'électricité est directement fonction des vents dominants. Dans l'idéal, les vitesses des vents seront mesurées sur un an, afin de pouvoir établir des prévisions de rendement fiables et permettre le choix d'une configuration d'installation optimale.

Énergie hydraulique

La nouvelle génération de centrales hydrauliques de petites dimensions (pico et micro) fournit de l'électricité à partir des cours d'eau. Selon la technologie utilisée, on a besoin de hauteurs de chute et de vitesses d'écoulement plus ou moins grandes. Les pico-systèmes ont généralement une puissance de 5 kW et servent souvent au chargement des batteries. L'électricité produite par les pico- et microsystèmes est généralement utilisée directement et, dans bien des cas, cette électricité est meilleur marché que l'énergie éolienne ou photovoltaïque.

Thermie solaire

Les installations solaires thermiques utilisent la chaleur du soleil pour leur production thermique. Cette eau chaude peut venir alimenter les hôtels, les hôpitaux ou les processus industriels. Les collecteurs solaires absorbent la chaleur et la stockent dans des conteneurs isolés, de sorte que de l'eau chaude peut être produite ultérieurement à la demande. Différentes technologies sont possibles pour les installations solaires thermiques : absorbeurs en plastique non vitrifiés, collecteurs plans ou collecteurs à tubes sous vide. Parfois, des miroirs paraboliques sont aussi utilisés comme fours solaires. La thermie solaire permet de couvrir de 60 à 80 pour cent des besoins de chaleur des ménages. Les centrales solaires peuvent également injecter l'électricité dans les systèmes insulaires existants.

Bioénergie

La bioénergie peut être obtenue à partir de sources différentes. Celles-ci se distinguent en fonction de leur disponibilité, de leurs propriétés de combustion et de leurs possibilités d'utilisation. Des combustibles solides, liquides et gazeux peuvent être fabriqués à partir de la bioénergie. Le biogaz est le résultat de la méthanisation pouvant être d'origines diverses : composés organiques des décharges (gaz de décharge), eaux usées communales (gaz d'épuration), déchets organiques de l'industrie, des ménages et du secteur manufacturier, ou résidus et plantes énergétiques issus de l'agriculture. Le biogaz est par exemple utilisé dans les centrales de cogénération pour produire de l'électricité et de la chaleur avec de forts taux de rendement. L'électricité ainsi produite peut être injectée dans le réseau public ou utilisée pour des applications indépendantes du réseau.

Les avantages des énergies renouvelables pour des solutions off-grid :

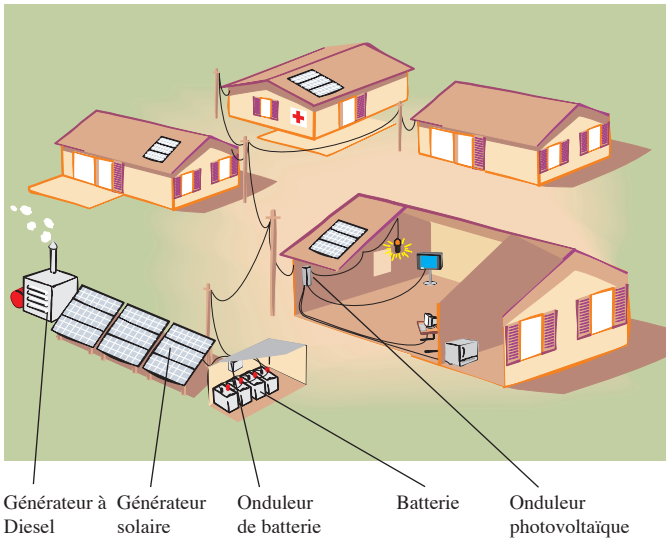
- Technique aboutie
- Simplicité d'installation
- Simplicité d'utilisation
- Maintenance minimale
- Possibilité d'intégration de systèmes de paiement mobiles en toute simplicité
- Modularité à volonté
- Complémentarité aux systèmes existants
- Économie de ressources

Champs d‘application

Les systèmes hybrides pour l’approvisionnement électrique industriel sont conçus de manière similaire aux systèmes destinés aux zones rurales et représentent des systèmes autonomes éloignés du réseau. Les systèmes hybrides sont des systèmes électriques autarciques qui intègrent plusieurs sources d’énergie. Ils sont employés pour approvisionner en électricité les consommateurs isolés, peuvent couvrir une demande en énergie plus élevée et fournir un approvisionnement fiable en électricité. Le fait de réunir tous les producteurs et les consommateurs de courant continu autour d’un même projet permet la construction ou l’extension flexible et modulaire d’un système avec composants standardisés. Les configurations habituelles comprennent une installation photovoltaïque et un groupe électrogène diesel (PV / diesel) ou une installation éolienne combinée à un groupe électrogène diesel (éolien / diesel). On peut éventuellement remplacer le carburant diesel traditionnel par du biodiesel. Il est également possible d’intégrer une installation hydroélectrique dans le système. Lorsque les besoins en énergie sont élevés, les systèmes hybrides plus grands avec groupe électrogène traditionnel sont particulièrement intéressants d’un point de vue économique : ils peuvent être exploités à un coût moindre que les stations fonctionnant uniquement au diesel. Les « conteneurs d’énergie » ou « power container » représentent une variante mobile de systèmes hybrides. Ici, les installations éoliennes, les modules solaires, les batteries et les groupes électrogènes diesel sont placés dans un container de fret traditionnel. Ainsi, le système hybride peut être utilisé rapidement à différents endroits.

Approvisionnement en eau des régions rurales. Les installations fonctionnant au photovoltaïque permettent d’approvisionner les habitants en eau potable, de fournir de l’eau d’irrigation et de l’eau pour le bétail. Les systèmes solaires sont aussi adaptés pour purifier et désaliniser l’eau. Les pompes hydrauliques solaires commandent directement les pompes centrifuges ou les pompes à membrane. Les systèmes hybrides peuvent produire de l’électricité en continu pour soutirer les eaux souterraines à la surface ou, si nécessaire, pour pomper dans la réserve.

Phocos AG



Les systèmes hybrides pour l’approvisionnement électrique des régions rurales peuvent fournir durablement de l’électricité. Pour ce faire, les différentes technologies des énergies renouvelables compatibles, comme l’énergie éolienne, l’énergie hydraulique et les moteurs à combustion, seront combinés avec le photovoltaïque. Des combinaisons avec des systèmes de batteries sont également possibles, de manière à ce que l’énergie produite le jour puisse être utilisée la nuit.

Dans le cadre de la production de chaleur, les énergies renouvelables peuvent offrir des solutions, par le biais par ex. des installations solaires thermiques, qui fournissent de l’eau chaude aux ménages, aux hôtels et aux hôpitaux. De même, la thermie solaire peut permettre de chauffer des logements et fournir de la chaleur pour les processus industriels. Dans le domaine de l’alimentation, le biogaz peut servir à cuisiner.

Les systèmes insulaires pour ménages fournissent de l’électricité pour la lumière, la radio, la télévision, les appareils réfrigérants, les téléphones mobiles, les ordinateurs et autres appareils ménagers. Les systèmes insulaires ont été développés pour approvisionner en électricité les ménages installés dans des régions rurales non raccordées au réseau électrique. Un tel système se compose d’un module solaire ou par ex. d’une petite installation éolienne, d’un accumulateur et d’un régulateur de charge et permet d’alimenter en électricité les appareils fonctionnant en courant continu. La puissance et la capacité d’emmagasinage des systèmes insulaires sont adaptées en fonction des exigences individuelles. Les avantages sont les suivants : légèreté de l’installation, technique aboutie, simplicité de fonctionnement, peu de maintenance, systèmes Plug-and-Play (« branche et utilise ») pour la sécurité de l’installation et possibilité d’utilisation de systèmes de prépaiement intégrés.

Approvisionnement électrique d'habitats au moyen des énergies renouvelables

Le regain d'utilisation des énergies renouvelables et de concepts alternatifs de production d'énergie revêt une importance toute particulière dans les habitats, puisqu'une grande partie de l'énergie finale d'un pays est utilisée pour produire de l'électricité et de la chaleur. Les produits et services allemands sont leaders sur le marché mondial des énergies renouvelables et de la gestion technique efficiente de bâtiment. Chauffages aux granulés de bois entièrement automatiques, installations solaires thermiques pour la production de chaleur ou la climatisation, pompes à chaleur, utilisation de l'énergie géothermique de surface pour se chauffer, et utilisation de modules photovoltaïques pour la production d'électricité à partir de la lumière solaire peuvent être intelligemment combinés dans l'habitat pour faire baisser significativement la consommation énergétique annuelle au titre du chauffage, de l'aération et de la climatisation.

Avantages :

- empreinte écologique justifiée par une utilisation des sources d'énergie efficiente et respectueuse du climat au sein de l'habitat,
- réduction des émissions de CO_2,
- possibilité de réduction des coûts d'exploitation pour l'électricité et la chaleur,
- diminution de la dépendance à l'égard du réseau d'électricité et des coûts énergétiques.

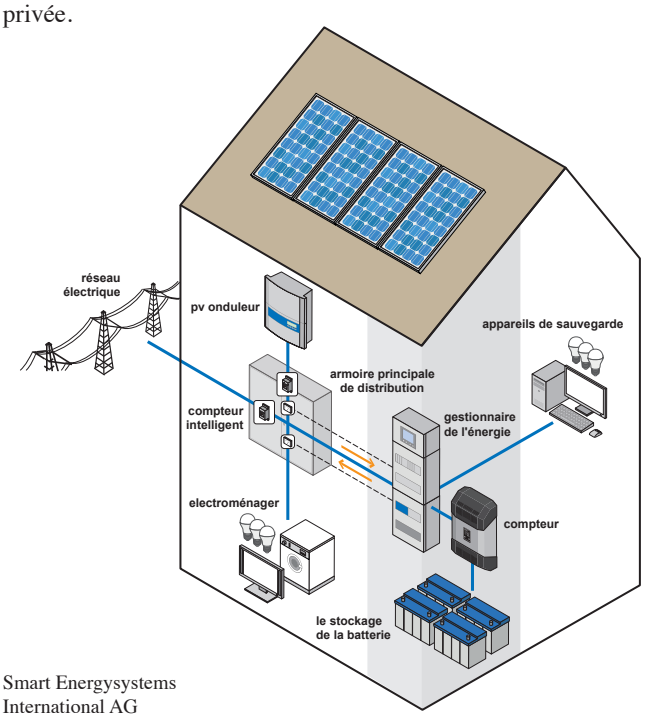
Production d'électricité avec des systèmes photovoltaïques

De nombreux bâtiments sont désormais alimentés en énergie grâce au photovoltaïque (PV), une technique efficace et respectueuse de l'environnement. La recherche sur le photovoltaïque et l'industrie allemande du photovoltaïque s'attellent à la poursuite du développement des structures cellulaires et des processus de production en vue d'optimiser les applications et de faire baisser encore davantage les coûts. Dans bien des pays, les coûts de production de l'énergie solaire sont au même niveau que les prix de consommation de l'électricité conventionnelle pour les ménages privés (« parité réseau »).

Champs d'application et autres avantages

- Des modules photovoltaïques flexibles et super fins pourront bientôt, si l'évolution se poursuit, être installés aux fenêtres, sur les façades de maisons de grande surface, sur les toits ou même sur les chargeurs de portables (les fameuses cellules solaires organiques, basées sur la technologie des LED organiques).
- Les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments permettent un plus grand esthétisme visuel et une plus grande discrétion et peuvent remplir les fonctions supplémentaires de protection contre le soleil ou d'isolation.

Actuellement, une grande partie de l'électricité photovoltaïque produite par les ménages est injectée dans le réseau. Mais si l'installation photovoltaïque était dotée d'un système de gestion de l'énergie intelligent et d'un réservoir, l'électricité autoproduite serait encore mieux exploitée au titre de la consommation privée.



Smart Energysystems International AG

Production d'électricité et de chaleur avec des installations de couplage chaleur-force (CCF)

La production simultanée d'électricité et de chaleur est possible avec les installations CCF. Dans ces installations, un moteur entraîne un générateur à produire de l'électricité, et la chaleur résiduelle ainsi dégagée est utilisée pour chauffer les pièces d'habitation et fournir de l'eau chaude. Si la production couplée d'électricité et de chaleur a lieu dans une installation compacte et décentralisée, et non pas dans une grande centrale électrique thermique, on parle alors de centrale de cogénération. Les microcentrales de cogénération sont adaptées pour une utilisation privée. Elles couvrent le segment de puissance inférieur des installations de couplage chaleur-force (0,8-10 kWel). Elles sont aussi parfois qualifiées de « chauffage producteur d'électricité ». Elles servent à l'alimentation de petites entités individuelles, c'est-à-dire qu'elles sont surtout adaptées à une utilisation dans des maisons individuelles, des habitations collectives ou des petites entreprises manufacturières. Les installations sont conçues de telle sorte en termes de puissance qu'elles peuvent couvrir les besoins de base moyens d'une maison individuelle en électricité et en chaleur.

Production de chaleur et de refroidissement dans une maison fonctionnant aux énergies renouvelables

Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Que vous soyez propriétaire ou locataire d'une maison ou d'un appartement, vous avez des frais et des charges à payer pour la fourniture de chaleur et de refroidissement. De 1995 à 2012, les prix de la fourniture de chaleur en Allemagne ont augmenté de 161 pour cent en moyenne. Utilisation de chaleur et de froid provenant des énergies renouvelables :

- Diminue la charge financière et ménage le climat.
- Évite la combustion de sources d›énergie fossile et réduit les émissions de gaz à effet de serre, en particulier le dioxyde de carbone (CO_2).
- Offre une plus grande indépendance par rapport à la hausse des prix du chauffage.

Thermie solaire productrice de chaleur et de refroidissement

Les collecteurs solaires d'une installation solaire thermique absorbent le rayonnement du soleil et le transforme en chaleur. La chaleur solaire est généralement utilisée pour réchauffer l'eau utilisée pour se doucher ou nettoyer, ou comme appoint pour chauffer des pièces. On compte au nombre des innovations dans le secteur de l'énergie solaire, les installations solaires qui produisent aussi bien de la chaleur que du froid à partir de la lumière du soleil. Les systèmes de refroidissement modernes convertissent la chaleur de la lumière solaire directement en air climatisé. Le procédé solaire de production de froid présente l'avantage de consommer beaucoup moins d'électricité que les climatisations traditionnelles. C'est surtout intéressant pour les pays méridionaux où, durant les chauds mois d'été, jusqu'à 80 pour cent de l'électricité est consacrée au refroidissement des bâtiments. À la base de cette technique se trouvent les collecteurs paraboliques qui concentrent la lumière. Ce système fonctionne selon le même principe qu'un frigidaire. La chaleur emmagasinée dans le collecteur est utilisée comme énergie pour produire de l'air plus froid. L'avantage est que la demande de froid augmente en même temps que le soleil brille et que les températures sont élevées.

Géothermie productrice de chaleur et de refroidissement

Les pompes à chaleur peuvent être utilisées, via la terre ou l'air extérieur, comme sources de chaleur pour le système de chauffage. Une pompe à chaleur prélève sur une source de chaleur extérieure comme la terre, les eaux souterraines ou l'air extérieur, de la chaleur à un niveau de température peu élevé et l'injecte dans le système de chauffage. À l'inverse, les pompes à chaleur peuvent être utilisées l'été à des fins de refroidissement.

Thermie solaire et pompes à chaleur combinées

Grâce à un système intelligent de gestion de l'énergie, il est possible de créer des effets de synergie. Ceux-ci permettent de chauffer ou de refroidir des bâtiments toute l'année et donc, de contribuer significativement à l'augmentation de la part de la production de chaleur issue des énergies renouvelables. Des exemples de combinaisons de technologies existent entre autres avec la géothermie de surface ou avec l'utilisation de la terre comme réservoir de chaleur ou de froid.

La biomasse pour se chauffer

La chaleur peut également être produite à partir de granulés de bois, de plaquettes forestières, de bûches ou de biogaz. L'utilisation de granulés de bois a gagné en importance au cours des dernières années. Les granulés de bois (copeaux de bois comprimés) sont parfaitement adaptés au chauffage et ils représentent donc une alternative aux combustibles fossiles. En fonction du combustible et de l'usage auquel il est destiné, il y a différents types de poêles qui utilisent du bois pour la production de chaleur. On utilise surtout trois grands systèmes de chauffage à granulés de bois, qui se distinguent essentiellement par leur puissance, à savoir :

- les poêles à pellets individuels (de 2 à 10 kW),
- les grands chauffages centraux à pellets (puissance de chauffe jusqu'à 70 kW),
- les chaudières combinées, qui fonctionnent aussi bien avec des granulés à bois qu'avec des bûches.

La biomasse solide est également utilisée pour la production d'électricité dans les installations de couplage chaleur-force (CCF). Ce faisant, la chaleur résiduelle dégagée lors de la production d'électricité est, par exemple, utilisée comme chaleur de chauffage.

Perspectives

L'exploitation des capacités de stockage (chaleur et froid) des bâtiments, l'optimisation de l'enveloppe des bâtiments (isolation et protection contre la chaleur/le froid), l'intégration d'autres réservoirs (chaleur, froid, électricité y compris électromobilité) et le recours à des processus combinés (couplage chaleur-force) gagneront en importance.