dena
Agence allemande de l'énergie

renewables
Made in Germany

Fourniture d'énergie avec

renewables – Made in Germany

Informations sur les technologies, fournisseurs, produits et services

Édition 2016

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

Rédacteur en chef
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Agence allemande de l'énergie
Chausseestr. 128 a, 10115 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 72 61 65-600
Fax : +49 (0) 30 - 72 61 65-699
E-mail : renewables@dena.de
info@dena.de
Web : www.renewables-made-in-germany.com
www.dena.de

Conception et réalisation
Sunbeam GmbH
Zinnowitzer Str. 1, 10115 Berlin, Allemagne

Traduction
Xplanation Language Services
Riederbergstr. 71, 65195 Wiesbaden, Allemagne

Imprimé par
Silber Druck oHG
Am Waldstrauch 1, 34266 Niestetal, Allemagne

Image de couverture
© iStock.com/MIHAI ANDRITOIU

Date
12/2015

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

FSC www.fsc.org MIXTE Papier issu de sources responsables FSC® C044084

Print compensated Id-No. 1551271 www.bvdm-online.de

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

Tout le contenu a été élaboré avec le plus grand soin possible et fourni en toute bonne foi. dena ne garantit pas l'actualité, la précision et l'exhaustivité des informations fournies. dena n'endosse aucune responsabilité pour les dommages de nature matérielle ou immatérielle causés directement ou indirectement par l'utilisation ou la non-utilisation des informations fournies, à moins qu'il puisse être établi que dena ait agi avec négligence grave ou intentionnelle.

Avant-propos

L'Allemagne a réussi à faire des énergies renouvelables un important pilier de l'approvisionnement énergétique : c'est ainsi qu'au cours des dix dernières années, leur part dans la consommation totale d'électricité est passée de 8 à 32 pour cent environ au premier semestre 2015. Le gouvernement fédéral s'est donc considérablement rapproché de son objectif, à savoir élargir la part de l'énergie renouvelable à 40-45 pour cent d'ici à 2025.

Mais la transition énergétique ne concerne pas uniquement le développement des énergies renouvelables. Cela signifie aussi une utilisation efficiente de l'énergie et la mise en réseau de différents secteurs comme par exemple l'électricité, la chaleur ou encore le transport. Bref : nous devons appréhender la transition énergétique et la protection climatique comme un tout, puisque l'énergie renouvelable jouera un rôle décisif à l'avenir.

Dans cette branche, les entreprises allemandes sont des précurseurs à l'échelle internationale. Elles se distinguent par leur longue expérience et leur forte puissance d'innovation. Elles offrent une large gamme de produits et de services, et posent de nouvelles normes. C'est bien et c'est important. Mais nous devons viser encore plus haut. Nous aimerions partager avec vous la vaste expérience de l'Allemagne dans le domaine des énergies renouvelables.

Aujourd'hui déjà, les entreprises allemandes, avec leur expertise internationale, sont représentées sur toute la chaîne de création de valeur. Les projets et installations « Made in Germany » sont un soutien pour les consommateurs, les entreprises, l'agriculture, les communes et les industries dans le monde entier en ce sens qu'ils leur fournissent un approvisionnement énergétique durable et fiable, leur permettent de faire des économies d'énergie et de coûts et de réduire leur dépendance vis-à-vis des importations.

Il s'agit de poursuivre cette évolution positive, en termes de transition énergétique, de protection climatique et d'évolution économique durable. C'est pourquoi l'Allemagne souhaiterait apporter son appui aux marchés et aux acteurs étrangers pour l'exploitation de sources d'énergie renouvelable, et intensifier le dialogue. En sa qualité d'agence pour la transition énergétique appliquée, dena participe à cet échange, également au-delà des frontières de l'Allemagne.

Aussi, je me réjouis de pouvoir vous présenter la dernière édition du catalogue « renewables – Made in Germany ». Plus de 30 entreprises de la branche des énergies renouvelables y présentent leurs prestations et leurs offres. Laissez-vous inspirer.

Avec mes meilleures salutations,

Andreas Kuhlmann, président-gérant
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Agence allemande de l'énergie

Aperçu des technologies

- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Énergie photovoltaïque
- Énergie solaire thermique
- Centrales solaires thermiques
- Biogaz
- Biomasse solide
- Technique de stockage et d’intégration au réseau
- Autres secteurs industriels

Table des matières

Avant-propos 3
Votre approvisionnement en énergie avec des énergies renouvelables 6

Technologies

Énergie éolienne 16
Énergie hydraulique 22
Géothermie 28
Énergie photovoltaïque 36
Énergie solaire thermique 44
Centrales solaires thermiques 50
Biogaz 56
Biomasse solide 62
Technique de stockage et d'intégration au réseau 66
Autres secteurs industriels 72

Entreprises

Fournisseur d'équipement

Aschoff Solar GmbH 82
LAMBION Energy Solutions GmbH 97

Fournisseur complet

aap GmbH/Nature Technology Systems (nts) 78
agriKomp GmbH 79
Ammonit Measurement GmbH 81
Andritz Hydro GmbH 84
asola Technologies GmbH 85
BayWa r.e. renewable energy GmbH 88
EnviTec Biogas AG 95
Schmack Biogas GmbH 105
Viessmann Photovoltaik GmbH 111
Viessmann Wärmepumpen GmbH 112
Viessmann Werke GmbH & Co. KG 113
Voith Hydro Holding GmbH 114
WELTEC BIOPOWER GmbH 115

Fabricant

AkoTec Produktionsgesellschaft mbH 80
Awite Bioenergie GmbH 86
Carbotech GmbH 92
DIVE Turbinen GmbH & Co. KG 94
KOSTAL Solar Electric GmbH 96
LIPP GmbH 98
Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH 99
Ossberger GmbH + Co 100
Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Hiross Zander Filtration Division 101
SOLAR-RIPP® 108
s-power Entwicklungs- und Vertriebs GmbH 109
Stela Laxhuber GmbH 110

Fournisseur de services

CUBE Engineering GmbH 93
ProfEC Ventus GmbH 102
Renewables Academy AG (RENAC) 103
sbp sonne gmbh 104
Solar Promotion GmbH 106

Annuaire

Annuaire d'entreprises 118
Institutions et associations 124
Partenaires de coopération 128

Votre approvisionnement en énergie avec des énergies renouvelables

De par le monde, les lotissements, commerces et logements privés ont de plus en plus besoin d'une énergie fiable, économique et écologique pour faire face à la demande en électricité, en chaleur, en froid et en transports. Les énergies renouvelables peuvent contribuer de manière essentielle à couvrir ces besoins, tant pour les ménages que pour les commerces, les transports et l'approvisionnement public de zones d'habitation entières.

Contrairement aux énergies fossiles, les énergies renouvelables proviennent de sources inépuisables. Elles sont composées d'un mix de bioénergie, d'énergie éolienne, solaire, hydroélectrique et de géothermie. Les potentiels naturels disponibles dans le monde peuvent être exploités au moyen de différentes technologies. Associées aux technologies d'accumulation et de réseau, les énergies renouvelables peuvent être stockées ou transportées et distribuées sur de grandes distances depuis le lieu de production jusqu'aux centres de consommation, et donc utilisées pour répondre aux besoins.

Les technologies, les produits et les services « made in Germany » dans le domaine des énergies renouvelables jouissent d'une excellente réputation à l'international. Ils sont synonymes de qualité, de fiabilité, de longévité, d'efficacité et de sécurité. Les entreprises présentées dans le présent catalogue peuvent vous aider dans la planification, la construction et l'exploitation de votre approvisionnement en énergie régénérative. L'importation de produits et de services allemands peut faire l'objet de différents programmes de subventions proposés par le gouvernement fédéral allemand.

Objectifs	Avantages des énergies renouvelables
Disponibilité locale	■ Des ressources locales, présentes à des degrés divers partout dans le monde.
Production durable d'énergie	■ Inépuisables à l'échelle humaine (rayonnement solaire, énergie éolienne, hydroélectrique, géothermie) ou régénérative (bioénergie).
Sécurité	■ Absence relative de danger au niveau de la production, de l'exploitation et de l'élimination, ou de la réintégration dans le cycle des matériaux par recyclage.
Stabilité des prix	■ Favorisent l'indépendance par rapport à la volatilité des marchés des énergies fossiles ; dépenses d'énergie stables dans le long terme.
Rentabilité	■ Rentabilité de l'exploitation d'ores et déjà possible sans subventions dans certains endroits. ■ Dans les régions isolées, souvent l'option de production d'énergie la plus économique.
Protection de l'environnement	■ Préservation des ressources naturelles grâce aux économies de matières premières fossiles, peu d'atteintes invasives dans les paysages naturels (occupation des sols respectueuse de l'environnement) et peu d'émissions anthropogènes dans l'air environnant (acidification et eutrophisation).
Protection du climat	■ En grande partie sans émissions, ce qui va dans le sens des objectifs internationaux de protection du climat.
Protection de la santé humaine	■ Protection de la santé humaine par un faible niveau d'émissions nocives (bruit et substances polluantes dans l'air, l'eau et les sols).
Valeur ajoutée locale	■ Créent des emplois dans des secteurs de croissance durable. ■ Favorisent le développement économique des régions rurales grâce à une production et une distribution décentralisées. ■ Soutiennent un développement économique positif grâce à des innovations techniques.
Indépendance par rapport au raccordement au réseau	■ Un approvisionnement énergétique durablement fiable à l'écart du réseau électrique public (en combinaison avec des accumulateurs d'énergie).

L'utilisation des énergies renouvelables répond à de nombreuses exigences. Vous en trouverez des exemples dans le tableau.

Projet de solutions reposant sur les énergies renouvelables de la dena en Mongolie – Une installation ultramoderne d'alimentation en îlot : la société HEOS Energy GmbH de Chemnitz a installé deux conteneurs d'énergie au centre de formation de l'Université des Sciences humaines de Mongolie, à environ 140 kilomètres d'Oulan-Bator. Une installation photovoltaïque de 6 kWp y a été construite et, à proximité, une petite installation éolienne de 15 kW. Un système de batteries avec courant de substitution est intégré dans le conteneur de pilotage.

Possibilités d'utilisation

Les énergies renouvelables peuvent être utilisées pour la production d'électricité et de chaleur ainsi que dans le domaine des transports. Alors que dans le secteur électrique, la production d'énergie grâce au vent et au soleil est soumise aux aléas de la météo, la bioénergie, l'énergie hydraulique et la géothermie sont disponibles pratiquement en permanence et permettent le stockage et la régulation. Il est ainsi possible d'obtenir dans la durée un approvisionnement en énergie fiable et correspondant à la demande.

La très large gamme de puissance, de quelques watts à des centaines de mégawatts, permet aux énergies renouvelables de s'adapter à tous les types de fourniture d'énergie. Leur imbrication étroite avec les technologies énergétiques modernes leur permet d'apporter une contribution essentielle à la sécurité des approvisionnements, même dans une société industrielle moderne.

Toutes les sources d'énergie renouvelable ne sont toutefois pas rentables dans tous les pays. Certaines régions disposent, par exemple, de potentiels économiquement très intéressants pour l'exploitation de l'énergie solaire. Les meilleurs potentiels d'exploitation de l'énergie solaire se trouvent ainsi dans la « ceinture du soleil » (entre 20 et 40 degrés de latitude des hémisphères nord et sud). Le potentiel technique de l'énergie éolienne dépend, lui, de la vitesse moyenne du vent. Celle-ci est, en général, nettement plus faible sur les masses continentales que sur les océans.

Toutefois, presque chaque pays dispose d'emplacements attractifs pour les différentes énergies renouvelables.

Le choix de la ou des technologies appropriées dépend des conditions sur place ainsi que des différentes exigences liées au type et au volume de la production d'énergie. Celles-ci comprennent, entre autres :

Conditions sur place	Exigences des utilisateurs
Potentiels naturels (par ex. rayonnement solaire, vitesse du vent, quantité de biomasse)	Forme(s) d'énergie : électricité, chaleur/froid, transports
Politique de subventions (par ex. aides d'État à l'investissement)	Demande de pointe
Infrastructure (par ex. raccordement au réseau)	Puissance/puissance annuelle
Moyens financiers pour l'investissement de départ (capital propre ou étranger)	Fluctuation de la demande énergétique au cours de la journée/de l'année

Critères de choix des technologies d'énergies renouvelables appropriées.

Vous trouverez dans le chapitre « Technologies » des informations détaillées sur les technologies d'énergies renouvelables disponibles, leurs possibilités d'utilisation et de combinaison pour les ménages, les commerces ou l'approvisionnement public de zones entières d'habitation ainsi que les conditions naturelles et/ou politiques nécessaires.

Le coin des avis

« Les énergies renouvelables (ER) sont le présent et l'avenir. Existe-t-il un meilleur modèle commercial que celui du secteur des énergies renouvelables aux niveaux économique, écologique et social ? Cela nous motive à investir dans le développement de produits innovants, comme dans notre onduleur et nos systèmes de stockage pour installations photovoltaïques. Nous contribuons au développement avec des projets, partenariats et associations afin de tracer la voie au succès des énergies renouvelables. »

Werner Palm, directeur général, KOSTAL Solar Electric GmbH

Partenaires de réalisation

Un conseil personnalisé est indispensable afin de pouvoir utiliser les énergies renouvelables de manière à répondre aux besoins et avec une rentabilité optimale. Des objectifs comme la fiabilité, la longévité et l'efficacité doivent être pris en compte lors de la conception et de la réalisation d'installations sur mesure ; on peut également s'attacher à la beauté du design. C'est pourquoi il est important de travailler avec des partenaires expérimentés.

Les fournisseurs présentés dans le chapitre « Entreprises » proposent une assistance concrète dans le choix des technologies adaptées à vos besoins et à vos exigences, ainsi que dans la planification, la réalisation et la mise en service. Ils se sont spécialisés dans les exigences les plus variées des utilisateurs, sont capables de conseiller en détail et de réaliser des offres conçues spécialement pour répondre à vos besoins.

Les profils des entreprises figurent après les chapitres d'introduction relatifs aux technologies et à leurs champs d'application. Pour faciliter vos recherches, les entreprises figurant dans la brochure sont organisées en fonction de leurs étapes de création de valeur. De plus, en regard des informations de contact, chaque profil d'entreprise contient un récapitulatif des principaux domaines d'application et de technologie pour lesquels nos partenaires proposent des solutions pratiques.

Financement de votre installation d'énergies renouvelables

La construction d'installations d'exploitation des énergies renouvelables nécessite des investissements de départ qui peuvent faire l'objet de différentes formes de financement. Le choix de la combinaison de financement adaptée dépend de différents facteurs, notamment du type d'installation, de la taille du projet ou de l'installation ainsi que, le cas échéant, des conditions de subventions sur le lieu de l'investissement. On a typiquement recours à des financements mixtes composés de capital étranger, de capital propre et de subventions publiques.

Des flux de trésorerie prévisibles, permettant de régler les passifs financiers du projet, peuvent par exemple être assurés grâce à des tarifs de rachat d'État garantis ou aux recettes d'un appel d'offre remporté. Une aide financière peut également provenir de subventions aux investissements de la part d'organismes de soutien ou de communes, d'allègements fiscaux ou de la vente de certificats d'électricité verte. Si aucune aide publique n'est proposée à cet endroit, les économies financières réalisées lors de l'achat d'énergie (consommation personnelle) ou les recettes tirées de la commercialisation directe de l'énergie régénérative produite peuvent être utilisées pour le refinancement du crédit.

Grands projets

Les grands projets, comme la construction et l'exploitation d'un parc éolien, sont souvent réalisés dans le cadre d'un financement de projet. Pour cela, différents acteurs (consortium d'exploitation, constructeurs, sous-traitants, etc.) se rassemblent dans une entité ad hoc et fondent une entreprise propre, appelée aussi special-purpose-vehicle (SPV). Les acteurs apportent une part de capital propre au SPV ; des banques fournissent du capital étranger à la suite d'une phase de Due Diligence (vérifications de crédit et audit d'entreprise).

Les actionnaires d'une société de projet d'énergies renouvelables attendent un bon retour sur leur investissement. À cette fin, des sociétés de capital-investissement, comme des fonds de pension et des fonds pour l'environnement, investissent dans des parcs éoliens et solaires dans le monde entier. Les projets des investisseurs stratégiques sont en grande partie préfinancés sur les montants du bilan des acteurs en question. Les fournisseurs d'énergie, constructeurs de turbines éoliennes et de modules photovoltaïques, mais aussi par exemple les chaînes de magasins d'alimentation, sont des acteurs importants de ce segment.

Renewable Energy Asia 2014, Bangkok, Thailand

Aux plus grands salons du monde entier, les visiteurs du stand collectif allemand peuvent avoir un entretien personnel avec des représentants d'entreprises allemandes et d'autres experts.

On trouve aussi en Allemagne un certain nombre de parcs éoliens citoyens, dans lesquels des investisseurs privés se regroupent pour réaliser un projet. Les «yield cos» sont une nouvelle manière de financer des projets dans le secteur des énergies renouvelables. Ils sont souvent utilisés dans ce secteur pour protéger les investisseurs contre des changements de régulation. Les «yield cos» sont des entreprises publiques qui sont créées pour exploiter des actifs générant un flux de trésorerie prévisible, habituellement grâce à des contrats à long terme. Le coût du capital est réduit du fait de la séparation des activités volatiles — telles que la construction, la recherche et le développement — des flux de trésorerie stables et moins volatiles de l'exploitation des actifs.

Octroi de crédits

Pour le financement des grands projets dans le secteur des énergies renouvelables, l'octroi des crédits est couplé directement au projet en question, et donc aux revenus annuels prévus. De nombreux établissements bancaires nationaux et internationaux proposent des services dans ce domaine. En raison du temps et des coûts du travail préliminaire, un financement de projet est surtout intéressant pour des projets avec un volume d'investissement à partir d'environ dix millions d'euros.

Financement des exportations

Dans le cadre d'un financement des exportations, des banques accordent un crédit sur plusieurs années à l'acheteur d'une marchandise (le client) ; le prix d'achat est versé à l'exportateur sur le crédit acheteur immédiatement après l'achèvement correct de la livraison et de la prestation. Une condition habituelle de l'octroi du crédit est une couverture par la compagnie allemande d'État d'assurance-crédit à l'exportation Euler Hermes Deutschland AG (aussi appelée couverture d'assurance Hermes). Celle-ci couvre environ 85 pour cent du risque économique et 95 pour cent du risque politique. Vous trouverez davantage d'informations sur la couverture d'assurance Hermes au paragraphe « Avantages de l'importation de produits et services allemands ».

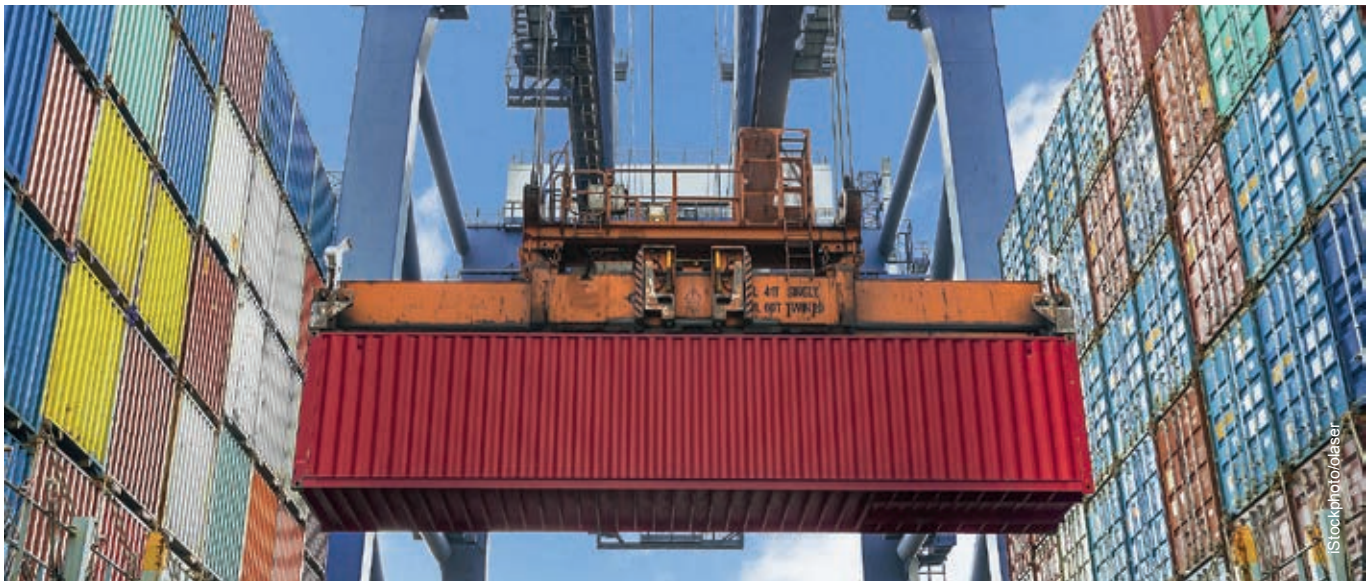
Encouragement à l'investissement

En Allemagne et dans le monde, la banque d'État KfW Bankengruppe joue un rôle central dans la fourniture de mécanismes de crédit pour les investissements dans les projets d'énergies renouvelables. En 2014, 3,3 milliards 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 organismes de financement au monde pour les énergies renouvelables dans les pays en voie de développement.

Les autres bailleurs de fonds importants pour la mise en œuvre de projets en dehors de l'OCDE sont, par exemple, les agences nationales de développement, le Global Environment Facility (GEF), la Banque Mondiale et les banques régionales de développement. En plus des instruments de financement habituels, les donateurs bilatéraux et multilatéraux fournissent également des crédits sous la forme de prêts rétrocédés. Dans ce cas, une organisation internationale accorde un crédit à des banques locales dans les différents pays pouvant faire l'objet de subventions. Les banques locales peuvent ensuite réattribuer ces crédits sous certaines conditions. L'importateur peut ainsi recevoir une aide, souvent à de bonnes conditions (par ex. des durées plus longues).

Mécanismes flexibles du protocole de Kyoto

Les mécanismes flexibles du protocole de Kyoto représentent une autre possibilité de financement de gros projets d'énergies renouvelables. Le mécanisme MDP permet à des entreprises allemandes, par exemple, de financer des projets dans des pays en voie de développement ou des pays émergents. Le pays étranger destinataire reçoit des investissements et, généralement, de meilleures bases de départ grâce au transfert de technologie. En échange, les entreprises allemandes reçoivent des droits d'émission qu'ils peuvent utiliser pour tenir leurs obligations de réduction des émissions dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émission. La valeur incitative de cet instrument est toutefois conditionnée à un prix suffisamment élevé des certificats.



L'importation de marchandises et de services d'Allemagne peut être promue au moyen de différents programmes mis en place par le gouvernement fédéral allemand.

Installations individuelles/petits projets

Les petites installations ou les petits projets sont souvent réalisés par une seule entreprise. Le financement se fait par un mélange de capital propre et de capital étranger ou par leasing de l'installation. Ce dernier ne pèse pas sur le bilan d'une entreprise. Les recettes provenant de la vente de l'énergie produite (par ex. production d'électricité ou de chaleur) ou les économies financières réalisées grâce à des installations efficaces (coûts réduits de production d'énergie) peuvent être utilisées pour le refinancement d'un crédit.

Octroi de crédits

Les banques locales proposent également des possibilités d'octroi de crédits pour les personnes et les entrepreneurs. Les conditions peuvent varier fortement. L'expérience des banques dans le domaine des énergies renouvelables joue un rôle important au niveau de l'évaluation correcte des risques.

Encouragement à l'investissement

Le cas échéant, selon le pays ou l'endroit, les mesures incitatives publiques comme des crédits à taux réduits, des subventions aux investissements ou des allègements fiscaux peuvent faciliter l'investissement. Ici aussi, les donateurs bilatéraux et multilatéraux peuvent entrer en jeu au moyen des prêts rétrocédés déjà évoqués (cf. rubrique « Grands projets/Encouragement à l'investissement »).

Leasing

Une alternative à l'achat d'installations est le leasing, qui représente une forme hybride entre l'achat et la location de biens d'investissement. Par rapport à l'achat, le leasing a l'avantage de ne pas peser sur le bilan et de préserver le capital propre d'un entrepreneur ; il conserve ainsi des liquidités. Le leasing offre une sécurité dans la planification et la transparence au niveau des coûts. Les recettes peuvent être générées par la vente de l'énergie produite.

Avantages de l'importation de produits et services allemands

Les importateurs de produits et de services allemands dans le domaine des énergies renouvelables reçoivent une aide indirecte sous la forme de différents programmes du gouvernement fédéral allemand. En effet, le gouvernement fédéral allemand considère que les exportations de technologies d'énergies renouvelables sont particulièrement dignes d'encouragement car celles-ci favorisent également le développement durable dans le monde. C'est pour cette raison qu'il fournit les couvertures correspondantes sous la forme de garanties d'État aux exportations et aux investissements. Celles-ci peuvent également être demandées de manière combinée.

Garanties de crédit à l'exportation du gouvernement fédéral allemand

L'assurance-crédit d'État à l'exportation (ou couverture d'assurance Hermes) permet d'assurer les risques, liés aux transactions réalisées avec l'étranger, de non-recouvrement de créance des entreprises allemandes lors de l'exportation

La diffusion générale des énergies renouvelables peut être soutenue par des adaptations systémiques telles que l'extension des réseaux de distribution et de transport.

de produits et de services. La durée de crédit pour les projets dans le domaine des énergies renouvelables est généralement de 18 ans. Il est possible de couvrir jusqu'à 30 pour cent du montant total du contrat, y compris les coûts locaux (par ex. les dépenses d'infrastructure pour le placement d'installations éoliennes dans des lieux reculés). La part des coûts locaux ne doit pas dépasser 23 pour cent du montant global du contrat. Avec l'option d'effectuer les remboursements à l'entreprise allemande dans la monnaie nationale et non en eurodevise, les clients évitent le risque de ne pas pouvoir régler les créances de l'exportateur allemand en raison de la dévaluation de leur propre monnaie. Le gouvernement fédéral allemand se réserve le droit de procéder au cas par cas à un audit de stabilité de la devise en question.

Garanties aux investissements

Les importateurs de produits et de services allemands bénéficient également du soutien des entreprises allemandes par la garantie aux investissements du gouvernement fédéral allemand. Avec cet instrument, le gouvernement fédéral fournit une garantie contre les risques politiques aux entreprises qui réalisent des investissements directs à l'étranger.Ces mesures comprennent des prises de participation, des prêts en quasi-fonds propres, des apports en dotation de filiales et d'autres droits en actifs. Dans le cas des projets d'énergies renouvelables, les engagements pris par des organismes étatiques ou contrôlés par l'État, comme par exemple la construction d'infrastructures ou la garantie de tarifs de rachat, peuvent être inclus dans la garantie aux investissements. Des garanties allant jusqu'à 20 ans sont possibles.

Informations supplémentaires

Vous pouvez obtenir des informations supplémentaires sur notre portail en ligne, dans notre lettre d'information ou en prenant directement contact avec la dena.

Portail en ligne
www.renewables-made-in-germany.com

En plus des informations spécialisées et sur les entreprises contenues dans le catalogue, vous trouverez également sur notre portail en ligne www.renewables-made-in-germany.com des projets de référence d'entreprises allemandes dans le monde, des informations actuelles sur les entreprises ainsi qu'une vue d'ensemble des participations allemandes aux salons à l'étranger. Vous y trouverez également des informations utiles sur les opportunités de networking et d'affaires, par exemple sur les voyages d'information en Allemagne pour les décideurs et sur un programme de formation bilatéral pour les cadres dirigeants.

Lettre d'information

La lettre d'information gratuite en anglais informe ses abonnés dans le monde entier, six fois par an, des développements actuels, des applications et des projets intéressants, des technologies et services allemands les plus modernes ainsi que des événements dans le secteur des énergies renouvelables. Inscrivez-vous en ligne à l'adresse : www.renewables-made-in-germany.com/fr/service/newsletter.

Contact personnel

La dena se tient aussi à votre disposition pour une prise de contact personnelle. Prière de vous adresser à :
E-mail : renewables@dena.de
Fax : +49 (0) 30 - 72 61 65-699
Tél : +49 (0) 30 - 72 61 65-600

Nous nous ferons un plaisir de répondre à vos questions.

Le développement national des énergies renouvelables : comment l'Allemagne gère-t-elle les défis ?

Quand on parle de transition énergétique, surtout concernant le développement des énergies renouvelables sur l'ensemble du territoire et leur intégration dans le système énergétique, les acteurs économiques, politiques et les consommateurs du monde entier ont le regard tourné vers l'Allemagne. Grâce à l'orientation de sa politique énergétique, le gouvernement fédéral entend faire de l'Allemagne l'une des économies les plus efficaces énergétiquement et les plus respectueuses de l'environnement au monde. Dans le même temps, les prix de l'énergie doivent rester compétitifs, le niveau de prospérité élevé et la sécurité des approvisionnements être garantie. La cinquième nation industrialisée du monde se trouve ainsi confrontée à des défis importants. Les pays du monde entier peuvent bénéficier de l'expérience de l'Allemagne.

Un développement planifié : le chemin de la croissance des énergies renouvelables

Grâce à des subventions politiques précoces, les énergies renouvelables représentent aujourd'hui un pilier du système énergétique macroéconomique en Allemagne, avec 12,4 pour cent de la consommation d'énergie et 27,8 pour cent de la production brute d'énergie en 2014. Le gouvernement fédéral allemand continue à poursuivre ce développement. Rien que dans le secteur de l'électricité, la part des énergies renouvelables doit atteindre 40 à 45 pour cent d'ici à 2025 et 55 à 60 pour cent d'ici à 2035.

La croissance de l'exploitation des énergies renouvelables en Allemagne repose essentiellement sur la loi sur les énergies renouvelables (EEG), entrée en vigueur le 1er avril 2000 pour le secteur de l'électricité. Le but de l'EEG est de permettre aux énergies renouvelables d'entrer sur le marché au moyen de rémunérations fixes ainsi que de garanties d'achat et de l'injection prioritaire du courant. À la fin de l'année 2014, plus d'1,3 million d'installations subventionnées selon l'EEG dans toute l'Allemagne ont injecté plus de 160 000 GWh d'électricité dans le réseau électrique allemand.

Dans le secteur de la chaleur également, la loi allemande sur la chaleur issue des énergies renouvelables (EEWärmeG) et le programme d'incitation du marché (MAP) renforcé représentent les principales mesures visant à doubler la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables pour atteindre 14 pour cent en 2020. Dans le domaine des constructions neuves, la EEWärmeG impose aux maîtres d'ouvrage d'utiliser une part d'énergies

Le gouvernement fédéral s'est fixé pour but de sa politique énergétique de faire de l'Allemagne l'une des économies les plus énergétiquement efficaces et les plus respectueuses de l'environnement au monde, tout en ayant des prix de l'énergie compétitifs et un niveau de prospérité élevé. Le développement des énergies renouvelables y apporte une contribution essentielle.

renouvelables dans la production de chaleur, de réaliser certaines mesures de substitution, comme par exemple des travaux d'isolation supplémentaires, ou d'utiliser la cogénération ou le chauffage urbain. Le MAP encourage principalement les technologies du marché de la chaleur pour les constructions existantes, par exemple les installations solaires thermiques, les chauffages à granulés de bois et les pompes à chaleur efficaces. Les mesures incitatives au niveau fédéral sont encore complétées par de nombreux dispositifs au niveau des différents Länder et des communes.

Les biocarburants font l'objet de mesures incitatives en Allemagne dans le cadre de la loi sur les quotas de biocarburants (BiokraftQuG). Sur la base de la BiokraftQuG, les mélanges avec des carburants fossiles sont encouragés depuis 2007 par le biais du quota de biocarburant.

Les défis actuels de la politique énergétique

Le développement massif des énergies renouvelables, en particulier de l'énergie photovoltaïque et éolienne, met les acteurs politiques actuellement au défi d'intégrer, au moyen de solutions intelligentes, des énergies renouvelables souvent soumises à des variations saisonnières ou météorologiques dans le système énergétique, de développer les infrastructures par la construction des réseaux de transmission et de distribution, d'améliorer la coordination avec les voisins européens et de répartir équitablement les coûts de la transition énergétique.

La loi d'aménagement des circuits électriques (EnLAG) adoptée en 2009 doit permettre d'accélérer la poursuite du développement du réseau allemand de transmission, afin d'assurer la transmission des parts fortement fluctuantes d'énergie renouvelable dans le réseau des sites de production, souvent décentralisés, vers les grands centres de consommation d'électricité.

La réforme de l'EEG en 2014 vise à piloter de manière plus précise les objectifs ambitieux de développement ainsi qu'à réduire et mieux répartir les coûts de la poursuite du développement. Les énergies renouvelables devront être rapprochées du marché au moyen d'une obligation de la commercialisation directe. L'objectif du gouvernement fédéral est que l'industrie à forte consommation d'électricité reste compétitive en Allemagne, le cinquième pays industriel au monde, même pour les entreprises fortement consommatrices d'énergie. La valeur ajoutée et les emplois doivent être préservés, un défi que le gouvernement fédéral s'efforce de relever à travers un dialogue intense avec le monde industriel. Les intérêts d'une multitude d'acteurs doivent être pris en compte pour la contribution aux coûts de la transition énergétique, par ex. des fournisseurs d'énergie, des gestionnaires du réseau, des sous-traitants du secteur de l'énergie et des investisseurs, ainsi que de nombreux consommateurs d'énergie, y compris les consommateurs privés. Ainsi, par exemple, les industries fortement consommatrices d'énergie sont, avec plus de 800 000 employés, le socle du succès ou de l'échec de nombreux autres secteurs. De même, le secteur des énergies renouvelables représente aussi un facteur économique important avec désormais environ 378 000 employés. C'est pourquoi les acteurs politiques ont donné, à travers le régime spécial de compensation de l'EEG, la possibilité aux entreprises fortement consommatrices d'énergie du secteur productif ainsi qu'aux exploitants ferroviaires de se faire dispenser sur demande de la redevance EEG.

Dialogue énergétique à la Chancellerie allemande (1er avril 2014).

Perspectives à long terme

Avec la transition énergétique, l'Allemagne s'est engagée dans une voie saluée de par le monde. En 2050, l'Allemagne devrait disposer d'un système énergétique respectueux du climat, sûr et rentable. Le système énergétique, résolument nouveau et durable, produisant nettement moins d'émissions de CO_2, apportera une contribution significative à la protection internationale du climat, et cela sans les risques pour l'homme et l'environnement liés à l'exploitation de l'énergie nucléaire.

En outre, le gouvernement fédéral prévoit que cette transition énergétique renforcera durablement l'économie allemande. Grâce à l'emploi éprouvé en Allemagne de technologies, de machines et de produits innovants et efficaces « Made in Germany », l'industrie nationale est d'ores et déjà bien placée dans la compétition. Le succès de la transition énergétique devrait renforcer encore ce socle.

iStock.com/lovro77

TECHNOLOGIES

Deux éoliennes de type Siemens SWT-6.0-154, normalement conçues pour une utilisation en mer, ont été installées dans la ville allemande de Wehlens, près de Wilhelmshaven. Le site est balayé par des vents similaires à ceux de haute mer. Les deux éoliennes ultra-modernes disposent de générateurs et de rotors à entraînement direct d'un diamètre de 154 mètres. L'installation fournit une quantité d'énergie permettant d'approvisionner plus de 14 000 foyers dans le respect du climat.

Énergie éolienne

L'exploitation de l'énergie éolienne pour la production d'électricité compte parmi les technologies d'énergies renouvelables les plus largement développées et les plus utilisées et connaît un essor dans un nombre croissant de pays. En raison de la baisse continuelle des coûts de production et de développement de projet due aux économies d'échelle, l'énergie éolienne devient rentable dans un nombre croissant de pays.

Parmi les différentes formes d'application de l'énergie éolienne, on opère une distinction entre les installations terrestres (ou onshore), offshore et les petites installations éoliennes. L'énergie éolienne onshore devrait prendre une importance croissante dans le moyen terme dans le domaine de la stabilité du réseau. Mais l'énergie éolienne offshore pourra aussi être amenée à contribuer à l'approvisionnement en charge de base grâce aux vitesses constantes du vent et aux facteurs d'utilisation élevés en haute mer.

Les entreprises allemandes comptent parmi les fournisseurs de pointe dans le domaine éolien. Leur offre va de la recherche et de la production des composants les plus divers et de systèmes complets à l'entretien et 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 en outre d'une excellente réputation dans le monde entier en raison de leur fiabilité et de leur haut niveau technologique.

Technologies et applications

Environ 2,5 pour cent des besoins énergétiques mondiaux sont couverts par l'énergie éolienne. L'ensemble des capacités installées dans le monde s'élevait fin 2013 à environ 369,6 GW. Les plus grands marchés se trouvent en Chine (114,6 GW), aux États-Unis (65,9 GW) et en Allemagne (39,1 GW). En Allemagne, l'énergie éolienne a pris part à hauteur de 9,1 pour cent à la production totale d'électricité en 2014.

Les trois technologies d'exploitation de l'énergie éolienne vous sont présentées en détail ci-dessous :

Éolien terrestre

Afin d'obtenir des rendements élevés, on a conçu des turbines placées sur de hautes tours et munies de rotors balayant des surfaces importantes. Les lieux au sommet des montagnes ou sur les plateaux sont particulièrement adaptés à l'exploitation de l'énergie éolienne.

Les capacités énergétiques éoliennes onshore se sont développées de façon fulgurante ces dernières années. Cette tendance devrait probablement se poursuivre sur les marchés internationaux au cours des prochaines années, en particulier grâce à la rentabilité croissante des installations éoliennes. Au cours des dernières années, les perfectionnements techniques ont permis d'obtenir des gains d'efficacité croissants au niveau des installations. Leur puissance et leur fiabilité s'en sont trouvées nettement améliorées.

Deux technologies ont été développées pour convertir efficacement l'énergie éolienne en électricité :
- installations avec engrenages
- installations sans engrenages.

Les installations avec engrenages représentent le concept d'entraînement traditionnel : avec vitesse de rotation variable, engrenages et alternateur à haute vitesse. On utilise également des installations sans engrenages. Dans le cas de celles-ci, le rotor est placé directement sur l'arbre du rotor.

L'avantage des installations terrestres par rapport à l'énergie éolienne offshore (voir ci-dessous) est en premier lieu leur coût d'investissement, qui reste encore plus faible. De plus, avec les installations onshore, la production d'électricité décentralisée s'effectue plus près des centres de consommation, ce qui occasionne moins de dépenses pour la construction et l'exploitation du réseau et permet de réduire les pertes en ligne.

Éolien offshore

Dans le long terme, leur meilleur facteur d'utilisation, grâce à la vitesse du vent constamment plus élevée en mer, permettra aux parcs éoliens offshore de remplacer partiellement les centrales électriques conventionnelles. Les rendements énergétiques attendus pourront excéder jusqu'à 100 pour cent ceux des installations terrestres.

Les installations offshore doivent toutefois être implantées, raccordées, installées, exploitées et maintenues dans des zones parfois de grande profondeur. La pose des fondations ainsi que la complexité du raccordement au réseau rendent l'installation d'un parc éolien offshore plus difficile techniquement que celle d'un parc éolien onshore. Les périodes de construction dépendent également beaucoup de la météo. Pendant l'exploitation, les fortes charges causées par le vent et les vagues ainsi que la présence d'air salé imposent des contraintes particulières dans le choix des matériaux à utiliser. Il en découle que les coûts des systèmes excèdent encore nettement ceux des installations terrestres.

Petit éolien

Il n'existe actuellement pas de définition internationalement acceptée des petites installations éoliennes. Nous avons résumé ici les définitions les plus courantes :

- Selon la norme CEI 61400-2:2006, les petites installations éoliennes possèdent une surface balayée par le rotor de 200 m² au maximum, ce qui correspond à une puissance nominale d'environ 50 kW pour une tension électrique inférieure à 1 000 V en CA ou 1 500 V en CC.

- L'Association allemande de l'énergie éolienne (BWE) classe les petits aérogénérateurs comme suit :
  – les micro-éoliennes (jusqu'à 5 kW de puissance nominale)
  – les mini-éoliennes (entre 5 et 30 kW) ainsi que
  – les éoliennes moyennes (plus de 30 kW).

Le coin des avis

« Nous soutenons depuis 25 ans l'énergie éolienne avec curiosité et enthousiasme. Nous investissons dans la recherche et le développement et prenons le temps qu'il faut pour faire évoluer activement et formuler les standards, par exemple pour l'expertise éolienne. Nous garantissons ainsi la qualité avec la méthodologie et la technique les plus récentes, comme lors de nos campagnes de mesure du vent LiDAR. Une bonne analyse préliminaire lors de la mesure du vent nous permet de réduire au maximum les erreurs de mesure et d'économiser du temps et de l'argent lors de la planification du parc éolien. Voilà notre concept. »
Carmen Bartelmai, responsable du département Wind Assessment CUBE Engineering GmbH

Parc éolien offshore Banque Thornton.

La hauteur de la tour ne dépasse généralement pas 20 m. La puissance moyenne d'un petit aérogénérateur se situe généralement entre 5 et 10 kW.

Les petites installations éoliennes, notamment lorsqu'elles sont associées à d'autres technologies d'énergies renouvelables comme le photovoltaïque, conviennent bien à l'approvisionnement énergétique de base dans les régions éloignées des réseaux.

Compétence du secteur d'activité allemand

Les constructeurs allemands disposent d'un grand savoir-faire dans tous les types d'application cités. Ce savoir-faire comprend aussi bien la fabrication et la construction d'installations éoliennes clés en main que la production de composants et d'éléments comme les alternateurs, engrenages et pales de rotor ainsi que leurs pièces détachées.

Outre les entreprises spécialisées exclusivement dans le secteur éolien, de nombreuses petites et moyennes entreprises du secteur de la mécanique traditionnelle ont créé de nouveaux débouchés dans l'industrie éolienne allemande. Pour la construction d'installations éoliennes, les tours tubulaires en acier, les fondations en béton ou les pièces moulées sont aussi nécessaires que l'expertise des sites d'installation, les certifications et les essais de type. Le secteur allemand prend en charge l'ensemble de la chaîne de valeur de l'énergie

éolienne, depuis l'étude et le développement du projet jusqu'à la construction et l'exploitation des installations.

En ce qui concerne l'éolien offshore, les entreprises allemandes disposent d'une grande expérience des procédés de construction et dans les domaines de l'entretien/la maintenance et la sécurité du travail. Contrairement à la plupart des autres pays comptant des capacités offshore non négligeables, il est intéressant de noter que les parcs éoliens offshore allemands sont construits à une grande distance des côtes et dans les eaux, à une profondeur pouvant atteindre 45 mètres.

Ces dernières années, les fabricants allemands de petites installations éoliennes ont atteint une professionnalisation croissante de la production. De nombreux types d'installations de constructeurs allemands se sont positionnés sur le marché, surtout dans la plage des 1 à 20 kW.

Exploitation économique

Les prix de revient de l'électricité varient en fonction de la technologie d'exploitation de l'énergie éolienne.

- **Onshore :** l'énergie éolienne, dans sa version onshore et quel que soit le site, a déjà les prix de revient de l'électricité les plus bas parmi ce qu'on appelle les nouvelles technologies des énergies renouvelables (à l'exception de l'énergie hydraulique à grande échelle). Les prix de revient de l'électricité s'y situent actuellement entre 5,8 et 13,7 €ct/kWh et se hissent donc, dans les sites avantageux avec plus de 2 200 heures à pleine charge par an, au niveau des centrales conventionnelles au charbon.

- **Offshore :** dans le domaine de l'éolien offshore, les prix de revient sont toujours nettement plus élevés, entre 8 et 14,7 €ct/kWh. L'accroissement des économies d'échelle laisse toutefois prévoir des potentiels nets de baisse des coûts au cours des prochaines années.

- **Petites installations éoliennes :** pour les petits aérogénérateurs, le prix de revient de l'électricité est compris entre 15 et 20 €ct/kWh, selon les valeurs tirées de l'expérience des propriétaires d'installations. Des variations notables sont possibles en fonction du lieu. Là où les prix de l'électricité sont élevés, il peut être avantageux de produire sa propre électricité et de réduire ainsi les coûts d'achat d'électricité.

Une baisse des coûts est prévisible au cours des années à venir dans tous les domaines d'application cités.

Le coin des avis

« L'énergie éolienne est plus qu'une technologie relais ; c'est un pilier économique, propre et contrôlable des matrices énergétiques actuelles, basé sur les ressources locales. Associée au fonctionnement sur secteur moderne, elle permet d'étendre de manière significative et rapide le potentiel et désamorce ainsi les conflits généraux concernant l'accès et le droit de propriété aux ressources fossiles. Avec notre expertise, nous soutenons son développement optimisé et à faible risque, tout en tenant compte de la viabilité financière et de l'optimisation du rendement. »

Andreas Jansen, directeur général, ProfEC Ventus GmbH

Perspectives

Les activités dans le domaine de l'énergie éolienne sont de plus en plus internationalisées. Grâce à cette évolution et au nombre croissant d'installations éoliennes dans le monde qu'elle entraîne, le service après-vente et la gestion des pièces de rechange deviennent des domaines d'activité de plus en plus importants.

Dans le domaine de la production, le perfectionnement technique des systèmes permettra d'améliorer le facteur d'utilisation des installations. Les coûts de production d'une installation devraient continuer à baisser et leur intégration dans les systèmes énergétiques sur place devrait être encore améliorée.

On note également depuis plusieurs décennies une tendance vers des installations dotées de pales de rotor toujours plus grandes, afin d'augmenter le rendement de l'installation même pour des vitesses du vent plus faibles.

Rééquipement

Le rééquipement, ou « Repowering », consiste à remplacer des installations éoliennes dites de première génération par des turbines modernes. Il est ainsi possible de développer les capacités dans les marchés traditionnels de l'éolien, comme l'Allemagne, sans pour autant occuper plus d'espace.

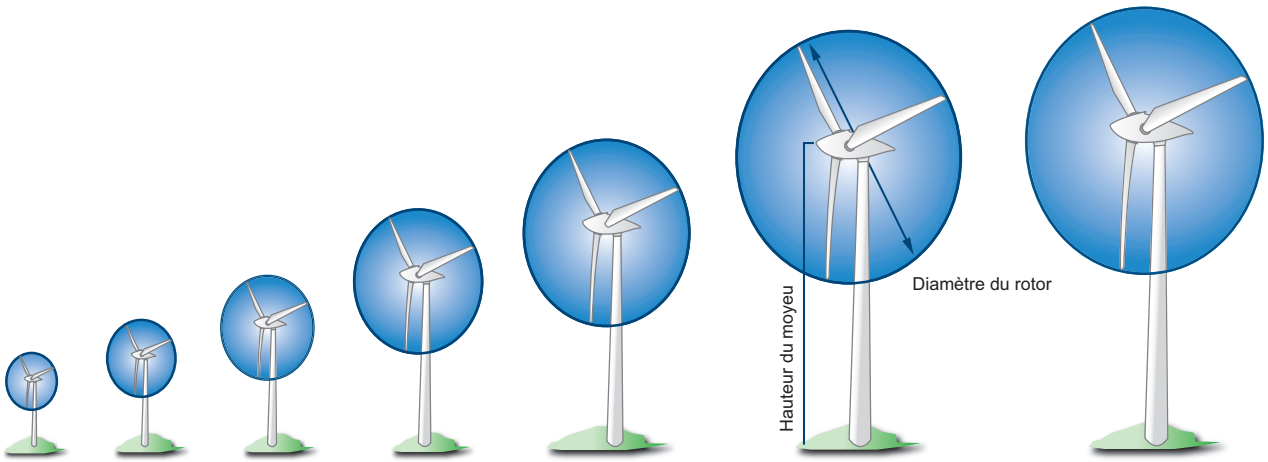
Dans les nouveaux marchés de l'éolien, le besoin en rééquipement est encore faible mais il représente un fort potentiel pour l'avenir. Dans le même temps, un marché des turbines d'occasion s'est développé où celles-ci peuvent être utilisées pour des solutions hors réseau.

Développement international

Le Global Wind Energy Council (GWEC) estime que d'ici à 2030, environ 17 pour cent de l'approvisionnement en électricité dans le monde pourraient être couverts par l'énergie éolienne. La moitié des installations dans le monde seront vraisemblablement installées dans des marchés en plein essor comme le Brésil, la Chine, l'Inde, le Mexique, le Maroc, l'Afrique du Sud ou la Turquie. En outre, on voit s'esquisser un investissement croissant des banques de développement nationales et multilatérales dans l'énergie éolienne dans ces pays émergents.

Au cours des années à venir, la poursuite du développement international de l'énergie éolienne sera notamment tributaire des conditions-cadre régissant la politique énergétique et de construction. Parmi les conditions préalables essentielles, on compte la délimitation de zones appropriées aux installations sur terre et en haute mer, la levée des restrictions en termes de hauteur, le développement des infrastructures de réseau ainsi que la promotion des technologies d'accumulation afin d'exploiter les sites à fort rendement de manière encore plus efficace.

Projet de Repowering en Schleswig-Holstein, Allemagne.



	1985	1990	1995	2000	2005	2008	2011	2012	2014
Puissance nominale (kW)	80	250	600	1 500	3 000	6 000	7 500	7 500	8 000
Diamètre du rotor (m)	20	30	46	70	90	126	127	154	164
Hauteur du moyeu (m)	40	50	78	100	105	135	149	149	149

Croissance des éoliennes depuis 1985. Source : la Fédération allemande de l'energie éolienne (BWE), dena.

La recherche et le développement dans l'énergie éolienne visent en particulier à réduire ses conséquences néfastes pour l'environnement comme les émissions sonores et lumineuses.

Éolien terrestre

Il est important d'améliorer l'acceptation par la population des parcs éoliens, tout particulièrement dans le domaine de l'énergie éolienne terrestre. On peut, pour cela, avoir recours aux modèles participatifs comme les parcs éoliens citoyens (voir encadré). De tels parcs éoliens existent déjà dans certains pays, comme par exemple en Allemagne et au Danemark.

Éolien offshore

Les prévisions pour le secteur offshore sont positives et prévoient une forte croissance pour 2015 et 2016, particulièrement dans l'UE. Cela s'explique par le développement prévu des projets offshore à travers l'UE qui devraient atteindre une puissance nouvellement installée de 2,9 GW en 2015 et 2016. De nombreuses fondations ont déjà été installées au large des côtes allemandes et attendent la suite du développement des parcs éoliens actuellement en construction. En Europe, et exception faite de 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 évoluer aux Pays-Bas et au Danemark.

Petite installation éolienne.

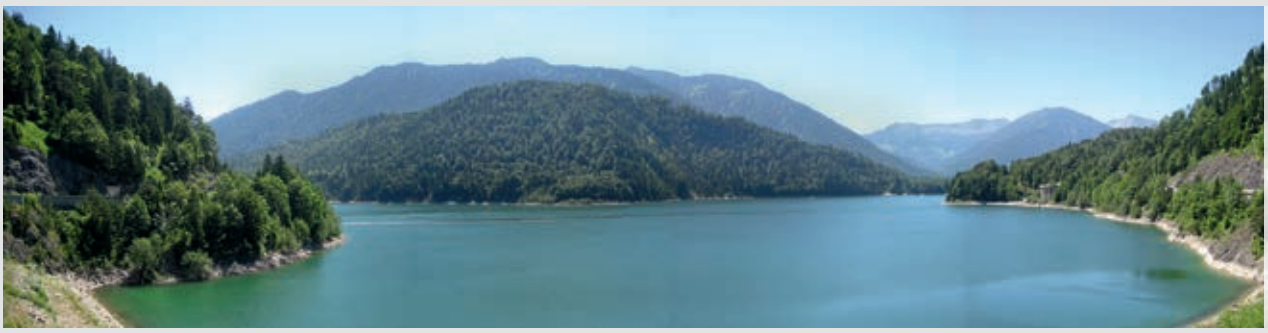
Petit éolien

Les petites installations éoliennes deviennent de plus en plus une alternative pour la production autonome et autarcique d'électricité. Les potentiels sont particulièrement importants dans les pays en voie de développement et les pays émergents avec un taux d'électrification faible. Les petites installations éoliennes peuvent ainsi produire de l'électricité en tant que systèmes autonomes ou bien s'intégrer à des réseaux séparés ou des systèmes hybrides existants. Selon les prévisions de la World Wind Energy Association (WWEA), la capacité installée pourrait atteindre un total cumulé de près de 5 GW d'ici à 2020.

L'énergie éolienne en complément de l'énergie hydraulique

Dans de nombreux pays, une part significative de l'électricité est produite dans des centrales hydroélectriques. La sécurité des approvisionnements est toutefois régulièrement menacée, par exemple lors de périodes de sécheresse. À l'heure actuelle, ces défaillances sont principalement compensées à l'aide de systèmes de secours faisant appel à l'utilisation de combustibles fossiles (par ex. alternateurs) ou au moyen d'importations d'électricité.

Grâce aux potentiels naturellement élevés de nombreuses régions, les installations éoliennes donnent la possibilité de compléter, dans le cadre de la production d'énergie régénérative, la production d'électricité des centrales hydroélectriques ou d'amortir les défaillances de celles-ci. Les installations éoliennes peuvent ainsi être utilisées pour la production régénérative d'électricité pendant les périodes de sécheresse. Les excédents en courant éolien peuvent également être employés pour l'accumulation intermédiaire d'eau dans des centrales de pompage-turbinage.



Lac artificiel.

Cette centrale de pompage située en Allemagne produit quotidiennement environ 120 millions de kWh d'électricité.

Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est exploitée depuis la fin du XIXe siècle pour produire de l'électricité et son utilisation s'est répandue dans 159 pays du monde. Elle est aujourd'hui la source d'énergie renouvelable la plus utilisée pour la production d'électricité dans le monde. Avec une capacité installée totale de 1055 GW dans le monde en 2014, la production d'énergie hydraulique est estimée à 3 900 TWh pour l'année. À l'horizon 2020, la part de l'énergie hydraulique dans la production mondiale d'électricité ne devrait plus augmenter de manière notable en raison de l'accroissement des besoins ; elle devrait toutefois atteindre environ 4 500 TWh.

Les points forts de l'énergie hydraulique sont sa capacité à fournir la charge de base, ses capacités d'accumulation, de stabilisation du réseau ainsi que son caractère décentralisé ; cette énergie conserve un fort potentiel dans la transition énergétique mondiale visant à délaisser les sources d'énergies conventionnelles au profit d'une utilisation accrue des énergies renouvelables.

L'énergie hydraulique est amenée à jouer un rôle de premier plan en tant que charge de base dans un mix énergétique devant se composer à l'avenir d'une part croissante d'énergies renouvelables. Son utilisation permet de compenser en partie les fluctuations de production occasionnées par l'exploitation croissante des énergies solaire et éolienne tributaires de la météo, garantissant ainsi une alimentation stable en électricité issue de sources d'énergie renouvelables. Des investissements conséquents continueront donc d'être réalisés dans les technologies de pompage-turbinage. Il y a surtout une demande de pompes à vitesse variable afin de pouvoir compenser le nombre croissant de fluctuations à court terme causées par le courant issu de l'éolien et du solaire.

Technologies et applications

Types de centrales

Centrales au fil de l'eau/centrales fluviales
Les centrales au fil de l'eau/centrales fluviales sont les plus répandues dans le monde. Elles utilisent l'énergie du courant d'un cours d'eau et servent généralement à couvrir la charge de base. La puissance dépend essentiellement du dénivelé et du débit d'eau. Certaines centrales au fil de l'eau peuvent également retenir l'eau en période de moindre besoin en énergie pour utiliser cette réserve en cas de besoins accrus en électricité.

La centrale en dérivation est une forme particulière de centrale au fil de l'eau. L'eau est retenue par un barrage et conduite vers les turbines à l'aide d'un canal d'amenée. Alors qu'une centrale au fil de l'eau normale ne présente qu'un dénivelé faible entre le niveau d'eau en amont et celui en aval, la centrale en dérivation bénéficie également du dénivelé supplémentaire lié au canal de dérivation, ce qui lui donne plus de puissance.

Centrales de lac
Les centrales de lac retiennent l'eau dans un lac naturel ou artificiel et l'acheminent dans des conduites vers la centrale située en contrebas. Elles peuvent fonctionner indépendamment du débit d'eau naturel et ont pour vocation principale de compenser les fluctuations dans la production d'électricité régionale et suprarégionale et dans la consommation. Elles interviennent à la fois dans la couverture de la charge électrique de base et en régime de pointe.

Centrales de pompage-turbinage
Les centrales de pompage-turbinage fonctionnent avec deux réservoirs d'eau, un bassin supérieur et un bassin inférieur, présentant entre eux un dénivelé aussi important que possible. En périodes creuses, par exemple la nuit, ou en périodes d'apport important d'électricité d'origine solaire ou éolienne dans le réseau, de l'eau est pompée du bassin inférieur vers le bassin supérieur. Elle y est alors disponible pour la production d'électricité en périodes de pointe. L'entraînement de l'alternateur est assuré par des turbines Pelton.

Types de centrales pour l'exploitation de l'énergie de la mer
L'énergie cinétique des vagues, des marées et des courants peut également être utilisée pour produire de l'électricité. L'avantage de l'utilisation de l'énergie de la mer est la constance de la production d'énergie et l'action stabilisante qu'elle a ainsi sur le mix d'énergies renouvelables. Alors que les usines marémotrices sont déjà parvenues à leur maturité

technique, d'autres technologies sont encore en phase de développement, comme les centrales houlomotrices.

Turbines

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

Turbines Francis
La turbine Francis est l'un des plus anciens types de turbines conventionnelles et est utilisée majoritairement dans les petites centrales hydroélectriques. Elle est adaptée à des hauteurs de chute faibles et des débits moyens.

Vis hydrodynamiques
Les vis hydrodynamiques fonctionnement selon le principe de la vis d'Archimède. Elles sont utilisées principalement pour des hauteurs de chute et des puissances faibles.

Turbines Kaplan et turbines bulbes
Les turbines Kaplan et turbines bulbes sont les catégories de turbines courantes pour les grosses centrales au fil de l'eau avec des hauteurs de chute faibles, de 6 à 15 m, et des débits volumiques importants. Elles sont adaptées aux fluctuations de débit.

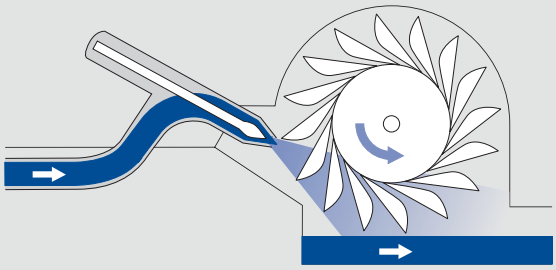
Turbines Pelton
La turbine Pelton, une turbine à jet libre, est utilisée pour des hauteurs de chute importantes de 100 à 1 000 m et/ou des débits faibles.

Turbines Banki
Les turbines Banki sont utilisées pour des hauteurs de chute et des débits faibles. Elles développent généralement une puissance faible.

Classes de puissance

De manière générale, la puissance d'une centrale hydroélectrique dépend du débit d'eau et de la hauteur de chute de l'installation, ainsi que de l'efficacité de la turbine, de l'engrenage, de l'alternateur et du transformateur. On opère la distinction entre les grandes centrales hydroélectriques et les petites en fonction de la classe de puissance.

Petit hydraulique
Le petit hydraulique désigne l'exploitation de l'énergie hydraulique par des petites centrales hydroélectriques décentralisées dont l'impact sur la nature est généralement réduit. La plupart de ces installations sont situées sur des petits cours d'eau et ne disposent pas de lacs de retenue mais de bassins de tailles et de types variables.



Turbine Pelton : l'eau s'écoule ici à grande vitesse, par un ou plusieurs injecteurs, directement sur les augets de la roue.
Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.

Il n'y a cependant pas de consensus international sur la définition d'une petite centrale hydroélectrique. La classification désormais habituelle pour les petites centrales hydroélectriques est la suivante :

- micro : d'1 kW à 100 kW
- mini : de 100 kW à 1 000 kW
- petite : de 1 000 kW à 10 000 kW.

En Allemagne, on désigne comme petite centrale hydroélectrique les installations dont la puissance n'excède pas 1 MW. En Chine, la notion de petit hydraulique se réfère à des puissances allant jusqu'à 25 MW, jusqu'à 15 MW en Inde et jusqu'à 1,5 MW en Suède. En Europe, une puissance globale de 10 MW s'est établie comme la limite supérieure généralement reconnue pour le petit hydraulique, selon la définition de l'European Small Hydropower Association (ESHA).

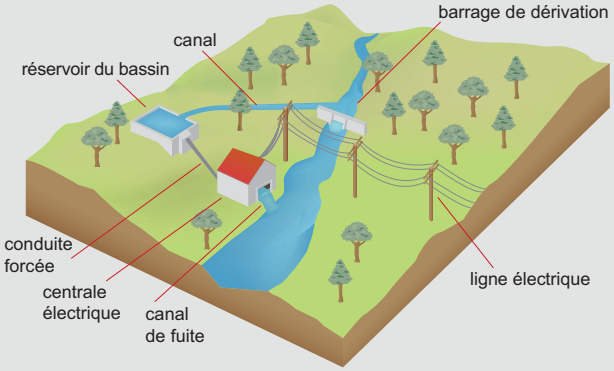
Exigences environnementales

La construction de centrales hydroélectriques est associée à des impacts sur le paysage. La planification d'une centrale hydroélectrique doit donc prendre en compte les dispositions des lois relatives à la protection de l'eau, de la nature et des paysages. La continuité écologique pour les poissons et autres espèces aquatiques est assurée par des dispositifs sophistiqués pour la montaison et la dévalaison des poissons.

Les petites centrales hydroélectriques sont considérées comme ayant un impact moindre sur l'environnement que les grosses centrales. Outre la construction d'installations nouvelles, on procède avant tout au remplacement, à la modernisation et à la remise en service d'installations existantes.

Compétence du secteur d'activité allemand

Les entreprises allemandes développent, installent et exploitent des centrales hydroélectriques depuis plus de 100 ans. Sur l'ensemble des aménagements hydroélectriques



Voici comment se présente une petite centrale hydroélectrique typique. L'énergie est produite par le dénivelé entre le bassin de prise d'eau et la salle des machines où se trouve le turbo-alternateur. De nombreuses autres dispositions du système sont possibles. Source : Sunbeam GmbH.

dans le monde, la moitié environ repose sur la technologie et le savoir-faire allemands, de l'ingénierie de projet à l'exploitation et la maintenance, en passant par la livraison de composants et d'installations clés en main. Cette longue expérience forme le socle de l'excellence des produits et services allemands, quelle que soit la plage de puissance, de quelques kilowatts à plusieurs mégawatts.

Les entreprises allemandes permettent une exploitation performante et efficace des centrales hydroélectriques dans le monde entier avec des coûts de cycle de vie avantageux, en particulier grâce à des charges de maintenance réduites. Les entreprises allemandes sont impliquées dans de nombreux projets hydroélectriques internationaux, comme par exemple les grands projets hydroélectriques de l'est de la Turquie.

Une grande partie du perfectionnement des technologies hydroélectriques est le fait d'entreprises allemandes. Elles travaillent actuellement, entre autres, à des concepts innovants de turbines et à des solutions techniques pour les centrales hydroélectriques avec des hauteurs de chute de moins de dix mètres. Elles jouent, de plus, un rôle important dans la recherche et le développement des turbines et centrales utilisant l'énergie des mers, par exemple dans le cadre de la construction de la première centrale houlomotrice raccordée en permanence au réseau électrique public en Écosse et dans le premier site houlomoteur exploité commercialement depuis 2011 en Espagne.

Les bureaux de planification allemands ont une grande expérience de la conception et de la construction de passes à poissons adaptées aux sites et travaillent sur la base des progrès actuels de la recherche et de la technologie.

Exploitation économique

Les centrales hydroélectriques ont un rendement élevé. Elles peuvent convertir jusqu'à 90 pour cent de l'énergie hydraulique utilisable en électricité. Grâce aux faibles coûts de production de l'électricité, l'énergie hydraulique est très concurrentielle par rapport aux autres technologies renouvelables mais aussi conventionnelles. Le prix de revient de l'électricité des grands projets hydroélectriques peut atteindre 0,02 USD/kWh selon le lieu, et le prix de revient moyen est annoncé à 0,05 USD/kWh. En raison de la maturité de cette technologie, les potentiels de réduction supplémentaire des coûts sont réduits.

La grande sécurité d'exploitation et d'approvisionnement ainsi que les économies à long terme en termes de combustible qu'elle permet en font une option économiquement

Le coin des avis

« Les petites centrales hydroélectriques sont parfaitement adaptées à l'approvisionnement électrique bon marché dans les régions reculées et contribuent ainsi fortement à leur développement économique. La simplicité des turbines hydrauliques originales OSSBERGER® permet, même aux non-spécialistes, de contrôler l'installation et de réaliser les travaux de maintenance annuels. Grâce aux systèmes modernes de commande à distance, aucune surveillance sur place n'est nécessaire. »
Holger Franke, ingénieur diplômé (HES) et directeur commercial, Ossberger GmbH + Co

« Grâce à la mécanique simple et robuste de la turbine DIVE, nous pouvons construire et exploiter de petites centrales hydroélectriques extrêmement efficaces et ne nécessitant que peu d'entretien. Les interfaces simples et claires de la turbine DIVE avec les composants limitrophes de la centrale électrique sont d'une grande aide dans ce contexte. Le générateur et l'équipement électriques sont entièrement assemblés et testés en Allemagne avant d'être livrés. »
Christian Winkler, ingénieur industriel dipl., Directeur marketing et produits, DIVE Turbinen GmbH & Co. KG

Le coin des avis

« Les politiques publiques doivent faire la promotion des sources d'énergie renouvelable d'une manière qui permette à l'énergie hydraulique de maximiser sa contribution à la fiabilité de l'approvisionnement. »

Dr Roland Münch, président du Directoire, Voith Hydro

avantageuse pour assurer l'approvisionnement de base en électricité. Comme les centrales hydroélectriques, en fonction de leur type, stockent de l'énergie et peuvent, le cas échéant, fournir rapidement de l'électricité, elles apportent une contribution essentielle à la stabilité du réseau. Les centrales hydroélectriques réduisent notre dépendance et les risques liés aux importations d'énergie et forment une base pour le développement économique des régions sans approvisionnement énergétique généralisé.

Aspects liés à l'emplacement

Pour obtenir des rendements maximaux, les centrales hydroélectriques doivent s'adapter techniquement à l'environnement naturel de leur site d'implantation. La rentabilité d'une centrale se calcule à partir de ses coûts d'investissement, de ses coûts d'exploitation et des profits qu'elle dégage. Les coûts d'exploitation recouvrent les impôts, un éventuel bail, les assurances et les frais de maintenance. L'automatisation de la supervision et de la maintenance réduit les coûts d'exploitation et augmente donc la productivité de la centrale.

Afin que celle-ci puisse être amortie, malgré des coûts d'investissement élevés, il importe d'étudier précisément l'emplacement de la centrale pour déterminer les caractéristiques du cours d'eau sur lequel elle doit être construite. L'implantation de centrales hydroélectriques est particulièrement intéressante aux endroits qui offrent un débit d'eau stable et généralement utilisable ainsi qu'un bon raccordement au réseau électrique existant. Les centrales doivent souvent être arrêtées en cas de crue ou d'étiage. Elles doivent être précisément adaptées au cours d'eau pour obtenir des performances optimales.

On utilise souvent les anciens emplacements de petites centrales pour y développer l'exploitation de l'énergie hydraulique. Pour cela, on remplace généralement l'instrumentation ainsi que les turbines. Il est ainsi possible d'augmenter nettement la rentabilité de la centrale existante.

Dans des régions n'ayant encore que des réseaux d'électricité faiblement développés, une centrale hydroélectrique au centre d'un système isolé est en mesure de favoriser l'essor économique de toute une région.

Mesures incitatives

Pour que le développement des centrales hydroélectriques se poursuive, il est absolument capital de pouvoir bénéficier d'un soutien en matière de politique environnementale. Les centrales hydroélectriques font l'objet d'aides en fonction du pays et de la taille de la centrale. En Allemagne par exemple, l'aide à l'électricité issue de l'énergie hydraulique est réglementée par les tarifs de rachat prévus dans la loi sur les énergies renouvelables (EEG).

Ailleurs, les aménagements hydroélectriques sont soutenus dans le cadre d'appels d'offres publics : ainsi, le plan péruvien d'électrification des régions rurales (PNER) sur la période 2011-2021 prévoit en particulier l'aménagement de petites centrales hydroélectriques.

Outre les aides directes par le biais des tarifs de rachat, le commerce régional des droits d'émission fournit une incitation supplémentaire à l'investissement dans les technologies renouvelables à faibles rejets de CO_2.

Perspectives

L'énergie hydraulique continuera de jouer un rôle important dans la fourniture mondiale d'électricité. Des potentiels significatifs dans la construction de capacités hydroélectriques existent encore dans de nombreux pays.

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, avec prise en compte des critères écologiques, permettent de réaliser également de plus grands projets, tout en respectant l'environnement.

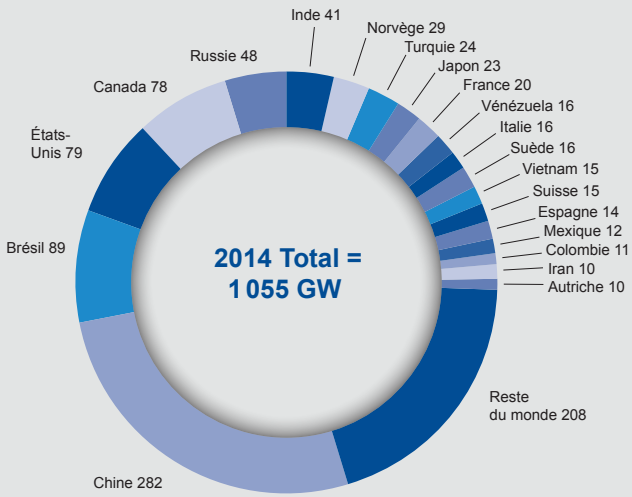
La tendance du développement mondial va dans le sens de projets transfrontaliers de production d'électricité par l'énergie hydraulique. Des pays gèrent ensemble leurs ressources énergétiques, à l'exemple du Central America's

Electrical Interconnection System (SIEPAC) ou des Power Pools africains. Des nouvelles et très longues lignes de transmission permettent désormais à des zones éloignées d'utiliser aussi l'électricité issue de l'énergie hydraulique. La plus longue ligne de transmission au monde est ainsi en cours de construction au bord du Rio Madeira au Brésil.

Un programme d'échanges entre l'Allemagne et la Norvège est également prévu, dans le cadre duquel un câble sous-marin conduirait l'électricité d'un pays à l'autre. La Norvège couvre environ 98 pour cent de ses besoins domestiques en électricité grâce à l'énergie hydraulique mais elle peut de surcroît utiliser sa richesse hydraulique pour compenser les fluctuations des énergies éolienne et solaire dans d'autres pays.

Le petit hydraulique est également de plus en plus utilisé pour l'électrification de régions isolées, notamment en l'intégrant dans des systèmes hybrides en connexion avec d'autres technologies utilisant les énergies renouvelables.

L'essor du développement croissant des capacités hydroélectriques est également favorisé par la recherche et les progrès des technologies employées. D'autres améliorations régulières dans la conception des centrales, le choix des matériaux ou dans la construction de lacs de retenue ou de passes à poissons y contribuent également.



Capacité totale d'énergie hydraulique installée (GW) par pays en 2014. Les chiffres n'incluent pas l'accumulation par pompage. Source : 2015 Key Trends in Hydropower.

Il y a également une intensification de la recherche dans les technologies et concepts d'exploitation des marées (voir ici aussi l'encadré « Exploitation de l'énergie des marées et de la mer »). D'après les estimations de l'IHA, il y aurait actuellement une capacité installée d'environ 516 MW en centrales marémotrices et utilisant l'énergie de la mer. La somme des projets en cours s'élève à au moins 3 GW dans le monde.

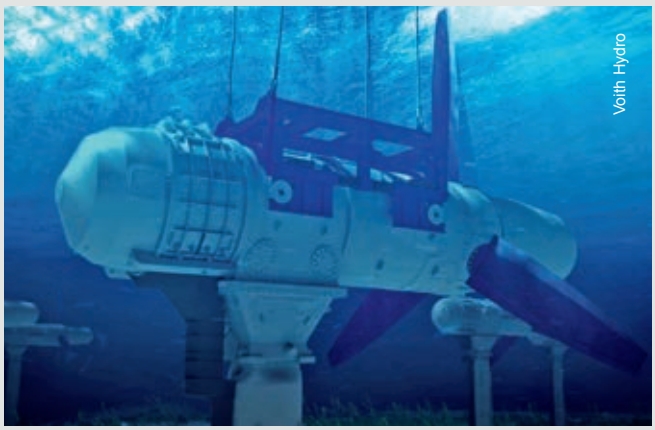
Exploitation de l'énergie des marées et de la mer

La production d'électricité au moyen des courants naturels des océans en est encore à ses débuts, mais elle pourrait à l'avenir apporter une contribution significative à la fourniture d'électricité dans le monde.

L'avantage est que le courant produit peut être utilisé pour la charge de base car les marées sont facilement prévisibles.

Dans des pays comme le Canada, les États-Unis, la Russie, l'Australie ou le Royaume Uni, qui sont bordés par des océans avec des courants puissants et/ou de fortes marées, l'exploitation de l'énergie des marées et de la mer pour la production d'électricité régénérative possède un fort potentiel. Les quelque 3 GW de projets en cours aujourd'hui dans le monde ne représentent que le début de l'évolution prévisible du marché.

Tandis que les centrales marémotrices sont déjà largement parvenues à leur maturité technique, d'autres technologies, comme les centrales houlomotrices, parviennent juste au stade de la commercialisation. Au-delà de la poursuite de la réduction des coûts, les défis à relever sont le raccordement des installations au réseau électrique, les fortes contraintes mécaniques, la corrosion ainsi que la maintenance des installations.



Impression d'artiste de la turbine Voith HyTide 1000-13 de 1 MW pendant l'installation.

Installation Vertical Terra Invader 350 de Herrenknecht à Kirchstockach.

Géothermie

La géothermie, c'est l'énergie calorifique stockée sous la surface de la terre. Cette chaleur stockée sous terre est disponible 24 h/24, ne dépend pas du climat et est fiable en toute saison et par conséquent couvre les besoins de base. Les technologies développées offrent des méthodes d'exploitation flexibles dans les domaines du chauffage, du refroidissement et de la production d'électricité :

- **Géothermie de surface :** mise à disposition de chaleur, de froid ou d'eau chaude, par ex. dans des maisons unifamiliales ou des logements collectifs
- **Géothermie profonde :** production d'électricité dans des centrales électriques et/ou exploitation de la chaleur dans des centrales thermiques en combinaison avec de vastes réseaux de chaleur.

Le potentiel de la géothermie peut être utilisé pratiquement partout. Dans des pays comme l'Allemagne, l'Italie, l'Indonésie, les Philippines, le Mexique, les États-Unis et l'Islande, l'utilisation de la géothermie pour produire de la chaleur et de l'électricité fait déjà partie d'un concept énergétique depuis de nombreuses années. En 2012, 223 TWh d'énergie renouvelable ont été produits dans le monde entier à partir de la géothermie, dont 2/3 pour la production de chaleur et 1/3 pour la production d'électricité.

Le secteur allemand de la géothermie couvre l'éventail complet des technologies géothermiques : de la géothermie profonde hydrothermale et pétrothermale permettant la production de chaleur, de froid et d'électricité jusqu'à la géothermie de surface utilisant la chaleur des couches terrestres supérieures ou de la nappe phréatique.

Technologies et applications

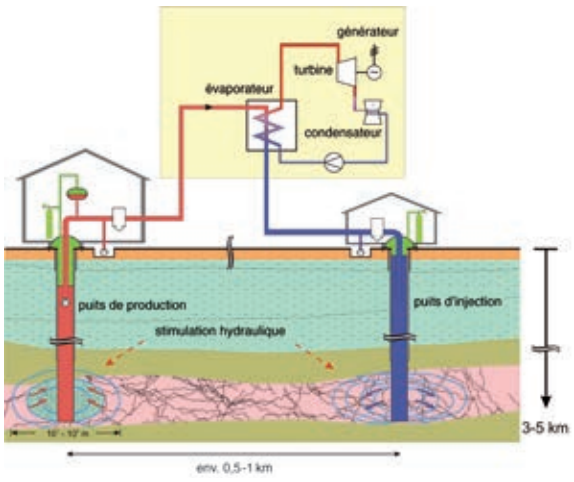
Plus on descend dans les profondeurs de la terre, plus il y a de chaleur. En Allemagne, la température augmente en moyenne de trois degrés (Kelvin) par 100 m. On appelle gradient géothermique l'augmentation de température constatée par tranche de profondeur de forage. Il s'exprime en mK par m. Ce gradient est dû au flux de chaleur remontant des profondeurs vers la surface de la terre. La température des premiers mètres sous la surface du sol est aussi influencée par le rayonnement solaire et les précipitations.

En fonction de la profondeur de forage, on distingue la géothermie profonde (> 400 m) et la géothermie de surface (< 400 m).

Géothermie profonde

Grâce à la géothermie profonde, on peut à la fois produire de l'électricité en centrale et de la chaleur dans des réseaux de chaleur plus vastes pour la production industrielle ou l'approvisionnement en chaleur des bâtiments. Par rapport aux autres énergies renouvelables, la géothermie profonde présente l'avantage de ne pas être soumise aux variations saisonnières ou journalières, et est donc à disposition en permanence. Les centrales géothermiques permettent la production de quantités d'électricité renouvelable avec des capacités de production permanentes, indépendamment des saisons, des conditions météorologiques ou climatiques.

La géothermie profonde implique la viabilité des réservoirs de chaleur avec des hautes températures. Elle est particulièrement appréciée dans des régions à haute enthalpie. Parmi elles figurent des pays à relief volcanique tels que l'Islande, l'Indonésie, la Nouvelle-Zélande ou la région d'Afrique de l'Ouest. À quelques mètres de profondeur déjà, on peut trouver des températures de l'ordre de 100 °C. Même dans les régions à faible enthalpie, la chaleur terrestre peut s'exploiter avec des forages en profondeur. En fonction



Principe de la géothermie pétrothermale selon le procédé Organic Rankine Cycle (ORC). Source : Deutsches GeoForschungsZentrum – GFZ.

de la disponibilité des eaux souterraines, de la perméabilité à l'eau et du concept du système, on distingue la géothermie hydrothermale et la géothermie pétrothermale ainsi que les sondes géothermiques profondes.

Géothermie hydrothermale

La géothermie hydrothermale exploite directement les couches très profondes contenant de l'eau chaude pour produire de l'énergie. Selon le débit de refoulement et la température de l'eau thermale, la géothermie hydrothermale est utilisable pour la production de chaleur et/ou d'électricité ; pour cette dernière, la température de l'eau doit se situer au-dessus de 100 °C. La vapeur d'eau pousse une turbine à vapeur et peut servir de surcroît à d'autres consommateurs de chaleur comme les ménages ou les entreprises industrielles. L'eau thermale refroidie est ensuite redirigée vers le sous-sol par un deuxième forage, dit forage de réinjection. La couche rocheuse imprégnée d'eau doit permettre la propagation verticale et latérale la plus large possible afin de garantir une utilisation à long terme.

Géothermie pétrothermale

La géothermie pétrothermale exploite les roches chaudes en profondeur, lesquelles ne contiennent en général aucune eau thermale en circulation. Les couches rocheuses sèches et chaudes, se trouvant à une profondeur de trois à six kilomètres et à des températures dépassant les 150 °C, peuvent servir de réservoir. L'exploitation se fait au moyen de deux ou plusieurs forages. Un procédé de stimulation hydraulique et chimique (Enhanced Geothermal Systems – EGS) permet de fracturer et de fissurer la roche. Au moyen d'un forage d'injection, l'eau est injectée à haute pression dans la roche, où elle se réchauffe avant de remonter par le forage de production. L'eau chaude chauffe l'eau ou le fluide du circuit de l'installation en surface afin de produire de la vapeur pour une turbine. De plus, la chaleur peut être destinée à l'alimentation du réseau de chauffage urbain via un échangeur de chaleur.

Sondes géothermiques profondes

Les sondes géothermiques profondes désignent un système fermé de production d'énergie géothermique, constitué d'un forage unique à des profondeurs allant de 400 à plusieurs milliers de mètres. L'énergie extraite est utilisée directement comme chaleur : pour le chauffage de serres à basse température ou encore pour les besoins calorifiques des processus industriels et artisanaux à haute température. Des sondes dites à double tube sont introduites dans le trou de forage. L'eau circule en circuit fermé par ces sondes. La chaleur de l'eau chauffée dans les profondeurs est extraite à la surface et celle-ci est émise dans un circuit de pompe à chaleur.

Géothermie de surface

La géothermie de surface utilise des forages jusqu'à env. 400 m de profondeur et des températures allant jusqu'à 25 °C pour chauffer et refroidir les bâtiments, les installations techniques ou les infrastructures ainsi que pour produire de l'eau chaude. Il est possible de l'utiliser dans de nombreuses régions à travers le monde et elle convient particulièrement pour les habitats individuels et collectifs, les immeubles, les établissements publics, les administrations, les hôpitaux, les écoles ou les entreprises artisanales ainsi que pour le chauffage des espaces routiers pour la prévention du verglas et l'augmentation de la sécurité routière.

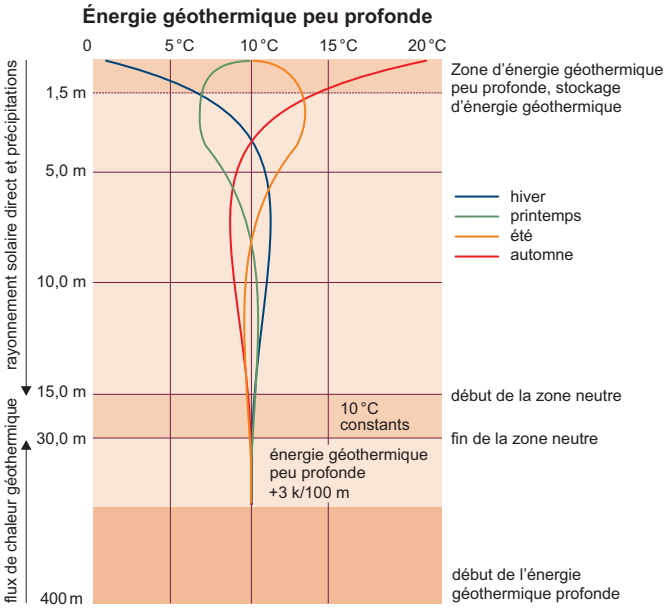
La chaleur est extraite depuis le proche sous-sol (couches géologiques supérieures et nappe phréatique). L'énergie présente dans ces couches repose sur la chaleur irradiée par le soleil et sur le flux de chaleur circulant de l'intérieur vers la surface de la terre. Jusqu'à une profondeur d'environ 20 m (40 m maximum en fonction des particularités géologiques), la température des couches terrestres supérieures est soumise aux variations saisonnières. À des profondeurs plus importantes, la température n'est plus tributaire des fluctuations des températures saisonnières de l'air extérieur. La température annuelle moyenne correspondante est différente en fonction du site de production. En Allemagne, les températures à 10 – 20 m de profondeur atteignent environ 8 – 12 °C. La température augmente en moyenne d'environ 3 °C tous les 100 m. À une profondeur de 400 m, on atteint des températures entre 20 et 25 °C. La chaleur, qui peut être extraite du sol, est de plus tributaire de la nature du sol ou de la roche.

Exploitation thermique des gisements

Pour exploiter les gisements géothermiques, on utilise généralement des sondes et collecteurs géothermiques ou des pieux énergétiques :

Sondes géothermiques

Les sondes géothermiques sont utilisées à 50 – 250 m de profondeur. Elles sont largement répandues en Europe centrale et septentrionale. Elles ne nécessitent que peu de surface et utilisent un niveau de température constant. Les sondes sont le plus souvent utilisées comme forages verticaux où sont installés les tuyaux en plastique (HDPE). À l'intérieur circule un fluide caloporteur qui absorbe la chaleur du sol environnant et la transmet à la pompe à chaleur. C'est cette technique qui permet de fournir en chaleur ou en froid des installations de différentes tailles, des petites unités d'habitation à des zones résidentielles complètes en passant par des complexes de bureaux.



Répartition naturelle de la température de surface en fonction de la profondeur. Source : www.solarpraxis.de.

Collecteurs géothermiques

Des collecteurs géothermiques sont posés à l'horizontale à une profondeur de 80 à 160 cm et sont fortement soumis, d'un point de vue thermique, aux influences atmosphériques prédominantes à la surface. Pour une maison individuelle, le besoin en surface est d'environ 200 – 250 m². Le caloporteur circulant par la boucle tubulaire transporte l'énergie extraite de la terre jusqu'à la pompe à chaleur. Les collecteurs géothermiques sont plus abordables que les sondes, mais offrent un moins bon rendement en raison de leur plus faible profondeur.

Pieux énergétiques

Il s'agit de pieux en béton atteignant de grandes profondeurs, de parois moulées ou autres éléments en béton avec tubes en plastique installés dans le sous-sol qui sont nécessaires pour l'équilibre statique. L'eau sert d'agent principal pour exploiter la chaleur géothermique. 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, les sondes, les collecteurs géothermiques ainsi que les pieux énergétiques peuvent aussi être utilisés pour un rafraîchissement en douceur.

Eau souterraine

La nappe phréatique peut également fournir de la chaleur dans certaines conditions bien précises. En Allemagne et en fonction de la région, de la profondeur et de la saison, la température de la nappe phréatique oscille entre 7 et 14 °C. Entre 20 et 30 m, elle est à une température constante qui avoisine les 10 °C. C'est ainsi que, même en cas d'hiver rude, la nappe phréatique fournit suffisamment de chaleur pour réchauffer une maison.

Pour l'exploiter, on a besoin de deux puits. Dans le puits de production, l'eau souterraine est transportée vers la surface. Là, elle cède une partie de sa chaleur à un échangeur thermique. L'eau souterraine refroidie retourne ensuite dans la terre via le puits de réinjection, où elle est à nouveau réchauffée. Des systèmes alternatifs fonctionnent avec un seul puits. L'eau souterraine est alors renvoyée dans une couche qui est située plus haut que celle d'où elle a été extraite.

Exploitation de la géothermie de surface et de l'air ambiant au moyen de pompes à chaleur

Les pompes à chaleur, associées aux pieux énergétiques, collecteurs géothermiques, sondes géothermiques ou autres éléments de construction en béton en contact avec la terre, permettent l'exploitation géothermique des couches de surface. Une pompe à chaleur a besoin d'électricité – rarement de gaz – comme énergie motrice. Le rendement des systèmes à pompe à chaleur résulte du rapport entre la température exploitable du gisement et la température de départ nécessaire du système de chauffage. Une évaluation énergétique préalable n'est donc pas inutile. Configurée de manière optimale, une pompe à chaleur peut améliorer l'atmosphère d'une pièce et réduire les coûts énergétiques pour le chauffage et la climatisation des bâtiments. Les coûts annuels peuvent en général baisser d'env. 50 pour cent par rapport au chauffage au mazout et au gaz.

Principes de fonctionnement d'une pompe à chaleur

En fonction de l'énergie motrice utilisée, on distingue les pompes à chaleur à compression des pompes à chaleur à sorption :

les pompes à chaleur à compression sont le type de pompe à chaleur le plus répandu. Elles utilisent la chaleur produite par l'évaporation d'un liquide. Dans les pompes à chaleur à compression, un réfrigérant circule en circuit, lequel, entraîné par un compresseur, prend tour à tour les états physiques liquide et gazeux. Le principe de base est comparable à un réfrigérateur : la chaleur est extraite de la terre pour permettre à un réfrigérant de s'évaporer. Cette vapeur est fortement chauffée dans un compresseur et transmet son énergie thermique au système de chauffage, se refroidissant ainsi, puis se liquéfiant à nouveau.

La pompe à chaleur à sorption utilise l'énergie motrice thermique. Elle peut fonctionner au gaz, au pétrole ou grâce aux chaleurs résiduelle et solaire et présente un haut rendement par rapport à l'énergie primaire utilisée. On distingue deux processus physico-chimiques, à savoir l'absorption et l'adsorption. En cas d'absorption, un liquide ou un gaz est absorbé par un autre liquide, alors qu'en cas d'adsorption, un liquide est retenu à la surface d'un corps solide, en fonction de la pression et de la température.

Exploitation des différentes sources d'énergie au moyen de pompes à chaleur

Pour produire de la chaleur ou du froid, les pompes à chaleur peuvent utiliser diverses sources d'énergie :

- la chaleur de la terre : pompes à chaleur saumure/eau
- la chaleur stockée dans la nappe phréatique : pompes à chaleur eau/eau
- la chaleur stockée dans l'air ambiant : pompes à chaleur air/eau.

La chaleur de la terre peut être extraite au moyen d'une pompe à chaleur saumure/eau. Il y règne toute l'année une température pratiquement constante. Le collecteur enfoui dans le sol à 1,5 m de profondeur, placé en serpentin, extrait la chaleur de la terre. L'alternative à ce collecteur est l'extraction de chaleur avec une sonde terrestre compacte. La chaleur de la terre est prélevée au moyen de sondes spéciales qui descendent jusqu'à 100 m dans le sol. La température y est d'env. 10 °C toute l'année.

La chaleur stockée dans la nappe phréatique est disponible en permanence et indépendamment de la saison et de la température extérieure. La pompe à chaleur eau/eau prélève la chaleur nécessaire dans l'eau souterraine et la transmet au système de chauffage.

Les pompes à chaleur aérothermiques utilisent l'air ambiant chauffé par le soleil comme source de chaleur. Toutefois, c'est en hiver, alors que le besoin en chaleur est important, que l'air ambiant est le plus froid, ce qui diminue le rendement de la pompe à chaleur.

Refroidir avec des pompes à chaleur

Dans le cas du refroidissement actif, le fonctionnement de la pompe à chaleur est tout simplement inversé. Le refroidissement peut être obtenu par fonctionnement inverse. Cela veut dire que le circuit réfrigérant est inversé en interne ou obtenu par inversion externe des raccords primaire et secondaire. A l'instar d'un frigo, du froid est alors produit activement par la pompe à chaleur. On parle dans ce cas de « active cooling ».

Viessmann Werke

Une pompe à chaleur saumure/eau convient idéalement pour chauffer des maisons unifamiliales et réchauffer l'eau sanitaire. La pompe à chaleur illustrée ici offre un approvisionnement en chaleur confortable toute l'année en mode monovalent avec sa fourchette de puissance allant de 5,8 à 17,2 kW.

Le refroidissement passif, quant à lui, consiste à prélever la chaleur du circuit de chauffage au moyen d'un liquide caloporteur (saumure ou eau souterraine) via un échangeur thermique et à l'évacuer vers l'extérieur. L'air ambiant du bâtiment est ainsi refroidi. Cette fonction est également appelée « natural cooling » étant donné qu'elle utilise la température ambiante naturelle pour le refroidissement. A l'exception de la régulation et du circulateur, la pompe à chaleur est arrêtée pendant ce temps.

Compétence du secteur d'activité allemand

Le secteur allemand de la géothermie couvre l'éventail complet des technologies géothermiques : de la géothermie de surface à la géothermie profonde hydrothermale et pétrothermale permettant la production de chaleur, de froid et d'électricité.

Les technologies développées par les ingénieurs allemands dans la géothermie à basse température disposent d'un fort potentiel. C'est plus spécifiquement leur savoir-faire technique dans le domaine des installations et procédés techniques qui vaut aux spécialistes allemands un tel intérêt depuis l'étranger.

Outre le développement et la fabrication des technologies, le secteur englobe toute la chaîne de valeurs ajoutées. Il s'agit aussi bien d'études de faisabilité et de rentabilité que de l'élaboration de concepts réalisables. Les entreprises allemandes sont actives dans le développement de projets, la planification et la direction des travaux, le forage, la construction des installations dans la centrale et enfin dans

sa mise en service. Avec des fabricants leaders dans le secteur des composants comme les sondes géothermiques et les pompes à chaleur, l'industrie de sous-traitance allemande est bien représentée.

Orientés vers la pratique, la recherche et le développement en Allemagne ont pour but de minimiser le risque d'exploration lors d'un projet et d'assurer dans la durée la productivité du gisement qui sera exploité plus tard, afin de garantir le fonctionnement efficace et durable des centrales électriques.

La première installation géothermique allemande a été mise en service à Waren an der Müritz en 1984 et alimente encore toujours aujourd'hui – trois décennies plus tard – 1 800 ménages en chaleur. Depuis le début du 21e siècle, des projets d'électricité sont également développés en Allemagne à partir de la géothermie. De nombreux exemples de réussite qui, jusqu'à présent, produisent du courant avec quelque 248 MW de chaleur et 31,31 MW de puissance électrique, soulignent le rôle précurseur actuel endossé par l'Allemagne dans le développement des projets de géothermie hydrothermale. D'ici 2030, on s'attend à une forte augmentation de l'utilisation de l'énergie géothermique hydrothermale en Allemagne.

Exploitation économique

Géothermie profonde

La rentabilité des projets de géothermie profonde est tributaire des spécificités géologiques du site. Les températures et les débits possibles d'eau thermale revêtent une importance déterminante, de même que la profondeur de forage nécessaire à l'exploitation. Pour les projets concernant la production de chaleur, le réseau de distribution de chaleur est également un facteur essentiel. En cas de grande couverture, l'approvisionnement géothermique en réseau représente une alternative très avantageuse à un système relié à l'habitation.

Au rang des facteurs d'influence de la rentabilité d'une centrale de géothermie profonde figurent le risque d'exploration, le risque de gisement, le risque d'interface et le risque d'exploitation.

Le risque d'exploration désigne le fait de ne découvrir, après la réalisation d'un ou plusieurs forages, que de l'eau thermale en quantité ou en température insuffisantes. Le risque de gisement correspond au fait que le trou de réinjection n'affiche pas suffisamment de capacité d'absorption pour l'eau thermale refroidie. Ces risques peuvent être minimisés technologiquement par des explorations préalables et le choix judicieux du site de forage.

Au cours de la phase d'élaboration d'un projet de géothermie profonde, les interfaces entre les différentes parties au projet exercent une grande influence sur la faisabilité et la rentabilité. Les eaux thermales utilisées pour extraire l'énergie ont en général une forte teneur en sel et ont une action extrêmement corrosive pendant la phase d'exploitation. Le circuit primaire de l'installation doit donc être conçu en conséquence et surveillé en permanence.

Le risque d'exploitation lié au fonctionnement de l'installation peut être minimisé par une planification et une surveillance soignées. En Allemagne, une centrale de géothermie profonde est en général considérée comme une installation nécessitant une surveillance au sens du décret sur la sécurité d'exploitation (BetrSichV). Elle prescrit une analyse des risques approfondie lors de la planification et avant la mise en service ainsi que des contrôles récurrents à un stade ultérieur de l'exploitation de l'installation. Les mécanismes enclins à la corrosion pendant l'exploitation du site sont toutefois connus et maîtrisables par le choix de matériaux appropriés.

Compte tenu des ressources géothermiques existantes et de la technologie aboutie, la géothermie profonde constitue une forme appréciable – parce que couvrant les besoins de base – de production d'énergie durable, qui sera de plus en plus intéressante pour les investisseurs du monde entier. Les risques énumérés pourront être maîtrisés grâce à une approche systématique, un accompagnement du projet technique et professionnel assurant la sécurité supplémentaire de l'investissement.

Mesures incitatives

La géothermie profonde se trouve de plus en plus au cœur des débats politiques concernant le futur approvisionnement en énergie. Des conditions-cadre clairement règlementées et stables d'un point de vue politique sont un facteur de succès essentiel pour le raccordement de centrales géothermiques au réseau électrique dans le domaine de l'approvisionnement en électricité. Pour les projets visant la production d'électricité, la rémunération joue un rôle majeur, comme en Allemagne par la loi sur les énergies renouvelables (EEG). En plus de la production et de la commercialisation lucrative d'électricité, la vente de chaleur contribue également à la rentabilité d'un projet.

Le risque d'exploration, c'est-à-dire le fait de ne découvrir, après la réalisation des forages, que de l'eau thermale en quantité ou en température insuffisantes, est réduit grâce à des

modèles de financement et des solutions de garantie sur le long terme, ou encore à des cautions d'État. En Allemagne par exemple, le risque d'exploration est réduit par le « programme de crédit risque d'exploration » mis en place par le Ministère de l'environnement et par des assurances d'exploration spéciales.

Au-delà de l'Allemagne, il existe déjà depuis plusieurs années en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud des programmes d'aide au développement étatiques qui permettent la réalisation de projets géothermiques.

Géothermie de surface

Dans la géothermie de surface, les températures de départ du système de chauffage et la qualité de l'installation sont des facteurs décisifs pour que le bilan global soit pertinent sur le plan économique. Une planification complète par une entreprise spécialisée qualifiée doit donc précéder la construction de chaque installation de chauffage géothermique. En Europe centrale et en Europe du Nord, on enregistre depuis 2006 une nette augmentation de l'utilisation des pompes à chaleur dans les nouvelles constructions et dans les bâtiments existants.

Les pompes à chaleur air/eau sont certes moins coûteuses à l'installation, mais affichent un rendement inférieur de 20 à 30 pour cent par rapport aux pompes à chaleur géothermiques en raison de leur plus grande dépendance au climat. L'association avec d'autres technologies liées aux énergies renouvelables, par ex. l'énergie photovoltaïque, représente un facteur de rentabilité supplémentaire. Ainsi, l'utilisation d'une pompe à chaleur permet d'augmenter considérablement la part de consommation propre de l'installation photovoltaïque, tout en assurant de façon durable un approvisionnement en électricité par la pompe à chaleur à des coûts stables.

Mesures incitatives

Le gouvernement allemand prévoit qu'en 2020, 14 pour cent de la chaleur proviendra d'énergies renouvelables en Allemagne. Pour atteindre cet objectif, l'Allemagne promouvra et soutiendra notamment l'utilisation de la géothermie de surface. Cela signifie que les propriétaires de nouvelles constructions disposant d'une surface utile de plus de 50 m² seront tenus de couvrir partiellement leurs besoins en énergie de chauffage (et de refroidissement) à partir de sources renouvelables. En ce qui concerne l'utilisation de la chaleur géothermique ou ambiante, au moins 50 pour cent de l'ensemble des besoins calorifiques totaux doivent être couverts. Afin d'être éligibles pour la loi sur la chaleur issue des énergies renouvelables (EEWärmeG), les pompes à chaleur doivent remplir des conditions particulières en termes de rendement et de qualité.

Par ailleurs, les pompes à chaleur sont encouragées par l'État au travers d'un programme de stimulation du marché. La condition de cette incitation, c'est que la pompe à chaleur soit installée pour couvrir les besoins en chaleur du chauffage et de l'eau sanitaire dans des habitations existantes où il y a déjà un système de chauffage. Pour être éligibles pour cette incitation, les pompes à chaleur doivent arborer certaines valeurs de puissance ainsi que les certifications correspondantes.

En outre, la banque publique allemande de développement KfW soutient l'installation de pompes à chaleur dans les bâtiments neufs et existants avec des prêts à taux réduit. Les programmes de KfW ne peuvent cependant pas être combinés avec le programme de stimulation du marché.

Perspectives

Le potentiel du marché international de la géothermie comme méthode pour produire une énergie durable et exempte de CO_2 est important. Selon Bloomberg New Energy Finance, la capacité de production d'électricité d'origine géothermique devrait plus que doubler d'ici 2030. À la différence des marchés comparativement « mûrs » que sont les énergies solaire et éolienne, dans le cas de la géothermie, on a affaire à une branche de l'économie qui en est encore en phase de développement dans de nombreuses régions.

Dans le segment de la géothermie profonde, la réduction du risque d'exploration au minimum ainsi que l'assurance d'une productivité durable des gisements représentent les objectifs majeurs, ce qui permettra de faire baisser les risques d'investissement et d'atteindre une meilleure pénétration du marché à l'avenir. Les évolutions en matière de prospections sismiques ont déjà porté leurs fruits.

La géothermie de surface a déjà largement fait ses preuves en Europe centrale et en Europe du Nord. Dans cette région, les recherches portent sur les nouvelles technologies sources, de nouveaux procédés de forage ainsi que l'utilisation d'accumulateurs de chaleur et de froid saisonniers. Une installation de référence pour l'accumulation d'énergie saisonnière géothermique se trouve dans le bâtiment du Bundestag allemand à Berlin.

La production d'électricité géothermique possède un potentiel considérable, notamment le long de la ceinture de feu du Pacifique ainsi que sur les îles de la dorsale médio-atlantique. De grandes perspectives de développement pour l'électrification de régions rurales en résultent, en particulier sur le continent africain. Outre dans les points chauds, tels que l'archipel d'Hawaï, il est possible de trouver des sites de production très lucratifs pour la production de chaleur et d'électricité en Asie du Sud-Est, en Nouvelle- Zélande, en Amérique du Sud le long de la cordillère des Andes et dans certaines parties du Proche-Orient.

Projet d'installation hydrothermale – que faut-il faire?

En raison du potentiel naturel présent en Europe, on prélève de plus en plus d'eau des profondeurs aquifères pour la réintroduire, après en avoir extrait la chaleur, dans la terre à une certaine distance du lieu de forage via un trou de réinjection (doublet). Lors de la conceptualisation de ce type d'installation hydrothermale, une planification à long terme soignée est indispensable. Les étapes de travail essentielles sont résumées ci-dessous :

I. Étude préalable

1. Objectif
2. Clarification des conditions-cadre géoscientifiques/ des exigences du droit minier
3. Clarification de l'utilisation énergétique (approvisionnement en chaleur, en option avec production d'électricité à partir de la chaleur résiduelle), clarification des spécificités du site (puits de chaleur et le cas échéant, réseaux de distribution de chaleur présents). Clarification des conditions-cadre économiques (par ex. prix de la chaleur, etc.)
4. Élaboration d'un concept technique grossier (variantes d'exploitation, forages nécessaires, centrales thermiques ou électriques)
5. Évaluation des coûts

II. Exploration (Phase 1)

1. Option : sollicitation d'un bureau de planification
2. Demande d'autorisation minière (droits de prospection)
3. Exploration géophysique (sismique 2D, etc.), le cas échéant
4. Identification des zones réservoirs entrant en ligne de compte pour l'exploitation (modélisation géologique)

III. Étude de faisabilité (Étape 1)

1. Concept détaillé relatif aux points 1 à 4 de l'étude préalable et détermination des variantes planifiées
2. Détermination des coûts d'investissement prévus (forages, installations souterraines, construction de la centrale thermique ou électrique)
3. Planification préalable des forages
4. Début de la promotion publique/participation citoyenne

IV. Exploration (Phase 2)

5. Exploration géophysique étendue (sismique 3D, etc.), le cas échéant
6. Modélisation géologique définitive et modélisation de réservoir provisoire
   Détermination d'un site pour le projet (procédure de droit urbanistique, etc.) en présence du public
7. Planification détaillée du/des forage(s) et du terrain

V. Étude de faisabilité (Étape 2)

5. Calculs de rentabilité (coûts d'exploration et d'exploitation, dépenses et rentrées)
6. Analyse des risques (risques d'exploration, de gisement, d'interface et d'exploitation)
7. Bilan écologique, évaluation des effets sur l'environnement
8. Planification du déroulement du projet

VI. Exploration (Phase 3)

8. Externalisation du premier forage, élaboration d'un plan d'exploitation
9. Option : planification et externalisation des mesures de monitoring (sondage de la nappe phréatique, sondage des séismes, etc.), mise en place des systèmes de monitoring
10. Exécution du premier forage, y compris des tests
11. Mesures de stimulation le cas échéant
12. Décision d'exploration

VII. Exploitation du gisement

1. Externalisation du deuxième forage, élaboration d'un plan d'exploitation
2. Exécution du deuxième forage, y compris des tests
3. Mesures de stimulation le cas échéant
4. Exécution du test de circulation comme donnée définitive pour la conception de l'installation ainsi que pour la détermination du forage de production et de réinjection
5. Construction de la centrale géothermique ou de la centrale de cogénération (parallèlement aux étapes précédentes éventuellement), le cas échéant aussi installation de production de courant
6. Demande d'une autorisation (droit à la matière première trouvée) auprès des autorités minières
7. Demande d'un plan d'exploitation d'extraction
8. Production

SMA Solar Technology AG

Le site de Morbach, en Allemagne, est une destination touristique pour de nombreux visiteurs du monde entier. Outre des installations photovoltaïques d'une puissance de 1,1 MWp (rendement annuel pronostiqué : env. 1 million de kWh), 14 éoliennes de catégorie 2 mégawatts, une installation de méthanisation et une usine de production de pellets de bois y sont installées.

Énergie photovoltaïque

L'énergie solaire représente un potentiel considérable qui peut être exploité grâce à différentes technologies. L'énergie photovoltaïque (PV) en est un exemple. En raison de la disponibilité mondiale de l'énergie solaire, le photovoltaïque est une solution intéressante pour la production d'électricité, aussi bien raccordée au réseau que hors réseau.

Ces dernières années, le développement des installations photovoltaïques a connu un essor spectaculaire dans le monde entier. En dehors de l'Allemagne, les marchés comptant les capacités installées les plus élevées se trouvent par exemple en Chine, aux États-Unis, en Italie et au Japon.

Les technologies photovoltaïques en provenance d'Allemagne sont employées dans le monde entier. Les fournisseurs allemands de photovoltaïque sont avant tout connus pour leur longue expérience et leur exigence élevée en matière de qualité.

Les prix des modules photovoltaïques ont récemment enregistré une baisse de prix importante. Ceci a entraîné une diminution sensible du prix de revient de l'électricité photovoltaïque. Les prix devraient continuer de baisser au cours des prochaines années grâce à des économies d'échelle supplémentaires.

Technologies et applications

Principes de fonctionnement d'une cellule solaire

Les cellules photovoltaïques sont composées d'un ou plusieurs matériaux semi-conducteurs et permettent de convertir directement l'énergie solaire en énergie électrique. Pour provoquer cet effet, appelé effet photoélectrique, le matériau semi-conducteur doit être « dopé ». Du fait de l'apport d'éléments chimiques, on obtient deux couches, une couche conductrice p avec un excédent de porteurs de charge positifs et une couche conductrice n avec un excédent de porteurs de charge négatifs. Ce déséquilibre entraîne la formation d'un champ électrique interne à la jonction qui provoque une séparation de charge en cas d'exposition à la lumière. Les porteurs de charge ainsi libérés peuvent être évacués par des contacts métalliques et utilisés directement comme courant continu (CC) par un appareil électrique ou être injectés dans le réseau sous forme de courant alternatif (CA) via un onduleur intercalé. Les cellules photovoltaïques sont la plupart du temps reliées en modules pour atteindre des capacités plus élevées.

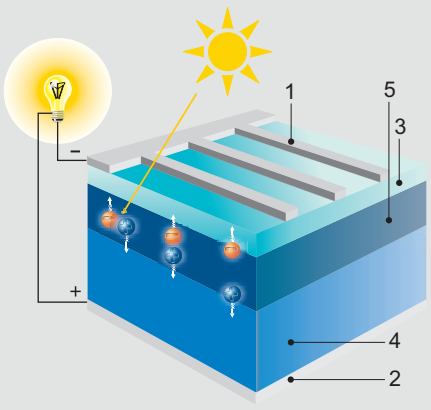
Types de technologie

On utilise actuellement avant tout du silicium pour la fabrication des cellules photovoltaïques car c'est le second élément le plus courant sur terre et son obtention est donc peu chère. En plus du silicium, d'autres éléments, comme le cuivre, le gallium ou le cadmium, sont utilisés en photovoltaïque. On distingue généralement les technologies à couches épaisses et à couches minces, qui sont expliquées plus en détail ci-dessous :

Technologies à couches épaisses

Avec un rendement atteignant environ 20 pour cent, les cellules en silicium monocristallin ont le meilleur rendement parmi les technologies photovoltaïques. Lors de la fabrication, on coule des barres de silicium de haute pureté (lingots) au moyen du procédé de Czochralski, puis on les coupe en fines tranches (wafer ou galette) qui sont ensuite transformées en cellules photovoltaïques.

Le rendement des cellules en silicium polycristallin peut actuellement atteindre environ 16 pour cent. À la différence



Représentation graphique d'une cellule solaire : **1)** électrode négative **2)** électrode positive **3)** silicium dopé n **4)** silicium dopé p **5)** couche protectrice. Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.

Royal Cargo, Manille.

Combinaison photovoltaïque/éolien à Hambourg.

du silicium monocristallin, le silicium est ici coulé en blocs. En durcissant, des structures cristallines de tailles différentes se forment, à la limite desquelles des défauts apparaissent. Ceux-ci diminuent le rendement. En 2013, les cellules de silicium classiques occupaient une part d'environ 90 pour cent de la production mondiale.

Exemples de technologies à couches minces

L'abréviation CdTe se réfère à la combinaison de tellure et de cadmium qui, une fois rassemblés, forment le tellurure de cadmium (CdTe). Ce matériau est moins cher que le silicium, mais également moins performant. Comme il contient du cadmium qui est un métal lourd, la reprise du module après désinstallation est habituellement assurée. Le rendement maximal de la cellule actuellement atteint est de 20 pour cent. D'après les fabricants, les modules CdTe excèdent les performances des cellules solaires cristallines dans des conditions de lumière faibles ou à hautes températures.

Avec un rendement relativement faible de généralement 5 à 10 pour cent, le silicium amorphe a les moins bons résultats par rapport aux deux technologies de silicium cristallin. Les cellules à couches minces à base de silicium amorphe présentent toutefois un meilleur comportement dans des conditions de lumière diffuse et une fabrication à moindre coût due à la faible quantité de matériau utilisé. La fabrication se fait par dépôt d'une couche de silicium d'une épaisseur inférieure à 1 µm sur du verre ou un autre substrat.

CIGS est une autre technologie à couches minces. L'abréviation CIGS se réfère aux éléments C – cuivre, I – indium, G – gallium et S – sélénium. Actuellement, les rendements atteignent 13 à 15 pour cent. Cette technologie possède un potentiel de développement élevé. En effet, son rendement maximal atteint actuellement 14,6 pour cent (pour la surface totale du module) en production commerciale et ses coûts de production relativement faibles font que le prix du courant solaire produit se rapproche toujours plus de celui de la production d'électricité à partir d'énergies fossiles. D'une part, le module CIGS offre l'avantage d'une charge statique faible grâce à ses cellules légères. D'autre part, il est capable d'absorber le rayonnement solaire direct et indirect, ce qui le rend également adapté à une utilisation en hiver et sur des toits plats.

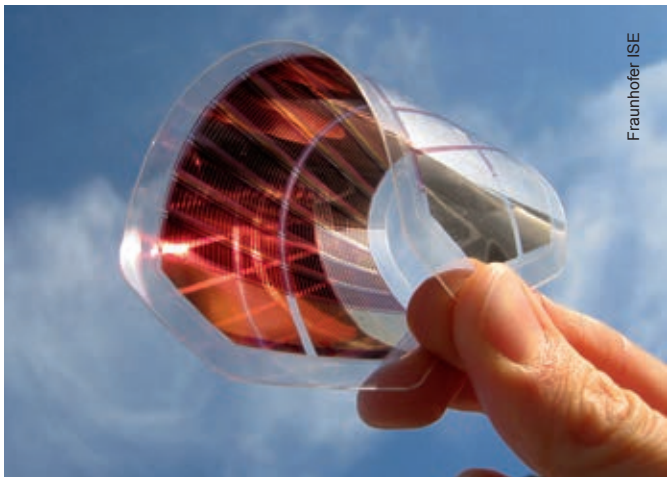
Autres types de cellules solaires

Les cellules photovoltaïques organiques (PVO) sont composées d'hydrocarbures qui peuvent être déposés sur un substrat comme pour le silicium amorphe. L'avantage de ces cellules photovoltaïques est que, contrairement aux

Le coin des avis

« Avec notre système de mesure, nous calculons l'ensoleillement sur des sites envisagés pour un parc photovoltaïque, ainsi que les facteurs environnementaux comme la pollution et la contamination, qui ont des répercussions sur la performance des modules photovoltaïques. Les données des mesures permettent de calculer le rendement énergétique escompté sur le site ou de surveiller la rentabilité du parc solaire. Dans les pays avec un climat sec, le taux de pollution des modules photovoltaïques est primordial pour optimiser les performances et doit être pris en compte dans le plan de maintenance. »

Vincent Camier, directeur général,
Ammonit Measurement GmbH



Grâce à de nouveaux matériaux, aux processus de production et aux nouvelles technologies d'installation, le photovoltaïque organique (PVO) devrait devenir plus efficace et moins cher.

Léon, Nicaragua : les modules PV sur le toit de cette maison solaire en autarcie fournissent du courant permettant notamment d'alimenter un système de pompe solaire. Les capteurs thermiques solaires réchauffent l'eau sanitaire.

cellules photovoltaïques anorganiques, la puissance ne diminue pas lorsque le rayonnement diminue et que les températures augmentent. Le rendement des cellules PVO est toutefois inférieur à celui des cellules photovoltaïques conventionnelles/classiques (couches épaisses ou minces).

Le photovoltaïque à concentration (CPV) utilise des systèmes de miroirs et de lentilles afin de concentrer une intensité de lumière élevée sur une cellule photovoltaïque. Ces systèmes permettent actuellement d'atteindre des rendements allant jusqu'à 43,6 pour cent. Toutefois, le coût de ces systèmes dépasse souvent celui des installations photovoltaïques classiques car ils nécessitent des systèmes de poursuite. Les matériaux utilisés dans le cadre du CPV sont similaires à ceux des cellules CIGS.

Domaines d'utilisation

Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés aussi bien raccordés au réseau qu'en mode hors réseau ou peuvent alimenter des communes entières par le biais de systèmes autonomes.

Installations photovoltaïques raccordées au réseau

Les installations raccordées au réseau sont composées de plusieurs modules PV, d'un onduleur, qui convertit le courant produit en courant alternatif conforme au réseau, d'un dispositif de protection et d'un compteur. Les installations photovoltaïques raccordées au réseau sont évolutives à volonté et englobent une large gamme de puissances, de la petite installation de 1 kWc aux installations en plein champ de plusieurs centaines de MWc.

Installations hors réseau

Les installations hors réseau se prêtent parfaitement à la production de courant dans des zones isolées, dans lesquelles la sécurité d'approvisionnement est faible. C'est aussi un des avantages de l'évolutivité du générateur photovoltaïque : de quelques watts pour alimenter des appareils électroménagers, jusqu'à plusieurs centaines de kWc, voire de MWc, pour l'électrification de mini-grids, ou mini-réseaux.

Mini-grids

Dans le cas de ces mini-réseaux, un réseau séparé est alimenté par généralement plusieurs installations photovoltaïques qui approvisionnent ainsi plusieurs maisons voire des communes entières en électricité. On utilise ici principalement des systèmes hybrides, autrement dit la combinaison d'installations photovoltaïques et d'autres installations de production d'électricité comme les alternateurs éoliens ou des groupes électrogènes diesel. Un dispositif de stockage de l'énergie est toutefois indispensable afin de garantir un approvisionnement électrique autonome et stable grâce au photovoltaïque.

Compétence du secteur d'activité allemand

Les entreprises allemandes du secteur photovoltaïque sont représentées dans le monde entier aussi bien dans le domaine de la production qu'à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Elles jouissent d'une excellente réputation grâce à leur longue expérience, à leur service-client et à leur exigence élevée en matière de qualité. La quote-part des exportations du secteur photovoltaïque allemand s'élevait à environ 65 pour cent en 2014. Fin 2014, le secteur photovoltaïque allemand employait plus de 45 000 personnes à plein temps.

Le coin des avis

« L'expérience et la technologie allemandes forment une base solide pour les projets à travers le monde dans le domaine de la thermie solaire et de la production d'électricité. Elles doivent cependant être combinées à une standardisation, une simplification et une intégration des matériaux et compétences disponibles sur place et adaptées aux conditions du marché correspondant afin de pouvoir être installées correctement et de fonctionner de manière durable. Depuis plusieurs années, Aschoff Solar met en œuvre avec succès des projets dans des pays où l'énergie solaire en est encore à ses débuts et compte sur des équipes d'installation expérimentées à l'international ainsi que sur une étroite collaboration avec des clients industriels. »

Carsten Aschoff, fondateur, Aschoff Solar GmbH

« Alors que les coûts des installations photovoltaïques ont régulièrement baissé ces dernières années et que la rémunération de la mise en réseau du courant produit a diminué, le prix de l'électricité a globalement augmenté. Notre nouveau système de stockage PIKO est un investissement dans notre propre installation solaire, mais il reste financièrement lucratif, cette installation étant amortie au fil des années avec la réduction de la facture d'électricité. »

Markus Vetter, directeur marketing,
KOSTAL Solar Electric GmbH

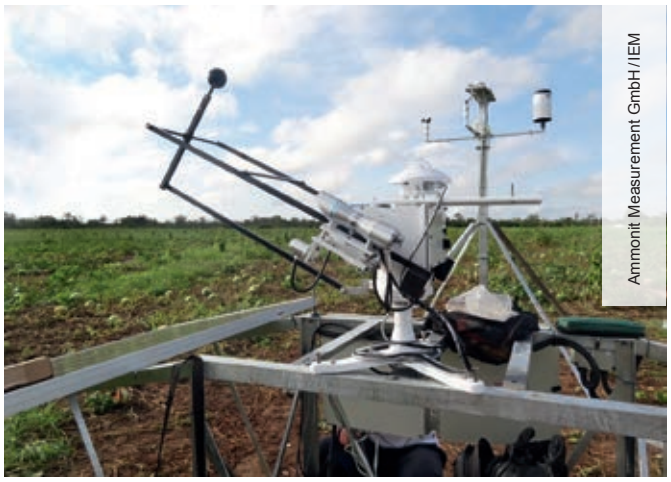
Les entreprises allemandes sont les leaders mondiaux de la recherche et du développement de nouvelles technologies photovoltaïques. En outre, les instituts de recherche allemands fixent les normes de qualité en vigueur au niveau international. Partout dans le monde, les entreprises allemandes planifient et construisent des usines de modules ultramodernes et les équipent d'installations et de machines allemandes. L'industrie allemande fournit aussi des solutions sophistiquées dans le domaine de l'intégration systémique de l'énergie photovoltaïque dans les réseaux électriques c'est-à-dire en fournissant des solutions de stockage fiables ainsi que des systèmes de gestion pour la propre consommation d'énergie efficace ou l'alimentation.

Les onduleurs à haut rendement ainsi que les technologies d'intégration et de gestion de l'énergie sont des fleurons pour l'industrie photovoltaïque allemande. Les installations de production de silicium, des tranches de silicium et des cellules répondent également aux exigences les plus élevées et sont disponibles dans le monde entier. Les fournisseurs de logiciels et de techniques de mesure, les vendeurs de modules, les intégrateurs système, les concepteurs et développeurs de projets, les installateurs et les investisseurs, les prestataires dans l'exploitation et la maintenance ainsi que les instituts de recherche allemands complètent de manière optimale la chaîne de valeur photovoltaïque.

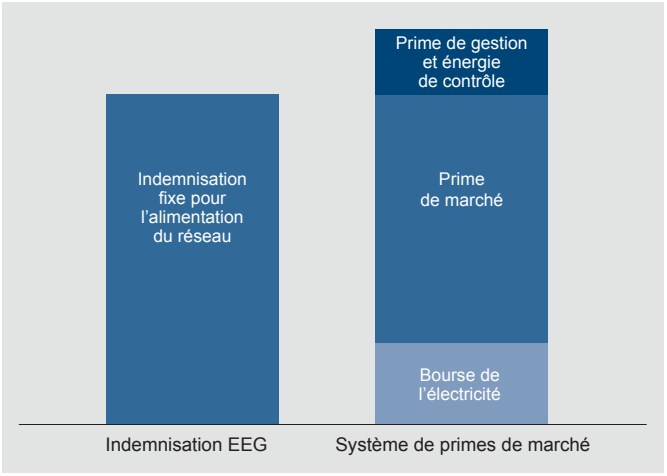
Exploitation économique

Les coûts des installations photovoltaïques ont connu une baisse significative au cours des dernières années. Il en découle que le prix de revient de l'électricité photovoltaïque a, lui aussi, diminué progressivement. En 2013, le prix de revient du courant photovoltaïque en Allemagne se situait entre 8 et 14 €ct/kWh, alors qu'il était encore entre 11 et 17 €ct/kWh en 2012. On parle dans ce contexte de parité réseau ou de parité de génération. La parité de réseau est atteinte quand le prix de revient de l'électricité se situe à un niveau égal ou plus bas par rapport au prix moyen de l'électricité. La parité de génération décrit le moment où les coûts par kilowattheure se situent à un niveau égal ou plus bas par rapport au prix de revient moyen dans le mix énergétique. Ceci signifie qu'une autoconsommation du courant photovoltaïque devient de plus en plus intéressante pour l'exploitant de l'installation en cas de prix plus élevés de l'électricité, même sans subventions supplémentaires.

Malgré cette tendance plus forte à l'autoconsommation, l'énergie photovoltaïque fait l'objet de systèmes de subvention dans de nombreux États. Les conditions-cadre pour



Station de mesure solaire pour la mesure du rayonnement direct, diffus et global et des valeurs météorologiques.



La prime de marché selon la loi EEG.
Source : www.next-kraftwerke.de/wissen/direktvermarktung/marktpraemie (situation : 10/2014).

l'énergie photovoltaïque ont fortement évolué dans le monde ces dernières années. De plus en plus de pays ont mis en place différents mécanismes de subventions afin d'offrir une incitation économique à la construction d'une installation photovoltaïque et pour garantir aux entreprises concernées une sécurité d'investissement aussi haute que possible. Quelques exemples de mécanismes de subventions pour le photovoltaïque sont présentés ci-dessous :

Systèmes de prix minimum

La rémunération de l'injection dans le réseau est un modèle apprécié dans de nombreux pays où la construction d'installations raccordées au réseau est au premier plan. Dans ce cadre, l'exploitant de l'installation reçoit une rémunération fixée sur une période définie pour l'injection dans le réseau de l'électricité produite. De nombreux pays prennent exemple sur la loi allemande sur les énergies renouvelables (EEG) lors de la conception de tels systèmes de prix minimum. Cette loi est entrée en application en 2000 et a été remaniée en dernier lieu en 2014. Elle a fortement encouragé le recours aux énergies renouvelables en Allemagne, entre autres grâce à des rémunérations fixes de l'injection d'électricité dans le réseau. Du fait de la sécurité garantie des investissements (rémunération fixe de mise en réseau sur 20 ans et garantie de rachat), la production d'électricité issue d'énergies renouvelables a pu être plus que doublée en quelques années (part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité : 2006 = 11,6 pour cent, 2014 = 27,8 pour cent) et un nouveau secteur innovant a pu voir le jour. Avec la réforme de l'EEG en 2014, l'Allemagne met davantage l'accent, non seulement sur la rémunération pure, mais aussi sur la commercialisation directe du courant d'origine renouvelable produit ainsi que sur les appels d'offres.

Système de primes de marché

Le système de primes de marché sert à l'intégration des énergies renouvelables dans le marché de l'électricité. Depuis 2012, le système de primes de marché a également été intégré dans la loi EEG allemande comme une possibilité supplémentaire afin d'attirer les fournisseurs d'énergies renouvelables vers le marché. D'après ce système, un exploitant peut commercialiser le courant directement ou via un distributeur à la bourse. La prime de marché compense les différences financières entre le prix moyen de l'électricité à la bourse sur un mois de négoce (valeur de référence) et la rémunération FIT. Suite à la nouvelle

Praia do Forte, Brésil : une pergola en bois sur la plage fournit de l'ombre aux chercheurs et visiteurs de la station de recherche « Projeto Tamar » et produit, grâce à sa surface de toiture de 80 m² efficacement exploitée par des modules solaires, un total de 8,6 kWc. Outre le vent et la pluie, l'installation défie également l'air salin de la mer.

Port de Hambourg : centrale solaire de 125 kWc installée sur un toit, réalisée en collaboration avec le fournisseur d'électricité verte Hamburg Energie.

Oak Ridge, Tennessee : un consortium d'entreprises allemand a érigé sept suiveurs asservis d'une puissance totale de 50 kWc sur le terrain de 1 200 ha de l'Oak Ridge Heritage Center. C'est ici que se rencontre l'élite scientifique du monde entier pour mener ses recherches dans les domaines de l'énergie, de la métallurgie et de la technologie de l'environnement.

version de la loi européenne sur les énergies renouvelables de 2014, la vente directe est devenue obligatoire pour les fournisseurs de nouvelles installations solaires d'une puissance installée dès 2016 déjà à partir de 100 kWc minimum. Pour le travail supplémentaire lié à la vente directe, les exploitants d'installations photovoltaïques reçoivent un supplément (prime de gestion) de 0,4 €ct/kWh par rapport à la prime du marché.

Système des quotas

Avec le système des quotas, l'exploitant de l'installation reçoit des certificats d'électricité verte pour une certaine quantité d'électricité produite (la plupart du temps par MWh) qu'il peut ensuite vendre sur le marché de l'électricité à un prix défini. L'avantage de ce système est que l'équipement photovoltaïque peut être géré de façon ciblée. Autrement dit, l'état peut gérer la quantité d'électricité subventionnée au moyen du nombre de certificats d'électricité verte distribués. Ce système est utilisé actuellement en Roumanie ou en Grande-Bretagne, par exemple.

Autres systèmes de subventions

Les autres possibilités de subventions sont les crédits à taux réduits proposés par des établissements financiers ou par l'État, ou le rachat des kWh produits (net metering), où l'électricité produite est consommée directement par l'exploitant de l'installation et seul le courant non utilisé est injecté dans le réseau. L'électricité injectée est alors déduite de la consommation du réseau de l'exploitant de l'installation.

Le coin des avis

« L'énergie n'est pas un problème qui doit être résolu, mais une source qui est disponible partout dans le monde. L'avenir appartient aux énergies renouvelables. Le photovoltaïque devient maintenant l'épine dorsale de l'approvisionnement mondial en énergie : simple, abordable, modulaire et accessible. »

Dr. Hartwig Westphalen, PDG, SunEnergy Europe GmbH

Perspectives

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

Alors qu'en Europe, les installations solaires sur toit sont prédominantes, il est à prévoir que les régions dites de la « ceinture solaire », c'est-à-dire entre 20 et 40 degrés de latitude des hémisphères Nord et Sud, construiront de grandes centrales solaires.

Dans de nombreux pays du monde, le réseau électrique est inexistant ou 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 mondial des systèmes hors réseau dans les pays en voie de développement devrait croître fortement dans les prochaines années et assurer ainsi, d'ici à 2030, l'approvisionnement en électricité hors réseau d'environ deux milliards de personnes.

Le premier système commercial hybride diesel-photovoltaïque est entré en service fin 2012 en Afrique du Sud.

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 rendement et en réduisant l'emploi de matériaux, ainsi qu'une exploitation accrue dans d'autres domaines d'utilisation. Le photovoltaïque organique (PVO), en particulier, devrait continuer de prendre une importance croissante grâce à ses nombreuses possibilités d'utilisation.

Protection des installations photovoltaïques contre les influences extérieures

Les installations photovoltaïques sont des placements intéressants et attirent donc les voleurs. Les événements météorologiques extrêmes représentent également un risque. Les propriétaires d'installations peuvent toutefois les protéger en conséquence.

Événements météorologiques

L'exploitation d'une installation photovoltaïque peut être perturbée par les conditions météorologiques. Par exemple, les orages ou la grêle peuvent endommager les modules photovoltaïques. Le secteur des assurances propose aux exploitants d'installations photovoltaïques des solutions spécialement conçues pour les dégâts éventuels. Par exemple, une assurance-responsabilité civile d'exploitant couvre le cas où un module solaire serait arraché par un orage violent et viendrait blesser un passant ou endommager des véhicules. Il existe également des assurances tous risques. Celles-ci couvrent les dégâts occasionnés par la grêle ou le vent, une mauvaise manipulation ou même de la négligence.

Vols

Les facteurs suivants doivent être pris en compte dès l'implantation de l'installation photovoltaïque afin de la protéger efficacement contre le vol.

- Le facteur « temps » joue un rôle important pour les voleurs de modules solaires. Par conséquent, les technologies de protection sont un composant crucial de la construction d'installations photovoltaïques car celles-ci imposent au voleur une « durée de travail » plus longue, l'exposant ainsi à un risque plus élevé d'être découvert.
- Il convient de prêter une attention particulière à la fixation. Les modules solaires et l'onduleur ne devraient pas être démontables au moyen d'outils disponibles dans le commerce.
- Des obstacles naturels ou des barrières mécaniques devraient empêcher autant que possible les véhicules de s'approcher de l'installation. Il devient ainsi plus difficile d'emporter l'installation photovoltaïque.
- Il est recommandé d'employer des technologies de surveillance pour l'installation photovoltaïque. Des technologies de surveillance spécialisées et coordonnées comme la surveillance vidéo et les alarmes d'effraction sont particulièrement adaptées. Ces dispositions devraient être considérées comme un complément des mesures mécaniques et organisationnelles déjà citées et ne pas s'y substituer.

Installation solaire thermique dans un complexe hôtelier en Tunisie.

Énergie solaire thermique

La production de chaleur à l'aide de l'énergie solaire est une technologie éprouvée depuis des décennies. L'énergie solaire thermique, ou héliothermique, peut être utilisée pour produire de l'eau chaude sanitaire, chauffer des pièces, refroidir ou assécher l'air ambiant, fournir de la chaleur industrielle et pour des applications de séchage, et apporte ainsi une contribution décisive à la réduction des dépenses d'énergie et aux économies de sources d'énergie fossiles lors de la production de chaleur.

Les entreprises allemandes de l'énergie solaire thermique disposent d'une longue expérience dans la production, la planification et la construction d'installations solaires thermiques et de leurs composants. Le secteur héliothermique allemand fait partie des leaders mondiaux dans ce domaine.

Installations solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire dans une maison individuelle : **1)** capteur solaire thermique **2)** chaudière **3)** ballon de stockage solaire **4)** station solaire.

Technologies et applications

Le domaine d'application de l'énergie solaire thermique va de la simple production d'eau chaude sanitaire et des installations combinées, qui sont également utilisées pour le chauffage des bâtiments, jusqu'aux installations réfrigérantes solaires thermiques et aux installations de chaleur industrielle. Les deux premiers types sont principalement utilisés dans les bâtiments d'habitation.

Dans le domaine de l'énergie solaire thermique, les secteurs des petites et des grandes installations connaissent encore un développement très différent. Alors que les petites installations sont déjà produites de façon standardisée, les grandes installations présentent encore un degré de standardisation très faible et sont, la plupart du temps, conçues et réalisées individuellement. C'est le secteur des installations solaires thermiques réfrigérantes et des systèmes de chaleur industrielle qui connaît, aujourd'hui encore, les besoins de recherche les plus importants.

Types d'installations

On distingue les types d'installations suivants :

Installations de production d'eau chaude sanitaire
Les installations de production d'eau chaude sanitaire sont généralement conçues pour chauffer l'eau intégralement pendant le semestre d'été. Durant le semestre hivernal, la production d'eau chaude est assurée en majeure partie par un générateur de chaleur (chaudière, généralement à gaz, au mazout ou à bois ou pompe à chaleur), avec l'assistance, durant les journées ensoleillées, de l'installation solaire thermique. Sur l'ensemble de l'année, l'installation héliothermique couvre ainsi environ 60 pour cent des besoins

Batman Area Management - TPAO (compagnie pétrolière turque), chauffage central, 2014.

en chaleur de la production d'eau chaude sanitaire. La surface de capteurs nécessaire dépend des conditions climatiques dans le pays.

Installations combinées

Les installations solaires combinées disposent d'une plus grande surface de capteurs solaires. Ces installations contribuent, au printemps et en automne, également au chauffage du bâtiment. Ici aussi, la surface de capteurs nécessaire dépend des conditions climatiques du pays et des besoins des consommateurs. Habituellement, la part du solaire thermique dans la couverture de l'ensemble des besoins en chaleur du bâtiment oscille entre 20 et 30 pour cent, en fonction de la qualité de l'isolation de la maison et donc selon les besoins de chauffage. Il existe toutefois aussi des maisons solaires spéciales qui couvrent plus de 50 pour cent, et jusqu'à 100 pour cent de leurs besoins en chaleur à l'aide du solaire thermique.

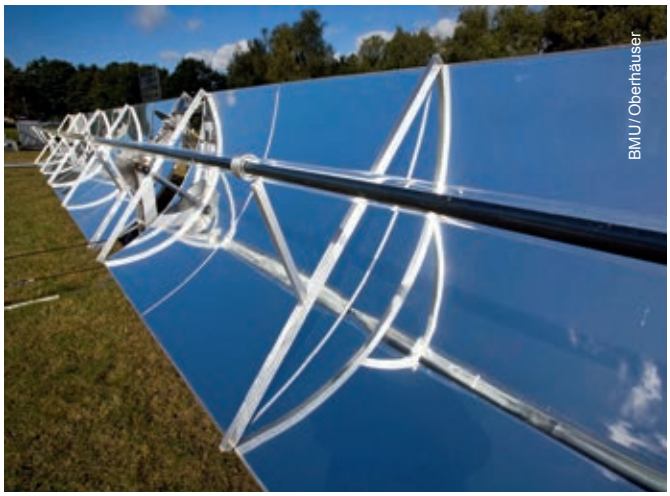
Installations réfrigérantes solaires thermiques

Les centrales solaires thermiques peuvent également être utilisées pour refroidir des bâtiments (climatisation) ou des procédés industriels (production de froid). Le processus de refroidissement est produit par évaporation et condensation. On distingue les systèmes ouverts des systèmes fermés. Les systèmes ouverts emploient des matériaux sorbants solides et liquides, les systèmes fermés comprennent les machines frigorifiques à adsorption et les machines frigorifiques à absorption. Les installations les plus utilisées sont les systèmes fermés comme les machines frigorifiques à ab/adsorption et les procédés ouverts de refroidissement et de déshumidification comme la climatisation assistée par sorption.

Le coin des avis

« Alors qu'il y a à peine 20 ans, nous devions mener un travail de persuasion pénible chez de nombreux clients et souvent répondre à des questions du type «Mais ça fonctionne ?», la majeure partie de la population comprend aujourd'hui le fonctionnement simple de la thermie solaire. La chaleur dans une voiture garée en plein soleil sur le parking du supermarché ou un tuyau d'arrosage dans un jardin qui fournit de l'eau chaude après un court moment illustrent parfaitement la puissance thermique gratuite qu'offre le soleil pendant la journée. »

A. Appel, ingénieur diplômé (HES), SOLAR-RIPP®



Dispositif de test de capteurs solaires cylindro-paraboliques pour la chaleur solaire industrielle.

Systèmes de chaleur industrielle

Les systèmes de production de chaleur industrielle solaires thermiques permettent parfois d'obtenir des rendements énergétiques nettement supérieurs à ceux des systèmes standard. Les systèmes solaires thermiques ont un potentiel énorme dans le domaine de la chaleur industrielle : environ 30 pour cent des besoins en chaleur industrielle se situent dans une plage de températures inférieure à 100 °C. L'énergie solaire thermique peut ainsi être injectée au niveau de l'alimentation (réseau d'eau chaude ou de vapeur industrielle) ou au niveau des procédés. Les capteurs de chaleur industrielle peuvent être classés en capteurs sans concentration à pertes de chaleur réduites, capteurs à faible concentration non orientables et capteurs orientables focalisants. Selon le type de capteur, l'énergie solaire peut aussi bien être utilisée pour chauffer de l'eau que de l'air, qui peuvent ensuite venir alimenter les procédés.

Types de capteur solaire thermique

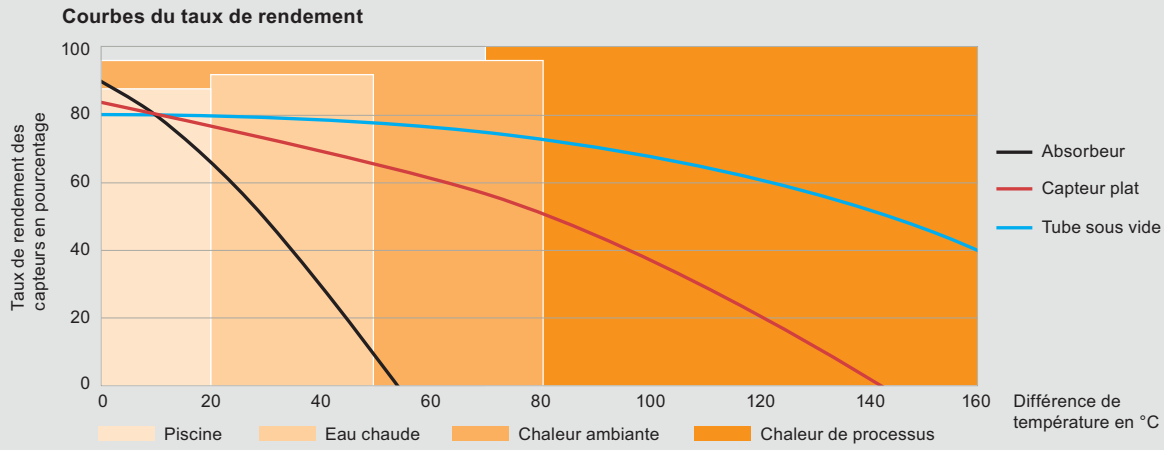
Différents types de capteurs solaires peuvent être utilisés :

Absorbeurs sans vitrage

Les absorbeurs représentent la forme la plus simple des capteurs solaires. Il s'agit de tapis noirs en plastique, typiquement utilisés pour chauffer l'eau des piscines en plein air et pour réduire ainsi les frais d'exploitation. Ils sont moins chers que des chaudières à combustibles fossiles et atteignent des températures de 30 – 40 °C.

Capteurs plans

L'absorbeur solaire en métal est intégré dans une boîte qui réduit les pertes de chaleur grâce à une isolation thermique et à une vitre. Les capteurs solaires plans fonctionnent normalement dans une plage de température de 60 – 90 °C.



Mieux les capteurs sont isolés, plus la température de la chaleur générée est élevée. Cette illustration représente les courbes du taux de rendement des divers types de capteurs pour un rayonnement de 500 W/m² et les domaines d'utilisation possibles. Source : DLR.

Capteurs solaires à air

Il s'agit ici d'un type particulier de capteurs plans. L'air est chauffé et utilisé généralement directement, sans stockage intermédiaire, pour chauffer des bâtiments. L'air chauffé peut également être utilisé pour le séchage de produits agricoles. L'emploi d'échangeurs de chaleur air/eau permet aussi de chauffer de l'eau, par exemple pour produire de l'eau chaude sanitaire.

Capteurs solaires à tubes sous vide

On obtient des températures et des rendements encore plus élevés avec des capteurs solaires à tubes sous vide où les pertes de chaleur sont limitées encore davantage grâce à la génération d'une forte dépression dans les tubes de verre. Un capteur se compose de plusieurs tubes sous vide. Chaque tube pouvant pivoter, la tôle absorbante plane qui se trouve dans le cylindre de verre peut être orientée pour la positionner à un angle optimal par rapport au soleil. C'est la raison pour laquelle les capteurs solaires à tube sous vide peuvent être utilisés presque à l'horizontale sur les toits plats. Chaque tube forme un système fermé qui transmet la chaleur à l'eau à chauffer via un circuit de chaleur antigel.

Production et stockage

L'utilisation à grande échelle de l'énergie solaire thermique suppose la construction de réseaux de chaleur collectifs et urbains et leur raccordement à des accumulateurs de chaleur de taille correspondante. Alors qu'une installation de capteurs solaires pour chauffer de l'eau sanitaire pour une maison individuelle a besoin d'un accumulateur d'une contenance d'environ 350 litres, une installation combinée nécessite un volume de stockage d'environ 70 litres par mètre carré de surface de capteur. Des volumes gigantesques de stockage sont nécessaires pour utiliser l'énergie solaire thermique dans le cadre d'un réseau de chauffage urbain afin de pouvoir alimenter des quartiers entiers en chaleur et pour que la chaleur accumulée en été soit également disponible pendant la saison froide. La chaleur peut, par exemple, être stockée dans des couches souterraines aquifères.

Compétence du secteur d'activité allemand

Le secteur du solaire thermique allemand fait partie des leaders mondiaux dans ce domaine. En Allemagne, la recherche moderne en matière d'énergie solaire se concentre entre autres sur la recherche fondamentale.

Ontario, Canada : la plus grande installation canadienne à ce jour pour le chauffage et la climatisation par l'énergie solaire à Ontario, Canada. Les tubes sous vide et les capteurs ont été fabriqués par des entreprises allemandes. En juillet 2012, le projet a été récompensé lors du salon nord-américain Intersolar de San Francisco par le très prisé Intersolar AWARD 2012 dans la catégorie « Projets solaires en Amérique du Nord ». Le « Oxford Gardens Solar Project » a été retenu par un jury d'experts pour son innovation et son excellence en matière de technologie thermique solaire, de design du système ainsi que d'efficacité.

Le coin des avis

« Comme dans tous les systèmes énergétiques, le critère d'efficacité énergétique dans la thermie solaire est la stabilité de la performance du système sur plusieurs décennies. La stabilité de l'unité de performance thermique est déterminante. Si elle est protégée de manière sûre et durable sous vide complet (absorbeur de chaleur + unité de guidage de la chaleur), une installation de thermie solaire offre un maximum d'efficacité énergétique. La technologie de tubes sous vide complet remplit ces conditions et offre une sécurité et une performance durables. La chaleur et le refroidissement thermo-solaires présentent actuellement la plus forte croissance. »

Günter Schaffron, directeur général,
s-power Entwicklungs- & Vertriebs GmbH

On y travaille à de nouveaux matériaux et à réduire les coûts de fabrication des capteurs solaires. Une plus grande automatisation et des économies importantes sur les matériaux ont déjà permis de diviser par deux les coûts de production des capteurs solaires entre 1995 et 2010.

De plus, les entreprises allemandes du secteur du solaire thermique disposent d'une grande et longue expérience dans la production, la planification et la construction d'installations solaires thermiques et de leurs composants. C'est un avantage pour les clients car les installations de chauffage solaires thermiques offrent aujourd'hui une possibilité efficace et économique de réduire les dépenses énergétiques. Les sociétés pionnières de la chaleur industrielle solaire coopèrent avec les fabricants de machines et la recherche allemande planifie la poursuite du développement des grandes installations solaires thermiques. De plus, le développement des systèmes solaires thermiques de refroidissement et de chauffage industriel ainsi que la création de nouvelles technologies de stockage sont encouragés.

Exploitation économique

Il est plus complexe de chiffrer la viabilité économique des installations solaires thermiques que celle des installations d'énergies renouvelables pour la production d'électricité. On calcule cette viabilité économique en comparant les coûts du système, son rendement et sa durée d'utilisation, aux coûts d'une production de chaleur ou de froid conventionnelle. Le rendement et la durée d'utilisation varient fortement en fonction du domaine d'utilisation et de la complexité technique de l'installation solaire thermique. L'intensité du rayonnement solaire revêt une importance décisive. Les installations visant simplement à chauffer de l'eau sanitaire et des pièces d'habitation sont plus rapidement amorties, en règle générale, dans les États où les prix des formes d'énergie conventionnelles (sources primaires d'énergies ou électricité) sont élevés que dans les États ou le niveau des prix dans ce secteur est plus bas.

Mesures incitatives

Dans de nombreux pays, une transition énergétique n'est réalisable que si les énergies renouvelables jouent aussi un rôle porteur sur le marché de la chaleur. Cet objectif peut être soutenu par différentes dispositions réglementaires et mécanismes de subventions.

En Allemagne, par exemple, la loi sur la chaleur issue des énergies renouvelables (EEWärmeG) prévoit que les besoins en énergie pour le chauffage (y compris la production d'eau chaude) et le refroidissement dans les constructions nouvelles doivent être en partie couverts par des énergies renouvelables, par exemple des installations solaires thermiques. En outre, la banque nationale d'investissement KfW accorde des prêts à taux réduits avec une subvention d'amortissement pour les installations de plus de 40 m² de surface brute de capteurs. En Allemagne, des mesures incitatives supplémentaires à l'installation d'équipements héliothermiques ont été prises avec le programme de stimulation du marché (Marktanreizprogramm – MAP). Dans le cadre du MAP, le gouvernement fédéral accorde des subventions pour les installations solaires thermiques dans les maisons individuelles, maisons à deux logements, immeubles collectifs ainsi que dans les bâtiments commerciaux et publics. Les subventions étatiques ont pour but de contribuer à l'exploitation de l'énorme potentiel de la chaleur industrielle en améliorant la viabilité économique des grandes installations solaires thermiques.

Un autre type de subvention de l'énergie solaire thermique a été adopté en Albanie en mai 2013 avec la « Loi RES ». Celle-ci exempte les systèmes solaires thermiques et leurs composants de droits de douane et d'importation ainsi que de la TVA.

Perspectives

Si l'importance de la technologie solaire thermique a longtemps été sous-estimée, on peut s'attendre à ce qu'elle

connaisse un développement important à l'avenir en raison de l'augmentation des prix de l'énergie et du développement de chauffages solaires innovants. L'utilisation de l'énergie solaire thermique devient de plus en plus intéressante pour les immeubles collectifs, les hôpitaux, les foyers résidentiels, les hôtels et le secteur industriel.

Le refroidissement assisté par énergie solaire est une technologie d'avenir, tout particulièrement dans les pays ayant un grand besoin en refroidissement, étant donné qu'il permet de réduire la consommation électrique et les coûts de climatisation dans le long terme. La chaleur captée par les capteurs solaires est l'énergie qui vient alimenter la machine frigorifique. Les frais d'installation sont actuellement encore supérieurs à ceux des systèmes de refroidissement traditionnels, en raison de la relative nouveauté de la technologie de refroidissement solaire. Ces coûts s'expliquent par la complexité de la technologie et le faible degré d'industrialisation. Les entreprises et instituts de recherche travaillent au développement de cette technologie, afin de la rendre plus compacte, plus abordable et utilisable pour des puissances plus modestes.

La combinaison du solaire thermique à d'autres technologies de chaleur gagne aussi progressivement du terrain. Grâce à un système intelligent de gestion de l'énergie, il est possible de créer des effets de synergie qui permettent de chauffer ou de refroidir des bâtiments toute l'année et ainsi de contribuer significativement à l'augmentation de la part de la production de chaleur issue des énergies renouvelables. Il existe des exemples de combinaisons de technologies entre autres avec la géothermie de surface ou avec l'utilisation de la terre comme accumulateur de chaleur ou de froid.

Collecteur sur le toit à double pente d'une habitation.

Production de chaleur pour des applications industrielles

Outre le refroidissement solaire, la production de chaleur industrielle solaire pour l'industrie et les commerces représente un grand potentiel au niveau mondial. La technologie des systèmes nécessaire pour obtenir des températures élevées est encore relativement chère ; en revanche, l'alimentation en chaleur industrielle dans une plage de températures comprise entre 20 °C et 100 °C peut être développée relativement rapidement et à un prix comparativement avantageux. Il devrait être possible à l'avenir d'atteindre des températures jusqu'à 250 °C. Parmi la centaine d'installations pilotes dans le monde, l'une, à Eichstätt, en Allemagne, approvisionne une brasserie en eau chauffée par énergie solaire thermique. Afin d'augmenter la rentabilité de la brasserie, les procédés de production ont été adaptés à l'intensité du rayonnement solaire. L'installation fonctionne grâce à des capteurs à tubes sous vide pour une surface de 900 m² et deux grands accumulateurs solaires de 60 m³ de capacité.

Brasserie Hofmühl à Eichstätt, Allemagne.

Centrale à gouttières cylindro-paraboliques 50 MW Andasol avec capteurs Eurotrough.

Centrales solaires thermiques

Dans les centrales à base d'énergie solaire thermique à haute température (Concentrated Solar Power – CSP), l'énergie solaire est exploitée à l'aide de grandes installations techniques afin de produire de l'électricité. La lumière solaire est concentrée par procédé optique, ce qui permet d'atteindre de très hautes températures pour le processus de la centrale. Cette chaleur à haute température peut également être stockée temporairement, ce qui permet de produire du courant en fonction des besoins, l'un des avantages importants 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 systématiquement installées dans des zones très ensoleillées, comme le sud de l'Europe, l'Afrique du Nord et le sud-ouest des États-Unis. Dans le cadre du développement du marché dynamique actuel, on planifie et construit beaucoup de centrales paraboliques, mais également toujours plus de centrales à tour solaire; par ailleurs, quelques installations à technologie Fresnel sont en cours d'exploitation ou en construction. À l'échelle mondiale, en 2014, quelque 80 centrales solaires thermiques étaient raccordées au réseau dans le monde. Cela correspond à une capacité totale d'env. 4 400 MW. 30 autres centrales totalisant une puissance prévue d'environ 5 300 MW sont actuellement à différents stades de construction ou de développement concret de projet.

Les entreprises allemandes sont considérées comme les acteurs de pointe en matière de recherche et de développement dans les technologies CSP.

Technologies et applications

Le principe de base commun à toutes les centrales thermiques solaires consiste à exploiter des systèmes de miroirs paraboliques à concentration dans des champs solaires qui concentrent la lumière solaire sur un récepteur. Les miroirs doivent suivre le mouvement du soleil afin de pouvoir concentrer les rayonnements directs. Ce rayonnement est tout d'abord transformé en énergie thermique dans un système d'absorption spécial (Receiver), à des températures allant d'environ 200 à plus de 1 000 °C (en fonction du système). L'énergie thermique peut ensuite être transformée en courant électrique, comme dans une centrale conventionnelle, au moyen de turbines à vapeur ou à gaz, également utilisées le cas échéant pour d'autres processus industriels, tels que le dessalement de l'eau, le refroidissement ou, dans un avenir proche, la production d'hydrogène.

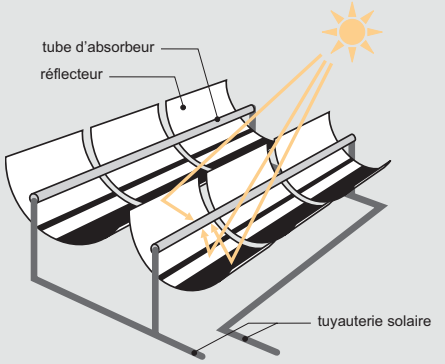
Selon ce principe, les centrales solaires thermiques se distinguent aussi par la possibilité de stocker la chaleur produite de manière simple et économique, ce qui permet de produire du courant le soir et la nuit. De cette façon, elles peuvent apporter une contribution décisive à la production de courant planifiable en fonction des besoins dans un futur mélange énergétique avec des parts importantes d'énergies renouvelables.

On opère une distinction entre systèmes de miroirs à concentration en ligne et à concentration en points ; à l'intérieur de ces systèmes, il existe en tout quatre configurations différentes :

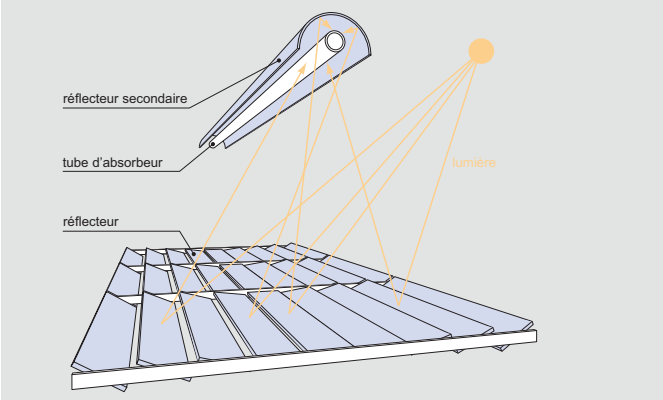
Systèmes de miroirs à concentration en ligne

Centrales cylindro-paraboliques

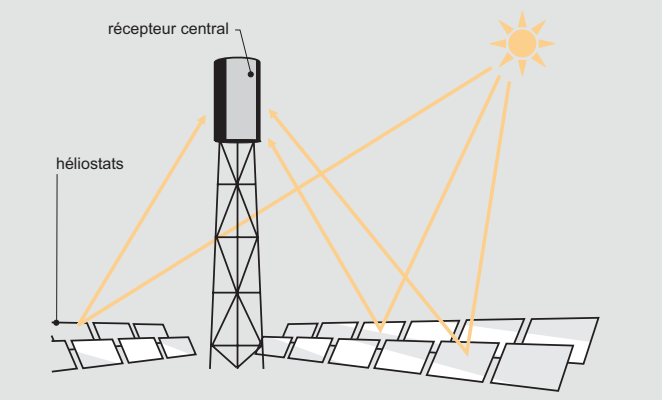
Le champ solaire d'une centrale cylindro-parabolique contient de nombreuses rangées parallèles de collecteurs qui sont constitués de miroirs courbés en forme de parabole et concentrent la lumière du soleil sur un tube absorbeur réparti sur la ligne focale. Les températures produites atteignent environ 400 °C. De l'huile thermique en circulation fait



Principe de fonctionnement d'une centrale cylindro-parabolique.
Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.



Principe de fonctionnement des collecteurs Fresnel.
Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.



Principe de fonctionnement d'une tour solaire.
Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.

office de caloporteur. Elle évacue la chaleur et produit de la vapeur d'eau à une température d'environ 390 °C dans un échangeur de chaleur qui, comme dans les centrales traditionnelles, entraîne la production de courant électrique au moyen d'une turbine à vapeur et d'un générateur. En Espagne par exemple, la plus grande partie de la production de courant par énergie solaire thermique est fournie par de nombreuses centrales cylindro-paraboliques de 50 MW de puissance chacune. La majorité d'entre elles dispose d'un réservoir de stockage leur permettant de fonctionner également sans soleil pendant sept heures.

Collecteurs Fresnel

Des miroirs longs et plats très légèrement incurvés concentrent le rayonnement solaire sur un tube absorbeur fixe. De cette façon, l'eau est directement chauffée et transformée en vapeur. Par rapport à la parabole, les coûts d'investissement sont moindres grâce au concept de base plus simple de la surface de miroir. Toutefois, le rendement annuel comparable est plus bas. Dans la province espagnole de Murcie, les deux centrales de type Fresnel en service totalisent 31 MW de puissance.

Tour solaire à Alméria (Espagne).

Systèmes de miroir à concentration en points

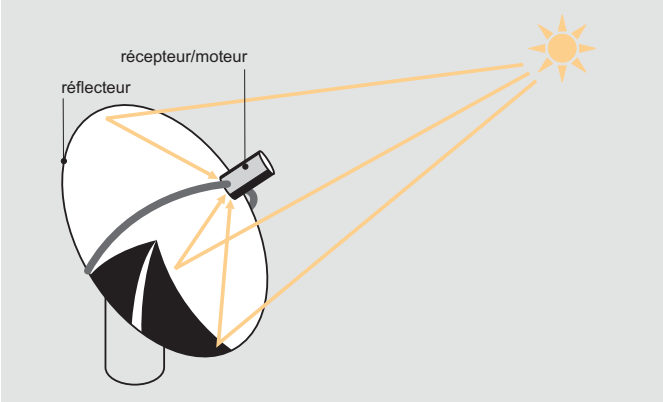
Tours solaires

Dans les centrales à tour solaire, le rayonnement solaire est concentré vers un point unique par des centaines de miroirs qui se positionnent automatiquement sur un absorbeur central au sommet de la tour. La concentration de la lumière solaire est par exemple considérablement plus forte qu'avec les capteurs cylindro-paraboliques. Elle permet d'atteindre des températures plus élevées pouvant atteindre plus de 1 000 °C. Cela permet de plus hauts rendements, notamment lors de l'utilisation de turbines à gaz, et devrait donc réduire le coût de l'électricité.

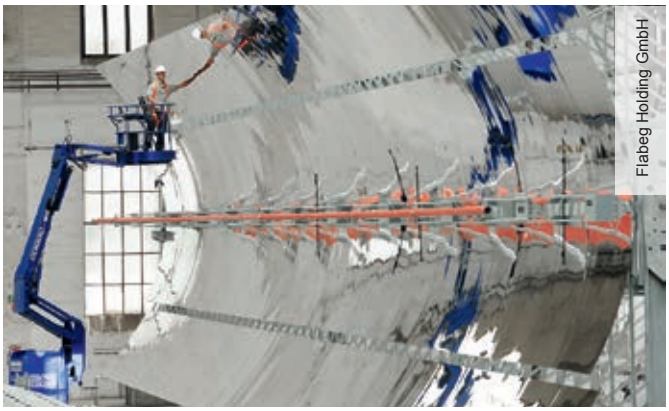
La première centrale solaire commerciale d'Europe, PS10, qui dispose d'une puissance installée de 10 MW, a été mise en service en 2007 près de Séville en Espagne et complétée en 2009 par la PS20, une centrale à tour deux fois plus puissante. À la mi-2011, Gemasolar, la centrale à tour située dans la province espagnole de Séville, a été raccordée au réseau. Avec ses 20 MW de puissance et un réservoir de stockage thermique à sels fondus dont la capacité de stockage à la puissance nominale peut atteindre 15 heures, elle permet de produire du courant à partir de l'énergie solaire 24 heures sur 24 pendant les mois d'été. En octobre 2013 aux États-Unis, une centrale à tour solaire de 420 MW a été raccordée au réseau tandis qu'une autre installation de 120 MW est sur le point d'être mise en service.

Installations Dish Stirling

Un miroir en forme de parabole (plat = angl. Dish) concentre le rayonnement solaire sur un thermorécepteur, associé à 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



Principe de fonctionnement d'une installation Dish Stirling.
Source : www.solarpraxis.de / M.Römer.



Cologne, Allemagne : ce type de capteur parabolique « Ultimate Trough » a été spécialement conçu pour les vastes champs solaires d'une surface d'ouverture de 50 000 à 2 500 000 m². Cette photo montre la prise de mesure du prototype.

cent. Il existe par exemple des installations prototypes sur la Plataforma Solar à Almeria, en Espagne. Ces installations conviennent particulièrement bien comme systèmes autonomes. Elles offrent également la possibilité de relier plusieurs installations au sein d'un « parc » et de couvrir ainsi une demande comprise entre dix kilowatts et plusieurs mégawatts.

Compétence du secteur d'activité allemand

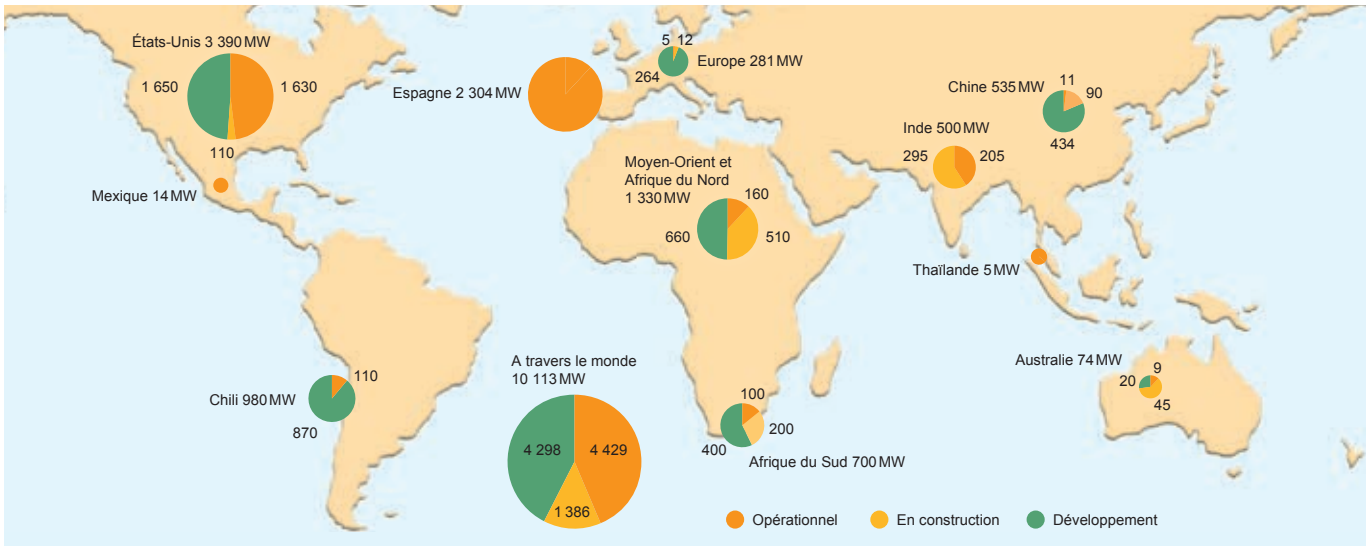
L'Allemagne est le leader mondial dans la recherche et le développement des technologies CSP. Entre 1984 et 1991, des entreprises allemandes fournissaient déjà des composants essentiels tels que les miroirs et les raccords de tubes flexibles pour les centrales cylindro-paraboliques en Californie, lesquelles sont encore toujours en service à ce jour et ont depuis produit plus de 17 000 GWh de courant. Aujourd'hui encore, les entreprises de production allemandes fournissent les principaux composants pour les champs solaires (par ex. miroirs de précision, récepteurs solaires) et les blocs centrales, ainsi que la technique de mesure et de régulation nécessaire, et détiennent dès lors des parts de marchés élevées à travers le monde. En outre, les entreprises et institutions allemandes disposent d'une réputation internationalement reconnue en matière de conseil en technologie, de certification et d'expertise.

Des entreprises d'ingénierie et instituts de recherche allemands sont également présents dans la construction et la mise en service de différents projets pionniers, endossant un rôle de leader ou de participant. Ainsi, depuis fin 2008, à Jülich en Allemagne, se trouve une centrale à tour solaire dotée d'une puissance électrique de 1,5 MW. Fruit de longues années d'expérience des instituts de recherche et des entreprises allemandes, elle sert de centrale de référence et de plateforme de recherche. L'air sert de caloporteur dans un absorbeur dit volumétrique. Il sert également de réservoir afin d'équilibrer les variations de puissance du rayonnement solaire. Les enseignements tirés de la construction et de la mise en service de cette centrale de référence sont mis à profit pour continuer à optimiser les futurs projets.

Exploitation économique

La rentabilité des centrales CSP est fortement tributaire des facteurs régionaux. Les particularités naturelles, les conditions du marché et l'accès au financement de projet influencent de manière déterminante la réussite de la technologie, car c'est dans les pays où le rayonnement solaire est particulièrement élevé que l'utilisation de centrales solaires thermiques est la plus rentable. Les centrales CSP peuvent venir seconder le développement d'autres technologies d'énergies renouvelables étant donné qu'elles peuvent fournir du courant à la demande grâce à leur capacité de stockage et par conséquent, compenser les fluctuations de production des centrales photovoltaïques ou éoliennes. Elles jouent dès lors un rôle important dans un système d'approvisionnement en énergie optimisé économiquement grâce aux grandes parts d'énergies renouvelables sûres et propres.

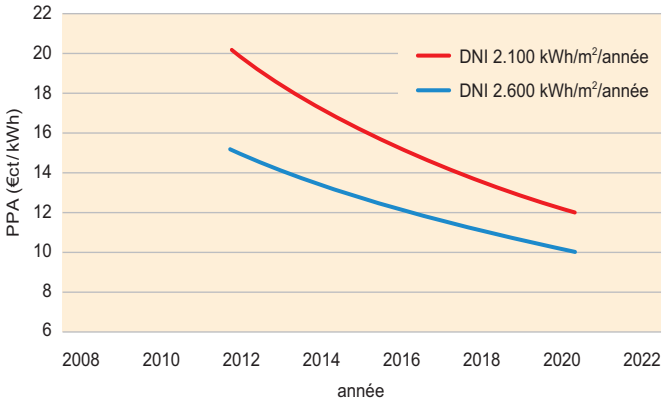
Murcie, Espagne : centrale Fresnel de 30 MW Puerto Errado 2.



Aperçu des projets de centrales solaires thermiques à travers le monde (situation : fin 2014). Source : Solarpaces 2015.

En raison des coûts élevés de production de l'électricité, de manière générale, on a aujourd'hui besoin, afin de continuer à commercialiser la technologie de centrale solaire thermique, d'un cadre réglementaire ou de mécanismes d'aide tels que la rétribution du courant injecté, les subventions ou les garanties de crédits pour les investissements de départ ou de contrats d'achat pour les projets concrets et des quotas obligatoires pour les énergies renouvelables à destination des fournisseurs d'électricité. Ainsi, la fiabilité à long terme de ce cadre réglementaire est essentielle.

Valeur requise d'un Accord d'achat d'électricité (AAE) de 25 ans pour une centrale solaire thermique de 150 MW d'une capacité de stockage de 4 heures sans aucune aide publique ni augmentation



Les coûts des centrales solaires thermiques diminuent rapidement. Dans certains pays, ils sont déjà presque compétitifs tandis qu'en Europe, ce sera le cas avant 2020. Le graphique montre la valeur requise d'un Accord d'achat d'électricité (AAE) de 25 ans pour une centrale électrique thermique solaire de 150 MW, avec 4 heures de stockage, sans aucune aide financière publique et sans augmentation. Les limites de la catégorie de prix en résultant correspondent essentiellement à l'Irradiation solaire directe (ISD) en kWh/m²/a. Source : Estela (2012) : The Essential Role of Solar Thermal Electricity.

Les données exactes sont différentes d'une région à l'autre. En Italie, un nouveau système d'aide a par exemple été introduit au début de l'année 2013, afin de fournir des incitants supplémentaires à la réalisation de projets de centrales solaires thermiques. Ainsi depuis lors, le tarif d'injection est mesuré à l'aide de la surface de collecteurs totale. De plus, les fournisseurs d'énergie ont l'obligation de produire l'électricité avec une proportion d'énergies renouvelables. Concrètement, cela signifie que la rémunération est échelonnée en fonction de la proportion d'électricité provenant de l'énergie solaire. Plus la proportion d'électricité provenant de sources d'énergie solaire est importante, plus l'aide est élevée. En Afrique du Sud également, la rétribution du courant injecté a été introduite en 2013, laquelle est nettement supérieure pendant les heures de pointe en soirée (env. facteur 3) à la moyenne. Par conséquent, l'Afrique du Sud est actuellement l'un des marchés les plus attractifs pour les centrales solaires thermiques.

Perspectives

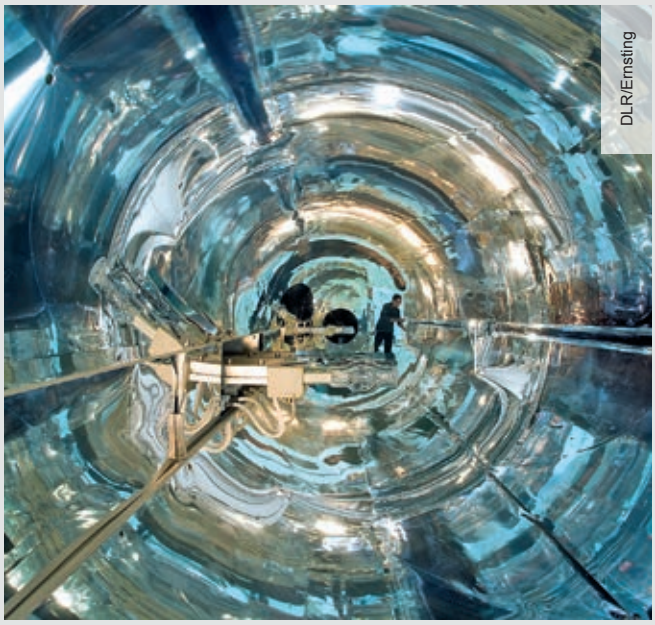
L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que la puissance installée sera plus que doublée par la construction de centrales solaires thermiques d'ici 2018 et passera de 4,4 GW actuellement à exactement 10 GW. Ce développement positif au niveau mondial de l'aménagement de centrales solaires thermiques est le résultat de l'extension de projets à de nombreux pays et s'accompagne de réductions significatives des frais de production de l'électricité dans les projets de centrale récemment lancés. Au cours des cinq à dix prochaines années, les centrales solaires thermiques

Des performances élevées pour des décennies : l'assurance de la qualité des centrales thermiques solaires

La baisse des coûts de production de l'électricité est l'un des objectifs principaux des exploitants de centrales solaires thermiques. Une qualité de produit élevée et une grande longévité permettant d'exploiter les centrales pendant plusieurs décennies sont donc de plus en plus importantes. Les méthodes de mesure assurant la qualité peuvent dès lors aider les exploitants de centrales et les fabricants dans ce sens.

Les centrales solaires thermiques se composent de plusieurs composants qui doivent être conçus et assemblés de manière précise pour atteindre des performances optimales et qui doivent ensuite garantir un fonctionnement efficace dans un climat désertique pendant des décennies. L'élément central est le champ solaire dont les miroirs doivent être formés et ajustés correctement pour concentrer de manière optimale le rayonnement solaire sur le récepteur. De petits écarts par rapport à la concentration optimale peuvent rapidement entraîner des pertes de productivité techniques et économiques sensibles.

Ces dernières années, de nouvelles méthodes et systèmes de mesure ont été développés afin de contrôler rapidement et précisément, par ex. à l'aide de procédés de mesure optiques, l'ajustement correct des miroirs lors de la phase d'installation du champ solaire. De même, le rendement actuel du récepteur (par ex. les tubes absorbeurs des centrales cylindro-paraboliques) peut être mesuré rapidement et précisément pendant la transformation du rayonnement solaire en chaleur à haute température. Le développement de ces méthodes est également important en vue d'introduire des normes industrielles dans cette technologie encore relativement jeune. Un autre secteur de recherche actuel réside dans le développement de procédés de mesure permettant de vérifier la résistance à long terme des composants des centrales solaires thermiques dans



Au centre QUARZ de l'institut DLR pour la recherche solaire de Cologne (Allemagne), on teste la capacité des récepteurs et des miroirs destinés à des centrales solaires. Le banc d'essai ElliRec, fonctionnant avec des lampes, du centre de test et de qualification (QUARZ) simule la lumière du soleil et teste la capacité des tubes absorbeurs à transformer cette lumière en chaleur.

des conditions environnementales et opérationnelles souvent contraires.

Des instituts de recherche allemands ainsi que des entreprises allemandes ont joué un rôle de leader international dans ces secteurs d'activités ces dernières années. Par exemple, le centre de qualification QUARZ sis à Cologne-Porz (Allemagne), dont la création a été soutenue avec des moyens du Ministère fédéral pour l'environnement, la protection de la nature, la construction et la sécurité des réacteurs (BMUB), propose aujourd'hui à de nombreux partenaires et clients de l'industrie et de la science un large éventail de méthodes de mesure assurant la qualité.

installées sur des sites bien exposés devraient être capables de concurrencer l'électricité de charge moyenne, en fonction de l'évolution des coûts globaux (frais d'achat et d'évitement du CO_2) des combustibles fossiles.

La péninsule Arabique semble représenter l'un des marchés futurs les plus prometteurs pour l'instant. D'ici à 2040, des centrales solaires thermiques d'une capacité totale d'environ 25 GW doivent être construites en Arabie Saoudite. À Abou Dabi, Dubaï et au Koweït également, d'autres gros projets sont envisagés.

Toutefois, l'évolution actuelle en Europe a été influencée de manière déterminante par la crise économique, ce qui a conduit, principalement en Espagne, marché important pour la branche solaire thermique, à des réductions drastiques de la rétribution du courant injecté. C'est en Espagne que se trouvait, fin 2014, la plus grande puissance installée en service au monde. Le plus important marché actif se trouve à l'heure actuelle aux États-Unis. Dans d'autres régions et pays, l'évolution est en cours et devrait, d'ici 2018, permettre de produire exactement 10 GW au niveau mondial.

WELTEC BIOPOWER GmbH

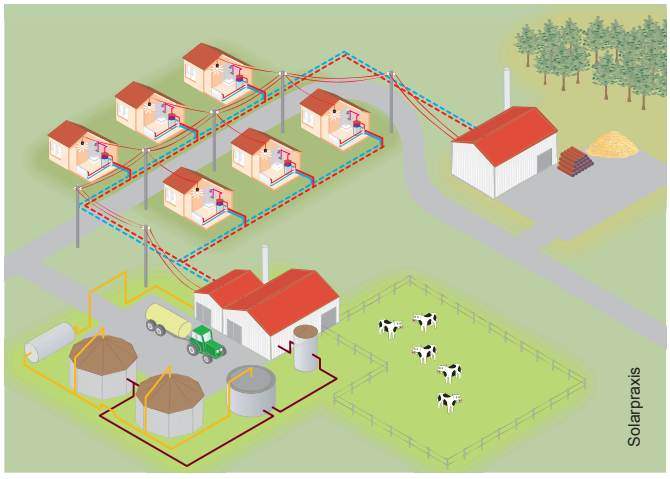
Avec une production annuelle de quelque 15 millions de mètres cubes de biométhane, le parc de biométhanisation de Könnern est l'un des plus grands au monde.

Biogaz

Le biogaz est produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène. Il est le résultat de la digestion anaérobie, un procédé communément utilisé dans le monde entier pour produire de l'énergie. Ce procédé peut être employé dans un large éventail d'applications allant des digesteurs domestiques de petite envergure aux installations commerciales de biogaz et mêle de nombreuses matières organiques.

Ce chapitre est consacré aux installations de biogaz à l'échelle commerciale. Le biogaz est généralement brûlé dans des centrales de cogénération en vue de produire de l'électricité et de la chaleur. En outre, le biogaz peut être valorisé de sorte à être utilisé dans les chaudières ou sous la forme de biocarburant.

Grâce à leurs produits et à leurs prestations de haute qualité ainsi qu'à leur longue expérience, les entreprises allemandes du secteur du biogaz se sont imposées non seulement sur le marché, mais également en matière de technologie.



Contrairement au gaz naturel, le biogaz peut être produit à proximité des consommateurs finaux. Avec la vente de biogaz, les agriculteurs peuvent également dégager une autre source de revenus à partir de produits agricoles.

Technologies et applications

La production de biogaz

Matières premières

Le biogaz peut être obtenu à partir d'un grand nombre de matières organiques, dont voici les plus fréquentes :

- déchets et résidus agricoles tels que le lisier, le fumier, les feuilles ou les fruits de mauvaise qualité
- déchets industriels ou produits organiques dérivés
- déchets et résidus domestiques ou municipaux
- cultures énergétiques.

Fermentation de la substance organique

Diverses bactéries anaérobies participent au processus de fermentation de la substance organique en l'absence d'air. Leur composition dépend des substances organiques de départ et des conditions spécifiques du procédé (comme la température et la valeur du pH). Les processus microbiologiques intervenant lors de la fermentation sont déterminants pour la productivité des usines de production de biogaz.

Les installations agricoles de biogaz peuvent se servir de lisier, de résidus agricoles ou industriels (eau de traitement, eaux usées, résidus de procédé), de déchets organiques et de cultures énergétiques en guise de substrat de fermentation. L'exploitation énergétique du lisier dans les installations de biogaz permet de réduire les émissions de méthane nocives pour le climat provenant des réservoirs de lisier ouverts. Afin d'augmenter le rendement de gaz, les matières premières renouvelables comme le maïs, l'herbe, les céréales ainsi que de nombreuses autres cultures énergétiques telles que le tournesol, le sorgho fourrager, la betterave à sucre, le sorgho doux et bien d'autres végétaux font l'objet d'une utilisation accrue. En outre, les installations industrielles traitent également les eaux usées en plus des déchets de la production alimentaire, comme les restes de repas et les résidus de graisse.

La production de biométhane à partir de résidus ou de déchets évite les conflits d'utilisation avec la production alimentaire.

Composition du biogaz produit

Le biogaz est un mélange de gaz composé pour l'essentiel des composants suivants :

- 50 à 75 pour cent de méthane
- 25 à 45 pour cent de dioxyde de carbone
- eau en faible quantité (2 à 7 pour cent
- traces de gaz comme le sulfure d'hydrogène, l'oxygène, l'azote, l'ammoniac et l'hydrogène.

En plus du biogaz, un engrais particulièrement efficace (une sorte de boue digérée, plus communément appelée digestat) est produit. Ce dernier est composé d'eau, de composants minéraux et de substances organiques décomposées. Cet engrais peut trouver une utilisation agricole pour aider à cultiver toutes sortes de végétaux tels que les fruits et légumes, les céréales et les cultures énergétiques et ainsi engranger une récolte plus abondante.

Zones d'utilisation

Production d'électricité et de chaleur

L'utilisation stationnaire du biogaz dans les centrales de cogénération pour produire de l'électricité et de la chaleur permet d'obtenir des rendements extrêmement élevés. L'électricité produite peut être injectée dans le réseau public ou servir à l'approvisionnement énergétique en autarcie de zones industrielles et commerciales ou encore de régions rurales éloignées du réseau. On peut encore valoriser la chaleur résiduelle au moyen de groupes électrogènes en aval, pour produire de l'électricité supplémentaire, ou en l'utilisant pour le chauffage, le séchage ou l'alimentation de machines frigorifiques.

Raffinage du biogaz et injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel

Le biogaz peut être traité en vue d'atteindre une qualité équivalente au gaz naturel. Grâce à un procédé de séparation sélective, les composants gazeux (principalement le dioxyde de carbone) présents dans le méthane sont éliminés, ce qui permet ainsi de modifier la qualité du gaz en question. Le produit – appelé biométhane – peut ainsi être utilisé sur place ou injecté dans le réseau de gaz naturel. À l'instar du gaz naturel, le biométhane est particulièrement polyvalent et peut donc être utilisé dans une vaste gamme d'applications. On le retrouve sous la forme de carburant, mais il peut également être acheminé jusqu'au consommateur (un avantage précieux pour la production d'électricité et de chaleur), ou encore être injecté dans le réseau de gaz (pour compenser les variations saisonnières de consommation d'énergie et d'alimentation de gaz).

L'installation mobile « 100 pour cent lisier » jusqu'à 120 kW ne nécessite que peu de place.

Pour épurer le biogaz, plusieurs technologies existent : le lavage à l'eau, le lavage aux amines (ou autres solutions organiques), l'adsorption par variation de pression, la séparation par membrane et bien d'autres procédés (comme l'épuration cryogénique).

Le réseau de gaz naturel peut jouer un rôle essentiel dans l'approvisionnement énergétique régi par la demande en servant de site de stockage à long terme pour les énergies renouvelables.

En Allemagne, on compte actuellement environ 160 centrales en activité et 15 projets supplémentaires sont prévus ou en construction. 119 stations-service permettent de faire le plein de biogaz, tandis qu'environ 170 stations supplémentaires permettent de mélanger biométhane et gaz naturel.

Utilisation dans le domaine des transports

Pour utiliser le biogaz sous la forme de carburant pour les véhicules, ce dernier doit (ou du moins, devrait) être épuré à la qualité du biométhane (du moins si le moteur est conçu pour rouler au gaz naturel et qu'il n'est pas adapté pour le biogaz). Utilisé comme carburant, le biométhane présente les avantages suivants :

- production de carburant écologique
- quantité moindre de champs agricoles nécessaires par rapport à la production de bioéthanol et de biodiesel
- dépendance aux importations de carburant réduite (sécurité des approvisionnements accrue)
- réduction des émissions par rapport aux moteurs essence et diesel.

En Allemagne, la part du biométhane dans le gaz naturel utilisé comme carburant est passée de 2 pour cent en 2010 à 20 pour cent en 2013. À l'heure actuelle, environ 100 000 véhicules circulent au gaz naturel/biogaz comprimé et

En Allemagne, plus de 80 communes ont déjà choisi le gaz naturel comme carburant écologique et économique pour leurs bus.

seraient donc susceptibles de rouler un jour au biométhane. Plus de 80 communes allemandes ont déjà choisi le gaz naturel comme carburant écologique et économique pour leurs bus. Il est possible de faire le plein de biométhane pur dans environ 170 stations-service en Allemagne.

Compétence du secteur d'activité allemand

L'Allemagne s'appuie sur plusieurs décennies d'expérience dans le domaine des usines de traitement de biogaz à l'échelle commerciale. De nos jours, on compte environ 8 000 centrales agricoles de biogaz en activité. L'Allemagne est le pays ayant accumulé le plus d'expérience dans ce secteur, et ce, à l'échelle internationale. Il est également le plus grand producteur de biogaz et accueille un nombre record d'usines qui offrent des solutions complètes pour l'exploitation du biogaz, les composants nécessaires et tout leur savoir-faire. Les entreprises allemandes offrent une technologie de pointe adaptée à chaque site (et la meilleure biomasse disponible) et une utilisation de biogaz appropriée (notamment du biogaz épuré à la qualité du gaz naturel national).

Les entreprises allemandes du secteur couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie du biogaz – depuis la planification et le financement jusqu'à la mise en service et la maintenance des usines de biogaz ainsi que l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel – et témoignent d'une longue expérience dans la biologie des procédés et les prestations de laboratoire correspondantes. Des produits éprouvés sont également disponibles dans le domaine des centrales de cogénération, des installations de stockage et des réservoirs ainsi que dans les technologies d'analyse du biogaz. Les entreprises allemandes jouent également un rôle de pionnier sur le marché en plein essor de l'alimentation en biogaz et se sont positionnées avec des technologies efficaces aux différents maillons de la chaîne de valeur du biométhane.

En 2013, la quote-part des exportations du secteur allemand du biogaz s'élevait à environ 45 pour cent Plus de la moitié de la production totale d'énergie à base de biogaz en Europe provient de la production allemande. Fin 2014, l'Allemagne comptait à elle seule environ 7 944 usines de production de biogaz pour une capacité installée totale de 3,7 GW de puissance électrique en exploitation. Celles-ci ont produit environ 27 000 GWh d'électricité et ainsi alimenté 6,8 millions de foyers. En mai 2014, 151 installations de biométhane alimentaient déjà le réseau de gaz allemand.

Exploitation économique

Les installations de biogaz offrent plusieurs sources de revenus potentielles. En règle générale, l'énergie produite (électricité, chaleur ou carburant) est vendue ou sert à couvrir la demande énergétique du producteur (et ainsi à réduire les coûts en matière d'énergie fossile). Dans la plupart des cas, les centrales de cogénération constituent les méthodes les plus rentables mais, en fonction de l'implantation, la production de carburant peut également se révéler intéressante.

De même, d'autres méthodes permettent d'atteindre une certaine viabilité économique : les usines de traitement des déchets pourraient par exemple instaurer une sorte de taxe d'entrée. Il faudrait se pencher davantage sur la possibilité d'obtenir des certificats d'émission de CO_2. La production d'engrais – substance invendable, mais présentant toutefois une certaine valeur économique – permet de réduire les odeurs et les émissions sonores (p. ex. en cas de bassin de stockage ouvert).

En plus de l'évaluation de la viabilité économique, il faut tenir compte des coûts d'investissement des installations de biogaz. En règle générale, il faut prévoir les coûts en capital (environ 30 à 60 pour cent du total annuel), les coûts opérationnels, mais également les dépenses liées à la biomasse (matière première pouvant représenter jusqu'à 40 pour cent du total annuel).

Mesures incitatives

Le développement de la production de biogaz est particulièrement important dans l'Union Européenne et découle principalement de l'objectif fixé par l'UE visant à atteindre une part de 20 pour cent d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie et de la directive 2008/98/CE relative au traitement des déchets. D'autres mesures politiques ont été prises pour accompagner le développe-

ment de la production de biogaz, à savoir : la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) (en diminuant les émissions de méthane issues du stockage de matières organiques et en remplaçant les carburants fossiles), la baisse de la dépendance à l'égard des importations de combustibles fossiles et la création d'emplois (principalement dans les zones rurales) visant à soutenir l'émergence d'un nouveau marché en stimulant les ventes et en baissant les taxes et à développer une électrification rurale.

Sur la base de ces directives politiques, de nombreux pays ont mis en place des mesures incitatives à la production d'électricité à partir de biogaz, comme par exemple des tarifs de rachat pour le courant produit à partir de biogaz, des certificats verts, des appels d'offres ou encore des subventions à l'utilisation de cultures énergétiques.

Tarifs de rachat

En Allemagne, par exemple, les conditions-cadre prévues par la loi sur les énergies renouvelables (EEG) se sont révélées être un véritable moteur de croissance pour le tout jeune secteur du biogaz. La loi EEG assure la prééminence de l'électricité provenant des énergies renouvelables dans l'approvisionnement du réseau public et garantit la rémunération de l'électricité injectée à un tarif stable sur 20 ans. Cette stabilité rassure les investisseurs et joue un rôle clé dans la réussite de ce modèle de rémunération. La loi EEG n'est en aucun cas une subvention puisque le gouvernement n'injecte pas d'argent dans ce projet. En effet, ce sont tous les consommateurs d'électricité qui financent cette rémunération.

Le coin des avis

« Avec près de 800 installations de biogaz construites, chacun de nos projets profite de notre expérience. Les standards de qualité élevés appliqués à nos projets de construction nationaux sont également valables pour nos projets internationaux. Nous avons aussi cette exigence dans notre service après-vente. Des prestations de services globales dans les domaines de la maintenance, du repowering et de l'agrandissement sont les prérequis pour un fonctionnement sûr et économique de nos installations, bien au-delà de la durée d'utilisation prévue. »

Gernot Buchta, directeur du marketing et de la gestion de produit, agriKomp GmbH

La rémunération de l'électricité produite à partir de biogaz est fonction de la taille de l'installation ainsi que de la biomasse utilisée. La réforme de l'EEG de 2014 a mis en place une réglementation spécifique pour la méthanisation des biodéchets et les petites installations de lisier agricole (plage de puissance de 75 kW). Afin de se diriger vers plus de flexibilité dans la production d'électricité, les installations pilotées à distance reçoivent un bonus par kilowatt de puissance installée. La construction annuelle de nouvelles capacités a été plafonnée. L'obligation de la commercialisation directe pour les installations nouvelles à partir d'une puissance installée de 100 kilowatts est progressivement mise en place dans le cadre d'un modèle de prime sur le marché. Ce dernier vise à inciter les producteurs à utiliser leurs systèmes en fonction des besoins du marché. Ainsi, les exploitants devront augmenter la production d'énergie verte lorsque la demande – et, par conséquent, les prix du marché – sont particulièrement élevés.

Système de quotas

Une autre solution consiste à stimuler la croissance de la production d'énergie renouvelable à partir de biogaz à l'aide d'un système de quotas (p. ex. pour l'électricité, le chauffage, les biocarburants). Ce système oblige les fournisseurs à prouver qu'une part fixée de l'électricité livrée à leurs clients finaux est issue d'énergies renouvelables. Les fournisseurs d'électricité en apportent la preuve au moyen de certificats verts qu'ils doivent acheter. En Europe, la Belgique, la Suède, la Norvège, la Pologne et la Roumanie utilisent déjà ce système pour l'électricité. Depuis début 2012, la Suède et la Norvège ont un marché commun des certificats. Il s'agit du premier de ce type pour les énergies renouvelables en Europe. Dans certains pays d'Europe, un système de quotas a également été mis en place pour réglementer les carburants des véhicules.

Perspectives

Le biogaz peut apporter une contribution importante à un approvisionnement énergétique sûr et économique dans le monde entier tout en offrant des avantages pour l'environnement. Les résidus et déchets de biomasse encore inutilisés jusqu'ici représentent certainement un grand potentiel en tant qu'intrants. Actuellement, de grandes quantités de matières premières et de résidus appropriés sont encore éliminées sans être utilisées. Les cultures dites « énergétiques » représentent également un potentiel majeur. La culture axée sur certaines plantes destinées à produire de l'énergie (telles que le maïs, l'herbe et le seigle) risque de transformer profondément le paysage agricole. Pour éviter

une telle transformation, un cadre juridique doit être mis en place pour orienter ces méthodes sur la voie du développement durable.

La possibilité de retraiter le biogaz en biométhane de qualité équivalente au gaz naturel ouvre de nouvelles perspectives pour l'exploitation du biogaz dans des installations stationnaires centralisées et décentralisées de production d'électricité et de chaleur, ainsi que dans le domaine des transports. Dans ce dernier cas, le biométhane présente un avantage considérable : son incorporation au gaz naturel dans des proportions variables est classée sans risque et n'est donc pas soumise à des limites comme pour les biocarburants traditionnels. Ainsi, le réseau de gaz naturel peut aider à compenser les variations saisonnières de l'approvisionnement en électricité produite par les parcs éoliens et les centrales solaires photovoltaïques.

Afin d'obtenir de meilleurs rendements électriques que dans une centrale de cogénération, les entreprises allemandes ont également recours à du biogaz dans des piles à combustible, ce qui permet de transformer directement l'énergie chimique du biogaz retraité en électricité. Cette technique est encore peu répandue, mais elle présente l'avantage d'être très silencieuse et d'atteindre des rendements électriques allant jusqu'à 50 pour cent.

Avantages environnementaux de la fermentation de déchets biogènes pour la production d'énergie

L'expression « Waste-to-energy » désigne le processus de transformation de déchets en énergie, le plus souvent par incinération. Cependant, la fermentation de déchets biogènes, par exemple, permet aussi de produire de l'énergie sous la forme de biogaz. Cette exploitation des déchets pour la production énergétique apporte aux acteurs du marché plusieurs avantages environnementaux :

- Des résidus sinon inutilisés peuvent être valorisés de manière utile.
- Le respect des normes environnementales (par exemple, l'interdiction des rejets en mer) peut être assuré.
- Une étape de fermentation en amont peut permettre d'intensifier l'éco-efficacité de l'exploitation des matières utilisées dans les installations de compostage existantes sous la forme d'une utilisation en cascade.
- Dans le cadre du procédé de fermentation, le bilan environnemental des différentes installations peut être amélioré de manière significative par l'emploi de solutions techniques de réduction des émissions (p. ex. émissions sonores et odeurs) – qui sont souvent déjà prévues dans les installations neuves – et par l'augmentation de la récupération d'énergie et de la production de chaleur.
- Il est possible d'améliorer encore le bénéfice environnemental en utilisant les substances des résidus de la fermentation (par exemple, comme engrais).

Impact de la production de biogaz sur l'environnement

La production de biogaz se répercute sur l'environnement de plusieurs façons. La réduction des émissions de gaz à effet de serre constitue l'une des principales motivations politiques expliquant cet attrait pour le biogaz. En cas de stockage de matières organiques (telles que du lisier, des effluents organiques issus des procédés industriels, etc.), on déplore généralement des émissions de méthane (composé chimique 25 fois plus polluant au niveau des GES que le dioxyde de carbone). Le traitement des matières organiques dans une installation de biogaz permet d'éviter de telles émissions. L'énergie ainsi produite peut remplacer l'énergie fossile et dès lors, diminuer davantage les émissions de GES ultérieures. Le résidu produit par l'installation (appelé digestat) peut ensuite être utilisé comme engrais. Par conséquent, les engrais synthétiques peuvent être remplacés, offrant ainsi un double avantage : la réduction des émissions de GES et l'augmentation des récoltes. Dans les fermes agricoles utilisant peu d'intrants, les propriétés fertilisantes du biogaz peuvent engranger des récoltes plus abondantes et offrir de nouvelles possibilités de production agricole. Dans bon nombre de cas, les possibilités de rotation des cultures offrent une plus grande biodiversité.

D'autres aspects environnementaux sont également à prendre en compte : les odeurs sont réduites ; la germination est bloquée (synonyme de moins de travail dans les champs) ; les microorganismes pathogènes sont moins nombreux. Dans certains pays, le biogaz est principalement utilisé pour permettre aux foyers d'utiliser un combustible propre (et ainsi éviter la fumée générée par la combustion du bois). Si la biomasse est traitée dans une installation de biogaz au lieu d'être répandue dans les champs (p. ex. trèfles dans les fermes organiques sans animaux), la présence de nitrate dans l'eau ainsi que les émissions de protoxyde d'azote sont réduites.

Bien entendu, il ne faut pas perdre de vue les éventuels effets négatifs du biogaz sur l'environnement. En cas de traitement des déchets, les matières organiques doivent être purifiées pour éviter la propagation de bactéries pathogènes. La teneur en métal relativement importante dans le digestat doit faire l'objet d'un contrôle. En outre, en cas d'utilisation des cultures énergétiques, le risque serait de supplanter la production de nourriture et de fourrage pour produire de l'énergie. Par ailleurs, des normes de sécurité supplémentaires (protection contre les explosions, contrôle des émissions, etc.) devraient être appliquées.

Vitoflex 300 de Viessmann est une installation de chauffage au bois très efficace qui, selon les besoins du client, peut fonctionner avec un foyer à grille mobile, à grille à gradins, à soufflage ou un foyer séparé.

Biomasse solide

L'utilisation énergétique de la biomasse solide est la méthode la plus ancienne dans le monde entier, et demeure également la plus répandue, parmi les technologies des énergies renouvelables. Dans de nombreuses régions du monde, la biomasse est la source d'énergie la plus importante pour cuisiner ou se chauffer. En 2014, la demande totale en énergie primaire provenant de la biomasse avoisinait 16 250 TWh. Sa contribution à l'approvisionnement mondial en énergie est également importante par rapport aux autres énergies renouvelables. En 2014, la part de la biomasse solide dans la production mondiale de chaleur issue d'énergies renouvelables était de 80 pour cent, contre 75 pour cent pour la production d'électricité.

Sont considérés comme étant de la biomasse solide tous les produits en pièces ou en vrac, secs ou déshydratés, obtenus à partir de plantes ou de parties de plantes. La biomasse peut être stockée sous forme de granulés de bois ou de plaquettes forestières. Elle permet ainsi une production d'électricité ou de chaleur continue et en fonction des besoins.

En Allemagne, la biomasse solide est traditionnellement utilisée pour le chauffage de pièces d'habitation et la production d'eau chaude et elle représente la part la plus importante de la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables, à hauteur de 83,7 TWh en 2014. Avec l'entrée en vigueur de la loi sur les énergies renouvelables (EEG) en 2000, la production d'électricité à partir de biomasse a également pris de l'importance en Allemagne. En 2014, environ 48,8 TWh d'électricité étaient produits à partir de biomasse, ce qui représente environ 9 pour cent de la production allemande d'électricité.

Sécheur basse température à bande Stela permettant de sécher des copeaux de bois.

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 efficace. La source d'énergie principale est le bois, sous forme de bûches, de plaquettes forestières et de granulés de bois. Pour faciliter sa combustion, on a mis au point des fourneaux et chaudières à alimentation manuelle, partiellement automatique ou entièrement automatique avec des systèmes de combustion à régulation électronique, qui contribuent à obtenir une combustion dégageant peu de polluants et avec des rendements particulièrement élevés pouvant atteindre plus de 90 pour cent.

La biomasse solide est également utilisée pour la production d'électricité dans les centrales de couplage chaleur-force (CCF). Dans ces dernières, la chaleur résiduelle dégagée lors de la production d'électricité est utilisée pour alimenter les réseaux de chauffage collectifs et urbains ou mise à disposition de procédés 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 d'immeubles.

En plus de la combustion, la biomasse solide est également adaptée à la gazéification. Selon les propriétés du combustible et la capacité de la centrale, il convient d'utiliser des gazogènes à lit fixe, à lit fluidisé et à flux entraîné. Le gaz de bois ainsi obtenu peut ensuite être utilisé pour produire de l'électricité dans des moteurs à combustion ou des turbines à gaz avec des rendements électriques élevés. Le rendement total peut encore être significativement augmenté en utilisant la chaleur résiduelle par CCF.

Compétence du secteur d'activité allemand

Grâce à un perfectionnement constant, la technologie allemande en matière d'installations dédiées à l'exploitation énergétique de la biomasse solide se distingue par sa grande fiabilité et ses solutions parfaitement adaptées aux clients. Pour cela, les entreprises allemandes proposent des technologies extrêmement efficaces et à la pointe de la technologie

mondiale dans toutes les catégories de performance. Elles proposent ainsi des chaudières modernes pour le chauffage de pièces individuelles ou la production d'eau chaude, des chambres de combustion à petite échelle pour l'alimentation en chaleur de logements individuels ou collectifs, ainsi que des chaudières à biomasse pour l'alimentation efficace en chaleur de plusieurs bâtiments et/ou procédés industriels. Les poêles-cheminées des fabricants allemands se distinguent surtout par leur technologie de combustion efficace et générant peu d'émissions. Dans le domaine des chambres de combustion à petite échelle, les atouts majeurs des fournisseurs allemands sont les techniques de commande et de régulation intelligentes et simples à utiliser, comme par exemple la mise en réseau avec des smartphones, ainsi que la conception de systèmes de chargement automatiques et pratiques. Il est ainsi possible d'atteindre des rendements relativement élevés, tout en réduisant significativement les émissions.

Les centrales de couplage chaleur-force basées sur l'utilisation de biomasse développées en Allemagne sont à la pointe de la technologie au niveau mondial. Les concepteurs et fournisseurs allemands proposent les installations les plus modernes dans la gamme de puissances à partir de dix kilowatts. Au cours des dernières années, les entreprises allemandes ont amené la technologie de gazéification du bois au stade de la commercialisation et disposent, avec un parc estimé de 500 installations en exploitation, de la plus grande expérience de cette technologie hautement efficace de production d'électricité à partir de biomasse solide.

Exploitation économique

L'exploitation énergétique du bois reste surtout répandue dans des régions de culture rurale et riches en forêts. Cela est attribuable d'une part à la forte disponibilité du bois comme ressource et souvent aussi au manque de concepts alternatifs et économiques d'approvisionnement en chaleur. La production d'électricité à partir de biomasse s'est également établie dans les grandes agglomérations en raison de la disponibilité de quantités accrues de vieux bois. Le séchage et la compression de bois sous forme de granulés ont désormais également rendu économiquement viables le transport sur de grandes distances et le stockage pendant de longues périodes de la biomasse solide. Les écarts régionaux dans les prix en Allemagne sont ainsi très faibles, voire inexistants.

Les chauffages à biomasse ont connu un intérêt croissant dans de nombreuses régions en raison de l'augmentation des prix du pétrole, du gaz et de l'électricité. L'exploitation énergétique du bois pour chauffer des pièces d'habitation et la production d'eau chaude peut être une alternative économique aux énergies fossiles.

Mesures incitatives

En Allemagne, les aides à l'investissement ou des crédits à taux avantageux ont fait leurs preuves pour inciter à l'acquisition de nouveaux chauffages à biomasse, malgré les dépenses plus élevées à l'achat pour le silo de stockage et l'alimentation en combustible ainsi que la chaudière. Définir une part minimum d'énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique pour le secteur du bâtiment est une mesure d'incitation réglementaire qui peut également se révéler efficace. En Allemagne par exemple, ce seuil minimum est fixé au niveau fédéral depuis 2009 dans la loi sur la chaleur issue des énergies renouvelables (EEWärmeG). Par ailleurs, la loi allemande sur les énergies renouvelables (EEG), qui garantit dans le long terme la rétribution de l'électricité d'origine renouvelable, a permis la croissance du marché de la production électrique décentralisée à partir de biomasse solide en Allemagne.

En ce qui concerne le marché européen des certificats d'émission de CO_2, la co-incinération de biomasse solide dans des centrales thermiques au charbon peut représenter une option intéressante économiquement afin d'éviter l'achat de quotas d'émission de CO_2. Toutefois, au prix des certificats observé à partir de 2014 à moins de 8 €/tCO_2, la co-incinération n'est, de manière générale, pas intéressante économiquement. La co-incinération de biomasse est encouragée dans certains pays européens, comme la Belgique, les Pays-Bas et le Royaume Uni, et contribue ainsi pour une part considérable à la production d'électricité renouvelable.

Avec la hausse des prix des énergies fossiles, le bois reste une alternative avantageuse dans le domaine de l'habitat privé.

Les chaudières à granulés peuvent être utilisées pour produire de la chaleur en cas de besoin dans des maisons individuelles, des logements collectifs ou dans des locaux commerciaux. Il est également possible de les associer à des capteurs solaires pour la production d'eau chaude ou un chauffage d'appoint.

Perspectives

La hausse des prix de l'énergie conduit de plus en plus de personnes, de communes et d'entreprises à envisager d'utiliser la biomasse comme source d'énergie pour l'approvisionnement énergétique et en chaleur. La croissance fulgurante du marché mondial de la biomasse permettra à de nombreuses régions d'Europe de continuer à développer à l'avenir l'exploitation énergétique de la biomasse solide. Comme les prix du bois combustible ont également augmenté par le passé et que les exigences en termes d'émissions ont été revues à la hausse dans de nombreuses régions, des technologies de combustion efficaces et générant peu d'émissions prendront une importance croissante en Europe.

En outre, le développement de l'exploitation énergétique de la biomasse solide est constamment encouragé au niveau politique en Europe car il joue un rôle important dans la réalisation des objectifs de politique énergétique européenne à l'horizon 2020. Ces mesures politiques sont accompagnées de plusieurs programmes d'encouragement européens pour l'exploration de technologies et concepts efficaces et durables d'exploitation de la biomasse.

La recherche s'intéresse en particulier à des nouveaux procédés de valorisation séparée des différents composants de la biomasse. Le procédé LignoBoost permet ainsi, par exemple, d'extraire la lignine présente dans le bois.

Exigences de durabilité dans la fourniture et l'exploitation de la biomasse

La mise en place et le respect d'exigences de durabilité prennent une importance croissante en raison de l'essor de l'exploitation énergétique de la biomasse solide. Des recommandations concernant les exigences de durabilité pour l'exploitation énergétique de la biomasse solide et gazeuse dans la production d'électricité, le chauffage et le refroidissement existent dans l'Union européenne depuis le 25 février 2010. Les recommandations et directives de la Commission européenne [directive 2009/28/CE ; COM(2010)11] comportent les aspects suivants :

- protection des écosystèmes présentant une biodiversité riche et des stocks de carbone importants
- efficacité lors de la conversion énergétique
- aspects sociaux
- réduction des émissions de gaz à effet de serre.

La protection des écosystèmes signifie, premièrement, que la biomasse ne peut provenir de surfaces présentant une biodiversité riche, qui ont été classées comme zones de protection de la nature ou qui sont des forêts primaires. Deuxièmement, en ce qui concerne la biomasse sous forme de bois, le déboisement et le prélèvement excessif de résidus forestiers et de souches d'arbres doivent être prévenus. Des systèmes de certification volontaire existent pour la vérification de la gestion durable des forêts.

Il existe des potentiels d'augmentation des rendements dans l'exploitation de la biomasse de bois pour la production d'électricité et de chaleur (efficacité lors de la conversion énergétique). C'est pourquoi la Commission européenne recommande aux États membres d'encourager particulièrement les rendements de conversion élevés, par exemple la cogénération dans la production d'électricité et de chaleur à partir de la biomasse.

Aucun critère contraignant n'a été défini jusqu'à présent concernant les aspects sociaux de l'exploitation énergétique de la biomasse. L'Union européenne publie toutefois régulièrement depuis 2012 des rapports sur les impacts sur le prix des denrées alimentaires, les droits d'usage des sols et le respect des normes internationales en matière de travail. Le cas échéant, l'Union européenne propose des mesures correctives afin de protéger les intérêts des populations locales dans les pays émergents et en voie de développement.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre prend un rôle central dans l'exploitation de la biomasse de bois pour la production d'électricité et de chaleur. Le rapport COM(2010)11 propose une méthode de calcul pour les émissions de gaz à effet de serre ainsi que des critères pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, sur la base des exigences de durabilité formulées dans la directive sur les énergies renouvelables de 2009 (directive de l'UE 2009/28/CE). L'exploitation énergétique de la biomasse doit ainsi permettre de réduire d'au moins 35 pour cent les émissions de gaz à effet de serre par rapport à une valeur de référence fossile. La réduction des émissions de gaz à effet de serre doit passer à 50 pour cent à l'horizon 2017 et même atteindre 60 pour cent pour les nouvelles installations dès 2018. Contrairement à ce qui est fait habituellement pour les sources d'énergie conventionnelles, la méthode fixée par l'UE impose une analyse complète du cycle de vie de l'exploitation énergétique de la biomasse pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre. Cela signifie que toutes les émissions de gaz à effet de serre causées par la culture, la récolte et l'obtention de la biomasse, le traitement ultérieur de la biomasse de bois pour en faire une source d'énergie (par ex. la transformation de la sciure de bois en granulés) sont prises en compte au même titre que celles occasionnées par le transport et la distribution de la biomasse de bois/source d'énergie.

Pour bien intégrer des parts élevées d'énergies renouvelables dans le système d'alimentation en énergie, il faut reconvertir différents domaines du système énergétique et accorder la production, le stockage, la distribution de l'électricité ainsi que la demande.

Technique de stockage et d'intégration au réseau

L'augmentation de la production d'énergies renouvelables permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre (CO_2) mais aussi la dépendance aux importations de ressources naturelles. Pour intégrer des parts élevées d'énergies renouvelables fluctuantes issues des installations photovoltaïques et éoliennes, il faut apporter des modifications sensibles dans toute la filière de production, de transport, de distribution, de stockage ainsi qu'à la consommation de l'électricité.

Au niveau international, les entreprises allemandes disposent d'un degré élevé d'expérience pratique et de produits innovants.

Technologies et applications

Pour une intégration optimisée des énergies renouvelables, une variété de technologies de stockage et de raccordement au réseau est utilisée. Nous vous présentons un choix des technologies majeures :

Renforcement des réseaux de transport et de distribution

Dans le domaine des réseaux de transport, on note un besoin croissant de renforcer nettement les capacités et de relier entre eux de vastes territoires en Europe. Ceci permettra d'exploiter à grande échelle le potentiel des énergies renouvelables ainsi que des capacités de stockage.

Outre les lignes aériennes classiques de courant triphasé de 380 kV, il existe également des technologies alternatives de transport pour assurer le nécessaire renforcement des réseaux. Par exemple, le transport d'énergie par courant continu haute tension (TECC) convient surtout pour le transport de puissances élevées sur de longues distances ainsi que pour le raccordement de parcs éoliens offshore. Grâce à l'utilisation de câbles conducteurs haute température, on peut augmenter la capacité de transport sur les lignes existantes. La méthode dite de « surveillance des lignes aériennes » permet d'augmenter significativement la capacité des conducteurs grâce à un contrôle de la température de ces lignes aériennes dans des conditions météorologiques données (froid, vent). Les lignes peuvent être exploitées par cette technologie même au-delà de leur puissance nominale dans des conditions normales, ce qui peut éventuellement réduire le besoin d'étendre le réseau.

En plus de l'extension du réseau par de nouvelles lignes électriques ou de nouvelles technologies, il est possible de mieux répartir la charge dans les capacités de transport existantes dans le réseau de transport au moyen d'une gestion de la puissance réactive. Par exemple, grâce à une électronique de puissance moderne comme les Flexible AC Transmission Systems (FACTS).

Au niveau du réseau de distribution, des transformateurs de réseau local réglables, des régulateurs de tension et un contrôle ciblé de la puissance réactive des installations décentralisées permettent de réduire le besoin de renforcer le réseau lors d'une capacité de production installée élevée (par exemple à partir d'installations photovoltaïques).

Évolution du comportement compatible/servant au réseau des installations d'énergie décentralisées

Avec la montée en puissance des énergies renouvelables, la transition d'une alimentation en courant fournie essentiellement par des générateurs au niveau haute tension s'effectue vers un système où de plus en plus d'installations d'énergie décentralisées (ID) fonctionnent au moyen d'onduleurs au niveau du réseau de distribution. Ces installations d'énergie peuvent et doivent contribuer à garantir l'approvisionnement et stabiliser le réseau. Les solutions technologiques suivantes sont notamment intéressantes à cet égard :

la capacité Fault-Ride-Through permet que les ID ne se déconnectent pas immédiatement du réseau en cas de problème (et par conséquent contribuent à la déstabilisation du réseau), mais soient disponibles un certain temps pour soutenir le système, même en cas de problème.

Les harmoniques influencent la qualité de la tension dans le réseau et peuvent ainsi perturber le fonctionnement de consommateurs sensibles. L'installation de filtres au niveau du point de raccordement au réseau des ID permet de réduire les harmoniques et par conséquent, d'améliorer la qualité de la tension de l'alimentation.

Bancs de batteries d'un projet diesel-PV hybride de 1,5 MWc à Senporna, Malaisie. Stockage dans des batteries : 6,8 MWh.

Geesthacht, Allemagne : depuis 1958, la centrale de pompage-turbinage de Geesthacht située sur l'Elbe couvre rapidement le besoin en électricité aux heures de pointe et sert de réserve en cas de pannes de courant. Le courant généré par régénération à partir d'une centrale éolienne de 500 kilowatts et d'une installation photovoltaïque de 60 kilowatts pompe l'eau du fleuve vers un lac artificiel situé plus haut.

Une régulation de tension est particulièrement nécessaire quand les ID sont raccordées à des réseaux qui ont déjà atteint les limites de leur utilisation à pleine charge. Elle représente ainsi un complément au renforcement du réseau. La tension au point de raccordement peut notamment être influencée via l'alimentation de puissance réactive. Pour cela, il faut des onduleurs qui contribuent, en mettant à disposition une puissance réactive contrôlable, au soutien de la tension au niveau concerné du réseau de distribution. Les onduleurs peuvent alors être conçus pour pouvoir contribuer au soutien du réseau également lorsque le réseau n'est pas alimenté (par ex. installations photovoltaïques la nuit).

Si une grande partie de la production n'est plus mise à disposition par les centrales conventionnelles, mais par des ID raccordées au réseau via des onduleurs, l'amortissement des variations de fréquences rapides (qui sinon sont atténuées par les masses rotatives des générateurs du parc de centrales conventionnelles) doit être prévu autrement. Il est alors possible, au moyen de l'électronique de puissance de l'onduleur d'alimentation des ID, de simuler le comportement lent d'un générateur synchrone électromécanique.

Utilisation d'accumulateurs et gestion des charges

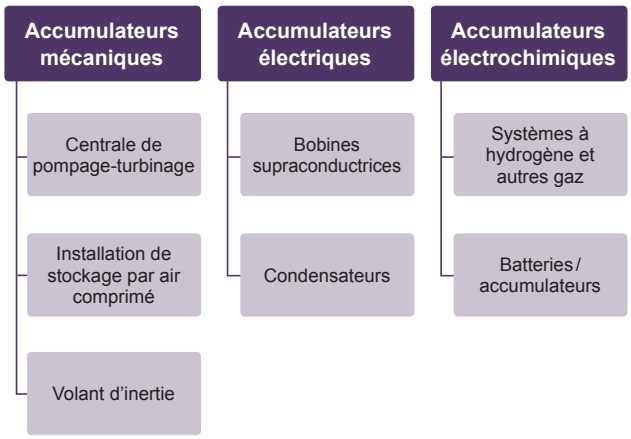
Avec la part croissante des énergies renouvelables dans l'alimentation électrique, l'importance des flexibilités qui peuvent être mises à disposition par les capacités de stockage et la gestion des charges augmente également. Les tâches essentielles des accumulateurs consistent à compenser ponctuellement les fluctuations de la production et de la demande, à mettre à disposition des prestations de services secondaires pour les centrales classiques qui sont de moins en moins souvent sollicitées et, à l'avenir, de reprendre les excédents de production issus des énergies renouvelables et de gérer leurs périodes creuses. On distingue différentes technologies de stockage (cf. illustration « Classification des technologies de stockage de courant »).

Accumulateurs à pompe

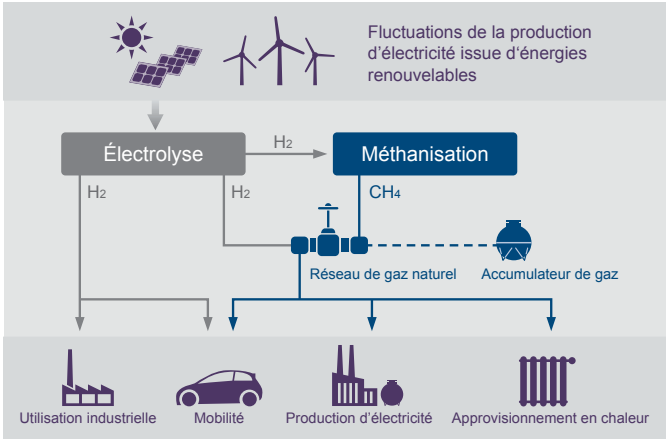
Avec un rendement pouvant atteindre 80 pour cent, la centrale de pompage-turbinage est actuellement la seule option de stockage de courant économique disponible à grande échelle pour un équilibrage horaire et journalier. Il n'y a actuellement aucune technologie qui puisse être aussi éprouvée et répandue, et qui puisse en outre être utilisée de manière aussi flexible et contribue essentiellement à la sécurité d'approvisionnement. La production de courant volatile peut, en combinaison avec les centrales de pompage-turbinage, mettre à disposition une puissance sûre et par conséquent contribuer à la réduction du CO_2 étant donné que le besoin des réserves des centrales conventionnelles baisse.

Accumulateurs à air comprimé/liquide

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 besoin de courant, celui-ci est produit avec de l'air comprimé dans une turbine. Alternativement au stockage souterrain de l'air comprimé, l'air peut être liquéfié. L'air liquéfié à très basse température peut être stocké dans des cuves en surface avec une haute densité à la pression atmosphérique. Pour pouvoir à nouveau utiliser ce courant, l'air est amené à pression avec une pompe, évaporé et détendu dans une turbine à gaz.



Classification des technologies de stockage de courant : aperçu des diverses possibilités de stockage de l'énergie électrique. Source : http://www.powertogas.info/power-to-gas/spartenuebergreifende-systemloesung/rolle-von-stromspeichern/.



Filière « power to gas ». Source : dena (2013).

Accumulation électrochimique

Les batteries conviennent particulièrement bien pour stocker l'énergie électrique. Il s'agit d'éléments galvaniques qui produisent une tension électrochimique par la combinaison de deux électrodes différentes et d'un électrolyte. Depuis plusieurs décennies, des systèmes de batterie conventionnels sont utilisés pour l'approvisionnement en énergie. Avec la part croissante des énergies renouvelables fluctuantes, deux nouveaux champs d'application pour accumulateurs électrochimiques ont vu le jour : ce qu'on appelle les « accumulateurs domestiques », qu'approvisionne le courant solaire autoproduit et qui assurent l'alimentation propre en cas de besoin. Les grandes batteries de plusieurs mégawatts gagnent de plus en plus en importance. Elles offrent des prestations de services telles que le maintien de la fréquence et de la tension ou l'aptitude au démarrage autonome en quelques millisecondes et assurent ainsi la stabilité du réseau et la sécurité d'alimentation malgré l'apport fluctuant du vent et du soleil. Les accumulateurs électrochimiques de type flux redox au plomb/acide, nickel/cadmium, sodium/soufre, au lithium-ion ou au vanadium conviennent particulièrement bien. Cependant, de grandes différences existent en termes de densité énergétique, d'efficacité, de durée de vie et de coût des systèmes. Les accumulateurs cités atteignent un degré d'efficacité compris entre 57 (nickel/cadmium) et 98 pour cent (lithium-ion).

« Power to gas »

L'idée du « power to gas » est de convertir le courant renouvelable en hydrogène ou en méthane. Le gaz peut être transporté dans l'infrastructure gazière et stocké, et ensuite utilisé dans les différents secteurs d'application. En cas de besoin, il est reconverti en courant. De même, l'utilisation directe de l'hydrogène est par exemple possible dans le domaine de la mobilité. Le « power to gas » constitue ainsi une solution globale d'intégration des énergies renouvelables dans le système énergétique. Le « power to gas » peut contribuer à réduire les émissions de CO_2 dans différents secteurs de consommation en remplaçant les sources d'énergies fossiles par le gaz produit de manière renouvelable via ce procédé dans le domaine de la mobilité, dans l'industrie, l'approvisionnement en chaleur et la production d'électricité. Par ailleurs, le « power to gas » en tant qu'accumulateur de courant peut contribuer à compenser les fluctuations croissantes de la production électrique de l'éolien et du photovoltaïque ou, lors de pointes de production d'énergies renouvelables, en rendant utilisable à long terme le courant qui n'est pas intégrable directement dans le réseau d'électricité. Comparativement aux autres technologies de stockage, la solution « power to gaz » offre une capacité de stockage beaucoup plus grande et peut également être utilisée comme un accumulateur de courant saisonnier.

Gestion des charges

L'augmentation de la part des énergies renouvelables entraîne également la nécessité de tirer parti de la flexibilité de la demande pour compenser les fluctuations de la 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, à des appareils contrôlables et à des tarifs basés sur la durée d'utilisation.

Le coin des avis

« Un système intelligent de gestion de l'énergie, Micro-Smart-Grid, assure la mise en réseau et le contrôle de la production d'énergie, le stockage, la mobilité électronique. Il est la base de l'interaction entre l'utilisation de l'électricité auto-produite de manière auto-suffisante et l'électricité de secteur. Chez asola, nous nous considérons comme un conseiller et un prestataire de services qui conçoit, configure et installe des Micro Smart Grids sur mesure. »

Erich Klosterkamp, directeur général,
asola Technologies GmbH

Compétence du secteur d'activité allemand

Au niveau international, les entreprises allemandes disposent d'un degré élevé d'expérience pratique ainsi que des innovations nécessaires dans la technique de stockage et d'intégration au réseau. Avec une puissance installée d'env. 38 GW produits par ces installations photovoltaïques et env. 40 GW par des installations éoliennes en 2014, la part d'énergies renouvelables dans la production d'électricité s'élevait à 27 pour cent en 2014 en Allemagne. Malgré cette intégration élevée d'énergies renouvelables, le réseau d'alimentation électrique a pu continuer à être exploité en toute sécurité et fiabilité.

Les champs d'action dans lesquels est utilisée ou testée une variété de techniques de stockage et d'intégration au réseau innovantes en Allemagne sont :

- renforcement des réseaux de transport et de distribution afin de recueillir sur tout le territoire l'électricité produite de manière décentralisée et de la transporter depuis les centres de production jusqu'aux centres de distribution électrique
- comportement compatible au réseau et le desservant des installations d'énergie décentralisées pour garantir une exploitation stable et sûre du réseau
- développement, utilisation et optimisation des systèmes d'accumulation afin de compenser les fluctuations de la charge résiduelle, de mettre à disposition l'énergie de réglage et les autres prestations de services du système, d'éviter les black-outs, de maintenir une puissance garantie et d'absorber les excédents temporaires significatifs issus d'énergies renouvelables, auxquels il faudra s'attendre à long terme, tout en compensant les périodes creuses prolongées.

Exploitation économique

La condition sine qua non pour permettre l'utilisation de la technique de mise en réseau du courant réside dans la définition de normes et de règles contraignantes de raccordement au réseau. Le but est de construire une base solide pour les décisions d'investissement. Ce cadre constitue la base qui sert à apprécier quand une extension du réseau est nécessaire afin de permettre une intégration accrue d'énergies renouvelables et quand une extension du réseau doit être complétée ou le cas échéant, substituée par l'utilisation de moyens d'exploitation intelligents. Ces derniers exigent le montage et l'utilisation d'une technique de commande et de régulation, ce qui accroît la complexité de la gestion d'exploitation. Afin de trouver une solution économique, les coûts d'investissement ainsi que les coûts d'exploitation de toutes les options possibles doivent être évalués.

De surcroît, il y a lieu, en modifiant la conception du marché, de veiller à ce que la technologie la plus efficace soit également la plus compétitive. Il n'y a que comme cela que l'on parviendra à éviter les dommages socio-économiques et à assurer un approvisionnement en énergie abordable à long terme.

Perspectives

Le besoin en technique de stockage et d'intégration au réseau augmente partout dans le monde. L'Union européenne s'est fixé comme objectif d'atteindre d'ici 2020 une pénétration sur le marché de 80 pour cent pour l'emploi des compteurs intelligents dans l'ensemble de l'Europe. L'un des objectifs énergétiques de quelques États américains, comme la Californie, Hawaï et le Montana, est l'expansion des systèmes d'accumulation. La Chine prévoit notamment d'ici 2017 de tripler sa capacité solaire, ce qui représentera 70 GW de puissance installée.

La technique de stockage et d'intégration au réseau est absolument nécessaire pour une alimentation en courant renouvelable et pour garantir une sécurité d'approvisionnement constant. Les principaux moteurs pour l'utilisation de technologies d'intégration sont :

- une alimentation en courant plus volatile via des onduleurs
- un déplacement de la production au niveau du réseau de distribution et

- la distance croissante entre la production et la consommation.

Ces moteurs concernent notamment le développement de l'alimentation en électricité en Allemagne. Des prévisions récentes tablent sur une augmentation de la puissance installée des panneaux photovoltaïques en Allemagne d'env. 38 GW en 2014 à env. 60 GW d'ici 2034. La puissance installée des installations éoliennes on-shore devrait pratiquement atteindre 72 GW dans le même intervalle. Cela signifie une volatilité accrue de l'injection ainsi qu'un autre déplacement de la production au niveau du réseau de distribution. La distance croissante entre le lieu ainsi que les heures de production différentes et le lieu de la consommation impose des exigences toujours plus strictes à la capacité de transport des réseaux électriques.

En Allemagne, de nombreux projets de recherche et de modélisation sont actuellement menés sur les possibilités d'utilisation des technologies modernes de l'information et de la communication pour une commande intelligente des réseaux d'électricité. Dans ce contexte dynamique, les entreprises allemandes continuent à être des instigateurs en matière de technique de stockage et d'intégration dans le réseau et développent des solutions rentables pour l'approvisionnement en énergie renouvelable.

Les premiers projets commerciaux le montrent : les batteries peuvent être utilisées comme accumulateurs d'énergie de courte durée pour une mise à disposition rapide de la puissance de régulation sur de brefs intervalles. Dans le cas d'un développement technologique progressif, les accumulateurs à air comprimé/liquide pourraient à moyen terme compléter les centrales de pompage-turbinage dans le système d'alimentation en électricité avec un éventail de tâches similaires. Toutefois, il faudra que les efforts de recherche et de développement aboutissent à l'avancée technologique des systèmes adiabatiques et par conséquent, que l'on puisse obtenir une rentabilité suffisante. La perspective d'une augmentation des capacités de stockage par le biais de l'injection d'hydrogène ou de méthane de synthèse dans le réseau de gaz naturel (concept « power to gas ») est évoquée. D'autres régions du monde peuvent également profiter de l'expérience que l'Allemagne a accumulée sur ces thèmes jusqu'à présent.

Avantages d'une collaboration suprarégionale

Grâce à l'augmentation des capacités de transport du courant au-delà des frontières régionales, un marché intérieur gigantesque peut être créé pour l'électricité, lequel présente les avantages suivants :

- réduction des coûts socio-économiques de la production de courant par association des différents secteurs de marché et la diminution des goulets d'étranglement techniques
- mise à disposition suprarégionale des prestations de services secondaires
- effets de compensation du rapport de charge et augmentation de la sécurité d'approvisionnement
- effets de compensation de l'injection d'énergie photovoltaïque et éolienne entre les différentes régions géographiques
- rattachement des régions prospères pour les énergies renouvelables
- exploitation transfrontalière des capacités de stockage.

C'est pour ces motifs que la mise en œuvre d'un marché intérieur de l'énergie homogène en Europe est au cœur de la politique énergétique de l'Union européenne depuis des années et qu'elle a été encouragée notamment par les directives relatives au marché intérieur de l'énergie. Celles-ci plaident notamment en faveur de l'ouverture des marchés de l'énergie au travers du découplage des entreprises d'approvisionnement en énergie intégrées verticalement et d'un accès non discriminatoire au réseau.

iStockphoto/Markus Beck

istockphoto.com/alexsl

Autres secteurs industriels

Quel que soit le type d'énergie renouvelable produite, de nombreux acteurs du marché allemand proposent des produits et services qui viennent compléter la chaîne de valeur dans les différents secteurs des énergies renouvelables.

Les concepteurs de projets s'assurent de la faisabilité technologique et économique des concepts et encadrent la prospection de partenaires de projets ainsi que la réalisation des dossiers d'homologation. Ils coordonnent et dirigent la planification et la construction des installations. D'autres prestataires se sont spécialisés dans les méthodes d'analyse et d'optimisation. Ils identifient les potentiels d'efficacité lors de la fabrication, de la construction et de l'exploitation ainsi que lors de l'injection du courant dans le réseau.

De même, certains fabricants proposent des composants de procédés pouvant s'appliquer à plusieurs technologies dans le secteur des énergies renouvelables. Ainsi, les échangeurs à plaques, par exemple, trouvent une application dans les technologies solaires, dans la géothermie de surface mais aussi dans les centrales de cogénération. Pour permettre une conception efficace des solutions d'entraînement, les entreprises allemandes proposent des convertisseurs de fréquence qui se distinguent par leur haute efficacité énergétique et leur grande fiabilité ainsi que leur longévité et des rendements élevés. Alliés à la technologie énergétique et à des solutions complètes d'accumulation d'énergie, les convertisseurs de fréquence permettent de dégager des potentiels d'économies significatifs. Ces solutions systèmes peuvent être utilisées purement en réseau ou hors réseau mais offrent parfois aussi la possibilité d'alterner entre les modes en réseau et hors réseau.

Les entreprises allemandes proposent des solutions complètes concernant les questions de l'éco-compatibilité et de la sécurité. On peut citer à titre d'exemples :

- la certification de biocarburants
- la validation, vérification et certification de projets de protection du climat conformément au protocole de Kyoto, par ex. « Mise en œuvre conjointe », MOC et « Mécanisme de développement propre », MDP
- la validation, vérification et certification de projets d'entreprises ou étatiques et de programmes dans le domaine des réductions d'émissions vérifiées (REV)
- la certification de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables
- la vérification des sites d'installation et de la statique des constructions
- la supervision de l'exploitation des centrales.

Des investisseurs allemands financent des projets, s'engagent dans des prises de participation ou proposent des placements publics par l'intermédiaire de fonds. Dans le domaine des « investissements en carbone », ils règlent le processus d'homologation des projets MDP et MOC jusqu'à la cession sur le marché boursier des certificats d'émissions MDP, appelés « unités de réduction certifiée des émissions » (URCE).

Des organismes de formation proposent des apprentissages et des formations dans le domaine des énergies renouvelables, de la rentabilité et du financement de projets, y compris la planification et la mise en œuvre d'installations non raccordées au réseau. Divers séminaires sont proposés à un large public : des techniciens et ingénieurs aux investisseurs, en passant par les juristes, les développeurs et les décideurs.

Le coin des avis

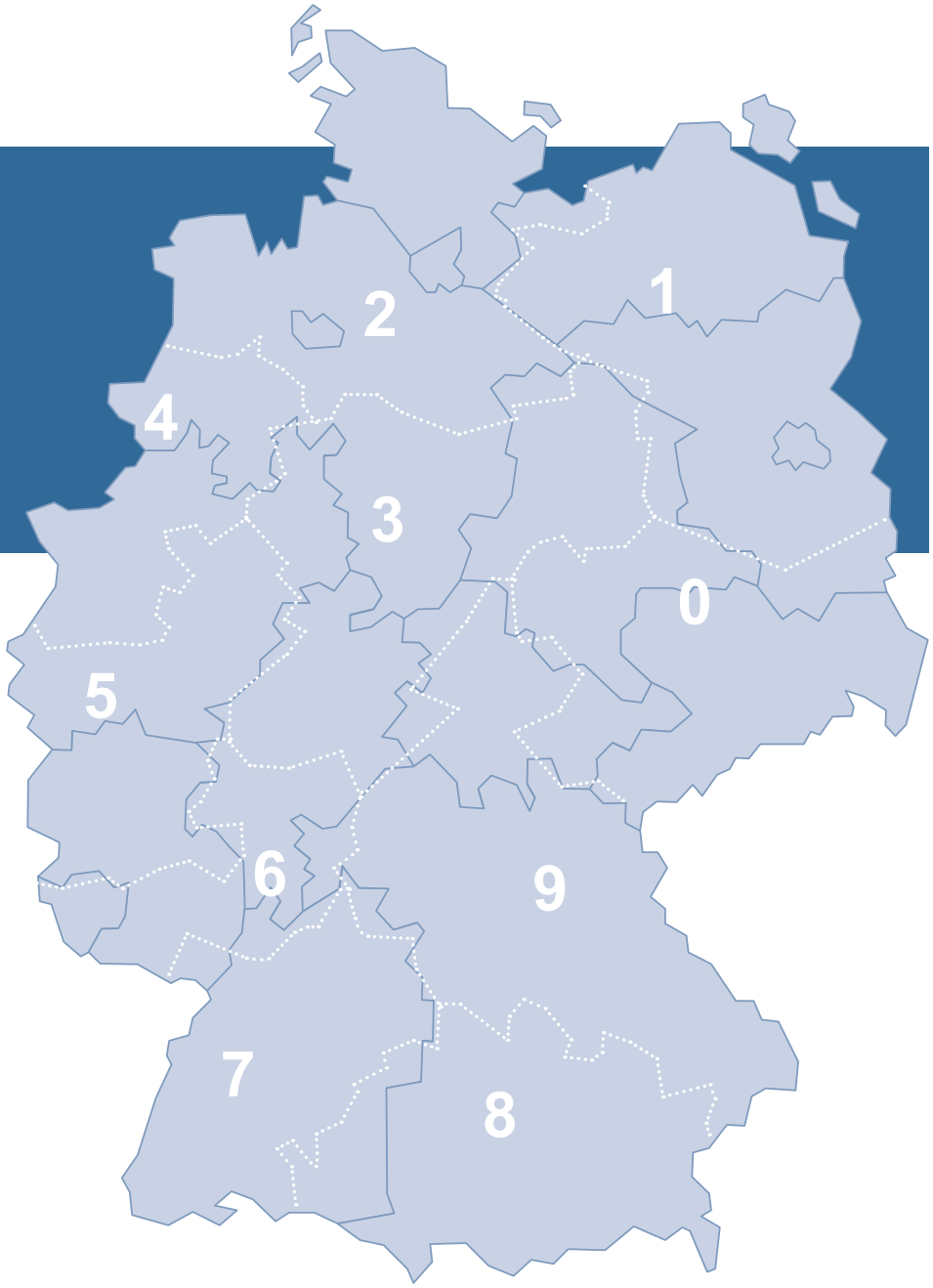
« Le savoir est l'un des facteurs clés pour le futur développement des marchés énergétiques avec un approvisionnement énergétique propre et sûr. Le défi est de transmettre au bon moment le savoir-faire technologique spécifique aux acteurs clés du secteur politique, développeurs de projets, gestionnaires, prestataires de services d'ingénierie, financeurs et exploitants de réseaux. Avec notre offre de formation, nous mettons à disposition le savoir-faire nécessaire pour le développement des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. »

Berthold Breid, directeur général,
Renewables Academy AG (RENAC)

Dabarti CGI/Shutterstock.com

ENTREPRISES

Entreprises



- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Énergie photovoltaïque
- Énergie solaire thermique
- Centrales solaires thermiques
- Biogaz
- Biomasse solide
- Technique de stockage et d'intégration au réseau
- Autres secteurs industriels

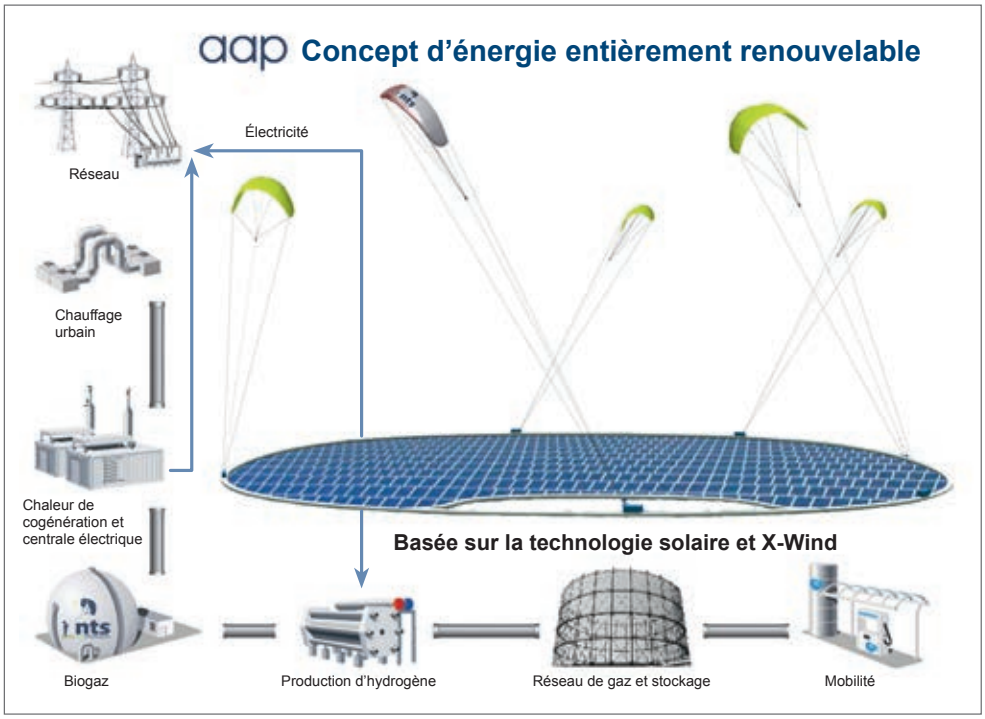
n°	entreprise	technologies	zone de codes postaux	fournisseur complet	fabricant	exploitant	recherche et développement	organisme de formation	consultant	expert	vendeur	développeur de projet	concepteur	sous-traitant	autres	page
Fournisseur d'équipement																
01	Aschoff Solar GmbH		9	■												82
02	LAMBION Energy Solutions GmbH		3		■											97
Fournisseur complet																
03	aap GmbH/Nature Technology Systems (nts)		1	■												78
04	agriKomp GmbH		9	■												79
05	Ammonit Measurement GmbH		1	■												81
06	Andritz Hydro GmbH		8	■												84
07	asola Technologies GmbH		9	■												85
08	BayWa r.e. renewable energy GmbH		8	■												88
09	EnviTec Biogas AG		4	■												95
10	Schmack Biogas GmbH		9	■												105
11	Viessmann Photovoltaik GmbH		3	■							■	■				111
12	Viessmann Wärmepumpen GmbH		3	■												112
13	Viessmann Werke GmbH & Co. KG		3	■												113
14	Voith Hydro Holding GmbH		8	■												114
15	WELTEC BIOPOWER GmbH		4	■												115
Fabricant																
16	AkoTec Produktionsgesellschaft mbH		1		■								■			80
17	Awite Bioenergie GmbH		8		■											86
18	Carbotech GmbH		4		■											92
19	DIVE Turbinen GmbH & Co. KG		6	■	■											94
20	KOSTAL Solar Electric GmbH		7		■						■					96
21	LIPP GmbH		7		■											98
22	Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH		3		■											99
23	Ossberger GmbH + Co		9		■							■				100
24	Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Hiross Zander Filtration Division		4		■											101
25	SOLAR-RIPP®		5		■											108
26	s-power Entwicklungs- und Vertriebs GmbH		4	■	■											109
27	Stela Laxhuber GmbH		8		■											110
Fournisseur de services																
28	CUBE Engineering GmbH		3						■	■						93
29	ProfEC Ventus GmbH		2						■	■						102
30	Renewables Academy AG (RENAC)		1					■								103
31	sbp sonne gmbh		7						■			■				104
32	Solar Promotion GmbH		7												■	106

aap GmbH / Nature Technology Systems (nts)

Adresse Duisburger Str. 2 a · 10707 Berlin
Contact Uwe Ahrens
Téléphone +49 (0) 30 - 55 27 44 35
E-mail uwe.ahrens@x-wind.de
Web www.x-wind.de

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie ■ énergie éolienne
Application électricité | tous les utilisateurs d'électricité
Profil fournisseur complet | technologie d'installations, formation initiale et continue, installations éoliennes



Technologie X-Wind de NTS (Nature Technology Systems)

aap – Fournisseur complet d'installations X-Wind pour la production d'électricité

Pour la première fois, il est possible de produire de l'électricité concurrentielle par rapport aux combustibles fossiles. La combinaison de kites télécommandés et de bogies de locomotives électriques permet de construire une installation éolienne. La vitesse et la fréquence du vent augmentent de manière disproportionnée avec la hauteur (augmentation à la puissance 3). aap construit des installations X-Wind afin d'exploiter ces vents forts et stables à des hauteurs pouvant aller jusqu'à 500 m. Les disponibilités de ces installations sont 3 fois plus grandes que celles des turbines à vent conventionnelles. Possibilité de pallier les accalmies d'une certaine ampleur (<4 pour cent de l'année). C'est ici qu'intervient le concept breveté de la technologie éolienne X-Wind de NTS. Nous pouvons courir (rouler) comme un enfant avec le kite et continuer de faire voler le cerf-volant, même s'il n'y a pas assez de vent.

aap Technologie éolienne X-Wind
(soit : technologie Cross-Wind)

Les installations éoliennes X-Wind, encore appelées éoliennes d'altitude, sont une nouvelle source d'énergie sans CO_2, qui produit de l'électricité à un prix plus avantageux qu'à partir des combustibles fossiles.

Les autres avantages

- À production d'énergie égale, les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance sont plus bas qu'avec les producteurs d'énergie conventionnels
- Capacité d'approvisionnement largement existante
- Très grande capacité de régulation (0 à 50 pour cent puissance nominale en moins de 60 secondes)
- Silencieuse
- Faibles coûts de déconstruction
- Composants certifiés TÜV depuis des décennies et recyclables
- Attrait pour les touristes
- Se fond presque entièrement dans le paysage.

agriKomp GmbH

Adresse Energiepark 2 · 91732 Merkendorf
Contact Thomas Franke
Téléphone +49 (0) 9826 - 65 95 9-126
E-mail t.franke@agrikomp.de
Web www.agrikomp.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie biogaz

Application électricité, chaleur | agriculture

Profil fournisseur complet | composants d'installations, installations de biogaz, systèmes de cogénération (CCF)

Installation Custom (personnalisée) à Millbrook (Canada) pour le fumier, l'herbe et les résidus.

La technique du biogaz et son mode d'utilisation : en toute flexibilité

Depuis plus de 15 ans, agriKomp GmbH compte parmi les rares fournisseurs complets d'installations de méthanisation utilisées en agriculture. Ce faisant, l'accent est mis sur la méthanisation du lisier, du fumier solide et des cultures énergétiques (NaWaRo). agriKomp couvre l'ensemble de la chaîne de création de valeur, depuis la planification et la conception, la construction d'installations, le développement de centrales de cogénération jusqu'au rééquipement (Repowering) et l'extension d'installations propres et de tiers, en passant par la mise en service et le service technique et biologique. Un large réseau de services en Allemagne et à l'étranger couvre l'ensemble du spectre des services liés aux installations de méthanisation.

Entretemps, agriKomp a érigé quelque 800 installations de méthanisation dans le monde et compte aujourd'hui parmi les entreprises leaders de la branche.

Forte de l'expertise et des compétences des 400 collaborateurs qu'elle compte désormais à l'échelle mondiale, agriKomp poursuit le développement en collaboration d'installations et de composants. Cela garantit au client une bonne qualité constante, la durabilité et la facilité d'entretien de ses installations. En tant que fournisseur complet, agriKomp construit des installations de méthanisation allant de 75 kW à 2,5 MW et plus. Pour la valorisation, agriKomp dispose à la fois de centrales de cogénération, de réseaux de chaleur et de systèmes de transformation du biogaz en biométhane. Aujourd'hui, l'entreprise a ses propres succursales et des partenaires en Grande-Bretagne, en Irlande, en France, en Suisse, au Danemark, en Italie, en République Tchèque, en Pologne et en Slovaquie. Des projets au Canada, en Chine, au Kenya, en Roumanie et en Bulgarie viennent compléter ses activités mondiales.

Installation Custom (personnalisée) à Ascea (Italie) pour le lisier de bovins.

AkoTec Produktionsgesellschaft mbH

Adresse Grundmühlenweg 3 · 16278 Angermünde
Contact Katrin Müller
Téléphone +49 (0) 3331 - 3657 243
E-mail katrin.mueller@akotec.eu
Web www.akotec.eu
Chaîne de valeur fabricant

Technologies thermie solaire, centrales solaires thermiques
Application chaleur | de l'industrie au consommateur final
Profil fabricant, concepteur | composants d'installations, prestations de planification et ingénierie, chauffage solaire

Système de chauffage et de refroidissement solaires, projet « Neue Mitte » à Prenzlau, Allemagne.

Votre fabricant de capteurs à tubes sous vide complets made in Germany

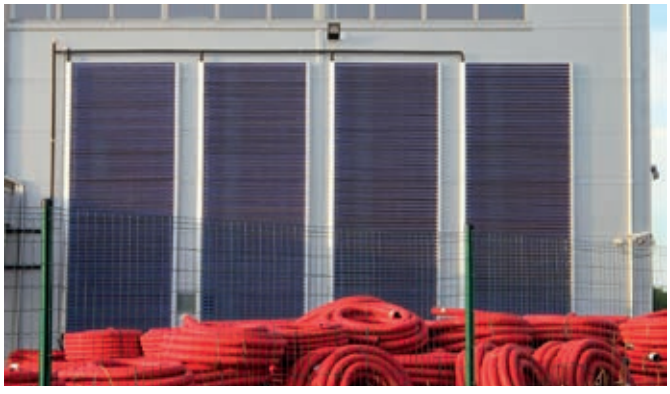
AkoTec est un fabricant de capteurs à tubes sous vide complets très performants. Les capteurs à tubes sont entièrement fabriqués en Allemagne. Ils offrent un rendement maximal, sont équipés d'une protection contre la surchauffe intégrée dans le capteur et répondent aux exigences du test de résistance à la grêle de catégorie 4.

Les capteurs sont adaptés aux maisons à un ou plusieurs appartement(s) ainsi qu'aux installations de production. Il est même possible d'alimenter en chaleur un village entier en utilisant les capteurs comme chauffage autonome.

Le montage est particulièrement simple vu que le système est assemblé au moyen de connecteurs. De plus, les tôles peuvent pivoter à 360° et donc être parfaitement orientées vers le soleil.

Les capteurs à tubes sous vide peuvent être montés sur le toit, la façade, de manière isolée ou à la balustrade du balcon. L'installation sur un toit de terrasse est également possible. Dans tous les cas, ces installations enregistrent les mêmes rendements élevés depuis 25 ans et contribuent significativement à la baisse des coûts du chauffage.

Quiconque choisit des capteurs à tubes sous vide d'AkoTec opte pour des produits allemands de grande qualité, mais aussi pour des prestations de services exhaustives. Que vous soyez maître d'œuvre, architecte ou installateur, vous serez conseillé avec la même compétence. Depuis les premiers conseils gratuits jusqu'à la planification et la livraison de l'installation, tout provient du même fournisseur. Cela garantit des circuits de décision plus courts et une meilleure communication. Nous vous aidons également volontiers pour la mise au point du concept énergétique.



Façade industrielle, Kekava, Lettonie.

Ammonit Measurement GmbH

Adresse Wrangelstr. 100 · 10997 Berlin
Contact Vincent Camier
Téléphone +49 (0) 30 - 600 31 88-0
E-mail info@ammonit.com
Web www.ammonit.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologies énergie éolienne, énergie photovoltaïque, centrales solaires thermiques

Application électricité | industrie

Profil fournisseur complet | technologie de mesure, commande et régulation logiciel

Stations de mesure pour l'évaluation de l'énergie éolienne et solaire.

Mesure précise de l'énergie éolienne et solaire

Depuis 1989, Ammonit développe et produit des systèmes de mesure météorologiques pour l'évaluation du potentiel éolien et solaire d'un site ainsi que le suivi des parcs éoliens et solaires. Notre palette de produits comprend :

- Enregistreurs de données (data loggers)
- Capteurs météorologiques (anémomètres, girouettes)
- Appareils LiDAR/SoDAR
- Plateforme informatique pour surveillance du système
- Systèmes de communication et d'alimentation.

L'enregistreur de données Meteo-40 est prisé dans le monde entier par les experts de l'industrie éolienne et solaire. La plateforme informatique AmmonitOR permet de contrôler l'intégrité et la plausibilité des systèmes et données de mesure par rapport à la directive MEASNET. Les systèmes de mesure d'Ammonit répondent aux normes de qualité internationales et sont réputés sur le marché pour leur haute précision.

Ammonit collabore avec des grands noms des technologies de mesure, comme Thies, ce qui lui permet de proposer des systèmes complets. Nos systèmes sont utilisés par des professionnels de l'énergie éolienne et solaire dans plus de 100 pays. Grâce à notre réseau international de partenaires, nous sommes toujours là sur place pour nos clients.

Ammonit propose des systèmes de mesure pour :

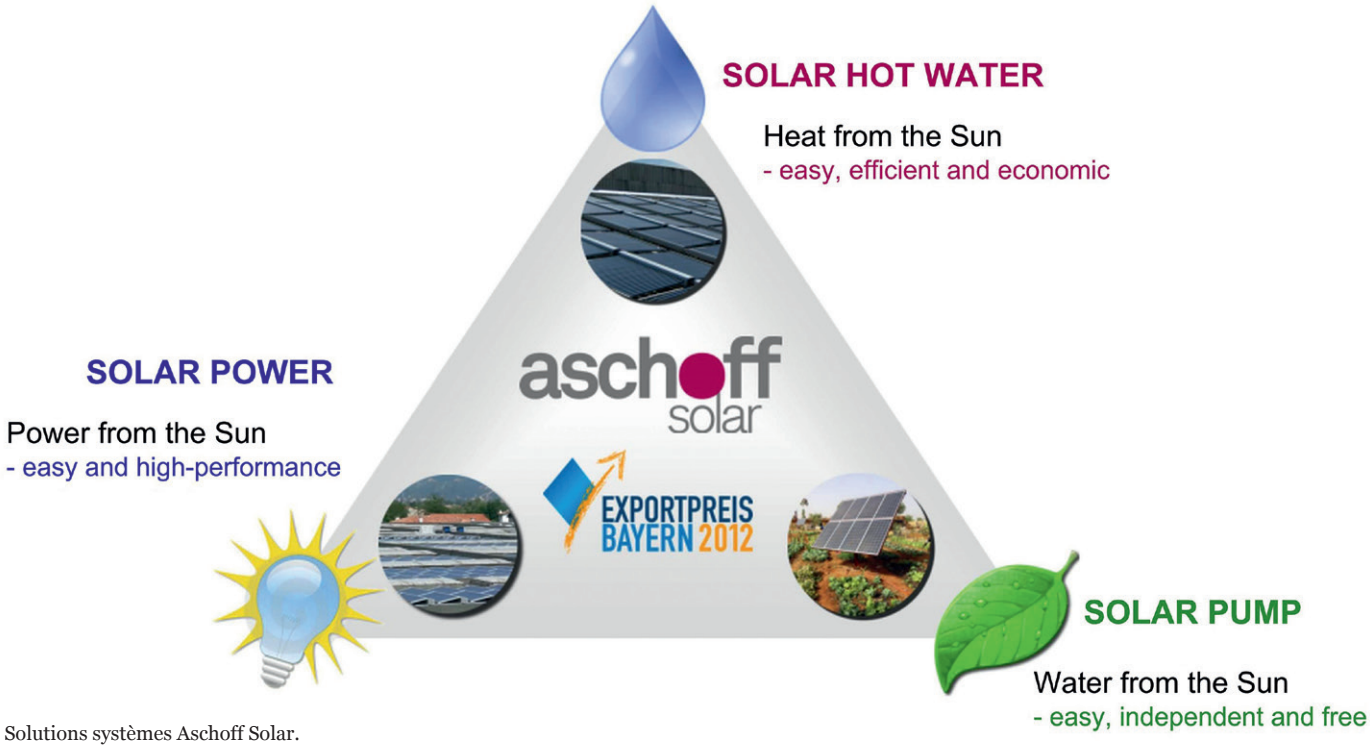
- L'évaluation du potentiel éolien d'un site, également pour les zones climatiques froides grâce à l'utilisation de capteurs à ultrasons et de systèmes de chauffage spéciaux
- L'évaluation du potentiel solaire pour des parcs PV, CSP et CPV
- Le suivie des parcs éoliens et solaires (compatibilité avec les systèmes SCADA courants)
- La mesure de la courbe de puissance d'une éolienne
- La mesure des facteurs environnementaux, par ex. la pollution.

Ammonit construit ses systèmes de mesure conformément aux exigences régionales et climatiques du site, de manière à obtenir des mesures précises et conformes aux normes IEC.

Aschoff Solar GmbH

Adresse Rosenau 13 · 91580 Petersaurach
Contact Carsten Aschoff
Téléphone +49 (0) 9872 - 48 62 89-0
E-mail info@aschoff-solar.com
Web www.aschoff-solar.com
Chaîne de valeur fournisseur d'équipement

Technologies énergie photovoltaïque, thermie solaire
Application électricité, chaleur | industrie
Profil fournisseur complet | installation, prestations de planification et ingénierie, installations PV



Solutions systèmes Aschoff Solar.

Énergie solaire, simplicité, efficience et rentabilité

Aschoff Solar GmbH

Aschoff Solar propose des solutions systèmes complètes dans le domaine du solaire pour les clients industriels sur le marché international. Pour l'essentiel, les activités se déroulent dans des régions d'Asie et d'Afrique, et visent prioritairement les industries consommatrices d'électricité et de chaleur. Outre les applications solaires classiques de production d'électricité et de fourniture de chaleur, des solutions sont également prévues et réalisées pour les stations de pompage solaires dans la plage de capacité > 30 kW. Aschoff Solar conçoit et livre des systèmes qui sont montés par des équipes d'installation allemandes avec l'aide de partenaires locaux. En 2012, Aschoff Solar GmbH s'est vu attribuer le prix à l'exportation, dans la catégorie services, par le ministre bavarois de l'économie.

Installations de thermie solaire à grande échelle pour applications industrielles

En se basant sur des systèmes standardisés et des champs solaires à agencement modulaire, Aschoff Solar réalise de grosses installations de thermie solaire en tant que fournisseur clé en main pour des industries qui consomment beaucoup d'eau chaude, comme par ex. les tanneries et les usines de jeans, pour des superficies pouvant aller jusqu'à plusieurs milliers de mètres carrés. Les unités d'entraînement et de transmission de chaleur sont intégrées, au choix, dans des armoires de distribution industrielle ou dans des conteneurs maritimes, qui sont utilisés comme réservoirs d'eau chaude. Ces unités sont fabriquées en Allemagne sur mesure pour chaque projet, elles sont testées, livrées prêtes à l'emploi et intégrées sur place. Depuis 2014, des projets liés à des marchés et à des applications spécifiques sont mis en œuvre en coopération avec la firme allemande Bosch Thermotechnik GmbH.

Systèmes de thermie solaire Aschoff Solar.

Systèmes photovoltaïques Aschoff Solar.

Systèmes de pompage Aschoff Solar.

Installations d'énergie solaire pour clients industriels

Les installations solaires, généralement conçues pour la consommation personnelle, représentent un autre grand axe d'activités d'Aschoff Solar. Également sur la base d'un degré de standardisation élevé et d'un agencement modulaire, des systèmes couplés au réseau sont généralement conçus et mis en œuvre à des fins de consommation propre sur les sites de production. Avec une structure porteuse et des techniques de raccordement allemandes de grande qualité, on attache une attention particulière à ce que l'installation soit montée par des spécialistes allemands, épaulés par des partenaires locaux, afin de garantir aux clients une qualité conforme aux critères allemands. Les installations de distribution électrique et les unités de raccordement sont exclusivement fabriquées en Allemagne, puis testées, livrées prêtes à l'emploi pour chaque projet et intégrées.

Stations de pompage solaires

Aschoff Solar propose des solutions complètes pour l'approvisionnement en eau dans des régions désertiques sans accès au réseau public en tant que solutions solaires ou hybrides. De conception modulaire basée sur des unités modulaires standardisées, ces systèmes installés par des spécialistes allemands épaulés par des partenaires locaux, offrent la possibilité d'irrigation ou d'approvisionnement en eau en autarcie. En 2015, à partir d'un projet de démonstration mené dans les déserts d'Égypte en collaboration avec la GIZ (agence de coopération internationale allemande pour le développement) et l'Institut Fraunhofer, des lignes directrices ont été élaborées pour le développement de stations de pompage solaires. Ces lignes directrices sont à présent disponibles sur www.raseed-giz.com.

Andritz Hydro GmbH

Adresse Escher-Wyss-Weg 1 · 88212 Ravensburg
Contact Karin Kowaczek
Téléphone +49 (0) 751 - 29 51 18 01
E-mail karin.kowaczek@andritz.com
Web www.andritz.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie ■ énergie hydraulique

Application électricité | industrie

Profil fournisseur complet | composants d'installations, prestations de planification et ingénierie, centrales hydroélectriques

Fabrication d'une roue Francis dans l'usine de Ravensbourg.

Andritz Hydro fournit des équipements électromécaniques et des prestations de services pour les centrales hydroélectriques. Avec quelque 8 300 employés et un carnet de commandes d'environ 2 milliards d'euros en 2014, la société est l'un des plus grands fournisseurs d'équipement de production d'énergie hydraulique sur le marché. Andritz Hydro GmbH Ravensburg fabrique depuis plus de 150 ans des composants pour turbines hydrauliques pouvant atteindre jusqu'à 200 tonnes, ce qui en fait l'un des plus grands sites de production de composants hydrauliques essentiels d'Europe occidentale.

Nous proposons la conception et la construction de grandes turbines de type Kaplan, bulbes, Francis, Pelton et des turbines de pompage pour les centrales de stockage et des vannes pour une capacité pouvant atteindre 800 MW. De 1 MW à 30 MW, tous les types de turbines sont disponibles en versions compactes. Notre gamme de prestations s'étend de la planification professionnelle de projets jusqu'aux systèmes de commande avec surveillance et formation adaptée, en passant par les prestations d'ingénierie de précision et la fabrication de turbines de haute qualité. Nos prestations de services comprennent les réparations et les révisions. Nous possédons un savoir-faire exceptionnel dans le domaine de l'automatisation.

Bureaux de Andritz Hydro GmbH à Ravensbourg.

asola Technologies GmbH

Adresse Konrad-Zuse-Str. 25 · 99099 Erfurt
Contact Erich Klosterkamp
Téléphone +49 (0) 361 - 24 14 25-0
E-mail e.klosterkamp@asola-tech.de
Web www.asola-tech.de

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologies ■ ■
énergie photovoltaïque, technologie de stockage et des réseaux

Application électricité, mobilité | consommateur final, industrie, industrie manufacturière, agriculture, communes

Profil fournisseur complet | installation, prestations de planification et ingénierie, installations PV

asola VITRUM® Système de façades.

Architecture et production d'énergie durable

asola Technologies GmbH est spécialisée dans le développement et la production de produits répondant aux besoins des clients ainsi que de prestations d'ingénierie et de services pour applications photovoltaïques intégrées aux bâtiments (BIPV).

L'entreprise est soutenue par un réseau de partenaires spécialisés certifiés dans la région DACH (Allemagne, Autriche et Suisse) et au niveau international en Italie, au Moyen-Orient (Arabie saoudite & Émirats arabes unis), en Chine, aux États-Unis et en Amérique du Sud (Colombie), dont l'aide permet d'assurer un suivi de la clientèle rapide et fiable.

asola offre une large gamme de produits pour applications en façade, vitrages en toiture et systèmes de garde-corps ainsi que de produits e-mobilité, comme des systèmes de batteries et des stations de chargement. Mais la gamme ne se limite pas exclusivement à ces produits. asola propose aussi des solutions complètes, à commencer par le conseil et la planification, en passant par l'étude de projet, la construction personnalisée de modules, les accessoires sur mesure correspondants, les systèmes de fixation et jusqu'au montage, à la mise en service et à la maintenance.

Les clients d'asola Technologies profitent de la longue expérience de l'entreprise, de son large portefeuille de prestations et de son principe directeur visant à combiner parfaitement les énergies renouvelables avec un design individuel esthétique.

Siège d'asola Technologies, Erfurt.

Awite Bioenergie GmbH

Adresse Grünseiboldsdorfer Weg 5 · 85416 Langenbach
Contact Ing.-Doct. Martin Grepmeier
Téléphone +49 (0) 8761 - 72162-0
E-mail info@awite.com
Web www.awite.com
Chaîne de valeur fabricant

Technologie ■ biogaz
Application électricité, mobilité, chaleur | consommateur final
Profil fabricant | technologie de mesure, commande et régulation

Solutions sur mesure pour des clients satisfaits.

Analyse de gaz, automatisation et désulfuration tout en un

La société Awite est spécialisée dans les systèmes d'analyse de gaz et dans l'automatisation et la technique de mesure dans le domaine des installations biotechnologiques. Ses produits sont fabriqués depuis 2001 dans sa propre usine à Langenbach, selon les exigences individuelles et dans la meilleure qualité. En plus du développement, de la fabrication, de l'installation et de la mise en service de nos systèmes, nous sommes également votre partenaire pour le service et la maintenance.

Awite propose des systèmes d'analyse de gaz pour les installations de biogaz, pour la surveillance de l'injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel, pour la réglementation de l'application des piles à combustible ainsi que pour la commercialisation du biogaz brut et la prise en charge d'autres tâches de commande.

L'automatisation et la visualisation d'installations de biogaz, stations d'épuration et installations expérimentales avec un logiciel développé en interne font également partie de la gamme de prestations.

Analyse de gaz – adaptée à chaque processus

AwiECO et AwiFLEX, nos systèmes d'analyse de gaz, assurent, grâce à un contrôle complet du processus, des opérations fluides ainsi qu'une efficacité économique dans l'utilisation de vos installations. Durable. Plus les mesures sont précises et continues, plus elles permettent de gagner du temps et de l'argent.

Automatisation – support complet

Notre solution d'automatisation AwiCONTROL permet une commande complète de votre installation et de la périphérie. Nous avons immédiatement pris en compte la sécurité d'exploitation maximale dans notre solution d'automatisation développée en interne. Renoncer aux redevances de licence pour notre logiciel était pour nous une évidence. De la même manière, nous développons nos produits sur une base open source. Nos clients n'ont ainsi pas à faire face à des coûts cachés.

Vous pouvez évidemment contrôler AwiCONTROL, comme nos autres produits, lorsque vous êtes en déplacement. Avec votre smartphone ou votre tablette. À tout moment.

Désulfuration – jamais trop de O2 dans le système

Avec la désulfuration microbiologique AwiDESULF et FuzzyLogic, l'hydrogène sulfuré est sous contrôle.

Cela semble compliqué ? C'est pourtant simple : il n'y a qu'à la mettre en marche. Le système d'analyse de gaz mesure la teneur en oxygène et la concentration en hydrogène sulfuré et règle ainsi l'arrivée d'air.

Partenaires Awite à travers le monde.

Vos avantages ? Utilisation simple, coûts réduits, sécurité du processus élevée et faibles pertes de substrat.

Service – vous pouvez compter sur nous

Le montage, la mise en service et la maintenance de nos systèmes d'analyse de processus sont effectués directement sur votre installation par notre personnel formé en conséquence. Nous surveillons pour vous les intervalles entre les services et vous proposons sur demande des contrats de maintenance complète. Avec des visites planifiées et des rendez-vous fixés à l'avance, nous permettons de garder vos coûts sous contrôle.

La maintenance comprend un contrôle complet des systèmes, incluant un calibrage avec gaz certifiés. Le service sur place est indispensable à un fonctionnement fluide et vous permet de gagner du temps pour d'autres tâches importantes.

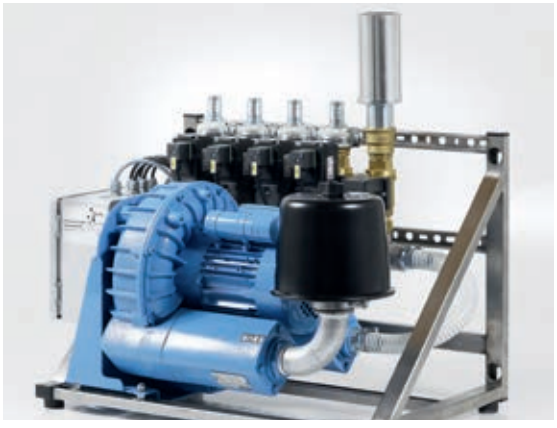
Les urgences n'arrivent pas seulement la semaine. C'est pourquoi nous aussi sommes désormais toujours à disposition. Appelez-nous dès que vous avez besoin rapidement d'une réparation lors d'un dysfonctionnement de votre analyse de gaz. À tout moment.

Awite international

Awite est active à l'international. Avec Awite Bioenergia Srl à Bolzano et des partenaires à travers le monde en Argentine, Bulgarie, Canada, Chili, Grande-Bretagne, Lituanie, Mexique, Pays-Bas, Amérique du Nord, Pologne, Espagne, Thaïlande et Turquie, nous pouvons proposer des standards de qualité élevés et un service exceptionnel dans ces pays et ailleurs.

Grâce à notre passion pour le secteur, nous regardons toujours vers l'avenir. Pour des processus optimaux, aujourd'hui et demain.

Système d'analyse de gaz AwiFLEX avec refroidisseur AwiCool intégré.



Désulfuration microbiologique AwiDESULF 500.

BayWa r.e. renewable energy GmbH

Adresse Herzog-Heinrich-Str. 9 · 80336 München
Contact BayWa r.e. renewable energy GmbH
Téléphone +49 (0) 89 - 38 39 32-0
E-mail info@baywa-re.com
Web www.baywa-re.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologies énergie éolienne, géothermie, énergie photovoltaïque, biogaz, technologie de stockage et des réseaux

Application électricité | commerce

Profil fournisseur complet | composants d'installations, gestion d'exploitation, prestations de planification et ingénierie

Parc solaire Great Glemham, Royaume-Uni.

Avec près de 860 collaborateurs, BayWa r.e. compte parmi les premiers fournisseurs du marché des énergies renouvelables. Avec une participation à 100 pour cent de BayWa AG et son siège social à Munich, BayWa r.e. fait office de holding pour toute une série de sociétés dans les domaines de l'énergie solaire et éolienne, la bioénergie et la géothermie. Son expérience de plusieurs années dans le secteur des énergies renouvelables, associée à un éventail d'offres qui couvre les principaux domaines, profite aussi bien aux clients qu'aux partenaires commerciaux. Les principaux marchés en Europe et aux États-Unis sont au cœur de son engagement actuel.

En tant que spécialiste pour le développement, la planification, le financement, la construction, l'exploitation et la maintenance d'installations d'énergies renouvelables, ainsi que pour les activités commerciales autour des énergies renouvelables, BayWa r.e. est un partenaire solide et expérimenté. BayWa r.e. a pour objectif de concilier les exigences techniques et économiques pour chaque nouveau projet et veille à ce que les installations répondent aux exigences les plus élevées et atteignent de bons rendements sur le long terme. La gamme de prestations comprend également des services tels que la maintenance et la réparation des pales de rotor. En tant qu'un des principaux fournisseurs de systèmes d'installations photovoltaïques en Europe, BayWa r.e. livre également tout ce qui est nécessaire à une installation photovoltaïque. Pour cela, seuls des produits de haute qualité sont utilisés.

Développement du projet et livraison clé en main

BayWa r.e. a développé et réalisé des installations éoliennes, solaires, bioénergétiques et géothermiques avec une performance supérieure à 1,8 GW. BayWa r.e. compte parmi ses partenaires des communes, des développeurs locaux, des coopératives énergétiques, mais également des clients institutionnels. En plus du développement et de la réalisation de chaque projet, BayWa r.e. prend également en charge la livraison clé en main des installations en tant que prestations de services pour des tiers. La gamme de prestations comprend :

- Conception Greenfield
- Analyse et évaluation du site
- Sécurisation du terrain
- Plan d'approbation et de réalisation
- Acquisition des matières premières pour les installations biogaz
- Livraison clé en main en tant qu'entrepreneur général
- Gestion de projet
- Préfinancement et financement intermédiaire
- Structuration du projet et du financement
- Rééquipement (Repowering).

Parc éolien Campomaggiore, Italie.

Exploitation

En tant que propriétaire et prestataire de services pour des fonds d'investissement, des banques, des sociétés d'investissement internationales et des coopératives d'énergie citoyennes, BayWa r.e. soutient des projets à énergie éolienne, solaire et bioénergie avec une puissance totale installée de plus de 1 500 MW dans la gestion technique et commerciale. La gamme de services comprend :

- Poste de contrôle multilingue en trois-huit et service d'astreinte 24h/24
- Optimisation de la disponibilité énergétique
- Système de gestion indépendant du fabricant
- Contrôles et lancement immédiat des dépannages
- Inspections visuelles régulières avec appli de service développée en interne
- Travaux de maintenance dans les domaines de la moyenne et haute tensions
- Vérifications BGV A3
- Exploitation pour les installations biogaz
- Gestion des matières premières pour les installations biogaz
- Documentation et établissement de rapports pendant toute la durée du projet
- Exploitation commerciale incluant la gestion des contrats et des parties prenantes, la comptabilité courante, la gestion du budget et des liquidités ainsi que la gestion des assurances
- Représentation et défense des intérêts de l'exploitant.

Maintenance et optimisation de l'installation

En tant que prestataire de services indépendant des fabricants et certifié, BayWa r.e. fournit des prestations de services pour l'optimisation et la maintenance des installations d'énergie éolienne de tous types et classes de puissance :

- Contrôle des pales de rotor
- Maintenance et remise en état des pales de rotor dans le parc éolien
- Réparations/réaménagements dans nos ateliers
- Entreposage et mise à disposition des pales de rechange
- Construction, fabrication et réparation des composants GFK
- Nettoyage et imperméabilisation des pales de rotor
- Nettoyage de la tour et protection contre la corrosion
- Optimisation des pales de rotor et amélioration de la performance de l'installation
- Démontage de l'installation et commercialisation
- Évacuation et recyclage des pales de rotor et des éléments GFK
- Convoi exceptionnel et logistique d'entreposage.

BayWa r.e. renewable energy GmbH

Installation de biogaz Pliening, Allemagne.

Centrale géothermique Dürrnhaar, Allemagne.

Planification et conseil

BayWa r.e. propose des prestations techniques globales de conseil et de planification pour les projets d'énergies renouvelables. La gamme de prestations comprend :

- Expertise Due Diligence
- Gestion de projet
- Expertise du rendement et de l'immission
- Mesures du vent LIDAR
- Études de faisabilité
- Plan et gestion d'approbation
- Plan de réalisation et suivi des travaux.

Commercialisation photovoltaïque

En tant qu'un des principaux fournisseurs de systèmes d'installations photovoltaïques en Europe, BayWa r.e. livre tout ce qui est nécessaire à une installation photovoltaïque. La gamme de prestations et l'offre de services comprennent :

- Sélection de modules solaires, onduleurs et solutions de stockage haute qualité de fabricants renommés
- Systèmes de montage Novotegra et Creotecc développés en interne et certifiés TÜV
- Conseil global en planification et conception d'installations et calculs de rentabilité
- Aide lors du premier montage sur le chantier
- Prestations de services variées pour installateurs et artisans spécialisés
- Programme partenaire pour installateurs avec mesures d'aide à la vente
- Offre de séminaires globale sur des thèmes spécialisés et propres au secteur
- Stockage avec disponibilité élevée et logistique
- Délais de livraison courts et livraison dans les délais impartis directement sur le chantier
- Collaboration commerciale avec des services municipaux, constructeurs de maisons préfabriquées et autres partenaires commerciaux pour l'approche des clients finaux.

Commercialisation directe et commercialisation de l'énergie de réglage

Pour les producteurs d'électricité à partir du vent, du soleil, de la biomasse ou de la géothermie, BayWa r.e. propose la commercialisation de l'électricité EEG dans le cadre du modèle de prime de marché ainsi qu'une participation sur le marché de l'énergie de réglage. BayWa r.e. est un partenaire compétent pour l'intégration d'installations d'énergies renouvelables sur le marché de l'électricité et leur optimisation en matière d'économie d'énergie :

- Commercialisation et structuration de l'électricité à partir d'énergies renouvelables sur les bourses de commerce de l'électricité
- Distribution d'électricité par le biais d'une centrale électrique virtuelle à partir d'installations éoliennes, photovoltaïques, de centrales de cogénération biogaz/biométhane et d'installations hydrauliques et géothermiques
- Suivi et supervision des phases de préqualification pour la participation au marché des énergies de réglage
- Structuration des procédures d'appel d'offres des installations auprès des gestionnaires de réseaux de transmission pour la fourniture d'énergies de réglage
- Application des signaux de réglage des gestionnaires de réseaux de transmission via une centrale électrique pour les capacités fournies.

Commercialisation du biométhane et distribution d'écoénergie

En tant que principal distributeur de biométhane, avec un volume de plus de 1,4 TWh par an, BayWa r.e. est un fournisseur important sur les marchés de la cogénération, de la chaleur et du carburant. De plus, BayWa r.e. fournit des clients privés, de l'artisanat et de l'industrie en électricité et gaz écologiques partout en Allemagne. Des redistributeurs, consommateurs de leur propre électricité ou d'électricité locale profitent des compétences en économie d'énergie de

Parc éolien Gunzenhausen, Allemagne.

BayWa r.e. avec des concepts d'approvisionnement énergétique sur mesure. La gamme de prestations comprend :

- Commercialisation de biométhane à des points de comptage physiques et à des points de commercialisation virtuels sur tous les marchés allemands (bilan séparé également)
- Utilisation des marchés de la cogénération, de la chaleur et du carburant
- Processus de changement de fournisseur, communication de marché et gestion du périmètre
- Commercialisation avec flexibilité concernant le périmètre et gestion des garanties d'origine biométhane dans le registre biogaz dena
- Gamme de produits électricité et gaz écologiques certifiés avec distribution partout en Allemagne.

Solutions d'auto-consommation

L'utilisation directe des sources d'énergies renouvelables éoliennes et solaires est non seulement l'avenir de l'approvisionnement énergétique, mais aussi dans de nombreux cas une alternative économique à l'électricité du réseau pour les grands consommateurs et les ménages. L'approvisionnement électrique se fait directement là où l'énergie est consommée, sans passer par le réseau de transmission long et coûteux et en évitant les pertes élevées durant le transport. Le photovoltaïque est un choix particulièrement judicieux pour diminuer considérablement les frais énergétiques dans les secteurs de l'industrie, du commerce et de l'artisanat.

BayWa r.e propose des solutions tout en un, de l'analyse de faisabilité au financement, en passant par la commercialisation de l'énergie non consommée, et est un partenaire fiable pour les investisseurs, l'industrie et l'artisanat dans tous les aspects de l'auto-approvisionnement électrique.

- Concepts pour l'optimisation de l'auto-consommation des installations éoliennes et solaires
- Modèle de bail et de leasing pour les clients de l'artisanat et de l'industrie
- Offres sur mesure pour les clients privés en collaboration avec les services municipaux
- Développement et mise à disposition de solutions de produits et de distribution sur mesure pour l'électricité et le gaz écologiques autoproduits pour les redistributeurs et les coopératives énergétiques
- Concepts d'auto-approvisionnement avec l'électricité issue des énergies renouvelables sur les réseaux de faible envergure.

Avec l'aide des collaborateurs expérimentés de BayWa r.e., de nombreux clients et partenaires commerciaux ont déjà trouvé la solution optimale pour le succès de leur entreprise. Avec la solidité de BayWa AG, BayWa r.e. est également un partenaire fiable sur le long terme.

Carbotech

VIESMANN Group

Carbotech GmbH

Adresse Natorpstr. 27 · 45139 Essen
Contact Alfons Schulte-Schulze Berndt
Téléphone +49 (0) 201 - 50 70 93 00
E-mail mail@carbotech.info
Web www.carbotech.info

Chaîne de valeur fabricant

Technologie
biogaz
Application mobilité, chaleur | industrie
Profil fabricant | systèmes de traitement du gaz

Installation de traitement de biogaz à Sofielund (Suède), 2 000 Nm³/h.

Pionnier dans le traitement du gaz

Schmack Carbotech est une entreprise du Groupe Viessmann, leader dans le domaine du traitement du biogaz et qui a plus de 30 ans d'expérience dans le domaine du développement, de la construction et du montage d'installations clés en main. La technique de traitement du gaz qu'elle a elle-même développée est basée sur le principe de l'adsorption modulée en pression (PSA).

Son expérience basée dans plus de 70 installations dans toute l'Europe, conjuguée à la poursuite permanente de son développement, garantit un processus hautement efficace, avec des coûts d'exploitation très faibles en comparaison avec les autres méthodes de traitement.

Technologie fiable et efficace

Schmack Carbotech est spécialisée dans le biogaz et le gaz de décharge, et s'occupe du traitement du gaz qui sera injecté dans le réseau ou utilisé comme carburant automobile (GNV).

Carbotech propose par ailleurs des solutions globales dans le domaine des processus industriels d'épuration et de traitement du gaz dans les segments azote, hydrogène, gaz de décharge et gaz de synthèse. Le procédé d'adsorption modulée en pression, développé et breveté par Carbotech, se distingue par son faible besoin en énergie.

Aperçu de l'intérieur d'une installation de traitement de gaz.

CUBE Engineering GmbH

Adresse Breitscheidstr. 6 · 34119 Kassel
Contact Andre Niederheide
Téléphone +49 (0) 561 - 28 85 73 10
E-mail kassel@cube-engineering.com
Web www.cube-engineering.com

Chaîne de valeur fournisseur de services

Technologies énergie éolienne, énergie photovoltaïque, biogaz
Application électricité, chaleur | Interdisciplinaire
Profil consultant, expert | gestion énergétique, systèmes de cogénération (CCF), prestations de planification et ingénierie

Experts en énergies renouvelables.

THINKING OUTSIDE THE BOX

CUBE propose une gamme de prestations de conseil transversales dans les secteurs VENT, SOLAIRE et SMART POWER. L'intégration des énergies fluctuantes dans les systèmes d'approvisionnement existants et leur interaction utilisent les effets synergiques de ces technologies. Toutes les solutions interdisciplinaires proposées émanent de chez CUBE, qui s'oriente toujours en fonction des évolutions du marché et de la technologie. L'entreprise accréditée selon la norme DIN EN ISO / CEI 17025:2005 a accompagné avec succès plus de 4 800 projets d'une capacité totale installée de plus de 16 300 MW dans le monde entier.

Consultation en gestion
Profils de pays, développement Greenfield, Due Diligence.

Planification & gestion de projet
Appel d'offres & attribution, choix du site, évaluation tech. du projet, plan d'approbation, suivi des travaux, étude de faisabilité.

Expertise de vent
Expertise de vent, cartes du potentiel venteux, choix du site, LiDAR, expertise de rendement, campagnes de mesure du vent, modélisation CFD, estimation préalable.

Expertise d'ensoleillement
Prévisions de rendement, cartes d'ensoleillement, campagnes de mesure, analyses de perte.

Assessment de l'environnement
Pronostics d'immissions sonores, analyses de projections d'ombre, visualisation & animation, analyse de visibilité, études de protection des monuments, expertise de chute de glace, effet perturbateur optique.

Réseaux électriques
Analyse de perte électrique, pose de câbles, vérification du raccordement au réseau.

Énergie intelligente
Analyse d'énergie dynamique intégrale, production autonome d'électricité, installations de méthanisation/centrales de cogénération, efficience et gestion énergétiques, couplage chaleur-force.

DIVE Turbinen GmbH & Co. KG

Adresse Am Grundlosen Brunnen 2 · 63916 Amorbach
Contact Christian Winkler
Téléphone +49 (0) 9373 - 974939
E-mail winkler@dive-turbine.de
Web www.dive-turbine.de

Chaîne de valeur fabricant

Technologie ■ énergie hydraulique
Application électricité | producteur d'énergie
Profil fournisseur complet | centrales hydroélectriques

Turbines DIVE prémontées prêtes pour la livraison.

DIVE Turbinen GmbH & Co. KG se positionne sur la fourniture de solutions techniques pour les petites centrales hydroélectriques et en particulier sur le développement et la commercialisation de la turbine DIVE. Tous les composants des turbines sont fabriqués dans le site d'Amorbach, à environ une heure au sud de Francfort-sur-le-Main. Un grand nombre de turbines DIVE est déjà en opération à travers le monde. Si besoin, DIVE Turbinen GmbH & Co. KG peut aider ses clients dans les procédures de financement et d'obtention des autorisations. Ceci comprend la planification et le développement de centrales hydroélectriques avec toute la documentation pertinente en mécanique de fluides et sur toute sorte d'aspects écologiques.

La turbine DIVE est une turbine pour les faibles hauteurs de chute (2 à 25 m) offrant une puissance de 50 à 2 000 kW par turbine. L'unité complète, composée d'une turbine et d'un générateur, fonctionne entièrement sous l'eau avec un système unique d'étanchéité, à vitesse variable, de manière silencieuse résistant à l'usure et ne nécessitant aucune maintenance. Il convient de souligner qu'un générateur à aimant permanent et à haut rendement est directement connecté au rotor de la turbine sans multiplicateur de vitesse. Ces propriétés permettent de réduire considérablement les coûts de construction de l'ensemble de la centrale ainsi que les risques et les coûts de fonctionnement au minimum. Parallèlement, elles garantissent un haut rendement de l'ensemble de l'installation, de l'eau jusqu'au réseau électrique. De plus, les pales robustes et fixées sur le moyeu sans interstice, ainsi que l'entraînement de la turbine à vitesse variable, garantissent un fonctionnement de la centrale sans danger pour les poissons.

Mise en place d'une unité générateur/turbine avec 900 kW.

EnviTec Biogas AG

Adresse Boschstr. 2 · 48369 Saerbeck
Contact Katrin Selzer
Téléphone +49 (0) 2574 - 88 88-0
E-mail info@envitec-biogas.com
Web www.envitec-biogas.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie
biogaz

Application électricité, chaleur | agriculture, communes et industrie

Profil fournisseur complet | technologie d'installations, installations de biogaz, prestations de planification et ingénierie

L'installation de traitement du gaz EnviThan de Oxfordshire, en Angleterre, produit 370 Nm³ de biométhane par heure.

Énergie renouvelable issue d'installations de méthanisation et d'installations de traitement du biogaz

L'entreprise EnviTec Biogas AG, fondée en 2002, et dont le siège se trouve à Lohne (Basse-Saxe) est présente dans 16 pays répartis à travers le monde. EnviTec fait partie des entreprises leaders dans le segment de la construction d'installations de méthanisation clés en main et a déjà installé à l'échelle internationale plus de 370 MW et 600 modules, y compris des installations de méthanisation agricoles et des installations Waste-to-Energy. En 2014, l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaires de 163,4 millions d'euros et un bénéfice avant intérêts et impôts de 6,3 millions d'euros. Le groupe EnviTec emploie actuellement environ 350 collaborateurs au total. Depuis juillet 2007, EnviTec Biogas est cotée à la Bourse de valeurs de Francfort.

EnviTec Biogas couvre la chaîne complète de création de valeur en termes de production de biogaz et de biométhane : l'entreprise propose la conception et la construction clés en main d'installations de méthanisation et de traitement de gaz naturel et leur mise en service. L'entreprise se charge, sur demande, d'assurer un service d'analyse biologique et technique, et propose en outre la gestion complète de l'installation et de son exploitation. EnviTec exploite également ses propres installations de méthanisation. En 2011, EnviTec Energy GmbH & Co. et sa filiale EnviTec Stromkontor GmbH & Co. ont élargi le champ d'activité à la commercialisation directe de biométhane traité, ainsi qu'à la commercialisation d'énergie verte et d'énergie de réglage.

Installation de méthanisation Waste-to-Energy de 250 kW à Kishiwada/Osaka, Japon.

KOSTAL Solar Electric GmbH

Adresse Hanferstr. 6 · 79108 Freiburg i. Br.
Contact Sales Team
Téléphone +49 (0) 761 - 477 44-100
E-mail sales-solar@kostal.com
Web www.kostal-solar-electric.com
Chaîne de valeur fabricant

Technologies ■ ■
énergie photovoltaïque, technologie de stockage et des réseaux
Application électricité | commerce
Profil vendeur, fabricant | système solaire domestique, technologies de stockage, onduleur

Génération PIKO : encore plus flexible, plus communicative et plus maniable.

Raccordements intelligents pour l'énergie de demain

L'entreprise KOSTAL Solar Electric a été fondée en 2006 sous le giron de KOSTAL Industrie Elektrik et fait partie du groupe KOSTAL, un équipementier automobile très présent sur la scène mondiale. Avec son siège à Fribourg et des filiales sur différents marchés internationaux, KOSTAL Solar Electric commercialise ses onduleurs PIKO à l'international.

La philosophie « Smart connections », avec les avantages concurrentiels de la famille KOSTAL, les partenariats, un mode de pensée axé sur la qualité et des programmes tournés vers l'avenir, trouve son écho dans les contacts avec les partenaires et les clients ainsi que dans la vaste gamme de produits. Celle-ci englobe les systèmes de stockage PIKO BA System ainsi que les onduleurs à 1 et 3 phases dans les catégories de puissance de 3 à 20 kW.

Les solutions de stockage innovantes de KOSTAL disposent de nombreuses caractéristiques permettant une utilisation rationnelle et efficace de l'énergie. Elles permettent de régler si le courant est consommé à des fins domestiques, stocké ou injecté dans le réseau public. Outre le système avec batterie gel plomb, il existe aussi le PIKO BA System Li, récompensé par l'ees AWARD 2015, avec batterie lithium-plomb-phosphate, un concept convainquant de sécurité à trois phases. Avec son système modulaire, il apporte des réponses à presque toutes les exigences de la clientèle.

Avec la nouvelle génération d'onduleurs PIKO, KOSTAL fait un pas de plus vers l'avenir. L'amélioration des avantages produit (flexibilité, communication et maniabilité) ainsi que les nombreux équipements permettent d'offrir une solution pour presque chaque type d'installation PV.

Système de stockage PIKO BA System Li – vainqueur 2015 du prix ees AWARD.

LAMBION Energy Solutions GmbH

Adresse Auf der Walme 1 · 34454 Bad Arolsen
Contact Ralf Baues
Téléphone +49 (0) 5691 - 8070
E-mail office@lambion.de
Web www.lambion.de

Chaîne de valeur fournisseur d'équipement

Technologie ■ biomasse solide
Application électricité, chaleur | industrie manufacturière, industrie, communes
Profil fabricant | systèmes de chauffage, centrales, systèmes de cogénération (CCF)

Centrale électrique à biomasse de la société LAMBION Energy Solutions GmbH.

Solid fuel energy

Depuis plus de 90 ans, LAMBION Energy Solutions GmbH conçoit et construit des installations énergétiques individuelles en vue du recyclage de combustibles solides et de résidus biogènes dans les catégories de puissance 1 à 50 MWth.

LAMBION utilise les ressources naturelles de manière durable et conséquente, elle pose des jalons dans les domaines du développement et de la construction en ayant recours aux technologies les plus modernes pour les chauffages à combustibles solides.

Avec plus de 3 400 installations de biomasse réalisées dans le monde entier, notre société jouit d'une vaste expérience tant en matière d'économie que d'écologie, avec près de 100 combustibles solides différents.

Centrales électriques et centrales thermiques à biomasse de 1 à 50 MWth

Les installations de biomasse LAMBION sont des producteurs d'énergie aménagés en fonction des besoins individuels.

Le concept spécial de combustion LAMBION tient compte des propriétés chimiques et physiques des résidus biogènes de toutes sortes, du pépin de pomme à la canne à sucre. La particularité de ce concept réside dans le fait que les combustibles naturels, aux propriétés différentes, qu'ils soient secs ou humides, grossiers ou fins, peuvent être brûlés en même temps et transformés en énergie.

Nous concevons, développons et fabriquons des installations énergétiques efficaces de 1 à 50 MWth pour près de 100 biomasses solides différentes. De préférence, en incluant l'ensemble de la périphérie.

LAMBION mise sur la durée et la durabilité dans l'exploitation des installations ; les installations à biomasse de LAMBION consomment peu d'énergie pour leur fonctionnement, requièrent peu de maintenance et sont simples à utiliser. Grâce à leur technique robuste fabriquée en Allemagne, elles ont une durée de vie qui dépasse souvent 30 ans.

LIPP GmbH

Adresse Industriestr. 27 · 73497 Tannhausen
Contact Karin Lipp-Mayer
Téléphone +49 (0) 7964 - 90 03 0
E-mail info@lipp-system.de
Web www.lipp-system.de
Chaîne de valeur fabricant

Technologie ■ biogaz
Application électricité, chaleur | agriculture et communes
Profil fabricant | technologie d'installations, installations de biogaz, construction de réservoirs

Installation agricole de méthanisation de 600 kW à Tannhausen.

Réservoirs et solutions systèmes pour installations de méthanisation – flexibilité et efficience

LIPP GmbH est une entreprise familiale présente au niveau mondial. Cette réussite repose sur le système unique à double feuillure LIPP qui forme automatiquement des bandes d'acier et les assemble durablement. Le matériau composite en acier inoxydable VERINOX, breveté et fabriqué par la société, garantit la plus haute qualité et la durabilité du digesteur à biogaz à prix bas.

LIPP propose deux types de digesteurs

1. Le réacteur LIPP KomBio, avec capot de stockage de gaz intégré d'une capacité pouvant atteindre 2 500 m³.
2. Le digesteur universel LIPP, avec toit membranaire en acier inoxydable ou toit en textile pour 5 000 m³ et plus.

Aperçu des avantages de LIPP

- Fabrication sur place, rapide et automatique
- Besoin de place limité pendant le montage
- Même qualité élevée partout dans le monde
- Flexibilité au niveau du diamètre, de la hauteur et de la couverture
- Longue durée de vie
- Faibles coûts d'investissement.

En tant que spécialiste des digesteurs et des réservoirs, et en tant que partenaire pour la conception et l'installation de petites et grandes installations, Lipp est toujours le bon choix. Avec le système LIPP à double feuillure, LIPP GmbH fabrique des digesteurs à biogaz, des post-digesteurs, des réservoirs de mélange à hydrolyse et des centres de stockage ainsi qu'un grand nombre d'autres réservoirs de stockage pour fluides, gaz et vrac.

En plus des solutions de réservoirs, LIPP GmbH offre à ses clients et partenaires du monde entier des prestations de planification et un savoir-faire dans la conception d'installations de méthanisation. L'expérience de dizaines d'années dans le domaine de la méthanisation et de la construction de réservoirs constitue une base solide et un grand avantage.

Digesteur KomBio et post-digesteur universel.

Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH

Adresse Aquafinstr. 15 · 32760 Detmold
Contact Joachim Eggers
Téléphone +49 (0) 5231 - 95 55-0
E-mail info@nolting-online.de
Web www.nolting-online.de
Chaîne de valeur fabricant

Technologie
biomasse solide
Application chaleur | industrie
Profil fabricant | systèmes de chauffage

Exemple d'installation : foyer à grille d'avancement automatique avec filtre à particules fines.

Installations de combustion pour biomasse et pellets

Depuis plus de 65 ans, Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH propose des solutions écologiques de haute qualité pour la combustion de biomasse dans une plage de puissance de 50 à 3 000 kW. Ces produits de qualité sont fabriqués et pris en charge de A à Z par les 55 collaborateurs de notre usine de Detmold. De l'analyse des combustibles au calcul de rentabilité jusqu'à la réception et la maintenance, nous mettons à votre disposition notre compétence, notre longue expérience et notre propre service après-vente.

Avec une part des exportations de près de 40 pour cent, nous fournissons une grande variété de secteurs tels que le traitement et la transformation du bois, les bâtiments communaux, l'artisanat, l'industrie, l'agriculture et l'horticulture.

La gamme de produits comprend des chaudières à bois à alimentation manuelle, des foyers à propulsion inférieure ou à grille d'avancement automatique, des filtres à particules fines, des solutions pour containers, des foyers à combustion spéciaux, des extracteurs de silo, des systèmes de transport ainsi que tous les accessoires et composants connexes. Nos collaborateurs expérimentés vous soutiennent dans la planification, pour vous aider à trouver la solution adéquate pour le meilleur concept global. La fabrication personnalisée permet de concevoir le type et l'équipement des foyers en fonction des besoins de chacun. Nolting peut réagir à des conditions problématiques (combustibles de qualité difficile, petits locaux de chauffage) et répondre à des souhaits particuliers en proposant des solutions sur mesure.

Ossberger GmbH + Co

Adresse Otto-Rieder-Str. 7 · 91781 Weissenburg
Contact Holger Franke
Téléphone +49 (0) 9141 - 977-0
E-mail info@ossberger.de
Web www.ossberger.de

Chaîne de valeur fabricant

Technologie ■ énergie hydraulique
Application électricité | divers
Profil fabricant, développeur de projets | technologie de mesure, commande et régulation, centrales hydroélectriques, systèmes de dégrillage

Installation prémontée de 3,4 MW destinée à la Turquie, devant l'un des halls de production Ossberger.

Plus de 100 ans d'expertise dans l'énergie hydraulique

C'est à ses plus de 100 ans d'histoire que l'entreprise Ossberger GmbH + Co, établie à Weißenburg en Bavière, doit sa grande expérience dans les trois domaines **petite hydraulique** (turbines à impulsion radiale, dégrillage et automatisation), **nettoyage de pièces** (« Coli-Cleaner ») et **machines d'injection-soufflage** (« Pressblower »).

Le développement de la **turbine à jet libre OSSBERGER** par le fondateur de l'entreprise Fritz Ossberger en 1922 forme la base du succès de l'entreprise. Les **turbines originales OSSBERGER® à impulsion radiale,** produites à plus de 10 000 unités et installées dans une centaine de pays, disposent d'une puissance comprise entre quelques kilowatts et actuellement 3,5 MW.

Ossberger Hydro est représentée dans une cinquantaine de pays dans le monde entier.

Constituées de composants individuels standardisés, les turbines originales OSSBERGER® à impulsion radiale sont configurées en fonction du projet et des aspects économiques pour composer une installation sur mesure.

Avec seulement trois parties mobiles, elles suivent le principe de simplicité mis en pratique par Ossberger et s'adaptent parfaitement aux débits variables. C'est la raison pour laquelle elles conviennent à une utilisation comme machines individuelles dans des centrales au fil de l'eau. Elles fonctionnent à partir d'une charge presque nulle jusqu'à pleine charge et ont déjà résisté à de multiples reprises aux conditions les plus difficiles.

La gamme hydraulique Ossberger est complétée par des solutions d'automatisation ainsi que par des systèmes de dégrilleurs stationnaires et mobiles, indispensables pour l'augmentation de la rentabilité des centrales hydroélectriques, quelle que soit leur taille.

Vue éclatée de la turbine originale OSSBERGER® à impulsion radiale.

Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG Hiross Zander Filtration Division

Adresse Im Teelbruch 118 · 45219 Essen
Contact Steven Scott
Téléphone +49 (0) 191 - 402-9688
E-mail steven.scott@parker.com
Web www.parker.com/hzfd
Chaîne de valeur fabricant

Technologie
biogaz
Application électricité | industrie
Profil fabricant | composants d'installations, technologie d'installations, réfrigération

Système d'adsorption régénératif sans perte pour sécher du biométhane.

Système de déshumidification de biogaz avec refroidisseur, dénébulisateur et rafraîchisseur d'eau.

Parker PpTek Système régénérable de séparation des siloxanes de Parker PpTek.

Parker est connu comme l'un des principaux fournisseurs de solutions de nettoyage du biogaz et propose la plus large gamme de produits pour le traitement du biogaz, en se basant sur plus de 40 ans d'expérience dans les domaines du traitement de l'air comprimé et du gaz.

Ses applications typiques sont la filtration, la déshumidification, la désulfuration et l'élimination des hydrocarbures siloxanes/volatils de biogaz, ainsi que les gaz de décharge et d'épuration.

La gamme de Parker BioEnergy comprend, entre autres, les produits suivants :

- Systèmes PpTek régénérateurs entièrement automatiques pour l'élimination des siloxanes et composés organiques volatils
- Systèmes de lavage à sec pour l'élimination des hydrogènes sulfurés (avec une efficacité plus de 10 fois supérieure à celle des systèmes au charbon actif)
- Systèmes complets de déshumidification du biogaz (montés sur un châssis, entièrement câblés)
- Filtres à haute efficacité pour le biogaz brut et le biométhane (filtre à particules et coalescent)
- Refroidisseurs (avec traitement spécial pour une utilisation dans les installations de biogaz)
- Échangeurs thermiques tubulaires (refroidisseurs de gaz et réchauffeurs)
- Séparateurs d'eau (versions cyclone et désembuage)
- Sécheurs par adsorption régénérants et à haute efficacité (pour le biogaz et le méthane, versions PSA et TSA)
- Adsorbeurs de vapeur d'huile (pour l'élimination des hydrocarbures)
- Filtres pour l'élimination des bactéries et micro-organismes.

Refroidisseur Hypercool BioEnergy.

L'hyperfiltre BioEnergy FFB a été spécialement fabriqué pour assurer la protection maximale d'installations et de tuyaux en aval ainsi que pour réduire les coûts d'entretien et les temps de défaillance des installations.

ProfEC Ventus GmbH

Adresse Im Ofenerfeld 23 · 26127 Oldenburg
Contact Andreas Jansen / Mathias Hoelzer
Téléphone +49 (0) 4421 - 20 90 89-0
E-mail info@profec-ventus.com
Web www.profec-ventus.com
Chaîne de valeur fournisseur de services

Technologies ■ ■
énergie éolienne, technologie de stockage et des réseaux
Application électricité | industrie
Profil consultant, expert | prestations de planification et ingénierie, installations éoliennes, calibrage MEASNET/IEC accrédité d'anémomètres & anémoscopes, mesures du vent et études de rentabilité

Mesures des courbes de rendement et vérifications de performance.

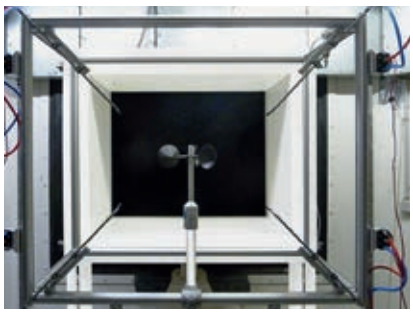
Services d'installation autorisés et documents de projets destinés à mesurer des mâts jusqu'à 155 m.

closer, committed, competitive

ProfEC Ventus est un bureau d'expertise et de consultation accrédité par DAkkS-ilac et spécialisé dans les mesures du vent (avec des mâts jusqu'à 155 m et LIDAR), la mesure et la vérification des courbes de rendement, les évaluations de site, les évaluations de turbulences, les mesures du vent (FGW TR6 rév. 9), les cartes du vent (CFD, échelle mésoscopique et microscopique), le calibrage d'anémomètres & anémoscopes conformément à MEASNET et IEC, etc.

Notre principe est d'accroître la sécurité lors de la planification, d'identifier et de minimiser les risques et de déterminer les incertitudes et les pertes éventuelles. Nous proposons une large gamme de prestations de services afin de évaluer des informations précieuses et de prendre les décisions essentielles d'investissement et de planification relatives au projet de manière fiable. Nos procédures et processus sont conformes aux normes industrielles et représentent les **best practices** reconnues dans le monde entier et s'inspirent des dernières découvertes. Notre accréditation en tant que laboratoire de calibrage et de contrôle selon la norme ISO 17025 est la preuve de l'acceptation de notre travail auprès des banques et des investisseurs à travers le monde. Avec nos prestations de services expertes, nous répondons aux exigences internationales et aux attentes des développeurs de projets, gouvernements et organismes publics, banques/investisseurs et fabricants de turbines éoliennes. Notre expertise a été appliquée dans plus de 30 pays, principalement dans les industries et sur les marchés leaders de l'énergie éolienne, ainsi que sur des marchés émergents ou difficiles comme la Papouasie-Nouvelle-Guinée, la Corée du Nord ou le Honduras. Nous accompagnons les projets éoliens dès la première idée et la recherche du site idéal, jusqu'à l'optimisation des fermes éoliennes, l'augmentation de la performance ainsi que l'analyse des problèmes sur le parc éolien existant, en passant par le calibrage des systèmes de mesure, les évaluations des ressources et les mesures de performance.

Nous proposons des prestations de services accréditées et vous conseillons partout dans le monde en tant qu'owners, lenders/banks engineer ou en tant qu'expert indépendant.



Calibrage des anémomètres et anémoscopes selon les normes MEASNET et IEC.

Renewables Academy AG (RENAC)

Adresse Schönhauser Allee 10/11 · 10119 Berlin
Contact Manolita Wiehl
Téléphone +49 (0) 30 - 52 68 958-70
E-mail info@renac.de
Web www.renac.de

Chaîne de valeur fournisseur de services

Technologies énergie éolienne, énergie hydraulique, énergie photovoltaïque, thermie solaire, biogaz, biomasse solide, technologie de stockage et des réseaux,

Application électricité, chaleur | particuliers, entreprises, institutions, organisations, établissements de formation, etc.

Profil organisme de formation | formation initiale et continue

Formation PV dans le centre de formation RENAC à Berlin.

Renewables Academy AG (RENAC), dont le siège se trouve à Berlin, est un fournisseur international leader de formations et de compléments d'apprentissage ainsi que de nombreuses prestations de services autour du thème de la formation en matière d'énergies renouvelables et d'efficience énergétique.

De par sa spécialisation dans le secteur de la production d'énergie durable, RENAC est en mesure de transmettre une expertise dans une large gamme de technologies, entre autres le photovoltaïque, la thermie solaire, les centrales solaires thermiques, l'énergie éolienne, la bioénergie, les petites centrales hydrauliques, les systèmes hybrides, les réseaux électriques et l'efficience énergétique.

Depuis sa fondation en 2008, RENAC a formé 5 800 participants de 145 pays différents.

RENAC propose des formations sur mesure avec des contenus extraits de l'ensemble de la chaîne de création de valeur : depuis la création des conditions-cadre politiques jusqu'à la rentabilité et le financement d'installations équipées de techniques énergétiques en passant par l'ingénierie, l'installation et la maintenance.

En plus des formations, RENAC apporte son appui à d'autres institutions ou entreprises pour l'organisation et la réalisation de leurs propres formations sur les énergies renouvelables, qu'il s'agisse de séminaires de courte durée, de perfectionnement professionnel ou de formation universitaire.

Les services comprennent l'identification du besoin de formation, le développement des curricula et des matériels de formation, la qualification du personnel enseignant dans les séminaires Train-the-Trainer, l'aménagement de centres de formation clés en main ainsi que les services-conseils sur le thème de la pénétration sur le marché.

sbp
schlaich
bergermann partner

sbp sonne gmbh

Adresse Schwabstr. 43 · 70197 Stuttgart
Contact Melanie Bagi
Téléphone +49 (0) 711 - 64 87 10
E-mail solarinfo@sbp.de
Web www.sbp.de
Chaîne de valeur fournisseur de services

Technologies ■ ■
thermie solaire, centrales solaires thermiques
Application électricité | industrie
Profil consultant, développeur de projets | centrales solaires thermiques

Centrale à gouttières cylindro-paraboliques 50 MW Andasol avec capteur Eurotrough (reprise d'air).

Depuis plus de 30 ans, la société schlaich bergermann partner développe des composants et systèmes pour les centrales solaires thermiques.

Nous sommes aujourd'hui un bureau d'ingénieurs leader dans le domaine des capteurs à gouttières cylindro-paraboliques, des héliostats, des centrales solaires à tour, installations Dish-Stirling et systèmes PV à concentration.

Avec nos partenaires, nous planifions et réalisons avec succès des projets de grande envergure. Dans une grande partie des centrales à gouttières cylindro-paraboliques que nous étudions actuellement nous utilisons le capteur Eurotrough, récompensé par le SolarPACES Technology Innovation Award et que nous avons développé en exclusivité. Le tout dernier produit que nous avons mis au point est l'héliostat « Stellio » pour lequel nous avons réussi à combiner une meilleure qualité aux prix les plus bas.

Par ailleurs, nous développons depuis plus de 20 ans des systèmes Dish-Stirling qui ont déjà été exploités dans le monde entier.

- Planification de capteurs et du champ solaire pour les centrales à gouttières cylindro-paraboliques et les centrales solaires à tour.
- Conception complète et planification (hors moteur Stirling/module PV) des systèmes Dish-Stirling et des systèmes CPV.

Nous couvrons toutes les étapes du développement en termes de planification et d'études d'ingénierie lors de la construction de centrales électriques raccordées : depuis l'idée, en passant par les études de faisabilité, la planification et la construction des premiers prototypes, jusqu'à l'établissement des documents de construction, le suivi de la fabrication, de la construction et la mise en service. Ceci comprend ainsi tous les calculs optiques, la conception des structures ainsi que les systèmes d'entraînement et de commande.

Parabolic Trough Testloop, Ultimate Trough®, Californie, États-Unis.

Schmack Biogas GmbH

Adresse Bayernwerk 8 · 92421 Schwandorf
Contact Michael Groth
Téléphone +49 (0) 9431 - 751-0
E-mail info@schmack-biogas.com
Web www.schmack-biogas.com
Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie
biogaz
Application électricité, mobilité, chaleur | industrie
Profil fournisseur complet | composants d'installations, gestion d'exploitation, installations de biogaz

Installation de méthanisation à Stausebach, Allemagne.

Fournisseur d'installations de méthanisation à haute efficacité

Schmack Biogas GmbH, à Schwandorf, est l'un des premiers fournisseurs allemands d'installations de méthanisation. Depuis 1995, l'entreprise établit des standards pour des installations de méthanisation à efficacité et rendement élevés. La gamme comprend des systèmes dans une plage de puissance de 50 kW pour les installations compactes et jusqu'à 20 MW pour des installations d'injection de gaz. À l'échelle mondiale, 450 installations ont été construites dans 18 pays. Depuis janvier 2010, Schmack Biogas est une entreprise du groupe Viessmann.

Technologies et processus innovants

La gamme de prestations englobe la chaîne complète de création de valeur de la méthanisation : depuis le développement du projet jusqu'à la gestion des matières premières et de l'exploitation, en passant par l'ingénierie. En plus du support technique, son point fort est un service complet de microbiologie. Disposer de son propre laboratoire de recherche et de développement permet d'identifier et de mettre en avant les potentiels d'efficacité dans le domaine de la biologie de processus.

Spécialiste de la fermentation humide et à sec

Avec des solutions systèmes pour la fermentation humide et à sec, Schmack Biogas couvre le domaine complet des technologies de fermentation. En utilisant des composants de haute qualité de sa propre fabrication, en particulier dans les secteurs de la technique de brassage et d'introduction, Schmack offre des solutions systèmes optimisées en termes de procédés et d'énergie. Schmack Biogas est également active sur les marchés internationaux et largement représentée à l'international avec des filiales en Italie, aux États-Unis et au Royaume-Uni.

Des composants de propre fabrication.

inter solar connecting solar business | EUROPE

Solar Promotion GmbH

Adresse Kiehnlestr. 16 · 75172 Pforzheim
Contact Horst Dufner
Téléphone +49 (0) 7231 - 58 59 8-0
E-mail info@intersolar.de
Web www.intersolar.de
Chaîne de valeur fournisseur de services

Technologies ■ ■ ■
énergie photovoltaïque, thermie solaire, technologie de stockage et des réseaux
Application électricité, mobilité, chaleur | fabricants, fournisseurs, grossistes, prestataires de services et partenaires de l'industrie solaire
Profil autres | salons, événements

Le plus grand salon mondial de l'industrie solaire

Avec des événements organisés sur quatre continents, Intersolar est le salon mondial de référence pour l'industrie solaire et ses partenaires. Elle met en relation les hommes et les entreprises du monde entier avec pour objectif, l'augmentation de la part du solaire dans l'approvisionnement énergétique. Avec plus de 20 ans d'expérience, nous ouvrons des marchés, fournissons l'expertise et créons des liens : Connecting Solar Business !

Intersolar Europe

Intersolar Europe, le plus grand salon mondial pour l'industrie solaire et ses partenaires, qui a lieu chaque année à Munich, met l'accent sur les domaines du photovoltaïque, de la technique de production PV, des systèmes de stockage d'énergie et de la chaleur régénérative. Depuis sa création, elle s'est imposée auprès des fabricants, fournisseurs, grossistes, prestataires de services et partenaires de l'industrie solaire en tant que principale plateforme de la branche. Intersolar Europe 2016 aura lieu du 22 au 24 juin à Munich.

En 2016 se tiendra également à nouveau, parallèlement à Intersolar Europe, le plus grand salon d'Europe consacré aux batteries et aux systèmes de stockage d'énergie. ees Europe couvre la chaîne complète de création de valeur des techniques innovantes de batteries et de stockage d'énergie. Ensemble, ces deux salons sont la plateforme leader pour les systèmes de stockage en combinaison avec le photovoltaïque. En 2015, Intersolar Europe et ees Europe ont attiré plus de 1 000 exposants internationaux et plus de 38 000 visiteurs spécialisés.

Les conférences Intersolar Europe et ees Europe, qui se tiennent en marge, permettent d'approfondir les thèmes du salon. En 2015, plus de 1 500 participants se sont informés sur les thèmes actuels de la branche.

Un stand qui a attiré de nombreux visiteurs à Intersolar Europe 2015.

Un visiteur d'Intersolar Europe 2015 inspiré par un module solaire.

Rencontrez les fabricants, fournisseurs, grossistes, prestataires de services et partenaires de l'industrie solaire.

La plateforme internationale de l'industrie solaire – des visiteurs de 165 pays et des exposants de 42 pays.

inter solar
connecting solar business

DISCOVER THE WORLD OF INTERSOLAR

Intersolar Europe | Munich | June 22–24, 2016
Intersolar North America | San Francisco | July 12–14, 2016
Intersolar South America | São Paulo | August 23–25, 2016
Intersolar Middle East | Dubai | September 19–21, 2016
Intersolar India | Mumbai | October 19–21, 2016
Intersolar Summits | Worldwide

Discover the World's Leading
Exhibition Series for the Solar Industry
www.intersolarglobal.com

SOLAR-RIPP®

Adresse Postfach 1148 · 53475 Sinzig
Contact A. Appel
Téléphone +49 (0) 2642 - 98 14 81
E-mail info@solarripp.com
Web www.solarripp.com
Chaîne de valeur fabricant

Technologie ■ thermie solaire
Application chaleur | exploitants de piscines
Profil fabricant | chauffage solaire

493 m² SOLAR-RIPP® sur toit plat à Gran Canaria.

Chauffage solaire pour piscine

Située à 20 km au sud de Bonn, cette entreprise de Rhénanie-Palatinat se consacre au développement, à la fabrication et à la commercialisation de la technique solaire pour piscines SOLAR-RIPP®. Outre les nombreuses tailles d'absorbeurs standard, la firme est également spécialisée dans les solutions sur mesure en fonction des données de construction du client (toit plat, toit pentu, mur, clôture, pergola, sol,...). Forte de plus de 20 années d'expérience et de ses nombreux pays d'exportation (40), SOLAR-RIPP® fait partie des pionniers et des entreprises leaders dans ce secteur.

L'objectif premier de cette technique de chauffage solaire est de pouvoir transporter de très grandes quantités de chaleur dans l'eau de la piscine pour atteindre des températures de l'ordre de +30 °C. Des solutions produit sont proposées pour chauffer au solaire depuis les petites piscines privées jusqu'aux grandes piscines communales et d'hôtels. La thermie solaire permet d'atteindre des degrés d'efficacité exceptionnels de plus de 80 pour cent. De nombreux défis techniques doivent être relevés, parmi lesquels la résistance du matériel au sel, au chlore et au rayonnement UV alors que la durée de vie des installations est très longue. Avec ce type de technique solaire, l'énergie solaire passe directement dans l'eau de piscine à réchauffer sans nécessiter d'échangeur de chaleur supplémentaire dans le système de tuyaux hydrauliques. La présence d'une surface striée multiplie par 3,2 la superficie totale de l'échangeur de chaleur. Le coût avantageux de cette variante de thermie solaire peut favoriser une durée d'amortissement d'à peine 3 à 5 ans.

SOLAR-RIPP® Absorbeur solaire pour chauffage solaire pour piscine.

s-power Entwicklungs- und Vertriebs GmbH

Adresse Industriestr. 24 · 49716 Meppen
Contact Nina Maass
Téléphone +49 (0) 5931 - 88 38 80
E-mail info@s-power.de
Web www.s-power.de
Chaîne de valeur fabricant

Technologie
thermie solaire
Application chaleur | industrie
Profil fournisseur complet | prestations de planification et ingénierie, chauffage solaire, accessoires

Solutions spécifiques aux secteurs/exemples d'installations avec tubes sous vide complet.

Solutions spécifiques aux secteurs avec capteurs tubulaires sous vide complet

La société s-power est une entreprise spécialisée dans le domaine de la solaire thermique, active dans le monde entier. Le fondateur et directeur général, Günter Schaffron, est l'inspirateur et l'initiateur du tube sous vide complet de solaire thermique NARVA et de son design.

100 pour cent Made in Germany

Partout dans le monde, s-power propose des mesures pour répondre aux besoins constants en matière de qualité et d'efficacité grâce à ses produits haut de gamme et son savoir-faire spécialisé.

Solutions individuelles spécifiques aux secteurs

Deutsche Telekom AG, l'institut Fraunhofer, des hôtels de luxe, l'industrie agro-alimentaire, de l'automobile et de nombreuses références de l'industrie et de l'artisanat mettent nos compétences à l'honneur. Qu'il s'agisse de chaleur/refroidissement industriel, d'eau chaude, de chauffage, de piscine ou de climatisation solaire, s-power offre des solutions individuelles spécifiques aux secteurs de l'industrie, de l'artisanat et de la construction de logements privés. Conseil, planification, fabrication et accompagnement tout en un.

Vide complet au lieu du vide « partiel »

À la différence de leurs concurrents, les tubes sous vide sont équipés d'un dispositif d'absorption haute performance dans un vide complet et profond. Cela leur garantit une longue durée de vie et les protège contre la corrosion, la buée et les changements de matériaux, notamment grâce à de nombreuses caractéristiques innovantes de ce produit, telles que la jonction verre-métal brevetée et unique au monde.

Classe de résistance à la grêle HW4

Le capteur tubulaire sous vide complet de s-power a été soumis à un test renforcé correspondant à la classe de résistance à la grêle la plus élevée pour les capteurs tubulaires, HW4.

Les chaleurs de processus, refroidissements de processus, l'eau chaude, la climatisation solaire, le chauffage, les piscines, ainsi que les installations avec thermie solaire permettent d'économiser 30 à 70 pour cent d'énergie dans tous les secteurs. Photos d'installations possibles.

stela drying technology

Stela Laxhuber GmbH

Adresse Öttingerstr. 2 · 84323 Massing
Contact Thomas Laxhuber
Téléphone +49 (0) 8724 - 899-0
E-mail sales@stela.de
Web www.stela.de
Chaîne de valeur fabricant

Technologies biogaz, biomasse solide
Application chaleur | industrie
Profil fabricant | technologie d'installations

Sécheur basse température Stela BT 1/6200-42 en Italie.

Technologie de séchage

STELA Laxhuber GmbH, fondée en 1922, s'est spécialisée dans la fabrication d'installations de séchage pour le domaine agricole et industriel. 150 collaborateurs qualifiés travaillent au siège de l'entreprise et de la production à Massing, en Allemagne. La gamme de produits couvre les domaines les plus variés, depuis l'industrie de l'agglomeré, la production de granulés de bois, l'agriculture et l'agro-alimentaire, le préséchage des combustibles jusqu'aux techniques énergétiques et d'élimination. Jusqu'à présent, plus de 3 900 installations de séchage ont été mises en exploitation avec succès.

Le thème de l'efficacité énergétique et de l'économie énergétique occupe une place de plus en plus importante, c'est pourquoi Stela utilise le principe innovant du séchage avec circulation d'air. Les flux d'air des domaines de séchage arrière sont ramenés vers les zones avant où ils sont à nouveau chauffés. L'air de séchage est guidé par le secouage du produit, il arrive à saturation, ce qui le refroidit. Le degré de saturation dépend énormément de l'humidité respective du produit. En particulier lors d'un séchage en vue d'une faible humidité finale, l'air situé dans la partie arrière du sécheur ne peut pas être entièrement saturé. On réalise une nette économie d'énergie allant jusqu'à 30 pour cent.

Le tapis de produits humide ventilé par circulation d'air fait office de filtre supplémentaire. Cela permet d'obtenir des valeurs d'émissions de poussières nettement inférieures à 10 mg/m³. Le système Multi-Vent de Stela optimise en outre la consommation électrique du système de circulation d'air. Une demande de brevet a été déposée pour ce système.

Sécheur basse température à bande BTU 2/6200-45 – 10/4.

Viessmann Photovoltaik GmbH

Adresse Viessmannstr. 1 · 35107 Allendorf
Contact Thomas Elefant
Téléphone +49 (0) 6452 - 70-2019
E-mail ElTh@viessmann.com
Web www.viessmann.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie
énergie photovoltaïque

Application électricité | consommateur final, industrie manufacturière, communes

Profil fournisseur complet, vendeur, développeur de projets | modules PV, onduleur, accessoires

Parc solaire de Bromskirchen, en Allemagne.

Systèmes efficaces de production de courant à partir de l'énergie solaire

Le courant et la chaleur continuent à croître ensemble – la tendance à la cogénération ainsi que l'augmentation des matières énergétiques fluctuantes entraînent une décentralisation de la production de courant. L'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'électricité est un pilier de l'approvisionnement décentralisé en énergie.

Viessmann exploite déjà depuis plus de dix ans des systèmes ou produits photovoltaïques dans le cadre de son offre globale. Viessmann Photovoltaik GmbH a été créée en 2011 pour renforcer sa présence dans ce segment du marché.

La solution système adaptée à chaque besoin

Avec ses modules Vitovolt 200 et 300, équipés des onduleurs et des accumulateurs à batterie appropriés, et des accessoires de montage complets pour chaque utilisation, Viessmann propose un système photovoltaïque adapté aux maisons individuelles ou jumelées, mais aussi à des projets plus importants, tels que des villages à bioénergie ou des parcs solaires. Grâce aux exigences de qualité élevées lors de la sélection des composants, une exploitation fiable et efficace est garantie sur toute la durée d'utilisation.

En plus des prestations de conseil et de service, des solutions pour le stockage thermique et électrique ainsi que des solutions systèmes pour une consommation intelligente font partie de l'offre, par exemple avec des pompes à chaleur réversibles et des appareils de ventilation pour le chauffage ainsi qu'un système de refroidissement et d'aération avec un courant photovoltaïque autoproduit.

Maison individuelle avec installation photovoltaïque Vitovolt de Viessmann.

Viessmann Wärmepumpen GmbH

Adresse Viessmannstr. 1 · 35107 Allendorf
Contact Jörg Schmidt
Téléphone +49 (0) 6452 - 70-1569
E-mail SmdJ@viessmann.com
Web www.viessmann.com
Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie ■
géothermie
Application chaleur | immeubles d'habitation, industrie manufacturière et industrie
Profil fournisseur complet

Cascade avec quatre pompes à chaleur Vitocal 300 de Viessmann.

Chauffage et refroidissement efficaces avec aéro- et géothermie

La société Viessmann Wärmepumpen GmbH est une société de production du groupe Viessmann. Elle développe et produit des pompes à chaleur de 1,7 à 118 kW pour l'utilisation de la chaleur de la terre, de l'eau souterraine ou de l'air ambiant. La plage de puissance jusqu'à 2 MW est couverte par Viessmann (Suisse) AG, dont le siège se trouve à Worb.

L'offre complète de Viessmann comprend des pompes à chaleur pour les constructions neuves, la rénovation d'immeubles d'habitation et l'industrie manufacturière ainsi que des appareils hybrides, qui combinent intelligemment technique des pompes à chaleur et technique de combustion. La gamme est complétée par des pompes d'eau potable, des systèmes d'aération et des composants de refroidissement.

Large éventail d'offres

Dans son éventail d'offres extrêmement large, Viessmann propose des pompes à chaleur pour chauffer l'eau potable domestique et les pièces d'habitation, des appareils compacts avec chauffe-eau à stockage intégré, des appareils hybrides avec appareil à combustion à gaz et à huile intégré ainsi que de grandes pompes à chaleur standardisées jusqu'à environ 300 kW.

Selon la version, les pompes à chaleur peuvent également être employées pour l'utilisation de la chaleur résiduelle ainsi que pour le refroidissement de bâtiments. Avec son réservoir de glace, Viessmann propose une alternative aux forages par sondes terrestres et une source d'énergie innovante pour les pompes à chaleur.

Appareil de chauffage hybride Vitocaldens 222-F de Viessmann.

Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Adresse Viessmannstr. 1 · 35107 Allendorf
Contact Jörg Schmidt
Téléphone +49 (0) 6452 - 70-1569
E-mail SmdJ@viessmann.com
Web www.viessmann.com
Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie
thermie solaire
Application chaleur | immeubles d'habitation, industrie manufacturière et industrie
Profil fournisseur complet | fournisseur complet

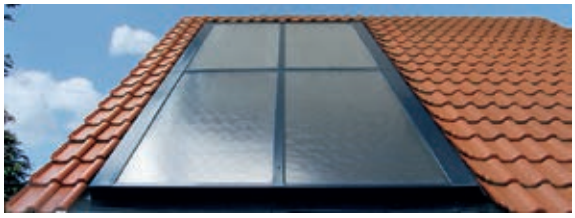
Système solaire thermique pour une utilisation dans l'industrie manufacturière.

Fournisseur complet de systèmes de chauffage, industriels et de refroidissement

Le Groupe Viessmann est l'un des fabricants leaders de systèmes de chauffage, industriels et de refroidissement au niveau international. L'entreprise familiale fondée en 1917 emploie 11 500 collaborateurs et réalise un chiffre d'affaires de 2,2 milliards d'euros.

Avec 22 entreprises de production dans 11 pays, des filiales de distribution et des représentations dans 74 pays ainsi que 120 succursales commerciales, Viessmann est orienté sur l'international. D'ailleurs, 56 pour cent du chiffre d'affaires est réalisé à l'étranger.

L'offre complète de Viessmann comprend des solutions individuelles avec des systèmes et des prestations performants allant de 1,5 à 120 000 kilowatts pour tous les domaines d'application et toutes les sources d'énergie. Dans le domaine de la thermie solaire, l'entreprise a plus de 30 années d'expérience dans le développement et la production d'installations solaires hautement efficaces, avec capteurs plans et à tubes sous vide.



Capteur plan Vitosol 300-F.

Systèmes solaires pour immeubles d'habitation, industrie manufacturière et industrie

Les installations solaires Viessmann sont adaptées aux nouvelles constructions et à la rénovation d'immeubles d'habitation, aux applications manufacturières et industrielles, de même qu'à une utilisation dans les réseaux de chaleur communaux de proximité ou pour des solutions de quartier. Selon les cas, jusqu'à 60 pour cent des besoins en eau chaude, soit jusqu'à un tiers des besoins de chaleur, peuvent être couverts.

La gamme comprend des capteurs solaires façon plans et à tubes, des chauffe-eau à stockage, des ballons tampon, des régulateurs solaires et des accessoires. La parfaite adéquation de tous les composants permet de réaliser des solutions efficaces et fiables.

Voith Hydro Holding GmbH

Adresse Alexanderstr. 11 · 89522 Heidenheim
Contact Dr. Vesna Stirnadel
Téléphone +49 (0) 7321 - 37 0
E-mail info.voithhydro@voith.com
Web www.voith.com

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie ■
énergie hydraulique

Application électricité | industrie

Profil fournisseur complet | technologie de mesure, commande et régulation, prestations de planification et ingénierie, centrales hydroélectriques

Le barrage de la centrale à accumulation par pompage de Limberg I, en Autriche.

Voith est un groupe technologique actif au niveau mondial. Avec l'énergie, l'huile et le gaz, le papier et les matières premières ainsi que les transports et l'automobile, sa large gamme d'installations, produits et prestations de services industriels est présente sur les cinq principaux marchés dans le monde entier. Le marché opérationnel de Voith est concentré sur quatre divisions : Voith Hydro, Voith Industrial Services, Voith Paper et Voith Turbo.

Avec environ 5 200 employés et un chiffre d'affaires de 1,3 milliard d'euros pour l'exercice 2013/14, Voith Hydro, une division du groupe Voith, est l'un des fournisseurs leaders au monde dans le secteur de l'énergie hydraulique.

Équipementier complet de centrales hydroélectriques, Voith Hydro est un partenaire de premier plan pour les exploitants de centrales hydroélectriques, autant pour les secteurs de la production d'électricité à partir de l'énergie hydraulique que pour le stockage de l'énergie.

Avec sa gamme de produits et de services, Voith Hydro couvre le cycle de vie complet et l'ensemble des composants essentiels des grandes et petites centrales hydroélectriques : des alternateurs, turbines et pompes jusqu'à la maintenance, y compris la modernisation d'installations existantes, en passant par les systèmes d'automatisation, c'est-à-dire les systèmes de mesure, de régulation et de pilotage.

La gamme de prestations de Voith Hydro comprend, de plus, des activités de recherche et développement, de conseil, de planification technique, de montage et de mise en service.

L'alternateur et l'enceinte du noyau magnétique de la centrale hydroélectrique de Wehr.

WELTEC BIOPOWER GmbH

Adresse Zum Langenberg 2 · 49377 Vechta
Contact Hajo Schierhold
Téléphone +49 (0) 4441 - 999 78-0
E-mail info@weltec-biopower.de
Web www.weltec-biopower.de

Chaîne de valeur fournisseur complet

Technologie ■ biogaz
Application électricité, chaleur | agriculture, communes et industrie
Profil fournisseur complet | composants d'installations, technologie d'installations, installations de biogaz

Deux installations de biogaz Waste 2 Energy de WELTEC existent dans le monde.

WELTEC BIOPOWER GmbH fait partie des entreprises leaders dans la construction d'installations de biogaz en acier inoxydable. Depuis 2001, la société planifie, développe et construit des installations de biogaz. WELTEC emploie aujourd'hui près de 80 collaborateurs et a construit plus de 300 installations énergétiques dans 25 pays. Son réseau mondial de distributeurs et de services s'étend sur six continents. Parmi ses clients figurent des entreprises de l'industrie du traitement des déchets et de l'agro-alimentaire, de l'agriculture et du traitement des eaux usées.

La force de WELTEC réside dans ses solutions techniques sophistiquées et sur mesure avec des installations pouvant atteindre 10 mégawatts. La part importante de composants développés en interne est un élément central de son succès. Cette longueur d'avance repose sur l'utilisation de l'acier inoxydable. Le métal précieux permet une variété d'utilisation de substrats, assure un montage rapide avec de faibles coûts et une norme de qualité élevée et constante, indépendamment du site.

En plus de la mise en service des installations de biogaz, WELTEC propose un accompagnement compétent par une équipe spécialisée en mécanique et en biologie. Sa disponibilité 24 heures sur 24 / 7 jours sur 7 et son propre laboratoire assurent la rentabilité décisive de l'installation. La gestion de la qualité et de l'environnement est garantie depuis 2008 par les certifications ISO 9001 et 14001.

La filiale Nordmethan couvre un autre secteur : l'exploitation d'installations de biométhane et la fourniture de chaleur avec le contracting énergétique.

WELTEC propose des solutions de traitement du gaz et biométhane.

iStock.com/Fabian Wenzel

ANNUAIRE

Annuaire d'entreprises

aap GmbH / Nature Technology Systems (nts)

Contact : Uwe Ahrens
Adresse : Duisburger Str. 2a, 10707 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 552 744 35
E-mail : uwe.ahrens@x-wind.de
Web : www.x-wind.de
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 78

agriKomp GmbH

Contact : Thomas Franke
Adresse : Energiepark 2, 91732, Merkendorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9826 - 659 59-126
E-mail : t.franke@agrikomp.de
Web : www.agrikomp.de
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur p. 79

agriKomp UK Ltd.

Contact : Quentin Kelly-Edwards
Adresse : Unit 181, Avenue M, Stoneleigh Park, Warwickshire CV8 2LG, Royaume-Uni
Téléphone : +44 (0) 121 - 374 26-10
E-mail : q.kellyedwards@agrikomp.co.uk
Web : www.agrikomp.co.uk
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur

agriKomp France

Contact : Richard Dion
Adresse : 5 rue Franciade, 41260 La Chaussée St Victor, France
Téléphone : +33 (0) 2545 - 618-57
E-mail : r.dion@agrikomp-biogaz.fr
Web : www.agrikomp.fr
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur

agriKomp Bohemia s.r.o.

Contact : Martin Mruzek
Adresse : Ostopovická 10, 66447 Strelice, Rép. tchèque
Téléphone : +420 (0) 53 - 05 08-832
E-mail : m.mruzek@agrikomp.cz
Web : www.agrikomp.cz
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur

AkoTec Produktionsgesellschaft mbH

Contact : Katrin Müller
Adresse : Grundmühlenweg 3, 16278 Angermünde, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 3331 - 36 57-243
E-mail : katrin.mueller@akotec.eu
Web : www.akotec.eu
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur p. 80

Ammonit Measurement GmbH

Contact : Vincent Camier
Adresse : Wrangelstr. 100, 10997 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 600 31 88-0
E-mail : info@ammonit.com
Web : www.ammonit.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 81

Andritz Hydro GmbH

Contact : Karin Kowaczek
Adresse : Escher-Wyss-Weg 1, 88212 Ravensburg, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 751 - 295 118 01
E-mail : karin.kowaczek@andritz.com
Web : www.andritz.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 84

- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Énergie photovoltaïque
- Énergie solaire thermique
- Centrales solaires thermiques
- Biogaz
- Biomasse solide
- Technique de stockage et d'intégration au réseau
- Autres secteurs industriels

Aschoff Solar GmbH

Contact : Carsten Aschoff
Adresse : Rosenau 13, 91580 Petersaurach, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9872 – 486 289-0
E-mail : info@aschoff-solar.com
Web : www.aschoff-solar.com
Chaîne de valeur : fournisseur d'équipement
Champ d'application : électricité, chaleur p. 82

asola Technologies GmbH

Contact : Erich Klosterkamp
Adresse : Konrad-Zuse-Str. 25, 99099 Erfurt, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 361 - 241 425-0
E-mail : e.klosterkamp@asola-tech.de
Web : www.asola-tech.de
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, mobilité p. 85

Autarctech GmbH

Contact : Patrick Cousins
Adresse : Technologiepark 1, 91522 Ansbach, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 981 - 987 893 38
E-mail : patrick.cousins@autarctech.de
Web : www.autarctech.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité

Awite Bioenergie GmbH

Contact : Dr.-Ing Martin Grepmeier
Adresse : Grünseiboldsdorfer Weg 5, 85416 Langenbach, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 87 61 - 721 62-0
E-mail : info@awite.com
Web : www.awite.com
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité, chaleur, mobilité p. 86

BayWa r.e. renewable energy GmbH

Adresse : Herzog-Heinrich-Str. 9, 80336 München, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 89 - 383 932-0
E-mail : info@baywa-re.com
Web : www.baywa-re.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 88

BTS Biogas GmbH

Contact : Gianluca Visconti
Adresse : Leißstr. 6a, 83620 Feldkirchen-Westerham, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 8063 - 200 33-11
E-mail : info@bts-biogas.com
Web : www.bts-biogas.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur, mobilité

CUBE Engineering GmbH

Contact : Andre Niederheide, Gestionnaire des ventes
Adresse : Breitscheidstr. 6, 34119 Kassel, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 561 - 288 573 10
E-mail : kassel@cube-engineering.com
Web : www.cube-engineering.com
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité, chaleur p. 93

Contact : Stefan Bauch, Chef Planification et Gestion de projets
Adresse : Borselstr. 16, 22765 Hamburg, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 40 - 600 094 67-10
E-mail : hamburg@cube-engineering.com
Web : www.cube-engineering.com

Contact : Sebastian Meyer, Administrateur de branche
Adresse : Andreaestr. 3, 30159 Hannover, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 511 – 515 156-10
E-mail : hannover@cube-engineering.com
Web : www.cube-engineering.com

DIVE Turbinen GmbH & Co. KG

Contact : Christian Winkler
Adresse : Am Grundlosen Brunnen 2, 63916 Amorbach, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9373 - 974 939
E-mail : winkler@dive-turbine.de
Web : www.dive-turbine.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité
p. 94

EnviTec Biogas AG

Contact : Katrin Selzer
Adresse : Boschstr. 2, 48369 Saerbeck, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 2574 - 88 88-0
E-mail : info@envitec-biogas.com
Web : www.envitec-biogas.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur
p. 95

Heckert Solar GmbH

Adresse : Carl-von-Bach-Str. 11, 09116 Chemnitz, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 371 - 458 568-0
E-mail : info@heckert-solar.com
Web : www.heckert-solar.com
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité

KBB Kollektorbau GmbH

Contact : Anja Schmidt
Adresse : Bruno-Bürgel-Weg 142 – 144, 12439 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 678 17 89-12
E-mail : a.schmidt@kbb-solar.com
Web : www.kbb-solar.com
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur

KOSTAL Solar Electric GmbH

Contact : Sales Team
Adresse : Hanferstr. 6, 79108 Freiburg i. Br., Allemagne
Téléphone : +49 (0) 761 - 477 44-100
E-mail : sales-solar@kostal.com
Web : www.kostal-solar-electric.com
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité
p. 96

LAMBION Energy Solutions GmbH

Contact : Ralf Baues
Adresse : Auf der Walme 1, 34454 Bad Arolsen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 5691 - 807-0
E-mail : office@lambion.de
Web : www.lambion.de
Chaîne de valeur : fournisseur d'équipement
Champ d'application : électricité, chaleur
p. 97

LIPP GmbH

Contact : Karin Lipp-Mayer
Adresse : Industriestr. 27, 73497 Tannhausen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 7964 - 90 03-0
E-mail : info@lipp-system.de
Web : www.lipp-system.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité, chaleur
p. 98

Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH

Contact : Joachim Eggers
Adresse : Aquafinstr. 15, 32760 Detmold, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 5231 - 95 55-0
E-mail : info@nolting-online.de
Web : www.nolting-online.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur
p. 99

- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Énergie photovoltaïque
- Énergie solaire thermique
- Centrales solaires thermiques
- Biogaz
- Biomasse solide
- Technique de stockage et d'intégration au réseau
- Autres secteurs industriels

Ossberger GmbH + Co

Contact : Holger Franke
Adresse : Otto-Rieder-Str. 7, 91781 Weissenburg, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9141 - 977-0
E-mail : info@ossberger.de
Web : www.ossberger.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité p. 100

Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co.KG, Hiross Zander Filtration Division

Contact : Steven Scott
Adresse : Im Teelbruch 118, 45219 Essen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 191 - 402-9688
E-mail : steven.scott@parker.com
Web : www.parker.com/hzdf
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité p. 101

Planungsbüro SolarForm

Contact : Christian Ladwig
Adresse : Sackmannstr. 1, 30453 Hannover, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 511 - 210 57-58
E-mail : info@solarform.de
Web : www.solarform.de
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité

ProfEC Ventus GmbH

Contact : Andreas Jansen / Mathias Hoelzer
Adresse : Im Ofenerfeld 23, 26127 Oldenburg, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 4421 - 209 089-0
E-mail : info@profec-ventus.com
Web : www.profec-ventus.com
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité p. 102

PV-Projects Agency

Contact : Matthias Raab
Adresse : Fontanestr. 32, 12049 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 162 - 800 20 10
E-mail : raab@pv-pa.com
Web : www.pv-pa.com
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité, chaleur, mobilité

Renewables Academy AG (RENAC)

Contact : Manolita Wiehl
Adresse : Schönhauser Allee 10/11, 10119 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 526 89 58-70
E-mail : info@renac.de
Web : www.renac.de
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité, chaleur p. 103

sbp sonne gmbh

Contact : Melanie Bagi
Adresse : Schwabstr. 43, 70197 Stuttgart, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 711 - 648 710
E-mail : solarinfo@sbp.de
Web : www.sbp.de
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité p. 104

Schmack Biogas GmbH

Contact : Michael Groth
Adresse : Bayernwerk 8, 92421 Schwandorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9431 - 751-0
E-mail : info@schmack-biogas.com
Web : www.schmack-biogas.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur, mobilité p. 105

Schmack Carbotech GmbH

Contact : Alfons Schulte-Schulze Berndt
Adresse : Natorpstr. 27, 45139 Essen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 201 - 507 093 00
E-mail : mail@carbotech.info
Web : www.carbotech.info
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur, mobilité p. 92

s-power Entwicklungs- und Vertriebs GmbH

Contact : Nina Maass
Adresse : Industriestr. 24, 49716 Meppen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 5931 - 883 88-0
E-mail : info@s-power.de
Web : www.s-power.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur p. 109

Solar Promotion GmbH / Intersolar Europe

Contact : Horst Dufner
Adresse : Kiehnlestr. 16, 75172 Pforzheim, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 7231 - 585 98-0
E-mail : info@intersolar.de
Web : www.intersolar.de
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité, chaleur, mobilité p. 106

Stela Laxhuber GmbH

Contact : Thomas Laxhuber
Adresse : Öttingerstr. 2, 84323 Massing, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 8724 - 899-0
E-mail : sales@stela.de
Web : www.stela.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur p. 110

solarnova Deutschland GmbH

Contact : Petra Schmigalle
Adresse : Am Marienhof 6, 22880 Wedel, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 4103 - 912 08 23
E-mail : pschmigalle@solarnova.de
Web : www.solarnova.de
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : électricité

Viessmann Photovoltaik GmbH

Contact : Thomas Elefant
Adresse : Viessmannstr. 1, 35107 Allendorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 6452 - 70-2019
E-mail : ElTh@viessmann.com
Web : www.viessmann.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 111

Solar-Ripp®

Contact : Andreas Appel
Adresse : Postfach 1148, 53475 Sinzig, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 2642 - 981 481
E-mail : info@solarripp.com
Web : www.solarripp.com
Chaîne de valeur : fabricant
Champ d'application : chaleur p. 108

Viessmann Wärmepumpen GmbH

Contact : Jörg Schmidt
Adresse : Viessmannstr. 1, 35107 Allendorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 6452 - 70-1569
E-mail : SmdJ@viessmann.com
Web : www.viessmann.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : chaleur p. 112

- Énergie éolienne
- Énergie hydraulique
- Géothermie
- Énergie photovoltaïque
- Énergie solaire thermique
- Centrales solaires thermiques
- Biogaz
- Biomasse solide
- Technique de stockage et d'intégration au réseau
- Autres secteurs industriels

Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Contact : Jörg Schmidt
Adresse : Viessmannstr. 1, 35107 Allendorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 6452 - 70-1569
E-mail : SmdJ@viessmann.com
Web : www.viessmann.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : chaleur p. 113

Voith Hydro Holding GmbH

Contact : Dr. Vesna Stirnadel
Adresse : Alexanderstr. 11, 89522 Heidenheim, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 7321 - 370
E-mail : info.voithhydro@voith.com
Web : www.voith.com
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité p. 114

Volkmann Consult

Contact : Dirk Volkmann
Adresse : Joachimstr. 55, 40547 Düsseldorf, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 211 – 171 843 02
E-mail : info@volkmann-consult.de
Web : www.volkmann-consult.de
Chaîne de valeur : fournisseur de services
Champ d'application : électricité

WELTEC BIOPOWER GmbH

Contact : Hajo Schierhold
Adresse : Zum Langenberg 2, 49377 Vechta, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 4441 - 999 78-0
E-mail : info@weltec-biopower.de
Web : www.weltec-biopower.de
Chaîne de valeur : fournisseur complet
Champ d'application : électricité, chaleur p. 115

Institutions et associations

Énergies renouvelables

Bundesverband Erneuerbare Energie e. V. (BEE),
(Union fédérale des énergies renouvelables, BEE)
Adresse : Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 275 81 70-0
Fax : +49 (0) 30 - 275 81 70-20
Web : www.bee-ev.de

Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V. (FEE)
(Association de promotion des énergies renouvelables, FEE)
Adresse : Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 847 106 97-0
Fax : +49 (0) 30 - 847 106 97-9
Web : www.fee-ev.de

Énergie éolienne

Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE)
(Union fédérale de l'énergie éolienne)
Adresse : Neustädtische Kirchstr. 6, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 212 341-210
Fax : +49 (0) 30 - 212 341-410
Web : www.wind-energie.de

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)
(Fédération d'ingeniérie allemande)
Adresse : Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt/Main, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 69 - 66 03-0
Fax : +49 (0) 69 - 66 03-1511
Web : www.vdma.org

Énergie hydraulique

Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke e. V. (BDW)
(Association fédérale des centrales hydroélectriques allemandes)
Adresse : Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 27 58 25 05
Fax : +49 (0) 30 - 27 87 94 32
Web : www.wasserkraft-deutschland.de

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)
(Fédération d'ingeniérie allemande)
Adresse : Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt/Main, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 69 - 66 03-0
Fax : +49 (0) 69 - 66 03-1511
Web : www.vdma.org

Géothermie

Bundesverband Geothermie e. V.
(Confédération allemande de géothermie)
Adresse : Albrechtstr. 22, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 200 954 95-0
Fax : +49 (0) 30 - 200 954 95-9
Web : www.geothermie.de

Énergie solaire

Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. (BDH)
(Union fédérale de l'industrie du chauffage)
Adresse : Frankfurter Str. 720 – 726,
51145 Köln (Porz-Eil), Allemagne
Téléphone : +49 (0) 2203 - 935 93-0
Fax : +49 (0) 2203 - 935 93-22
Web : www.bdh-koeln.de

BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e. V.
(Association allemande des industriels du solaire)
Adresse : Quartier 207, Französische Str. 23,
10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 297 77 88-0
Fax : +49 (0) 30 - 297 77 88-99
Web : www.solarwirtschaft.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
(Agence allemande de l'aérospacial)
Adresse : Linder Höhe, 51147 Köln, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 2203 - 601-0
Fax : +49 (0) 2203 - 673 10
Web : www.dlr.de

Bioénergie

Bundesverband BioEnergie e. V. (BBE)
(Union allemande de la bioénergie)
Adresse : Godesberger Allee 142 – 148, 53175 Bonn,
Allemagne
Téléphone : +49 (0) 228 - 810 02-22
Fax : +49 (0) 228 - 810 02-58
Web : www.bioenergie.de

Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e. V. (BDBe)
(Association fédérale des entreprises allemandes de bioéthanol)
Adresse : Reinhardtstr. 16, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 301 29 53-0
Fax : +49 (0) 30 - 301 29 53-10
Web : www.bdbe.de

Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N.)
(Réseau central de marketing et développement)
Adresse : Schulgasse 18, 94315 Straubing, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 9421 - 96 03-00
Fax : +49 (0) 9421 - 96 03-33
Web : www.carmen-ev.de

Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV)
(Association allemande de pellets énergétiques)
Adresse : Neustädtische Kirchstr. 8, 10117 Berlin,
Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 688 15 99-66
Fax : +49 (0) 30 - 688 15 99-77
Web : www.depv.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
(Agence pour les ressources renouvelables)
Adresse : Hofplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 3843 - 69 30-0
Fax : +49 (0) 3843 - 69 30-102
Web : www.fnr.de

Fachverband Biogas e. V. (FvB)
(Union allemande du biogaz)
Adresse : Angerbrunnenstr. 12, 85356 Freising, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 8161 - 98 46-60
Fax : +49 (0) 8161 - 98 46-70
Web : www.biogas.org

Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas- und Bioenergienutzung (FnBB) e. V.
(Association pour la promotion de l'utilisation durable du biogaz et des bioénergies)
Adresse : Am Feuersee 8, 74592 Kirchberg / Jagst, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 7954 - 92 19 69
Fax : +49 (0) 7954 - 926-204
Web : www.fnbb.org

IBBK Fachgruppe Biogas GmbH
(Centre international de compétence en biogaz et en bioénergie)
Adresse : Am Feuersee 6, 74592 Kirchberg / Jagst, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 7954 - 926-203
Fax : +49 (0) 7954 - 926-204
Web : www.ibbk.fachgruppe-biogas.de

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP)
(Club pour la promotion des plantes oléagineuses et protéagineuses)
Adresse : Claire-Waldoff-Str. 7, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 319 04-202
Fax : +49 (0) 30 - 319 04-485
Web : www.ufop.de

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V. (VDB)
(Association de l'industrie allemande des biocarburants)
Adresse : Am Weidendamm 1 A, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 72 62 59-11
Fax : +49 (0) 30 - 72 62 59-19
Web : www.biokraftstoffverband.de

Technique de stockage et d'intégration au réseau

Bundesverband Energiespeicher e. V. (BVES)
(Union allemande de l'accumulateur d'énergie)
Adresse : Oranienburger Str. 15, 10178 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 546 10 – 630
Fax : +49 (0) 30 - 300 145-500
Web : www.bves.de

Autres institutions et contacts

AUMA – Ausstellungs- und Messe-Ausschuss der Deutschen Wirtschaft e. V.
(Fédération Allemande des Salons et Foires)
Adresse : Littenstr. 9, 10179 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 240 00-0
Fax : +49 (0) 30 - 240 00-330
Web : www.auma.de

B2B Renewable Energies – Plateforme commerciale multilingue en ligne destinée aux énergies renouvelables
Web : www.renewablesb2b.com

Deutsche Auslandshandelskammern
(Chambres de commerce allemandes à l'étranger)
Directory of German Chambers of Commerce abroad :
Web : www.ahk.de/en

Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK) (Association allemande des chambres de commerce et de l'industrie)
Adresse : Breite Str. 29, 10178 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 20 30 80
Fax : +49 (0) 30 - 203 08 10 00
Web : www.dihk.de

Germany Trade and Invest – Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH (La société de la République fédérale d'Allemagne pour le commerce extérieur et le marketing de lieu d'implantation)
Adresse : Friedrichstr. 60, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 20 00 99-0
Fax : +49 (0) 30 - 20 00 99-812
Web : www.gtai.com

iXPOS – The German Business Portal (sous la coordination de l'agence fédérale du commerce extérieur)
Web : www.ixpos.de

Gouvernement fédéral

Auswärtiges Amt (AA) (Ministère des Affaires étrangères)
Adresse : Werderscher Markt 1, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 3018 - 17-2000
Fax : +49 (0) 3018 - 17-3402
Web : www.auswaertiges-amt.de

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Ministère fédéral de l'Alimentation et de l'Agriculture)
Adresse : Wilhelmstr. 54, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 185 29-0
Fax : +49 (0) 30 - 185 29-42 62
Web : www.bmel.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature, de la construction et de la sûreté nucléaire)
Adresse : Stresemannstr. 128 – 130, 10117 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 183 05-0
Fax : +49 (0) 30 - 183 05-2044
Web : www.bmub.bund.de

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie)
Adresse : Scharnhorststr. 34 – 37, 10115 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 186 15-0
Fax : +49 (0) 30 - 186 15-7010
Web : www.bmwi.de

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (Ministère fédéral de la coopération économique et du développement)
Adresse : Stresemannstr. 94, 10963 Berlin, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 30 - 185 35-0
Fax : +49 (0) 30 - 185 35-250
Web : www.bmz.de

Umweltbundesamt (UBA) (Office fédéral de l'environnement)
Adresse : Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau, Allemagne
Téléphone : +49 (0) 340 - 21 03-0
Fax : +49 (0) 340 - 21 03-2285
Web : www.umweltbundesamt.de

Partenaires de coopération

Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. (BDH)
(Union fédérale de l'industrie du chauffage)
Web : www.bdh-koeln.de

Informations sur : géothermie, énergie photovoltaïque, thermie solaire, biomasse solide

Bundesverband BioEnergie e. V. (BBE)
(Union allemande de la bioénergie)
Web : www.bioenergie.de

Informations sur : biomasse solide

Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke e. V. (BDW)
(Association fédérale des centrales hydroélectriques allemandes)
Web : www.wasserkraft-deutschland.de

Informations sur : énergie hydraulique

Bundesverband Energiespeicher e. V.
(Union allemande de l'accumulateur d'énergie)
Web : www.bves.de

Informations sur : technologie de stockage et des réseaux

Bundesverband Geothermie e. V.
(Confédération allemande de géothermie)
Web : www.geothermie.de

Informations sur : géothermie

Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar)
(Association allemande des industriels du solaire)
Web : www.solarwirtschaft.de

Informations sur : énergie photovoltaïque, thermie solaire

Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE)
(Union fédérale de l'énergie éolienne)
Web : www.wind-energie.de

Informations sur : énergie éolienne

Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV)
(Association allemande de pellets énergétiques)
Web : www.depv.de

Informations sur : biomasse solide

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
(Association allemande de pellets énergétiques)
Web : www.dlr.de

Informations sur : centrales solaires thermiques

Fachverband Biogas e. V.
(Union allemande du biogaz)
Web : www.biogas.org

Informations sur : biogaz