

Combiner efficacement chaleur et électricité

UTILISATION DÉCENTRALISÉE DU

couplage chaleur- force

AVANTAGES ET DÉFIS

FAITS ET EXEMPLES CONCRETS.
DANS TOUTE LA SUISSE.



VERBAND EFFIZIENTE
ENERGIE ERZEUGUNG

Thèmes

- 1 **Produire simultanément de la chaleur et de l'électricité**
- 2 Réalités : chaleur et électricité en Suisse
Des mondes bien séparés
- 3 Réalités : chaleur et électricité en Suisse
Une faille dans notre politique énergétique
- 4 Bases : systèmes d'installations de couplage chaleur-force
Tirer le maximum des combustibles
- 6 Avantages du couplage chaleur-force
Une exploitation efficace et moins de CO₂
- 8 Rentabilité du couplage chaleur-force
Une utilisation intelligente des ressources
- 10 Technologies du couplage chaleur-force
Toujours à la hauteur
- 12 Potentiels en Suisse
Plus importants qu'on le pense
- 14 Importance industrielle du couplage chaleur-force
Plus d'opportunités à l'intérieur du pays
- 16 Améliorer les conditions générales
Le CCF : réglementé mais pas encouragé
- 17 Le CCF en pratique
Etapas de la réalisation d'une installation

Exemples

- 5 STEP Langmatt de Wildegg / AG
Utiliser le gaz d'épuration pour ses propres besoins
- 7 Centre de compostage BV d'Oensingen / SO
Produire de l'électricité avec des déchets végétaux
- 9 Association suisse de l'industrie gazière (ASIG) à Zurich / ZH
Accroître l'efficacité grâce aux pompes à chaleur
- 11 Hôpital psychiatrique cantonal de Marsens / FR
Contracting pour l'approvisionnement en chaleur
- 13 Centre Frauensteinmatt à Zoug / ZG
Une CETE pour de nouveaux logements
- 15 Centre des technologies nouvelles (CTN), Genève / GE
Electricité et chaleur pour un centre industriel

Impressum

ÉDITEUR :

V3E Verband Effiziente Energie Erzeugung
Allmendstrasse 2, Case postale 1646, CH-6061 Sarnen
Tél. 041 660 90 11, fax 041 660 90 12
info@v3e.ch , www.v3e.ch

COMMISSION DE RÉDACTION : Daniel Dillier,
Valentin Gerig, Adrian Jaquiéry, Filippo Leutenegger,
Hans Pauli, Mauro Salvadori, Richard Phillips

RÉDACTION : Jürg Wellstein, Bâle

MAQUETTE : creadrom.ch

SOURCES :

- V3E Verband Effiziente Energie Erzeugung, www.v3e.ch
- Association suisse de couplage chaleur-force / WKK-Fachverband, Baden, www.waermekraftkopplung.ch
- Couplage chaleur-force, brochures de l'Association suisse de CCF
- Revue gwa 2/2010
- Office fédéral de l'énergie, www.bfe.admin.ch

ILLUSTRATIONS : z.V.g., cartes : swisstopo, 2004

PRODUCTION : 2011

Produire simultanément de la chaleur et de l'électricité

La production simultanée de chaleur et d'électricité a de l'avenir. Les combustibles sont des biens précieux et il convient donc de les utiliser avec plus d'efficacité. Par contre, brûler des agents énergétiques à haute valeur ajoutée pour la seule production de chaleur constitue un gaspillage, qu'il s'agisse de combustibles fossiles ou d'agents énergétiques renouvelables. Le couplage chaleur-force permet de produire simultanément de la chaleur et de l'énergie électrique de façon efficace. Une option bienvenue dans le contexte du débat actuel sur la production d'électricité de demain.

La chaleur et l'électricité sont les deux formes d'énergie les plus importantes et les plus utilisées dans l'habitat, ainsi que dans le travail. Les potentiels d'approvisionnement sont là, de plus la technologie répond à des standards élevés et l'avenir de la production décentralisée d'énergie a besoin du CCF.

L'association Effiziente Energie Erzeugung (V3E) soutient l'utilisation efficace de ressources énergétiques pour la production simultanée d'énergie électrique et thermique. De plus, elle encourage la production décentralisée, en Suisse, au moyen du couplage chaleur-force. A cet effet, V3E a créé une plate-forme, pour les participants et les acteurs du marché, afin d'assurer un travail d'information, de formation et de formation continue, ainsi que la mise en place de mesures dans le domaine de la qualité et d'une activité politique.



Les avantages des technologies appropriées ainsi que les opportunités offertes par le couplage chaleur-force et les obstacles à son développement sont traités ci-après et des applications exemplaires présentées. V3E souhaite contribuer à ce que ce mode efficace de production d'énergie se développe avec une installation annuelle de 50 à 100 MW de puissance électrique tout en améliorant la production de chaleur de manière ciblée. Le couplage chaleur-force devrait fournir de cette manière environ 8% de la chaleur et 12% de l'électricité en Suisse à l'horizon de 2030.

Mais le couplage chaleur-force peut faire bien plus encore : il va permettre d'accroître l'efficacité en remplaçant d'anciens chauffages à mazout et jouer un rôle important dans le développement des réseaux d'alimentation électrique décentralisés (Smart grids). Avec sa large gamme de puissances et la diversité de ses combustibles, il peut assurer une utilisation conforme à nos besoins et devenir un élément clef de l'approvisionnement à long terme de la Suisse en énergie.

Filippo Leutenegger, président du V3E

Préambule

EFFICACITÉ ACCRUE GRÂCE AU COUPLAGE CHALEUR-FORCE

Après les événements tragiques survenus au Japon en mars 2011, la Suisse se retrouve face à des décisions capitales pour son avenir énergétique. Ces décisions doivent se prendre sur la base des perspectives énergétiques actuelles qui montrent à quelle vitesse les nouvelles technologies et infrastructures évoluent et pénètrent le marché et comment différentes mesures en matière de politique énergétique se répercutent sur la sécurité de l'approvisionnement, les prix de l'énergie, l'économie nationale et les ménages. Ces résultats ne sont pas encore disponibles mais il est déjà certain que nous allons au-devant d'un développement considérable de l'efficacité énergétique, la moins chère de nos sources d'énergie, ainsi que des énergies renouvelables, y compris de l'infrastructure du réseau.

La contribution du couplage chaleur-force est nécessaire pour relever ce défi. Celui-ci permet d'économiser de l'énergie et de recourir davantage aux énergies renouvelables pour la production d'électricité et de chaleur. Il offre des solutions très intéressantes pour la sécurité d'approvisionnement décentralisée en recourant à une technique éprouvée qui présente un potentiel économique pour les PME concernées et des opportunités d'exportation pour des produits de niche spécifiques.



L'Office fédéral de l'énergie encourage la recherche et le développement dans le domaine du couplage chaleur-force, ainsi que le transfert de technologie pour son application optimale, notamment dans le cadre de projets portant sur des piles à combustible ou pour les techniques de combustion et les moteurs. En s'attachant dès aujourd'hui à améliorer et diffuser le couplage chaleur-force, on s'assure de lui donner une place importante dans l'avenir énergétique de notre pays.

Dr Walter Steinmann

Directeur de l'Office fédéral de l'énergie OFEN

Des mondes bien séparés

L'approvisionnement en chaleur et l'approvisionnement en électricité des 1.7 million de bâtiments suisses empruntent des voies bien séparées. Tandis que les chauffages à mazout et à gaz fournissent la plus grande partie de la chaleur, c'est la force hydraulique et l'énergie nucléaire qui produisent l'électricité

2

nécessaire. Près de 800 000 chauffages à mazout et 200 000 chauffages à gaz sont en service. Le couplage de la production de chaleur et d'électricité a certes déjà débuté dans les années soixante et s'est intensifié au début des années huitante avec la construction d'installations relativement importantes. La production de chaleur et la production d'électricité fonctionnent pourtant comme deux mondes séparés, ce qui a compliqué jusqu'ici la mise en œuvre du couplage chaleur-force, malgré le potentiel disponible et l'efficacité de ce système.

Selon l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), plus de 85 millions de MWh d'énergie fossile sont aujourd'hui nécessaires pour le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude. La production d'électricité atteint environ 65 millions de MWh, mais 5% seulement de ce courant provient d'installations thermiques, seules 2,5% de ces installations (1.7 million de MWh) étant équipées d'une technologie CCF.

Le fait est toutefois que la production combinée d'électricité et de chaleur correspond au déroulement de la journée ainsi qu'aux

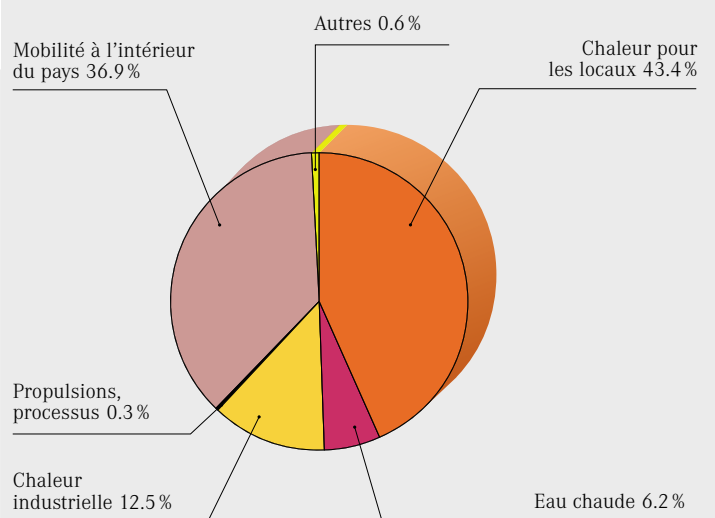
besoins accrus en hiver et qu'elle présente donc des avantages pour le chauffage des bâtiments et pour permettre une moindre dépendance par rapport à l'importation d'électricité durant cette saison. On peut envisager des installations avec des plages de puissance allant de 1 kW à plusieurs mégawatts (MW) et

dont les possibilités d'application vont de la villa individuelle aux grands ensembles d'habitation et aux réseaux de chauffage à distance dans des agglomérations.

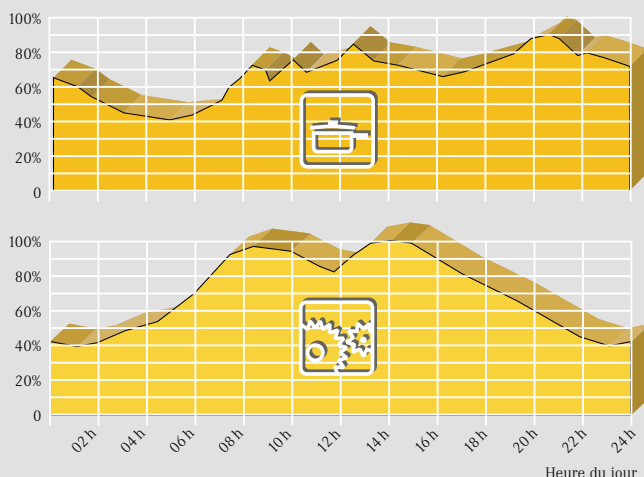
Une autre réalité à considérer c'est que de l'électricité est produite à plus de 2700 endroits en Suisse. On dispose donc déjà d'un réseau performant ou d'une centrale virtuelle. Un développement ciblé de ce type d'interconnexions peut se faire avec des installations CCF. Certaines entreprises d'électricité ont reconnu cette opportunité et réalisent des installations CCF adaptées en qualité d'entreprises de contracting.

- Production de chaleur et production d'électricité sont bien séparées en Suisse
- Le couplage chaleur-force correspond au déroulement de la journée et aux besoins accrus en chaleur et en électricité durant le semestre d'hiver
- Le réseau d'électricité est fait pour les installations CCF décentralisées
- Le contracting offre des solutions optimales sur le plan de l'exploitation

AFFECTATION DES COMBUSTIBLES ET DES CARBURANTS (OFEN)



BESOINS EN ÉLECTRICITÉ : DÉROULEMENT DE LA JOURNÉE POUR LES MÉNAGES ET L'INDUSTRIE (Haute école spécialisée bernoise)



Evolution distincte de l'approvisionnement en chaleur et en électricité en Suisse. La technique du CCF combine ces deux secteurs de façon optimale.

Une faille dans notre politique énergétique

La politique énergétique suisse est basée sur les quatre piliers que sont l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, les centrales électriques de grande puissance et la politique énergétique étrangère. En ce qui concerne l'efficacité énergétique, il s'agit d'améliorer les installations et les processus dans tous les secteurs de l'application énergétique et d'optimiser les systèmes et notamment tout le système de la production de chaleur. Le couplage chaleur-force a donc un rôle essentiel à jouer dans l'accroissement de l'efficacité énergétique car il permet d'amplifier le rendement des systèmes utilisés, entraîne une meilleure utilisation des agents énergétiques et offre l'intérêt supplémentaire de fournir de la chaleur et du courant dans un même processus. On constate pourtant une faille opérationnelle à ce niveau dans la politique énergétique suisse.

Le principe du couplage chaleur-force est appliqué dans différents systèmes de combustion. La chaleur émise est par ex. utilisée pour le chauffage de bâtiments. D'autre part, l'énergie mécanique produite peut actionner un générateur qui produira de l'électricité. Les petites installations de CCF présentent des puissances allant de 1 kW à 1 MW.

- Faille opérationnelle dans la politique énergétique suisse
- Majorité d'installations de couplage chaleur-force dans la plage de puissance inférieure
- Production de chaleur et d'électricité au moyen d'installations décentralisées
- Large spectre d'application du CCF

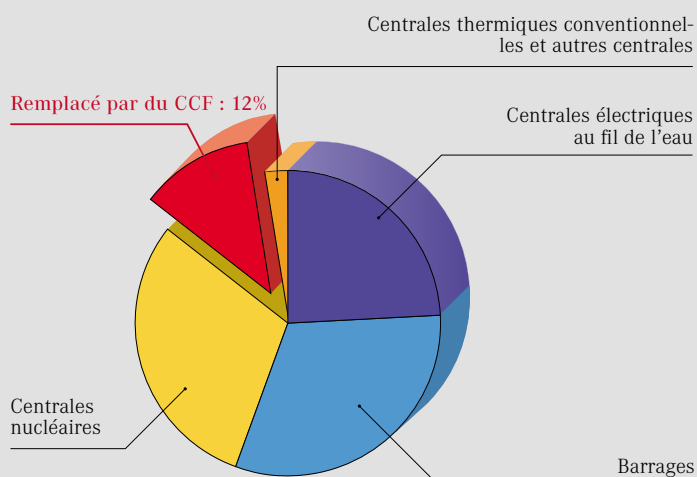
Plus de 1000 installations de dimensions diverses sont aujourd'hui en service. La puissance électrique installée s'élève à environ 520 MW_{el} et la production électrique ainsi possible à environ 1,7 million de MWh. V3E évalue le potentiel de puissance installée à 2000 MW_{el} à l'horizon de 2030. Ce potentiel peut être réalisé par un accroissement de 50 à 100 MW_{el} par année. Les installations modernes fournissent autant de chaleur que d'électricité. La puissance de chauffage installée des installations CCF s'élève aujourd'hui à plus de

270 MW_{th}. Avec l'utilisation décentralisée, 2000 MW_{th} de chaleur pourraient aussi être produits d'ici 2030.

Le couplage chaleur-force peut être utilisé dans différents domaines :

- industrie : besoins élevés d'énergie en ruban sous forme de chaleur et d'électricité ; alimentation en courant de remplacement ;
- habitat : grands bâtiments, réseaux de chauffage à distance, quartiers et agglomérations (part élevée d'eau chaude, normes de construction modernes, remplacement de chauffages individuels) ;
- bâtiments de services : besoin simultané de chaleur et d'électricité ; courant de secours ;
- hôpitaux, maisons de retraite et foyers médicalisés pour personnes âgées : besoins élevés en chaleur et en électricité durant le semestre d'hiver, alimentation en courant de remplacement ;
- stations d'épuration et installations de biogaz : production de biogaz durant toute l'année ;
- infrastructures publiques (piscines couvertes, musées, etc.).

PART DU CCF DANS LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN 2030 : 12 %



Production suisse d'électricité : avec un développement de 50 à 100 MW_{el} par année, le CCF peut atteindre une part de 12 % d'ici 2030.

Tirer le maximum des combustibles

Le couplage chaleur-force consiste à produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. La chaleur produite peut être utilisée pour le chauffage des locaux ou de l'eau, pour l'approvisionnement d'un réseau thermique ou encore dans l'industrie. L'électricité produite est injectée dans le réseau.

4

Le CCF peut être axé sur la production d'électricité ou de chaleur. Le mode d'exploitation choisi implique des optimisations particulières au niveau de la conception et du fonctionnement. Les pertes d'énergie d'une installation axée sur la production de chaleur sont moindres et son efficacité énergétique est donc optimale. Le rendement global des installations les plus récentes atteint 85 à 95 %. Par contre, une exploitation orientée sur la production d'électricité au moyen de combustibles renouvelables (par ex. biogaz, gaz d'épuration) présente l'avantage d'une rétribution du courant injecté.

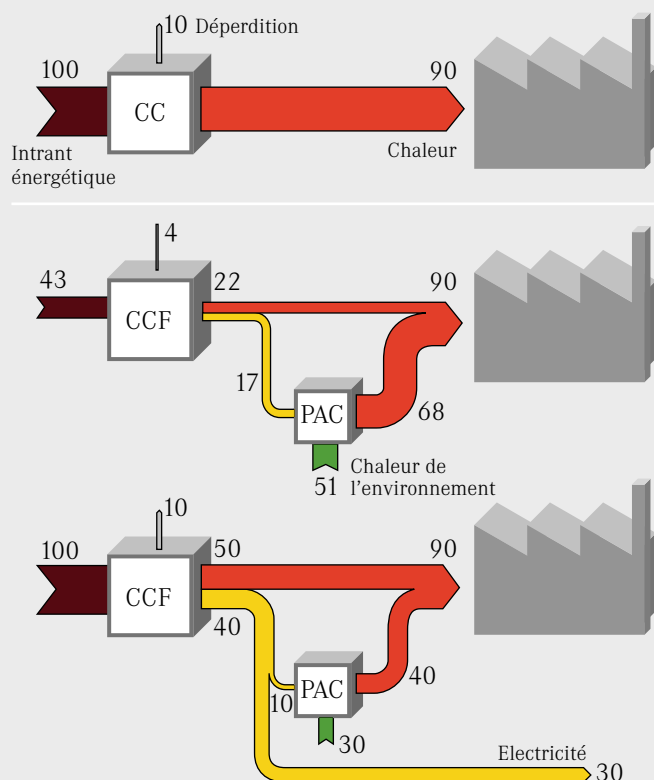
- Fonctionnement de l'installation axé sur la production de chaleur ou d'électricité selon les besoins
- Efficacité accrue grâce à une combinaison virtuelle avec des pompes à chaleur
- Electromobilité et compensation du réseau grâce au CCF
- Large offre en combustibles

Lorsque l'électricité produite avec un CCF est utilisée pour des pompes à chaleur décentralisées, on augmente le rendement total de la production d'énergie grâce à l'exploitation complémentaire de la chaleur de l'environnement. Une configuration virtuelle optimisée de ce type de systèmes peut permettre une

utilisation maximale des combustibles et de la chaleur de l'environnement pour les différents besoins en chaleur ainsi qu'un gain d'électricité. En outre, la mobilité électrique va jouer un rôle important dans les années à venir. La production d'électricité par CCF est bien supérieure en terme d'efficacité totale à une production distincte de chaleur et d'électricité et son rendement est également meilleur à celui des moteurs à combustion équipant traditionnellement les véhicules.

L'actuelle production décentralisée d'électricité en Suisse est principalement basée sur l'énergie hydraulique. De nouveaux acteurs sont apparus avec le biogaz, l'énergie éolienne et solaire. Le concept des Smart grids connecte désormais consommateurs et producteurs d'électricité à l'aide de l'électronique la plus moderne en vue d'accroître l'efficacité et de réduire la consommation. Le CCF peut amener un lissage important de la production d'électricité grâce à sa flexibilité d'exploitation et soutenir efficacement la stabilité du réseau. C'est ainsi qu'il est en mesure, par exemple, de suppléer de façon ponctuelle aux aléas de la production des installations fonctionnant avec des énergies renouvelables. Le couplage chaleur-force sous la forme de centrales thermiques en montage-bloc (CETE) devient l'acteur approprié dans la connexion globale des réseaux électriques.

APPROVISIONNEMENT EN CHALEUR AVEC UNE CHAUDIÈRE CONVENTIONNELLE (CC) OU UN CCF EFFICACE



Aujourd'hui, on utilise des agents énergétiques tant fossiles que renouvelables comme combustibles. Selon la technologie, on peut utiliser du gaz naturel, du gaz liquéfié et du mazout, mais aussi des combustibles renouvelables comme le biogaz, le gaz d'épuration, le gaz de bois, etc. Jusqu'ici, la chaleur de l'environnement n'a pu être utilisée en Suisse que comme source de chaleur (sondes géothermiques, etc.). Or, des projets sont actuellement en cours en vue d'une production d'électricité reposant sur la technique CCF.

La technique CCF offre davantage d'efficacité associée à des pompes à chaleur (PAC). 43 au lieu de 100 unités énergétiques suffisent par ex. pour l'approvisionnement en chaleur (90).

Utiliser le gaz d'épuration pour ses propres besoins

- La station d'épuration des eaux usées de Langmatt traite les eaux usées de la région de Lenzburg depuis 1971. Près de 50 000 habitants y sont raccordés ; 6 à 8 millions de m³ d'eaux usées y sont épurés chaque année.
- Une STEP produit du biogaz et requiert de l'électricité et de la chaleur pour son fonctionnement. C'est pourquoi le recours au couplage chaleur-force apparaît comme une décision logique qui a déjà été prise pour de nombreuses stations d'épuration.
- La centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance CETE installée à Wildegg au printemps 2009 utilise le gaz d'épuration pour la production de chaleur et d'électricité. La chaleur sert à chauffer les boues et le bâtiment. Le syndicat des eaux usées de la région de Lenzburg peut produire ici environ 1 million de kWh d'énergie à partir de gaz d'épuration, ce qui correspond à près d'un tiers de l'énergie nécessaire au fonctionnement de la STEP.

DONNÉES

- Fabricant de la CETE : Energolux
- Fournisseur : IWK Integrierte Wärme und Kraft AG
- Type : moteur 6 cylindres en ligne
- Combustible : gaz d'épuration
- Puissance électrique 171 kW ; thermique 210 kW
- Turbo-suralimentation ; combustion à mélange maigre



1 La STEP Langmatt de Wildegg traite les eaux usées de la région de Lenzburg.

2 Moteur à combustion, générateur et échangeur de chaleur sont intégrés dans la centrale thermique en montage-bloc (CETE).

3 La chaleur produite sert à chauffer les boues ainsi que le bâtiment.

WILDEGG

Une exploitation efficace et moins de CO₂

6

Le couplage chaleur-force se distingue par une valorisation élevée du combustible et par la production simultanée de chaleur et d'électricité. La proximité du consommateur et l'optimisation de la production en fonction des besoins constituent des avantages importants sur le plan de l'efficacité. Une centrale thermique en montage-bloc avec moteur à gaz (CETE) et une chaudière à gaz moderne présentent un rendement comparable, mais le CCF se distingue par une production supplémentaire d'électricité quand on considère l'ensemble de l'énergie produite.

Dans la perspective du futur transfert des besoins en énergie de la chaleur à l'électricité, découlant de la meilleure isolation thermique des bâtiments et de la croissance continue de la demande en électricité, on se doit d'accorder la priorité à la production combinée d'électricité et de chaleur qui a fait la preuve de son efficacité. De plus, la production électrique avec CCF est nettement supérieure aux procédés thermiques conventionnels (centrales au charbon, centrales gaz à cycle combiné sans utilisation de chaleur) sur le plan des émissions de CO₂.

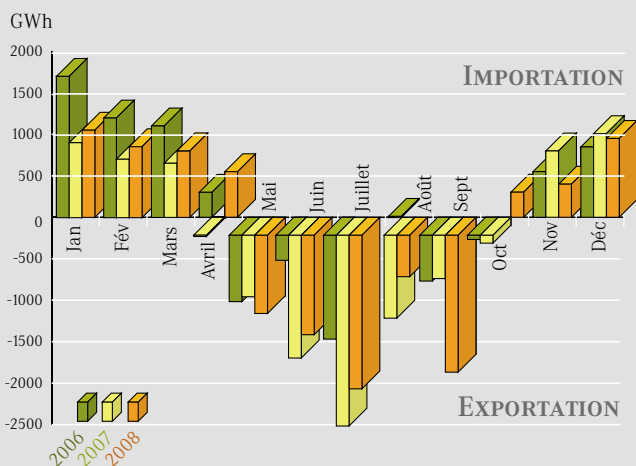
En Suisse, la législation sur le CO₂ constitue le principal obstacle aux installations CCF fonctionnant avec des énergies fossiles. Les émissions des installations CCF ne sont pas comparées avec celles des centrales à mazout ou à charbon, mais avec celles des centrales nucléaires et hydro-électriques et donnent donc de moins bons résultats. Une prise en compte globale de la production d'électricité et de chaleur montre toutefois de meilleurs résultats pour le CCF.

Si l'on continue d'employer un combustible fossile, le CCF n'entraîne pas de diminution immédiate des émissions de CO₂. Cependant, le passage à un autre combustible avec une modification de l'installation (passage du mazout au gaz naturel, du gaz naturel au biogaz, etc.) montre une réduction des émissions de CO₂, un résultat qui peut être encore amélioré par une combinaison virtuelle

avec des pompes à chaleur. En exploitant au maximum ce concept, près de 30 TWh d'énergie fossile pourraient être économisés en Suisse – selon des calculs effectués par Eicher+Pauli – ce qui correspond à une réduction des émissions de CO₂ de 4.7 millions de tonnes par année ou à une baisse de 12% par rapport à la situation de 2009.

- Rendements élevés des installations CCF actuelles
- Le CCF améliore l'efficacité générale de la production d'électricité et de chaleur
- Réduction des émissions de CO₂ grâce au CCF
- Amélioration notable du bilan de CO₂ durant le semestre d'hiver

IMPORTATION D'ÉLECTRICITÉ EN HIVER ET EXPORTATION EN ÉTÉ (OFEN)



Si l'on tient compte du fait qu'on importe de l'électricité, en particulier durant le semestre d'hiver, et qu'il faut donc prendre en considération le mix d'électricité européen (UCTE avec 50% de production d'énergie fossile), une installation CCF permet une véritable réduction des émissions de CO₂.

Le CCF combine chaleur et électricité durant le semestre d'hiver et réduit ainsi les émissions de CO₂.

Produire de l'électricité avec des déchets végétaux

- Par le passé, le centre de compostage BV d'Oensingen AG s'occupait surtout de composter des déchets végétaux. L'utilisation matérielle constituait une première étape vers la fermeture du cycle des matières. La construction d'une installation Komogas a suivi en 2008.

- Avec les options à disposition pour une utilisation énergétique du biogaz, la construction d'une installation de couplage chaleur-force n'a pas tardé à s'imposer. La production supplémentaire d'électricité peut servir à couvrir les besoins du centre ou être injectée dans le réseau.

- La CETE installée en 2009 a été spécialement conçue pour la combustion mixte de deux gaz. Aujourd'hui, on utilise d'une part le gaz d'épuration de la STEP voisine, l'ARA Falkenstein, d'autre part le biogaz produit dans le fermenteur de l'unité Kompogas. 16 000 tonnes de déchets organiques sont traitées chaque année. De plus, l'électricité produite avec la CETE approvisionne environ 800 ménages.

DONNÉES

- Fabricant de la CETE : GE Jenbacher
- Fournisseur : IWK Integrierte Wärme und Kraft AG
- Type : moteur en V 12 cylindres
- Combustible : gaz d'épuration et biogaz
- Puissance électrique : 526 kW ; thermique : 505 kW
- Turbo-suralimentation ; combustion à mélange maigre.



- 1 Le CCF produit de la chaleur et de l'électricité à partir de déchets végétaux
- 2 La STEP de Falkenstein et l'installation de Kompogas fournissent du biogaz et du gaz d'épuration.
- 3 Plus de 500 kW de puissance du moteur sont à l'œuvre dans la CETE.
- 4 CETE compacte installée à l'extérieur à côté du bâtiment du fermenteur.

 OENSINGEN

Une utilisation intelligente des ressources

La rentabilité d'une installation CCF est influencée par différents facteurs : investissement, intérêts/amortissements, coût du combustible, entretien et maintenance, mais aussi produit éventuel de la vente d'électricité et de chaleur.

renouvelables, l'exploitant peut compter sur la rétribution à prix coûtant du courant.

Au cours des années passées, le modèle du contracting s'est beaucoup répandu, si bien que des entreprises énergétiques

peuvent par exemple compléter leur portefeuille avec la fourniture de chaleur à l'aide d'installations CCF. Elles se retrouvent ainsi promues au rang de fournisseurs complets tout en se professionnalisant dans l'exploitation et la maintenance d'unités de production d'électricité décentralisées. Les entreprises de contracting peuvent créer des conditions très rentables avec des contrats de fourniture à long terme et les avantages offerts sur le plan de l'exploitation et aboutir ainsi à une situation win-win.

8

L'installation CCF proprement dite, les raccordements architecturaux et hydrauliques ainsi que les nouvelles conduites de transport de la chaleur (réseaux thermiques) font partie des frais d'investissement. Au cours des 20 dernières années, les coûts spécifiques des modules d'une centrale thermique en montage-bloc (CETE) ont pu être abaissés de plus de 50 %, ce qui a permis de réduire les frais d'investissement. Le rendement électrique a augmenté dans le même temps de 20 %. En outre, les frais d'exploitation ont diminué de moitié. L'entretien et la maintenance ne constituent plus aujourd'hui qu'une faible part des coûts grâce à une technologie éprouvée et au professionnalisme des personnes chargées de la conception et de la construction d'installations CCF (en particulier des CETE fonctionnant au gaz).

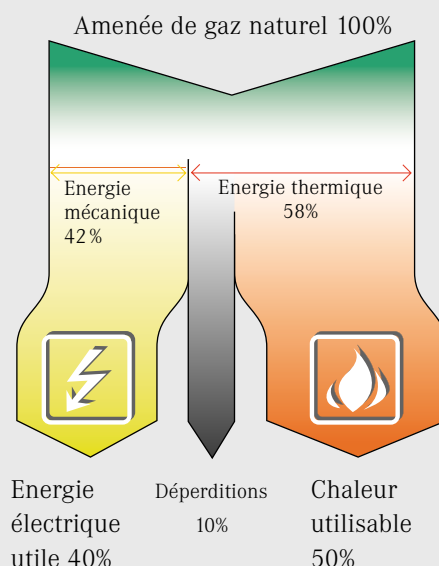
- La part des coûts d'investissement a pu être diminuée grâce à la baisse des coûts spécifiques des modules
- Revenu découlant de la fourniture de chaleur et de courant
- Le modèle du contracting gagne en importance
- Gain en terme d'efficacité du CCF par rapport aux installations de chauffage

De nombreux exemples d'installations CCF prouvent qu'en plus d'être performantes, ces installations sont également rentables par rapport aux installations de chauffage conventionnelles. A condition toutefois qu'elles aient fait l'objet d'un calcul global et d'une planification optimale, qu'elles s'intègrent dans les réseaux énergétiques locaux et qu'elles s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration avec les acteurs importants.

En ce qui concerne le coût des combustibles, il faut tenir compte des agents énergétiques fossiles et de leurs prix volatils, ayant tendance à augmenter, ou des énergies renouvelables et de l'évolution de leur prix.

Le produit de la vente de chaleur et d'électricité dépend des données locales. En ce qui concerne la fourniture d'électricité, on peut par exemple appliquer des systèmes de tarifs avec des tarifs réduits, pleins et de pointe, si bien que le mode de fonctionnement de l'installation CCF exercera une influence directe sur la production. S'il utilise des agents énergétiques

EFFICACITÉ DU CCF AVEC L'UTILISATION DE GAZ NATUREL (V3E)



PRIX DE REVIENT TYPIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ FOURNIE PAR DES INSTALLATIONS CCF (GAZ NATUREL)

20 kW _{el}	18 - 30 Centimes au kWh _{el}
200 kW _{el}	12 - 18 Centimes au kWh _{el}
1000 kW _{el}	9 - 12 Centimes au kWh _{el}

Les installations CCF vont de pair avec une grande valorisation du combustible utilisé - un gage de rentabilité pour le contracting.

Accroître l'efficacité grâce aux pompes à chaleur

- Lors de la rénovation générale du bâtiment administratif de l'ASIG à Zurich, un tout nouveau système énergétique a également été mis en service. L'Association suisse de l'industrie gazière a considéré le bâtiment, ses installations et la production d'énergie dans leur ensemble, de façon à en optimiser le fonctionnement.
- Les besoins en énergie ont passé de 240 kW à 80 kW grâce à l'assainissement complet de la façade.
- Avec une nouvelle CETE équipée d'un moteur à gaz, la production de chaleur est modulée aujourd'hui de 12 à 43 kW_{th} selon les besoins. La puissance électrique de cette installation va donc de 6 à 20 kW_{el}. L'électricité produite par la centrale thermique en montage-bloc (CETE) alimente les deux pompes à chaleur qui utilisent la chaleur du sous-sol grâce à quatre sondes géothermiques de 200 mètres de longueur.



9

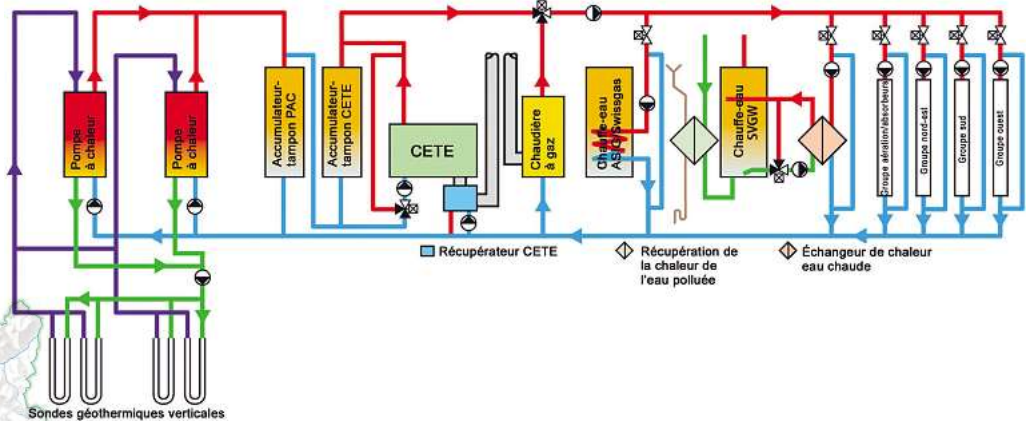
DONNÉES

- Fabricant de la CETE : Powertherm
- Fournisseur : CoGen GmbH
- Type : moteur à 4 cylindres
- Combustible : 80 % de gaz naturel et 20 % de biogaz
- Puissance électrique atteignant 20 kW et thermique atteignant 43 kW



- 1 D'abord des mesures d'efficacité énergétique sur le bâtiment, ensuite un approvisionnement en énergie adapté avec un CCF.
- 2 La nouvelle centrale énergétique du bâtiment administratif (de gauche à droite) : CETE, chaudière à gaz et deux pompes à chaleur.

(Illustrations : ASIG)



Toujours à la hauteur

Le CCF sert à la production simultanée de chaleur et d'électricité au travers d'un seul processus de combustion. A partir de là, il y a un grand éventail de technologies et de puissances envisageables.

Les moteurs et les turbines à gaz sont déjà bien implantés sur le marché et disponibles dans différentes gammes de puissances. Les moteurs à gaz sont généralement utilisés sous forme de centrales thermiques en montage-bloc de construction compacte. La construction modulaire joue également un rôle important. Les turbines à gaz sont aujourd'hui disponibles sous forme de micro-installations comme de grandes unités de forte puissance. Des agrégats de piles à combustibles fixes et de différentes tailles ainsi que des moteurs Stirling pouvant couvrir de très petites puissances sont actuellement en phase de développement et utilisés dans des installations pilotes.

Des producteurs d'énergie situés à des emplacements optimaux du réseau sont nécessaires pour renforcer et développer les réseaux de chauffage à distance existants. Du fait de leurs dimensions modestes, les installations CCF représentent une solution particulièrement intéressante. Dans les agglomérations,

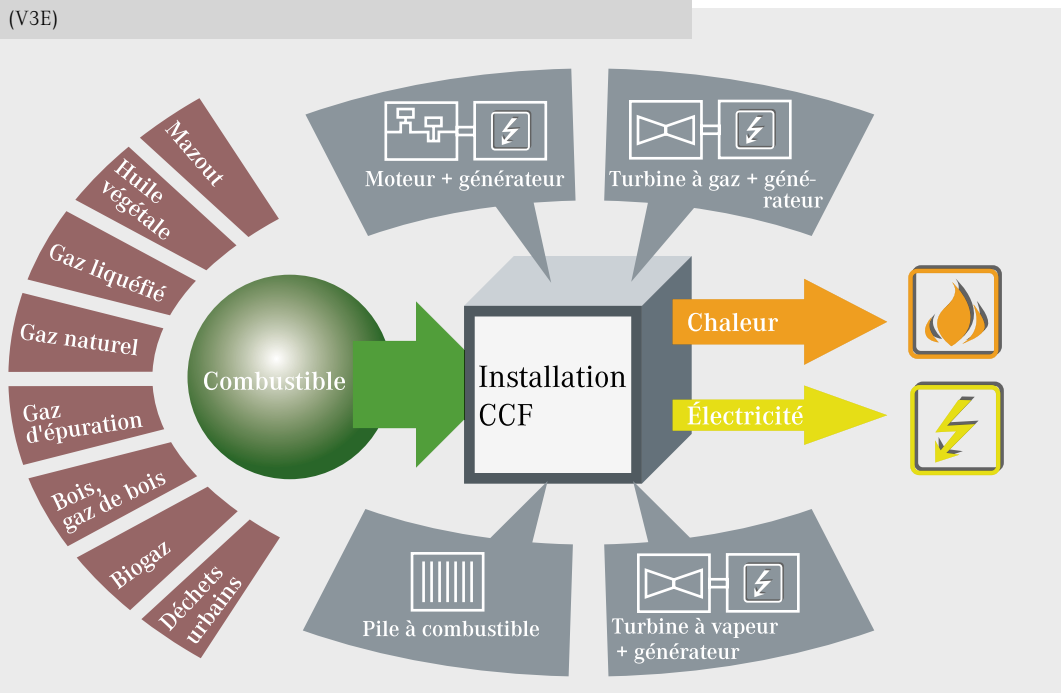
elles ont notamment l'avantage de leur compacité, de leurs faibles émissions de gaz d'échappement grâce à leur catalyseur (NO_x, etc.) et de leurs moindres émissions sonores. La production d'électricité décentralisée permet en même temps de soulager les réseaux à haute tension et de favoriser la sécurité d'approvisionnement.

Outre la production simultanée d'électricité et de chaleur, la technique CCF permet aussi la production combinée de froid avec des installations frigorifiques à absorption. En exploitant avec ce type d'appareil la chaleur des gaz brûlés sortant à 400 – 500 °C d'un moteur à gaz, on peut par exemple utiliser l'installation CCF pour produire du froid en été. La chaleur excédentaire est alors utilisée à des fins de refroidissement dans des centres de services et des centres commerciaux.

10

- Actuellement, le CCF repose principalement sur l'utilisation de moteurs et turbines à gaz
- La gamme des installations va de la pile à combustible fixe à la turbine
- Développement des réseaux de chauffage à distance avec CCF
- Production supplémentaire de froid durant le semestre d'été
- Installations électriques de remplacement basées sur une technologie CCF

DE LA PILE À COMBUSTIBLE À LA TURBINE À GAZ – TECHNOLOGIES ET COMBUSTIBLES POUR CCF (V3E)



Une large gamme de combustibles et quatre technologies de combustion différentes servent à la production de chaleur et d'électricité.

Contracting pour l'approvisionnement en chaleur

- L'hôpital psychiatrique cantonal de Marsens, près de Bulle, se dresse à proximité de la conduite de gaz naturel de Frigaz SA. Ses nombreux bâtiments sont approvisionnés en chaleur à différents niveaux de température à partir d'une centrale d'énergie. En 2010, la société de distribution fribourgeoise a installé dans l'hôpital, en qualité de contractor, une centrale thermique en montage-bloc alimentée au gaz naturel.

- Environ 24% de la totalité des besoins en chaleur sont couverts par cette installation. Le CCF assure en particulier le niveau de température moyen situé autour de 90/70 °C. Un échangeur de chaleur permet aussi un raccordement au réseau à basse température (50/40 °C), alimenté par une pompe à chaleur. Grâce au contracting, l'hôpital bénéficie d'un suivi professionnel de l'installation et d'un service de maintenance 24 heures sur 24.

- La puissance électrique disponible sert à l'injection d'électricité dans le réseau. Le gaz naturel produit de la chaleur et de l'électricité avec un rendement total de 89%.

DONNÉES

- Fabricant de la CETE : Avesco AG
- Fournisseur du moteur : Liebherr AG
- Exploitant : Frigaz SA
- Type : TBG 924-2K
- Combustible : gaz naturel
- Puissance :
électrique jusqu'à 115 kW ;
thermique jusqu'à 167 kW

 MARSENS



- 1 Différents bâtiments sont raccordés au réseau thermique.
- 2 La CETE avec l'accumulateur de chaleur au-dessus.
- 3 Centrale d'énergie de l'hôpital de Marsens / FR.
- 4 Un moteur compact, gage d'un CCF efficace.

Plus importants qu'on le pense

Au contraire d'autres pays d'Europe, la production d'électricité d'origine fossile ne s'est pas imposée en Suisse, où prédominent l'énergie hydraulique et nucléaire. En revanche, la production de chaleur d'origine fossile est prépondérante en Suisse. Si l'on envisage une combinaison de ces deux secteurs, c'est une mise en œuvre efficace des technologies CCF qui sera privilégiée, compte tenu de l'importance d'un approvisionnement fiable en énergie.

En Suisse, les installations CCF représentent une puissance électrique installée de 520 MW_{el}. 71 % d'entre elles sont de grandes installations équipant des industries, réseaux de chauffage à distance, usines d'incinération des ordures (UIOM). La production électrique annuelle atteint près de 1.7 million de MWh.

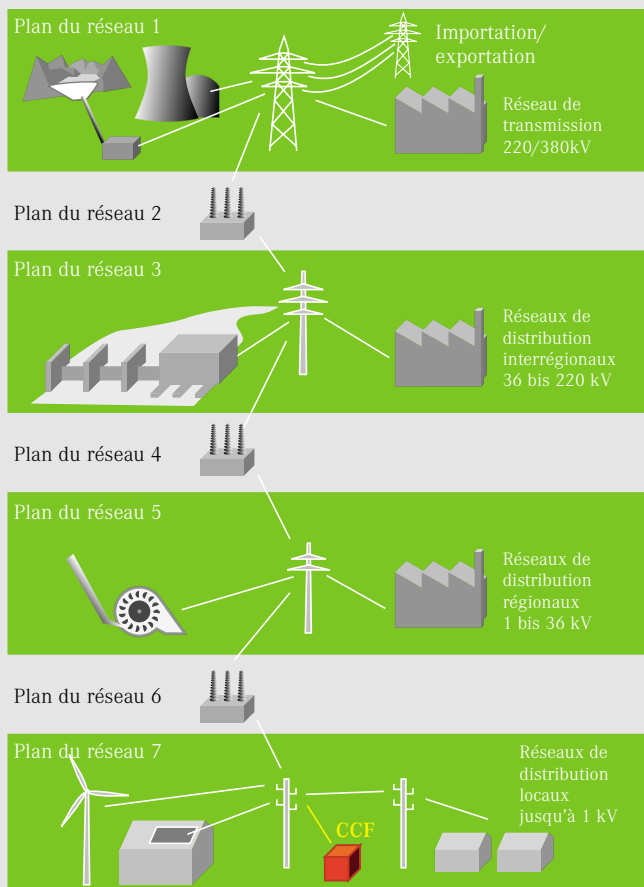
En se basant sur les objectifs politiques, technologiques et économiques de la Suisse, on peut évaluer le potentiel d'ici 2030 à 8 % pour la chaleur et à 12 % pour l'électricité. Aujourd'hui, cette part n'est que de 1 % pour la chaleur et 2,5 % pour l'électricité. Le remplacement des plus de 10 000 chauffages à mazout affichant une puissance thermique élevée et plus de 20 années d'exploitation, actuellement dénombrés par l'Office fédéral de l'énergie, va jouer un rôle important dans ce développement. Ces chauffages peuvent être remplacés par des installations CCF au gaz naturel et permettre ainsi une production combinée d'électricité et de chaleur. Cela correspond à une puissance thermique d'environ 13 000 MW_{th}.

Différentes combinaisons de technologies peuvent être prises en considération avec les systèmes d'approvisionnement bivalents en chaleur, c'est-à-dire reposant sur deux agents énergétiques différents. On retiendra que c'est le système le plus approprié qui couvre la charge de base pour un fonctionnement à charge partielle. Cela permet en même temps d'éviter le surdimensionnement habituel des installations monovalentes.

Le potentiel du couplage chaleur-force s'élève à 2000 MW_{el} de puissance installée d'ici 2030, selon l'association Verband Effiziente Energie Erzeugung (V3E). Le domaine pourrait connaître un développement de 50 à 100 MW_{el} par année en l'espace de 20 ans. On retrouve le même ordre de grandeur pour la puissance thermique installée qui doit passer de 270 MW_{th} aujourd'hui à 2000 MW_{th}. Le remplacement des chauffages installés dans les réseaux thermiques et les réseaux de chauffage à distance, les grands ensembles d'habitation et les ensembles de bâtiments publics va jouer un rôle déterminant à cet égard.

- Production d'électricité fossile peu importante mais forte production de chaleur fossile
- Le potentiel est de 2000 MW_{el}, soit quatre fois plus que la puissance électrique actuellement installée (520 MW_{el})
- Remplacement des chauffages conventionnels par des CCF
- Pas de pertes de transmission

INJECTION DANS LE RÉSEAU AU NIVEAU LE PLUS BAS (NIVEAU DE TENSION) (V3E)



Le CCF empêche les pertes de transmission puisque l'alimentation intervient au niveau des consommateurs.

12

Une CETE pour de nouveaux logements

• Avec le nouveau centre Frauensteinmatt, la ville de Zoug s'est dotée d'un foyer médicalisé pour personnes âgées, de 12 logements destinés à des familles et de 36 appartements pour personnes âgées, d'une garderie, d'un dépôt pour le service du feu et d'un garage souterrain. Les trois nouveaux bâtiments situés au sud de la ville répondent au standard Minergie.

• Différents systèmes énergétiques ont été évalués au stade de la planification. C'est le couplage chaleur-force qui a été jugé le plus satisfaisant.

• La CETE au gaz naturel, logée dans la centrale de chauffage, est combinée à une pompe à chaleur qui utilise l'eau du lac de Zoug, situé à proximité. En outre, de la chaleur est livrée au réseau de chauffage à distance de Zoug. La CETE au gaz naturel répond à des exigences élevées en ce qui concerne la limitation des émissions sonores et des gaz d'échappement dans les zones résidentielles. L'installation atteint un rendement général élevé grâce à l'utilisation complémentaire de la chaleur des gaz d'échappement. Deux chaudières à gaz servent à couvrir les charges de pointe.



DONNÉES

- Fabricant de la CETE : Sokratherm
- Fournisseur : IWK Integrierte Wärme und Kraft AG
- Exploitant : Services techniques de Zoug
- Type : moteur en V 12 cylindres
- Combustible : gaz naturel
- Puissance électrique 237 kW ; thermique 407 kW
- Régulation lambda avec catalyseur 3 voies

1 Le Centre Frauensteinmatt de Zoug, doté d'un système intégral d'approvisionnement en énergie.

2 CETE fonctionnant au gaz naturel, complétée par une chaudière à gaz pour les charges de pointe.

3 L'utilisation complémentaire de la chaleur des gaz d'échappement augmente le rendement général de l'installation du couplage chaleur-force.

⊙ ZUG

Plus d'opportunités à l'intérieur du pays

La production décentralisée de chaleur et d'électricité est très importante pour notre économie nationale et ce, à deux égards : la Suisse dépend de l'étranger pour son alimentation en énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon etc.) et elle est approvisionnée par des transports internationaux. On retrouve

national et régional ainsi que le développement des PME et des commerces.

Un marché national qui revêt une grande importance pour le lancement de produits suisses novateurs sur le marché mondial

est également ouvert pour la recherche et le développement. Les chercheurs et chercheuses suisses ont développé des compétences qu'il s'agit de mieux utiliser encore dans le domaine de la technique de combustion, des pompes à chaleur, des systèmes d'exploitation de la biomasse et des chauffages au bois.

14

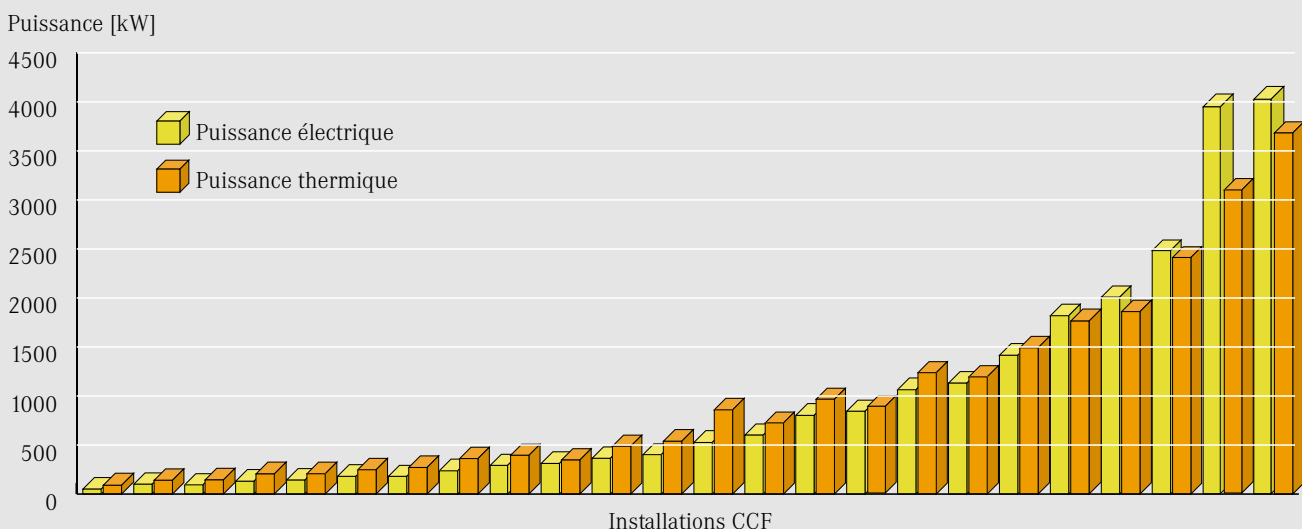
des liens étroits avec l'environnement européen dans le domaine de l'électricité, caractérisé par des échanges mutuels. Avec les énergies renouvelables, la Suisse peut compter sur des agents énergétiques indigènes. Le couplage chaleur-force n'atténue pas fondamentalement notre dépendance à l'égard de l'étranger en ce qui concerne les agents énergétiques, mais il offre un mode de production de chaleur et d'électricité flexible et adapté à la demande. Ce sont les producteurs locaux qui prennent les décisions relatives à la production d'énergie, en accord avec les exigences nationales.

- Différentes dépendances vis-à-vis de l'étranger
- L'approvisionnement décentralisé en énergie implique une grande diversité de tâches à accomplir dans divers secteurs
- Le CCF stimule la valeur ajoutée par les PME et les industries
- La Suisse possède des compétences sur le plan de la recherche

La production d'énergie décentralisée implique une grande diversité de tâches à accomplir, au niveau de la planification et de la construction de l'installation, de son exploitation et de l'approvisionnement en agents énergétiques. Elle permet donc la création d'emplois supplémentaires dans l'industrie et le développement d'offres de formation et de formation continue. Toutes ces activités stimulent la valeur ajoutée sur le plan

Avec des classes de puissances bien distribuée, la technique du CCF permet une production efficace et économique de chaleur et d'électricité.

GAMMES DE CAPACITÉ DES CETE ACTUELLES AU GAZ NATUREL (3 FABRICANTS) (IWK)



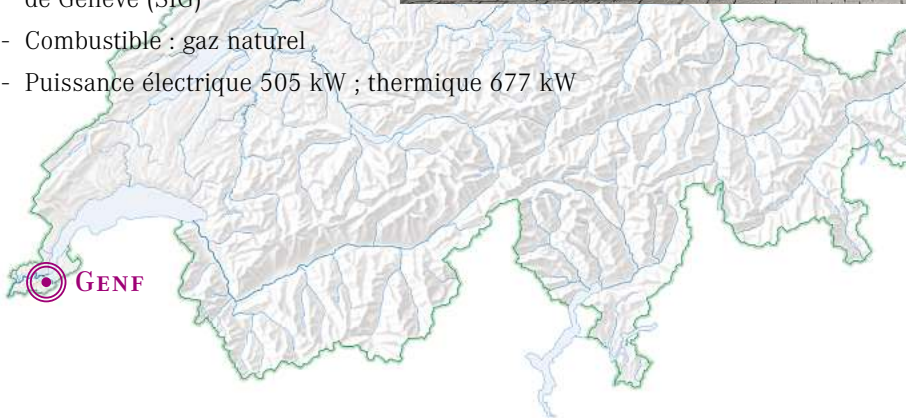
Electricité et chaleur pour un centre industriel

- Le CTN – Centre des technologies nouvelles – se trouve à Plan-les-Ouates, dans le canton de Genève. Il comprend six bâtiments comptant 36 000 m² de bureaux et de laboratoires. Près de 40 entreprises, soit plus de 900 collaborateurs, travaillent au CTN.

- Les Services industriels de Genève (SIG) sont responsables du contracting pour l’approvisionnement en énergie du centre industriel. La centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance, installée en 2009, couvre la charge de base des besoins en chauffage, tandis que le courant produit est injecté dans le réseau.

DONNÉES

- Fabricant de la CETE : Avesco AG
- Fournisseur du moteur : Caterpillar
- Exploitant : Services Industriels de Genève (SIG)
- Combustible : gaz naturel
- Puissance électrique 505 kW ; thermique 677 kW



- 1 Le Centre des technologies nouvelles (CTN) offre des bureaux et des laboratoires appropriés à une quarantaine d’entreprises.
- 2 Le générateur et le moteur à gaz naturel de la CETE produisent plus de 670 kW de chaleur et 500 kW d’électricité.
- 3 Les Services industriels de Genève (SIG) se chargent du contracting pour l’approvisionnement en chaleur du CTN.

Le CCF : réglementé mais pas encouragé

Les modalités juridiques sont réglées par la Constitution fédérale, la loi sur l'énergie, l'ordonnance sur l'énergie et l'ordonnance sur la taxe sur le CO₂.

CONSTITUTION FÉDÉRALE :

Art. 89 Politique énergétique : dans les limites de leurs compétences respectives, la Confédération et les cantons s'emploient à promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économiquement optimal et respectueux de l'environnement, ainsi qu'une consommation économe et rationnelle de l'énergie.

LOI SUR L'ÉNERGIE :

Art. 6 Installations productrices d'électricité alimentées aux combustibles fossiles : avant d'autoriser la construction ou la transformation d'une installation productrice d'électricité alimentée aux combustibles fossiles, l'autorité compétente en vertu du droit cantonal étudie différents aspects. Des détails concernant les conditions de raccordement pour les énergies fossiles et renouvelables sont mentionnés à l'art. 7.

Les conditions générales relatives au couplage chaleur-force doivent être améliorées afin de combler la lacune opérationnelle de la politique énergétique suisse. Cela implique notamment les revendications suivantes :

- conditions fiables et calculables pour les investisseurs ;
- prise en compte définitive de la technologie CCF/PAC dans la politique énergétique suisse ;
- développement de concepts technologiques ;
- développement des installations utilisant des agents énergétiques renouvelables (par ex. biogaz, gaz d'épuration etc.) et comportant des pompes à chaleur.

- Des lois règlent l'application du CCF
- Des conditions générales doivent créer des bases fiables, par ex. des prix de rachat
- Le développement du CCF doit se faire en combinaison avec les pompes à chaleur
- Lors de la combustion d'agents énergétiques fossiles, il convient de toujours envisager et mettre en œuvre un CCF

Etapes de la réalisation d'une installation

PHASE 1 : IDÉE, ESTIMATION DU POTENTIEL, CONCEPTION

Lorsqu'on doit produire de la chaleur, on envisage toujours le couplage chaleur-force comme principe de base. La nécessité d'une efficacité énergétique accrue exige aujourd'hui la prise en compte globale de la production d'électricité et de chaleur. Une étude de faisabilité appropriée permet d'évaluer les potentiels des conditions spécifiques, de susciter des réflexions et de développer des concepts.

Le principe du CCF devrait toujours être intégré dans un concept énergétique global.

PHASE 2 : CONCRÉTISATION ET ÉVALUATION

Le dimensionnement d'une installation CCF dépend des besoins en puissance calorifique, mais il peut aussi être déterminé par la production électrique escomptée. Différents paramètres s'ensuivent selon l'utilisation qui sera faite de la chaleur et/ou de l'électricité :

- applications industrielles avec des besoins énergétiques élevés en chaleur et en électricité ;
- logements avec des pointes saisonnières ;
- réseau thermique ;
- intégration dans des réseaux de chauffage à distance ;
- infrastructures (STEP, UIOM, hôpitaux, écoles, piscines couvertes etc.).

Durant cette phase, la prise en compte de tous les acteurs, personnes concernées et partenaires est également importante pour évaluer le contexte et les conditions générales.

PHASE 3 : CALCULS ÉNERGÉTIQUES ET CALCULS DE RENTABILITÉ

Avec les installations CCF, il convient d'abord de mettre en adéquation les attentes des consommateurs et les offres des producteurs. Parmi les questions importantes à régler, on peut mentionner les éléments suivants :

- besoins en chaleur par rapport au diagramme de fréquence cumulée ;
- agents énergétiques possibles ;
- évaluation du site ;
- options de contracting ;
- durée de fonctionnement probable ;
- combinaison CCF et installations servant à la couverture des charges de pointe ;
- besoins éventuels en courant de secours, etc.

En ce qui concerne la rentabilité, la règle de base est la suivante : plus le nombre d'heures de fonctionnement est élevé, meilleures sont les conditions d'une bonne rentabilité.

Les éléments clés d'un calcul de rentabilité sont les suivants :

- besoins annuels en chaleur ;
- caractéristiques de consommation ;
- type d'approvisionnement en combustible ;
- délais d'amortissement ;
- place disponible ;
- tarifs d'électricité ;
- conditions de rachat ;
- sécurité d'approvisionnement ;
- entretien et maintenance ;
- conditions de contracting, etc.

Une installation CCF, en particulier une CETE, devrait fonctionner au moins 16 heures par jour pendant au moins six mois par année. L'installation atteint de cette manière une période de fonctionnement de 3000 heures et plus. Il convient également d'interrompre le moins possible l'exploitation (arrêt et redémarrage).

PHASE 4 : CONCEPTION DE L'INSTALLATION

La conception de l'installation se fait sur la base des calculs effectués et des évaluations des technologies CCF :

- concept hydraulique ;
- bases légales du droit de la construction et procédures d'autorisation ;
- utilisation de composants standards ;
- dimensionnement de l'accumulateur de chaleur ;
- interfaces entre l'alimentation en combustibles, l'épuration des gaz d'échappement, l'approvisionnement électrique et hydraulique ;
- planification des travaux de construction ;
- planification de la mise en service, etc.

PHASE 5 : RÉALISATION ET EXPLOITATION

Des mesures d'optimisation ponctuelles sont généralement nécessaires après la mise en service, les données de planification et les paramètres concrets pouvant différer légèrement. En outre, une exploitation soigneuse et un entretien régulier augmentent les performances et la durée de vie des installations CCF. Des contrats d'entretien total et partiel peuvent contribuer dans une large mesure à un fonctionnement fiable et rentable. Dans le cas du contracting, c'est l'entreprise concernée qui se charge de cette tâche.

V3E : une plate-forme pour le couplage chaleur-force

V3E EST UNE PLATE-FORME PUBLIQUE POUR LA PRODUCTION EFFICACE DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ AVEC DES INSTALLATIONS DE COUPLAGE CHALEUR-FORCE.

Ses domaines d'activité sont :

- la politique et les autorités ;
- le marché ;
- la technique ;
- l'information et la formation ;
- la gestion de la qualité.

QUELS SONT L'OBJECTIF ET LE BUT DE V3E ?

- Soutenir une utilisation efficace des ressources énergétiques pour la production d'énergie électrique et thermique.
- Développer la production décentralisée d'énergie au moyen du couplage chaleur-force (CCF).
- Faire passer l'électricité produite de façon décentralisée à 2000 MW_{el} d'ici 2030 grâce au couplage chaleur-force.
- Souligner l'importance de la production d'énergie décentralisée dans le mix de production pour la couverture des besoins en électricité de la Suisse.
- Remplacer les vieilles chaudières à mazout, à gaz et à bois par des installations CCF modernes fonctionnant avec des énergies fossiles ou renouvelables.

QUE FAIT V3E ?

- Sensibilisation politique au niveau du Parlement et de la Confédération.
- Etroite collaboration avec l'OFEN, l'OFEV, etc.
- Conférences et travail de relations publiques.
- Infos sur Internet, dans des revues spécialisées, des présentations, etc.
- Elaboration de projets et collaboration à des groupes de suivi et des groupes spécialisés.

POURQUOI DEVENIR MEMBRE DE V3E ?

- Vous prenez part au processus politique !
- Vous êtes régulièrement informé des derniers développements en la matière !
- Vous vous tenez au courant des derniers progrès techniques !
- Vous comprenez le potentiel du marché !
- Vous bénéficiez d'une image positive !

V3E Verband Effiziente
Energie Erzeugung
Allmendstrasse 2
Case postale 1646
CH-6061 Sarnen
Tél. 041 660 90 11
Fax 041 660 90 12
info@v3e.ch

www.v3e.ch