

# ÉNERGIE GEOTHERMIQUE

## LUND (Suède)

Parmi les sources d'énergie renouvelable, l'énergie géothermique occupe une place plutôt secondaire. Elle peut provenir de deux sources possibles : la désintégration radioactive de nucléides radioactifs naturels, qui répand de la chaleur sur la surface de la terre, et le stockage d'énergie solaire dans les couches supérieures de la terre. C'est la raison pour laquelle l'énergie géothermique est disponible dans de nombreux endroits et ne dépend pas des différentes saisons de l'année, même si certaines régions ont vraiment un plus fort potentiel que d'autres. Dans la ville de Lund, au sud de la Suède, le potentiel existe et il est exploité par une entreprise municipale.

## LA VILLE

Lund est une ville de 100 000 habitants. Elle se trouve au sud-ouest de la Suède dans la région de Skåne. Son histoire remonte à plus de 1 000 ans et la ville possède une impressionnante cathédrale construite au 12<sup>ème</sup> siècle. La ville voisine la plus importante, Malmö, est assez proche et grâce à la construction d'un nouveau pont traversant l'Øresund, Copenhague, la capitale danoise, est à 20 kilomètres de là depuis l'été 2000. De ce fait, Lund attire l'implantation de nouvelles activités. Son vieux centre ville et sa grande université la rendent particulièrement attrayante.

### Données climatiques :

Degré-jours (Base 17 °C) : 3154

Température moyenne annuelle : 7,5 °C



## CONTEXTE

Déjà en 1963, l'entreprise municipale, Lunds Energi AB, avait commencé à mettre en place le chauffage urbain (CU) dans la ville et aujourd'hui, la demande en chauffage du centre ville tout entier est couverte de cette façon. A l'avenir, le but est d'étendre le réseau de chauffage urbain aux zones résidentielles autour du centre de Lund. La demande en chauffage dans ces zones est généralement couverte par l'électricité, le mazout ou le gaz naturel. En raison de la présence d'eau chaude sous le sol de Lund, deux centrales géothermiques ont été mises en service en 1985 et 1986. L'eau chaude (21 °C) est pompée à 800 mètres sous terre. A l'heure actuelle, le système géothermique fournit 40% de la demande du réseau de chauffage urbain. Le reste de la demande est couvert par la combustion combinée de mazout, de biomasse et gaz naturel.

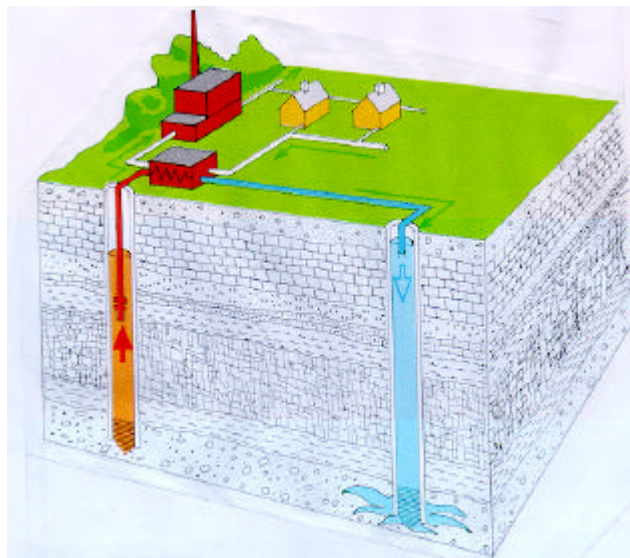
Hormis la géothermie, l'entreprise utilise également la biomasse, à savoir des copeaux de bois pour la production combinée de chaleur et d'électricité. L'installation de trois turbines éoliennes (d'une capacité totale de 950 kW) et également l'utilisation du refroidissement urbain, viennent compléter l'image de Lunds Energi AB et de la Municipalité en tant qu'acteurs avant-gardistes et écologiques du marché de l'énergie. Ces différentes technologies en matière d'énergie permettent à Lunds Energi AB d'adapter plus facilement

sa production de chaleur et d'électricité au niveau de prix actuel du futur marché libéralisé de l'énergie.

## L'EXPERIENCE DE LUND

A la base, la fourniture du chauffage à Lund se fait par les conduits utilisés pour la distribution de l'énergie. Un réseau est utilisé pour distribuer l'eau chaude (chauffage urbain) et un autre pour le froid (refroidissement urbain). Les installations de production de Lunds Energi AB comprennent :

- Une capacité de production de la charge de base : les pompes à chaleur géothermique,
- Une centrale de cogénération alimentée à la biomasse,
- Des chaudières modernes au gaz et au mazout,
- Des chaudières électriques,
- Un réseau de chauffage urbain très étendu,
- Un système de cogénération à turbine à gaz,
- Des réservoirs accumulateurs d'eau chaude et d'eau froide.



### Les usines géothermiques

En raison de la présence d'eau chaude sous le sol de Lund, deux centrales géothermiques d'une puissance de sortie de chaleur de respectivement 20 et 27 MW ont été mises en service en 1985 et 1986. Le projet impliquait une étroite collaboration entre Lunds Energi AB et l'université de Lund. Le principe consiste à pomper l'eau souterraine à 21 °C d'un puits de 800 mètres de profondeur. La chaleur passe de l'eau souterraine vers le fluide frigorigène dans l'évaporateur de la pompe à chaleur. L'eau souterraine est réinjectée dans le sol à une température de 4 °C. Le fluide frigorigène (en phase gazeuse) est maintenu sous pression dans le compresseur. L'augmentation de la pression implique une température plus élevée du fluide frigorigène. La chaleur passe du fluide frigorigène dans l'eau servant au chauffage urbain, elle est chauffée par la pompe à chaleur, elle atteint maintenant 77 °C et est utilisée pour répondre à la demande en chauffage de la ville. Dans des conditions idéales, la pompe à chaleur a un coefficient de performance global (COP) d'environ 3,3, ce qui signifie qu'une entrée d'1 kWh d'électricité produit une sortie de 3,3 kWh de chaleur. Ce coefficient est plutôt élevé et est dû à l'utilisation de l'eau chaude souterraine. Des pompes à chaleur normales, installées par exemple dans des habitations, ont un COP d'environ 2,7.

Puissance thermique maximale	47 (20 + 27)	MW
Coefficient de Performance (COP)	3,3	-
Débit de l'eau	120	L/s
Température de l'eau (entrée – sortie)	21 – 4	°C
Agent de refroidissement	R134a	-
Chaleur produite en 1998	313	GWh
Electricité consommée en 1998	102	GWh

*Spécifications techniques des centrales géothermiques*

Le gradient de température souterraine est d'environ 3 °C pour 100 mètres. Cela veut dire qu'avec un puits plus profond il serait possible d'atteindre des températures plus élevées. Dès 800 mètres de profondeur, l'eau contient une grande quantité de sel (6 % du volume) et de gaz (2,5 litres de gaz pour 100 litres d'eau, le gaz est composé de 92 % de NO<sub>x</sub>, 3 % de méthane et 3 % d'hélium). Pour que ces éléments restent dans l'eau souterraine, elle est pressurisée à 3 bar. Avec un puits plus profond, une plus grande quantité de gaz et de sel serait présente et par conséquent une pression plus élevée serait nécessaire.

La mise en service des centrales géothermiques a conduit à une diminution notable de l'utilisation des carburants fossiles et donc des émissions associées. D'après les calculs, au cours des 5 premières années de fonctionnement, les chiffres concernant l'environnement sont les suivants :

Réduction quantité carburants fossiles	200 000	m <sup>3</sup>
Réduction émissions CO <sub>2</sub>	580 000	tonnes
Réduction émissions SO <sub>2</sub>	4 000	tonnes
Réduction émissions NO <sub>x</sub>	1 400	tonnes

Jusqu'à une date récente, l'agent de refroidissement utilisé était le fréon qui, s'il est émis dans l'atmosphère, contribue à détruire la couche d'ozone. En 1995, le fréon a été remplacé par le R134a, moins agressif. Cette technique, qui fournit à Lund une production de chaleur indépendante et bon marché, porte aujourd'hui le nom de "Modèle Lund" et représente un bel exemple pour les experts suédois mais aussi au niveau international.

### Financement

L'investissement total des installations géothermiques s'élève à 12,1 millions<sup>1</sup> d'euros (valeur nominale). L'investissement a été étalé sur trois ans avec 5 680 000 d'euros en 1984, 5 030 000 d'euros en 1985 et 1 089 000 d'euros en 1986. Par la suite, 332 000 euros supplémentaires ont été investis. Une partie de l'argent provient de prêts à taux préférentiels de la part du gouvernement. A cette époque, l'aide se portait sur les investissements dont l'objectif était de réduire la dépendance envers les produits pétroliers.

### Refroidissement urbain

Un réseau de refroidissement urbain a été construit ces dernières années. Le réseau distribue l'eau froide grâce à ses propres conduits. L'eau est distribuée au consommateur à une température de 4 °C, et lorsque l'eau revient, sa température est montée à 12-15 °C.

Les centrales de production de refroidissement urbain ont leurs propres pompes à chaleur. Les pompes à chaleur géothermique ne sont pas utilisées pour le refroidissement urbain en raison de la longue distance séparant les pompes à chaleur de la zone de demande de refroidissement. Les jours d'été les plus chauds, le surplus de chaleur des pompes à chaleur de refroidissement urbain – alimentant le réseau de chauffage urbain – est équivalent au total de la puissance thermique du réseau de chauffage urbain tout entier. Cela signifie qu'en été, les pompes à chaleur géothermique produisent moins de chaleur qu'avant l'installation du refroidissement urbain. Cependant, sur une base annuelle, les pompes à chaleur géothermique produisent bien plus de chaleur que les pompes à chaleur de refroidissement urbain.

### Centrale alimentée à la biomasse

Lunds Energi AB a récemment investi dans une entreprise voisine, ce qui lui permet d'avoir accès à une nouvelle centrale de production de chaleur et d'électricité combinée alimentée à la biomasse. Celle-ci est située à 7 kilomètres de Lund, mais grâce à son conduit de raccordement, elle peut également alimenter les citoyens de Lund en chaleur provenant de la biomasse. L'investissement dans cette entreprise voisine constitue un nouveau pas dans l'effort déployé par Lunds Energi AB pour se préparer au marché libéralisé de l'énergie et

<sup>1</sup> Un euro est égal ici à 9,15 couronnes suédoises

devenir plus indépendante des fluctuations de prix et d'autres facteurs que Lunds Energi AB ne peut influencer.

### La future libéralisation et Lunds Energi

Lunds Energi a récemment investi dans un très grand réservoir accumulateur pour stocker le surplus de production de chaleur. Un nouvel accumulateur pour l'eau froide du refroidissement urbain a également été mis en place, juste avant Noël 1999. Ceci est un très bon exemple de la stratégie de flexibilité que Lund essaye de mettre en place. La combinaison des pompes à chaleur et des chaudières électriques qui consomment de l'électricité, la capacité de cogénération – en partie basée sur la biomasse – qui produit de l'électricité, et l'important potentiel d'accumulation d'eau chaude et d'eau froide, font de Lunds Energi une entreprise rentable et permettent aux consommateurs de ne pas dépendre des fluctuations des marchés de l'électricité, du pétrole et du gaz. L'option du nouvel accumulateur apporte plus de flexibilité à court terme, et la coopération avec l'entreprise voisine, Eastern Group, mais aussi les investissements dans Norwegian Hydro Power, donnent l'image d'un fournisseur d'énergie indépendant prêt pour la pleine libéralisation du marché de l'énergie.

### Projet en cours

A l'heure actuelle, Lunds Energi AB prépare le forage d'un puits d'exploration atteignant environ 3500 m. Ce projet a nécessité une étroite collaboration entre Lunds Energi AB et l'Université de Lund. On s'attend à ce que l'eau souterraine soit à une température de 125 °C. La température élevée de l'eau souterraine rend possible l'échange direct d'une part importante de l'eau souterraine avec le réseau de chauffage urbain. La part restante est utilisée comme source de chaleur pour les pompes à chaleur existantes servant au refroidissement urbain. Des études ont montré que 250 GWh/an peuvent être directement échangés vers le réseau de chauffage urbain, et que 140 GWh/an peuvent être utilisés comme source de chaleur pour les pompes à chaleur servant au refroidissement urbain.

La mise en œuvre de cette centrale géothermique conduira à une baisse notable de l'utilisation de carburants fossiles et des émissions associées. Des études montrent que, sur une base annuelle, les chiffres concernant l'environnement sont les suivants :

Réduction quantité carburants fossiles	230	GWh
Réduction émissions CO <sub>2</sub>	54 000	tonnes
Réduction émissions SO <sub>2</sub>	10	tonnes
Réduction émissions NO <sub>x</sub>	50	tonnes

Ce nouveau projet dépend entièrement du succès du puits d'exploration.

## EVALUATION ET PERSPECTIVES

Lunds Energi AB et ses partenaires ont été prévoyants dans leur programme d'énergie. L'utilisation d'une large gamme de technologies différentes en matière d'énergie rend cette entreprise plus flexible et prête à affronter le marché libéralisé de l'énergie. Les avantages liés à l'utilisation de la ressource locale – l'eau chaude souterraine – sont notables. L'indépendance sur les marchés étrangers, l'utilisation de la connaissance locale, et donc de l'emploi local, un meilleur environnement grâce à la baisse d'utilisation de carburants fossiles et le fait que Lunds Energi soit maintenant capable de vendre son savoir-faire aux autres pays, sont autant de facteurs qui soulignent la rentabilité de l'investissement pour toute une région.

Un nouveau développement qui consisterait à remplacer les pompes à chaleur électriques par des pompes à chaleur fonctionnant au gaz naturel a été jusqu'ici repoussé en raison du faible prix de l'électricité et des projets concernant une future centrale de cogénération. La

construction de la centrale de cogénération dépend des prix de l'électricité qui, pour l'instant, sont assez bas en Suède.

## POUR ALLER PLUS LOIN

Lunds Energi AB  
Johan Holmstedt  
Trollebergsvägen 5, Box 25  
S – 22100 LUND  
Tel: +46 46 35 84 66  
Fax: +46 46 18 92 62  
E-mail: [johan.holmstedt@lundsenergi.se](mailto:johan.holmstedt@lundsenergi.se)  
<http://www.lundsenergi.se>

Cette étude de cas a été réalisée par Energie-Cités en coopération avec Lunds Energi AB. Elle a été financée par le Programme ALTENER de la DG Energie et Transport de la Commission européenne.

