

POTENTIEL D'ECONOMIES D'ENERGIE DES SYSTEMES D'ACCUMULATION AQUIFERE DE L'ENERGIE THERMIQUE

Ing A. W. JANSEN

Directeur de Deerns Consulting Engineers

PAYS-BAS

Introduction

En raison du besoin de concevoir des bâtiments à faible consommation d'énergie en ce qui concerne la climatisation des alternatives aux méthodes conventionnelles de production de chaleur et de froid ont été mises en place. A cette fin, nous présentons le système d'accumulation aquifère d'énergie thermique (Aquifer Thermal Energy Storage - ATES), qui constitue une solution de développement durable standard pour la climatisation des bâtiments.

Il s'agit d'un système d'accumulation d'énergie saisonnier souterrain, dans lequel une couche perméable porteuse d'une nappe phréatique est utilisée pour stocker et récupérer la chaleur et le froid dans le temps.

Le froid en hiver est utilisé pour refroidir pendant l'été, et inversement la chaleur de l'été sert à des fins de chauffage en hiver. Les hôpitaux, grands consommateurs de refroidissement et de chauffage, peuvent bénéficier tout particulièrement de ce processus très efficace, d'autant plus que les frais d'investissement sont relativement faibles par rapport à la forte demande en énergie.

Ce processus d'utilisation de la nappe phréatique pour le stockage de l'énergie thermique est capable de couvrir 100 % des besoins de refroidissement d'un hôpital et, en combinaison avec une pompe à chaleur, l'ATES peut également produire 80 % de la demande totale en chauffage.

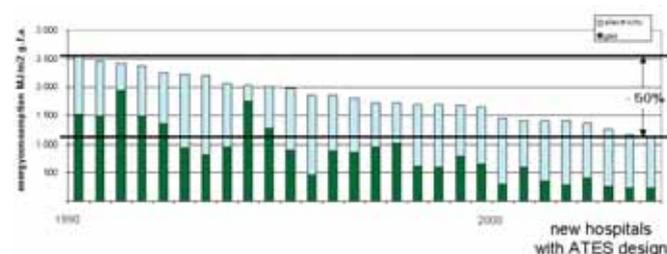


Figure 1 : consommation d'énergie de nombreux hôpitaux conçus par Deerns aux Pays-Bas.

Aux seuls Pays-Bas, la consommation d'énergie dans les hôpitaux a diminué d'env. 50 % depuis 1990, l'ATES ayant joué un rôle majeur dans la réduction de la consommation d'énergie totale pour le chauffage (et le refroidissement) - voir Figure I. Le fort potentiel de ce système fait qu'il est actuellement employé dans la mesure du possible dans toutes les constructions neuves aux Pays-Bas. Le nombre de Systèmes ATES a beaucoup augmenté depuis son introduction il y a env. 20 ans, pour dépasser le millier à l'heure actuelle (Figure II). Ce concept durable devient de plus en plus populaire aussi aux USA, en Belgique, en Allemagne, en Suède, en Finlande et dans de nombreux autres pays européens. La France dispose d'un très fort potentiel d'application pour l'ATES (comme nous le démontreront dans cet exposé), mais cette technique n'est que peu répandue.



Figure II : Le Nombre de systèmes ATES aux Pays-Bas sur la durée [1].

Principes de l'ATES

Comme indiqué, le système d'accumulation aquifère de l'énergie thermique (ATES) est un processus saisonnier qui utilise la nappe phréatique pour charger et extraire l'énergie thermique des couches porteuses d'une nappe phréatique afin de chauffer et de refroidir des bâtiments.

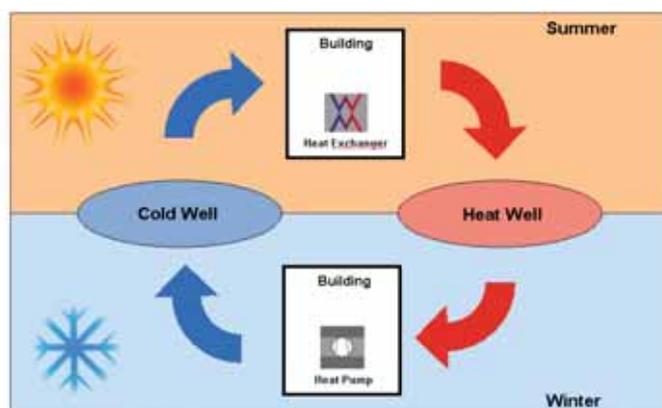


Figure III : Schéma du processus de l'ATES.

La Figure III montre un schéma de ce processus pour illustrer les principes de fonctionnement de l'ATES. Pendant l'été (partie supérieure de la Figure III.a) lorsque le refroidissement est nécessaire, de l'eau est pompée à partir de la couche aquifère relativement froide (par rapport à la température du bâtiment) appelée « source froide ».

La chaleur est transférée de l'environnement chaud du bâtiment vers la nappe phréatique via un échangeur thermique. Cette eau relativement chaude est injectée dans la même couche aquifère à une certaine distance (typiquement à 100 m de l'emplacement initial) chargeant ainsi une « source chaude » en chaleur. En hiver, le processus est inversé (partie inférieure de la Figure III.b).

En cas de besoins de chauffage, l'eau chaude est pompée de la couche aquifère et transfère sa chaleur à l'environnement relativement froid du bâtiment. L'eau froide restante de la nappe est alors réinjectée dans la source initiale en la chargeant de froid.

Ce processus génère deux sources, la source froide étant à une température de 7-10 °C et la source chaude à 18-20 °C (source [1]), permettant ainsi de répéter ce cycle chaque année. Grâce à l'échangeur thermique, aucune eau n'est ajoutée ou soutirée à ce système, de sorte que le niveau de la nappe phréatique ne varie pas selon le cycle saisonnier de l'année, comme le requiert la loi néerlandaise. La Figure IV montre un schéma pour illustrer le principe de fonctionnement du système ATES (dans le cas présent pendant l'hiver).

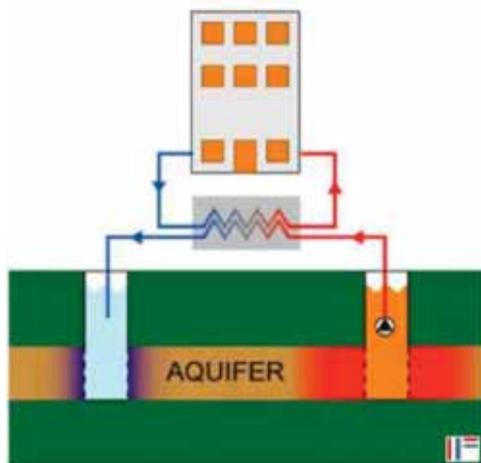


Figure IV : Exemple d'un système aquifère en hiver.

Comme généralement la température de la source chaude n'est pas assez élevée pour fournir le chauffage du bâtiment, une pompe à chaleur est utilisée en hiver pour augmenter la température de l'eau chaude aux 40-50 °C souhaités. Cette chaleur supplémentaire compense également certaines pertes du système qui peuvent survenir au fil du temps, permettant de conserver l'équilibre du système au cours des cycles saisonniers. Ces pertes proviennent de la dispersion mécanique et de la conduction, du flux naturel de la nappe phréatique et des pertes d'interférences entre les différentes sources (source [2]). La loi (néerlandaise) exige que la température nette de la nappe phréatique reste constante au fil du temps et que la température locale n'excède pas 25 °C.

Ce type d'ATES qui met en œuvre deux sources (système double) est opposé au système à source simple qui se sert d'une couche chaude et d'une couche froide (système monosource) et constitue le plus efficace, notamment pour les bâtiments ou blocs d'immeubles

complets à forte demande (> 300 kW) comme c'est le cas des hôpitaux. Ils peuvent aussi être conçus sous forme d'un groupe de sources chaudes et froides (systèmes doubles multiples), améliorant ainsi dramatiquement la production d'énergie tout en diminuant les coûts d'investissement relatifs (adapté aux systèmes de très grande envergure).

Exigences ATES

Pour utiliser l'ATES, de nombreuses conditions doivent être remplies. La présence de couches aquifères à 25-250 m de profondeur est essentielle. Parmi les nombreux autres facteurs clé pour l'adaptation des systèmes ATES figurent :

- La perméabilité de la couche aquifère.
- La faible vitesse d'écoulement de la nappe phréatique (jusqu'à env. 10 m par an).
- Une composition chimique appropriée de l'eau (présence de métaux, d'oxygène, de certaines réactions chimiques, etc.)
- La présence d'autres systèmes ATES ou installations de nappe phréatique à proximité (installations d'eau potable par ex.).



Figure V : La faisabilité de l'ATES aux Pays-Bas.

- La validation par les autorités compétentes.

En tenant compte de ces conditions, la Figure V illustre la possibilité d'application de ces systèmes d'accumulation aquifère aux Pays-Bas, si aucune autre utilisation de la nappe phréatique pouvant être interrompue n'a lieu à proximité, et si aucune objection gouvernementale ne s'y oppose.

Potentiel de l'ATES

Le PER (Performance Energy Ratio) constitue une valeur pour comparer le système ATES à des méthodes conventionnelles de régulation de température à l'intérieur des bâtiments. Le PER est défini comme le rapport entre l'énergie primaire et l'énergie produite. Le PER des méthodes de refroidissement traditionnelles (par ex. des groupes de froid) est d'env. 1,2, et celui d'un équipement de chauffage conventionnel (par ex. des chauffe-eaux) est d'env. 0,9.

Pour un système ATES doté d'une pompe à chaleur, cette valeur est approximativement de 8 et pour le chauffage de 2 environ.

Si la demande en énergie couverte par l'ATES (100 % du refroidissement, 80 % du chauffage, le reste étant fourni par des chauffe-eaux ultra-efficaces) est intégrée au calcul, les économies d'énergie atteignent env. 85 % pour le refroidissement et plus de 50 % pour le chauffage.

En matière de coûts d'investissement du système ATES, il convient de se reporter à la Figure VI.

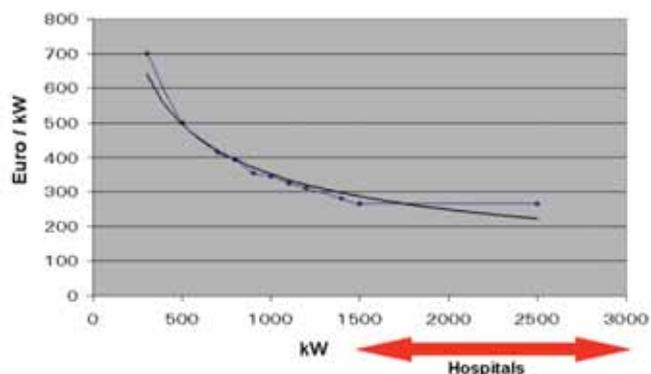


Figure VI : Les coûts d'investissement relatifs en Euro/kW en tant que fonction du total de kW des hôpitaux des régions appropriées à l'utilisation de cette énergie.

Ce graphique montre une diminution considérable des coûts d'investissement relatifs pour une demande en énergie croissante. Puisque les hôpitaux sont très gourmands en énergie, le système ATES peut être considéré comme une solution viable pour la réduction de la consommation d'énergie dans les hôpitaux. Ces chiffres permettent d'estimer la durée d'amortissement pour les hôpitaux de 5 à 15 ans, en fonction de l'hôpital dans lequel le système est installé.

ATES et les hôpitaux néerlandais

De nombreux hôpitaux aux Pays-Bas bénéficient de systèmes ATES. Pour obtenir une impression des résultats obtenus au moyen de ce système, deux exemples doivent être considérés :



Figure VII : A gauche : l'hôpital de Deventer ;
A droite : l'hôpital Martini.

Hôpital de Deventer

Comme l'ancien hôpital de Deventer ne satisfaisait pas aux exigences de santé modernes, un nouvel hôpital d'une superficie de 70.000 m² GFA a été construit sur un autre site au sein de cette ville à l'est des Pays-Bas. Outre de nombreuses mesures de développement durable, y compris une isolation thermique accrue et une conception efficace des installations, un système ATES avec pompe à chaleur a été monté dans cet hôpital. Le système fournit actuellement 100 % de la demande totale en eau de refroidissement et env. 80 % de la demande totale en chauffage, contribuant ainsi à une diminution de la consommation d'énergie globale de 40 % par rapport à un hôpital comparable. Ceci est obtenu avec une durée d'amortissement

d'env. 13 ans, alors que la durée de service prévue de l'installation est de 15 à 20 ans, ce qui rend le système particulièrement viable (source [3]).

Hôpital Martini, Groningen

L'hôpital Martini est un hôpital partiellement rénové (env. 23 000 m²) et partiellement reconstruit (env. 60 000 m²) situé au nord des Pays-Bas. La construction a démarré en 2003 et s'est terminée en 2007. L'hôpital est réputé pour ses possibilités de construction flexibles et démontables, ainsi que pour ses nombreuses mesures d'économie d'énergie, y compris l'implémentation d'un système ATES.

La construction neuve fait effet d'une réduction de la consommation d'énergie primaire de 32 % par rapport à des hôpitaux équivalents existants, le système ATES comptant pour au moins 40 % de cette diminution. Il affiche également une réduction annuelle de CO₂ de 2 millions de kg.

Possibilités supplémentaires de l'ATES Outre le potentiel élevé des systèmes ATES avec pompe à chaleur, de multiples adaptations ou ajouts peuvent être réalisés pour des raisons d'efficacité ou de développement durable. Pour n'en citer que quelques-uns :

- Des systèmes de refroidissement à sec ou des collecteurs solaires remplaçant la pompe à chaleur pour obtenir respectivement un meilleur refroidissement en été et un meilleur chauffage en hiver, dont l'efficacité peut être supérieure en fonction du climat.
- Accumulation de la chaleur à 40 °C au lieu des 25 °C obligatoires, mais souvent redondants, afin d'assurer un PER plus élevé en chauffage.
- Assainissement de l'eau de nappe déjà remontée.
- Alimentation du système de sprinklers.
- Combinaison avec les eaux de surface.

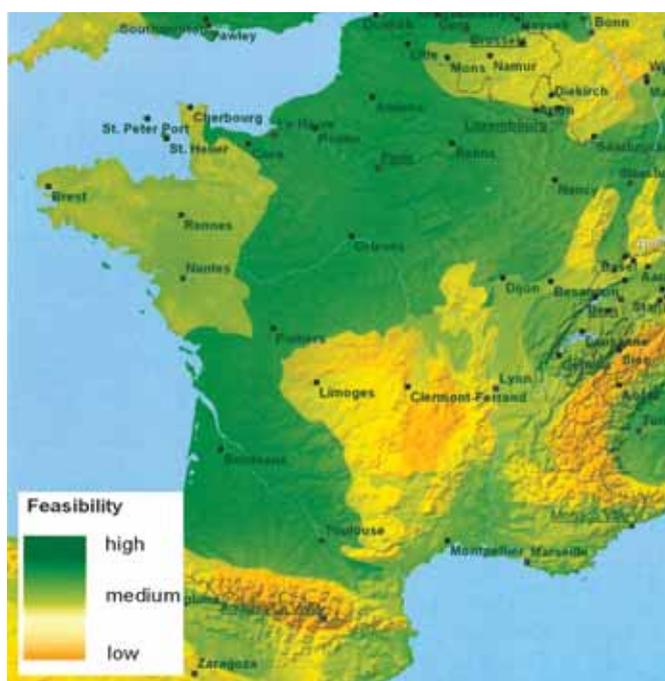


Figure VIII : La faisabilité de l'ATES en France, [1].

Faisabilité en France

La Figure VIII démontre la faisabilité des systèmes ATES en France. Elle illustre le fort potentiel d'application de cette technique d'accumulation d'énergie thermique dans de grandes parties du territoire français. Il convient de ne pas oublier que le climat français est différent du climat aux Pays-Bas et que de manière générale, les besoins en refroidissement peuvent être plus importants. Pour que le système reste en équilibre (chargement identique en chaleur et en froid) il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des refroidisseurs à sec par exemple en été à la place de la pompe à chaleur en hiver (ou les deux à des niveaux différents).

Bien que l'ATES ne soit presque pas utilisé en France, il s'agit d'une solution hautement viable pour réduire considérablement la consommation d'énergie des bâtiments, notamment des hôpitaux, dans de nombreuses régions en France.

Index des références

- [1] <http://www.iftechnology.com/> et <http://iftech.co.uk/>.
- [2] Caljé, R.J. - Future use of Aquifer Thermal Energy Storage below the historic centre of Amsterdam, Master Thesis, Delft University of Technology, Janvier 2010.
- [3] <http://eu-hospitals.net/>.

SECURITE ELECTRIQUE DANS LES LOCAUX A USAGES MEDICAUX - PAR RAPPORT AU PROJET DE NORME EUROPEENNE PRHD 60364-7-710

Wolfgang HOFHEINZ
Vice Président CTO Bender Group - DKE Président
ALLEMAGNE

1. Introduction - le concept de sécurité électrique pour les locaux à usages médicaux

Les installations et les équipements électriques pour les locaux à usages médicaux sont soumis à des exigences exceptionnelles.

La santé et même la vie d'un patient peuvent être exposés à des risques si des courants électriques passent dans son corps, ou s'il se produit une panne d'appareils de survie et d'équipements utilisés pour le diagnostic, le monitoring ou le traitement. Lorsque des exigences techniques et de sécurité sont définies, il faut tenir compte tout particulièrement du fait que les patients peuvent être branchés à un équipement électro-médical, que leur état physique peut être restreint et que l'application d'appareils électriques sur ou dans le cœur peut être extrêmement dangereux, en raison de la forte sensibilité du muscle cardiaque aux courants électriques.

Lors d'une opération ou d'un examen médical, il se peut que les conditions techniques suivantes qui s'appliquent au patient doivent être prises en compte :

- la résistance électrique de la peau peut être réduite par l'insertion de cathéters ;
- les fonctions de l'organisme peuvent être reprises par un appareil, par exemple lors d'une intervention chirurgicale ;
- la réaction naturelle peut être réduite par une analgésie ou arrêtée si le patient est anesthésié.

Ces risques doivent être compris avant de définir des objectifs et des mesures relatifs à la sécurité électrique. Le tableau complet des dangers impliqués à l'application d'équipements électriques dans les locaux à usages médicaux high tech se compose de nombreuses sources :

- énergie électrique et mécanique
- hautes températures