Le stockage saisonnier de chaleur

Autor(en): **Hadorn, J.-C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **77 (1986)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904195

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Le stockage saisonnier de chaleur

J.-C. Hadorn

Après une introduction générale, l'article traite plus particulièrement des stocks à chaleur sensible. Il en présente une analyse détaillée avec caractéristiques principales et champs d'application. A l'aide d'exemples réalisés, il montre l'état de la technique et discute le coût des installations et du kWh.

Der Aufsatz befasst sich fast ausschliesslich mit der Speicherung von fühlbarer Wärme. Die verschiedenen Speicherarten werden systematisch vorgestellt und ihre Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten diskutiert. Anhand von Beispielen wird der Stand der Technik gezeigt und auch auf die Kosten eingegangen.

Conférence présentée à la Journée ASE sur le «stockage de l'énergie à grande échelle», le 20 mars 1986, à Berne.
Les travaux de Sorane S.A. dans le domaine du stockage souterrain de chaleur sont effectués sous mandat et grâce au concours financier de l'Office fédéral de l'énergie.

Adresse de l'auteur
J.-C. Hadorn, ing. dipl. EPFL, Sorane S.A., route du Châtelard 52, 1018 Lausanne.

1. Intérêt du stockage saisonnier

L'intérêt ou la nécessité d'un stockage saisonnier de chaleur, pour satisfaire les besoins en chauffage, apparaît dans les deux cas suivants (fig. 1):

1. Une utilisation intensive de l'*énergie solaire* ne peut se concevoir sans tirer parti des importants apports d'été, alors que la demande principale est centrée sur l'hiver. De même pour l'énergie «ambiante», dérivée de l'énergie solaire.
2. Une utilisation optimale de la capacité de production d'une *centrale thermique* avec chauffage à distance travaillant toute l'année nécessite un stockage. Le stockage saisonnier de chaleur permettrait, dans de telles installations, de pratiquement doubler la puissance raccordée, en étant utilisé simultanément à la centrale durant les mois d'hiver.

Depuis plusieurs années, d'importants travaux de recherche ont été effectués dans le monde, qui ont abouti à la réalisation de divers types de stockage saisonnier.

A l'heure actuelle, des technologies de stockage saisonnier de chaleur existent, dont on peut estimer les performances et le coût. Ces technologies font essentiellement appel à la chaleur sensible de l'eau ou des sols (terrains meubles, rocher).

Le stockage saisonnier (un à trois cycles par an) utilisant la chaleur latente de substances chimiques n'est pas envisageable même à moyen terme, compte tenu du coût des matériaux. Le stockage saisonnier par voie thermochimique présente théoriquement des avantages indéniables (pas de pertes puisque l'on stocke un produit) mais il est peu probable que des technologies fiables soient disponibles avant le prochain millénaire [1; 2; 3].

Si la plupart des techniques de stockage de *chaleur sensible* que nous allons parcourir dans cet exposé ont été développées pour du stockage à long terme (trois à six mois), certaines d'entre elles peuvent parfaitement convenir pour du stockage de régularisation à court terme (jour/nuit, semaine/week-end) dans de grands systèmes énergétiques (réseau de chauffage ur-

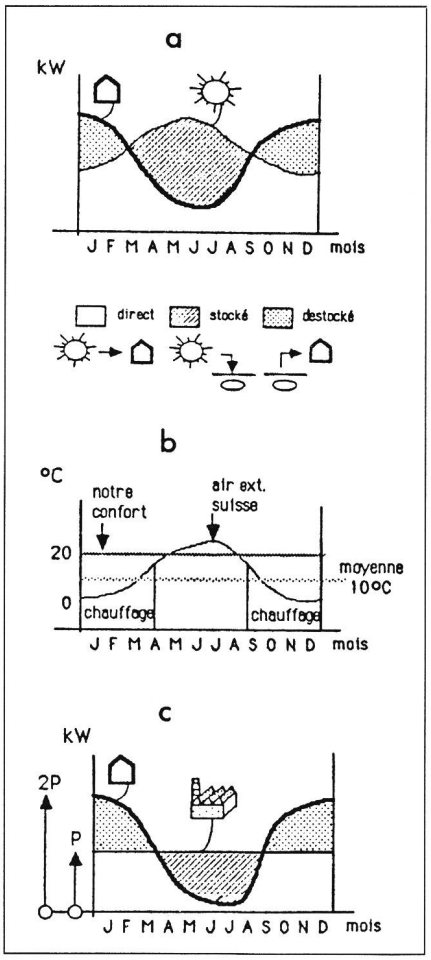


Fig. 1 Nécessité et intérêt du stockage saisonnier de chaleur

a Energie solaire
b Energie ambiante
c Energie de rejets: centrales thermiques, usines d'incinération, industries saisonnières, rejets industriels

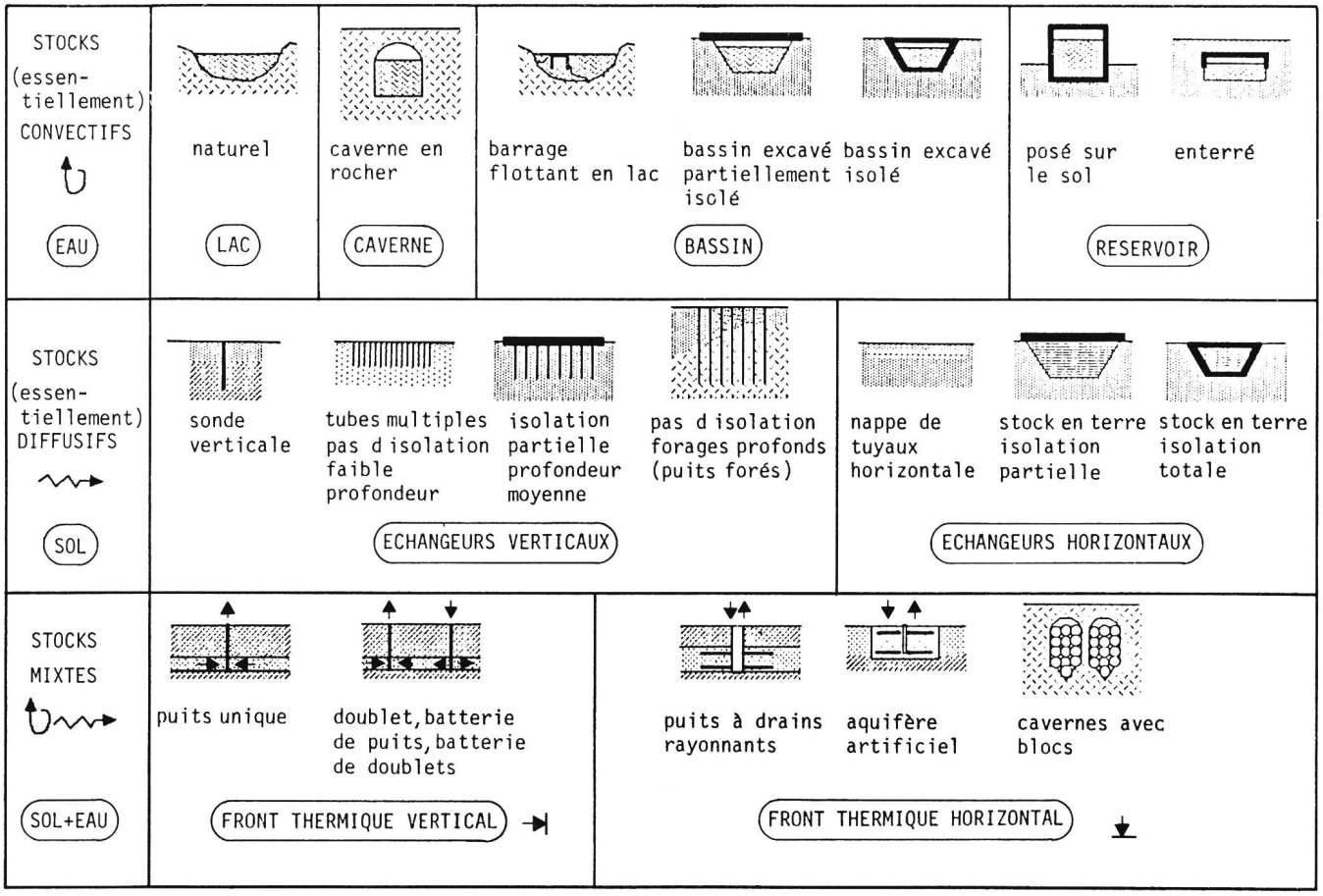


Fig. 2 Typologies de stockage saisonnier de chaleur

enveloppe munie d'isolation — aucune isolation spéciale

bain). Leur économie n'en est que plus favorable puisque le coût de la chaleur destockée est inversément proportionnel au nombre de cycles réalisés tout au long de la durée de vie du système.

2. Types de stockage envisageables

Les principaux types de stockage à long terme dont on envisage le développement dans les années à venir font tous appel au milieu naturel, abondant, bon marché et possédant des propriétés thermiques adaptées. Pour le moment, seule la chaleur sensible a été utilisée; peu d'expériences importantes ont été réalisées en essayant de mettre à contribution la chaleur latente du milieu. Cette possibilité ne doit cependant pas être écartée lors de l'utilisation de pompes à chaleur.

Les grands types de stockage saisonnier peuvent être classés en trois familles selon le médium de stockage. On distingue (fig. 2):

Les stocks convectifs: le moyen de stockage est ici l'eau. On peut considérer trois types de stocks convectifs:

- le réservoir, qui peut être sur la surface du sol ou enterré;
- le bassin, qui est en fait une grande piscine relativement profonde (5 à 20 m);
- la caverne, spécialité essentiellement suédoise pour le moment, qui pourrait cependant être avantageusement utilisée en Suisse.

Dans cette catégorie, on peut également mentionner les lacs, qui constituent une façon naturelle de réaliser un stockage à basse température de l'été pour l'hiver.

Les stocks diffusifs: le support du stockage est un sol non saturé ou à la rigueur saturé d'eau.

Il est nécessaire de constituer un échangeur de chaleur qui peut être horizontal (nappes de tuyaux) ou vertical (tubes battus ou forés). Les systèmes horizontaux sont plutôt adaptés au terrain meuble, pour des profondeurs restreintes (5 à 10 m) puisqu'une excavation est nécessaire. Les systèmes verticaux permettent de solliciter des volumes importants (en profondeur) même dans du rocher, avec une emprise au sol limitée. Ils sont cependant plus dépendants de la présence d'écoulements souterrains qui peuvent entraîner la chaleur injectée loin du stock.

Les stocks mixtes (diffusion et convection): le support de stockage est un sol ou une roche perméable saturés d'eau et le transfert d'énergie est assuré par l'eau elle-même.

Ce sont les stockages en aquifère ou éventuellement en cavernes de rocher remplies de blocs. On peut y distinguer les systèmes à front thermique vertical et ceux à front horizontal, moins sujet, à température élevée (plus de 40 °C), aux effets néfastes de la convection naturelle.

3. Technologies – exemples et applications

La plupart des projets importants dans le monde ont été réalisés depuis

Quelques projets de stockage saisonnier de chaleur réalisés dans le monde Tableau I

Stocks convectifs Eau	● Léman, EPFL 1986 ● mer Baltique, S 1984 Lac	○ Avesta, S 1982, 15 000 m³ Lyckebo, S 1983, 100 000 m³ ● Kopparberg, S 1983, 240 000 m³ Caverne
	Studsvik, S 1979, 640 m³ ● Lambohov, S 1980, 10 000 m³ ○ Univ. Cop, DK 1982, 500 m³ Ingelstad II, S 1986, 20 000 m³ Bassin	Provident, CA 1976, 277 m³ Aylmer, CA 1978, 96 m³ Toulouse, F 1979-1981, 200 m³ Ingelstad I, S 1979, 5000 m³ Réservoir
Stocks diffusifs Sol	Sigtuna, S 1980, 10 000 m³ ● Kungsbacka, S 1980, 85 000 m³ ● Cortaillod, CH 1981, 4000 m³ ● Kullavik, S 1982, 10 000 m³ ● Arlon, B 1983, 2500 m³ ● Lulea, S 1983, 100 000 m³ Groningen, NL 1983, 23 000 m³ ● Sondes verticales, depuis 1983 ● Rumlang, CH 1984, 1000 m³ ● Stora Skuggan, S 1985, 180 000 m³ ● Hostvetet, S 1985, 25 000 m³ ● Vallentuna, S 1985, 60 000 m³ ● Meyrin, CH 1985, 20 000 m³ ● Cormontreuil, F 1986, 15 000 m³ Echangeurs verticaux	● Pompes à chaleur sur sol, 1975 ○ Marly, CH 1979, 350 m³ ○ Keller, CH 1980, 350 m³ ● Vaulruz, CH 1983, 3500 m³ ● Kranebitten, A 1984, 70 000 m³ ● Beausobre, CH 1986, 4500 m³ Echangeurs horizontaux
Stocks mixtes Sol et Eau	○ Colombier, CH 1973-1980 ○ Auburn, USA 1973-1985 ○ St-Paul, USA 1980-1985 ○ Horsholm, DK 1982, 75 000 m³ ● Aulnay-sur-Bois, F 1983, 100 000 m³ ● Scarborough, CA 1983, 250 000 m³ ● Klippan, S 1983, 800 000 m³ ● Falun, S 1984, 700 000 m³ ● Montreuil, F 1985, 400 000 m³ ● Bunnik, NL 1985, 50 000 m³ ● Downsview, CA 1985, 1 300 000 m³ Plaisir, F 1986, 500 000 m³ Front thermique vertical	○ Speos, CH 1982, 30 000 m³ ● Stuttgart, D 1985, 800 m³ Front thermique horizontal

● avec pompe à chaleur dans le système
○ stock essentiellement à caractère expérimental

ces cinq dernières années. Une attention spéciale a été marquée pour le stockage en cuve à eau tout d'abord, utilisant ainsi l'expérience existante dans le stockage à court terme, puis en aquifère et enfin pour le stockage dans le sol (tab. I).

Pour chaque type de stock, ce chapitre présente de façon très concise les principaux points caractérisant la technologie et «l'état de l'art».

3.1 Stocks convectifs

Cuve en acier (aérienne)

La technologie est bien connue et maîtrisée (cuves de stockage court terme, cuves pour produits pétroliers). La limite de construction se situe vers 40 000 à 50 000 m³. L'emprise au sol importante rend difficile le recours à de tels stocks en Suisse. Le coût impose en outre dans les conditions actuelles un nombre important de cycles durant une année et ne permet pas d'envisager des applications saisonnières rentables.

Cuve en béton

La construction de la cuve elle-même est une technique connue. Par contre, des problèmes d'étanchéité peuvent se produire.

Les performances de tels stocks sont relativement bien maîtrisées par le calcul. Elles sont, de plus, pratiquement indépendantes d'un site géologique. Des incertitudes quant à la tenue dans le temps de l'isolation à utiliser pour une cuve souterraine subsistent toutefois. Il convient également de prévenir le risque de dissolution du calcium à la surface intérieure de cuves non revêtues, pouvant encrasser les échangeurs.

L'emprise au sol peut être réduite au minimum, voire être nulle. Pour réduire le coût de cuves en béton, on peut imaginer de combiner la fonction «stockage» avec la fonction «structure» dans un bâtiment.

Bassins

La construction de ce type de stock s'apparente à celle des bassins de compensation ou de décharges. Les problèmes d'étanchéité sont cependant plus délicats encore à résoudre, du fait des températures de travail possibles. Le choix des matériaux (isolation, étanchéité) est encore difficile, mais les quelques expériences déjà réalisées peuvent guider le projeteur.

Les bassins ont en gros les mêmes performances énergétiques que les cuves à eau, mais avec un coût réduit, puisqu'il n'est pas nécessaire de réaliser une structure portante sur le fond et les côtés. L'emprise au sol est toutefois importante. Pour les grands bassins (plus de 25 000 m³), il n'est pas nécessaire d'isoler les côtés et le fond, ce qui permet de réduire notablement le coût. La présence d'un écoulement naturel souterrain important est cependant néfaste.

Les expériences de bassin réalisées en Suède et au Danemark permettent d'envisager des projets d'envergure avec chances de succès importantes.

Cavernes

En Suède, de nombreuses cavernes abritent des stocks de pétrole, de charbon ou de nourriture. Le premier projet d'eau chaude (caverne de 15 000 m³) fut réalisé à Avesta en 1982 et un stock pilote de 100 000 m³ à Lyckebo en 1983. Ce stock fonctionne selon l'attente, après quelques problèmes de chimie de l'eau au contact du rocher.

Les principales caractéristiques de ce type de stock sont les suivantes: la construction en est assez bien connue en Suisse si l'on songe aux cavernes abritant des centrales électriques. Le choix du site est par contre délicat: pour éviter toute fuite d'eau de la caverne, il convient soit de trouver une roche étanche, soit d'étancher les pa-

rois, soit encore de réaliser le stock sous un niveau phréatique pour disposer d'une contre-pression. Il n'est pas exclu que des sites potentiels existent en Suisse, en bordure des Alpes, non loin des zones de forte demande en chaleur. Des études prospectives sont nécessaires en ce domaine.

Les performances, d'autre part, sont maintenant prévisibles, l'expérience de Lyckebo ayant montré le très bon maintien de la stratification thermique dans le stock. Le coût de tels ouvrages ne permet vraisemblablement pas d'envisager des applications pour des volumes inférieurs à 50 000 m³ environ. Pour le réduire, on peut envisager d'utiliser, en sous-produit, le matériel excavé comme grave de fondation de routes ou agrégats pour le béton.

Il est possible de réaliser dans une roche encaissante adaptée un stock sous pression, de telle sorte que des températures de travail élevées puissent être atteintes (130 à 150 °C ou plus).

3.2 Stocks diffusifs

Le principe consiste à réchauffer, par conduction, une masse de terrain grâce à un échangeur de chaleur entre fluide et terrain. Cet échangeur peut être constitué de diverses manières (fig. 2):

- Horizontalement, par excavation complète du volume puis mise en place de serpentins (exemples: stocks de Marly et de Vaulruz, échangeurs enterrés pour pompe à chaleur).
- Verticalement, par battage de tubes verticaux (exemple: Cortaillod) ou forage de tubes (exemples: sondes terrestres, projet Rümlang d'Elektrowatt, projet Lulea en Suède, projet pour 100 maisons à Groningen en Hollande).

A l'heure actuelle, ce type de stock est très prometteur dans la mesure où les performances sont assez bien prévisibles par modèles de calcul et les coûts de construction maîtrisables. Les écoulements d'eau souterraine sont cependant causes de pertes thermiques supplémentaires et sont néfastes pour les stocks dépassant 20 °C.

Une étude sur modèle réduit (ACUS de l'IENER[1]) a permis de préciser les possibilités de transfert de chaleur à haute température (100 à 130 °C) entre fluide chaud et roche, dans le but de réaliser des stocks profonds dans la molasse du plateau suisse.

Les stocks à basse température avec pompe à chaleur à gaz ou électrique sont proches de la rentabilité économique.

3.3 Stock mixtes (aquifères)

Il existe plusieurs concepts possibles de stockage en aquifère. Citons le doublet de puits, qui consiste à faire migrer de l'eau chaude d'un puits vers un autre avec propagation horizontale du front thermique dans un milieu poreux. Le deuxième type important est celui réalisé à Speos, près de Dorigny, et dont le concept original est dû à l'IENER de l'EPFL: il s'agit de faire migrer la chaleur de façon verticale, à partir de deux niveaux de drains rayonnants; on évite ainsi les problèmes de convection naturelle inhérents au système à doublet.

D'une manière synthétique et sommaire, les principales caractéristiques d'un stock en aquifère selon la température d'utilisation sont les suivantes:

Utilisation à moyenne température (de 30 à 100 °C)

Le choix d'un site disponible nécessite d'importantes reconnaissances. Le choix du concept à réaliser est encore controversé. L'exécution est difficile et peut influencer les performances futures de manière importante. L'emprise au sol est faible à nulle. Les problèmes liés au chimisme de l'eau (colmatage, encrassement, etc.) ne sont pas encore résolus dans tous les cas. Les performances sont encore très difficiles à prédire de façon sûre (convection naturelle, dispersion, hétérogénéité, etc.). L'extension de la perturbation thermique peut être importante. Cependant le coût est relativement faible, principalement parce que l'on accède vite à des volumes importants.

Le système apparaît prometteur pour le stockage à moyenne température, mais avec d'assez grandes incertitudes liées à la méconnaissance d'un site hydrogéologique.

Utilisation à basse température (0 à 30 °C) avec pompes à chaleur

Le choix d'un site disponible est plus aisé que précédemment. Le concept le plus sûr est vraisemblablement le doublet avec recharge. L'exécution, délicate, porte cependant moins à conséquence qu'à température moyenne. L'emprise au sol est faible à nulle. Le chimisme de l'eau n'est, dans la plupart des cas, pas critique si on limite la température maximale à 30 °C environ. Les performances sont assez bien prévisibles (si l'aquifère est bien reconnu hydrauliquement). Le coût spécifique est relativement faible pour des tailles importantes.

En résumé, avec une pompe à chaleur, il apparaît que les systèmes bien conçus sont financièrement rentables, dès maintenant.

Utilisation à haute température (plus de 100 °C)

Dans ce cas il est nécessaire de recourir à des aquifères profonds. On se rapproche alors des problèmes rencontrés en géothermie.

3.4 Application

La figure 3, extraite du «Guide du stockage saisonnier de chaleur» [4] que Sorane prépare sous mandat de l'OFEN[2], présente l'ensemble des possibilités d'applications des stocks discutés ici. Les deux variables primordiales *Taille* du système et *Température* de travail du stock, constituent les deux entrées du tableau proposé.

4. Coûts

Les travaux de la Tâche VII, dirigés par Sorane SA au sein d'un programme de recherche en énergie solaire de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), ont permis d'obtenir, sur la base de l'expérience de chacun des pays participants, des informations sur les coûts probables des technologies présentées précédemment. Par ailleurs, des études de coût de cuve en béton et de stocks diffusifs par puits forés ou parois moulées ont été réalisées en 1984 en Suisse par Elektrowatt Ing. AG sur notre requête.

Ainsi, ces études ont réuni les coûts de construction de différents types de stock en fonction de leur «volume représentatif» (fig. 4). On observera que le volume est très difficile à définir pour des stocks non confinés (aquifère). Les coûts considérés ont été exprimés en francs suisses 1984 et représen-

[1] IENER = Institut d'économie et aménagements énergétiques de l'EPFL

[2] OFEN = Office fédéral de l'énergie

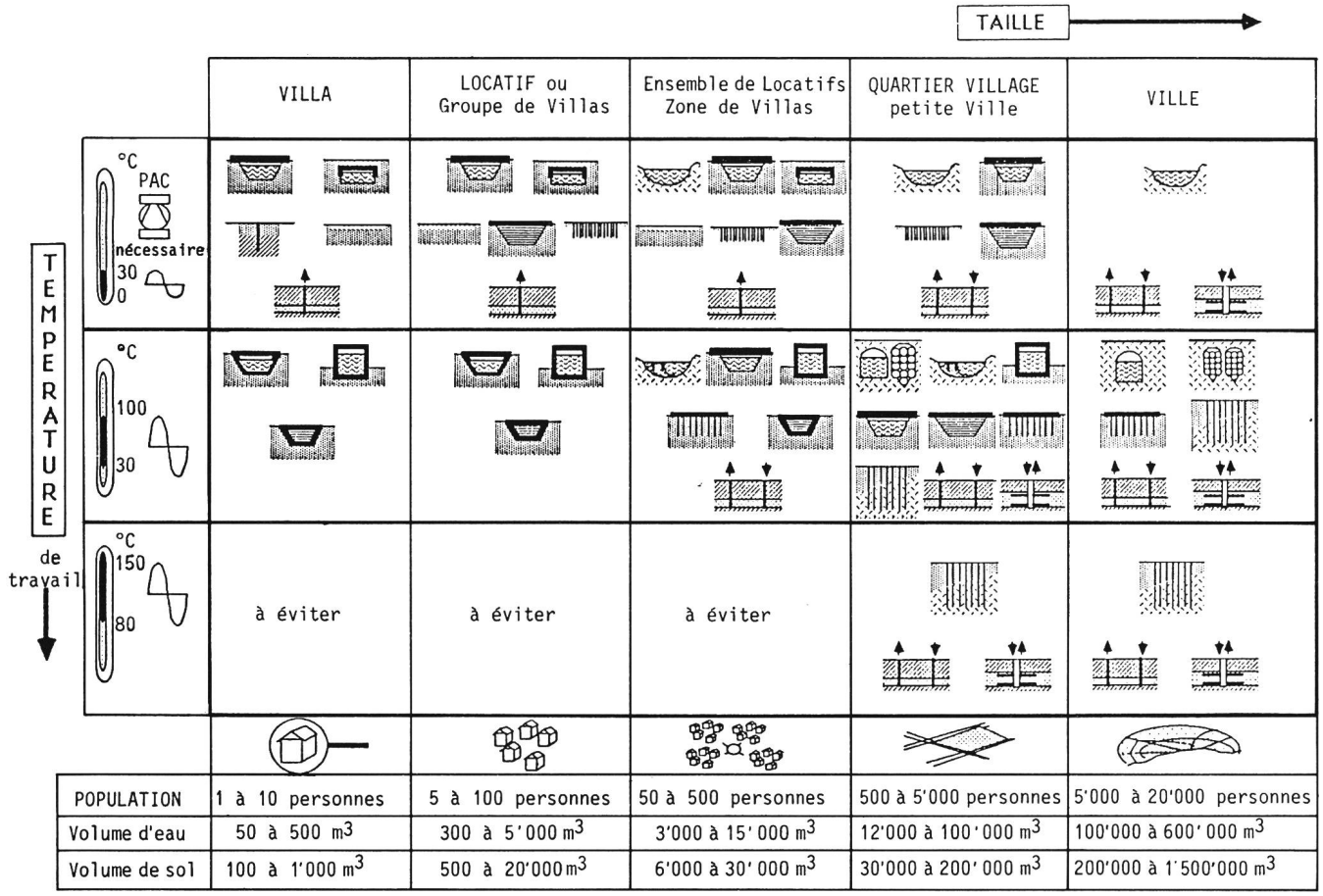


Fig. 3 Possibilités d'applications du stockage saisonnier de chaleur
PAC pompe à chaleur

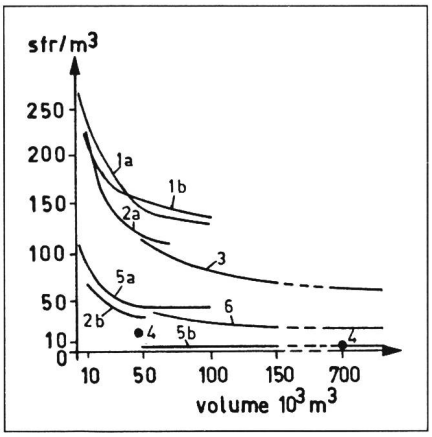


Fig. 4 Ordre de grandeur de l'investissement spécifique pour differents types de stock

Adapté de AIE - Tâche VII 1983

1a cuve en béton
1b cuve en acier
2a bassin isolé tout autour
2b bassin isolé au sommet
3 caverne
4 aquifère
5a stock en terre
5b tubes verticaux dans l'argile
6 puits forés en rocher ou paroi moulée

tent bien évidemment des ordres de grandeurs compte tenu des énormes incertitudes d'un site géologique.

Afin de pouvoir mieux comparer les stocks, nous avons estimé pour chaque type de stock, l'énergie qu'il est possible d'en retirer pour établir la figure 5. Les coûts sont ici exprimés en coût de kWh soutiré en admettant un seul cycle annuel pendant 20 ans. On constate que les cuves à eau conduiraient actuellement à des coûts d'énergie de l'ordre de 20 à 30 cts par kWh pour des cuves de volume important (plus de 10 000 m³). Il est donc nécessaire d'effectuer plusieurs cycles stockage-déstockage par an pour obtenir un début d'intérêt économique dans les conditions actuelles. C'est ce qui se passe dans des systèmes solaires pas totalement autonomes ou pour des besoins peu saisonniers (eau chaude sanitaire) et l'on peut atteindre la rentabilité dans un climat comme celui de Lugano [5].

Les stocks diffusifs ont dans la figure 5 des coûts de l'ordre de 5 à 15 cts par kWh pour un seul cycle annuel (le stock de Vaulruz effectue 2,7 cycles par an). Il apparaît ainsi que de tels stocks peuvent être économiquement intéressants à moyen terme. Une étude plus poussée de l'économie financière de systèmes solaires avec stocks diffusifs est en cours.

Le stockage en aquifère conduirait à des coûts du kWh de l'ordre de 1 à 6 cts pour un cycle annuel, ce qui est dès maintenant un signe de rentabilité. Ce type de stockage est donc le plus prometteur. En ce qui concerne les systèmes sans pompe à chaleur, les incertitudes liées aux aquifères nécessitent encore des efforts de recherches.

5. Conclusions

En guise de conclusion, les remarques suivantes peuvent être faites:

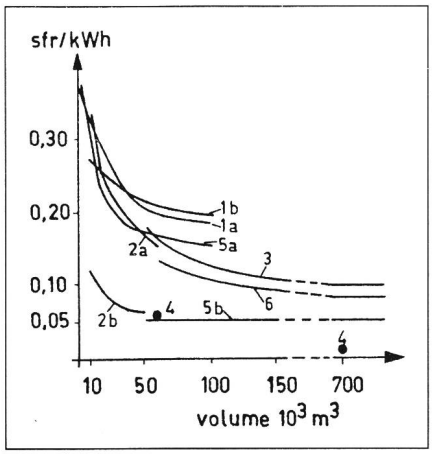


Fig. 5 Ordre de grandeur du coût de l'énergie fournie par un stock saisonnier

Hypothèses

- durée de vie = 20 ans; taux d'intérêt = 5%
- un cycle annuel
- annuité = 8% de l'investissement initial
- coût de la charge du stock et de la pompe à chaleur éventuelle non compris

1a cuve en béton
1b cuve en acier
2a bassin isolé tout autour
2b bassin isolé au sommet
3 caverne
4 aquifère
5a stock en terre
5b tubes verticaux dans l'argile
6 puits forés en rocher ou paroi moulée

- Différentes sources de chaleur peuvent nécessiter un stockage saisonnier: rejets de chaleur, usine d'incinération, centrale chaleur-force, énergie solaire directe, énergie solaire indirecte (air extérieur) valorisée grâce à des pompes à chaleur.
- Des technologies de stockage de chaleur en grande quantité et/ou de manière saisonnière existent et ont déjà été expérimentées et des modèles de calcul validés sont disponibles publiquement.
- L'économie de stock travaillant à plus de 30 °C ne peut être intéressante que pour des systèmes de taille importante (plus de 40 000 à 50 000 m^3) pour du stockage saisonnier (un cycle annuel). Des stocks plus petits nécessitent un nombre équivalent de cycles annuels au moins supérieur à 10 dans les conditions économiques actuelles.
- Les stocks à basse température (0 à 30 °C) sont bien adaptés au stockage saisonnier, car ils ont peu de pertes thermiques et leur économie ne dépend pratiquement pas de la taille du système. Des systèmes faisant appel à des pompes à chaleur (registre enterré, sondes terrestres) sont d'ailleurs déjà réalisés au niveau individuel (pour une maison) et proche de la rentabilité économique.
- Pour une application particulière, il convient d'étudier avec sérieux plusieurs variantes de stock souterrain, car les conditions géologiques et géotechniques sont déterminantes quant à la faisabilité et l'intérêt d'une technologie.
- La Tâche VII de l'AIE a montré que les systèmes solaires avec stockage saisonnier en aquifère et pompe à chaleur sont dès maintenant compétitifs sous certaines conditions. Les systèmes sans pompe à chaleur les plus intéressants économiquement font appel aux stocks diffusifs forés, aux bassins et aux aquifères [6; 7].
- Par ailleurs il a été montré dans les références [5; 7] que dans un système solaire sans pompe à chaleur, c'est le coût des capteurs qui reste déterminant et non celui du stock saisonnier.
- Pour préparer intelligemment l'avenir, il nous semble primordial de réaliser et d'étudier des installations pilotes en Suisse de taille significative (plus de 50 à 100 logements). Ceci afin d'une part de lever les incertitudes des stocks économiquement les plus prometteurs et d'autre part de cerner les réductions de coût possibles, notamment pour les stocks devant travailler à moyenne température, pour s'insérer dans un système sans pompe à chaleur.

Bibliographie

[1] *P. Kesselring:* Speicherung und Transport von Energie. Ein wichtiges Thema für künftige Energiesysteme. Bull. SEV/VSE 77(1986)9, S. 490...494.

[2] *G. Beghi:* Production thermochimique des vecteurs d'énergie. Bull. ASE/UCS 77(1986)9, p. 522...527.

[3] *G. Calzaferri:* Neue Brennstoffe durch Photosynthese. Bull. SEV/VSE 77(1986)9, S. 533...537.

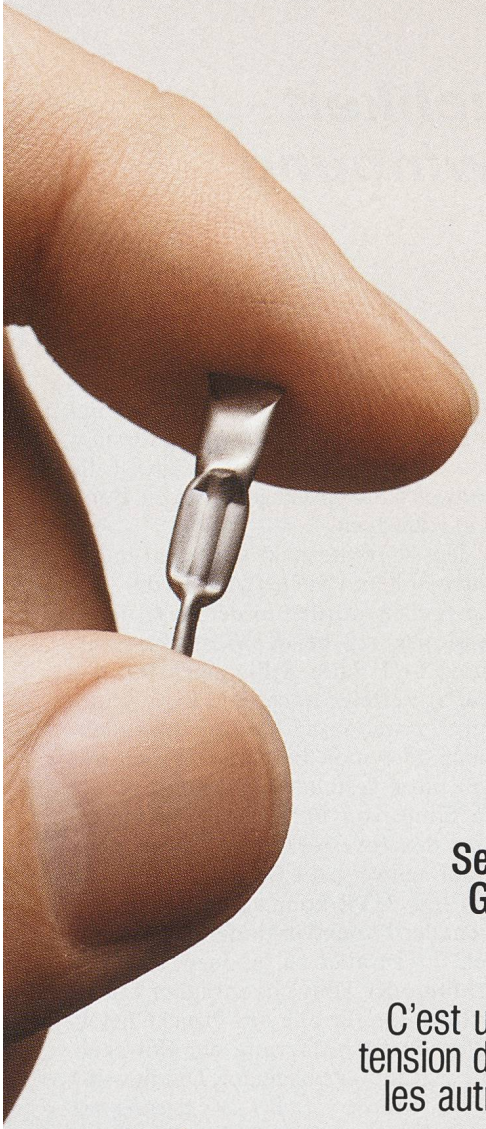
[4] Guide du stockage saisonnier de chaleur Document SIA-OFEN (en préparation). Zurich, SIA, 1986.

[5] *J.-C. Hadorn:* Performances économiques de systèmes solaires avec stockage saisonnier pour un habitat groupé en Suisse. Première partie: Stockage en cuve à eau. Berne, Office fédéral de l'énergie (OFEN), 1985.

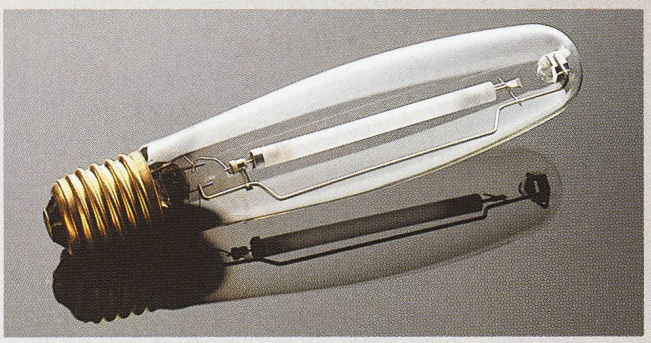
[6] *A. Boysen* and *V.G. Chant:* Central solar heating plants with seasonal storage. Summary report of phases I and II. Stockholm, Swedish Council for Building Research, 1986.

[7] *C.A. Bankston:* Central solar heating plants with seasonal storage. Evaluation of system concepts. Washington, Department of Energy, 1986.

[8] Le stockage saisonnier de chaleur et sa possibilité d'application en Suisse. Séminaire du 7 juin 1985 à Berne. Berne, Office fédéral de l'énergie, 1985.



Ce petit réservoir fait toute la différence dans la vie d'une lampe sodium haute pression.



Seules les lampes sodium haute pression LUCALOX® GENERAL ELECTRIC possèdent ce petit réservoir.

C'est un réservoir d'amalgame, spécialement conçu pour réguler la tension d'arc. Sans lui les lampes LUCALOX ne dureraient pas plus que les autres lampes sodium haute pression. A présent les LUCALOX 70 watt GENERAL ELECTRIC possédent également ce réservoir d'amalgame exclusif.

Si vous souhaitez obtenir de plus amples informations sur notre gamme de lampes sodium haute pression longue durée LUCALOX, contactez votre distributeur de lampes GENERAL ELECTRIC ou adressez votre demande à:

GENERAL ELECTRIC

General Electric Technical Services Co., Inc.
6, Rue du Simplon
CH-1207
Geneva, Switzerland
Telephone: (41-22) 35-9260
Telex: (845) 422222