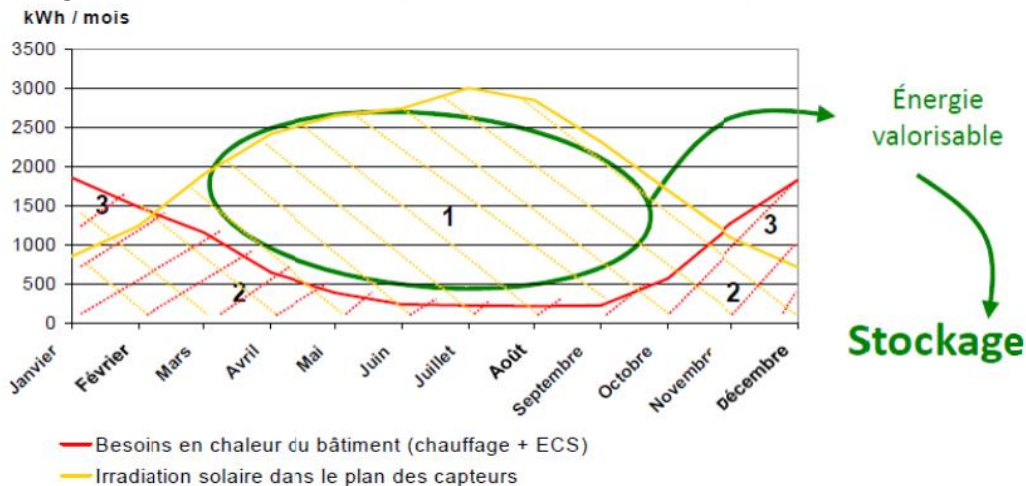


TECHNOLOGIE UTILISEE OU GENERIQUE	STOCKAGE DE CHALEUR PAR LE BATIMENT OU LE SOL	
Type d'usage	Collectif	<b>Système actif</b> , de stockage court-terme (journalier) type ballon tampon, ou de stockage moyen/long terme (inter-saisonnier) de type cuve enterrée de grande capacité (plusieurs milliers de m <sup>3</sup> ), avec ou pas une redistribution dans un réseau de chaleur.
	Individuel	<b>Système passif</b> , par la conception du bâtiment permettant grâce à l'inertie de stocker gratuitement de la chaleur, pour la restituer ensuite.

**Schéma de principe** : Figure 1. Potentiel de stockage d'énergie solaire thermique en présence de capteurs solaires destinés au chauffage et l'Eau Chaude Sanitaire (Source Frédéric Kuznik, 2009)



“Converting energy is wasteful [...] ICAX (an inter-seasonal heat transfer device) captures heat as **heat**, stores heat as **heat** and releases heat as **heat**.” [www.icax.co.uk](http://www.icax.co.uk)

#### Description synthétique :

Le stockage de chaleur par le bâtiment permet un déphasage entre l'accumulation d'énergie et sa restitution. Cela peut être effectué de manière passive en utilisant les matériaux de construction (inertie thermique du béton, emplacement adapté) ou avec des systèmes plus avancés (cuve souterraine, matériaux à changement de phase...) Le stockage de chaleur qu'il soit à court-terme (nuit/jour) ou à plus long terme (inter-saisonnier) permet une diminution importante du besoin de chauffage ou climatisation d'une habitation ou d'un local.

**Schéma d'intégration** : Exemple de **Systèmes passifs** permettant de récupérer la chaleur du soleil grâce à l'inertie et à la surface d'échange.

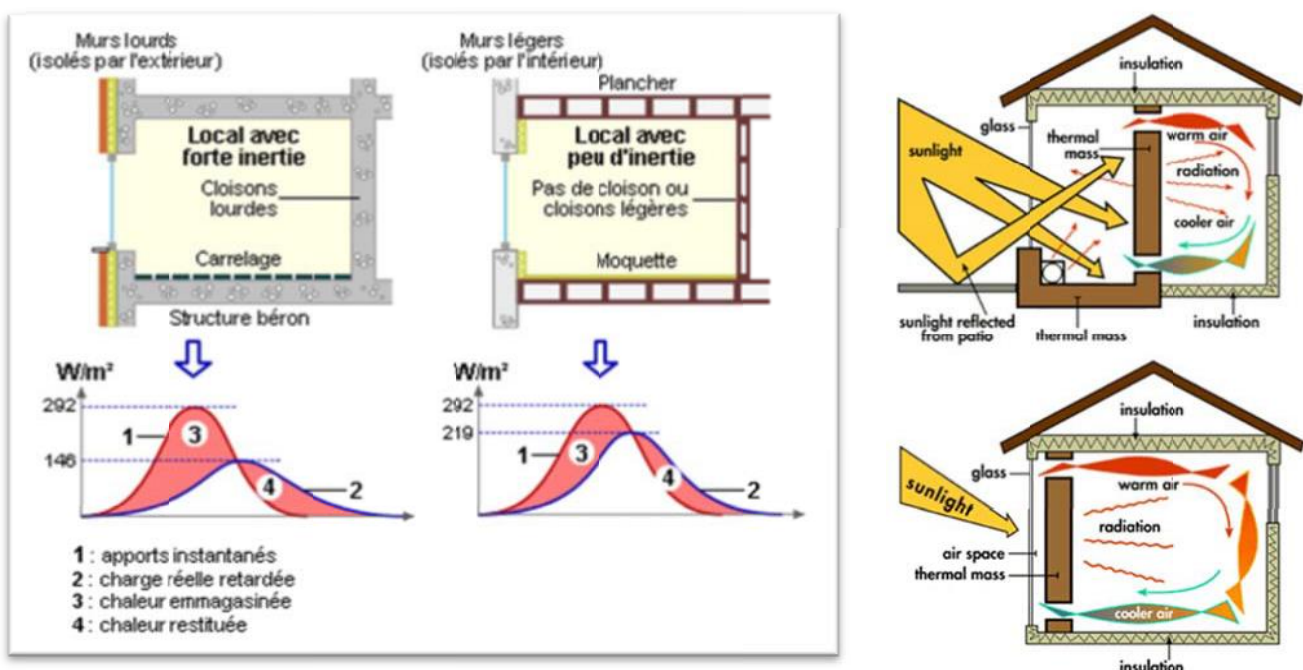


Figure 2. Utilisation des matériaux de construction pour accumuler/restituer la chaleur (murs et pavé en béton à Londres BedZED [http://www.bioregional.com/files/publications/bedzed\\_seven\\_years\\_on.pdf](http://www.bioregional.com/files/publications/bedzed_seven_years_on.pdf))

Exemple de **système actif** solaire décentralisé avec stockage saisonnier, et mise en place d'un second réseau de chaleur « solaire » pour centraliser l'énergie en surplus :

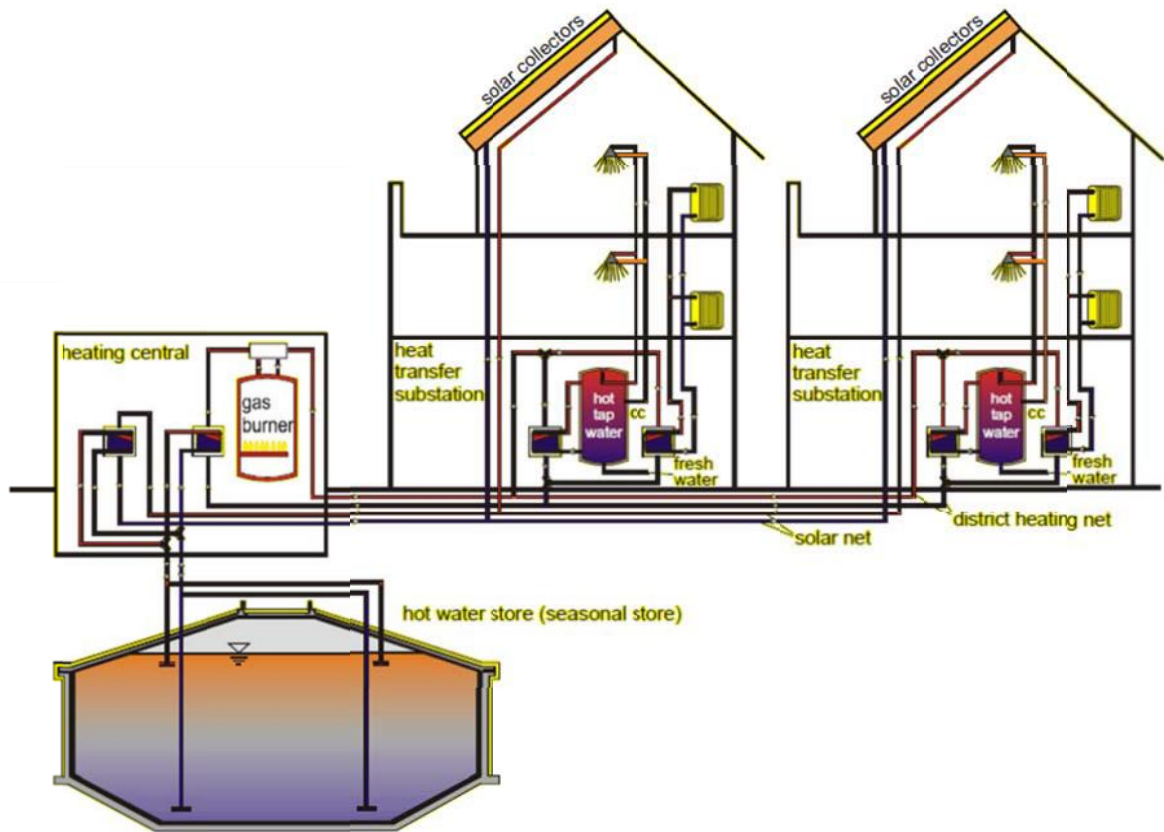


Figure 3. Stockage thermique souterrain, Hannover-Kronsberg

#### Liste des EQs utilisant cette technologie :

##### Pour l'Europe :

##### Passif :

BedZED, Londres (GB) : utilisation de l'inertie thermique du béton

« Thermal mass provided by dense concrete blockwork and concrete floor slabs and exposed »

[http://www.bioregional.com/files/publications/bedzed\\_seven\\_years\\_on.pdf](http://www.bioregional.com/files/publications/bedzed_seven_years_on.pdf)

Pas d'information spécifique trouvée pour les autres éco-quartiers, mais ils sont en général construits pour répondre à des normes BBC, HQE, Maison passive ... et devrait en général faire bon usage de la masse thermique des matériaux de structure.

##### Actif :

Kronsberg, Hannover (DE) : Stockage thermique souterrain inter-saisonnier

“Another initiative is Solarcity. It is a social housing complex of 104 dwellings, heated by solar power. In the summer, surplus solar energy is piped to a well-insulated cistern which returns the heat to the dwellings during cold periods.” Eco-towns: Learning from International Experience, 2008

[http://www.urbed.com/cgi-bin/get\\_binary\\_doc\\_object.cgi?doc\\_id=281&fname=extra\\_pdf\\_4.pdf](http://www.urbed.com/cgi-bin/get_binary_doc_object.cgi?doc_id=281&fname=extra_pdf_4.pdf)

Solar Drake Landing Community (CA) : stockage thermique dans des sondes géothermiques

<http://www.dlsc.ca/>

#### Opérateurs (nom et nature)

Conception	A remplir par le groupe qui focalise sur le jeu des acteurs
Réalisation	
Exploitation	

**Variantes des solutions retenues dans les EQs :**

Actif vs. Passif : à remplir par le groupe qui focalise sur le jeu des acteurs

<b>Domaines pertinents</b>	<p><b>Système passif :</b> Pertinent dans toute construction (maison individuelle, immeuble, bâtiment public, commerce...) à la conception, difficile en rénovation.</p> <p><b>Système actif :</b> Le système actif de stockage est très pertinent pour les sources de chaleur intermittentes de type solaire, et compte tenu de son coût, est plutôt adapté pour des groupes de bâtiments à l'échelle d'un quartier en liaison avec un réseau de chaleur, alimentant de l'habitat collectif, des bâtiments publics, des usines, etc. Le stockage actif peut également servir de stockage multifonctionnel permettant d'une part de stocker l'énergie intermittente (solaire par exemple), mais également de satisfaire une énergie de pointe et limiter par la même occasion l'investissement sur les générateurs.</p>
<b>Limites d'utilisation</b>	<p><b>Système passif</b> (Source ENERTECH) :</p> <p>L'inertie apparaît comme un gros réservoir (d'énergie) dont il faut maximiser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le volume par des matériaux à capacité thermique élevée : pierre, béton, brique pleine, etc., et un volume important de matériaux (dalles, refends, murs, etc) ;</li> <li>- et le diamètre de l'orifice de remplissage par de grandes surfaces d'échange donc multiplier les surfaces de parois de couleurs plutôt sombres pour absorber.</li> </ul> <p>Lorsque le bâtiment projeté n'a pas de masse et ne peut pas en avoir (comme les constructions à ossature bois), les matériaux à changement de phase peuvent être utilisés. Ils permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'emmagasiner beaucoup d'énergie lors du changement d'état (qui s'opère à température constante). Ils stabilisent donc momentanément la température intérieure.</li> <li>- de se substituer donc aux masses lorsqu'il y en a peu ou pas.</li> </ul> <p>Mais attention ! La température de changement d'état doit être choisie pour qu'en été, le refroidissement nocturne soit capable de ramener le matériau à l'état solide. Sinon, il restera liquide tout l'été et perdra l'essentiel de sa fonction de stockage !</p> <p><b>Système actif</b> (Source Amorce) :</p> <p>Le stockage inter-saisonnier est généralement non compétitif au regard des prix actuels de l'énergie. Il nécessite une mise en place de nouveaux modes de financement du fait de la part importante des coûts d'installation par rapport aux coûts d'exploitation.</p> <p>Cependant, en considérant le stockage comme un composant multifonctionnel, il peut apporter des fonctionnalités supplémentaires : fourniture énergie de pointe, connexion entre le réseau de chaleur et le Smart Grid électrique. Dans ce cas, le coût du stockage doit être évalué dans sa globalité (diminution de l'investissement des générateurs, ...).</p>
<b>Contribution à la mutualisation des besoins</b>	<p>Concernant la mutualisation des besoins pour les <b>systèmes actifs</b>, deux types de stockages peuvent être distingués :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stockage court-terme (journalier) adapté à l'intermittence de la ressource solaire et au déphasage jour/nuit.</li> <li>- Stockage moyen/long terme (inter-saisonnier) adapté au déphasage été/hiver.</li> </ul>

**Stockage d'énergie**

Ce stockage d'énergie est calorifique. Rappel des différents types de **systèmes actifs** de stockage d'énergie thermique de la fiche détaillée « Réseau de chaleur » :

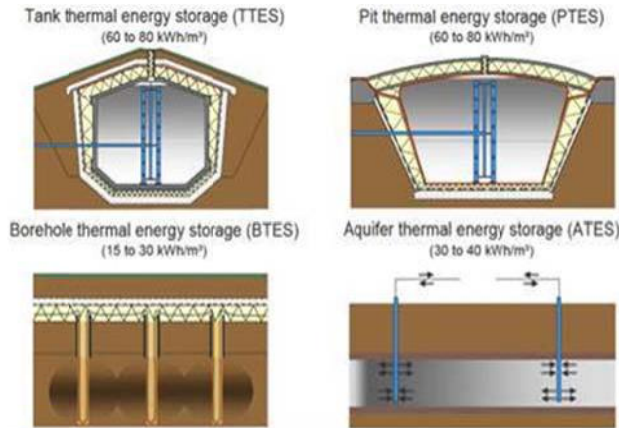


Figure 4. Réservoir, fosse, forage de puits et dans aquifère pour le stockage d'énergie thermique (Source SOLITES – Allemagne)

Pour les **stockages passifs**, ceux-ci sont liés à l'inertie des bâtiments.

**Coût d'investissement**  
(€/kW)

Ci-après les coûts d'investissement par m<sup>3</sup> stocké pour les différents **systèmes actifs**, en fonction des volumes stockés :

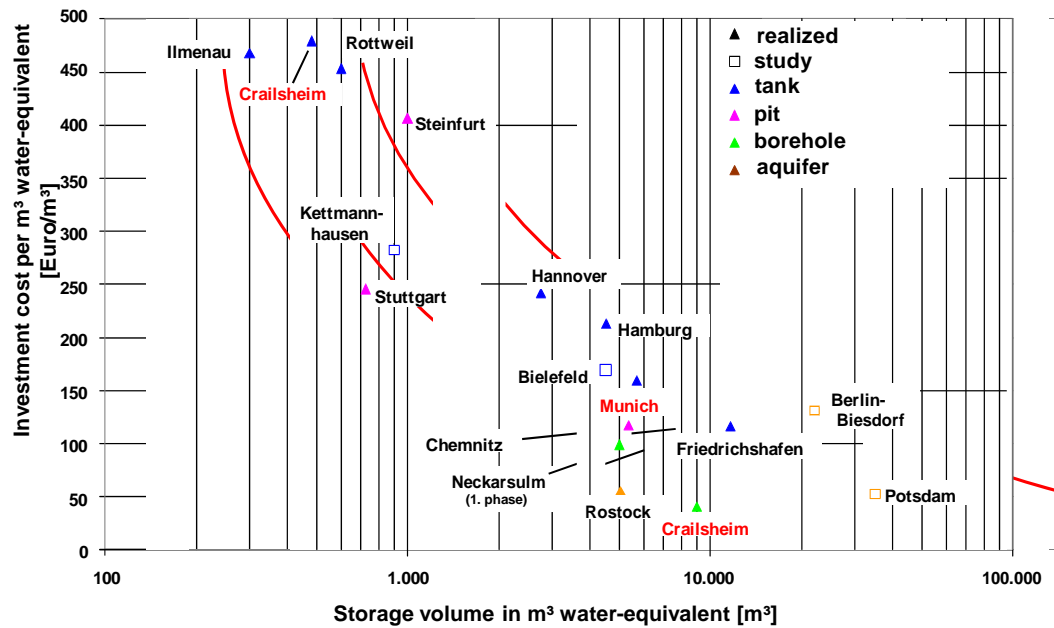


Tableau 1. Coût des stockages moyen/long terme (Source Solarthermie2000)

0 pour les **systèmes passifs**, sauf si apport de matériaux à changement de phase pour faire des corrections.

**Charges de fonctionnement**  
(€/kWh)

Voir la partie « Détails qualitatif ».

<b>Niveau de maturité</b>	<p>Pour les <b>systèmes actifs</b> :</p> <p>Stockage avec cuve d'eau souterraine ou par forage : technologie mature. Sorption : en développement. Adsorption, absorption et réaction chimique : re herche.</p> <p>Pour les <b>systèmes passifs</b> :</p> <p>Matériaux à changements de phase : commercialisation Materials for Compact Seasonal Heat Storage, 2010 <a href="http://www.iea-shc.org/events/exco/68/workshop/VanHelden-Compact_Seasonal_Heat_Storage.pdf">http://www.iea-shc.org/events/exco/68/workshop/VanHelden-Compact_Seasonal_Heat_Storage.pdf</a></p>
---------------------------	--

**Détails qualitatif**

Ci-après quelques caractéristiques des systèmes actifs de stockage de chaleur (pour les types se référer à la partie « Stockage d'énergie de la présente fiche) :

Type	Densité	Coût	Température	Reproductibilité
<b>TTES</b>	++	++	++	++
<b>PTES</b>	++	+	++	++
<b>BTS</b>	-	-	+	+
<b>ATES</b>	+	-	+	-

Tableau 2. Récapitulatif des caractéristiques des stockages moyen/long terme (Source CEA INES)

Et sur le tableau suivant, une comparaison est faite sur les différentes solutions de stockage d'énergie, que ce soit de la chaleur ou de l'électricité. Pour cette dernière source d'énergie, ce tableau complète la fiche détaillée « Stockage d'électricité par batteries ».

**Comparatif des différentes solutions de stockage d'énergie**

Solution de stockage d'énergie	Capacité	Durée de stockage	Nombre de cycles ou durée de vie	Rendement	Particularités
Chaleur	Plusieurs dizaines de kWh/m <sup>3</sup>	En jours ou en mois	Plusieurs dizaines d'années	50% à 90%	Deux possibilités: chaleur sensible ou chaleur latente
Air comprimé	Du kWh (bouteilles) au GWh (cavernes)	En jours	1 000 à 10 000 cycles	40% à 60%	Technique connue mais en progrès
Accumulateur lithium-ion	100 Wh/kg	En mois	Autour de 2 000 cycles	Autour de 95%	Coût en baisse constante
Pile à hydrogène réversible	Potentiellement très élevée	En semaines	Variable	Autour de 50%	Technique toujours au stade de la R & D
Volant cinétique	Du kWh à la centaine de kWh	En heures	Autour de vingt ans	Autour de 95%	Puissance instantanée très élevée
Supercondensateur	Autour de 10 kWh/kg	En jours	Plusieurs centaines de milliers de cycles	Autour de 90%	Produit proche de l'accumulateur Li-ion, en plus « réactif »

**Si la chaleur peut être stockée sans changement de nature physique, ce n'est en principe pas le cas du courant électrique (hors boucle supraconductrice), qui doit, pour cela, être transformé transitoirement en énergie mécanique (air comprimé, volant cinétique), chimique (accumulateur, supercondensateur, hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau).**

Tableau 3. Chaleur et électricité, les atouts du stockage d'énergie décentralisé (Source Le Moniteur)