



Appel à projets du programme de recherche Chaleur solaire et stockage de la chaleur
07.04.2025 / Stephan A. Mathez et Andreas Eckmanns

Remarque : cet appel à projets a été rédigé en allemand et traduit en français et en anglais. En cas d'éventuelles ambiguïtés, la version allemande fait foi.

"Défis liés à la réalisation de grands accumulateurs thermiques et de grands champs de capteurs solaires".

Situation de départ

La recherche énergétique donne des impulsions pour le changement de système vers les énergies renouvelables, pour l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie, comme le prévoit la Constitution, ainsi que pour un approvisionnement énergétique autonome et responsable vis-à-vis des générations futures. Avec environ 1,8 million de bâtiments, le secteur immobilier est à l'origine d'environ la moitié de la consommation d'énergie primaire de la Suisse.

De manière générale, le programme de recherche "Chaleur solaire et stockage de la chaleur" s'oriente sur la stratégie énergétique 2050¹ et sur les objectifs du plan directeur de recherche énergétique 2025 - 2028 de l'OFEN². Le programme vise la recherche appliquée et le développement, qui est proche de la recherche, de nouvelles technologies dans le domaine de l'approvisionnement en chaleur et en froid pour les bâtiments, les sites/quartiers et les villes.

Motivation

Pour décarboniser le système énergétique suisse et le rendre plus autonome et plus résilient face aux pénuries d'énergie hivernales, il est nécessaire de disposer de grandes capacités de stockage d'énergie. La manière de loin la plus avantageuse de stocker l'énergie est sous forme de chaleur. Les accumulateurs de chaleur saisonniers et semi-saisonniers contribuent, via le couplage sectoriel, à soulager le réseau électrique pendant la moitié froide de l'année. Les accumulateurs dits "giga", c'est-à-dire d'une capacité > ½ GWh, sont par exemple les accumulateurs en fosse ou caverne (> 10'000 m³, ΔT=40 K), les accumulateurs en vrac (> 25'000 m³, ΔT=40 K), les accumulateurs à sondes géothermiques (> 50'000 m³, ΔT=20 K) ou les accumulateurs en aquifères (> 100'000 m³, ΔT=10 K). Mais les "méga-accumulateurs" (capacités > ½ MWh) pour l'approvisionnement en chaleur de bâtiments ou de sites sont également essentiels pour que les ressources énergétiques renouvelables soient disponibles à *tout moment* pour l'approvisionnement en énergie.

Les technologies de stockage de la chaleur à cette échelle posent des exigences accrues en termes de fiabilité et de rentabilité : la planification nécessite de nombreuses études statiques et géologiques, ainsi que le comportement chimique et biologique à long terme qui doivent également être pris en compte lors de l'exploitation. De plus, les matériaux et les processus utilisés doivent être évalués en termes d'émissions de CO₂, de disponibilité et de compatibilité environnementale.

¹ Y compris l'adaptation actuelle à l'objectif du Conseil fédéral de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050 dans les Perspectives énergétiques 2050+. Lien vers le rapport succinct : [Perspectives énergétiques 2050+ \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/fr/content/dam/bfe/medien/2024/01/10/perspectives-energetiques-2050-2024.pdf)

² www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/forschung-und-cleantech/eidgenoessische-energieforschungskommission-core.html



Objectif

Par le biais de cet appel à projets, le programme de recherche sur l'énergie solaire thermique et sur le stockage de la chaleur souhaite contribuer à clarifier les questions techniques relatives au stockage de chaleur et aux grands champs de capteurs avec TRS 4 - 6, ainsi que les questions non techniques, et invite un large cercle de spécialistes à soumettre leurs idées sous forme de propositions de projets. Il est prévu de soutenir environ 5 à 8 projets de recherche avec une contribution fédérale d'environ **1,0 million de francs** au total. Les projets doivent avoir une durée dès 1 à 3 ans.

Les axes prioritaires esquissés ci-dessous constituent la base des soumissions de projets. Les axes prioritaires ont été choisis de manière à tenir compte du plan directeur de recherche énergétique actuel de l'OFEN 2025 - 2028, des nouvelles tendances de la recherche énergétique ainsi que des projets en cours dans le programme de recherche permettant ainsi de les compléter.

Les projets de recherche doivent se référer à des sites concrets, exemplaires pour l'application des questions à étudier, afin de reproduire un cas d'étude et un projet aussi réaliste et complet que possible. Pour le projet de recherche, des consortiums interdisciplinaires composés de chercheurs, d'industriels et/ou d'un fournisseur d'énergie doivent être proposés. Pour les thèmes prioritaires #1 à #3, il est donc impératif d'inclure dans l'équipe un partenaire d'un projet de mise en œuvre réel ou de l'intégrer dans un groupe d'accompagnement (preuve au moyen d'une LOI).

Remarque : les thèmes qui ne figurent pas dans le présent appel d'offres peuvent être soumis à tout moment dans le programme "Solaire thermique et stockage de chaleur" dans une approche bottom-up.

Documents à soumettre et remarques concernant les soumissions

Les documents suivants sont exigés pour la soumission d'un projet :

- Les projets doivent être formulés en détail dans le formulaire Requête (annexe 2).
- Une demande de subvention complète ainsi que la feuille annexe pour la requête et le rapport financier (annexe 3) doivent être envoyés.
- Pour les soumissions de projets, il convient de respecter les tarifs actuels conformément aux "Rémunération des frais de personnel dans les projets de recherche et P+D" (cf. annexe VI de la Directive pour le dépôt et l'évaluation de requêtes d'une aide financière - annexe 4).

Pour les propositions de projets, les points suivants doivent être respectés :

- Les aspects décrits sous les axes prioritaires ne doivent pas être intégralement représentés dans les propositions de projet, mais doivent être considérés comme des aides indicatives.
- Les projets sont évalués sur la base des critères définis dans les instructions d'exécution relatives au dépôt et à l'évaluation des demandes d'aide financière pour des projets pilotes de recherche énergétique et des projets de démonstration.
- Subsidiarité : les programmes de recherche de l'OFEN sont conçus comme un complément aux projets de l'économie privée et des centres de recherche publics. Les projets soutenus par d'autres partenaires de projet ont donc généralement un plus grand potentiel de mise en œuvre. En principe, plus la maturité technologique est élevée, plus la part de fonds propres et de fonds de tiers attendue est importante.
- Dans le temps disponible pour la soumission, il n'est pas toujours possible d'assurer d'éventuels partenaires de projet, objets d'étude ou sources de financement tierces pour un projet. Néanmoins, ces points sont très importants pour l'attribution du projet. Ainsi, dans le cadre de la soumission, il faut indiquer clairement quels sont les partenaires et les installations de recherche déjà assurés ou disponibles (déclarations d'intention). En cas d'assurance(s) partielle(s), l'adjudication est provisoire et l'établissement d'un contrat n'est possible que lorsque toutes les assurances pertinentes ont été fournies.
- Il est nécessaire de recourir au TRS pour présenter explicitement la situation initiale et les objectifs cibles de projets (si applicable).³

³ La description des TRS se trouve à l'annexe I des "Directive pour le dépôt et l'évaluation de requêtes d'une aide financière aux projets de recherche énergétique, pilotes et de démonstration" (annexe 4).



- Il est recommandé d'examiner les possibilités de coopération interinstitutionnelle et inter organisationnelle dans le cadre de la même proposition, afin de réunir des expertises complémentaires dans un même projet.

Déroulement

Les dates limites suivantes sont prévues :

- 07.04.2025 Publication sur le site de l'OFEN
- 21.04.2025 Questions éventuelles par courriel à energieforschung@bfe.admin.ch
- 24.04.2025 Réponse aux questions (anonymisée sur le site de l'OFEN)
- 23.05.2025** **Soumission des demandes** par courriel à energieforschung@bfe.admin.ch
(confirmation de réception par la suite)
- Juillet 2025 Retour d'information aux requérants :
- Approuvé sans conditions
 - Approuvé avec conditions (la demande doit être remaniée)
 - Refusé avec justificatif

La liste de tous les projets soutenus dans le cadre de cet appel (avec le titre du projet, le résumé et le nom des adjudicataires) est publiée sur le site Internet de l'OFEN.

Critères d'évaluation

L'OFEN évalue les demandes de projet sur la base des directives d'exécution relatives au dépôt et à l'évaluation des demandes d'aide financière pour des projets pilotes de recherche énergétique et des projets de démonstration (annexe III). Outre les critères d'admission formels et de contenu, les critères qualitatifs suivants sont évalués :

- Q1 Organisation : compétences, organisation du projet, responsabilités, procédure, méthodologie et données, plan de travail et jalons
- Q2 Excellence : travaux préparatoires, aptitude, expertise, résultats, reconnaissance, potentiel de réussite de l'équipe de projet
- Q3 Contenu du projet : pertinence, coopération, création de valeur, contenu innovant, coûts/bénéfices, subsidiarité
- Q4 Potentiel d'impact : potentiel énergétique, acceptation, débat public et professionnel, durabilité
- Q5 Diffusion : potentiel de mise en œuvre, potentiel de multiplication, intérêt public

L'évaluation des critères se fait par rapport aux thèmes principaux #01 à #04.

Annexes

Annexe 1 : Descriptions des thèmes prioritaires #01, #02, #03 et #04 (ci-après)

Annexe 2 : Requête pour l'octroi d'une aide financière aux projets de recherche énergétique

Annexe 3 : Feuille annexe pour la requête et le rapport financier : coûts de projet et financement

Annexe 4 : Directive pour le dépôt et l'évaluation de requêtes d'une aide financière

Les annexes 2, 3 et 4 peuvent être téléchargées sur le site de l'OFEN à l'adresse

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/recherche-et-cleantech/programmes-de-recherche.html>



Annexe 1 : Thèmes prioritaires et description des questions de recherche

Appel à projets - Thème #01

Titre : "Défis techniques pour la réalisation de grands accumulateurs thermiques"

Description :

Contrairement aux accumulateurs de chaleur en acier pour des volumes d'eau jusqu'à 100 m³, qui sont typiquement placés à l'intérieur des bâtiments, les grands réservoirs de stockage à partir de 250 m³ se trouvent à l'extérieur ou sous la surface du sol. À l'extérieur, le réservoir est exposé à de multiples influences météorologiques, et les parties souterraines du réservoir sont soumises, selon le type de réservoir, à des forces de pression et de cisaillement élevées, ainsi qu'à des contraintes hydrogéologiques, chimiques et/ou biologiques. Les conditions géologiques étant fortement spécifiques au site, chaque réservoir est pratiquement un prototype. De plus, la construction de l'accumulateur sur place doit pouvoir se faire sans altérer la qualité, même en cas de conditions météorologiques défavorables.

Voici une liste non exhaustive des thématiques de recherche possibles :

- a) Quels sont les milieux de stockage les plus appropriés et comment leurs propriétés peuvent-elles être améliorées ?
 - Milieux de stockage chimiquement stable à long terme dans des conditions d'exploitation réelles (pas de sous-produits toxiques, ou alors faciles à éliminer)
 - Qualité de l'eau biologiquement stable à long terme (pas de croissance, ou croissance limitée, de microorganismes, bactéries, algues, biofilm, envasement, ...), concepts d'entretien ou de désinfection, pas de corrosion, pas d'entartrage et de colmatage dues à des sous-produits biologiques (et minéralogiques), contrôle de la migration et de la distribution de l'oxygène dans le réservoir (processus aérobies/anaérobies)
 - Influence possible sur les nappes phréatiques, la faune et la flore du sol
 - Stabilité des cycles pour les moyens de stockage thermo-chimiques et à changement de phase (même en présence d'éventuelles impuretés)
- b) Choix de matériaux et fabrication innovants :
 - longévité, résistance à la température et à la pression des matériaux et des joints entre les éléments de l'enveloppe de l'accumulateur
 - Résistance à la corrosion et aux divers influences environnementales des métaux et des points de contact métalliques pour divers moyens de stockage
- c) Minimiser les pertes de chaleur :
 - Stockage à long terme : faibles pertes de chaleur grâce à la réduction de la conduction thermique, à la réduction des flux convectifs (intérieur et/ou extérieur), du rayonnement thermique / de l'évaporation en fonction du contre-rayonnement atmosphérique, de la vitesse du vent, etc.
 - Stabilité thermique des matériaux
- d) Avantages supplémentaires des surfaces de stockage

Sur le budget total de l'appel d'offres, environ 40% (2 à 4 projets maximum) sont prévus pour ce thème.



Appel à projets - Thème #02

Titre : " Intégration des énergies renouvelables et des sources de chaleur résiduelle aux grands accumulateurs thermiques"

Description :

Le chargement et le déchargement des accumulateurs thermiques à base d'eau pour des volumes jusqu'à 100 m³ et des puissances jusqu'à 100 kW ont fait l'objet de recherches approfondies et ont été optimisés au cours des dernières décennies. Dans les accumulateurs à stratification, les faibles vitesses d'écoulement lors du chargement et du déchargement ainsi que des échangeurs de chaleur efficaces permettent de minimiser les pertes d'exergie. Pour les grands volumes de stockage et les grandes puissances de transfert, les phénomènes tels que les turbulences, les jets ou les effets convectifs à la surface du stockage sont plus marqués. Dans le cas des aquifères et des réservoirs souterrains, les caractéristiques géologiques du réservoir influencent la manière dont les températures de chargement évoluent jusqu'à l'extraction différée de la chaleur.

Les accumulateurs de stockage thermique sont des tampons entre les ressources d'énergie renouvelable et les consommateurs de chaleur. La connexion peut être directe ou via un réseau thermique. La demande en énergie peut varier pendant la durée d'utilisation du stockage. Le rendement des énergies renouvelables sur le site dépend du type de sources d'énergie et peut généralement être augmenté grâce à la modernisation et à la diversification. Le stockage et les échangeurs de chaleur doivent pouvoir maintenir leur fonction même en cas d'augmentation du transfert d'énergie. Ainsi, le système de stockage thermique devrait également pouvoir faire face à des changements dans l'évolution de la consommation, comme une réduction des besoins de chauffage ou une augmentation des besoins de refroidissement à l'avenir.

Voici une liste non exhaustive de thématiques de recherche possibles :

- a) Comment réaliser des installations techniques pour le chargement et le déchargement des accumulateurs qui nécessitent peu d'entretien, qui soient fiables et qui durent longtemps ?
- b) Les exigences selon l'axe thématique #01 b) (choix de matériaux et construction innovants) et c) (minimisation des pertes de chaleur) doivent également être respectées pour les échangeurs de chaleur.
- c) Comparaison avec les exigences du système énergétique (intégration du système)
- d) Quelles particularités s'appliquent aux questions a) - c) pour les sources de chaleur renouvelables intermittentes (par ex. solaire thermique) ?
- e) Comment les sources continues, en ruban, telles que la chaleur résiduelle doivent-elles être prises en compte lors du dimensionnement ?

Sur le budget total de l'appel d'offres, environ 20% (1 à 2 projets maximum) sont prévus pour ce thème.



Appel à projets - Thème #03

Titre : "Amélioration des conditions-cadres pour les grands projets d'accumulateurs thermiques"

Description :

Les grands accumulateurs thermiques nécessitent des investissements importants, doivent être amortis en 20 à 30 ans et seront exploités pendant 50 ans, voire plus. La durée de vie, l'entretien et le remplacement des composants critiques posent des exigences nettement plus élevées à la planification et à la réalisation de ces accumulateurs que les "accumulateurs compacts" actuels.

La planification des grands réservoirs prend beaucoup de temps en raison des procédures d'autorisation, de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) et du développement des modèles économiques. La conception technique est également très exigeante, car chaque grand réservoir est unique et de nombreux aspects de planification supplémentaires doivent être pris en compte en raison des dimensions et des conditions de température exceptionnelles. De plus, les connaissances pratiques en matière de planification et de mise en œuvre font actuellement défaut en Suisse.

Cette priorité thématique vise à analyser les multiples aspects de la planification et leurs implications financières et à identifier des éléments clés. Il en résultera des recommandations à prendre en compte dans les concepts commerciaux pour différents scénarios de marché.

En ce qui concerne les coûts et la rentabilité, les questions suivantes doivent être abordées :

- a) Quels sont les facteurs de coûts pour la planification et la construction de grands réservoirs de stockage ?
- b) Quelle est l'influence des températures de départ/retour et des puissances de chargement et de déchargement ?
- c) Comment le dimensionnement du stockage dépend-il des sources d'énergie utilisées, des consommateurs d'énergie alimentés ou, plus généralement, de l'intégration du système ?
- d) Quelles sont les conditions-cadres critiques pour permettre une exploitation économique garantie ?

Sur le budget total de l'appel d'offres, environ 20% (1 à 2 projets maximum) sont prévus pour ce thème.



Appel à projets - Thème #04

Titre : "Défis liés à la planification de grands champs de capteurs solaires"

Description :

Les grands champs de capteurs solaires ont le potentiel de produire de l'énergie thermique durable à des prix bas et stables à long terme. L'un des grands défis consiste à trouver des surfaces de toit ou des surfaces libres utilisables à proximité des consommateurs ou du réservoir de stockage. De plus, un défi supplémentaire réside également dans la planification et la réalisation de telles installations. En Suisse, on ne dispose que de peu d'expérience et de savoir-faire pour la conception de telles installations.

L'aide fédérale en vigueur depuis 2025 pour les installations d'une puissance > 70 kW⁴ pour le chauffage des locaux et de l'eau chaude sanitaire offre des incitations intéressantes pour le solaire thermique. Le savoir-faire correspondant en matière de planification peut encore être approfondi de diverses manières et adapté à la pratique.

Il s'agit par exemple des questions suivantes :

- a) **Dimensionnement et disposition hydraulique de la surface de capteurs** : comment dimensionner correctement les champs de capteurs (pour des différents types de capteurs, températures, la protection contre la surchauffe, les conduites, etc.), même en cas de rangées de capteurs de différentes longueurs ?
- b) **Charge thermique du système** : quels sont les matériaux et les designs qui permettent de résister aux charges thermiques et mécaniques des grands champs de capteurs thermiques ?
- c) **Formation de la vapeur** : Comment peut-on minimiser la formation de la vapeur dans les grands champs de capteurs thermiques ou la maîtriser sans problème ?
- d) **Statique et montage** : comment tenir compte des exigences statiques et des aspects de sécurité lors de l'installation de grands champs de capteurs thermiques ?
- e) **Maintenance et coûts d'exploitation** : quelles stratégies peuvent être développées pour minimiser les coûts de maintenance des grands champs de capteurs thermiques et pour assurer leur rentabilité à long terme ?

Sur le budget total de l'appel d'offres, environ 20% (1 à 2 projets maximum) sont prévus pour ce thème.

⁴ Selon l'OENE, annexe 6a (a été intégré à l'art. 50a de la LENE avec la LCI)