

Annexes et bibliographie

Romain Blondel Salim Chaoui El Faiz Ismael Douadi Yacine Kebir
Mamoun Yaakoubi

1^{er} décembre 2025

1 Résumé

Une sand battery est un système de stockage d'énergie sous forme thermique. Étant plus efficace lorsqu'elle est plus grande, elle s'inscrit généralement dans le planning énergétique à l'échelle d'un quartier et son énergie peut être utilisée par exemple via un réseau de chauffage à distance. Un cas d'usage évident est le stockage du surplus issu du solaire durant l'été afin de le redistribuer pour le chauffage en hiver. D'un point de vue efficience, elle ne requiert pas de matériaux ou technologies trop complexes pour être implémentée, mais offre un rendement correct ainsi qu'un coût comparable à différentes alternatives, que ce soit du point de vue chauffage ou stockage. Les matériaux utilisés sont aussi une perspective de durabilité de part leur aspect très commun, et la possibilité d'être un moyen de recyclage des déchets du bâtiment par exemple.



FIGURE 1 – Usage d'une sand battery comme stockage d'énergie sous forme de chaleur, pouvant permettre à palier les intermittences des énergies renouvelables. (Illustration par Simo Heikkinen/Polar Night Energy [Sze+25])

2 Estimations numériques

Nous regroupons ici quelques détails justifiant nos estimations numériques. Notons que le titre indicatif de celles-ci mène à l'utilisation de sources plus ou moins fiables, et sont donc à prendre avec prudence, par exemple la plupart des chiffres liés à l'installation de système géothermique sont issus de sources ayant un clair intérêt à le présenter positivement.

2.1 En tant que système de chauffage

Nous avons comparer un projet de stockage d'énergie solaire dans une sand battery [sdg16 ; SOL25] avec le coût de chauffage engendré par une installation au mazout [Che23] et une installation géothermique [Hou24 ; CTA25]. La sand battery couvre 50% des besoins en eau chaude et chauffage pour 570 appartements, avec une moyenne à 70 m². Le prix de 4.2 millions d'euros comprends 4'056 m² de panneau solaire et une batterie cylindrique de 33 m de diamètre, 20 m de haut, contenant 12'000 m³ de béton. Cela revient donc à 7'400 € par

appartement, et pour chaque nouvel appartement le coût de raccordement est d'environ 5'800 €. La surface de panneau solaire est déjà un facteur contraignant, étant donné que si on les met sur le toit des immeubles, il faudrait faire maximum 10 étages pour avoir une surface de toit suffisante. De plus, si l'on compte une hauteur sous plafond de 2.4 m, la sand battery occupe l'équivalent de 100 appartements, soit un cinquième de l'espace à chauffer. Si cet investissement vise à remplacer un chauffage au mazout, le coût est moindre au plus de 500 €/an, et nécessiterait donc une quinzaine d'année à amortir. En tant que frais d'installation, le mazout peut être estimé à 20'000 CHF pour tout chauffer, donc à part égal ce serait 10'000 CHF, là où pour 12 appartements une installation géothermique est à 80'000 CHF, soit 6'700 CHF par appartement ou 3'350 CHF pour le 50%. Les coûts annuels suivent les même rapports [Hou24; SIL25; Vai25], car pour une référence à 20'000 kWh, le mazout est à 3'500 CHF, une pompe à chaleur nécessiterait 1'000 CHF d'entretien et la sand battery reviendrait à 3'200 CHF au tarif du chauffage à distance. En résumé, c'est une bonne alternative au mazout pour en tant que chauffage, mais cela n'étant pas son intérêt principale la sand battery s'avère moins avantageux qu'une pompe à chaleur.

2.2 En tant que système de stockage

En effet, l'intérêt principale d'une sand battery est de palier l'intermittence des énergies renouvelables, et dans cet optique de stockage nous pouvons les comparer aux batteries au lithium. Ces dernières sont autour de 80 CHF par kWh [Our24], et on peut donc les estimer d'occasion à 60 CHF par kWh, par exemple issu d'anciennes voitures électriques. Pour la sand battery, nous évaluons le sable à 40 CHF par m^3 [GÉO24], de capacité calorifique $835 \text{ JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$ [Wik25c] et une masse volumique de $1'850 \text{ kgm}^{-3}$. En considérant qu'on le monte à 600°C , la formule suivante [AB24] :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (1)$$

relie la chaleur stockée Q à la capacité calorifique c , la masse m et la différence de température ΔT . On a alors qu'un mètre cube de sable peut contenir 248 kWh, donc au prix du sable on est à 16 centimes au kWh. Néanmoins, en considérant qu'il faut 5% du volume en isolant (estimé en prenant une paroi de 10 cm sur une batterie comme celle citée en section 2.1), isolant que l'on prendra en polypropylène comme pour un Thermos [MS24] coûtant 1.3 CHF par kilogramme, et avec une masse volumique de 900 kilogramme par mètre cube on obtient un coût total de 58.5 CHF par kWh. On voit la dominance du coût en isolant sur celui de la sand battery, et cela fait que le prix est similaire à la batterie au lithium. Néanmoins, on peut facilement imaginer voir ce coût diminuer avec un démocratisation de la technologie. De plus, on notera que l'usage est différent, de part que l'un stocke l'énergie sous forme électrique, et l'autre thermique. La batterie au lithium est 10% plus efficace (95% contre 85% pour les sand battery), mais moins dense énergétiquement du haut de ses 0.4 Wh par mètre cube [Wik25b], contre 2.5 pour le sable. On notera que dans les deux cas, la batterie se décharge naturellement selon une décroissance exponentielle (pour la batterie lithium, c'est la décharge d'un condensateur, et pour la batterie à sable, cela s'obtient en résolvant des versions simplifiées de l'équation de Fourier). Ce n'est néanmoins pas trop embêtant car une sand battery bien conçue peut perdre moins de 50% de sa charge en 3 mois [Pol25c].

2.3 Utilisation de matériaux recyclés

Les matériaux des bâtiments présentent une capacité thermique similaire au sable, autour de $0.8 \text{ kJK}^{-1}\text{kg}^{-1}$ [Mat18], et sachant qu'on trouve pour un mètre carré de logement près de 2.3 tonnes de béton [Mia+23], cela fait une potentielle ressource en cas de démolition. En se basant sur un projet de démolition français [Pla25], un peu moins de 2'000 logements détruits, avec entre 80 et 100 m^2 chacun représentent une surface entre 160'000 et 200'000 m^2 , soit entre 370'000 et 460'000 t de béton. Considérant la récupération du sable dans celui-ci avec un rendement de 30% [Mun25], et en limitant la température de la sand battery à 300°C pour éviter l'agglomération des impuretés, on a donc autour de 125'000 t de sables, via la température donnée et (1), environ 7.84 GWh d'énergie, ce qui pourrait chauffer 600 logements lausannois [Ody25].

3 Note sur les sources

Nous fournissons dans ce document toutes les sources ayant servi à la rédaction du poster dans un souci d'exhaustivité. Nous réalisons bien que certaines sont issues de promotions commerciales, et sont donc à prendre en compte avec précaution. Néanmoins, elles offrent un ordre d'idée pratique pour créer une image globale du sujet, ainsi que pour mettre en perspective les ordres de grandeur en jeu.

Références

- [AB24] Jean-Philippe ANSERMET et Sylvain BRÉCHET. *Thermodynamique*. fr. 3e éd. revue et augmentée. Traité de physique. Lausanne : EPFL press, 2024. ISBN : 9782889155750.
- [Alk+25] Gözde ALKAN et al. « Potential Application of Porous Oxide Ceramics and Composites in Concentrated Solar Technologies ». en. In : *Advanced Energy and Sustainability Research* 6.2 (fév. 2025), p. 2400252. ISSN : 2699-9412, 2699-9412. DOI : 10.1002/aesr.202400252. URL : <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aesr.202400252> (visité le 28/11/2025).
- [AS25] S. ANANTH et P. SELVAKUMAR. « Experimental investigation of sand-based sensible heat energy storage system ». en. In : *Applied Thermal Engineering* 264 (avr. 2025), p. 125390. ISSN : 13594311. DOI : 10.1016/j.applthermaleng.2024.125390. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359431124030588> (visité le 28/11/2025).
- [Bar25] Jonathan BARNETT. *A comparison of steel, concrete and timber structures for a commercial building*. en-AU. Juin 2025. URL : <https://ndy.com/a-comparison-of-steel-concrete-and-timber-structures-for-a-commercial-building> (visité le 28/11/2025).
- [Bat22] BATSAND. *Batsand - Household sand battery for Heat Storage (TES)*. en. 2022. URL : <https://www.batsand.com> (visité le 28/11/2025).
- [BCD19] Thomas BOWEN, Ilya CHERNYAKHOVSKIY et Paul DENHOLM. *Grid-Scale Battery Storage Frequently Asked Questions*. Rapp. tech. 2019. URL : <https://docs.nrel.gov/docs/fy19osti/74426.pdf>.
- [Cal24] Lucille CALIMAN. *Quel avenir pour le stockage de l'énergie et les réseaux décentralisés ?* fr-FR. Nov. 2024. URL : <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/energie/quel-avenir-pour-le-stockage-de-lenergie-et-les-reseaux-decentralises/> (visité le 28/11/2025).
- [Che23] CHECKATRADE. *Cost of running gas central heating*. Oct. 2023. URL : <https://www.checkatrade.com/blog/cost-guides/cost-running-gas-central-heating/>.
- [CTA25] CTA. *Heat pump costs*. 2025. URL : <https://cta.ch/en/private/heatpumps/cost>.
- [DCB23] Paul DENHOLM, Wesley COLE et Nate BLAIR. *Moving Beyond 4-Hour Li-Ion Batteries : Challenges and Opportunities for Long(er)-Duration Energy Storage*. Rapp. tech. 2023. URL : <https://docs.nrel.gov/docs/fy23osti/85878.pdf>.
- [Din+25] Qirui DING et al. « Sand-Based Thermal Storage System for Human-Powered Energy Generation : A Review ». en. In : *Energies* 18.22 (nov. 2025), p. 5869. ISSN : 1996-1073. DOI : 10.3390/en18225869. URL : <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/22/5869> (visité le 28/11/2025).
- [Dir23] DIRECTION DES AFFAIRES JURIDIQUES, DE LA COMMANDE PUBLIQUE ET DES MOYENS GÉNÉRAUX. *La Courneuve*. Rapp. tech. 2023. URL : <https://www.seinesaintdenishabitat.fr/wp-content/uploads/2023/06/01.04.23-La-Courneuve.pdf>.
- [eng23] ENGINEERICLY. *I Tried a Sand Battery - Here is Why It is a Game-Changer*. Nov. 2023. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=St8wodQY6VU> (visité le 28/11/2025).
- [eur25] EUROSTAT. *Energy use in EU households down second year in a row*. en-GB. Juin 2025. URL : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250625-2> (visité le 28/11/2025).
- [Fra25a] FRANCE RENOUVELABLES. *Stockage d'énergie : optimiser l'efficacité des solutions*. fr-FR. 2025. URL : <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-optimiser-efficacite-solutions/> (visité le 28/11/2025).
- [Fra25b] FRANCE RENOUVELABLES. *Stockage d'énergie : quels sont les défis à relever ?* fr-FR. 2025. URL : <https://www.france-renouvelables.fr/guide-stockage-energie/stockage-energie-defis-relever/> (visité le 28/11/2025).
- [Gas25] Gazenergie-Verband der Schweiz GASINDUSTRIE. *Comment le power-to-gas résout les pénuries d'électricité en hiver / gazenergie.ch*. en. 2025. URL : <https://gazenergie.ch/fr/avenir-energetique/stockage-denegie/> (visité le 28/11/2025).
- [GÉO24] GÉOMATERIO. *Quel est le prix du sable au m3 ?* 2024. URL : <https://gravier.geomaterio.fr/articles/informations-pratiques/prix-sable-m3> (visité le 28/11/2025).
- [Hic24] Wayne HICKS. *Solution to Energy Storage May Be Beneath Your Feet / NREL*. Mars 2024. URL : <https://www.nrel.gov/news/detail/features/2024/solution-to-energy-storage-may-be-beneath-your-feet> (visité le 28/11/2025).

- [Hou24] HOUZY MAGAZINE. *Costs and Advantages of a Heat Pump*. de. 2024. URL : <https://en.houzy.ch/post/heat-pump-costs-advantages-subsidies> (visité le 28/11/2025).
- [IEA24] IEA. *Batteries and Secure Energy Transitions*. Rapp. tech. 2024. URL : <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>.
- [IEA25a] IEA. *Global Critical Minerals Outlook 2025*. Rapp. tech. 2025. URL : <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>.
- [IEA25b] IEA. *Lithium*. Rapp. tech. 2025. URL : <https://www.iea.org/reports/lithium-2>.
- [IRE23] IRENA. *Power to heat and cooling : Status*. en. 2023. URL : <https://www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification/Power-to-heat-and-cooling>Status> (visité le 28/11/2025).
- [Jin24] JINGSUN. *Les dix principaux problèmes liés au stockage d'énergie - Connaissance*. fr. Nov. 2024. URL : <https://fr.jingsun-power.com/info/the-top-ten-problems-facing-energy-storage-17112429671457793.html> (visité le 28/11/2025).
- [JSB25] Fardin JAFARI, Giovanni SEMPRINI et Alessandra BONOLI. « Evaluating thermal storage capability of recycled construction materials : an experimental approach ». en. In : *Materials for Renewable and Sustainable Energy* 14.1 (avr. 2025), p. 25. ISSN : 2194-1459, 2194-1467. DOI : 10.1007/s40243-025-00299-6. URL : <https://link.springer.com/10.1007/s40243-025-00299-6> (visité le 28/11/2025).
- [Kra24] Susan KRAEMER. *Long-duration thermal energy storage in sand begins NREL demo*. en-US. Sept. 2024. URL : <https://www.solarpaces.org/100-hour-thermal-energy-storage-in-sand-begins-nrel-demo/> (visité le 28/11/2025).
- [La 19] LA COURNEUVE. *Ma ville demain*. fr. 2019. URL : <https://lacourneuve.fr/ma-ville-demain> (visité le 28/11/2025).
- [Lab23] LABORATOIRE FÉDÉRAL D'ESSAI DES MATÉRIAUX ET DE RECHERCHE. *Stockage d'énergie : Comment conserver l'énergie ?* Sept. 2023. URL : <https://www.news.admin.ch/fr/nsb?id=97778> (visité le 28/11/2025).
- [Mat18] MATMAKE. *Specific Heat Capacity of Soils - Table*. en. 2018. URL : <https://matmake.com/properties/specific-heat-capacity-of-soils.html> (visité le 28/11/2025).
- [Mia+23] Alessio MIATTO et al. « Correlation between building size and material intensity in residential buildings ». en. In : *Resources, Conservation and Recycling* 197 (oct. 2023), p. 107093. ISSN : 09213449. DOI : 10.1016/j.resconrec.2023.107093. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092134492300229X> (visité le 28/11/2025).
- [Moe25] MOEVE. *Sand Batteries : sand as an innovative energy storage solution*. Mai 2025. URL : https://www.moeveglobal.com/en/planet-energy/sustainable-innovation/sand-batteries-renewable-energy-storage#:~:text=Sand%20batteries%20work%20by%20*%20Heating%20sand,less%20efficient%2C%20falling%20between%2050%25%20and%2070%25.
- [MS24] Morgane MORETA VERA et Dominique SEPPEY. « LES THERMOS ». Travail de maturité. Gymnase de Beaulieu, oct. 2024. URL : https://www.gymnasedebeaulieu.ch/wp-content/uploads/2022/01/TM2024_MORETA-VERA-Morgane.pdf.
- [Mun25] MUNICIPALITY OF ROSKILDE. *Guide for recycling concrete*. 2025. URL : https://cityloops.eu/fileadmin/user_upload/Materials/Tools/Recycling_concrete/Recycling_concrete_-_Instrument_Roskilde_-_Recycling_of_concrete_%E2%80%93_from_pilot_project_to_a_permanent_change_in_practice.pdf.
- [Ned+21] Marija NEDELJKOVIĆ et al. « Use of fine recycled concrete aggregates in concrete : A critical review ». en. In : *Journal of Building Engineering* 38 (juin 2021), p. 102196. ISSN : 23527102. DOI : 10.1016/j.jobr.2021.102196. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710221000528> (visité le 28/11/2025).
- [Ngo+25] Kitalu Ricin NGOY et al. « Lithium-ion batteries and the future of sustainable energy : A comprehensive review ». en. In : *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 223 (nov. 2025), p. 115971. ISSN : 13640321. DOI : 10.1016/j.rser.2025.115971. URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032125006446> (visité le 28/11/2025).
- [Nik+24] Paniz NIKSIAR et al. « Experimental Study of a Silica Sand Sensible Heat Storage System Enhanced by Fins ». en. In : *Energies* 17.21 (oct. 2024), p. 5402. ISSN : 1996-1073. DOI : 10.3390/en17215402. URL : <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/21/5402> (visité le 28/11/2025).

- [Ody25] ODYSEE-MURE. *Energy efficiency trends and policies*. 2025. URL : [Energy%20efficiency%20trends%20and%20policies](https://energy20efficiency20trends20and%20policies).
- [Our24] OUR WORLD IN DATA. *Lithium ion battery cell price*. en. 2024. URL : <https://ourworldindata.org/grapher/average-battery-cell-price> (visité le 28/11/2025).
- [Pla25] PLAINE COMMUNE. *Les 4 000 Sud*. fr. 2025. URL : <https://plainecommune.fr/projets/nos-quartiers-changent/la-courneuve/les-4-000-sud/> (visité le 28/11/2025).
- [Pol25a] POLAR NIGHT ENERGY. *Feasibility Study*. en-GB. 2025. URL : <https://polarnightenergy.com/study/> (visité le 28/11/2025).
- [Pol25b] POLAR NIGHT ENERGY. *Sand Battery*. en-GB. 2025. URL : <https://polarnightenergy.com/sand-battery/> (visité le 28/11/2025).
- [Pol25c] POLAR NIGHT ENERGY. *Sand Battery's Efficiency Explained*. en-GB. Sept. 2025. URL : <https://polarnightenergy.com/news/sand-batterys-efficiency-explained/> (visité le 28/11/2025).
- [Pol25d] POLAR NIGHT ENERGY. *World's Largest Sand Battery*. Juin 2025. URL : https://www.youtube.com/watch?v=00SNm0GURxk&embeds_referring_euri=https%3A%2F%2Fknowledge.energyinst.org%2F&source_ve_path=MjM4NTE (visité le 28/11/2025).
- [Pol25e] POLAR NIGHT ENERGY. *World's Largest Sand Battery Now in Operation*. en-GB. Juin 2025. URL : <https://polarnightenergy.com/news/worlds-largest-sand-battery-now-in-operation/> (visité le 28/11/2025).
- [Ram+25] Ahmad Awad RAMADAN et al. « Sand Battery Technology : A Pathway to Sustainable Energy Storage in Libya ». In : fév. 2025. URL : https://www.researchgate.net/publication/391397932_Sand_Battery_Technology_A_Pathway_to_Sustainable_Energy_Storage_in.Libya.
- [Rem25] Katja REMANE. *Pourquoi est-ce si difficile de stocker de l'énergie ? / Universitas / Université de Fribourg*. 2025. URL : <https://www.unifr.ch/universitas/fr/editions/2017-2018/erwachsenenfragen/pourquoi-est-ce-si-difficile-de-stocker-de-energie.html> (visité le 28/11/2025).
- [SAI11] SAIC. « International District Energy Association (IDEA) Conference Drake Landing Solar Community ». In : juin 2011. URL : https://web.archive.org/web/20160304030520/http://www.districtenergy.org/assets/pdfs/2011Annual_Conf/Proceedings/A24WONG-v03.pdf.
- [sdg16] SDG21. *Solarstadt Wiggenhausen*. en-GB. Août 2016. URL : <https://sdg21.eu/en/db/solarstadt-wiggenhausen> (visité le 28/11/2025).
- [SIL25] SIL. *Chaleur - tarifs*. fr. 2025. URL : <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/energies-et-eau/services-industriels/professionnels/les-offres/chaleur?tab=tarifs> (visité le 28/11/2025).
- [SOL25] SOLAR DYNAMIX. *Solar Thermal Seasonal Storage Space Heating*. 2025. URL : <http://solar-dynamix.weebly.com/solar-thermal-seasonal-storage-space-heating.html> (visité le 28/11/2025).
- [Sup24] SUPERCHARGING BATTERY STORAGE INITIATIVE. *BATTERY STORAGE UNLOCKED Lessons Learned from Emerging Economies*. Rapp. tech. Nov. 2024.
- [swi25] S. W. I. SWISSINFO.CH. *La politique à la traîne en matière de stockage d'énergie*. fr. Nov. 2025. URL : <https://www.swissinfo.ch/fre/la-politique-%C3%A0-la-tra%C3%A9e-en-mati%C3%A8re-de-stockage-d%C3%A9nergie/90305666> (visité le 28/11/2025).
- [Sze+25] Kamil SZEWERDA et al. « Concept of Adapting the Liquidated Underground Mine Workings into High-Temperature Sand Thermal Energy Storage ». en. In : *Applied Sciences* 15.7 (avr. 2025), p. 3868. ISSN : 2076-3417. DOI : 10.3390/app15073868. URL : <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/7/3868> (visité le 29/11/2025).
- [Two24] TWO BIT DA VINCI. *The Power of Sand Batteries – Revolutionizing Energy Storage...* Avr. 2024. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=MFgWBHRhCn0> (visité le 28/11/2025).
- [Und24] UNDECIDED WITH MATT FERRELL. *How a Sand Battery Could Revolutionize Home Energy Storage*. Mars 2024. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=KVqHYNE2QwE> (visité le 28/11/2025).
- [Vai25] VAILLANT. *Chauffage au mazout ou pompe à chaleur – le changement vaut-il la peine ?* fr. 2025. URL : <http://www.vaillant.ch/particuliers/guide-du-chauffage/comprendre-le-chauffage/pompes-a-chaleur/comparaison-des-systemes-de-chauffage-pompe-a-chaleur/chauffage-au-mazout-vs-pompe-a-chaleur/> (visité le 28/11/2025).

- [VK23] Abhay M VYAS et Gyaneshwar Singh KUSHWAH. « Sand Battery : An Innovative Solution for Renewable Energy Storage (A Review) ». In : *2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM)*. Bhopal, India : IEEE, mai 2023, p. 1-5. ISBN : 9798350311327. DOI : 10.1109/RESEM57584.2023.10236319. URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/10236319/> (visité le 28/11/2025).
- [Wik25a] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Polypropylène*. fr. Page Version ID : 225976539. Mai 2025. URL : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Polypropyl%C3%A8ne&oldid=225976539> (visité le 28/11/2025).
- [Wik25b] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Accumulateur lithium-ion*. fr. Page Version ID : 230247352. Oct. 2025. URL : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Accumulateur_lithium-ion&oldid=230247352 (visité le 28/11/2025).
- [Wik25c] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Capacité thermique massique*. fr. Page Version ID : 227377364. Juill. 2025. URL : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Capacit%C3%A9_thermique_massique&oldid=227377364 (visité le 28/11/2025).
- [Wik25d] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Sable*. fr. Page Version ID : 226076893. Mai 2025. URL : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sable&oldid=226076893> (visité le 28/11/2025).
- [Wik25e] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Thermal energy storage*. en. Page Version ID : 1322893528. Nov. 2025. URL : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermal_energy_storage&oldid=1322893528 (visité le 28/11/2025).