Thermische Netze Schweiz
Réseaux Thermiques Suisse
Reti Termiche Svizzera

groupe e · rwb · Polar Night Energy

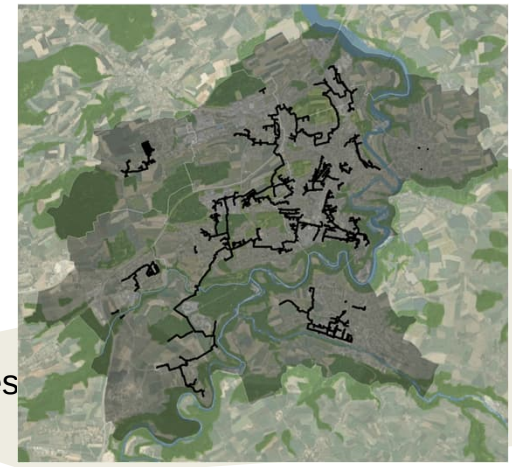
Stockage innovant d'énergie : cavernes et sable

Timothée Demierre, Groupe e / Swen Schneider, RWB

1

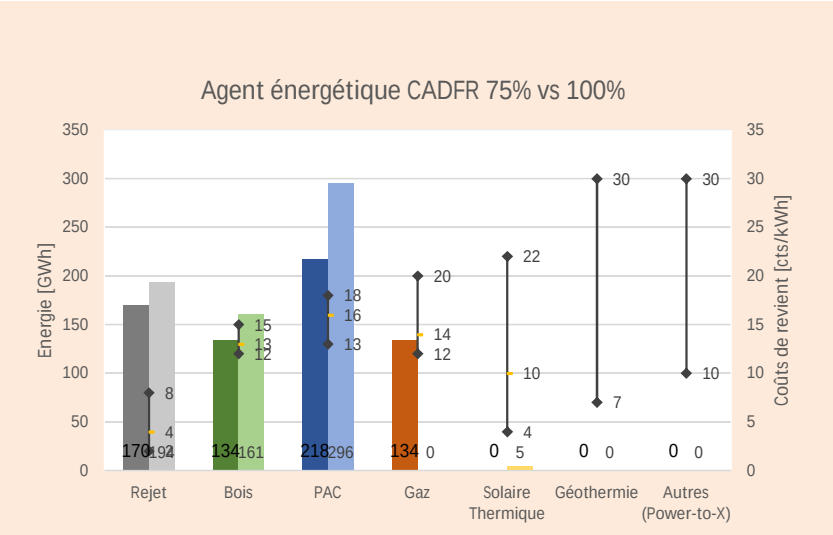
Le programme CADFR
Chiffres clés

2025	2050
550 Sous-stations	3000 Sous-stations
23 MW EnR	~150 MW EnR
170 GWh	550 GWh distribués
60 km de conduites	250 km de conduites



2

Ressources



Ressources pour 550 GWh consommés (15% pertes)

Rejet de Chaleur
- SAIDEF 170 GWh
- Froid 10 GWh
- Step (VSG) 14 GWh

Bois
- Plaquettes 85-105 GWh
- Déchets de bois 51 GWh
- Pellets 5 GWh
- Ecorces 0-20 GWh

PAC
- Sarine potentiel de 3 TWh/an

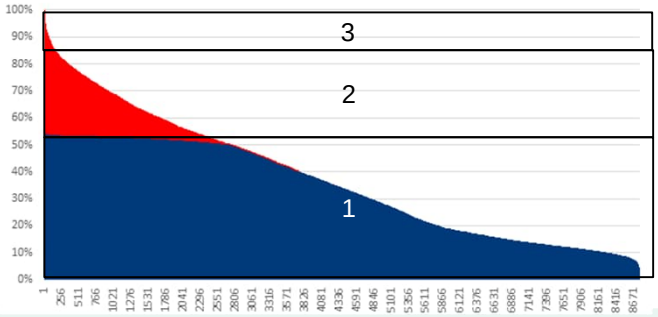
Gaz
- 8 GWh/an de biogaz pour toute l'agglomération (~ 10% de puissance pendant 500 h)

Solaire Thermique
- 20 installations de 200 m²

Concept production
Comparatif 75 vs 100%

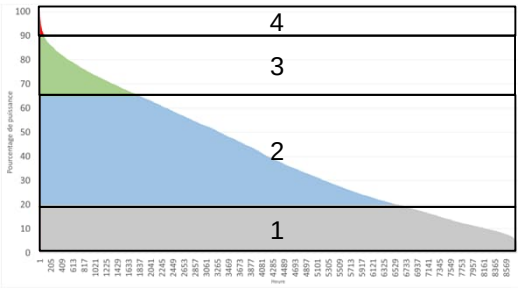
Concept 75%

1. Centrales « Rejets chaleur » + Centrales Renouvelables
2. Centrale d'appoint gaz
3. Pics Gaz



Concept 100%

1. Centrales « Rejets chaleur »
2. Centrales Renouvelables
3. Accumulation
4. Réduction des pics



Concept production

Type d'accumulateurs

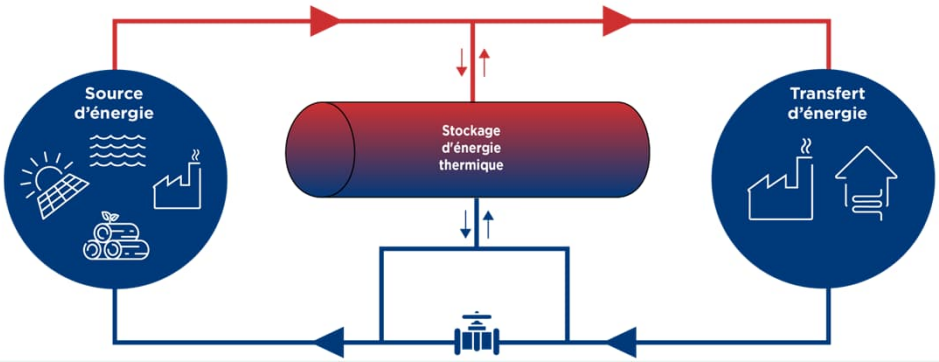
Après analyse de plusieurs solutions de stockage thermiques, la solution en Caverne est **la meilleure solution** pour ajouter de larges volumes d'accumulation avec les contraintes de notre région et est applicable à **l'ensemble du Plateau Suisse**.

		Environnemental			Physique		Economique	
Type Stockage	Description	Interaction avec environnement	Exigences Surfaces	Exigences Sous-Sol	Réponses au Pics	Capacité de stockage	CAPEX	Maintenance
Tank Thermal Energy Storage	Tank	☺	☹	☺	☺	😐	☺	😐
Aquifer Thermal Energy Storage	Aquifer	☹	☺	☹	😐	☺	😐	☹
Pit Thermal Energy Storage	Pit	☺	☹	😐	😐	😐	☺	😐
Cavern Thermal Energy Storage	Caverne	☺	☺	😐	😐	☺	😐	😐
Borehole Thermal Energy Storage	Borehole	😐	☺	😐	☺	😐	☹	☺
Mine Thermal Energy Storage	Mine	😐	☺	☹	😐	😐	😐	😐
Underground Tank Thermal Energy Storage	Under-ground tank	☺	😐	😐	☺	😐	☹	☹

Accumulateurs en caverne

Principe

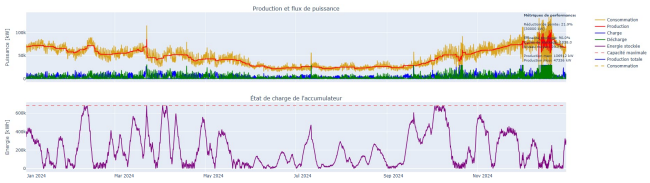
- Accumulation d'eau chaude (non pressurisée) à 85 °C
- Utilisation de la stratification pour valorisation directe sur le réseau sans rehaussement de température
- 20 MW
- 30'000 m³ – 600 MWh → 20 kWh/m³ (avec ΔT de 20 °C)

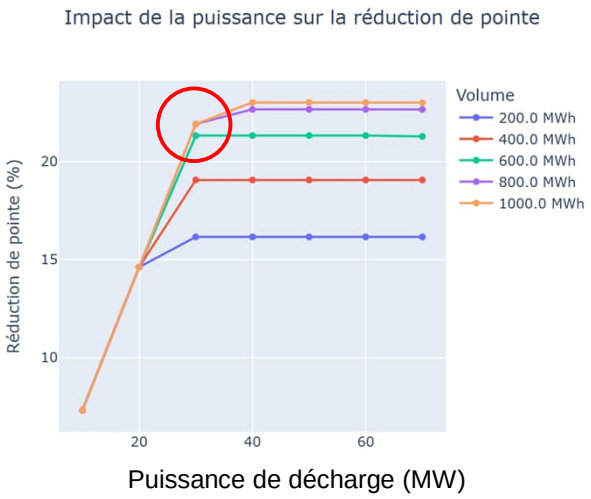


Accumulateurs en caverne
Analyse de sensibilité

Objectifs

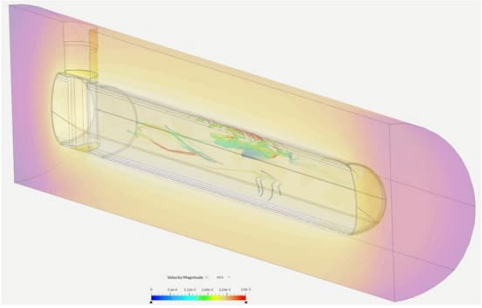
- Augmentation de la durée de fonctionnement des producteurs renouvelables
- Réduction des pics de puissance hivernaux (appoints chaudière à gaz) et émissions CO_2 correspondantes
- Optimisation de la taille des producteurs permettant une capacité de raccordement accrue (y.c. remplacement de nouvelles centrales)
- Régulation: **minimiser la puissance mobilisée** en connaissant la météo des 10 prochains jours

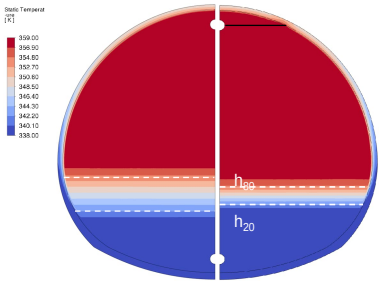




Accumulateurs en caverne
Enjeux

- Maintien de la stratification
  - Diminution de la recirculation et épaisseur de la thermocline
- Quantification de l'impact sur l'environnement
- Couverture des risques et soutien du projet





Polar Night Energy

La batterie de sable

9

Le Concept

Media de stockage

		Eau		Sable
Capacité thermique	c_p	4186 J/kg·K	c_p	830 J/kg·K
Densité	ρ	997 kg/m³	ρ	1700 kg/m³
Différentiel de température	ΔT	50 °C	ΔT	500 °C
Densité énergétique		58 kWh/m³		195 kWh/m³

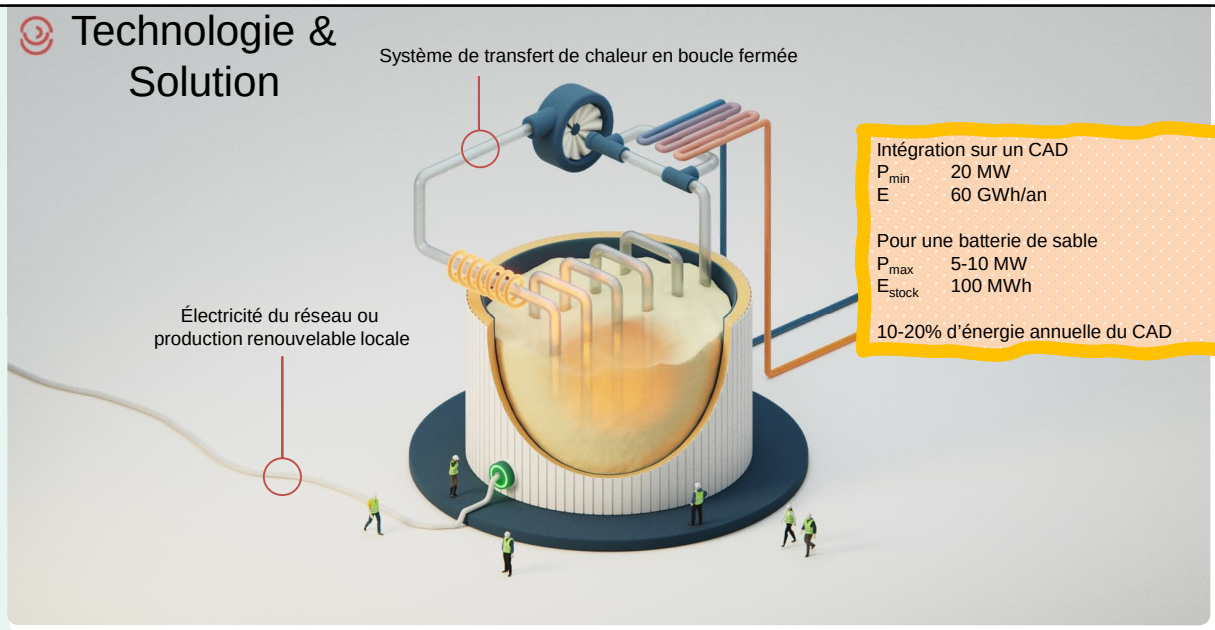
Equation de l'énergie thermique Q [J]:

$$Q = V\,(\rho \cdot c_p \cdot \Delta T)$$ Densité énergétique

→ Dans les réseaux CAD, le sable offre une densité énergétique plus de 3 fois supérieure à celle de l'eau.

10

Technologie & Solution



Intégration sur un CAD
P_{min} 20 MW
E 60 GWh/an

Pour une batterie de sable
P_{max} 5-10 MW
E_{stock} 100 MWh

10-20% d'énergie annuelle du CAD

11

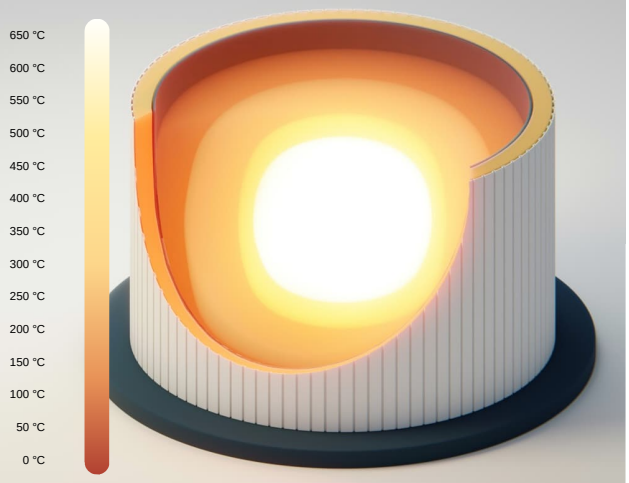
Gestion de l'efficacité

Les pertes thermiques du système faibles, même à haut niveau de charge.

Le matériau solide conduit la chaleur lentement; la charge/décharge par couches maintient un fort gradient thermique et des températures basses dans les couches externes.

PNE maîtrise en profondeur les mécanismes de transfert de chaleur du milieu de stockage ; la distribution thermique efficace, modélisée par des simulations multiphysiques, est une compétence clé.

La technologie de PNE est brevetée.



12

Applications

Rôle de la batterie de sable dans le procédé :

- Écrêtage des pointes (remplacement p. ex. du fioul et du gaz)
- Couverture de la charge de base et remplacement périodique (p. ex. en été)
- Remplacement intégral
- Combinaisons flexibles possible

Eau Chaude
CAD

Vapeur
Vapeur saturée

Air chaud
Four

(Électricité)
Dans le futur (2027)

13

Solution flexible

La batterie de sable est flexible et évolutive. Gamme de produits modulable couvrant des besoins de chaleur de 2 MW, 10 MW et au-delà.

Intégration aisée dans les systèmes énergétiques existants.

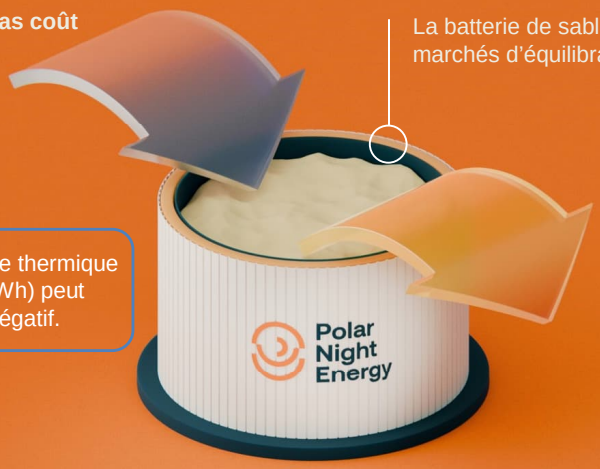
2 MW	10 MW
Puissance élé. max: 2 MW	Puissance élé. max: 10 MW
Puissance th. max: 2 MW	Puissance th. max: 10 MW
Stockage: 40–200 MWh	Stockage: 200-1 000 MWh
Production annuelle: Plus de 8 GWh	Production annuelle: Plus de 40 GWh
Rendement: Env. 85%	Rendement: Env. 90%
Dimensions estimative: Ø 8-15 m; H = 9-12 m	Dimensions estimative: Ø 15-30 m; H = 9-12 m
Poids du stockage: 600-3 000 t	Poids du stockage: 3 000-15 000 t

14

Flux financiers

Énergie spot à bas coût
€/MWh

La batterie de sable intégrée aux marchés d'équilibrage du réseau



Le coût de l'énergie thermique (en sortie, €/MWh) peut même être négatif.

Chaleur à bas coût
€/MWh

Coût énergie
Énergie sans CO_2

+

Revenu
Soutien à transition énergétique

=

Économies
Chaleur abordable et propre

15

15

Avantages

Responsable

- ✓ Chauffage à faibles émissions
- ✓ Favorise la montée en puissance du solaire et de l'éolien
- ✓ Sans matériaux toxiques ni nocifs
- ✓ Avantage concurrentiel pour la vente et le marketing

Fiable

- ✓ Haute sécurité d'approvisionnement
- ✓ Activation rapide et automatique
- ✓ Faibles exigences en matière d'autorisations environnementales
- ✓ Aucune dégradation

Rentable

- ✓ Recharge via électricité propre ou réseau, surtout quand les prix spot sont bas
- ✓ Possibilité de participer au marché FCR (réserve de maintien de la fréquence)
- ✓ Potentiel de capter des revenus additionnels

Réseaux thermiques : réussir leur extension !
Forum du chauffage à distance du 22 janvier 2026 à Berne, BERNEXPO

16

16

Réseaux thermiques : réussir leur extension !
Forum du chauffage à distance du 22 janvier 2026 à Berne, BERNEXPO

17

Contact

Polar Night Energy

www.polarnightenergy.com
contact@pne.fi

RWB Groupe

www.rwbgroupe.ch
info@rwb.ch

Réseaux thermiques : réussir leur extension !
Forum du chauffage à distance du 22 janvier 2026 à Berne, BERNEXPO

18

Conclusions

Bilans:

- L'accumulation est primordiale pour élever le taux de renouvelable.
- Les 2 systèmes sont complémentaires pour des réseaux d'une certaine taille.
- Des accumulateurs souterrains permettent de transformer des contraintes en opportunités.
- L'innovation n'est pas toujours dans le high-tech.