

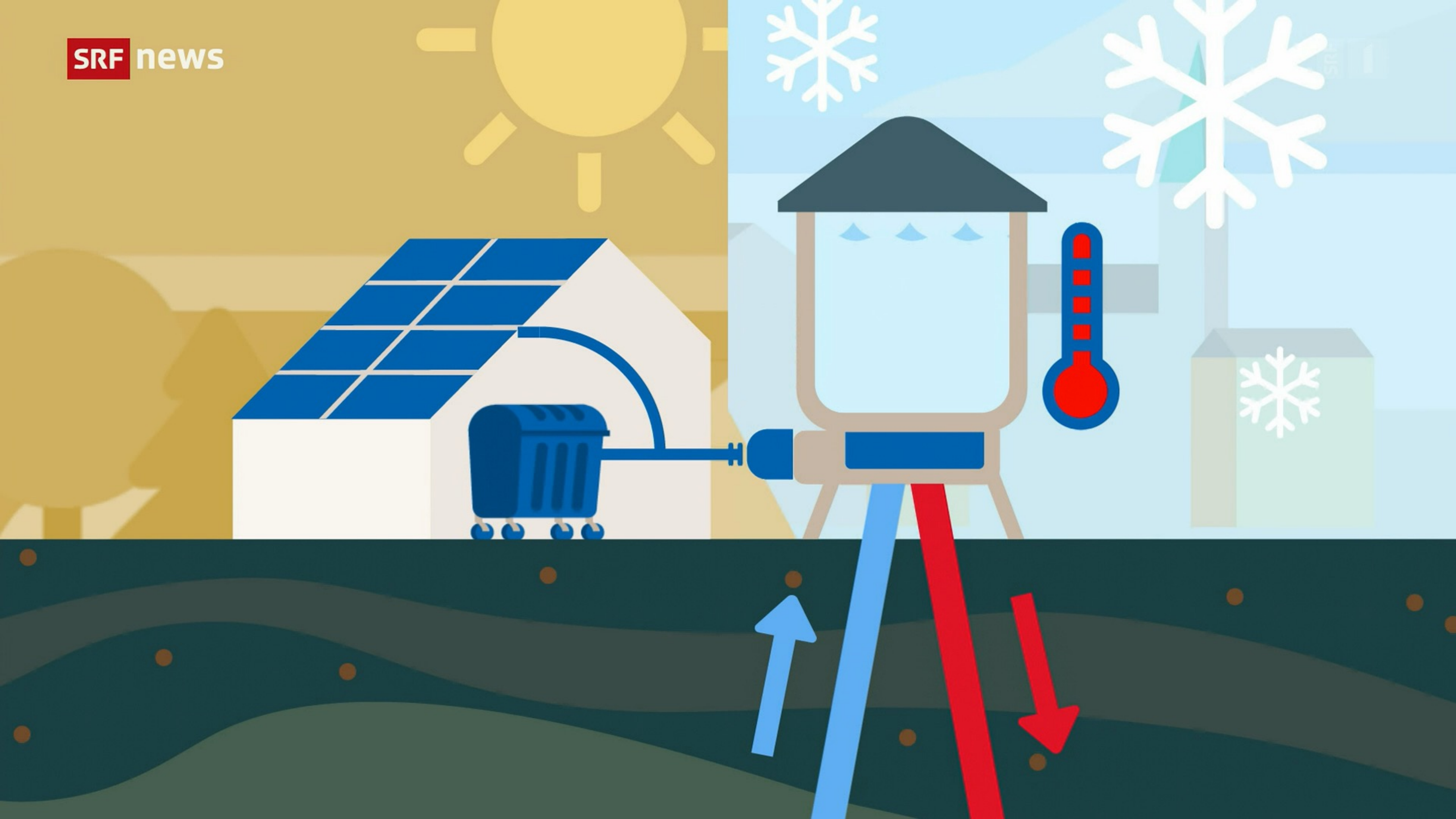


Risquons-nous des coupures de
courant – voire de chauffage –
en hiver ?

Dr. Luca Baldini

Prof. Jörg Worlitscheck

Michel Meyer



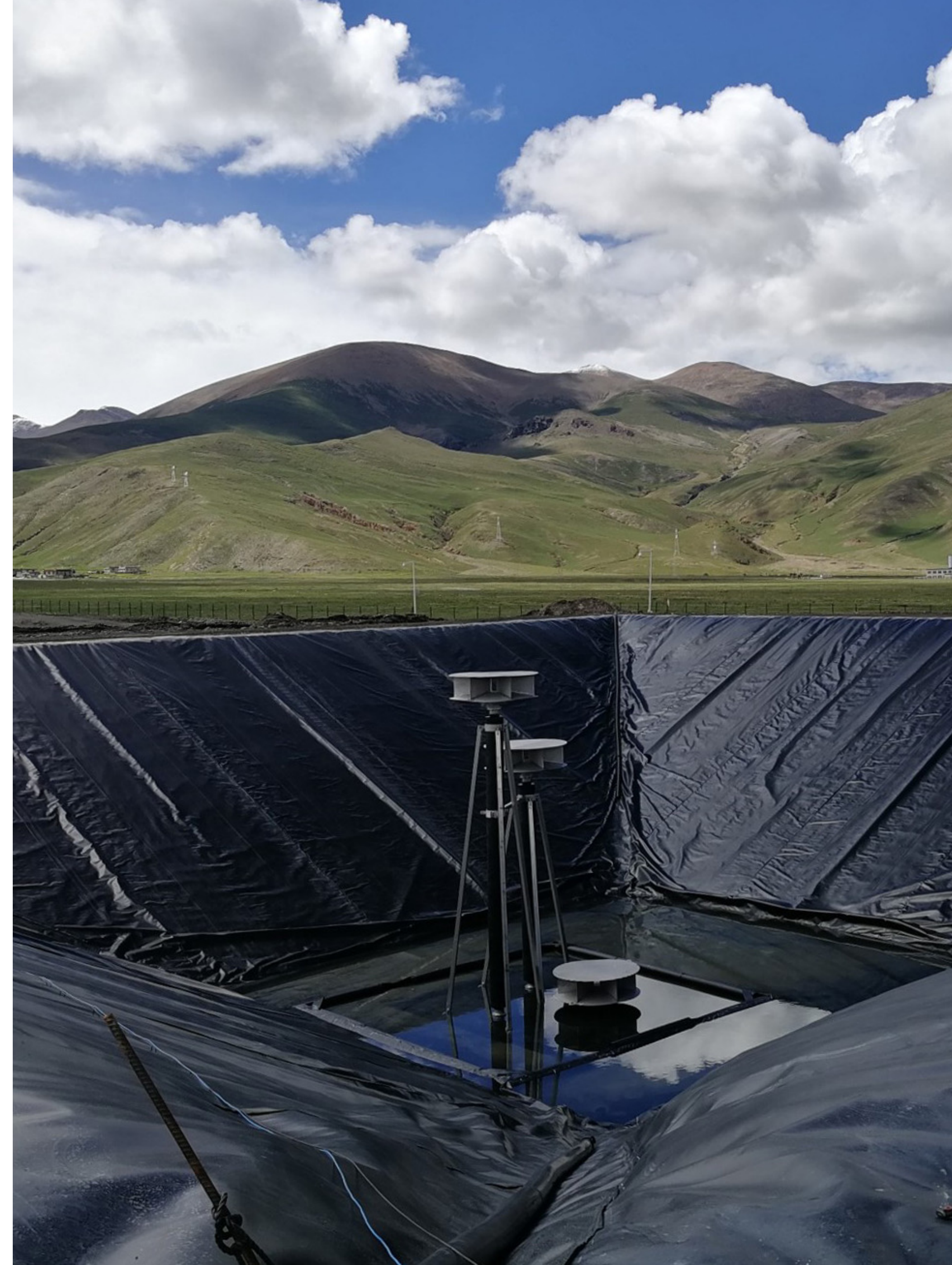
Les lumières s'éteignent-elles en hiver - et les chauffages aussi ?

Prof. Dr. Jörg Worlitschek

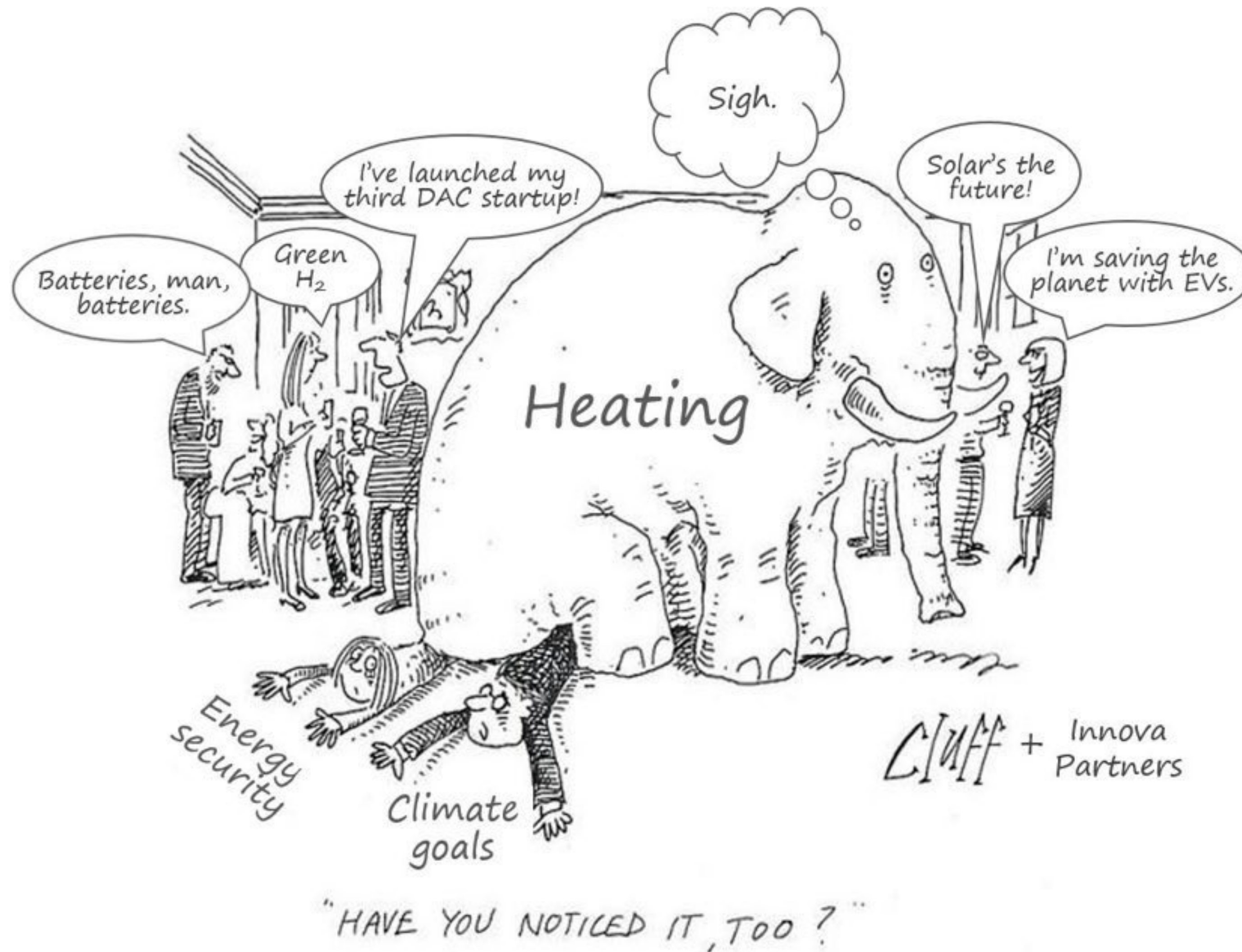
Hochschule Luzern - Technik & Architektur
joerg.worlitschek@hslu.ch

Dr. Luca Baldini

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
luca.baldini@zhaw.ch

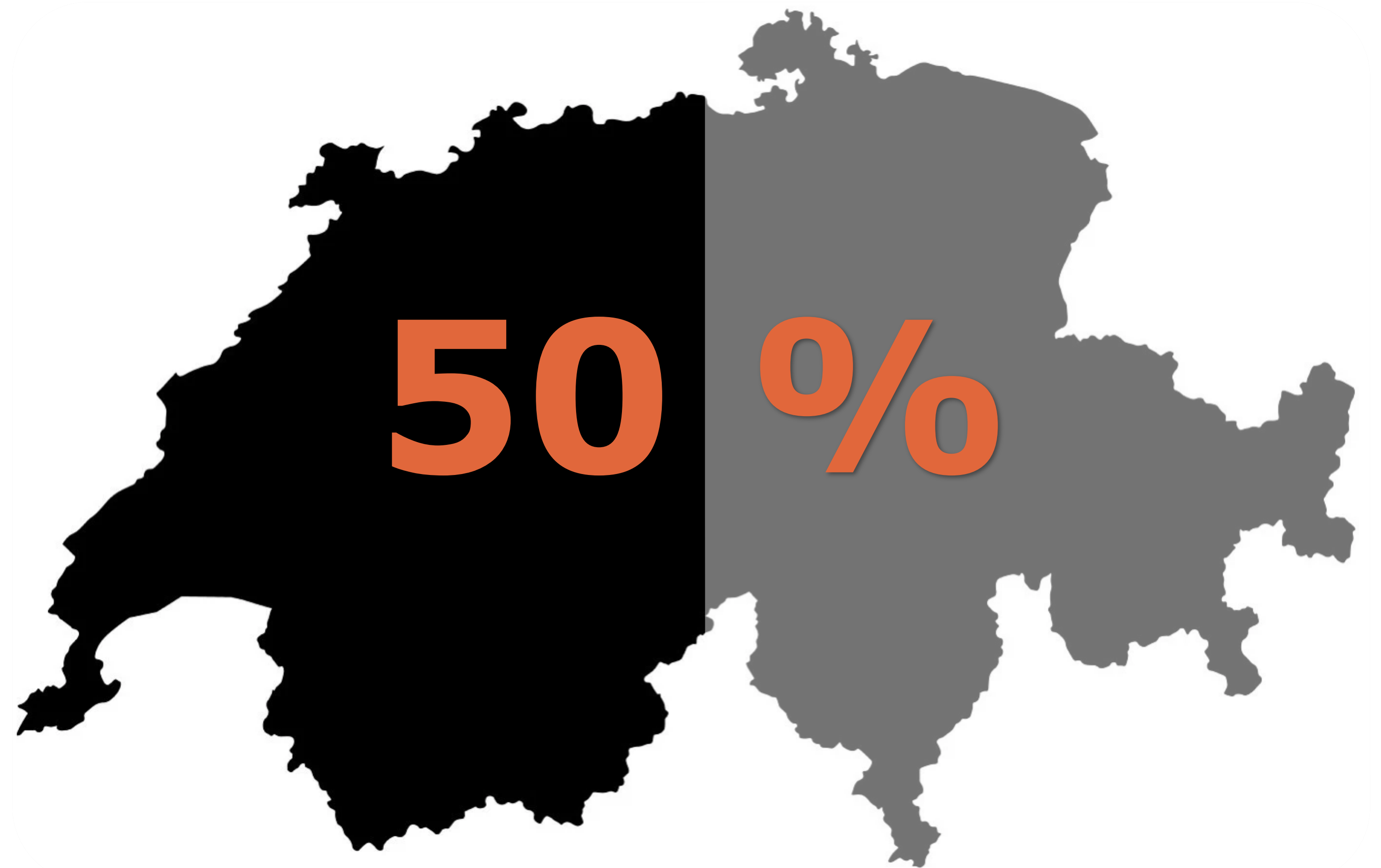
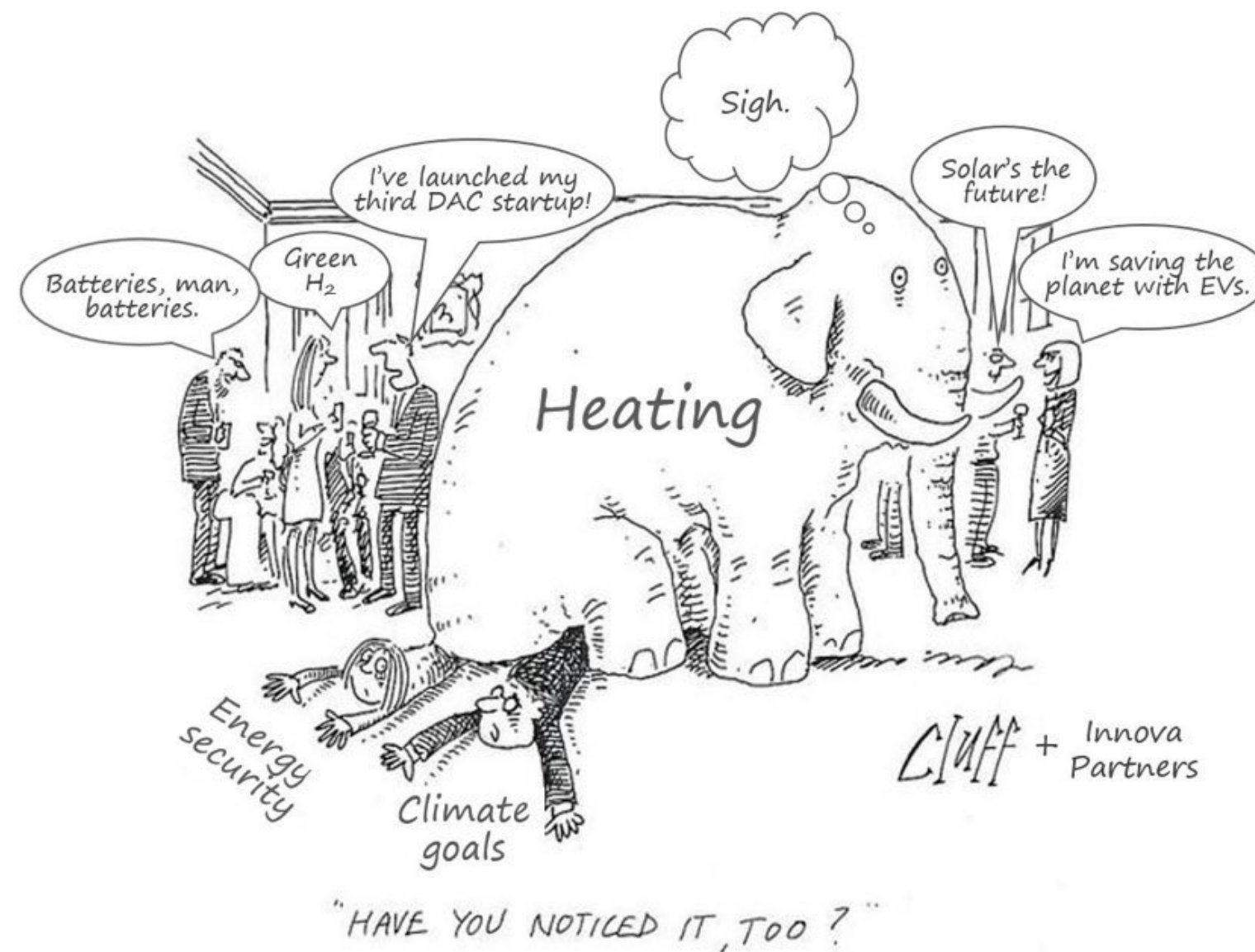


Der Elefant im Raum ...



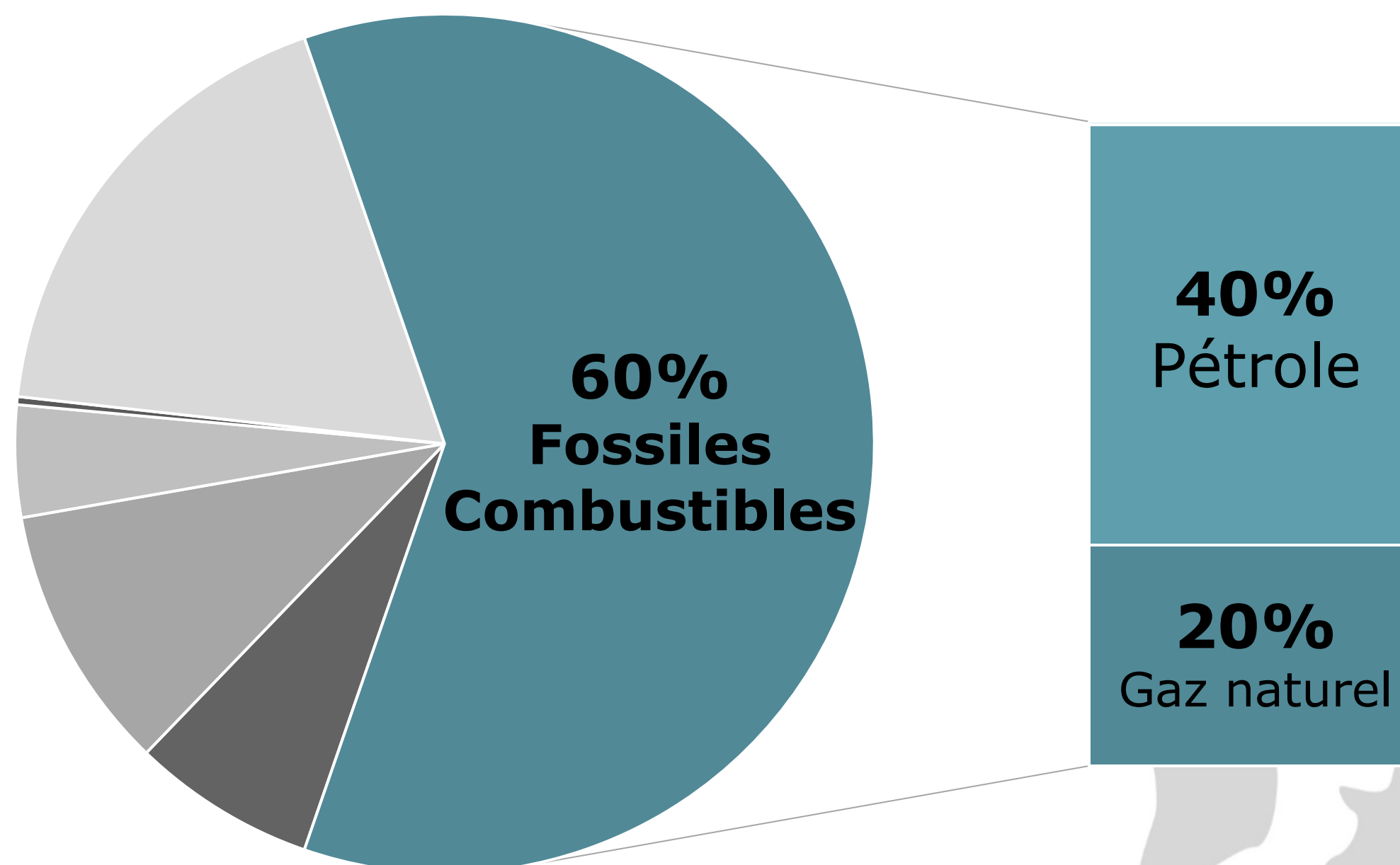
Quel pourcentage de la consommation d'énergie suisse est utilisé pour la production de chaleur ?

Der Elefant im Raum ...



Quel pourcentage de la consommation d'énergie suisse est utilisé pour la production de chaleur ?

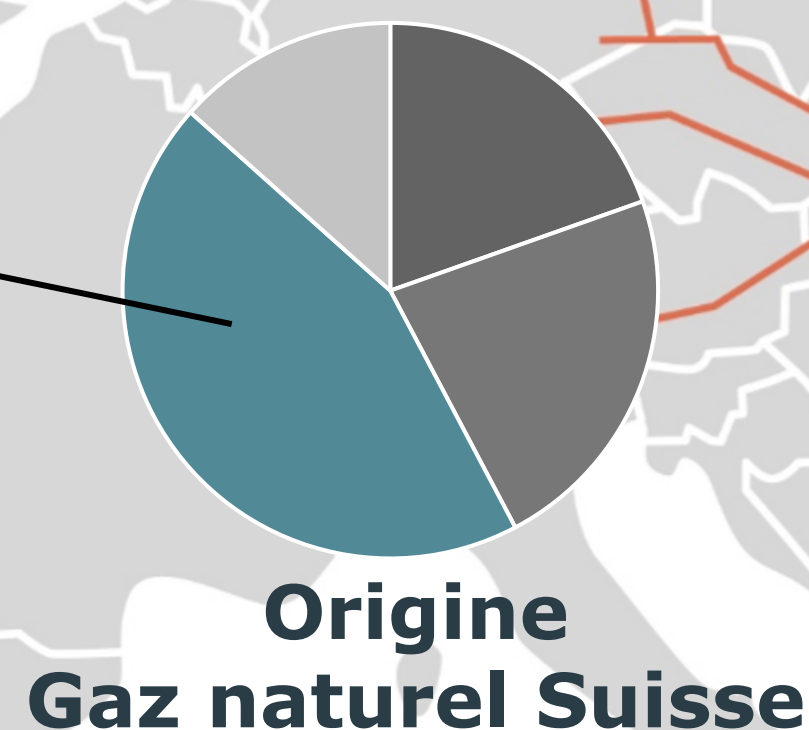
La chaleur est aujourd'hui principalement produite par des énergies fossiles



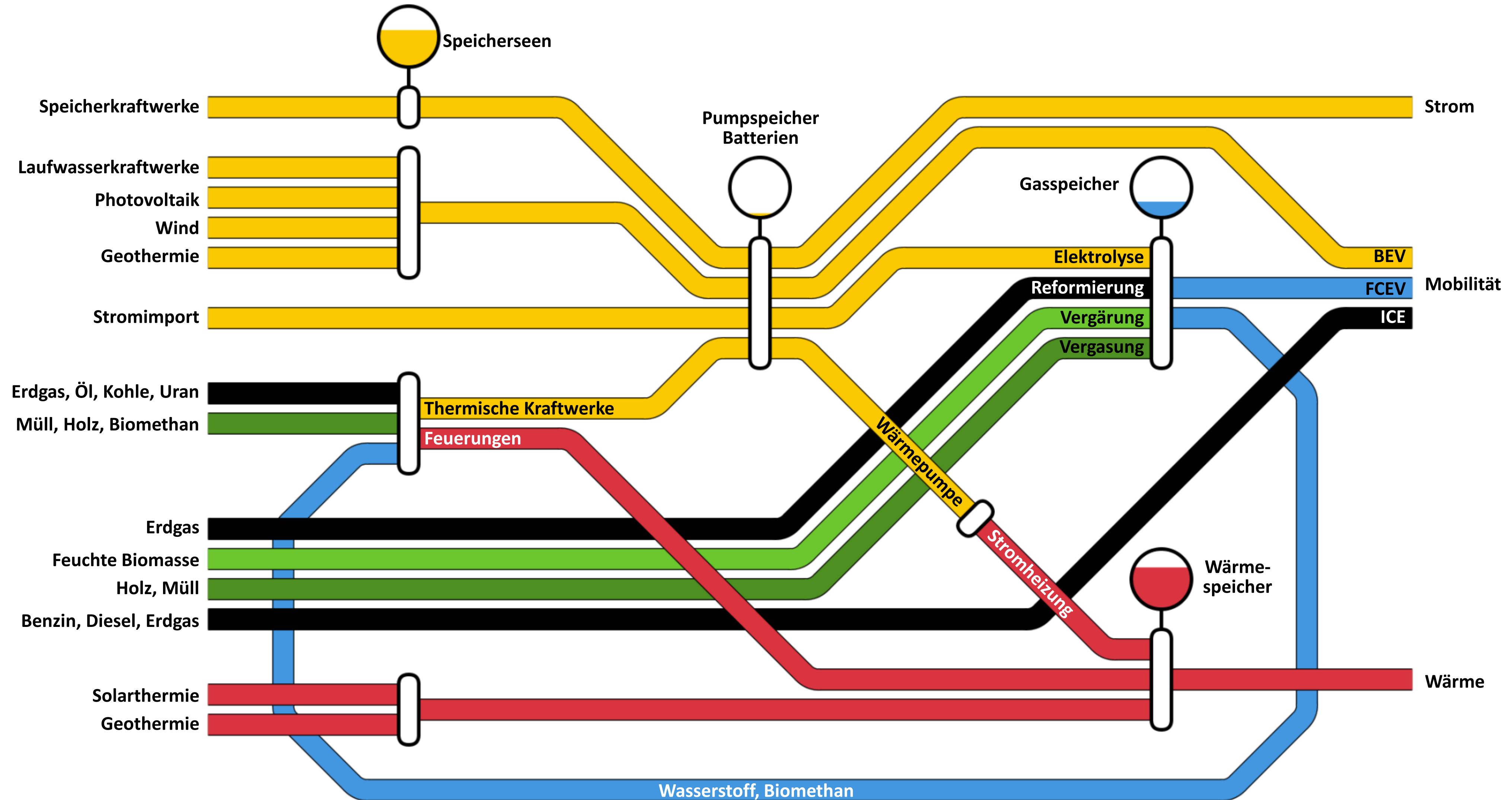
Principale source d'énergie pour le chauffage Suisse

Les émissions de CO₂ dues à la production de chaleur en Suisse s'élèvent à 18 millions de tonnes (sur un total de 48 millions de tonnes)

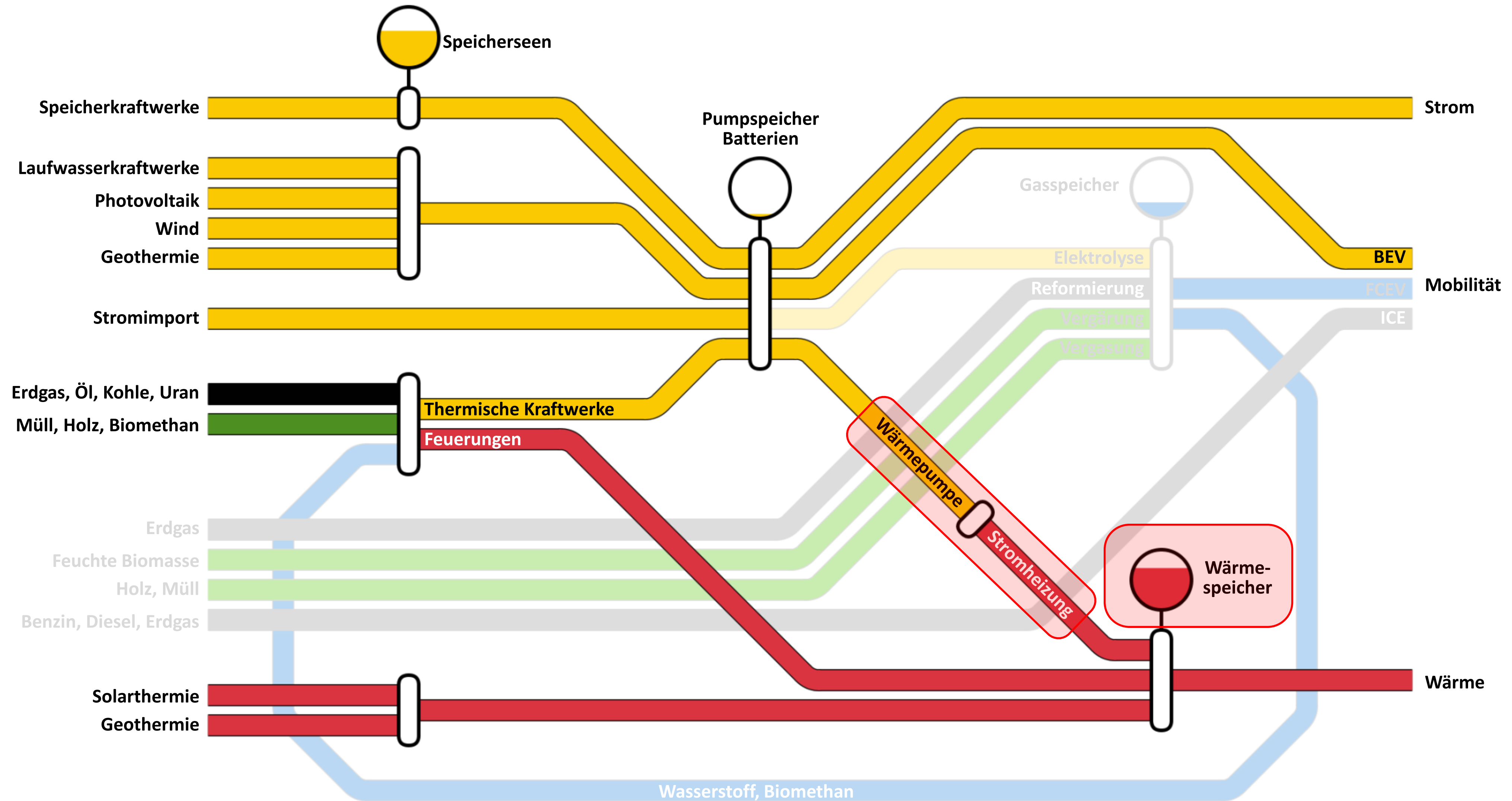
44 %
Russie



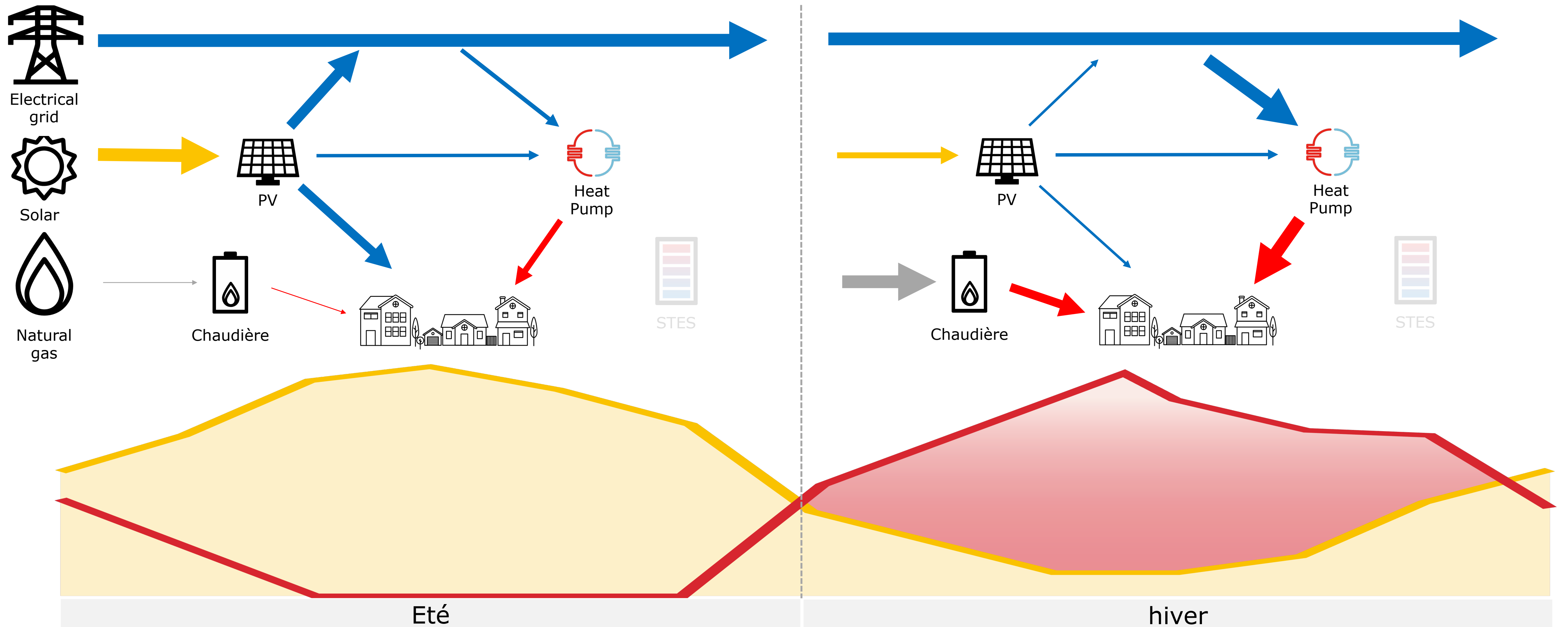
Considérer le système énergétique suisse dans son ensemble



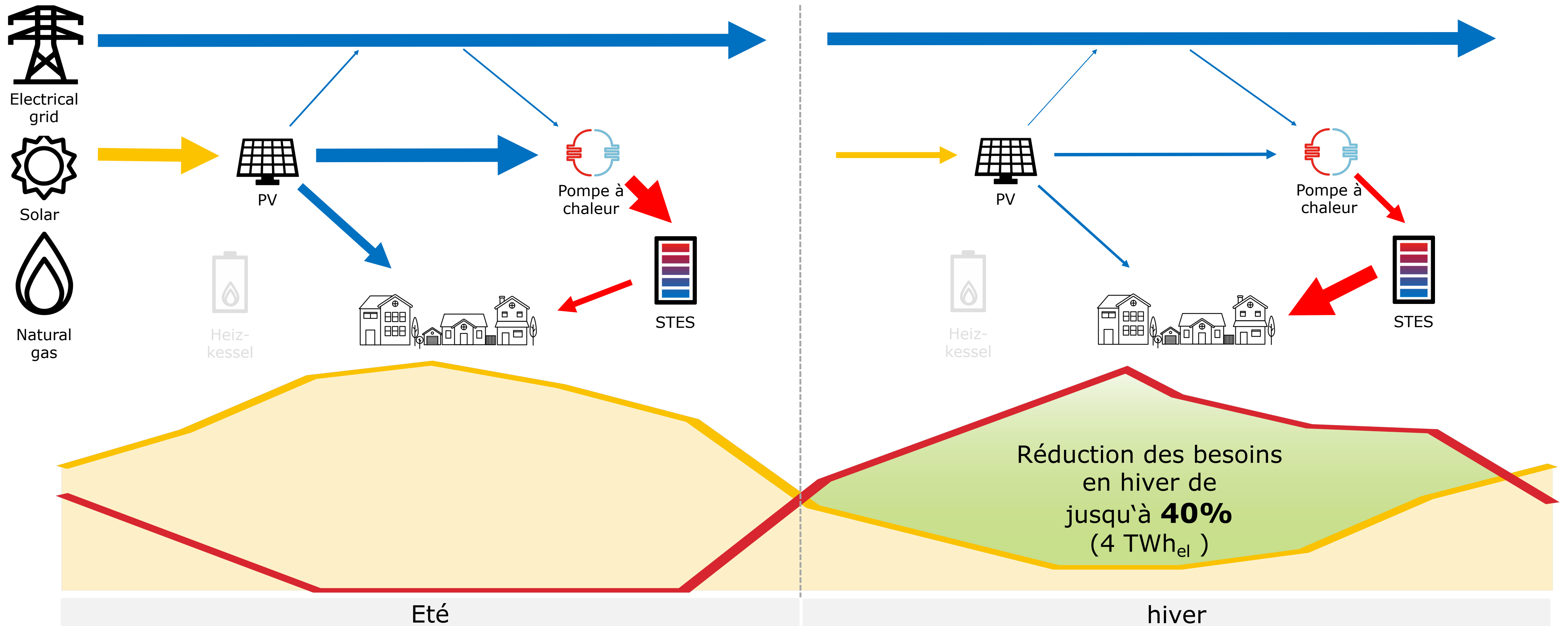
Considérer le système énergétique suisse dans son ensemble



Système énergétique sans stockage thermique saisonnier



Système énergétique avec stockage thermique saisonnier



4 TWh électrique

Réduction des besoins en électricité en hiver
grâce à des accumulateurs de chaleur
saisonniers

40%

La valeur des accumulateurs de chaleur saisonniers

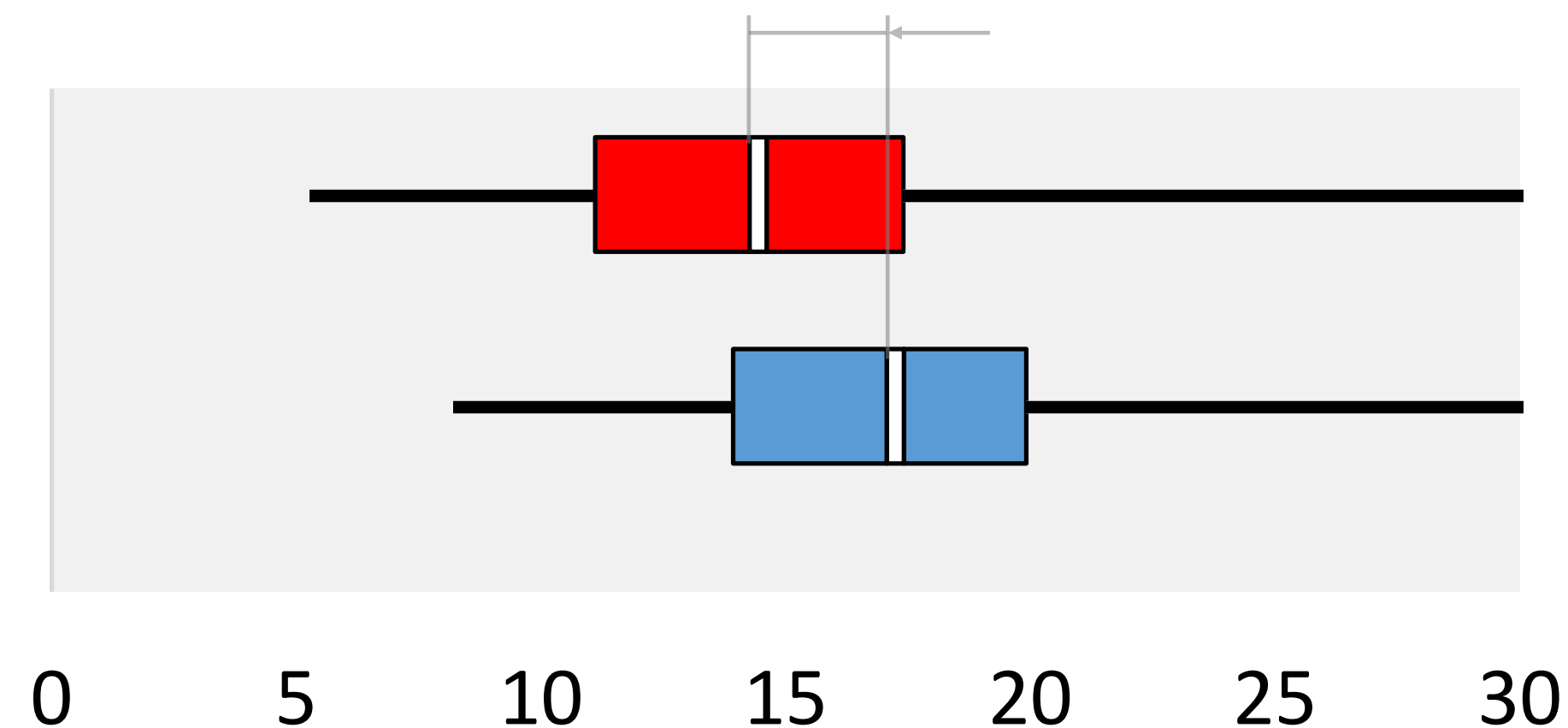
Année cible 2050, scénario net zéro à -6 MtCO₂/a

Réduction de **40%** des besoins en électricité en hiver

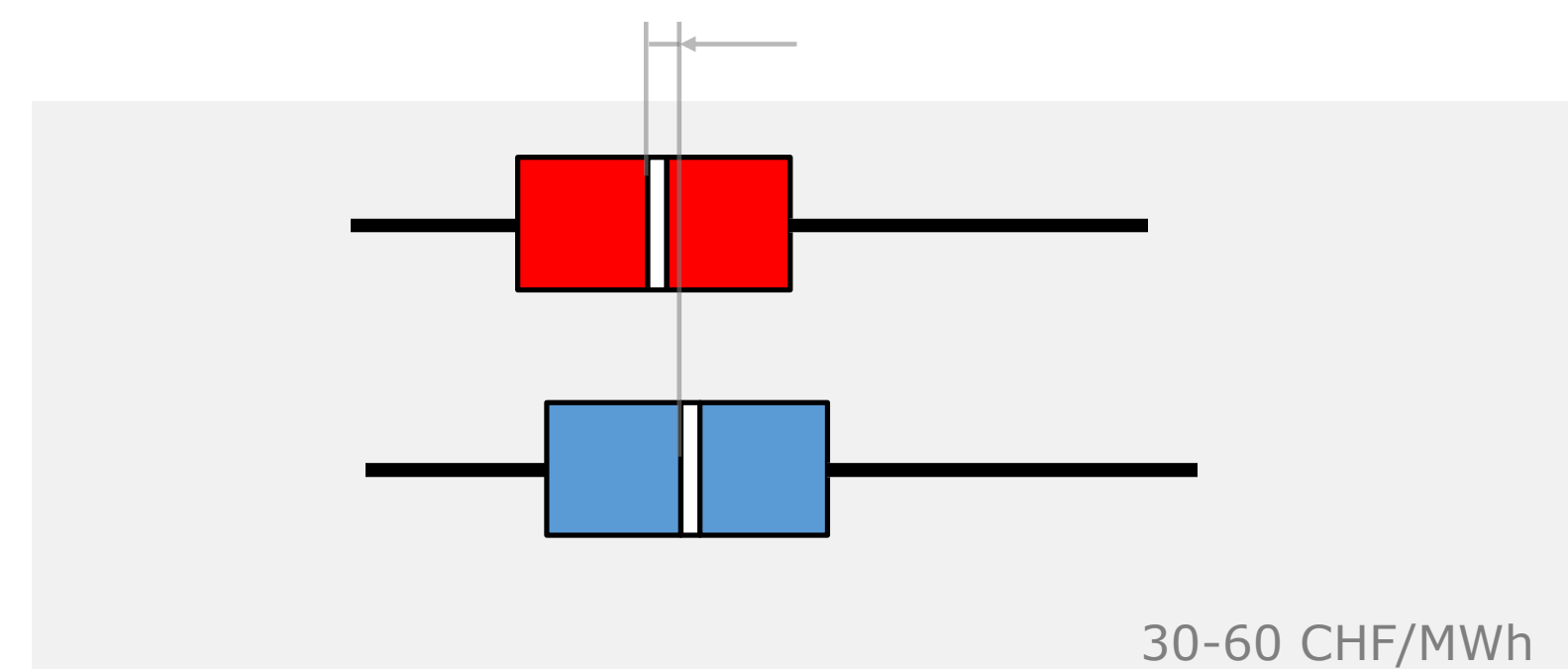
Économies annuelles de **300 à 400 millions** de CHF

Konservativ, mit TES

Konservativ, ohne TES



Winterstrom aus Importen und thermischen Kraftwerken (TWh/a)



30-60 CHF/MWh

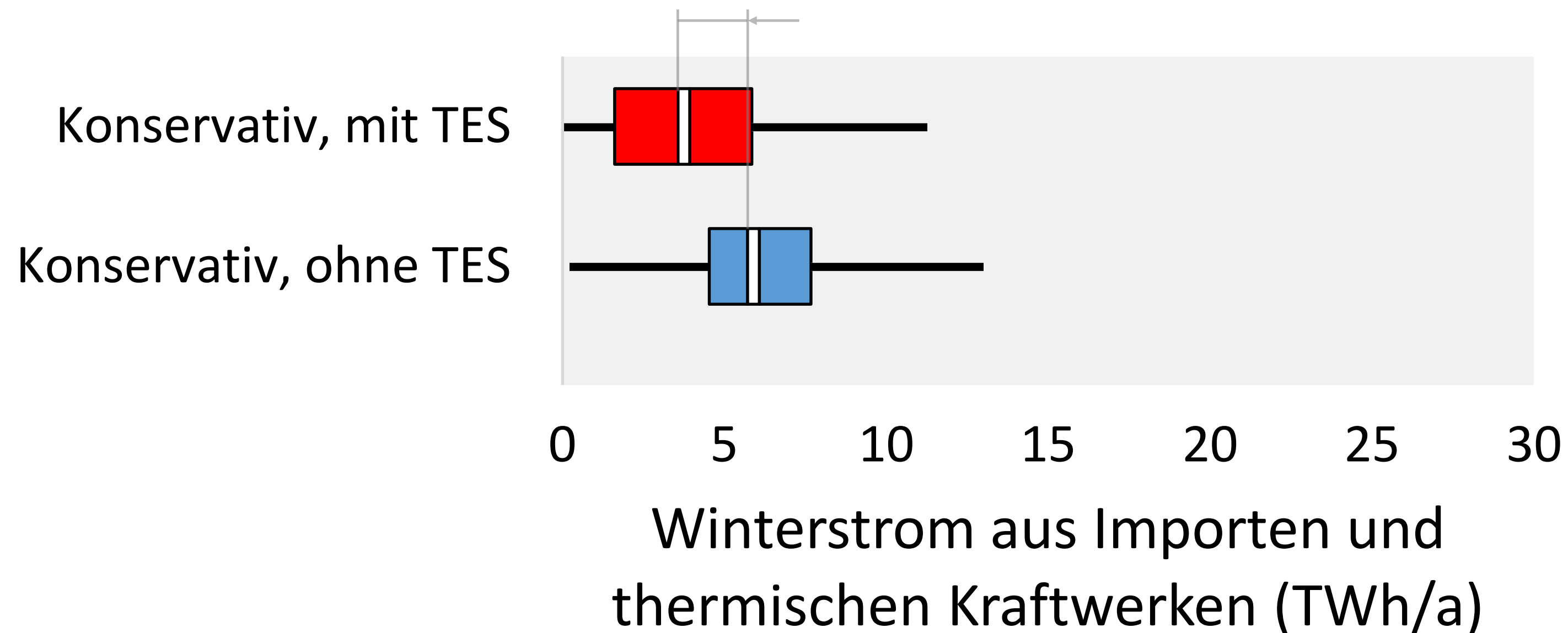
Totale jährliche Systemkosten (bCHF/a)

La valeur des accumulateurs de chaleur saisonniers

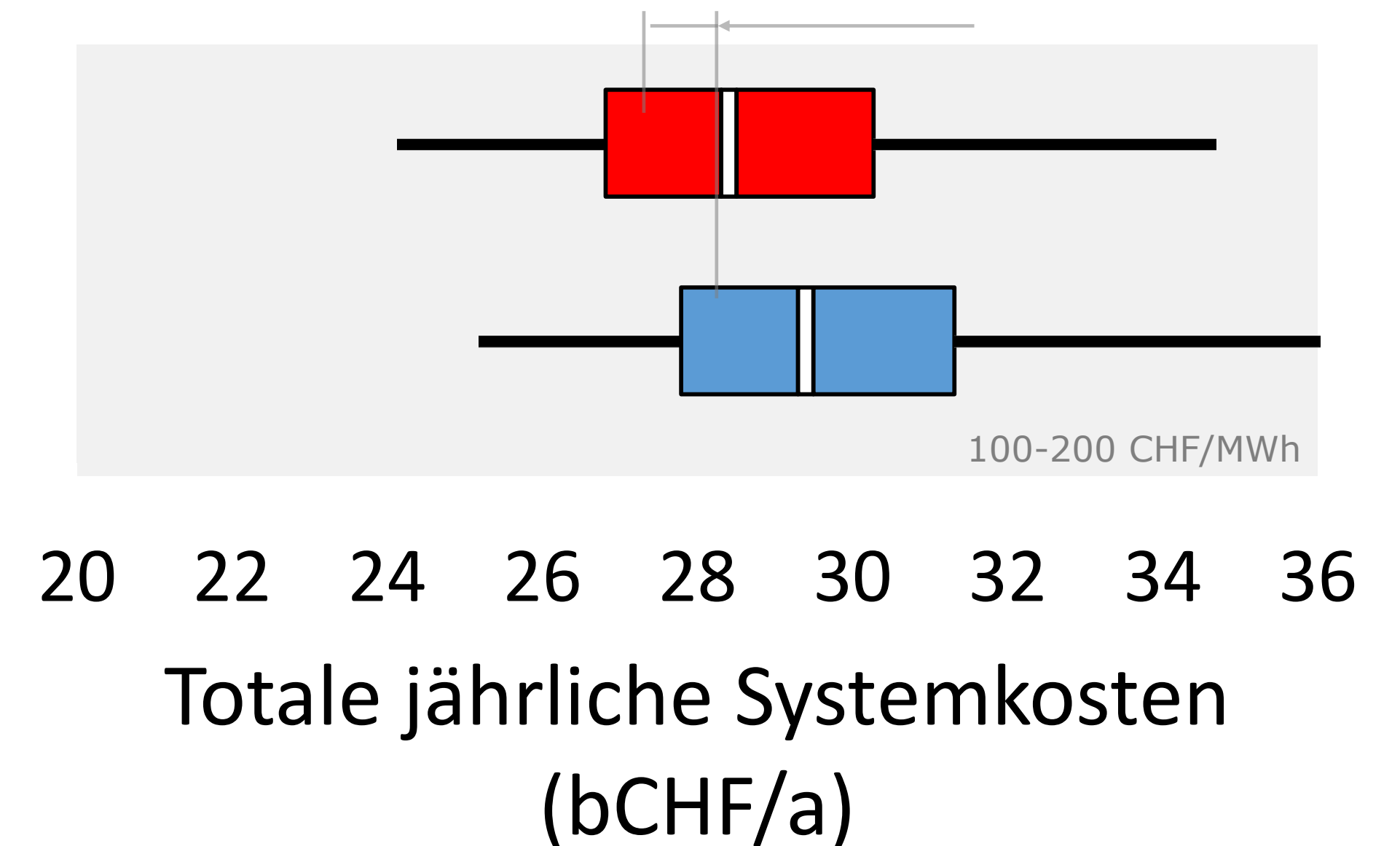
Augmentation du prix du gaz de 30-60 CHF/MWh à **100-200** CHF/MWh

Année cible 2050, scénario net zéro à -6 MtCO₂/a

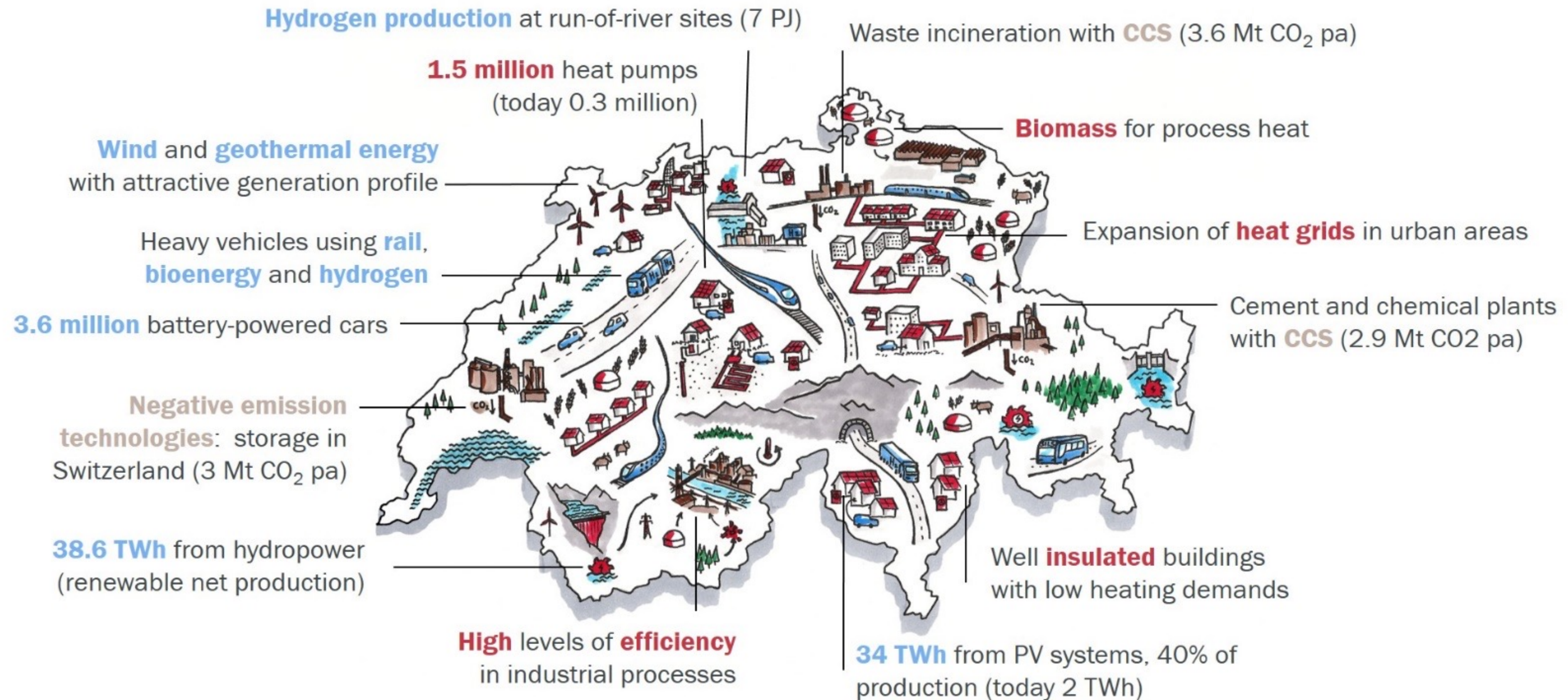
Réduction de **30 à 40%** des besoins en électricité en hiver



Économies annuelles de
~ **1 milliard** de CHF



Le stockage saisonnier de la chaleur est largement ignoré

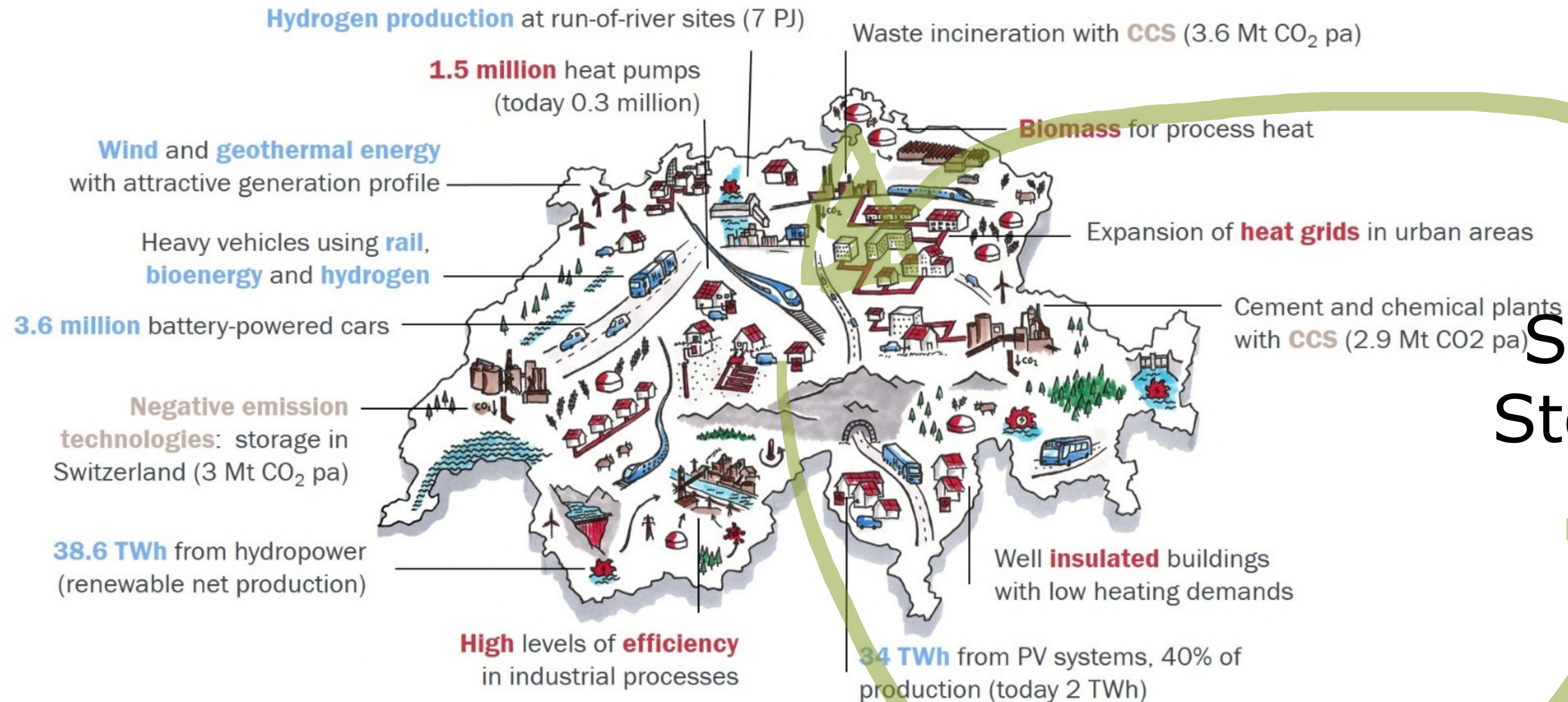


Graphics: Dina Tschumi; Prognos AG

Perspectives énergétiques 2050

OFEN (2021)

Les accumulateurs de chaleur saisonniers sont largement ignoré



Saisonnier
Stockage de
chaleur

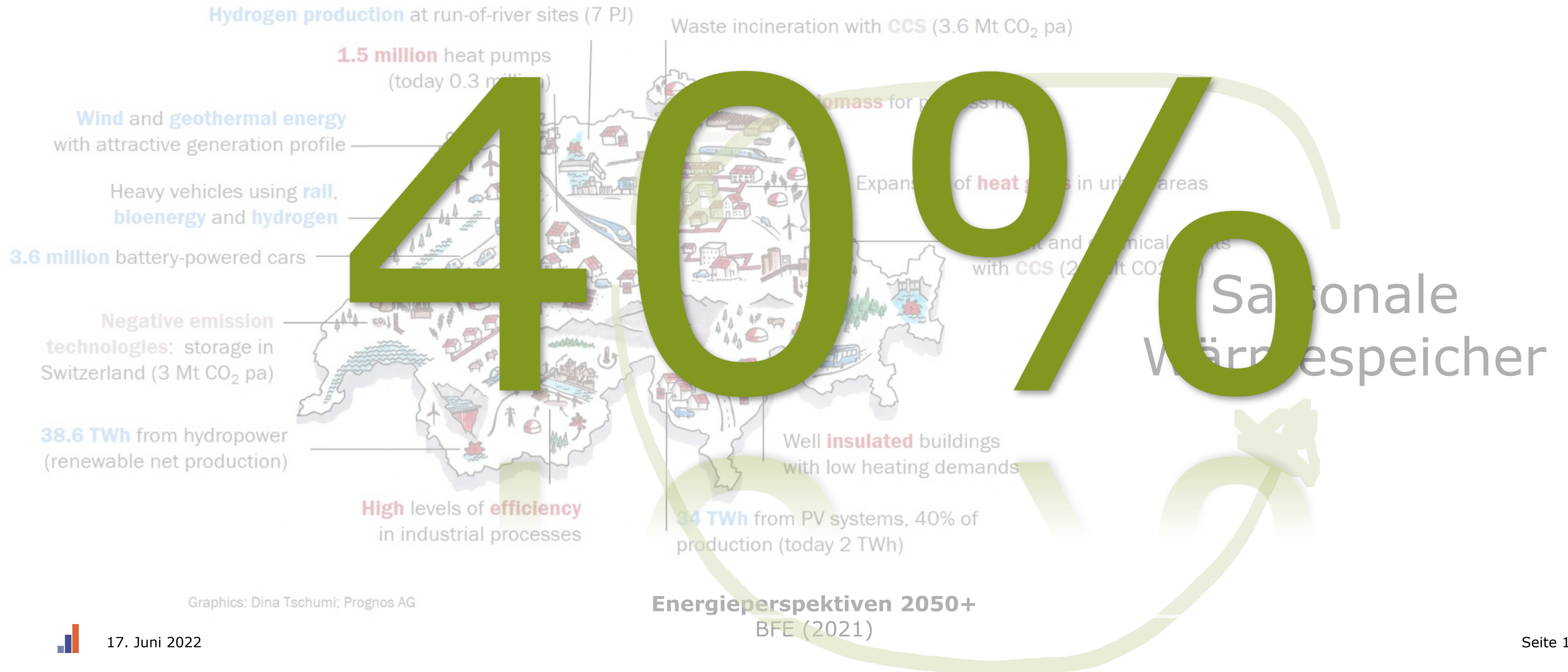
Graphics: Dina Tschumi; Prognos AG

Perspectives énergétiques 2050

OFEN (2021)

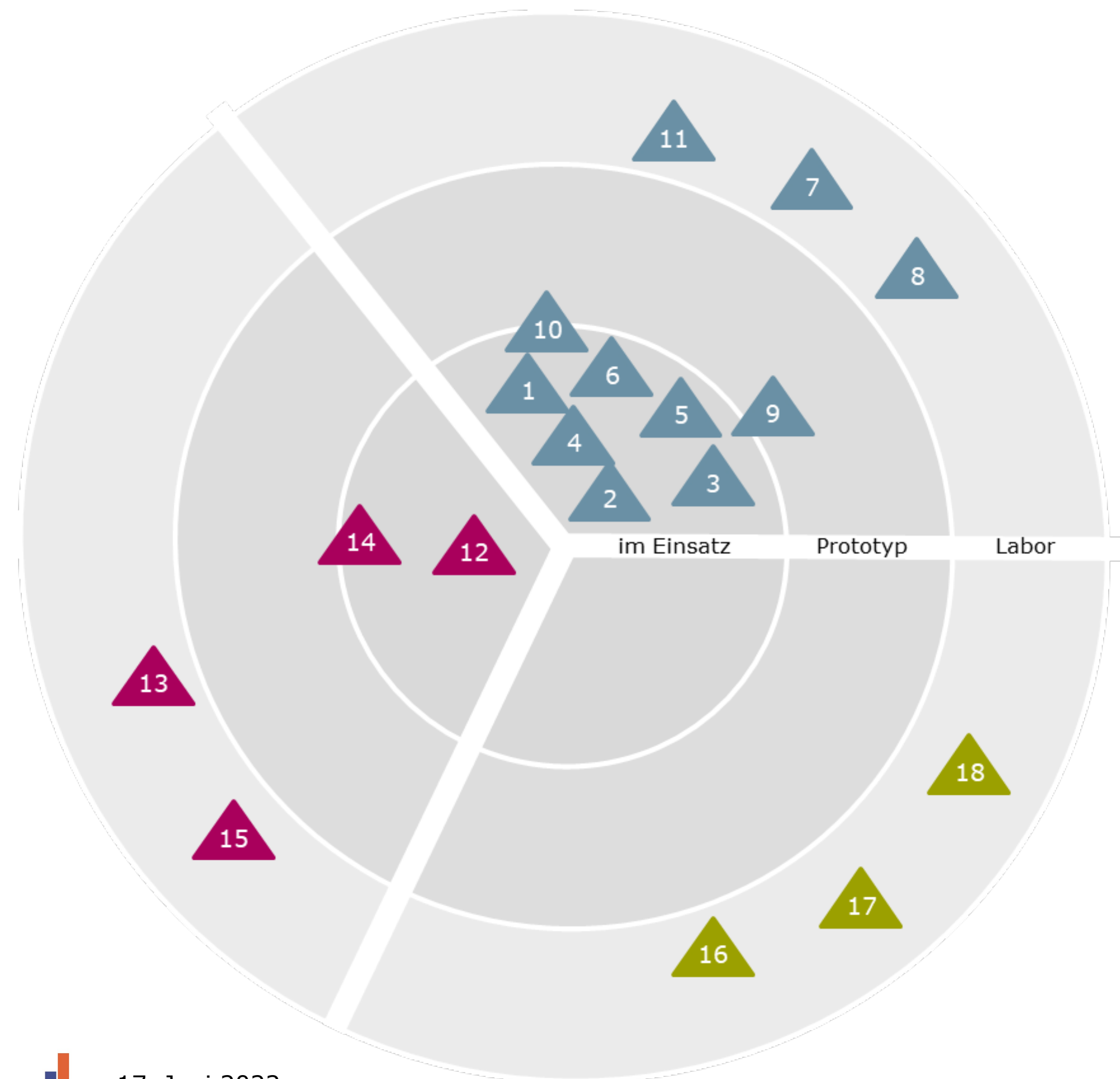
4 TWh électrique

Réduction des besoins en électricité en hiver grâce à
des accumulateurs de chaleur saisonniers



Les technologies sont disponibles

Radar technologique Accumulateurs de chaleur saisonniers



Sensible Speicher

- 1 Réservoir saisonnier Stockage d'énergie thermique
- 2 Stockage d'énergie thermique dans les puits
- 3 Proche de la surface
- 4 Accumulateur de fondation de bâtiment (pieu énergétique)
- 5 Accumulateur de chaleur dans les mines (PTES)
- 6 Stockage de chaleur sensible dans l'aquifère
- 7 Le lac comme réservoir de chaleur
- 8 Stockage fermé dans le lac
- 9 Stockage géothermique en profondeur dans des forages
- 10 Réservoir isolé par le vide
- 11 Réservoir isolé par le vide

Mémoire latente

- 12 Accumulateur de glace
- 13 Stockage de chaleur latente saisonnière
- 14 Accumulateur de chaleur latente
- 15 Accumulateur de chaleur latente HYTES

Stockage thermochimique

- 16 Réservoir d'adsorption
- 17 Réservoir d'absorption
- 18 Mémoire de réaction

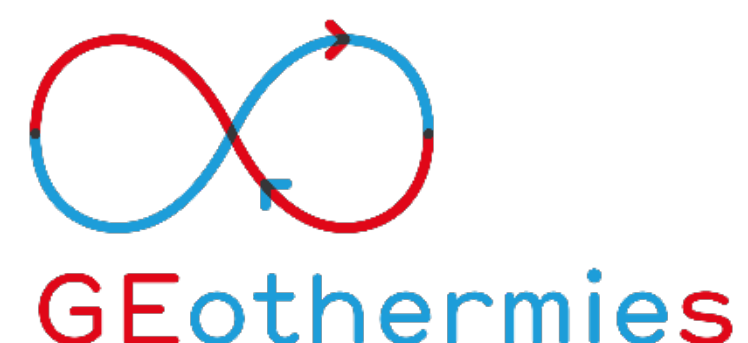


Quelles perspectives pour le stockage de chaleur géothermique à Genève ?

FORUM
ENERGIESPEICHER
SCHWEIZ
Eine Initiative der aee suisse

Séance d'information du groupe parlementaire sur les énergies renouvelables

Michel Meyer, SIG, 15 Juni 2022



Les différentes solutions pour le stockage thermique

STES : Seasonal Thermal Energy Storage

Artificial

Physico-chemical

Built

PCM

Thermo-chemical

Tank
U-ground
or surface

Basin
water or
gravel +
water

UTES : Underground

ATES : Aquifer

BTES :
Borehole

Shal-
low

Deep

GSHP

Geo-
structu
res

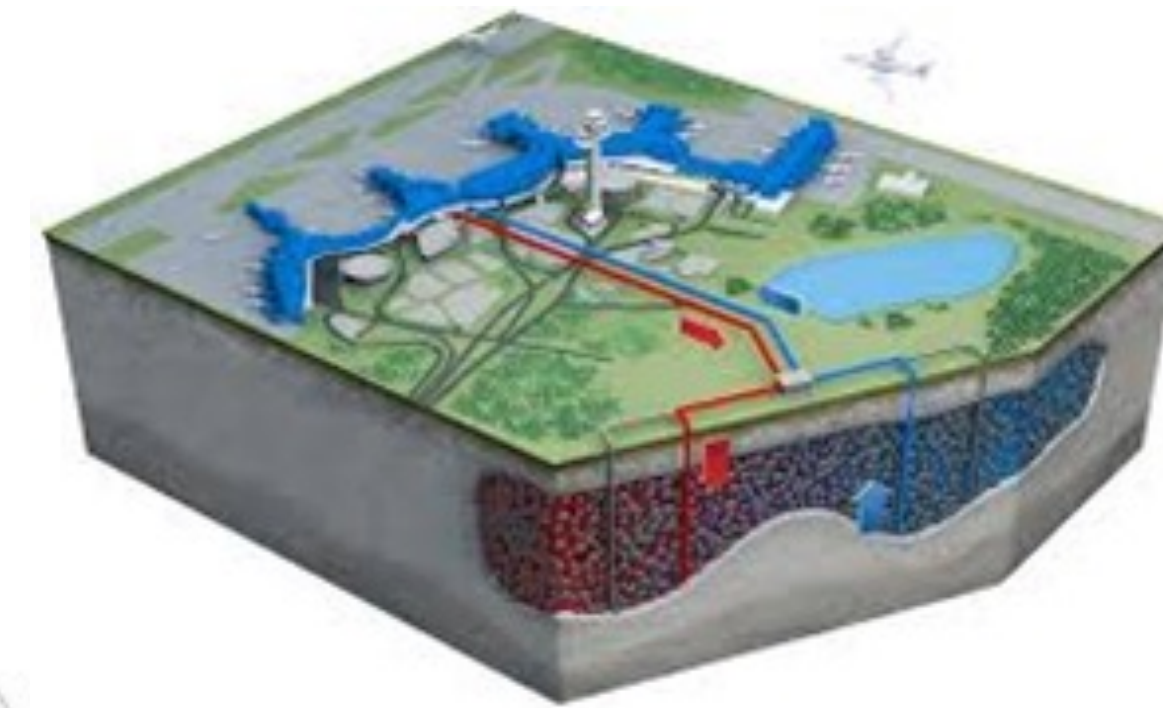
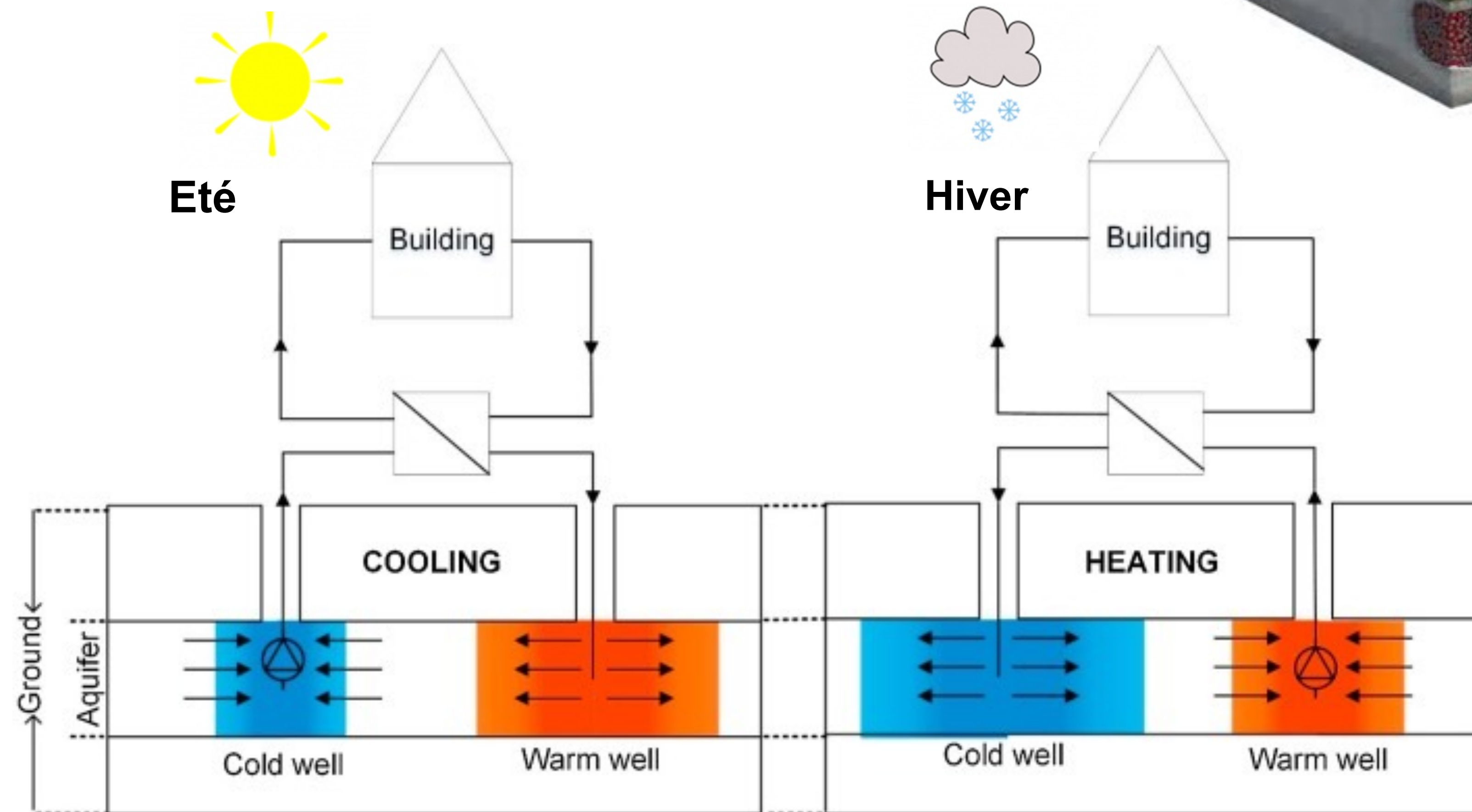
PCM : Phase Change Material

GSHP : Ground Source Heat Pump

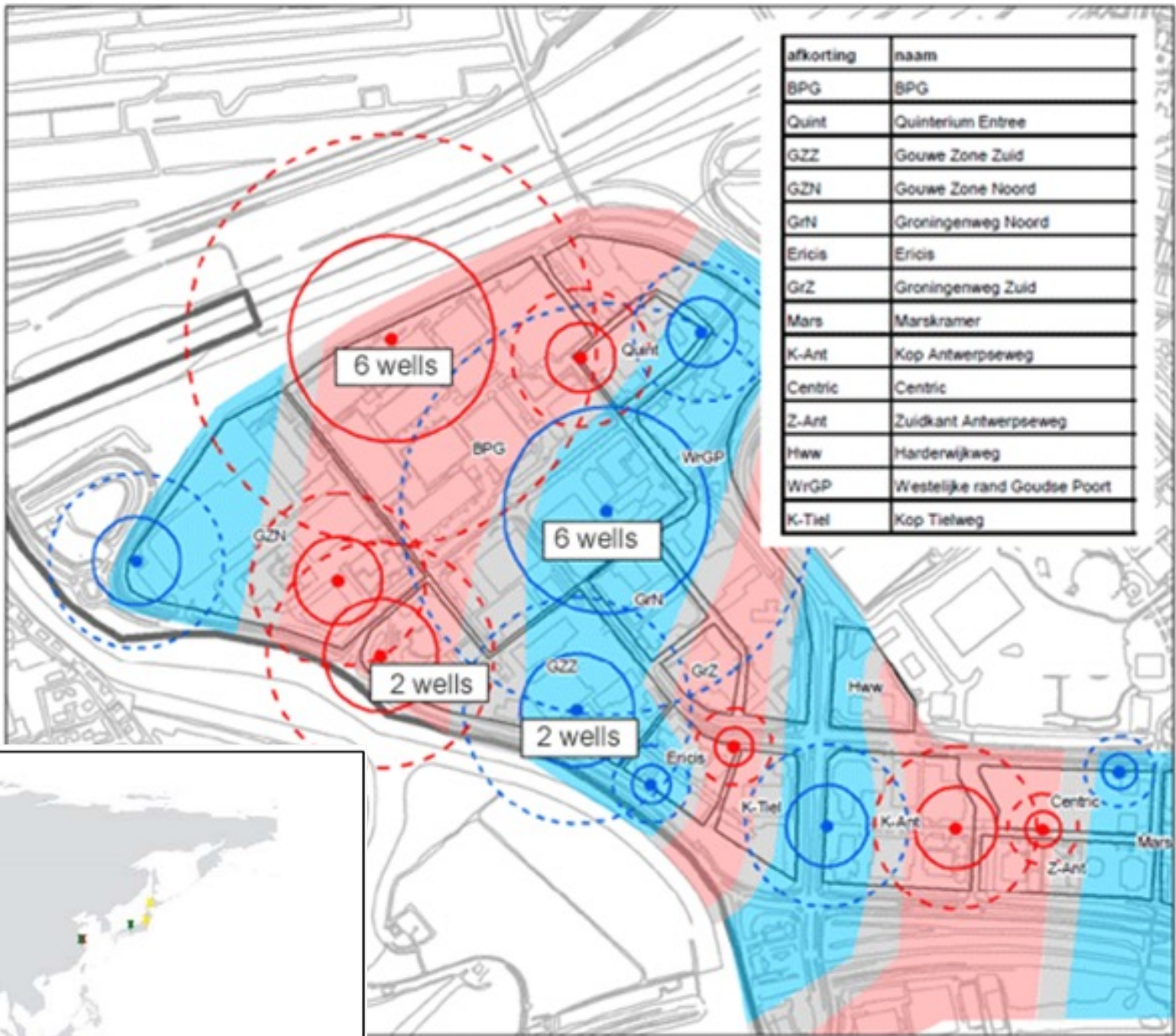
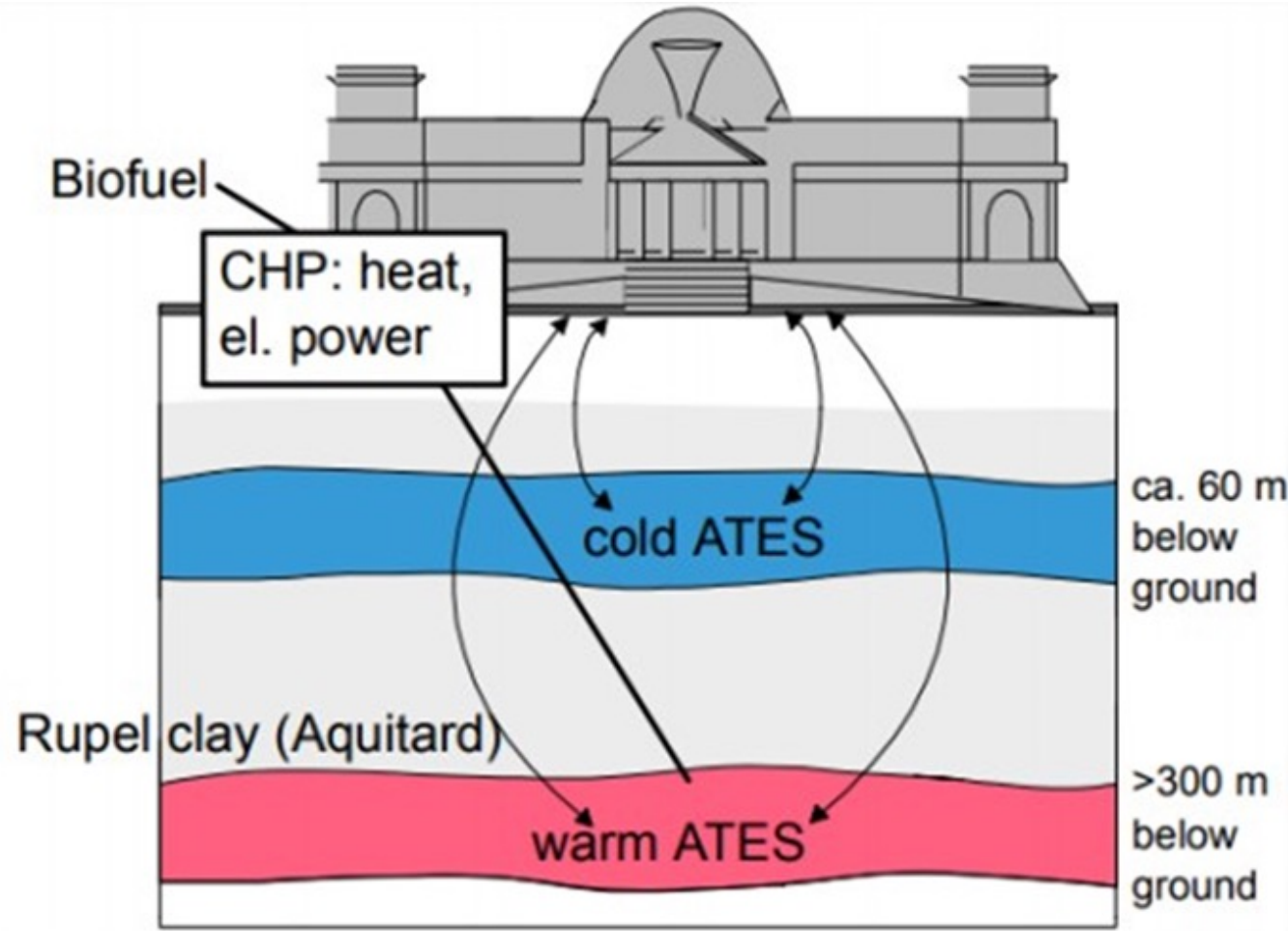
Source : P. Vinard – Pré-étude comparative de projets et réalisations de systèmes de stockage saisonnier, 2015

L'utilisation des eaux souterraines pour le stockage Les *Aquifer Thermal Energy Storages* (ATES)

**Doublet
bidirectionnel avec
un puits chaud et un
puits froid**

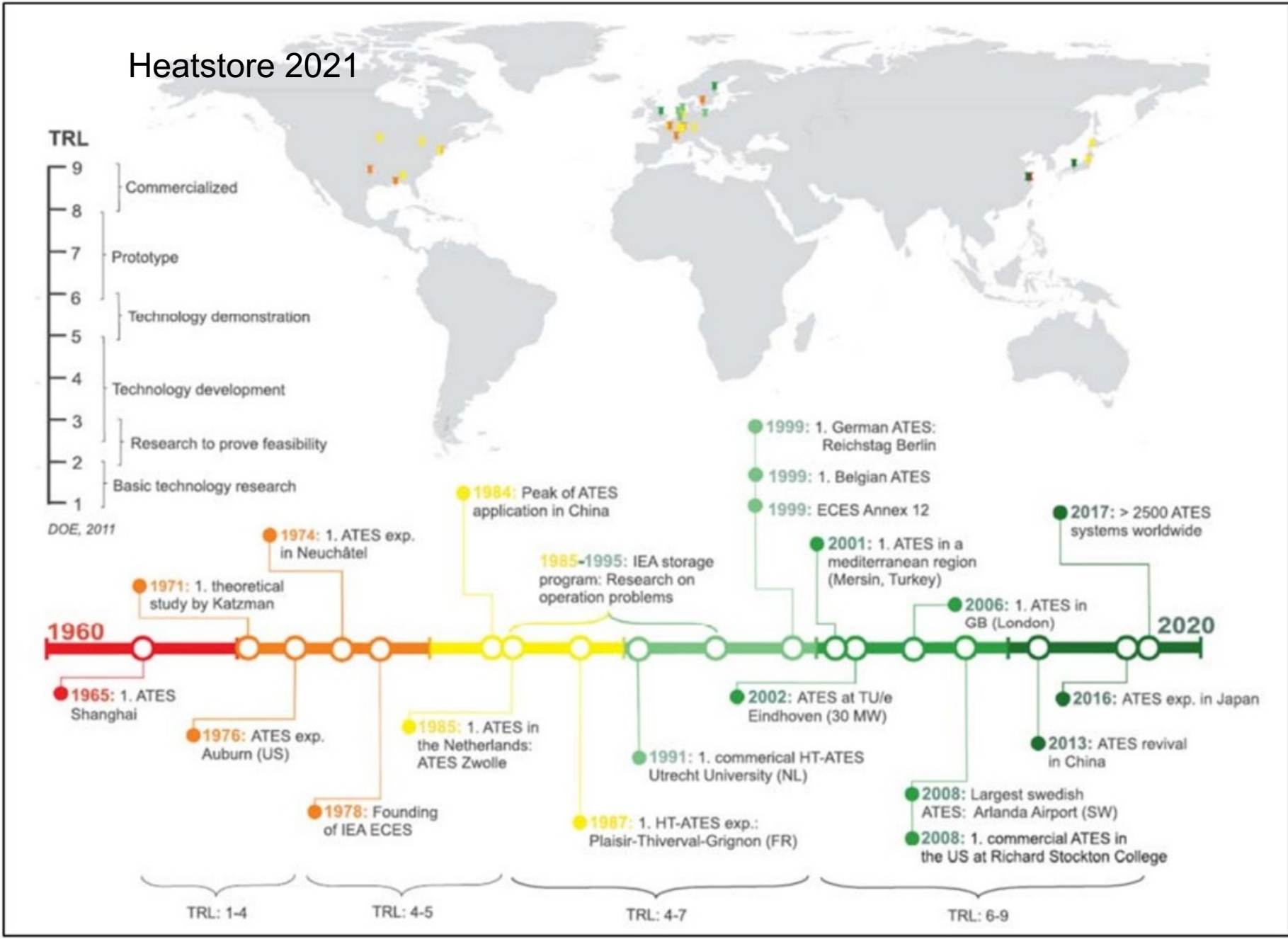
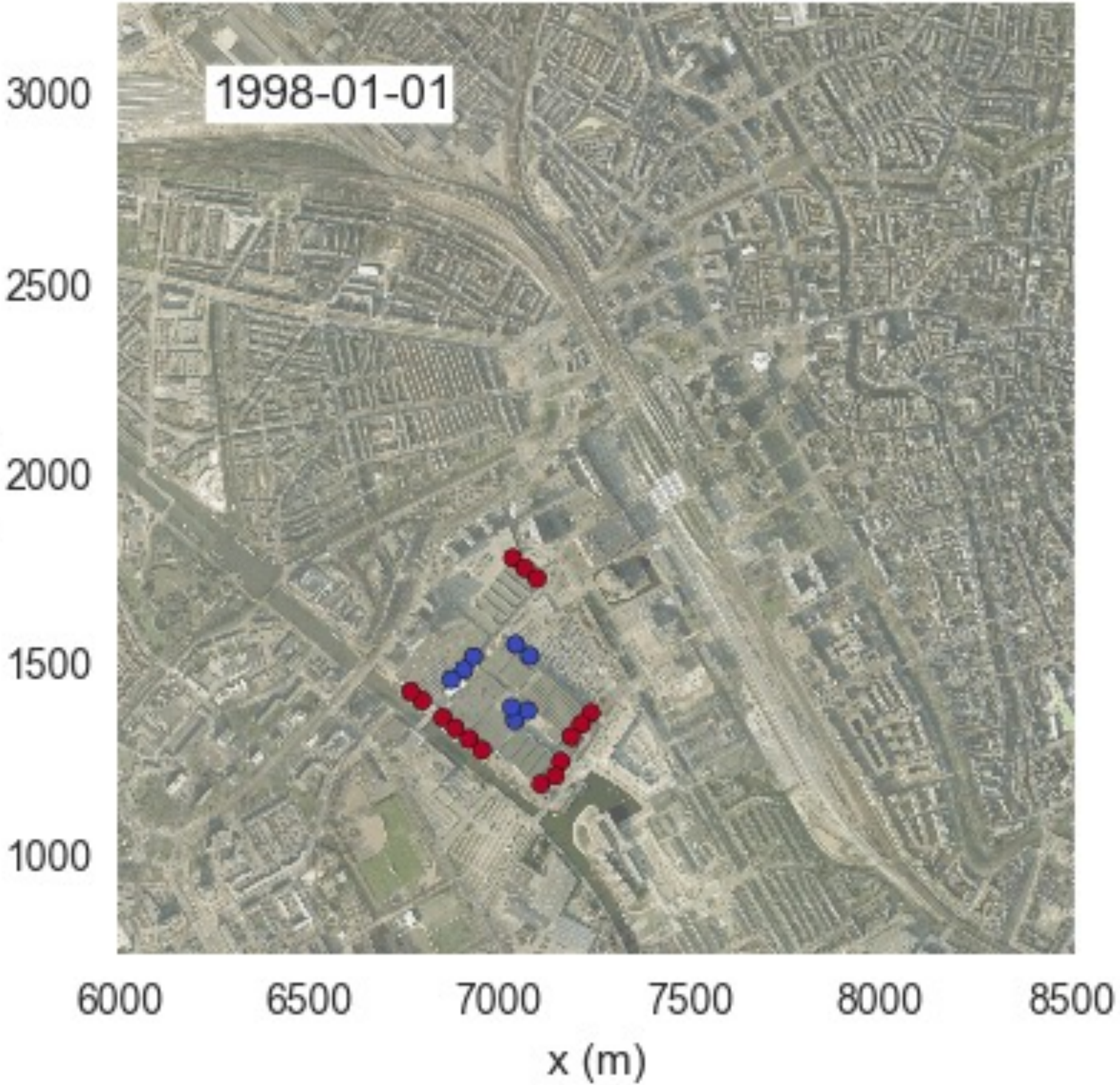


ATES – Couplage et réseaux d'énergie



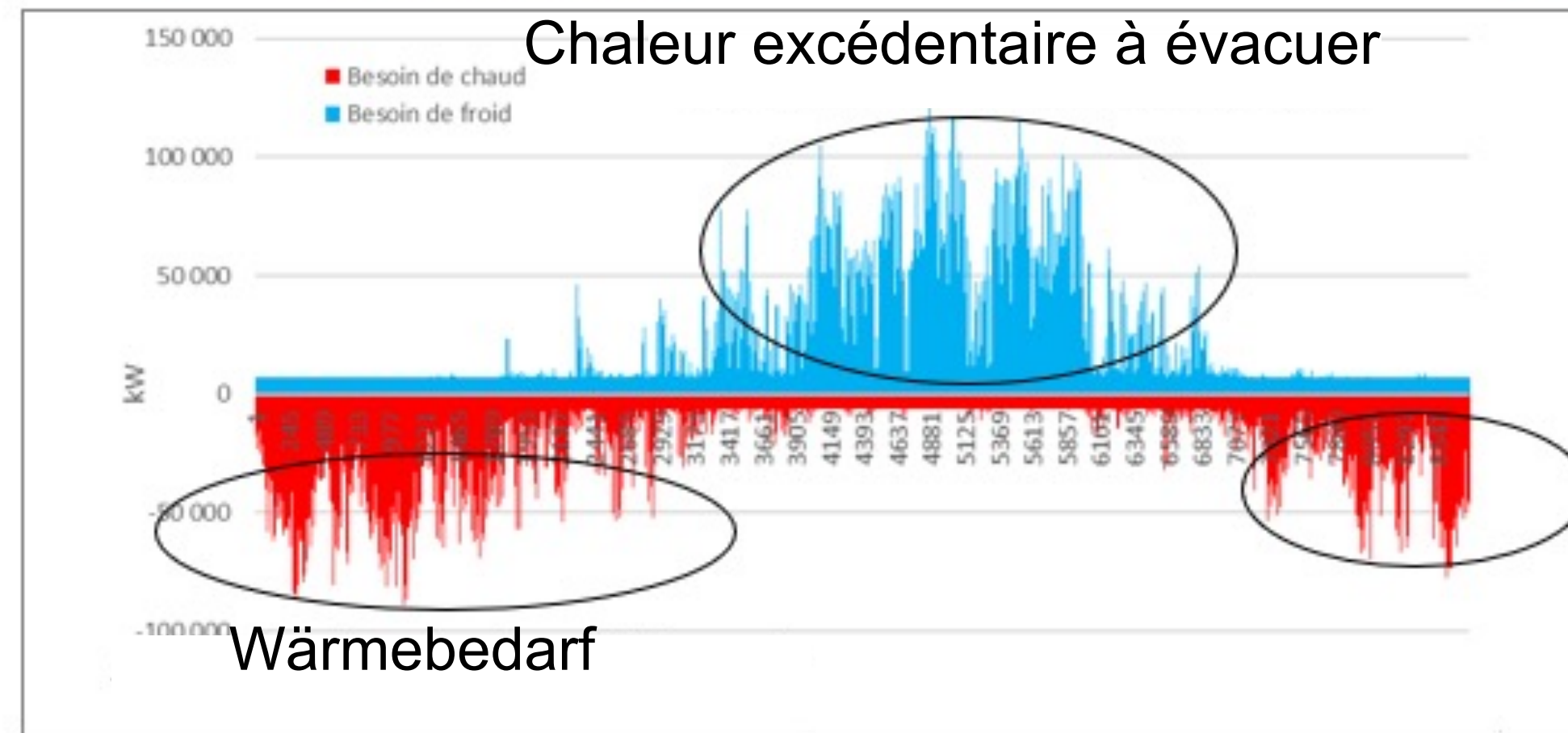
Bonte, 2014

Utrecht city center - Subsurface temperature

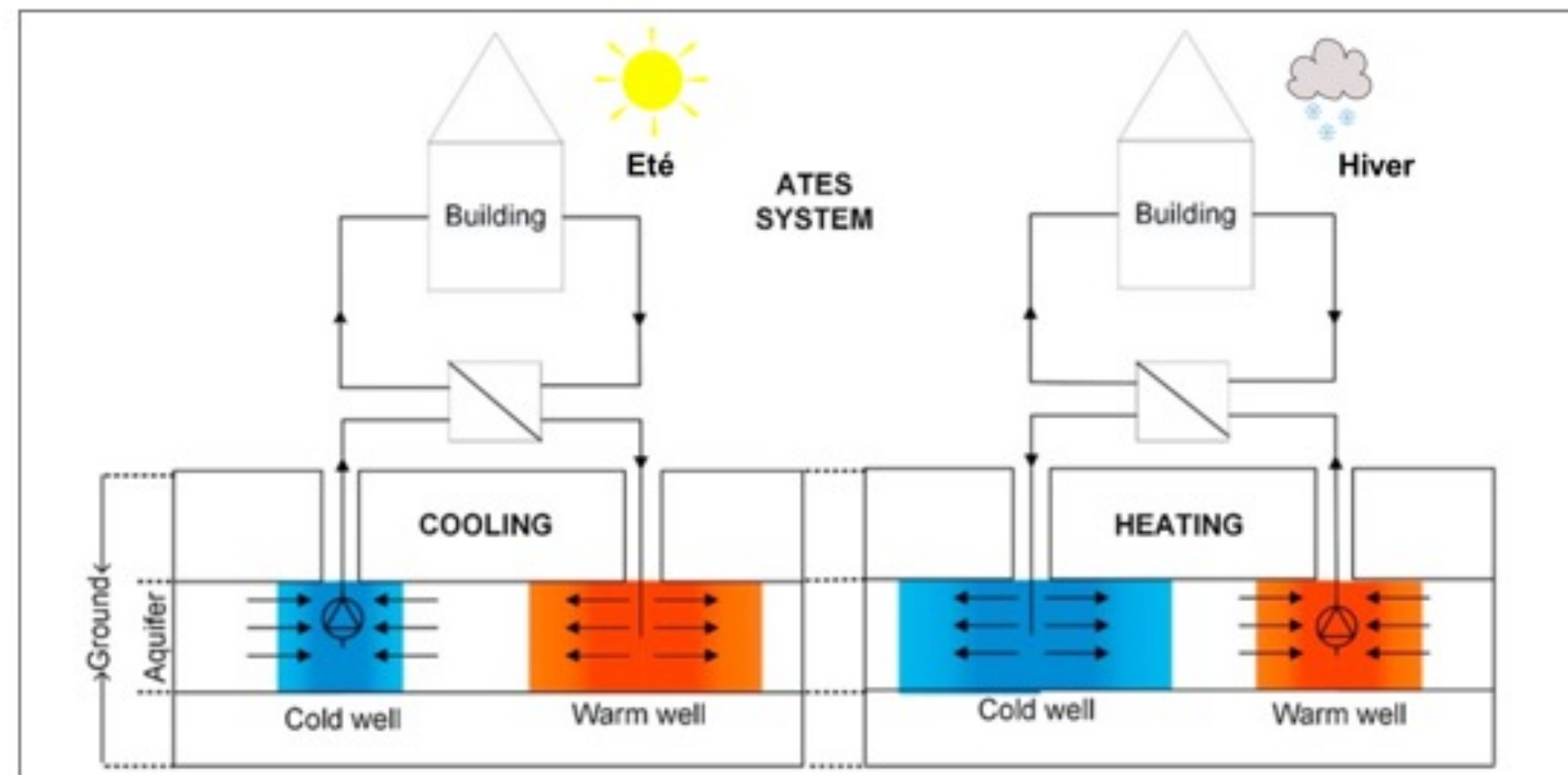


Synergies entre GeniLac et la géothermie

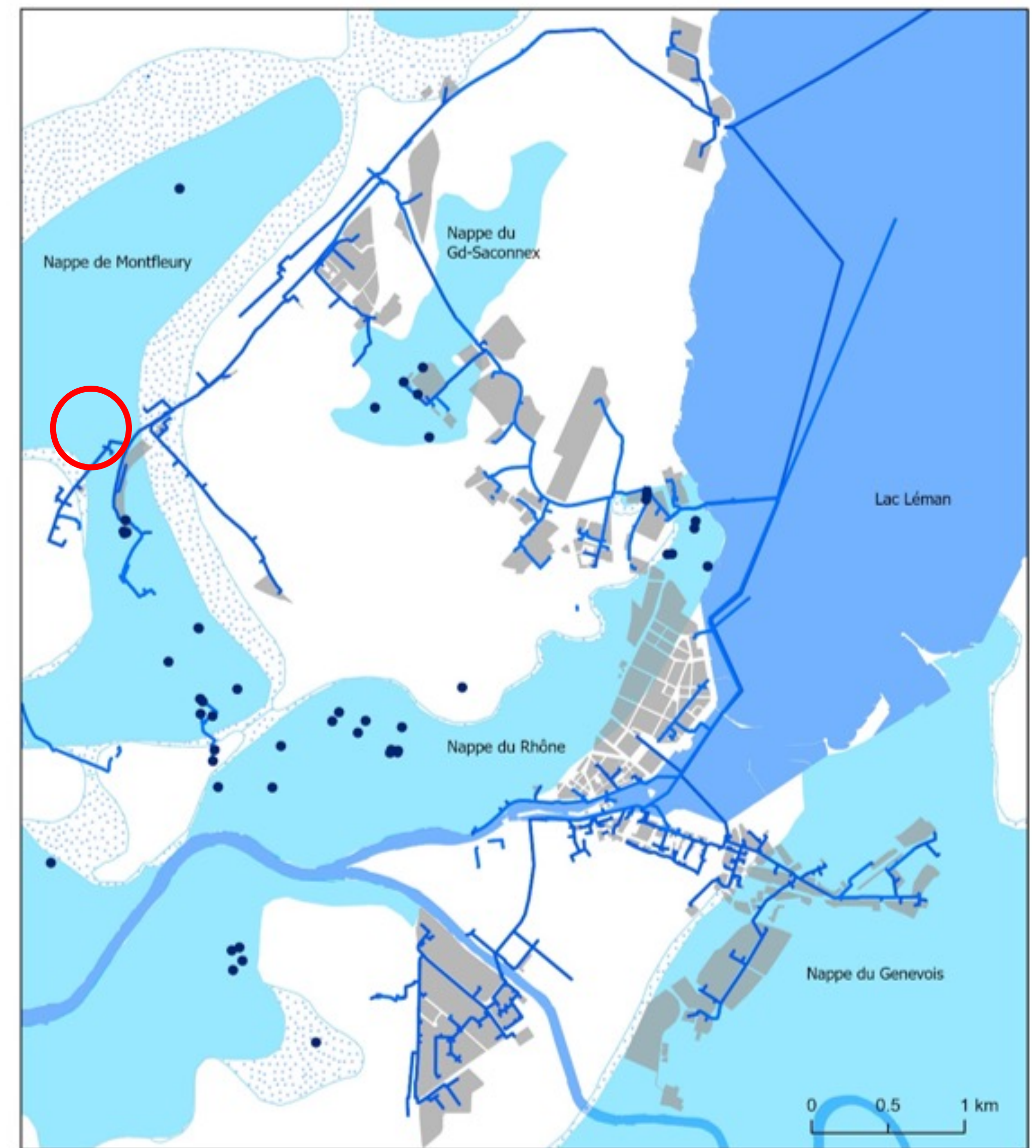
Besoins en
froid et en
chaud



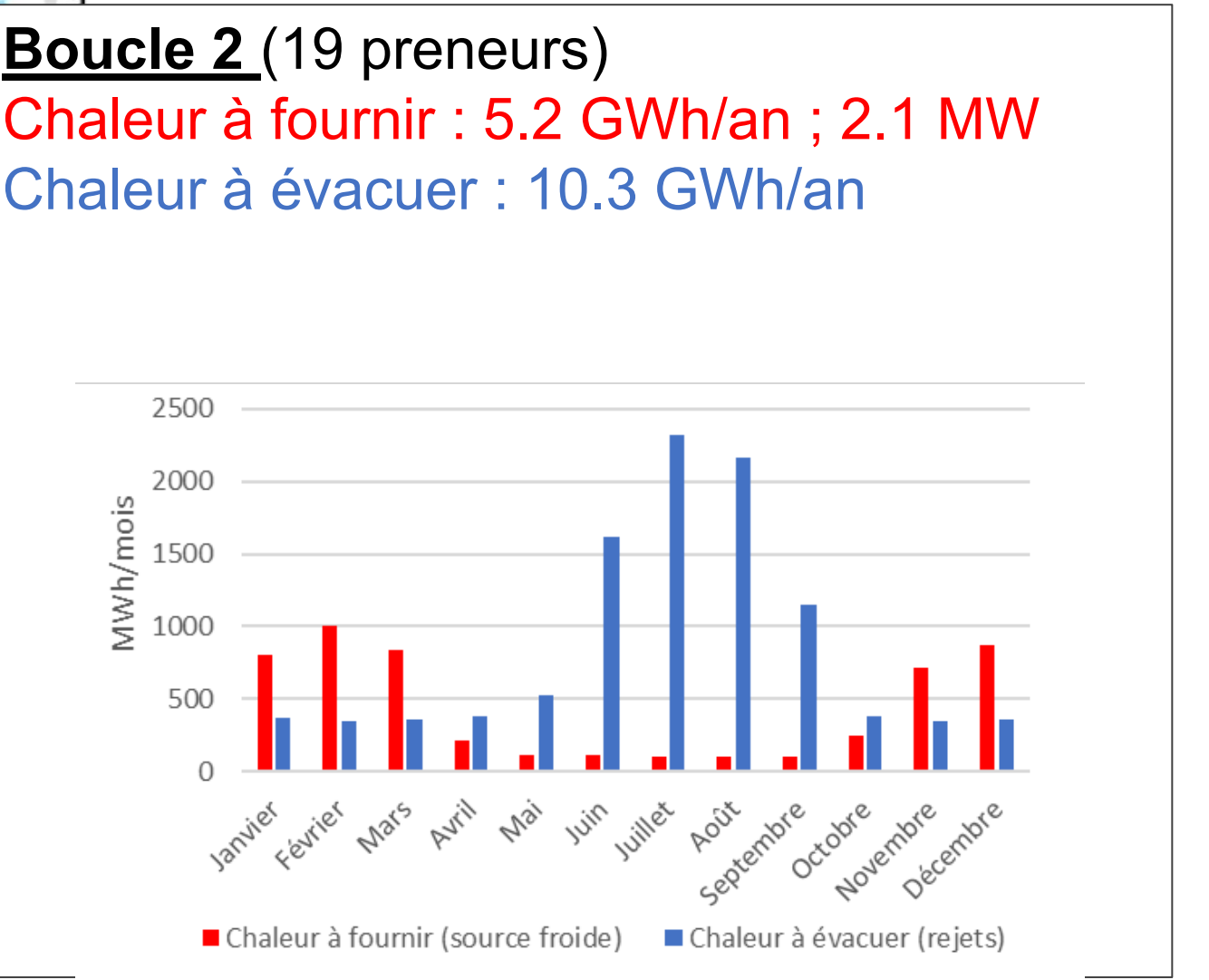
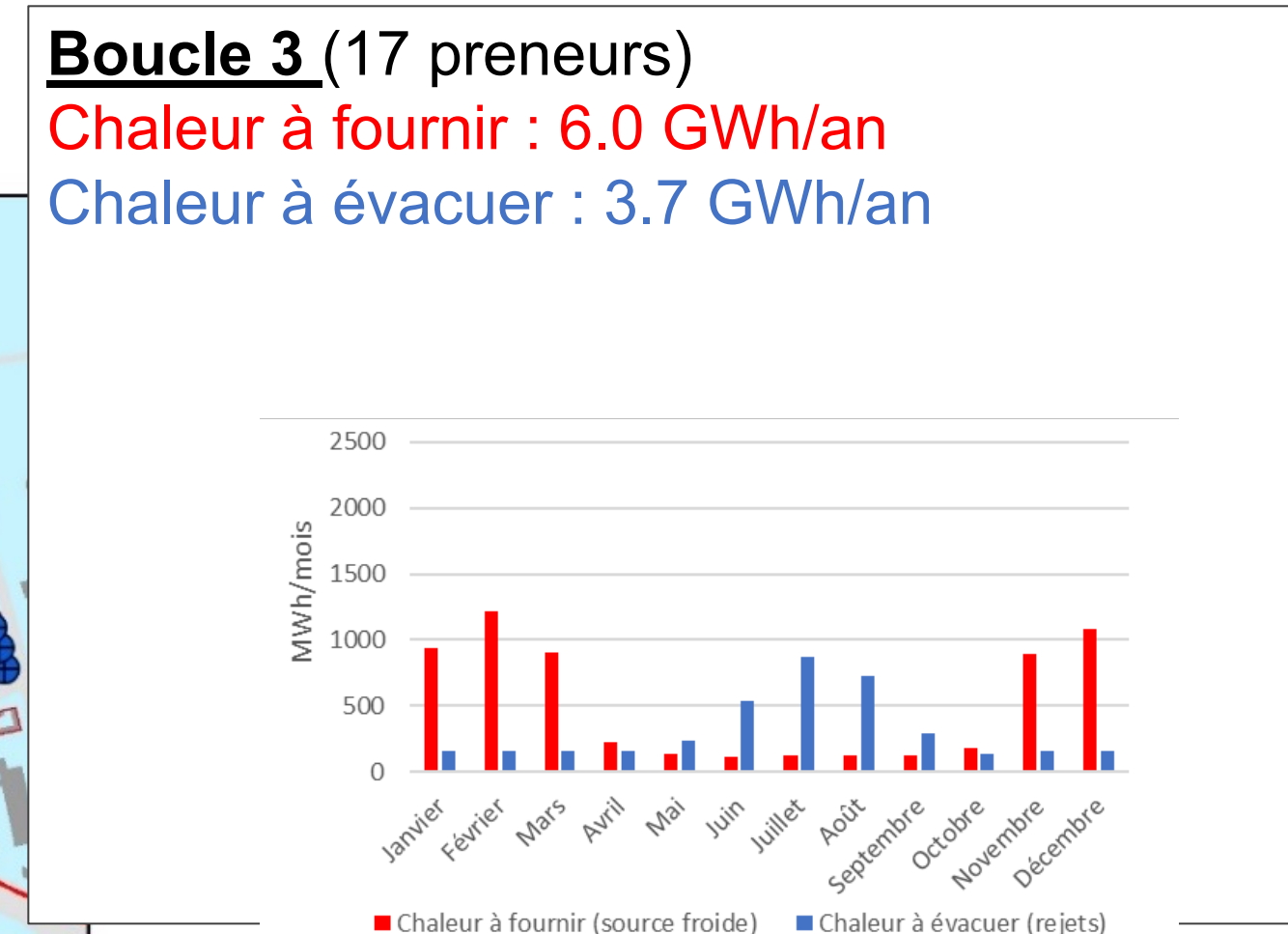
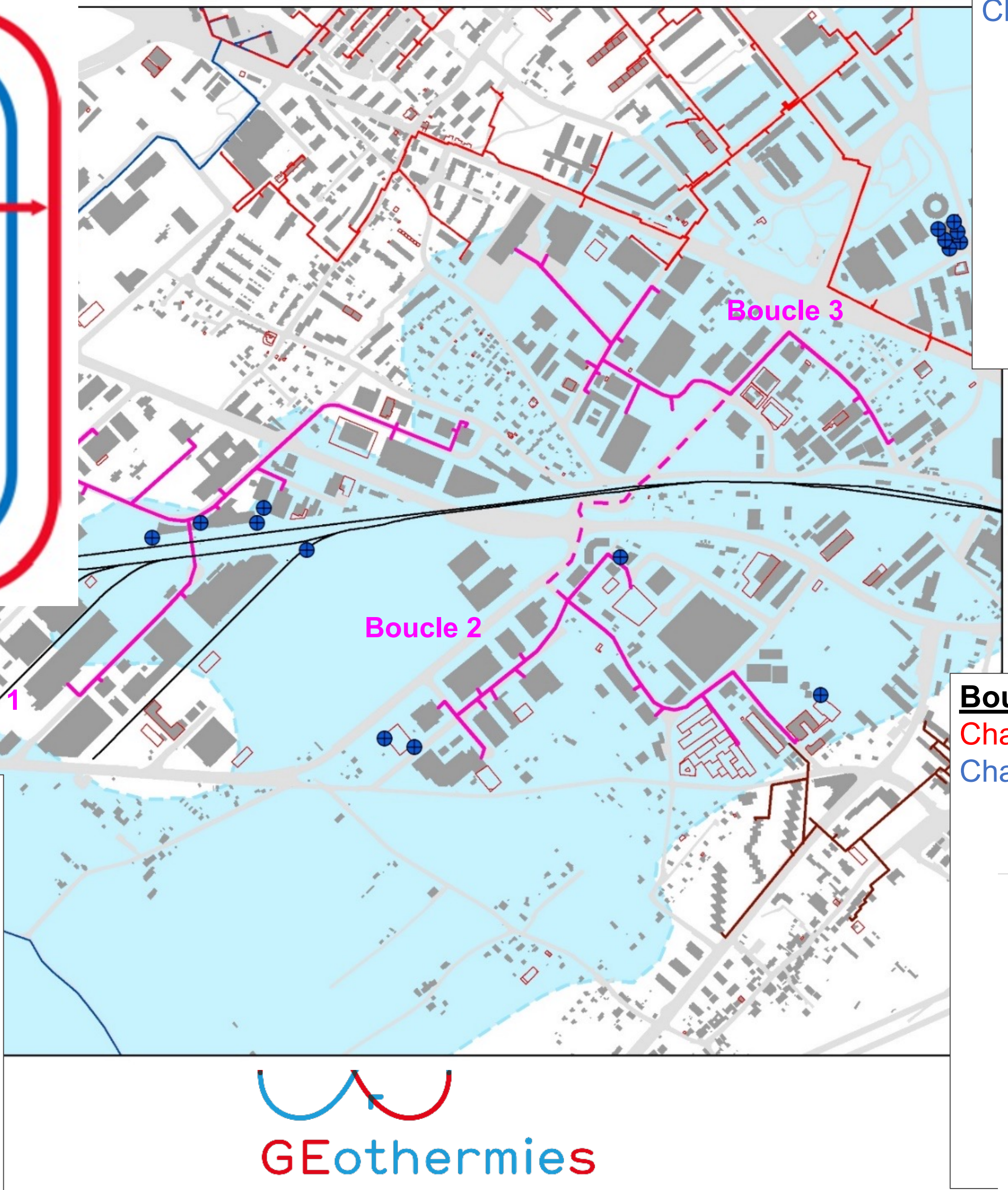
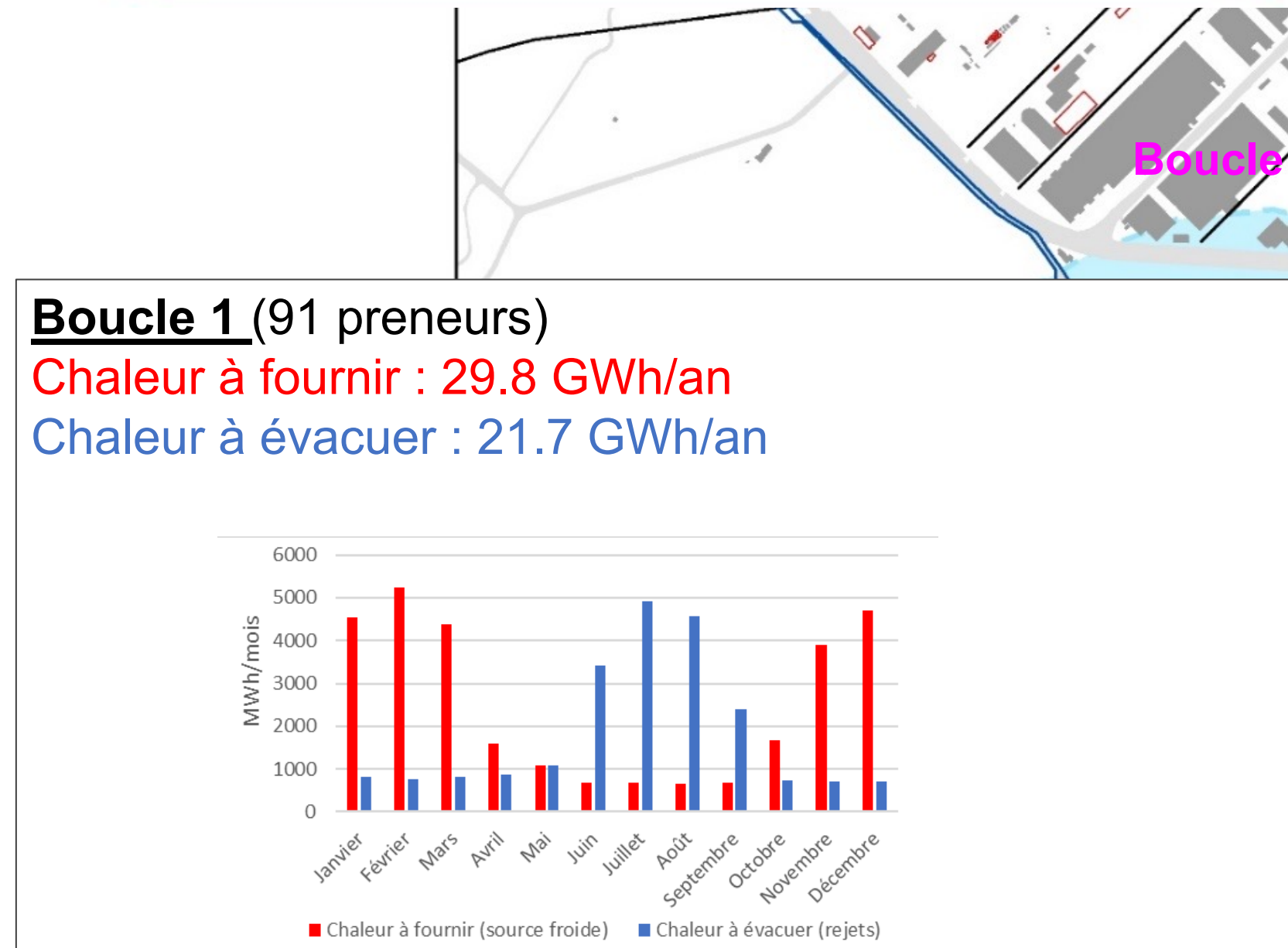
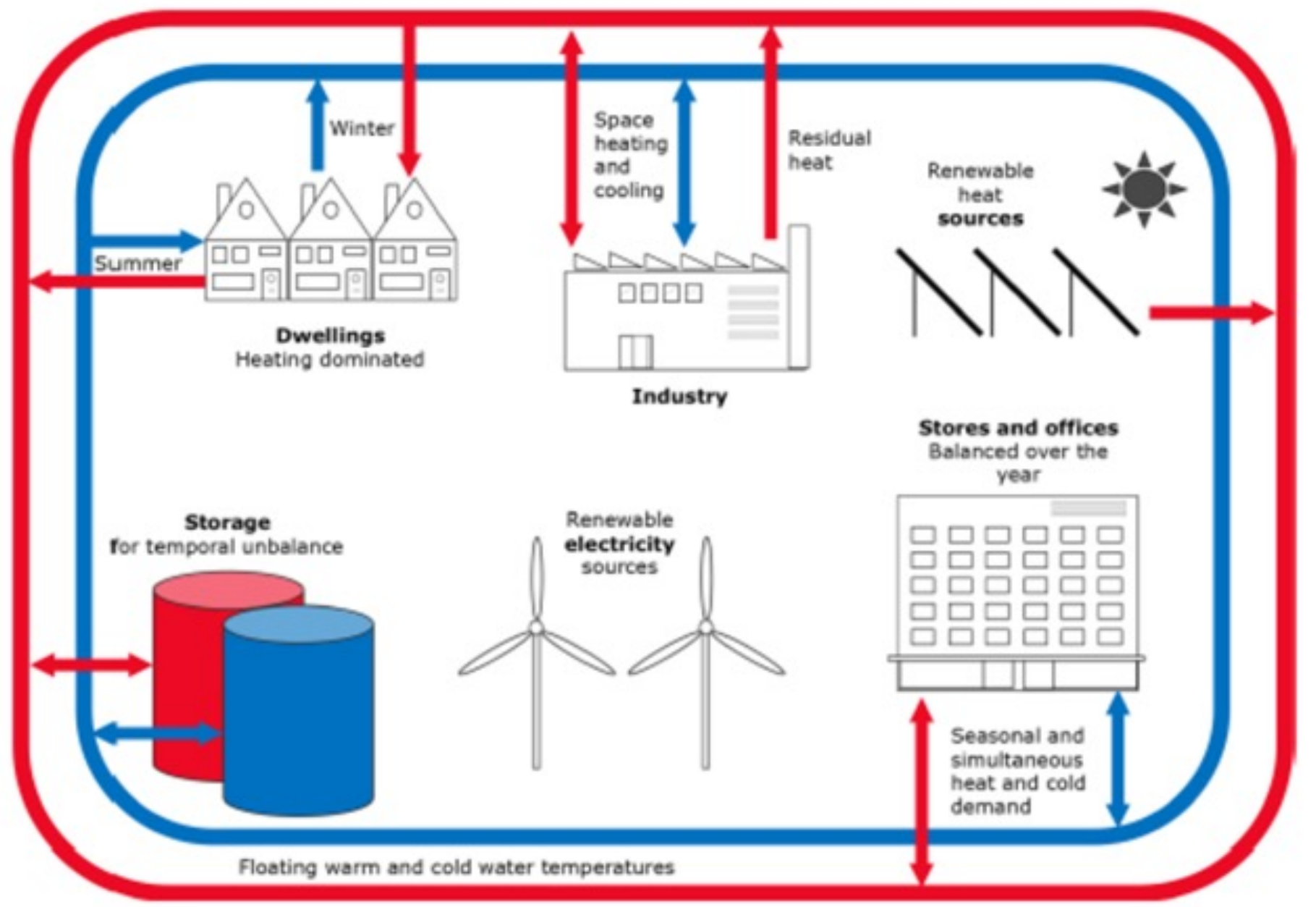
Utilisation des aquifères pour le
déphasage et le stockage



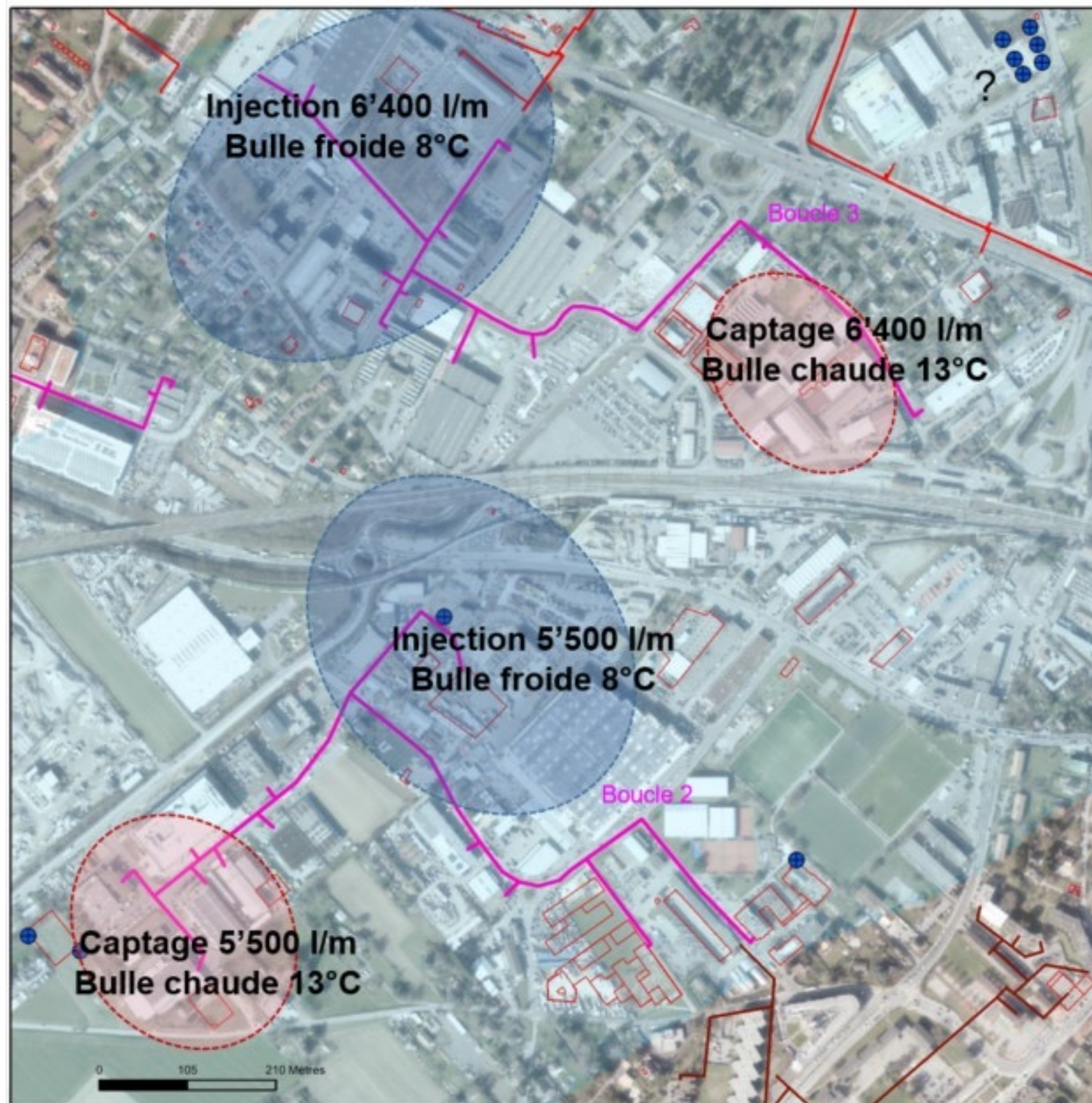
Géothermie
sur aquifères



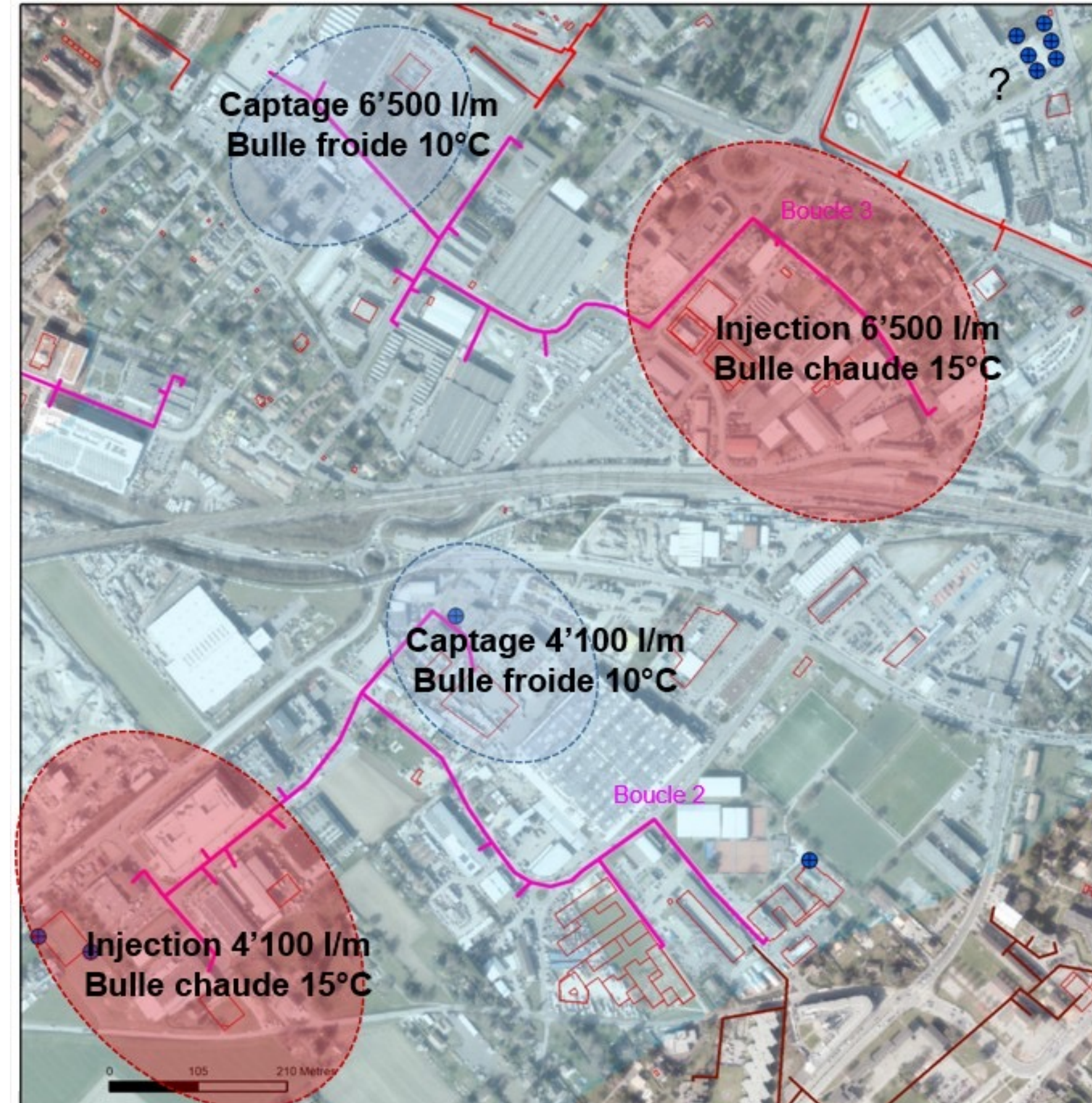
Exemple sur une zone industrielle



Hiver



Eté



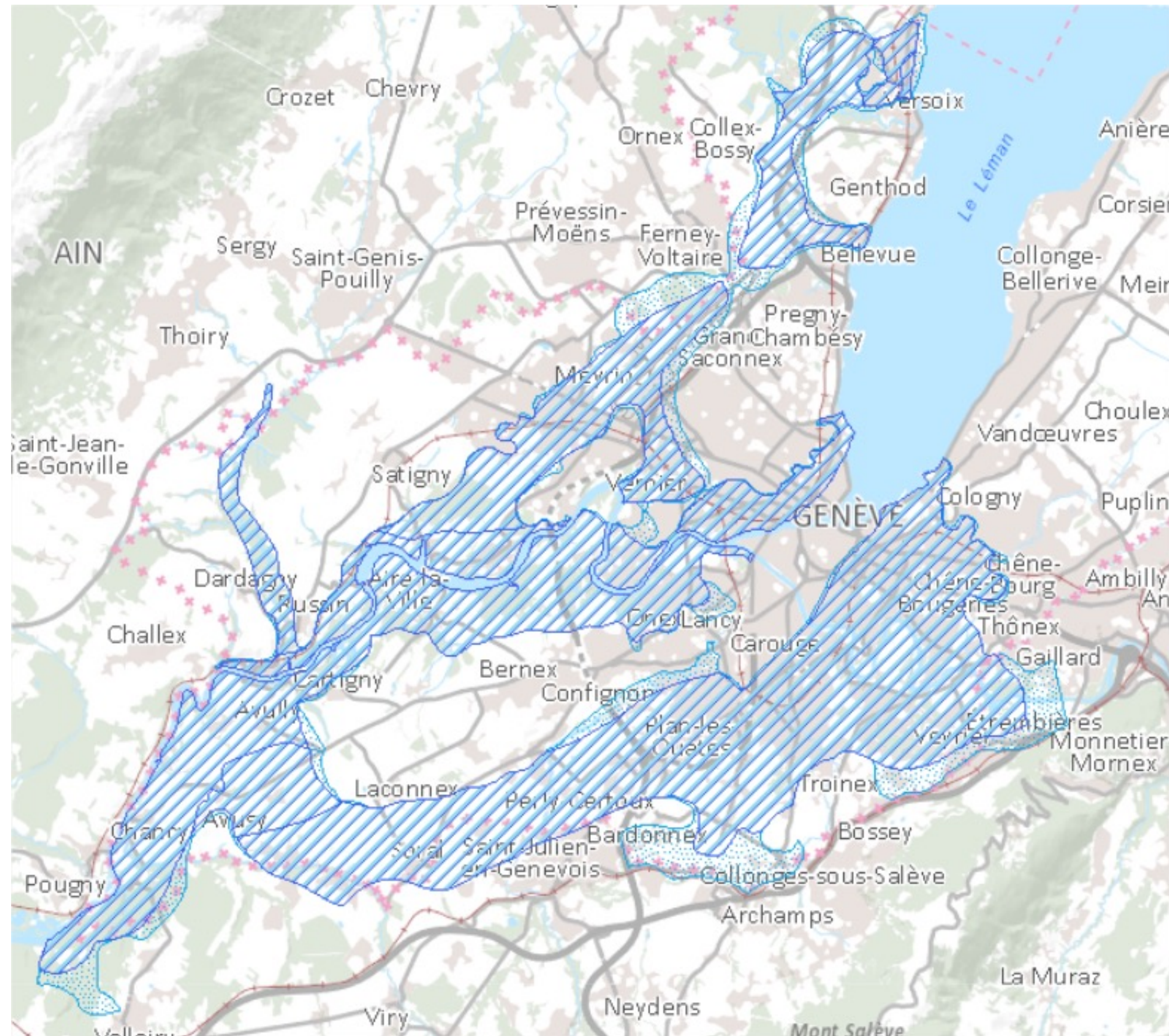
Débit d'environ 100 l/s pour récupérer le froid et la chaleur produits en excès à certaines périodes de l'année.

Meilleure efficacité économique.

Meilleure efficacité énergétique (avec économie d'électricité, même en hiver).

Différences de température respectueuses de l'environnement.

Grand potentiel à Genève, mais **besoin de recharge thermique** dans les zones à forte consommation de chaleur

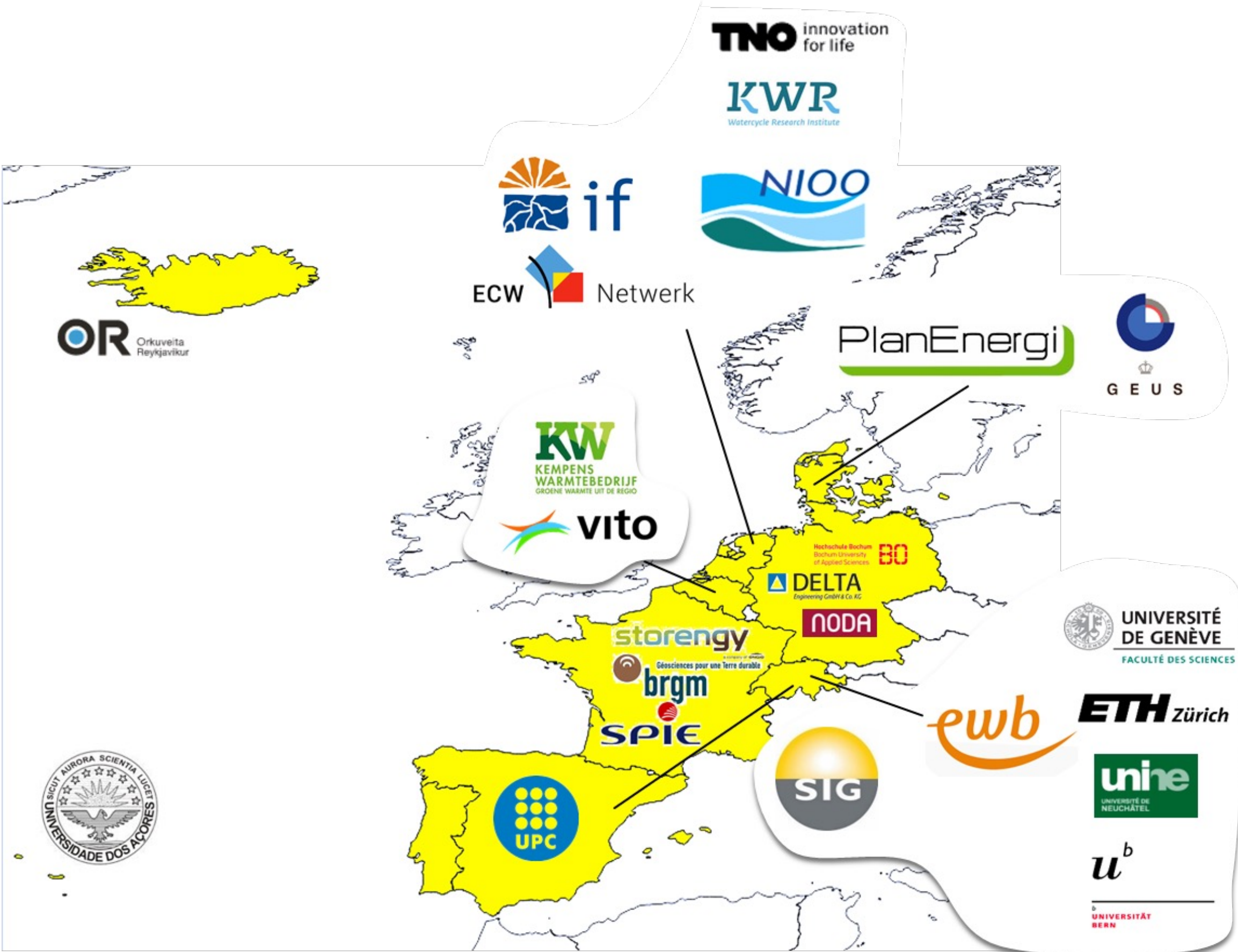


Démarrage de projets pilotes

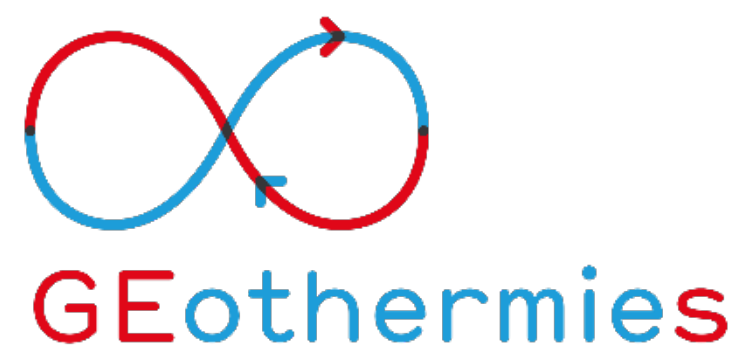
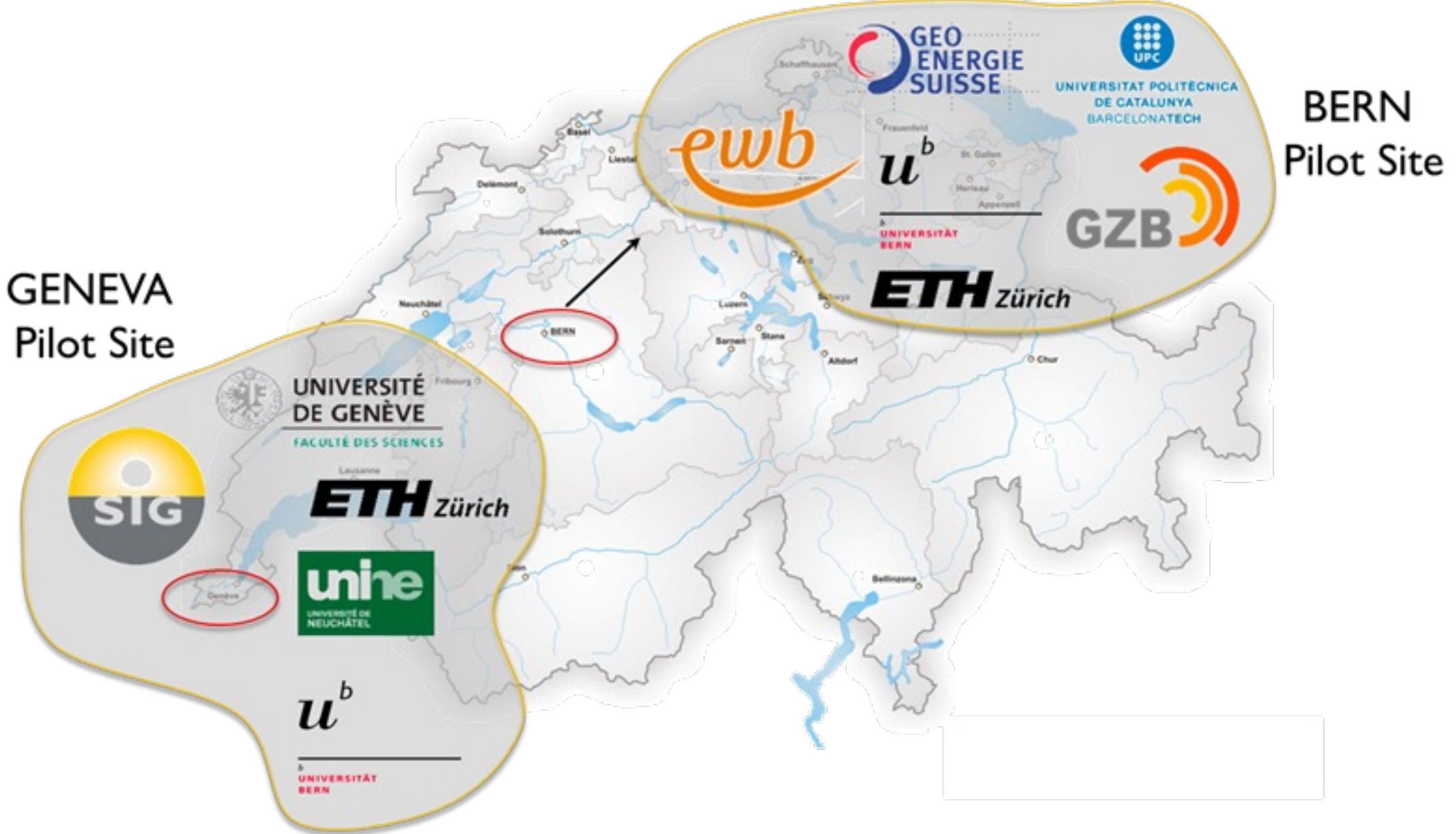
Une recharge par des panneaux solaires thermiques, des PVT ou des condensateurs à air permettrait non seulement de compenser les prélèvements, mais aussi d'augmenter la part d'énergie renouvelable.



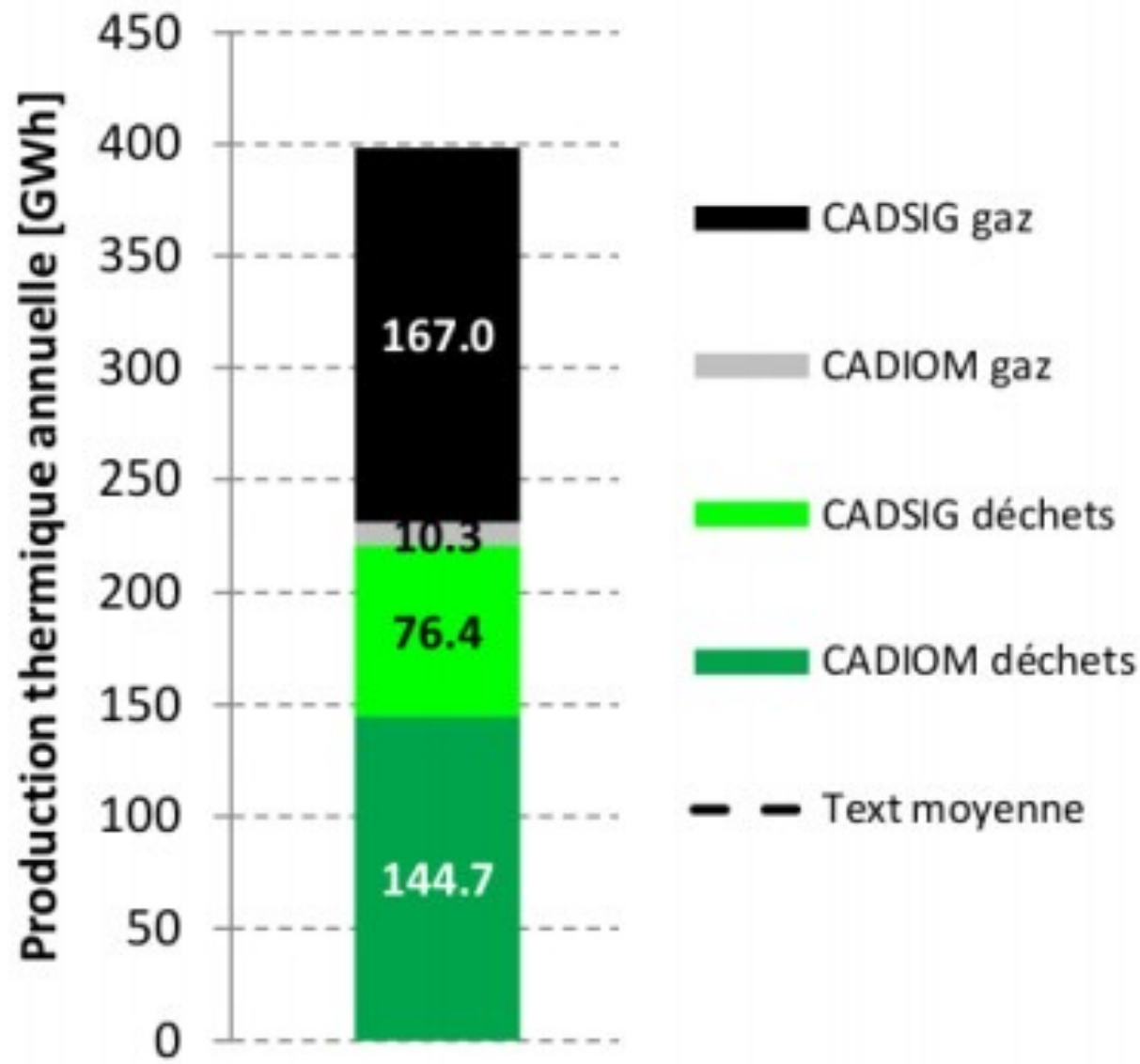
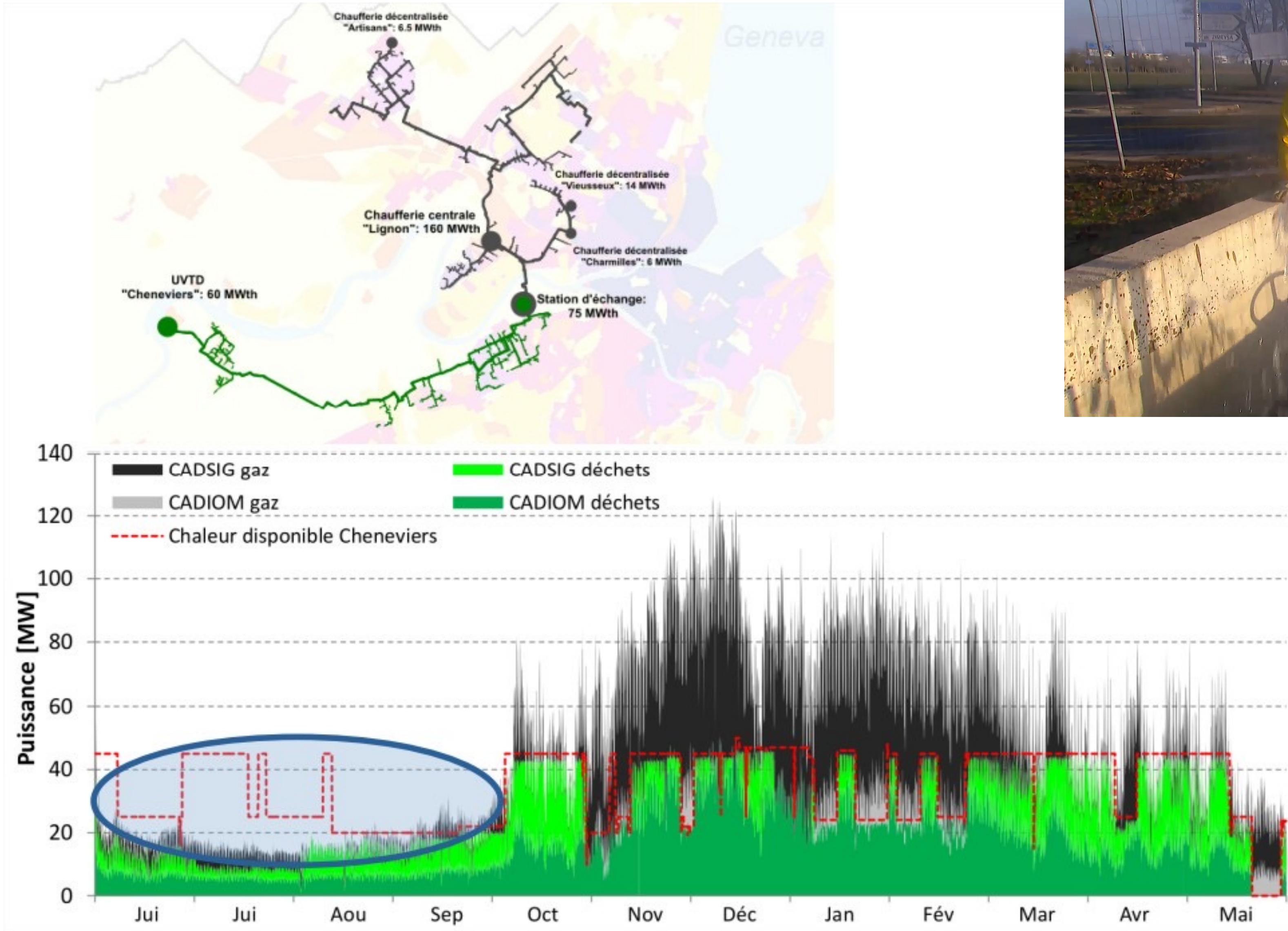
Stockage à «haute» température



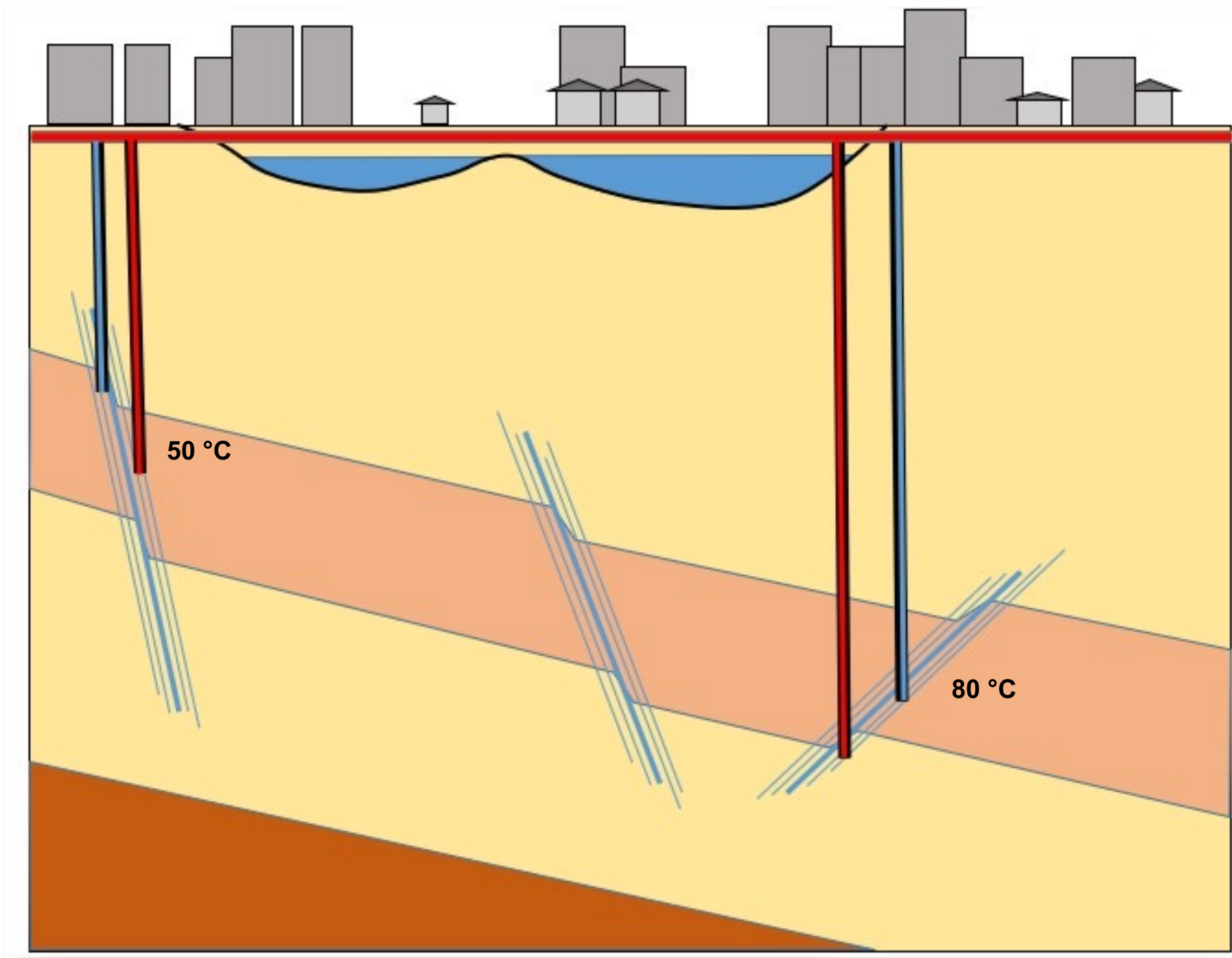
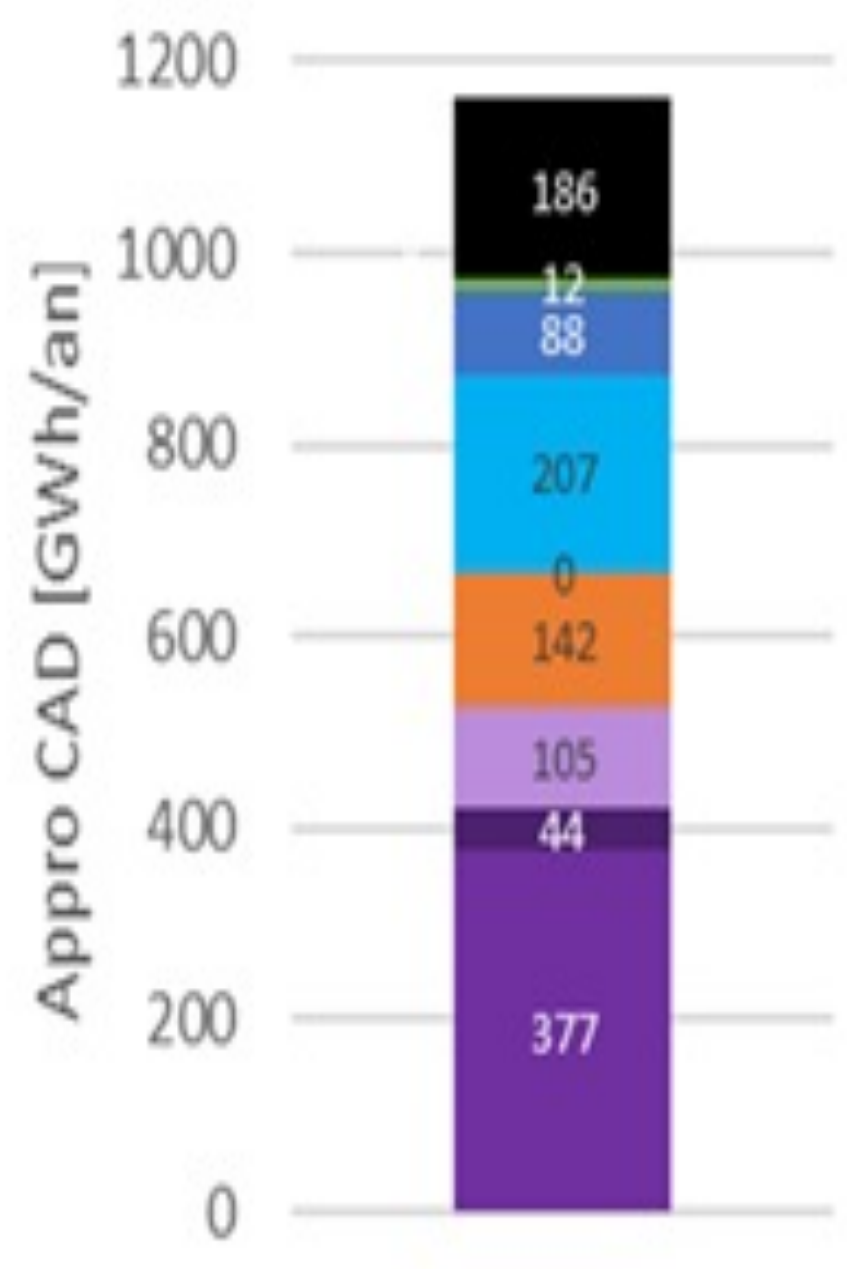
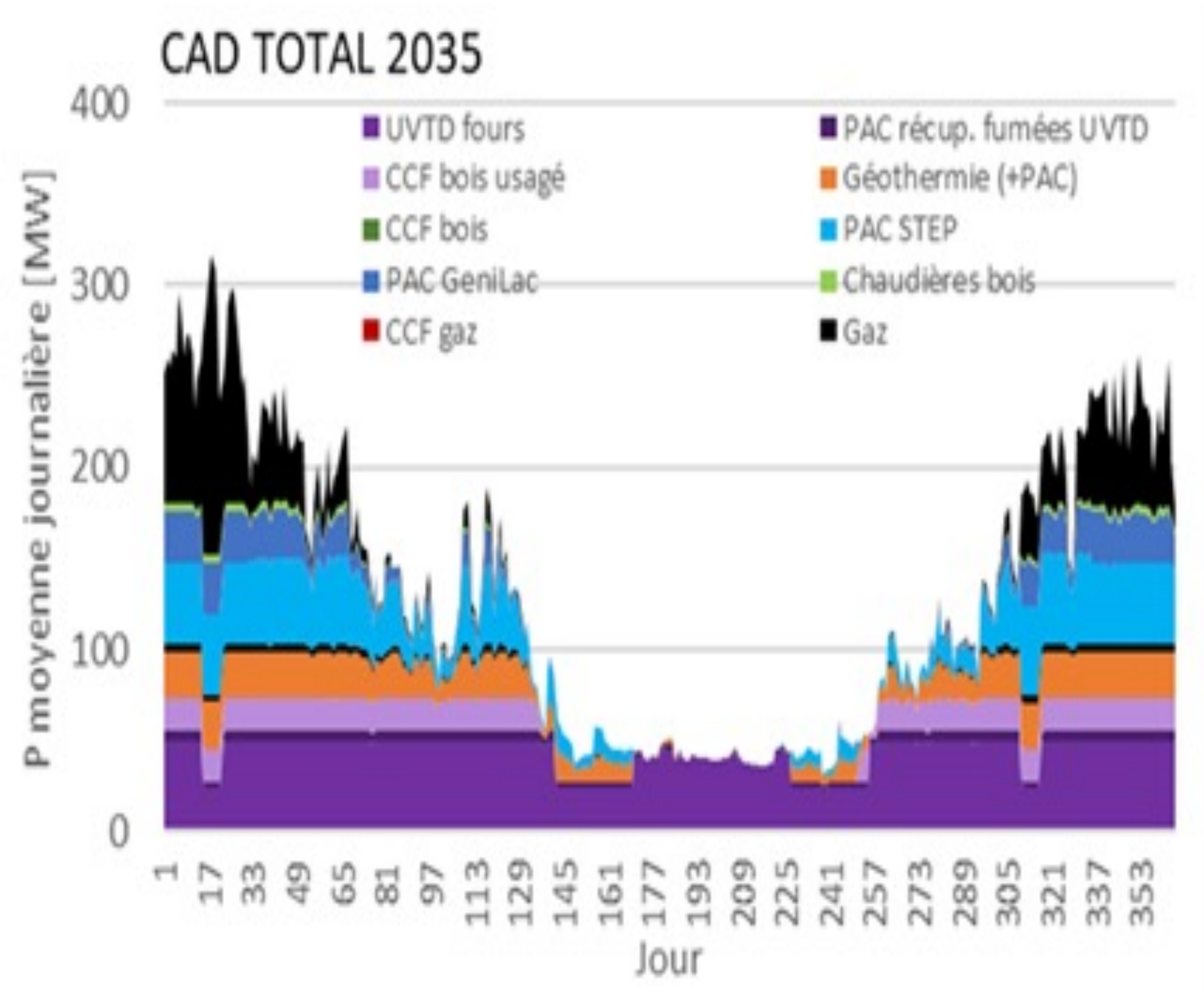
heatstore
High Temperature
Underground Thermal Energy
Storage



Stockage à «haute» température



Perspectives: stockage de d'excès de géothermie, sur de la géothermie?

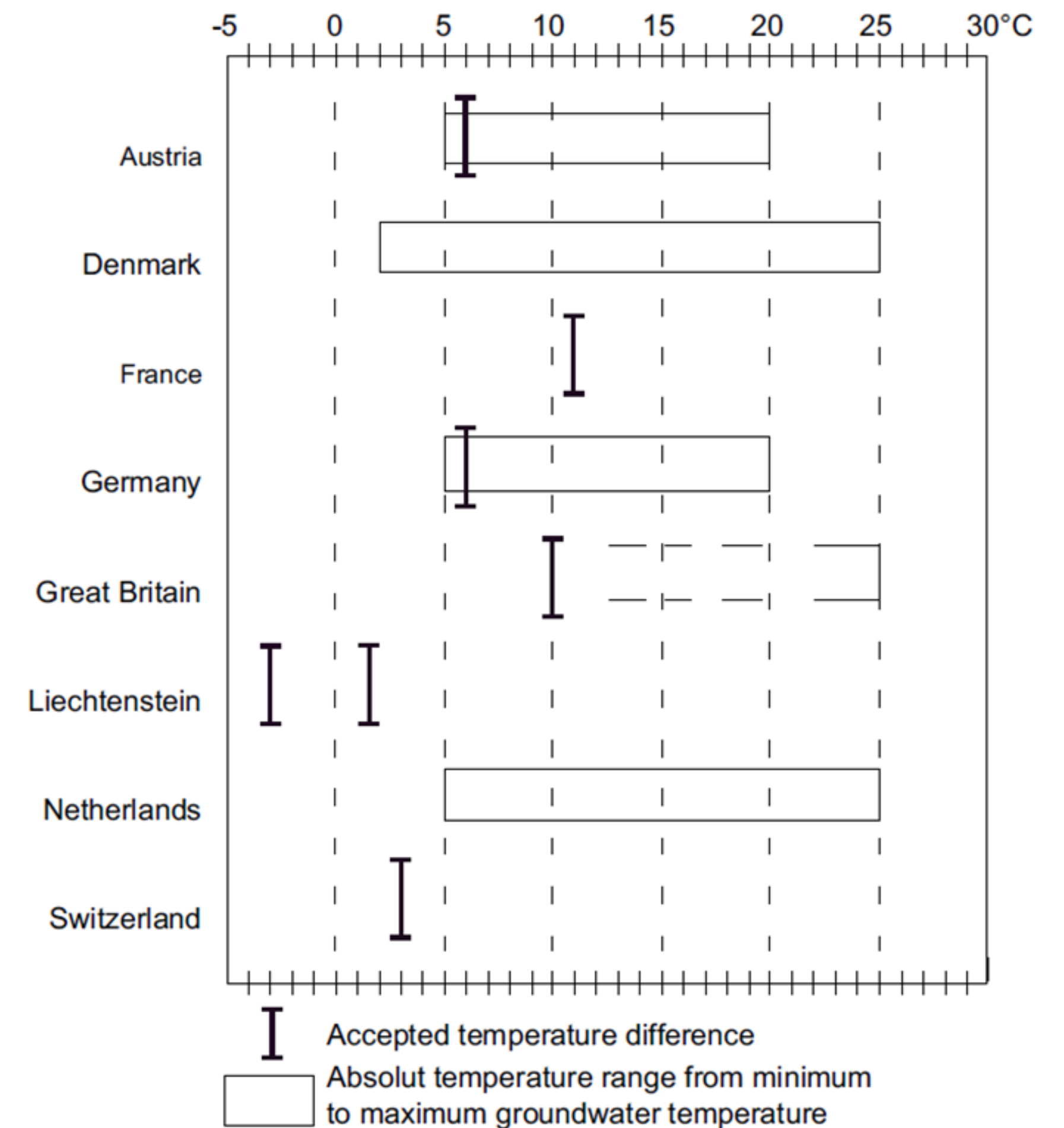


Nécessité de réviser la législation sur les eaux souterraines

Une approche différente selon les pays

En Suisse, limité à 3 degrés, même pour les eaux profondes.

Cela limite trop les possibilités de stockage, bien que l'innocuité environnementale puisse être garantie avec une plus grande flexibilité



Conclusions

- ❑ Le stockage géothermique saisonnier permet des gains d'efficacité importants et permet notamment de limiter la consommation d'électricité lors des pics de demande en hiver.
- ❑ La technologie est mature, mais des projets pilotes doivent être lancés et bien documentés pour lancer les filières de production en Suisse.
- ❑ Le cadre légal très restrictif pour les eaux souterraines doit être assoupli, non seulement pour continuer à bien protéger les eaux souterraines, mais aussi pour permettre des solutions de stockage thermique.
- ❑ Le stockage à haute température ($> 40\text{ °C}$?) offre des perspectives très intéressantes, non seulement pour le stockage des eaux usées comme celles des incinérateurs, mais aussi pour le stockage des surplus de production estivaux issus des énergies renouvelables non carbonées (solaire, géothermie).
- ❑ La connaissance du sous-sol suisse doit être améliorée et le programme national d'exploration décidé suite à la motion Jauslin doit intégrer les questions de stockage de la chaleur.

Les différentes solutions pour le stockage thermique

STES : Seasonal Thermal Energy Storage

Artificial

Physico-chemical

Built

PCM

Thermo-chemical

Tank
U-ground
or surface

Basin
water or
gravel +
water

UTES : Underground

ATES : Aquifer

BTES :
Borehole

Shal-
low

Deep

GSHP

Geo-
structu
res

PCM : Phase Change Material

GSHP : Ground Source Heat Pump

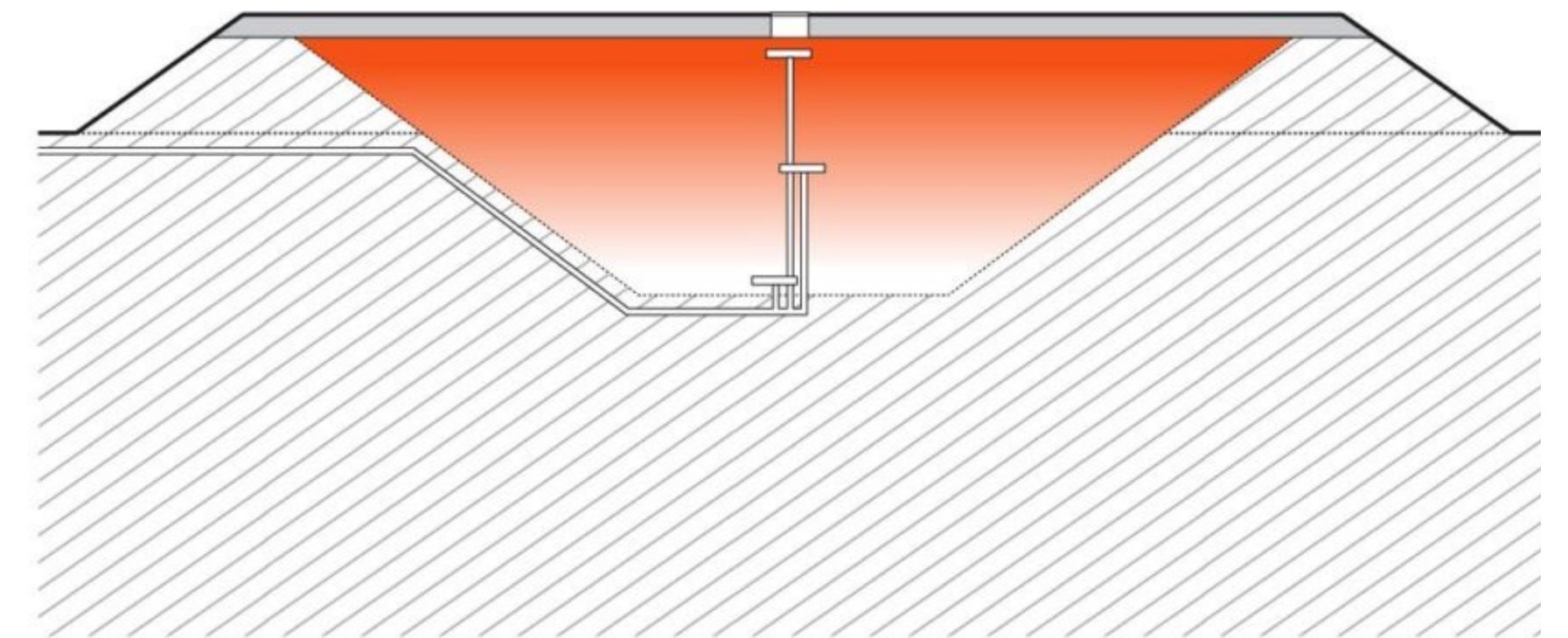
Source : P. Vinard – Pré-étude comparative de projets et réalisations de systèmes de stockage saisonnier, 2015

Accumulateur de chaleur de fosse

Exemple de Dronninglund, Danemark - Éprouvé depuis 2013



Pit thermal energy storage (PTES)

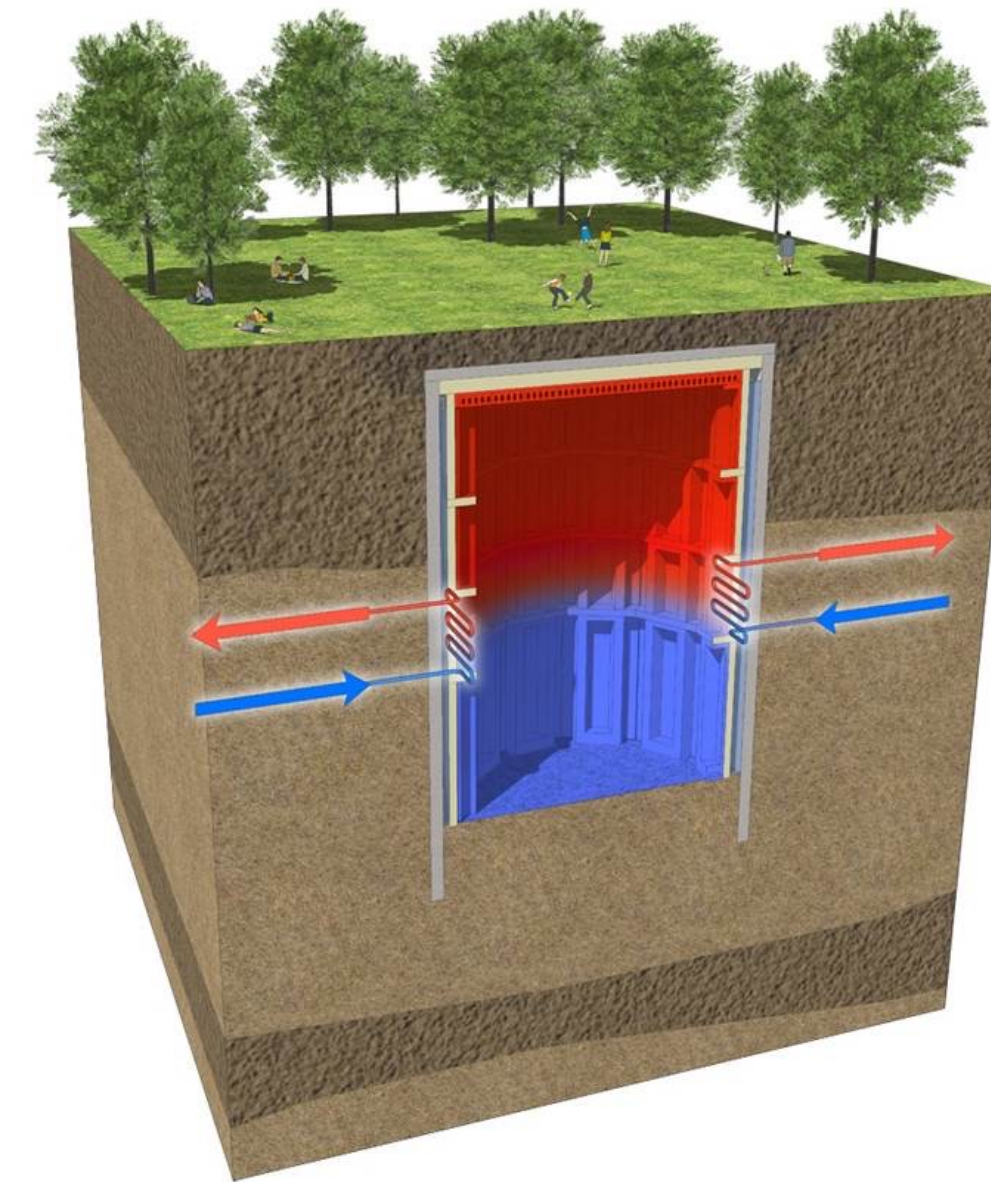
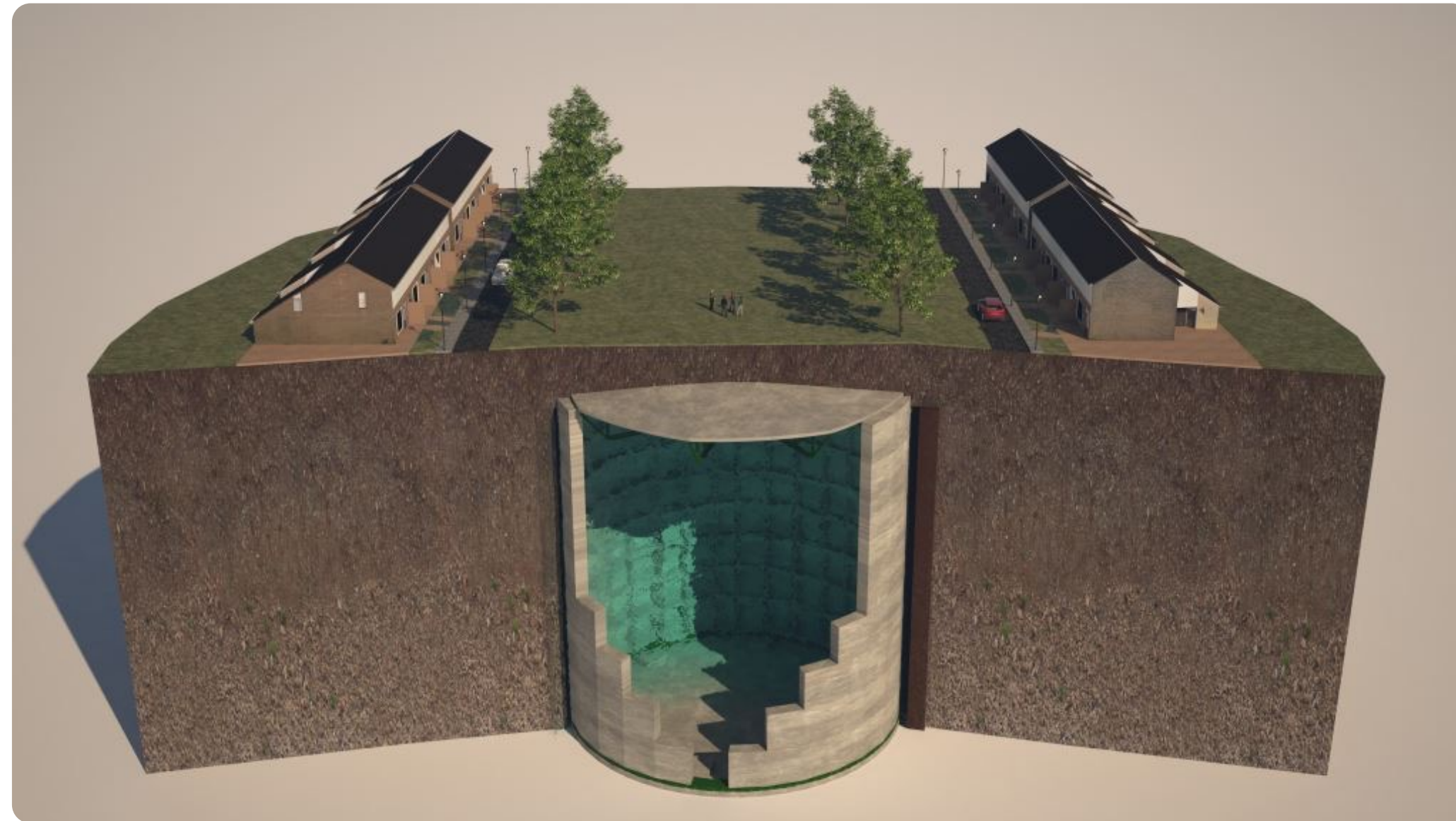


Accumulateur de chaleur de fosse, Dronninglund

Volume :	60'000 m ³
Speicherkapazität:	5'570 MWh _{th}
Capacité de stockage :	90 %
Coûts d'établissement :	2.3 Mio CHF (0.415 CHF/kWh)

Réservoir Accumulateur de chaleur

Le concept Ecovat - une opportunité pour les réseaux de chaleur locaux suisses



Réservoir de stockage de chaleur, Ecovat

Volume :	20'000 – 100'000 m ³
Capacité de stockage :	1'900 - 8'600 MWhth
Efficacité du stockage :	85-95 %
Coûts d'établissement :	5.9 – 14.5 Mio. CHF

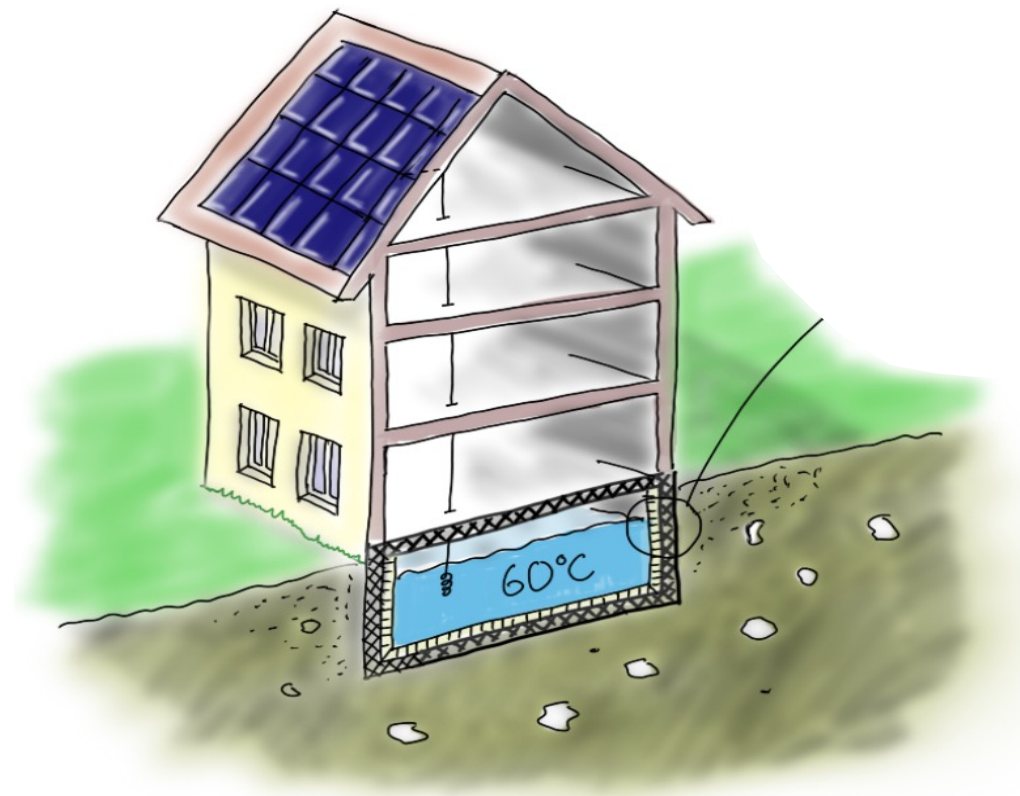
 **ecovat**[®]
energy storage system

WärmespeicherLe stockage de la chaleur dans la recherche her in der Forschung

Plus petit et moins cher !

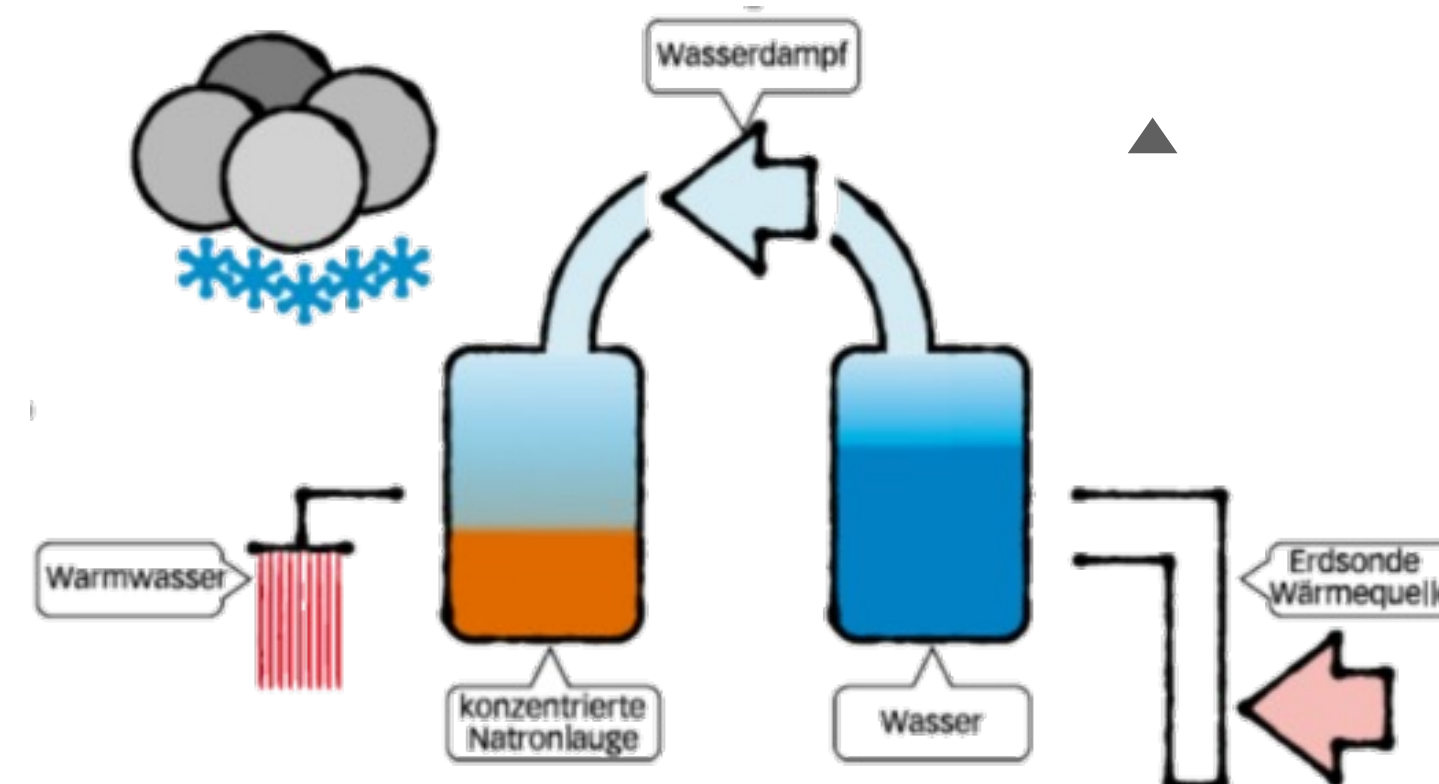
Isolation de l'accumulateur pour les pièces existantes

(HSLU, Swisspor, Innosuisse GEAS Projekte)



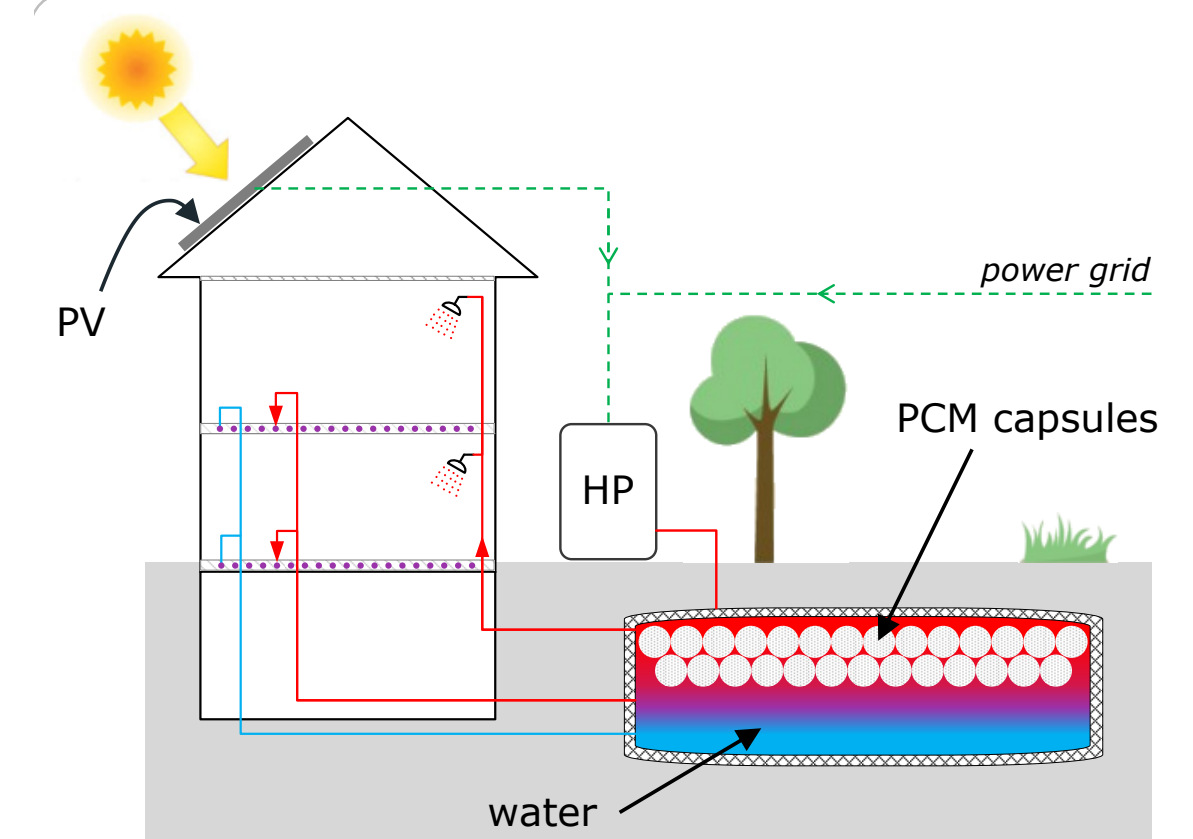
Stockage thermochimique

(EMPA, OST, ZHAW & HSLU, BFE P+D)

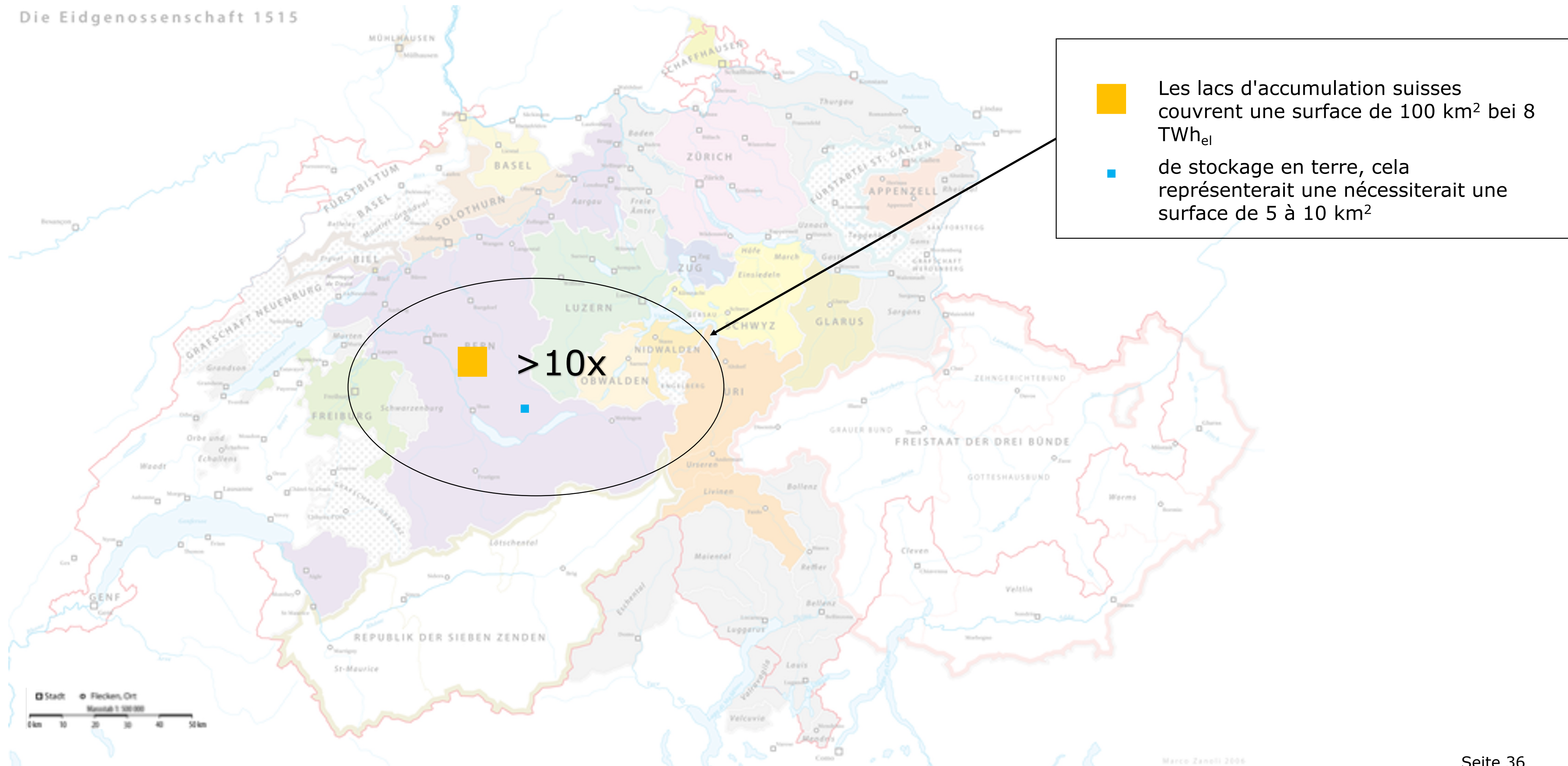


Stockage saisonnier avec matériaux latents

(HSLU, BFE Projekt Hytes)

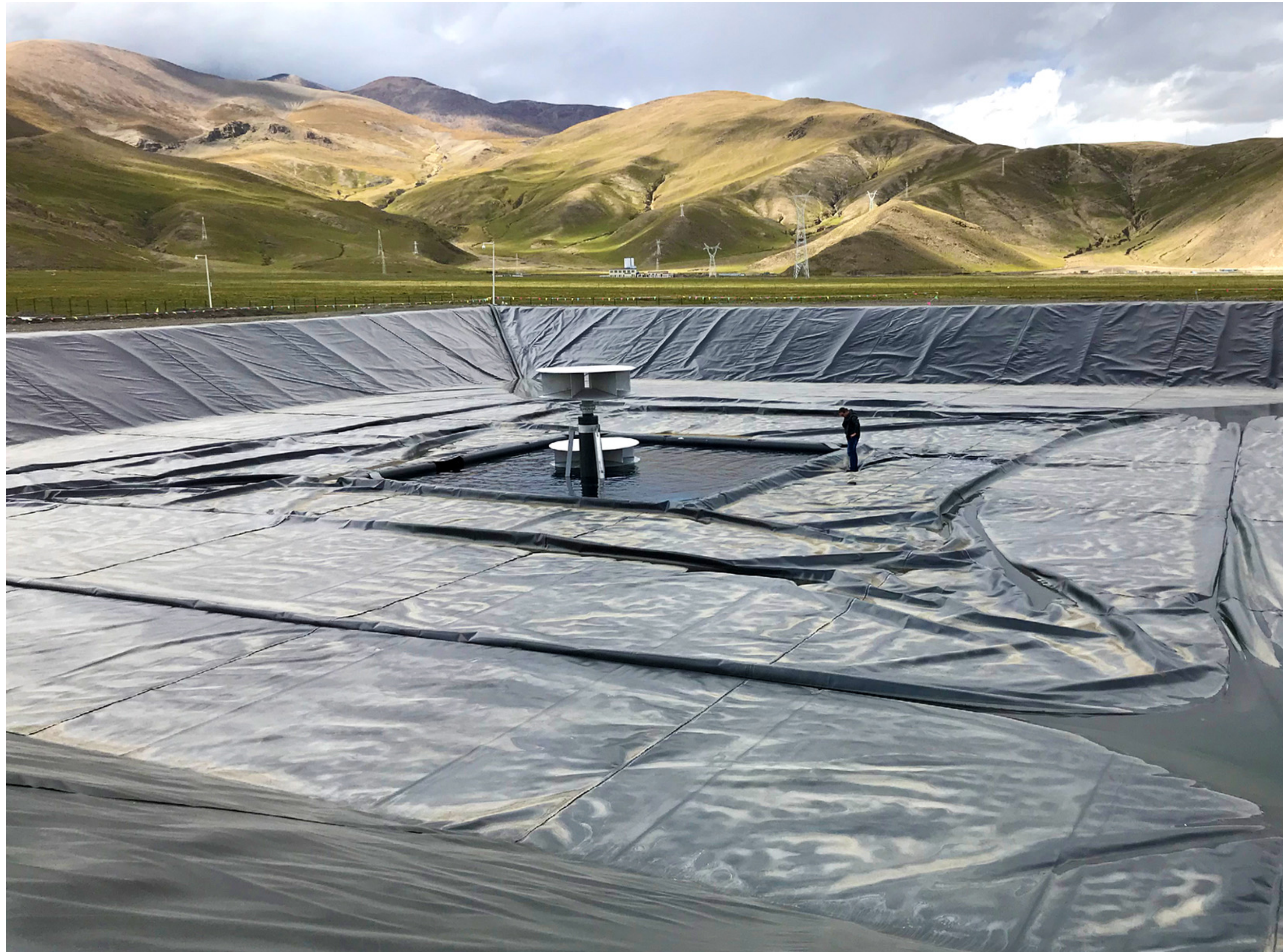


Les réservoirs souterrains nécessiteraient une surface totale de 5 à 10 km².



Take Home Messages

Stockage saisonnier de chaleur en Suisse



Réduction des besoins en électricité en hiver

40 %

Économies annuelles

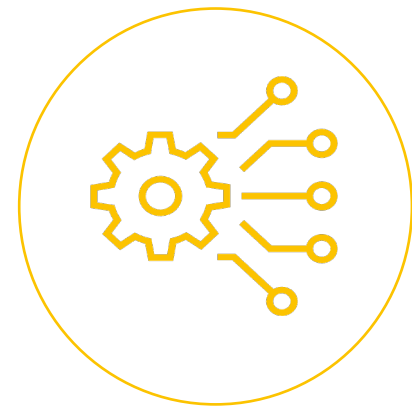
300-400 Mio. CHF

Solutions techniques

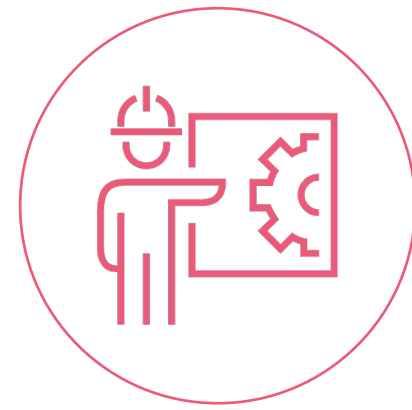
disponible

Pas nécessaires

La Suisse, un pays de stockage d'énergie



Intégration du stockage thermique saisonnier nécessaire dans les perspectives énergétiques



Réalisation et promotion de **projets concrets** de stockage thermique saisonnier en Suisse



Adaptation de la législation sur le **réchauffement des eaux souterraines**



Planification coordonnée de l'espace et de l'énergie pour une prise en compte optimale des infrastructures de stockage saisonnier de la chaleur



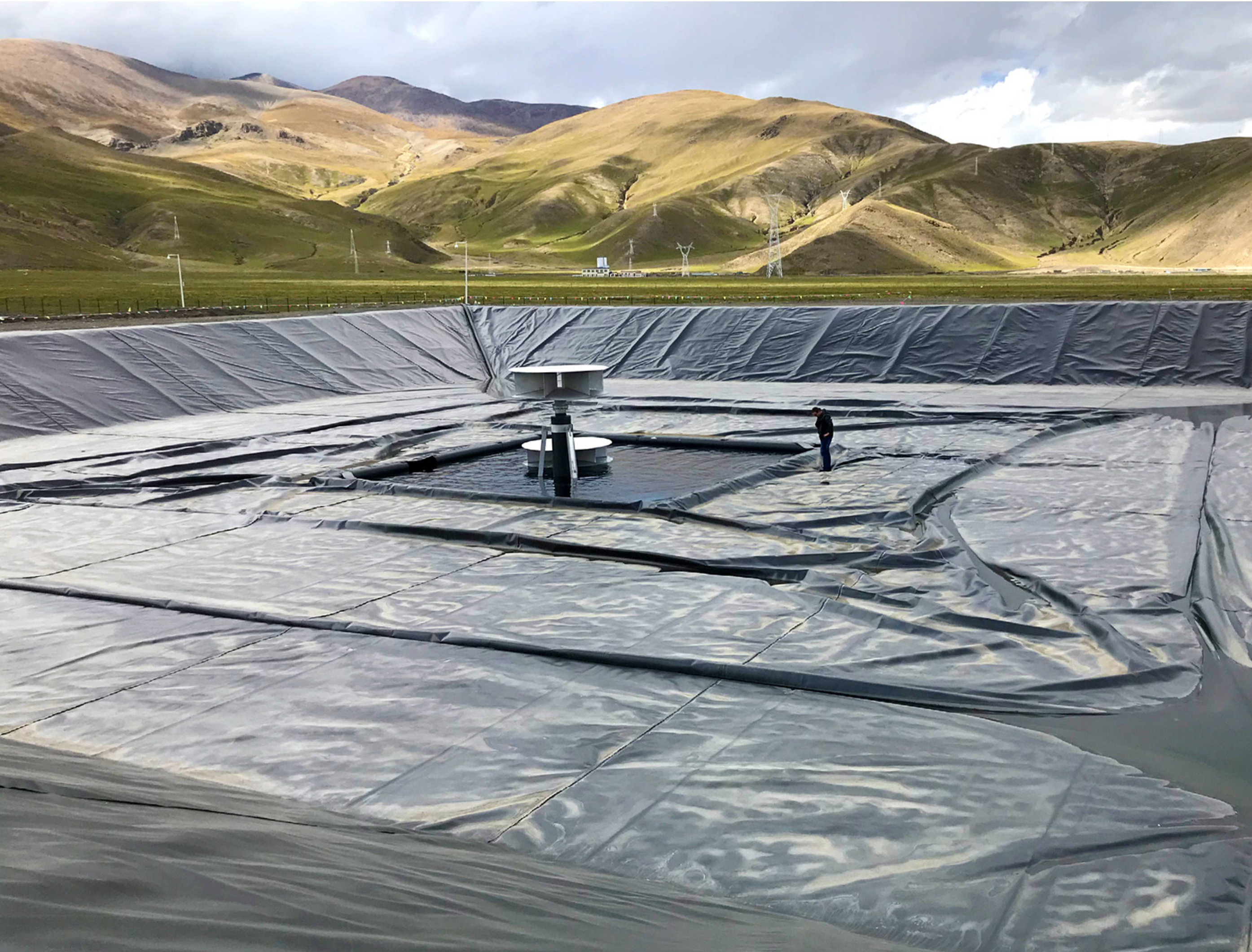
Développement **d'instruments appropriés pour la promotion et la rémunération** du stockage saisonnier de la chaleur



Les connaissances sur le sous-sol suisse doivent être améliorées

Take Home Messages

Stockage saisonnier de chaleur en Suisse



Réduction des besoins en électricité en hiver

40 %

Économies annuelles

300-400 Mio. CHF

Solutions techniques

disponible

Merci pour votre attention!



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

