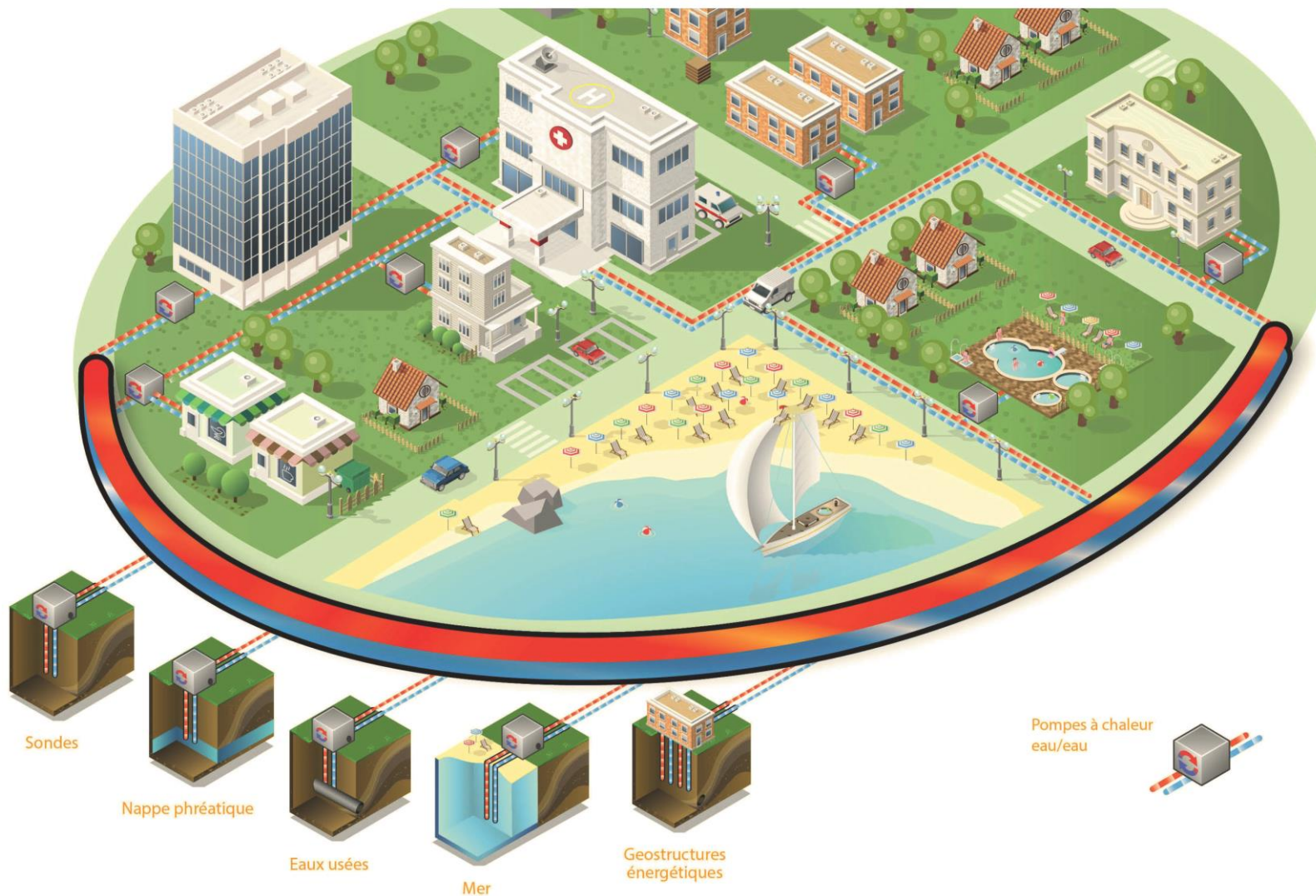


« La géothermie sur nappe vu par le bureau d'étude »



www.greisch.com

Journée de l'énergie pour l'industrie
11/10/2023



Mathieu Leroy
Ingénieur de projet

Bureau GREISCH



Pôle BÂTIMENT

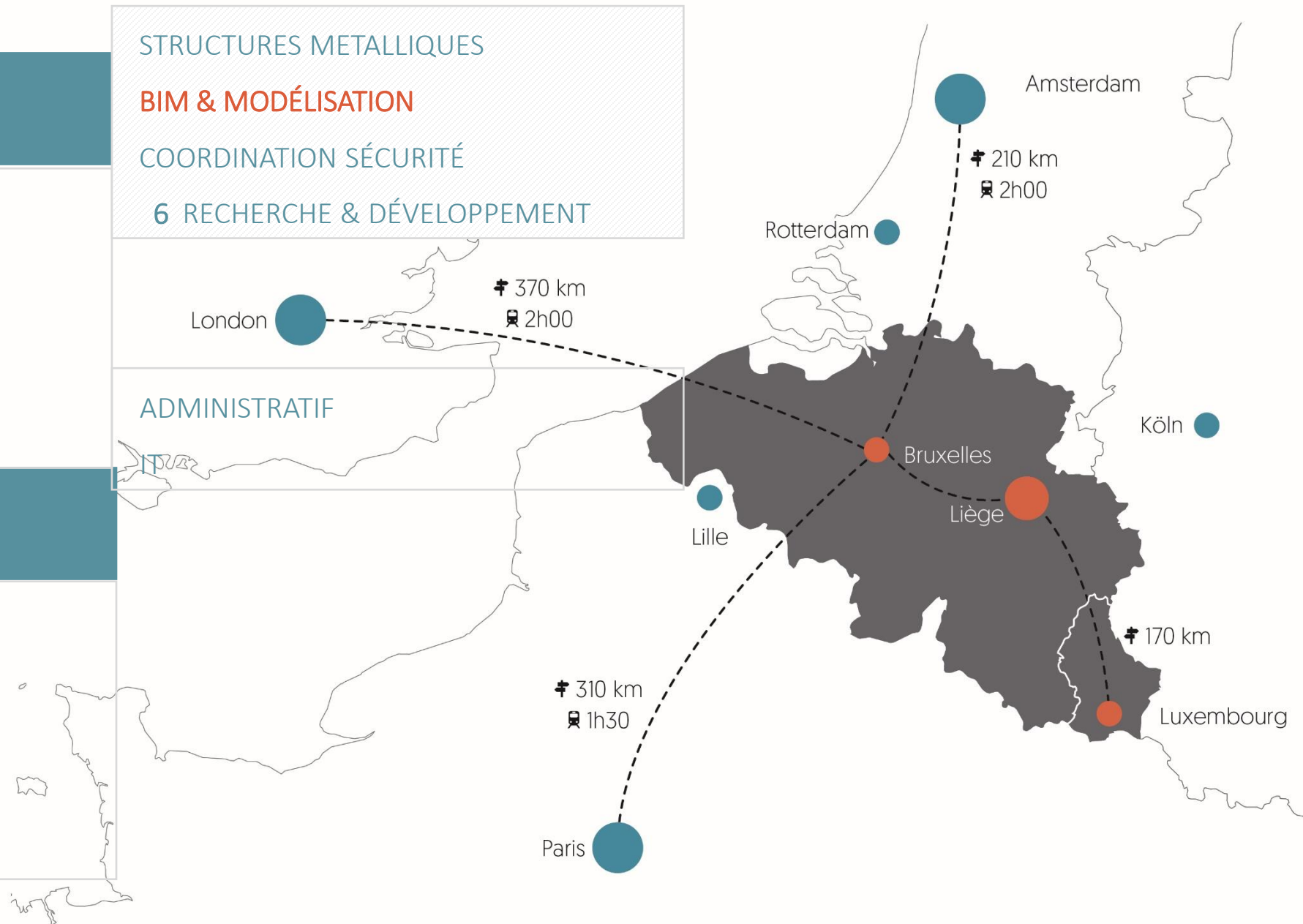
- BÂTIMENTS – STABILITÉ
- ARCHITECTURE
- RÉNOVATION
- TECHNIQUES SPÉCIALES
- ENERGIE

Pôle INFRASTRUCTURES

- GÉNIE CIVIL
- OUVRAGES D'ART

STRUCTURES METALLIQUES
BIM & MODÉLISATION
COORDINATION SÉCURITÉ
6 RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

ADMINISTRATIF



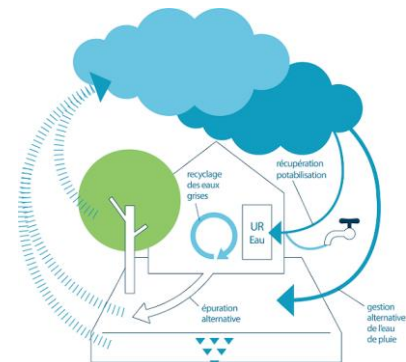
HVAC



FLUIDES



SANITAIRES



INCENDIE



COURANTS FORTS



COURANT ONDULÉ



ÉCLAIRAGE INDUSTRIEL ET TERTIAIRE



TABLEAU ÉLECTRIQUE BT

COURANTS FAIBLES



DÉTECTION INCENDIE



ALARME DÉTECTION INTRUSION



RÉSEAU VDI



ECLAIRAGE DE SÉCURITÉ



VIDEO SURVEILLANCE IP / ANA



CONTRÔLE D'ACCÈS INTERPHONIE



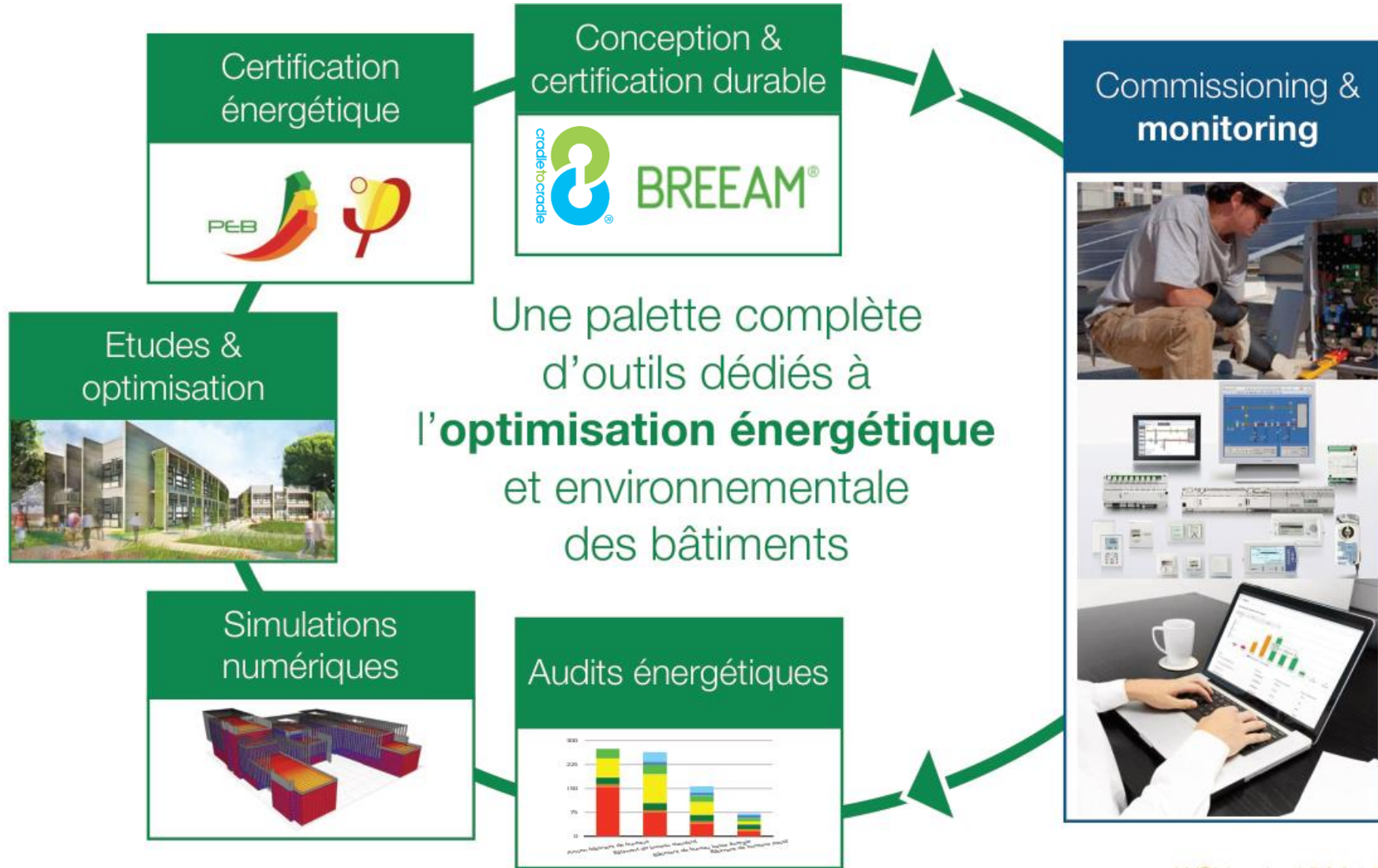
TÉLÉVISION IP / NUM

MULTIMEDIA



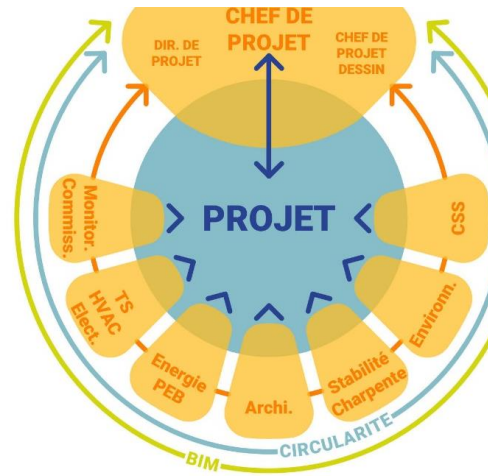
LEVAGE





Bureau GREISCH

Gestion intégrée de l'eau et circularité



Introduction : Principe de résilience

« La résilience est la capacité de l'environnement bâti et de la société à résister et à se remettre d'événements extrêmes. »

Histoire de « R »

Risques physiques

Ex : vague de chaleur, inondation, sécheresse

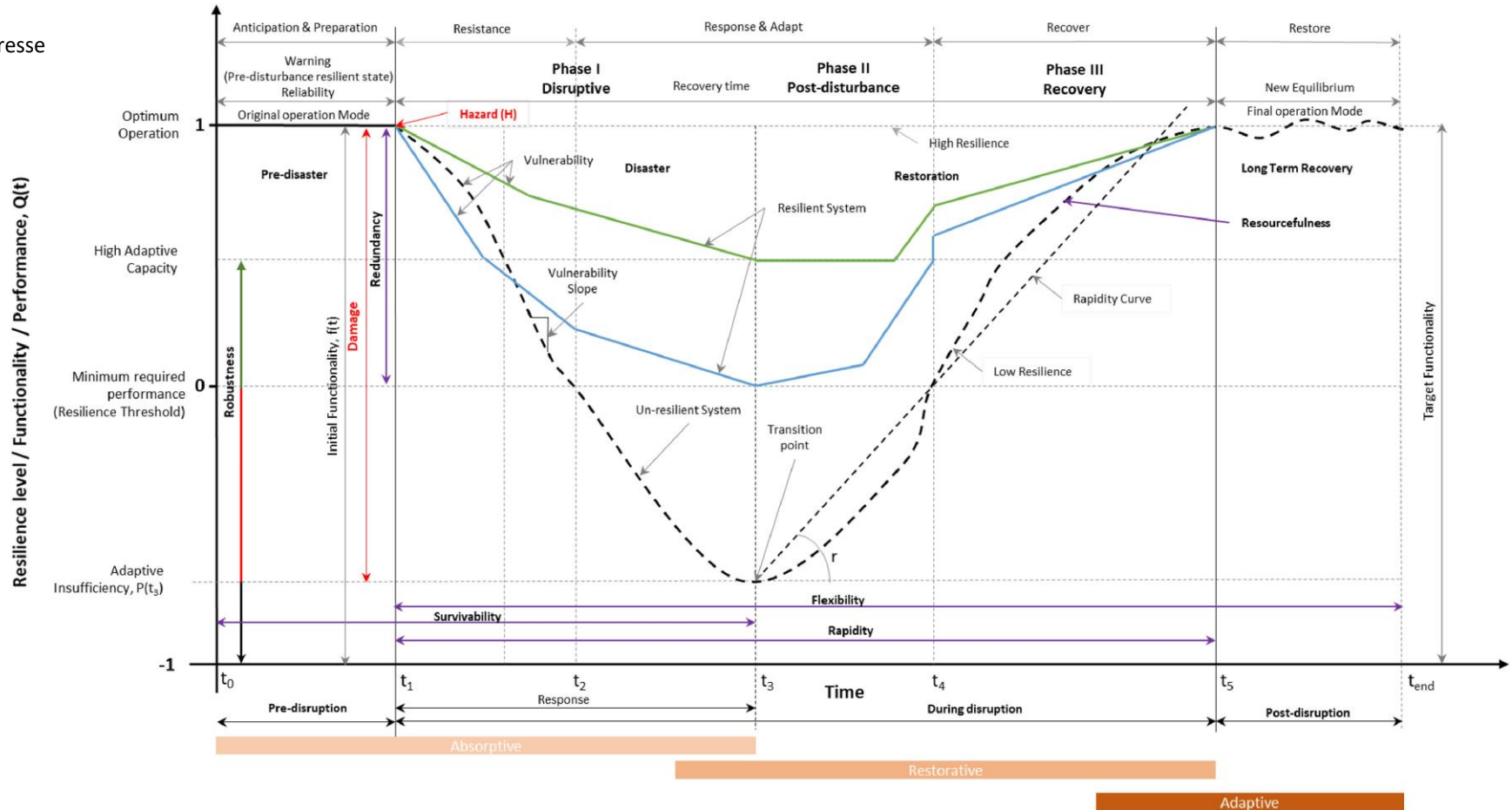
Risques de transition

Ex : coût de l'énergie, conformité, autorisation,...

Risques sociaux

Ex : perturbations sociales, santé publique, ...

- Resistance & Fiabilité
- Redondance
- Réponse et capacité à retrouver sa pleine capacité



Source: The built environment resilience qualities to climate change impact: Concepts, frameworks, and directions for future research

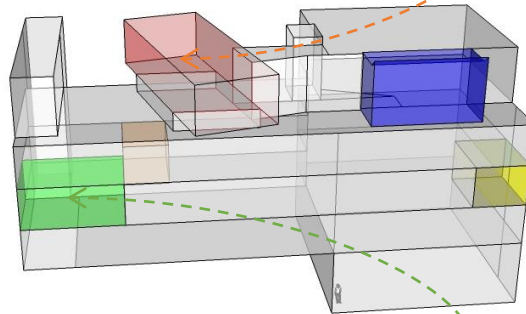
Introduction – résilience climatique

Sécuriser un process ou un climat intérieur

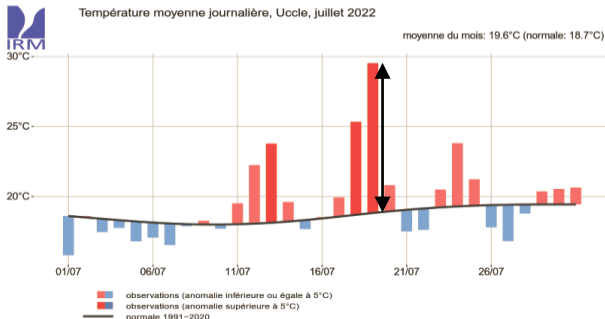


© Atelier d'Architecture Th. LANOTTE sprl

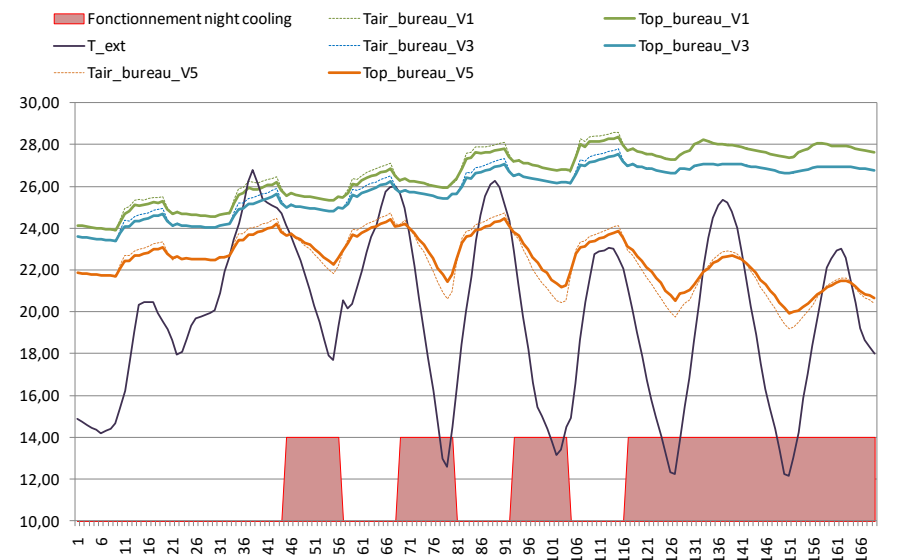
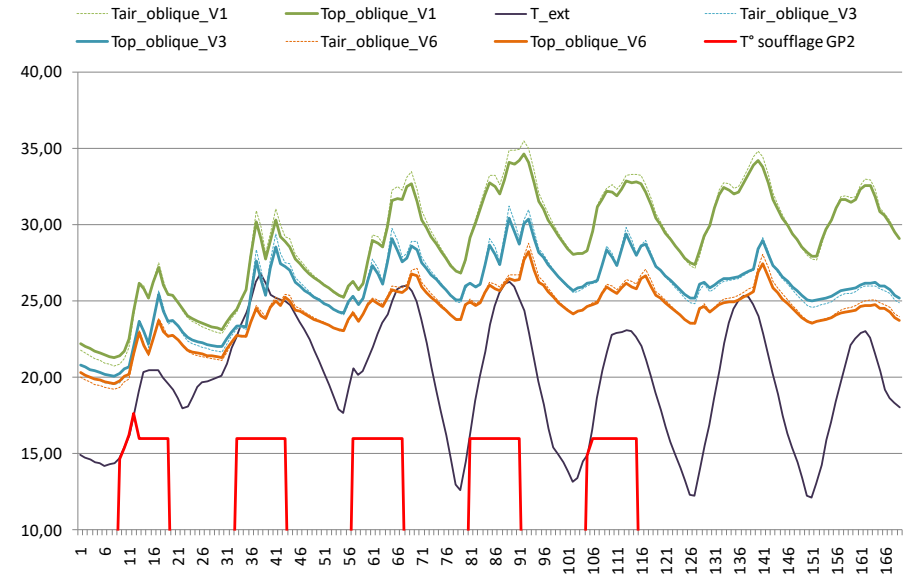
Stratégies passives ont leurs limites en cas de **vague de chaleur** !?
 Quelles autres stratégies passives?



V3 : Stores
 V5 : Stores + Night cooling
 V6 : Stores + Adiabatique indirect + refroidissement

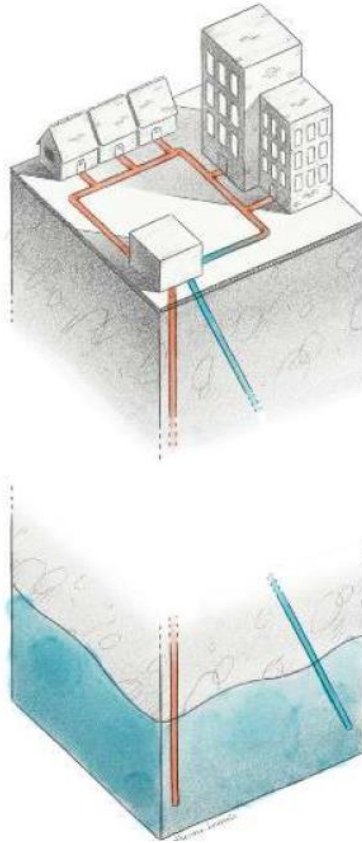


Echelle de temps : la journée !



Lorsqu'on rêve de la géothermie on pense à ça

La géothermie moyenne ou haute énergie

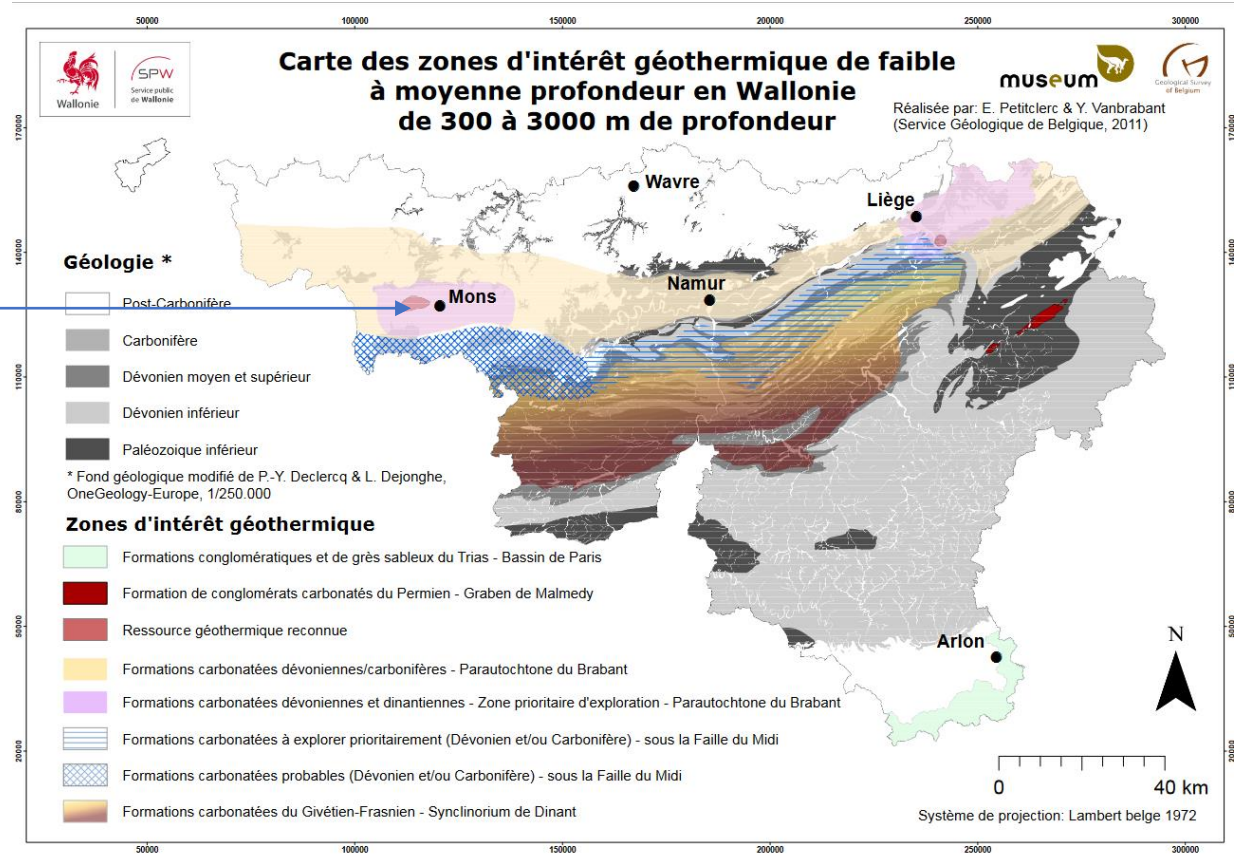


La géothermie basse énergie

Saint Ghislain 70°C
 3 écoles, 355 logements sociaux,
 une piscine, une gare et un hôpital.
 artésianisme : 100 m³/h
 5.406 m de profondeur /
 équipement placé jusqu'à 3.000 m
 de profondeur

Chaudfontaine 37°C
 Coca-Cola ®
 bâtiment + embouteillage
 Artésianisme : 80 m³/h

Bruxelles environnement

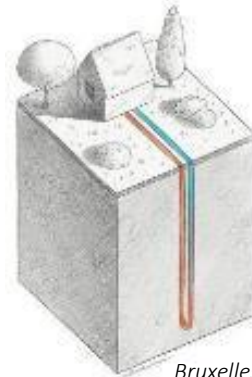


<https://energie.wallonie.be/fr/la-geothermie-profonde.html?IDC=6173>

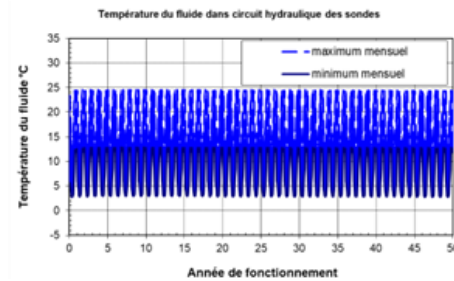
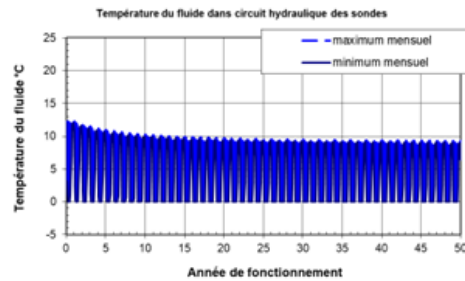
Lorsque l'on travaille sur des projets intégrant de la géothermie on travaille plutôt la dessus ...

La géothermie sur sondes

4-8kW par sonde



Bruxelles environnement

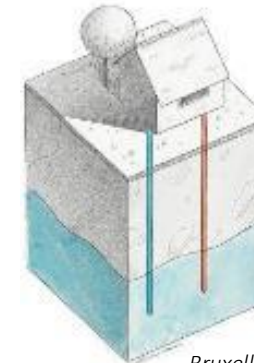


Simulation sur 50 ans à l'aide du logiciel PILESIM avec – à gauche, un déséquilibre lié à une demande en chaud trop importante et à droite un système équilibré de manière saisonnière chaud-froid

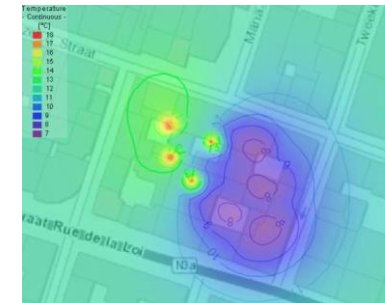
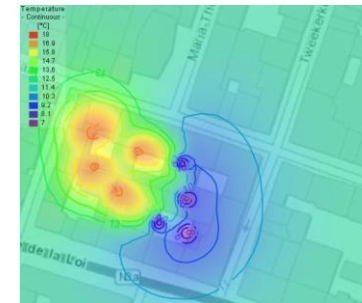
Simulation Pilesim II sur 50 ans de la température dans les sondes

La géothermie très basse énergie

50-500kW par doublet



Bruxelles environnement



Terra Energy © Simulation 20ième année –
Stabilisation des températures (à gauche fin de l'été – à droite fin de l'hiver)

Echelle de temps : la saison !

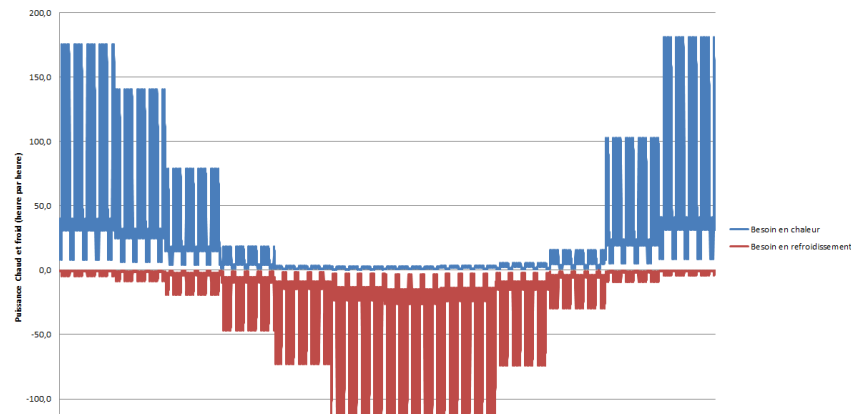
Systèmes fermés - Etude de conception : bâtiment

- ▶ Monotone des besoins énergétiques du bâtiment
- ▶ Optimisation énergétique
- ▶ Sélection des émetteurs adaptés
- ▶ Puissance installée vs puissance totale

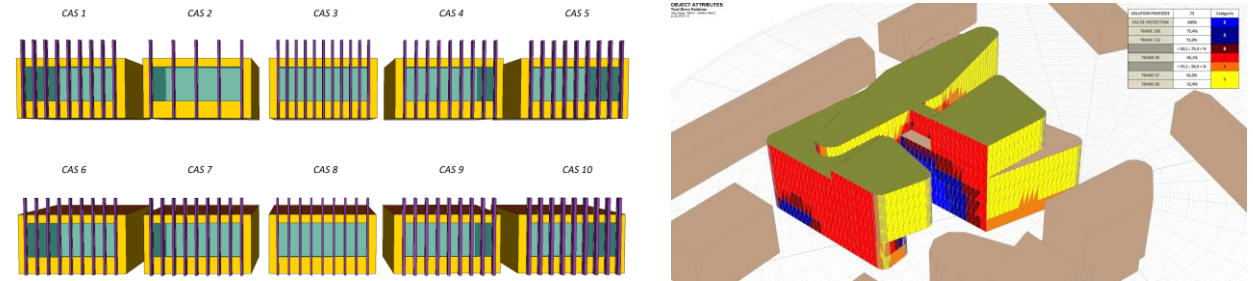
Répartition des besoins	BUREAUX		LOGEMENTS		PROFILS RESULTANTS	
	CHAUD (kWh)	FROID (kWh)	CHAUF (kWh)	ECS (kWh)	CHAUD (kWh)	FROID (kWh)
Janvier	41.375	1.316	11.491	4.463	57.329	1.316
Février	29.826	2.190	8.645	3.572	42.042	2.190
Mars	17.938	5.507	4.711	3.255	25.904	5.507
Avril	3.312	12.740	293	2.298	5.903	12.740
Mai	65	21.415	0	1.612	1.677	21.415
Juin	0	31.178	0	1.354	1.354	31.178
Juillet	0	36.849	0	1.596	1.596	36.849
Août	0	34.312	0	1.921	1.921	34.312
Septembre	0	19.557	0	2.528	2.528	19.557
Octobre	2.350	8.829	106	3.559	6.015	8.829
Novembre	23.273	2.652	6.348	4.152	33.773	2.652
Décembre	41.186	1.194	11.185	4.591	56.963	1.194
TOTAL	159.325	177.739	42.778	34.903	237.005	177.739

Parti besoin chaud logement	33%
Ratio froid/chaud	75%

Evolution annuelle des besoins en chaleur et en refroidissement potentiellement couvert par le système géothermique



Rapport des demandes d'énergie annuelles de refroidissement et de chauffage



Etude solaire des façades

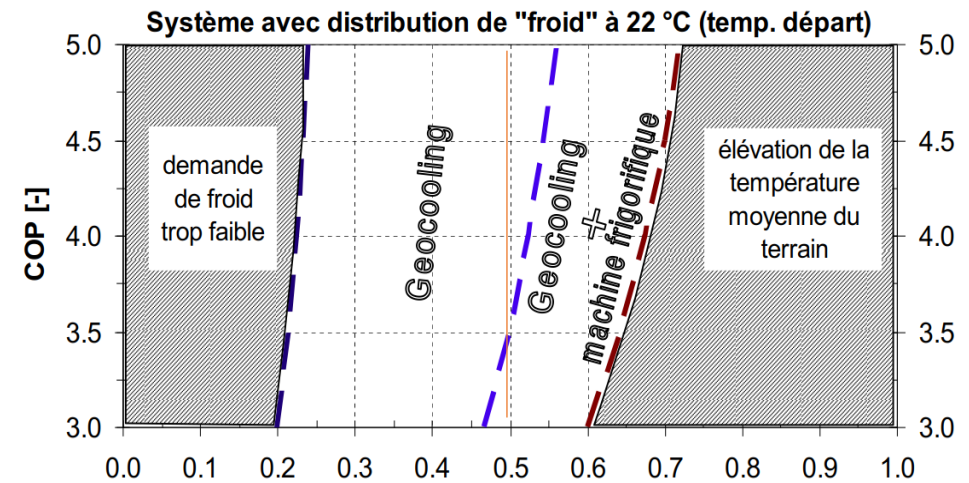
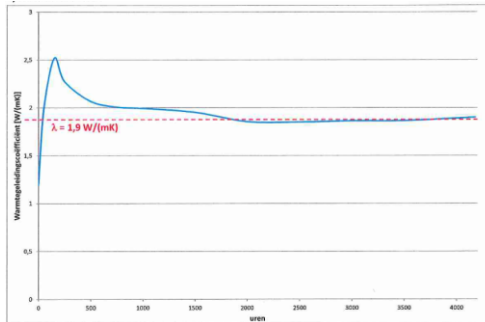


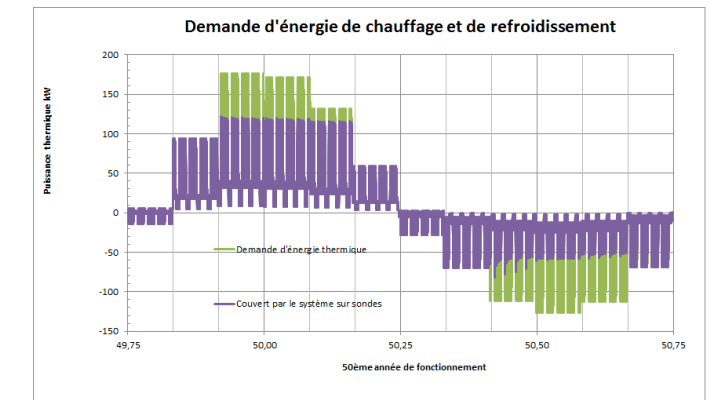
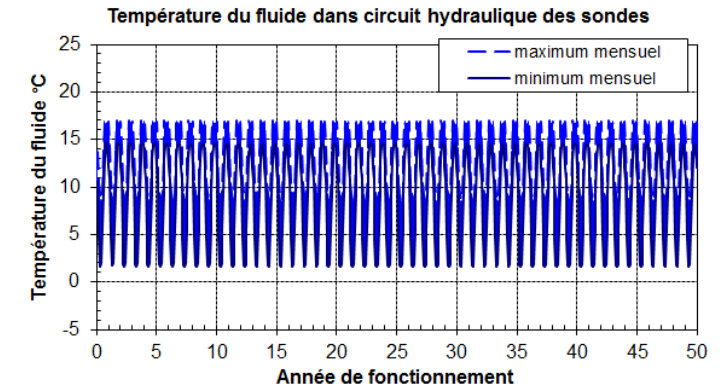
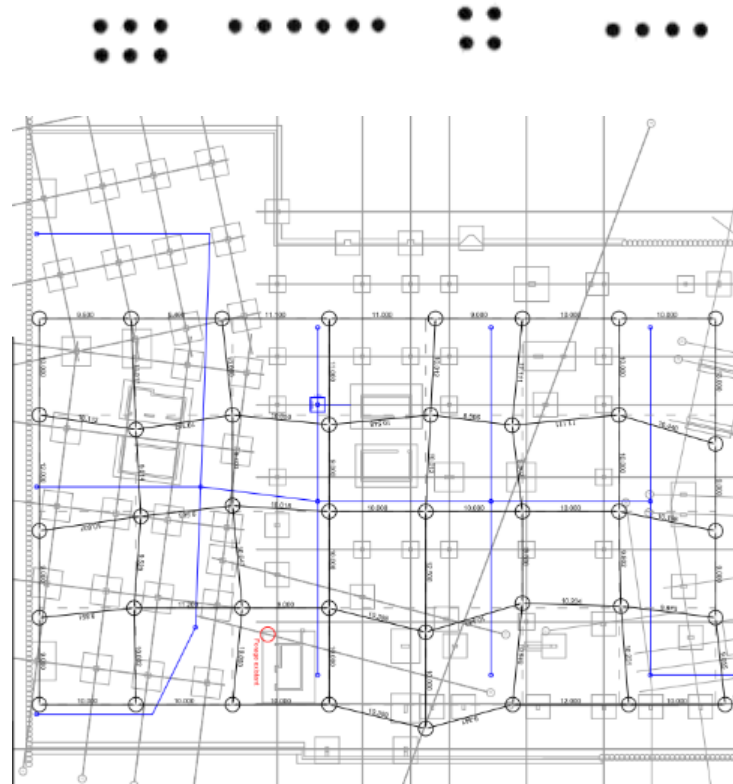
Illustration du rapport besoin en chauffage / besoins en refroidissement compatible avec un système géothermique fermé

Systèmes fermés - Etude de conception : sous-sol

- ▶ Conductivité thermique du sol (test de réponse thermique)
- ▶ Champ de sondes : 40 sondes de 100 mètres (intervalle 9-10m).
- ▶ Etude sur 50 ans avec un logiciel adapté pour vérifier la pérennité du système sur le long terme
- ▶ Puissance extraite par mètre de sonde (chaud et froid) : env. 25-30 W/m



	Conductivité thermique, λ (W/mK)
Argile saturée	1,9
Sable sec	0,5
Sable saturé	2,3
Schiste	1,9
Calcaire	2,8
Quartzite	5,0

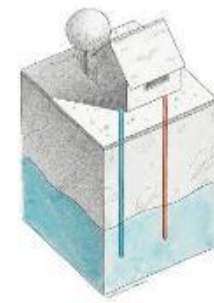


Test de réponse thermique (CA Etterbeek) : 1.9 W/mK

Plan du champ de sondes (CA Etterbeek)

Simulation de la température du fluide dans le circuit des sondes sur 50 ans – Couverture des besoins en chauffage et refroidissement (CA Etterbeek)

Systèmes ouverts - Etude de conception : bâtiment



- ▶ Doublets géothermiques : puisage direct
- ▶ Préserver les structures d'une perte de capacité portante : Règles de bonnes pratiques (diamètres – distance, semelles de fondations, armatures,...)
- ▶ Forage exploratoire : étude structurale complexe
- ▶ Monotone des besoins et schéma de principe

Chauffage : -10°C

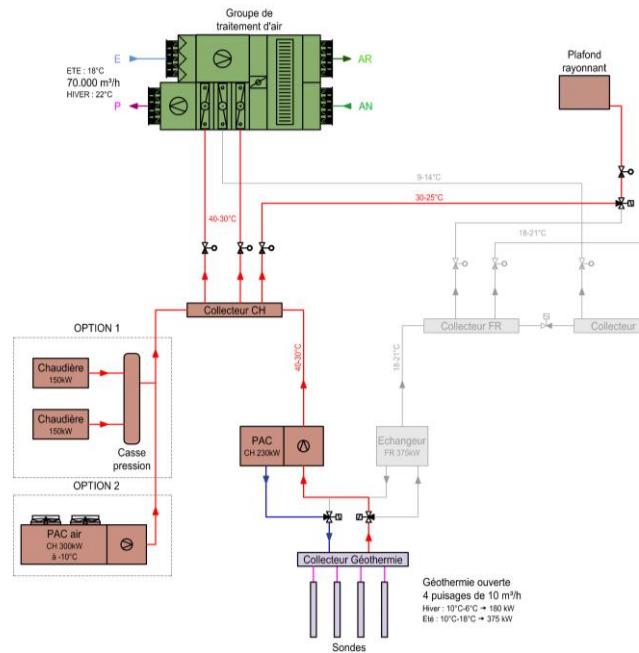
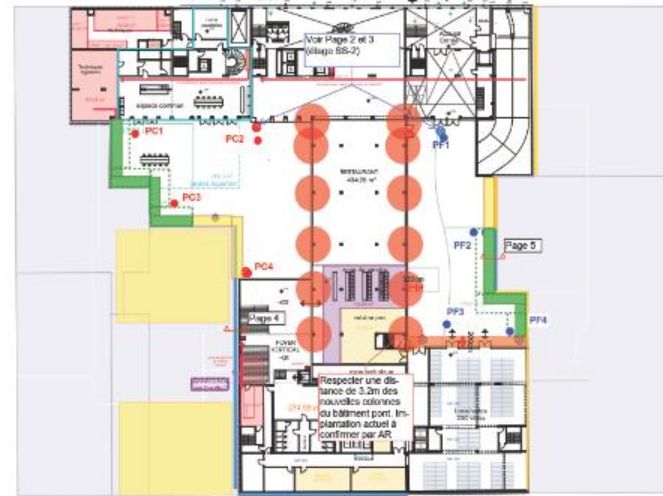
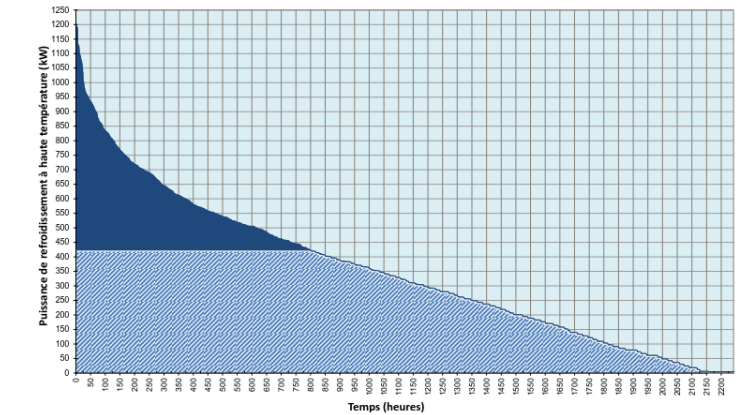
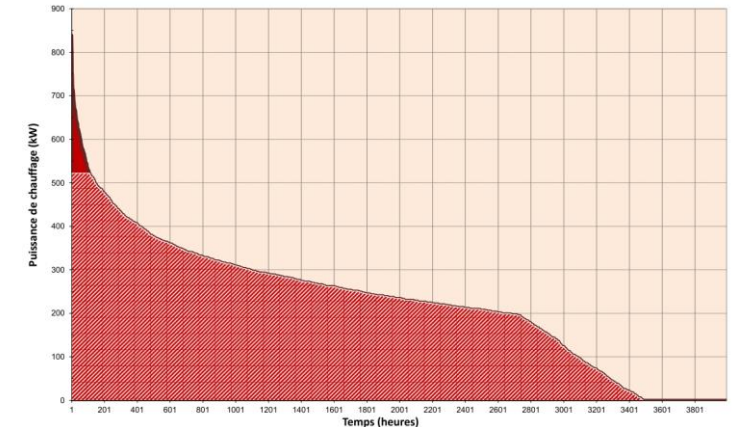


Schéma de principe – Projet LOOM – Bureau d'étude Greisch

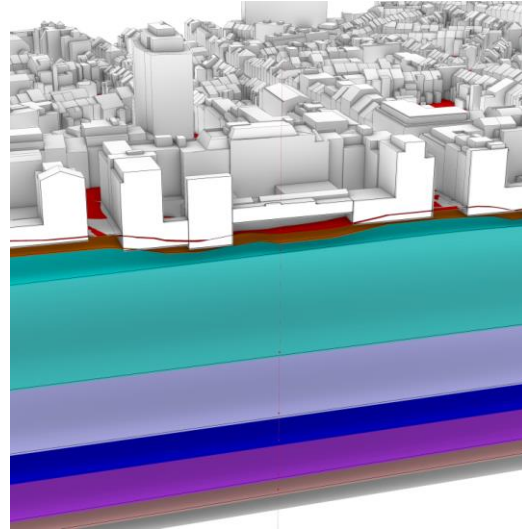
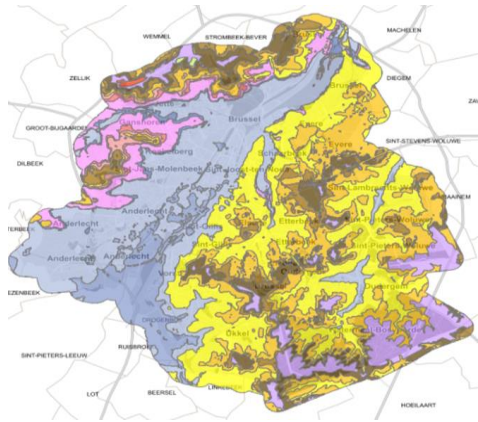


Implantation des doubles géothermiques. Projet LOOM – Bureau d'étude Greisch

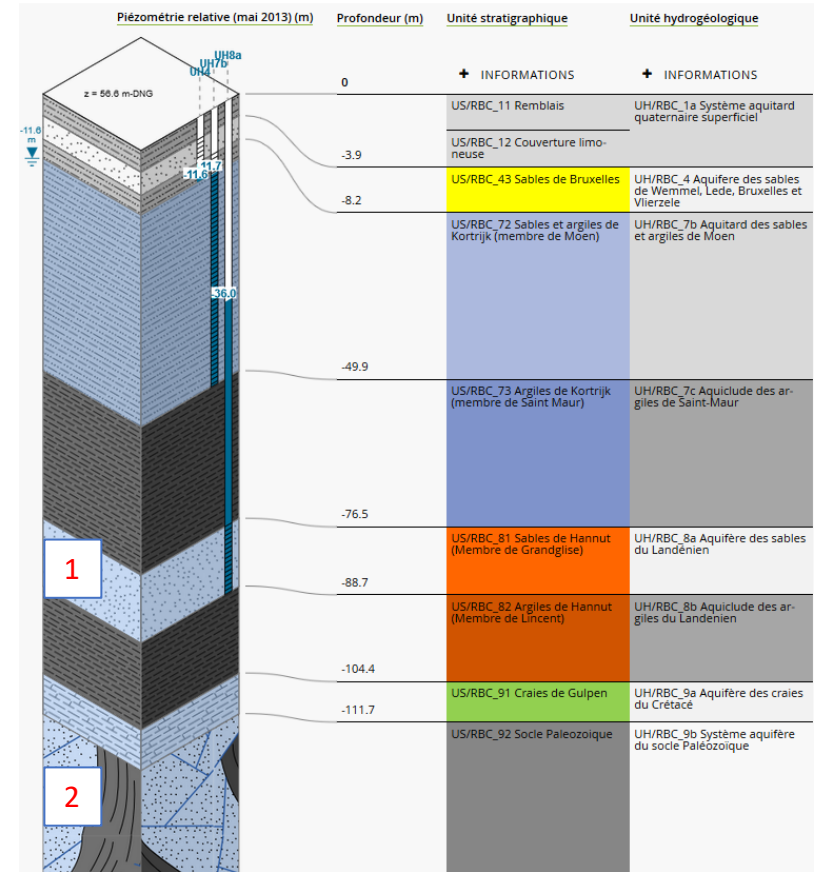
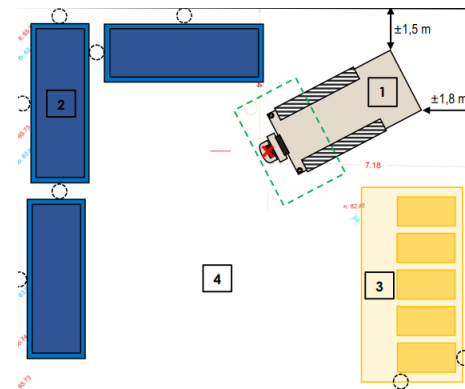


Monotones des besoins énergétiques et quote part de la couverture géothermique – Projet LOOM - Terra Energy

Systèmes ouverts - Etude de conception : sous-sol



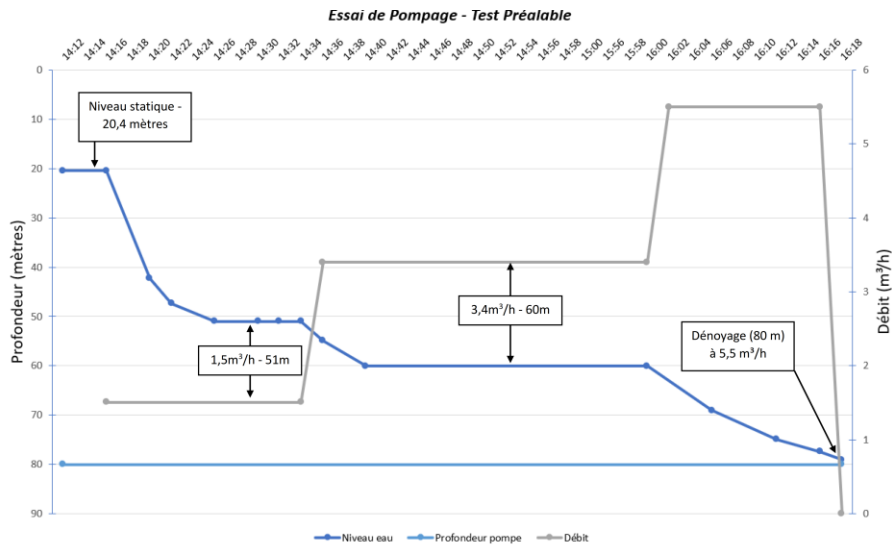
Etaçonnement / Plan d'installation du forage test (LOOM)



Outil Brugeotool
<https://geodata.environment.brussels/client/brugeotool/home>

Systèmes ouverts - Avantages et inconvénients

- ▶ Système «renouvelable» si il y a une équivalence des énergies soutirées
- ▶ Haut rendement (COP = 5) – pas une solution « stand alone »
- ▶ Permis
- ▶ Emetteurs adaptés (problématique de la rénovation)
- ▶ Système moins invasif qu'un système fermé.
- ▶ Cout des forages et modèles
- ▶ Imprédictibilité importante à modérée des débits soutirés selon l'hétérogénéité du sous-sol



Résultat d'un test de pompage en phase exploratoire

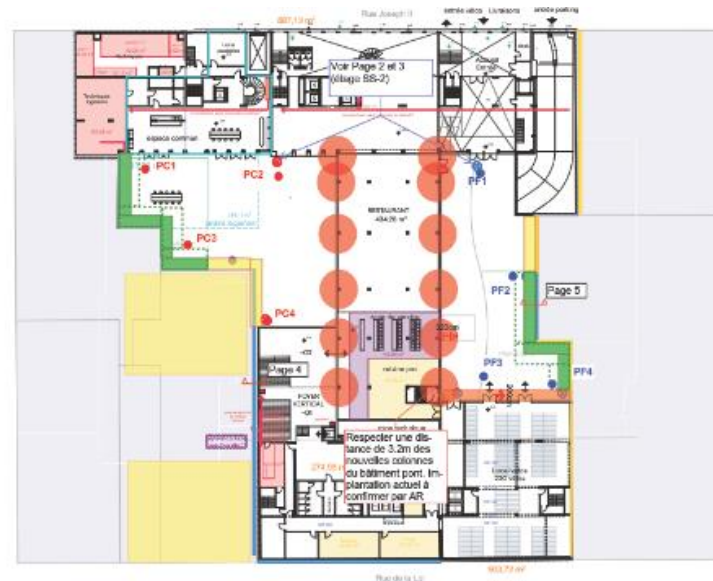
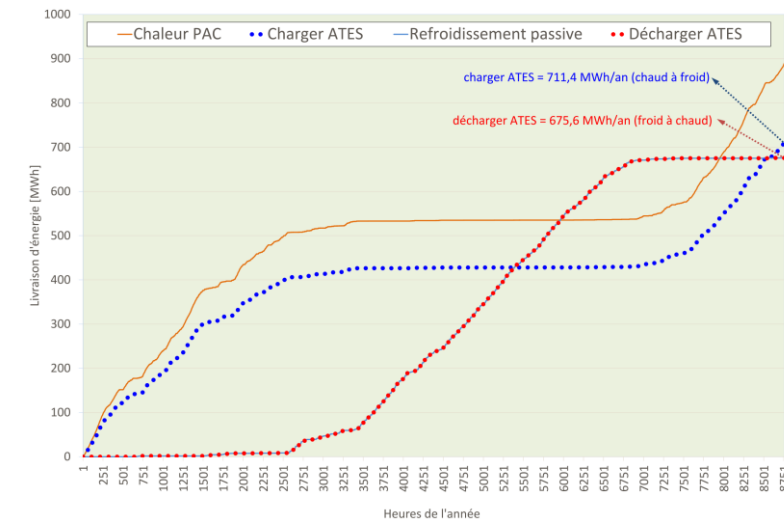


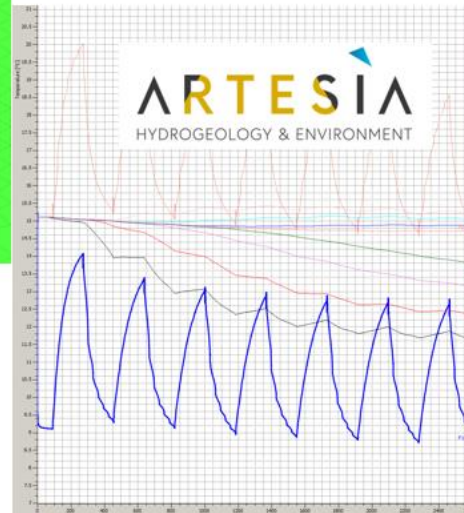
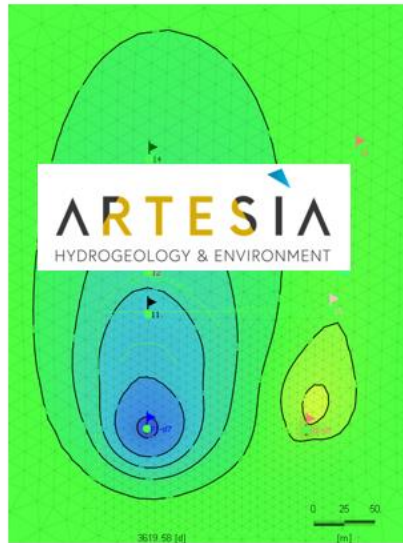
Illustration de l'interaction forage - structures



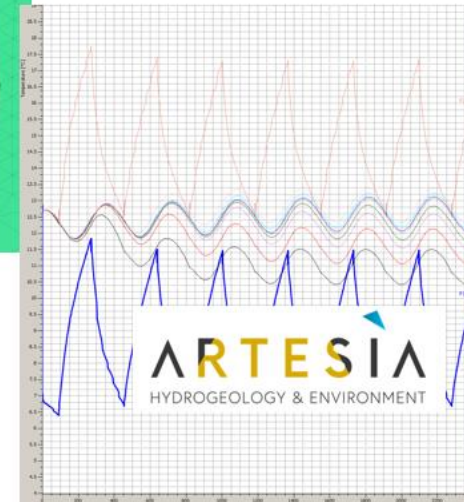
Vérification de l'équivalence des énergie soutirées (Terra Energy)

Conditions d'équilibre: simulation d'une situation 150 MWh chaud et 100 MWh froid

Pour une nappe **confinée**, l'équilibre doit être atteint par cycles de quelques années pour éviter la dérive thermique

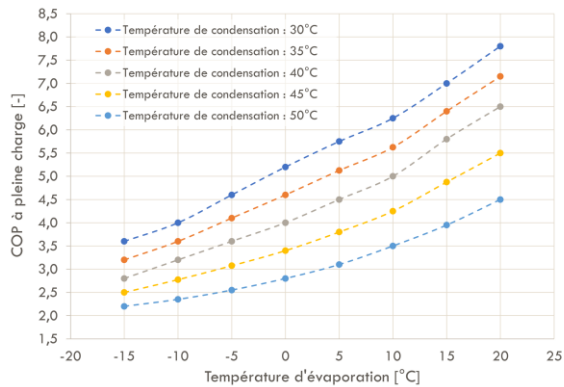


Pour une nappe **alluvionnaire** (alluvions de Meuse par exemple), la dérive thermique est atténuée par le flux thermique venant de la surface

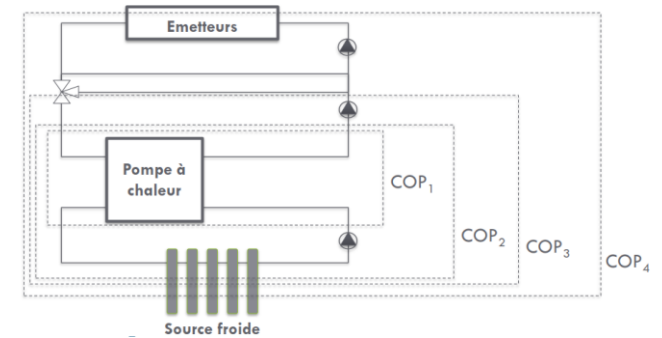


Systèmes ouverts – Points d’attention

- ▶ Système «renouvelable» si il y a une stabilisation des panaches de température sur le long terme
- ▶ Haut rendement (COP = 4) – coût – pas une solution « stand alone »
- ▶ Réchauffement climatique (vs PAC air eau / geocooling)
- ▶ Fluide frigorigène que l’on peut spécifier.
- ▶ Emetteurs adaptés (problématique de la rénovation)
- ▶ Changement de profil de besoins (adaptation, flexibilité, rénovation, ...)
- ▶ SCOP réel auxiliaires



Evolution du COP en fonction de la température au condenseur et à l'évaporateur
Illustration de dalle active à haute température (régime 21°- 19°) – Projet Agoria



	Unité	Bâtiment 1	Bâtiment 2
SCOP ₁	[-]	5.15	3.56
SCOP ₂	[-]	4.71	1.96
SCOP ₃	[-]	-	1.59
SCOP ₄	[-]	4.38	1.23

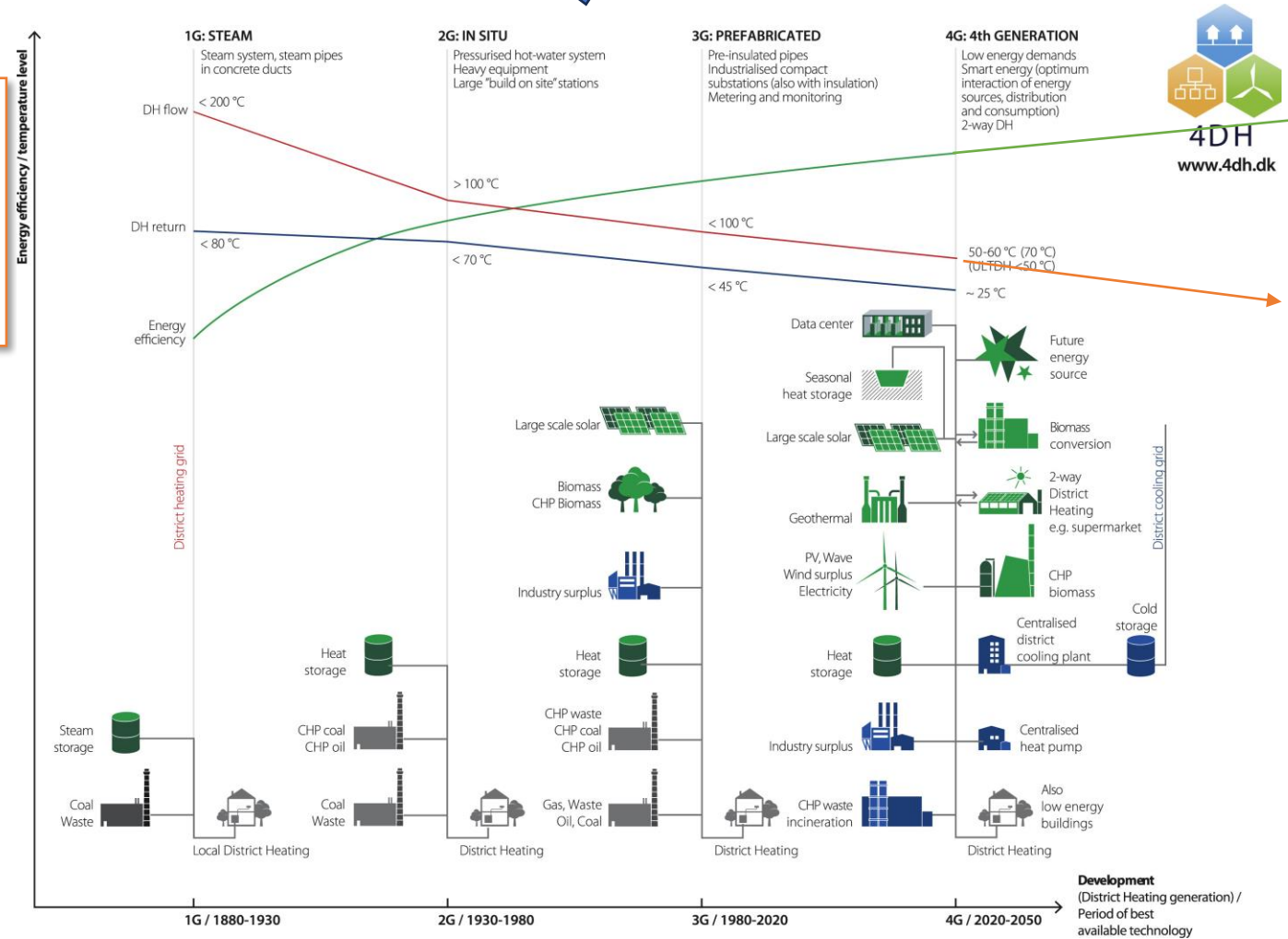
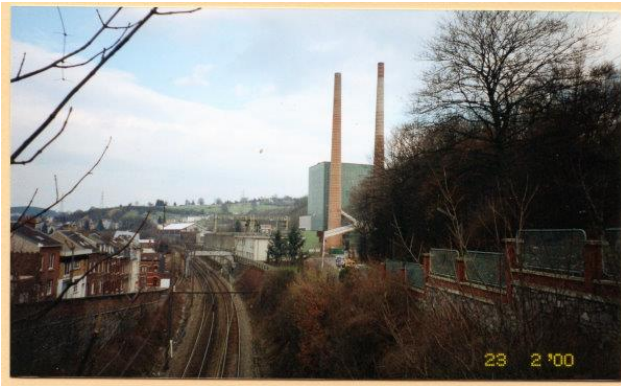
COP vs SCOP

Système ouvert : vers le réseau de chaleur?

Historiquement ... Chaleur fatale

- ▶ Intervapeur – première centrale réseau vapeur pour les sites industriels textiles et autres (lavoir, teintureries, etc ...)
- ▶ 1937 – 2005 (67 ans de fonctionnement)
- ▶ Chaudière charbon rendement 50%
- ▶ 70 km de réseau
- ▶ 1000 bâtiments en chauffage et électricité

« C'était un système unique, une particularité de notre ville. Surtout en hiver avec des trottoirs jamais enneigés grâce à la chaleur qui s'en dégageait. »



De plus en plus de prétendants à la production

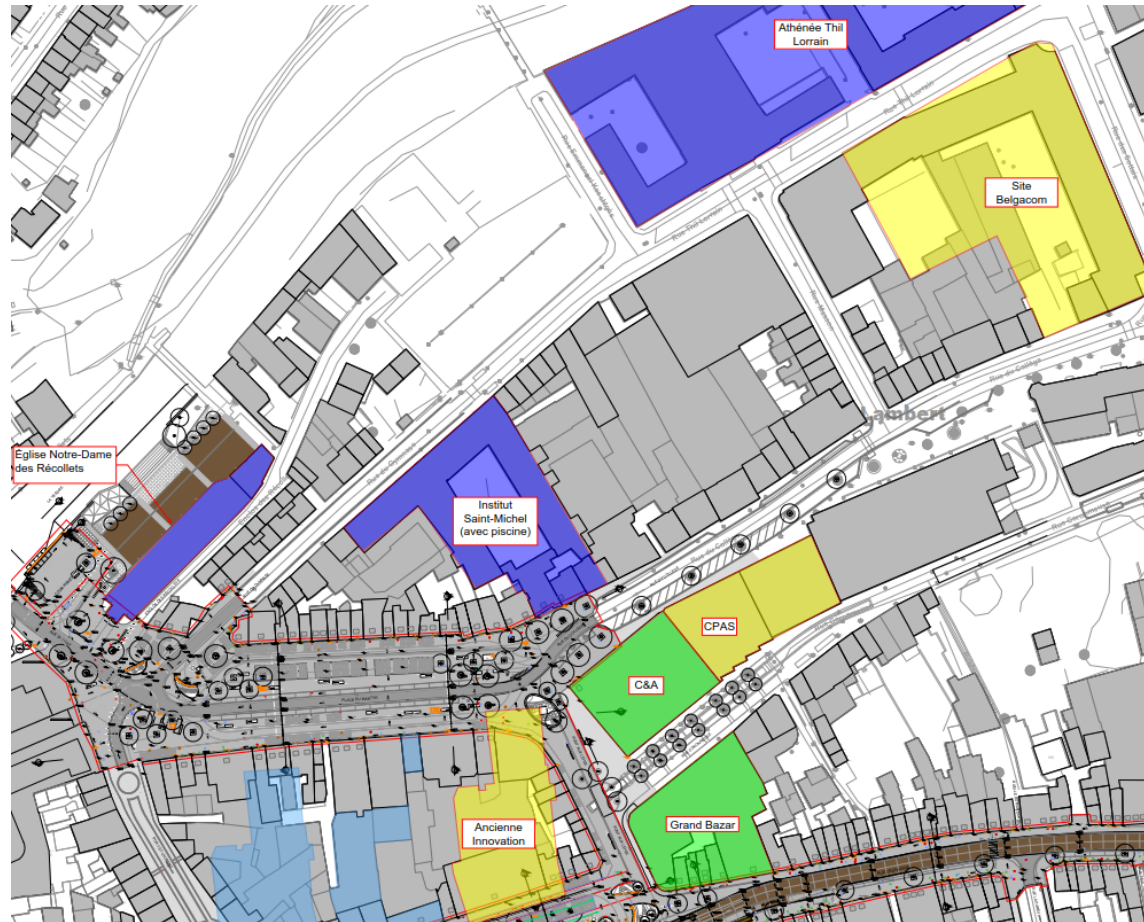
De plus en plus complexe - Scénarii

Combinaison permettant la régénération géothermique

Comparer la centralisation et la décentralisation

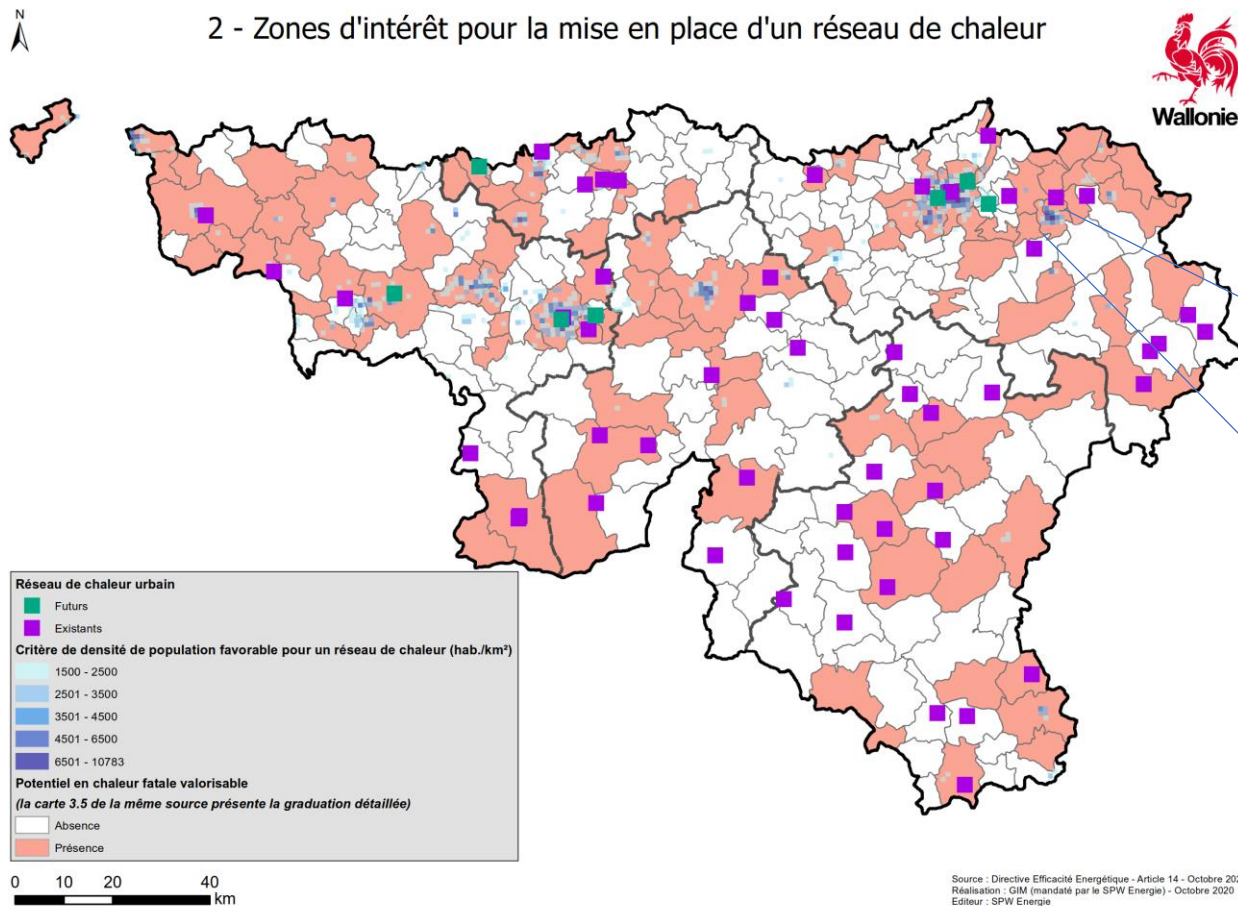
Système ouvert : vers le réseau de chaleur?

- Opportunité énergétique à l'échelle d'un quartier



Système ouvert : vers le réseau de chaleur?

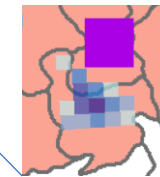
- ▶ Zone d'intérêt?
- ▶ Cartographie en région wallonne (cadastre des réseaux de chaleur existants, densité de production d'énergie renouvelable, ...)
- ▶ Présence de chaleur fatale
- ▶ Verviers : Haute densité > 4500 hab/km²



Choisissez un profil

Accueil / Efficacité énergétique en Wallonie / La politique énergétique de la Wallonie / Une stratégie pour une consommation de chaleur plus durable en Wallonie

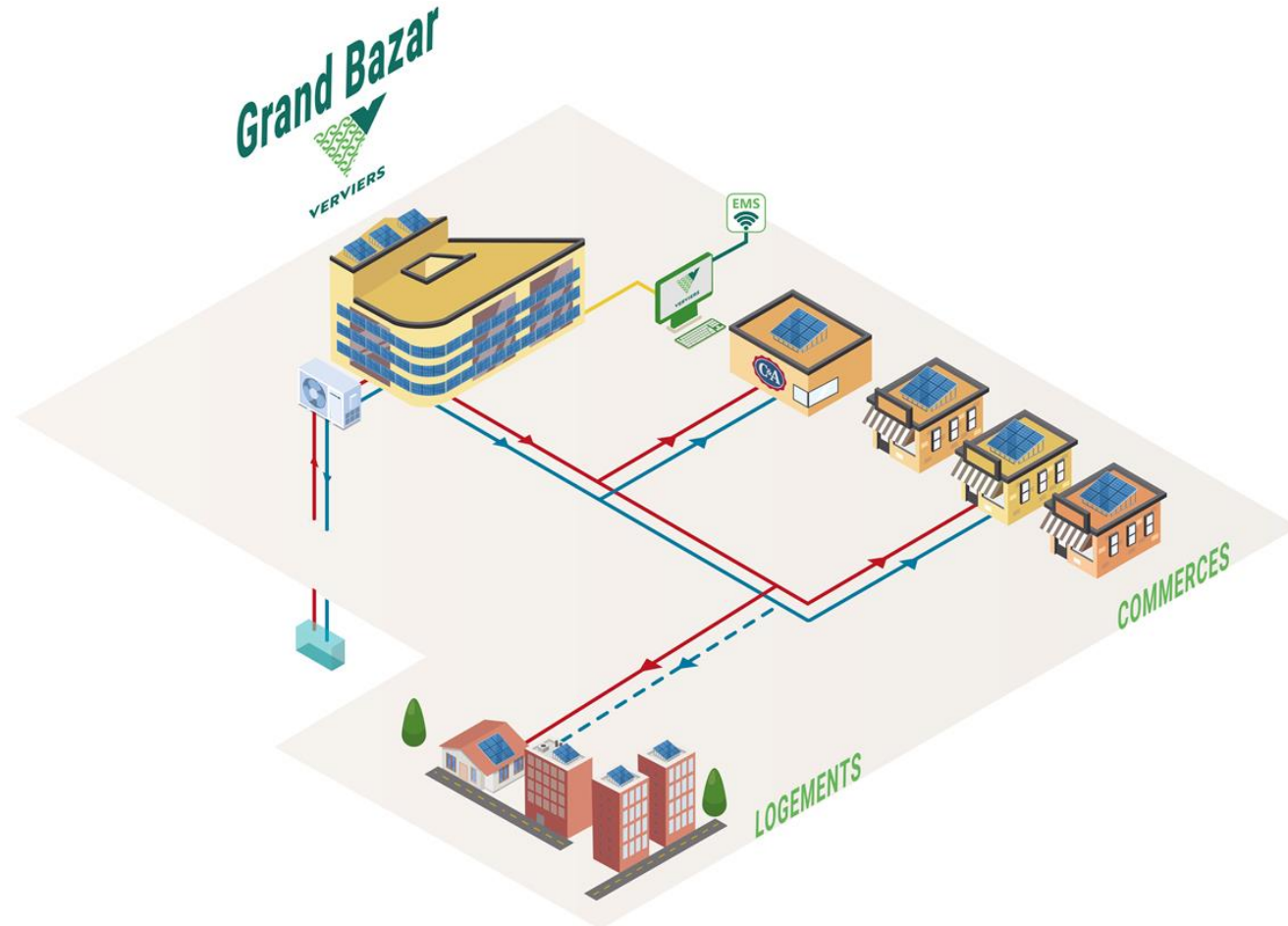
Une stratégie pour une consommation de chaleur plus durable en Wallonie



Verviers

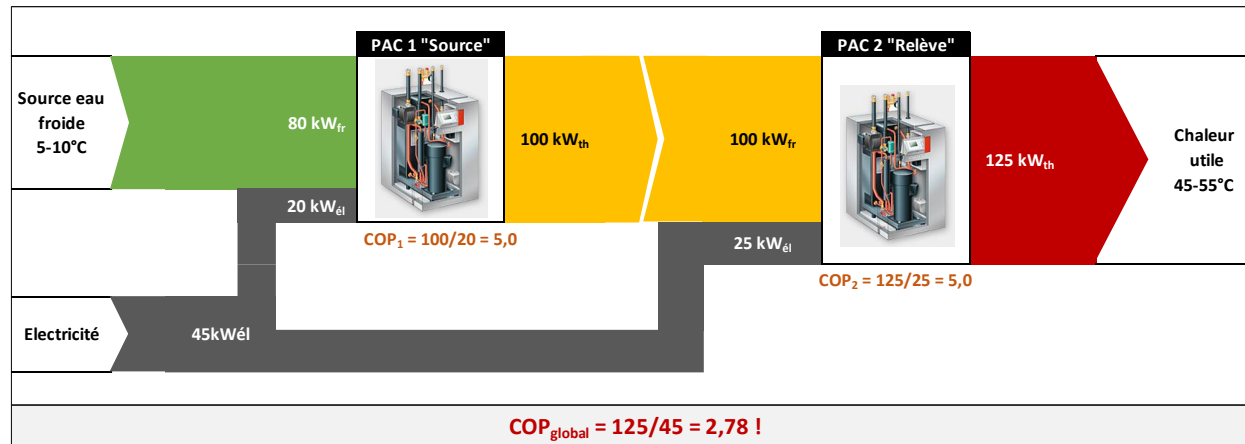
Système ouvert : vers le réseau de chaleur?

- ▶ Dossier d'aide : Fonds FEDER ou autres
- ▶ Appel à projet géothermie en région Wallonne

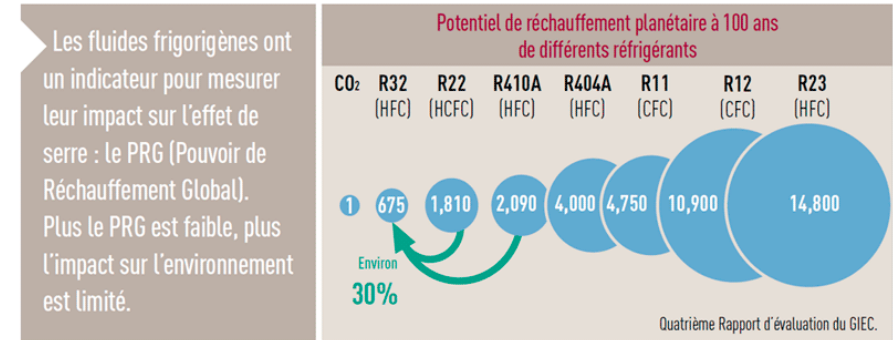


Systèmes ouverts – Réseaux – Points d'attention

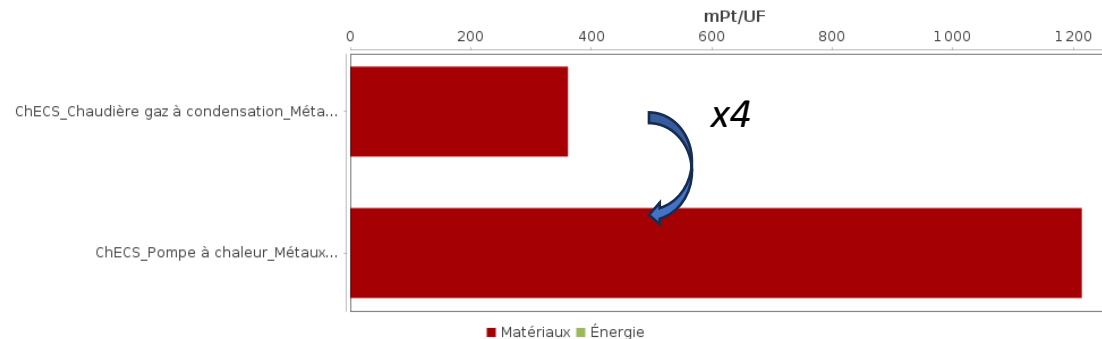
- ▶ Attention au COP en série
- ▶ Attention à l'impact environnemental de la fabrication des PAC
- ▶ La bonne PAC pour la bonne application (adaptation au régime de température) permettra de maintenir de bon COP
- ▶ La complexité de combiner chauffage et ECS – régime différents.



Impact d'une mise en série des sources froide/chaude de PAC pour un ΔT global d'environ 45°C



Réfrigérants / Evolution du potentiel de réchauffement climatique



Impact environnemental de la construction d'une chaudière gaz et d'une pompe à chaleur petite puissance

Conclusion : Respecter le renouvelable

- ▶ Eau souterraine = ressource fossile

