

# SERMET

— groupe M A N E R G Y

# STRATEGEO

## Etude de faisabilité Géothermique de surface – Hôtel du Châtelet – v4 27/02/2023

Cette étude fait partie d'un dossier complet regroupant une étude de faisabilité Géothermique de surface (rapport v4 du 27/02/2023), une étude de faisabilité Géothermique de sous-sol (rapport version 1 du 28-02-2023 et une note de synthèse.

Rémi Delprat (SERMET)

Jean-Loup Lacroix (STRATEGEO)

Tony Sonza (SERMET)

Loïc Bouffel (STRATEGEO)

Margaux Degonde (STRATEGEO)



**MINISTÈRE  
DU TRAVAIL,  
DU PLEIN EMPLOI  
ET DE L'INSERTION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# SOMMAIRE

1. Contexte
2. Etat des lieux surface
3. Etat des lieux sous-sol
4. Projet surface
5. Projet sous-sol
6. Budget
7. Scénarisation
8. Planning
9. Synthèse

# PARTIE 1

## 1. Contexte

# CADRE RÉGLEMENTAIRE

## Contexte général

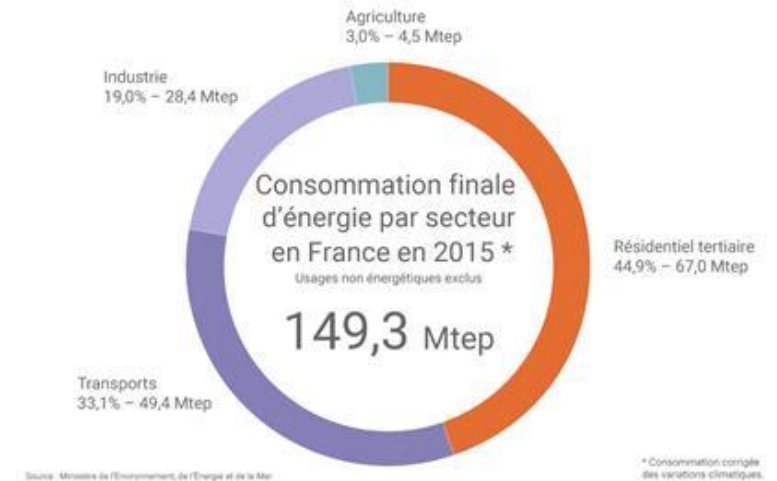
- Loi de Transition Énergétique (2015)
- Loi Énergie Climat (2019) : Etat d'urgence climatique
- Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) : Feuille de route nationale
- → **Objectif : Neutralité Carbone à horizon 2050**

## Le bâtiment : un secteur central pour l'atteinte de ces objectifs

- 45% de l'énergie finale consommée
- 25% des émissions de CO2 nationales

## Dernières évolution réglementaires : Le Décret Tertiaire

- **Loi ELAN (2018)** : Obligation de diminuer ses consommations (40% en 2030, 50% en 2040, 60% en 2050) - Décret à suivre
  - **Décret « Tertiaire » (23/07/19)**: Modalités d'applications, obligations, sanctions,... 2 Arrêtés d'application à suivre
    - **Arrêté « Méthode » (10/04/20)** : Précise la modulation des objectifs, formules de calculs,...
    - **Arrêté « Valeurs absolues »**
      - **Arrêté I (17/01/2021)** : vient compléter en partie les modalités d'applications en définissant des seuils
      - **Arrêté II (prév. fin 2021) & Arrêté III (prév. T2 2022)** : précisant pour certaines catégories



# CADRE DE LA MISSION



## MISE EN PLACE D'UNE SOLUTION A BASE DE GEOTHERMIE

- **Objectif** : le changement d'énergie
  - ✓ Rénovation des équipements CPCU
  - ✓ Intégration d'énergie renouvelable
- **Bâtiments**
  - ✓ Hôtel du Châtelet
- **Solution technique**
  - ✓ Réalisation de quatre forages
  - ✓ Géothermie sur nappe (superficielle)
  - ✓ Mise en place de PAC sur géothermie



# ENJEUX DE LA MISSION



## LES ENJEUX MAJEURES DE CETTE MISSION

- **Intégration dans le programme de rénovation globale :**
  - ✓ Base de réflexion : le scénario 2 de l'audit énergétique d'ALTEREA (Classe énergie D)
  - ✓ Respect du CCTP Lot 8 CVC
- **Sobriété énergétique :**
  - ✓ Atteinte d'une classe énergie C
  - ✓ Faire de l'Hôtel du Châtelet un modèle de sobriété énergétique
  - ✓ Réduire les consommations de chauffage actuelle par la mise en place d'un mixte énergétique CPCU/Géothermie

# PARTIE 2

## 2. Etat des lieux surface

# PRÉAMBULE

Dans ce chapitre SERMET réalisera un état des lieux des équipements CVC et de leurs fonctionnements au sein de l'Hôtel du Châtelet.

Le chapitre sera articulé ainsi :



- Moyen de production, distribution et émission



- Les régimes de températures



- Analyse des consommations





- Etat des sous-sols



# DESCRIPTIF GENERAL DU SITE



-  Périmètre de la mission
-  Jardin
-  Corps du logis
-  Aile Ouest
-  Aile Est
-  Entrée principale
-  Chaufferie

# MOYENS DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION

1 local CPCU (S3) :

- ❑ Point de livraison de la chaleur
- ❑ Température très élevée dans le local (~45°C)

1 sous-station (S11/S14) : Température très élevée dans les locaux (~45°C)

❑ Primaire :

- 2 échangeurs CPCU EV175/20(COLLARD et TROLLARD) de 377 kW unitaire (S11)
- 1 échangeur d'évacuation des condensats (S14)
- 1 production d'ECS semi-instantanée (S11)
  - 1 échangeur à plaques Uranus non calorifugé de 300 kW (douches et lavabos)
  - 1 ballon de stockage 500L
- 1 adoucisseur pour le réseau ECS

❑ Secondaire :

- 6 réseaux de chauffage :
  - 5 régulés (Hôtel côté Parc, Aile droit Cour, Aile Est, Aile Est hôtel invalides, Aile Ouest) – régime 80/60°C
  - 1 constant pour les CTA (Hôtel et cuisine) – régime 80/60°C
- 1 circuit ECS

❑ Le calorifuge du réseau de distribution de chauffage est vétuste



*Sous-station (S11) et local CPCU (S3)*



*Local échangeur condensats (S14)*

# MOYENS DE RÉGULATION PRIMAIRE

Les 5 circuits chauffage sont dotés :

- ☐ de vannes 3 voies de régulation en bon état
- ☐ de régulateurs relativement vétuste

Malgré l'existence de ce type de matériel les constats suivants ont été établis :

- Les régulateurs sont hors service depuis 2019 -> Inscription apposée directement sur les équipements et confirmée par les dires de l'exploitant
- Il n'y a pas de sonde extérieure pour transmettre les informations de température extérieure

Les conséquences sont les suivantes :

- Impossible de réguler sans déplacement et intervention manuelle d'un technicien
- Il n'y pas de confort d'hiver
- Les dérives des consommations de chauffage



Régulateur en chaufferie



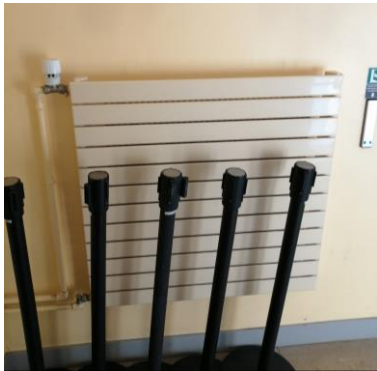
# EMISSIONS DE CHAUD

L'hôtel du châtelet dispose de plusieurs modes d'émission de chauffage :

- ❑ Radiateur acier et fonte avec robinet thermostatique ou bulbe déporté et té de réglage
- ❑ Radiateur électrique - Rencontrés dans quelques sanitaires et au sous-sol (S25, S26 et S27)
- ❑ Ventilo-convecteurs encoffrés – Rencontrés dans les pièces H207, H208, H209, H210, H211, H212 et H213
- ❑ CTA (Centrale de Traitement de l'Air)/Aérothermes installés au sous-sol et desservant H22, H23, H24, H26, H27



*Ventilo-convecteur*



*Radiateurs acier avec robinet thermostatique*



*Radiateurs fonte avec robinet thermostatique*



*Radiateurs électriques*



*CTA*

# BILAN DE PUISSANCE DES RADIATEURS

A l'aide des puissances relevés sur les plans et des données transmises par l'exploitant nous avons pu déduire la puissance installée par usage et par étage :

Etages	Nb de radiateurs	Typologie	Puissance kW	Hypothèses
Sous-sol	5	Electrique - Panneaux	10	2 kW par radiateur
RDC	51	Hydraulique	71,28	
RDC	2	Electrique	2,5	1,25 kW par radiateur
R+1	47	Hydraulique	70,02	
R+1	1	Electrique	0,7	
R+2	16	Hydraulique	21,6	
R+2	1	Sèches serviette électrique	1	1 kW par sèche serviette
R+2	8	Ventilo-convecteur	24	Petit = 2kW Gros = 4kW
R+3	24	Hydraulique	34,65	
R+4	1	Hydraulique	0,72	
TOTAL ELECTRIQUE			38 kW	
TOTAL HYDRAULIQUE			222 kW	

CTA	Puissance batterie chaude (kW)
Salle des accords (H27)	10
Directeur du cabinet (H26)	10
Bureau du ministre (H23)	10
Directrice adjointe (H22)	10
Vestibule (H24)	10
<b>TOTAL HYDRAULIQUE</b>	<b>50</b>

Puissance hydraulique installée :  
272kW << Puissance CPCU 754 kW



# EMISSIONS DE FROID

L'hôtel du châtelet dispose également de quelques systèmes de climatisation :

- ❑ Unité mobiles déployées chaque été par l'exploitant
- ❑ Des mono-split fixes (1 unité intérieure + 1 unité extérieure)



*Unité mobile de climatisation*



*Mono-split (unité extérieure)*

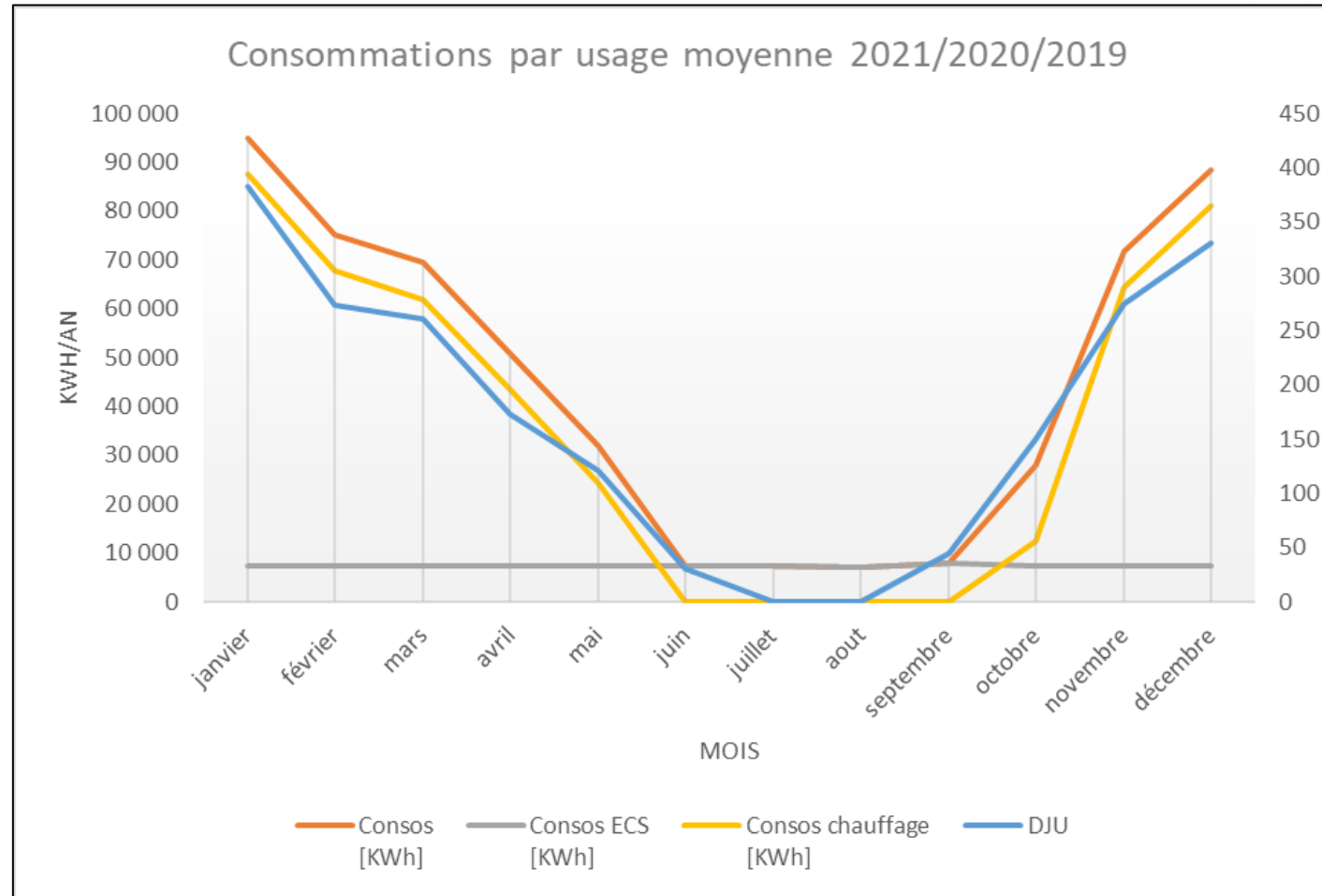


*Mono-split (unité intérieure)*

# SYNTHÈSE

Installations	Notation	Remarque
Echangeur CPCU	2	Les échangeurs CPCU doivent être remplacés à court/moyen terme. La température dans le local technique est trop élevée
Echangeur ECS	2	La production d'ECS présente un usage usuel. Un remplacement à moyen terme serait pertinent La température dans le local technique est trop élevée
Pompes	1	Les circulateurs sont à débit véritable et dans un état convenable
Régulation	3	La régulation primaire est obsolète et absence de sonde de température extérieure Armoire électrique vétuste et à remplacer
Distribution	3	Calorifuge doit être remplacé pour limiter les déperditions du réseau Absence de compteurs chauffage et ECS
Emission de chaud	1	Les émissions sont dans un bon état général et sont bien équipées (régulation, équilibrage). Attention à l'embouage et l'air dans le réseau Installation ou repositionnement de bulbes thermostatiques déportés au cas par cas
Emission de froid	3	Le confort d'été est une problématique qui est traitée par de lourdes campagnes de déploiement d'unités mobiles de climatisation

# COURBE DES CONSOMMATIONS CHAUFFAGE/ECS ACTUELLES



# ANALYSE DES CONSOMMATIONS ACTUELLES

	MOYENNE 3 ANNEES			
	DJU	Conso s [KWh]	Consos ECS [KWh]	Consos chauffage [KWh]
janvier	382	95 024	7 493	87531,58
février	273	75 276	7 493	67783,25
mars	261	69 468	7 493	61974,92
avril	173	50 881	7 493	43388,25
mai	121	31 830	7 493	24336,92
juin	30	7 435	7 435	0,00
juillet	0	7 435	7 435	0,00
août	0	7 202	7 202	0,00
septembre	44	7 899	7 899	0,00
octobre	150	28 112	7 493	12371,75
novembre	275	71 791	7 493	64298,25
décembre	330	88 519	7 493	81026,25
TOTAL	2 039	540 872	89 913	442711,17

Consommation moyenne estivale estimée (hors-chauffage) :

- Production ECS des sanitaires commun
- Production ECS logement de fonction
- Cuisine (90 couverts / jour en moyenne (hors évènements exceptionnels)



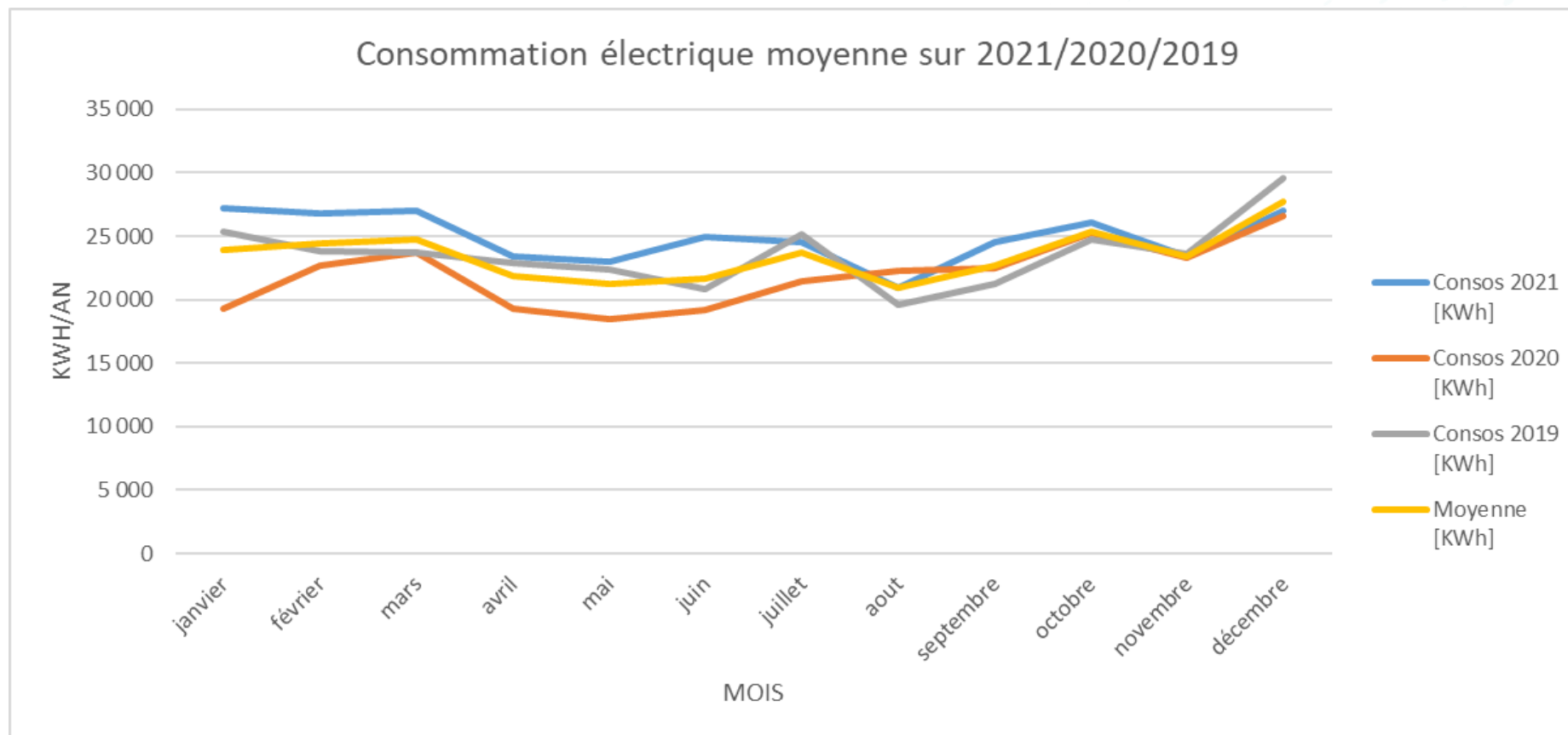
7,4 MWh/mois → **89 MWh/an**

Conso chauffage annuelle déduite :

= **443 MWh/an** (2 039 DJU)

Le DJU s'agit de la différence entre la température extérieure moyenne sur une journée et une température de référence.

# COURBE DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES ACTUELLES





# ANALYSE DE LA PUISSANCE ELECTRIQUE ACTUELLE

	<b>Consos 2021 [KWh]</b>	<b>Consos 2020 [KWh]</b>	<b>Consos 2019 [KWh]</b>	<b>Moyenne [KWh]</b>
janvier	27 237	19 335	25 322	23 965
février	26 820	22 657	23 842	24 440
mars	26 980	23 696	23 708	24 795
avril	23 371	19 290	22 913	21 858
mai	22 963	18 503	22 370	21 279
juin	24 962	19 151	20 798	21 637
juillet	24 551	21 411	25 183	23 715
août	20 947	22 251	19 629	20 942
septembre	24 500	22 448	21 207	22 718
octobre	26 108	25 278	24 774	25 387
novembre	23 400	23 281	23 639	23 440
décembre	27 000	26 556	29 635	27 730
<b>TOTAL</b>	<b>298 839</b>	<b>263 857</b>	<b>283 020</b>	<b>281 905</b>

## Consommation moyenne annuelle :

- Eclairage
- Bureautique
- Bornes de charge électrique
- Chauffage (part négligeable)
- Ventilation
- Ascenseur

Estimation de la consommation électrique de novembre et décembre 2021 :

- Nulles sur les relevés
- Garder une cohérence pour le calcul de la moyenne

**La consommation électrique annuelle reste relativement constante**

# PARTIE 3

## 3. Etat des lieux sous-sol

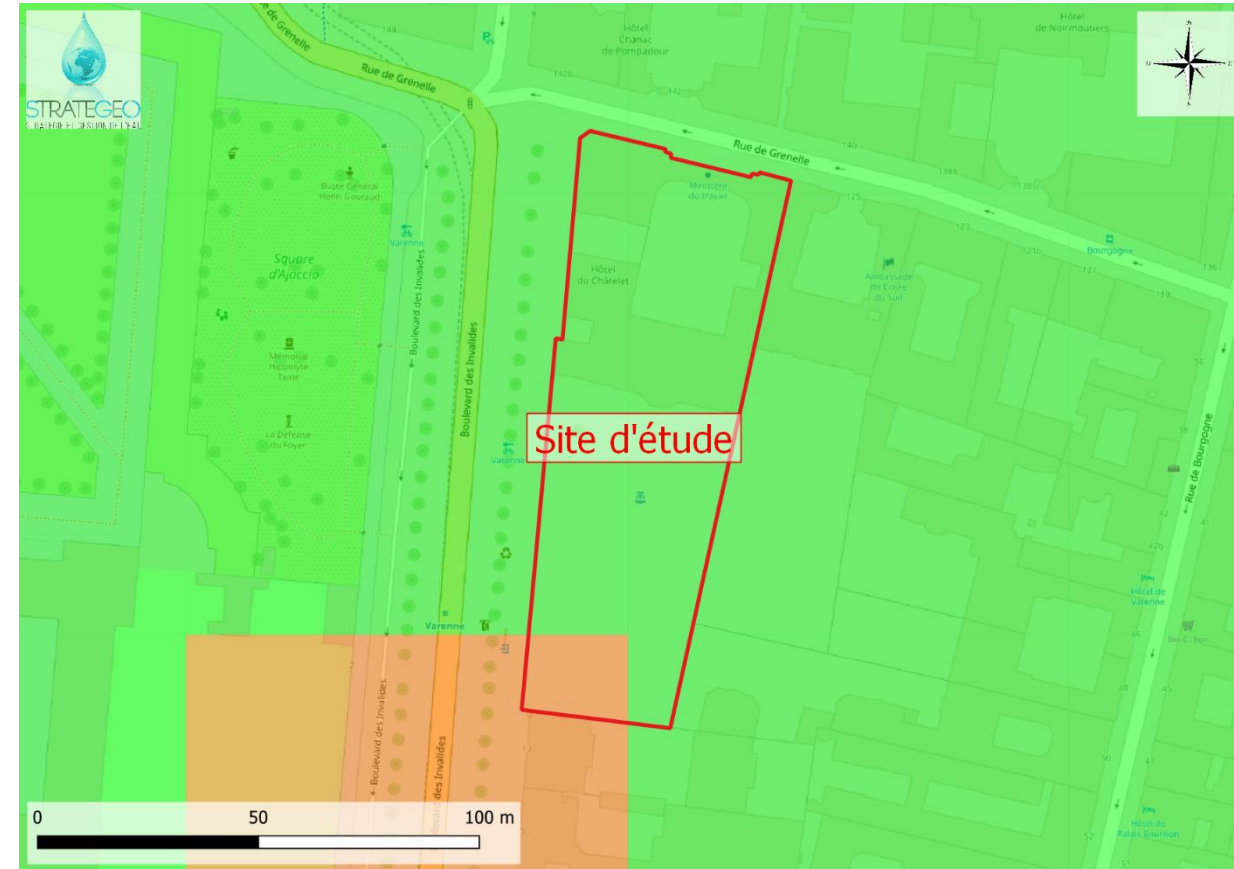
# CADRE RÉGLEMENTAIRE

## La géothermie dite de minime importance :

### ➤ Code minier, réglementation GMI:

- La profondeur du forage est inférieure à 200 mètres ;
- La température de rejet ne dépasse pas 32°C ;
- La température de l'eau prélevée est inférieure à 25 °C ;
- La puissance thermique récupérée dans l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW ;
- L'exploitant prend en considération les installations voisines et ne provoque pas une variation de plus de 4°C à 200 m des forages de pompage et de réinjection ;
- Les eaux prélevées sont réinjectées dans la même nappe aquifère et la différence entre les volumes prélevés et réinjectés est nulle ;
- Les débits prélevés ou réinjectés sont inférieurs au seuil d'autorisation, tel que défini dans la rubrique 5.1.1.0 de l'article R214-1 du Code de l'Environnement.

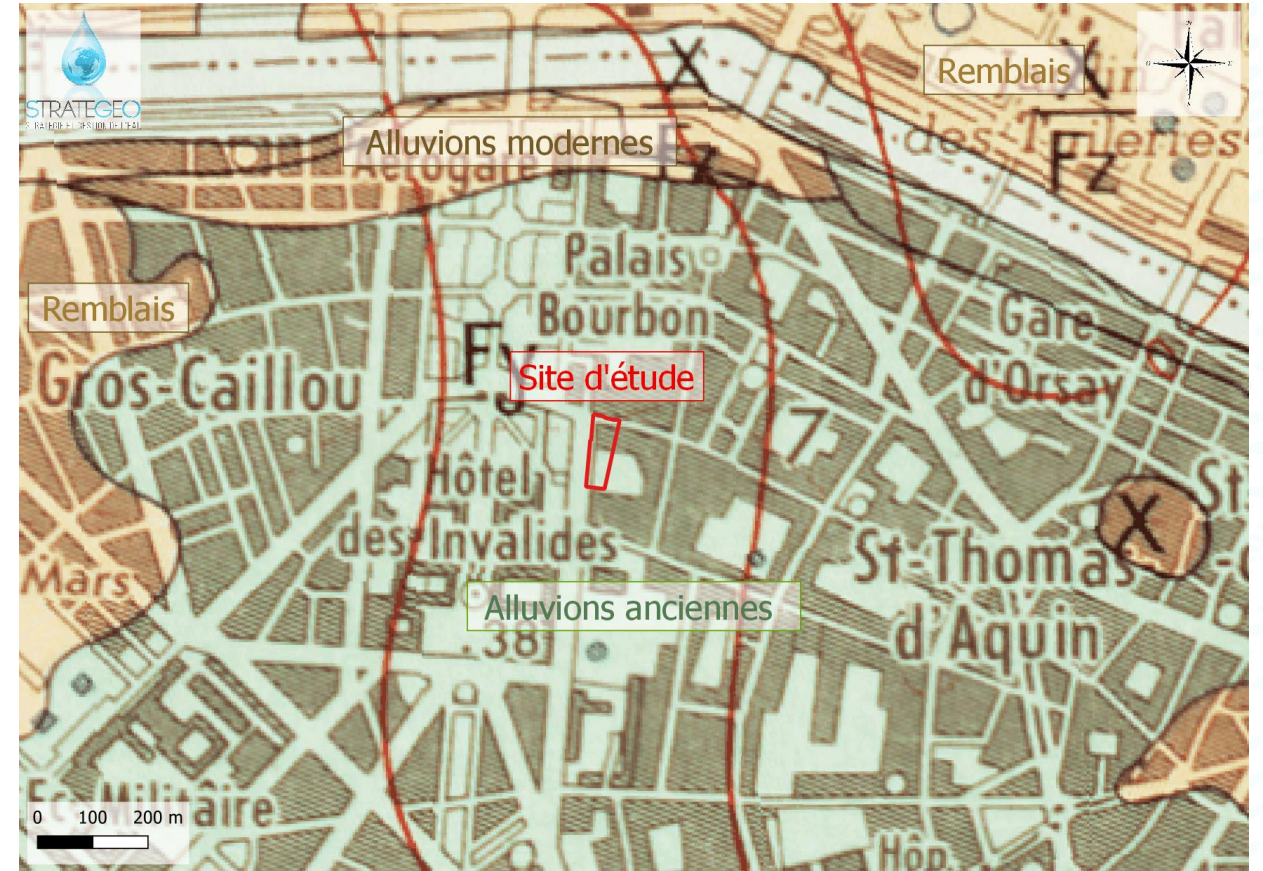
**Le projet est situé en zone verte (« éligible à la GMI ») avec un risque très faible de communication aquifère (niveau 1) et en zone orange (« éligible à la GMI avec avis d'expert ») avec un risque de présence de cavités (niveau 7) et de communication aquifère (niveau 1).**





# CONTEXTE GÉOLOGIQUE :

Age	Formation	Lithologie	Profondeur toit (m)	Altitude toit (m NGF)	Épaisseur (m)
Holocène	Remblais	Remblais	0	~ +35,5	1,5
Quaternaire	Alluvions	Alluvions sableux	1,5	+34	6
Lutétien	Calcaire Grossier Inférieur	Calcaire sableux compact, et fossilifère et glauconieux à la base	7,5	+28	10
Yprésien (Cuisien)	Sables du Soissonnais	Sable quartzeux puis sable argileux	17,5	+18	5,5
Yprésien (Sparnacien)	Fausses glaises du Vexin	Argile brune ou noire	23	+12,5	4
	Sables d'Auteuil	Sable fin à moyen, légèrement argileux	27	+8,5	8
	Argile plastique	Argile grise, dure, plastique	35	+0,5	10,5



# CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE :

## Présentation des nappes en présence :

- **La nappe du Lutétien** : contenue dans les formations des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers et dont la base est constituée par les Argiles de Laon ;
- **La nappe de l'Yprésien** : contenue dans les sables du Soissonnais, et dont la base est constituée par les Argiles plastiques réputées imperméables ;

### Nappe du Lutétien :

- Sens d'écoulement : Nord-Ouest
- Niveau d'eau : +26 m NGF
- Température de la nappe : 14 à 15 °C
- Débit exploitable ~20 m<sup>3</sup>/h
- Epaisseur variable sur le site pouvant affecter le débit exploitable ;

### Nappe de l'Yprésien :

- Sens d'écoulement : Nord-Ouest
- Niveau d'eau : +24,3 m NGF
- Température de la nappe : 15 à 16°C
- Débit exploitable ~20 – 25 m<sup>3</sup>/h

Une reconnaissance géotechnique via un sondage permettrait d'affiner la coupe géologique via les cuttings ainsi que la réalisation d'un gamma ray pour affiner la localisation des potentielles arrivées d'eau.

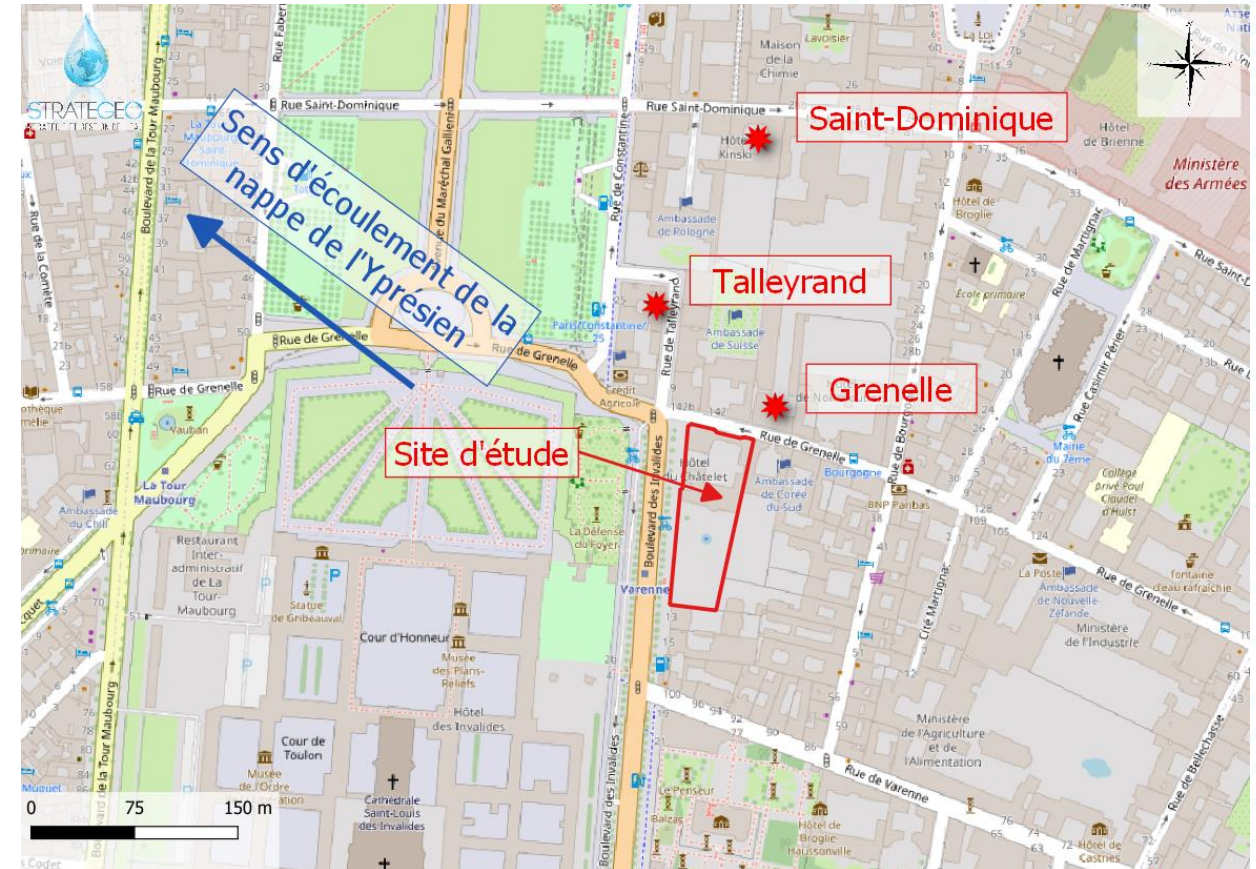


# INSTALLATIONS VOISINES

L'impact de l'installation envisagée sur les installations voisines existante devra être vérifiée par la modélisation afin de ne pas dégrader les performances de ces installations.

A ce stade les installations recensées dans le secteur sont les suivantes :

- 140 Rue de Grenelle ;
- 4 Rue Talleyrand ;
- 53 Rue Saint-Dominique.



# PARTIE 4

## 4. Projet surface

# PREAMBULE

A la lumière des éléments présentés dans le chapitre précédent, nous notons un réel potentiel de géothermie sous l'hôtel du Châtelet

L'objectif de ce chapitre « Surface » est donc de déterminer les moyens technique permettant de capter ce potentiel pour l'exploiter au sein de l'hôtel du Châtelet

Au regard du futur aménagement de la chaufferie nous envisageons la création du local PAC dans le local S10 juxtaposée à la chaufferie.

Dans ce chapitre, SERMET passera en revue les différents points spécifiques du projet, notamment:

- 1) Le rappel des opérations CVC prévues au CCTP lot 8
- 2) Les équipement de production / solution géothermie (la pompe à chaleur)
- 3) L'aménagement de la future chaufferie
- 4) Le cheminement du réseau de géothermie
- 5) La régulation primaire et terminale
- 6) Les équipements d'émissions
- 7) Le prédimensionnement de la nouvelle installation hydraulique et électrique (Abonnement puissance souscrite/borne électrique)

# RAPPEL CCTP LOT 8 CVC (DCE 2021 – ATELIER CAIRN) : CHAUFFAGE ET ECS

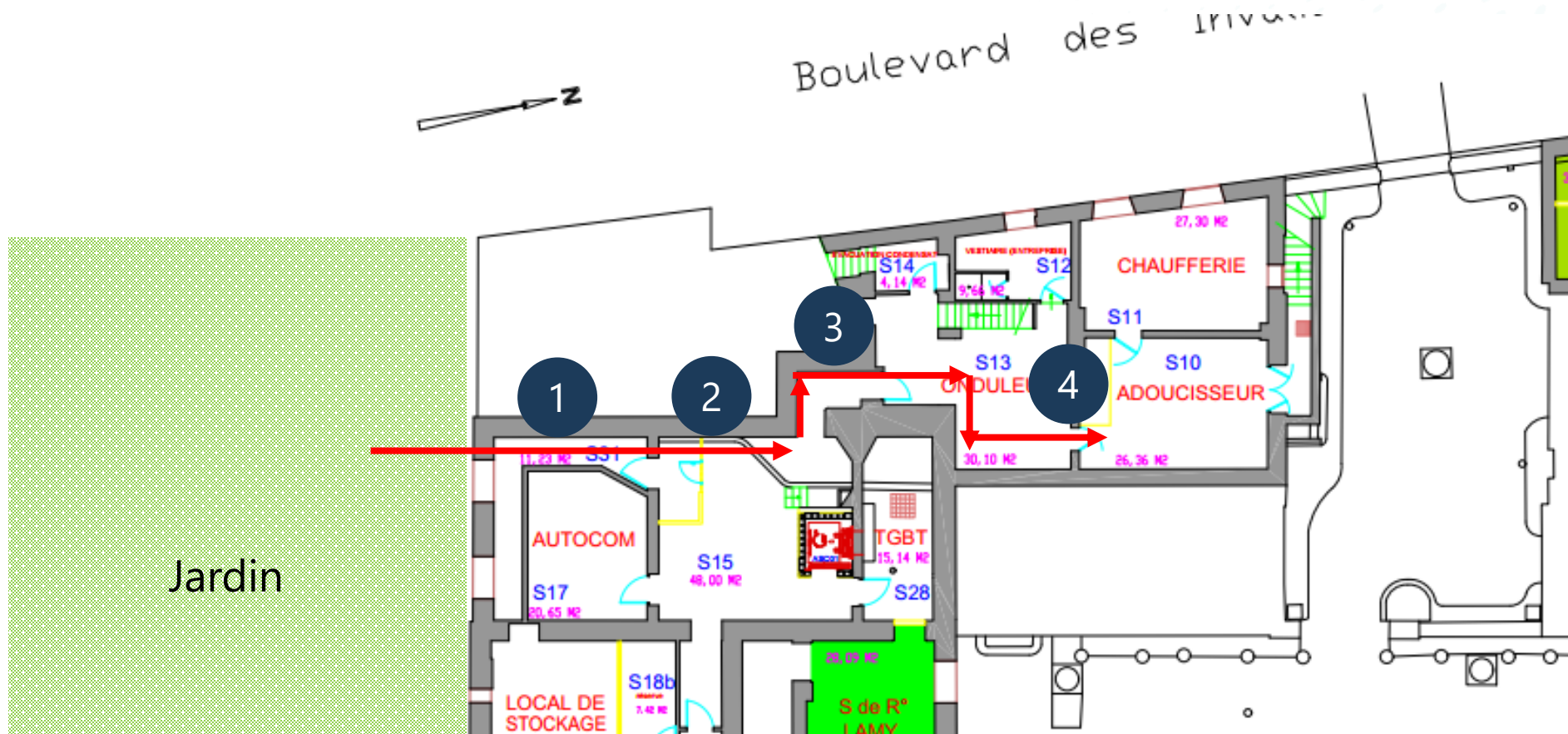
CHAUFFAGE	ECS
Installation CPCU entièrement rénovée	Production ECS rénovée (500L) => fonctionnement CPCU hiver (échangeur thermique raccordé au plus bas des condensats + échangeur thermique sur départ prod ECS) et résistance élec en été
Radiateurs conservés	Sanitaires/salles de bain : passage en ballon électrique individuel
CTA Simple Flux Corps du logis= remplacées + réseau de ventilation associé	Réseaux ECS + bouclage déposés puis recréés
Remplacement des ventilo-convecteurs du R+1 (Bât central)	Calorifuge sur toute la distribution
Mise en place de caniveaux chauffants au droit de chaque porte/fenêtre du RDC/R+1 (bât central)	
Remplacement des batteries des CTA et ventilo-convecteurs	
Repositionnement des grilles de soufflage/reprise des CTA du RDC	
Pilotage de toutes les installations depuis la GTB Sondes d'ambiance par locaux + sonde sur installations techniques	
Pose de compteurs d'énergie sur chaque départ chauffage, ECS, élec)	
Calorifuge sur toute la distribution	

# RAPPEL CCTP LOT 8 CVC (DCE 2021 – ATELIER CAIRN): VENTILATION ET CLIMATISATION

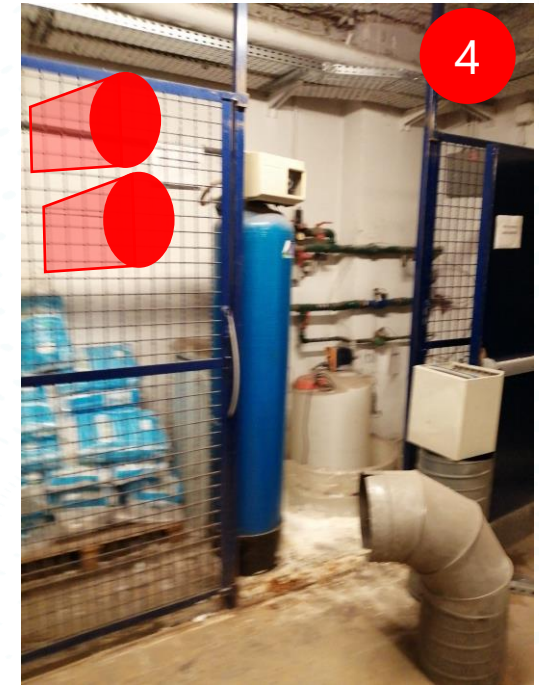
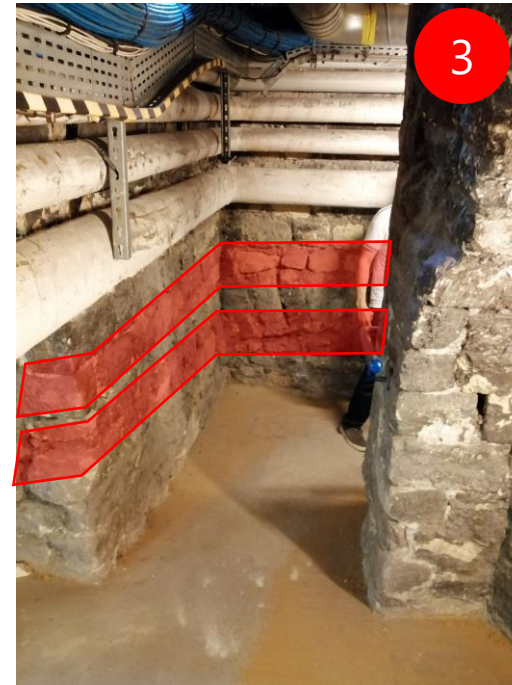
VENTILATION	CLIMATISATION
Conservation réseau aéraulique existant	Nouveau système pour l'ensemble des locaux assuré par VRV multi-split à détente directe sauf pour les batteries des CTA RDC et des ventilo-convecteur du RDC/R+2 qui seront alimentées en eau glacée avec un VRV type air/eau indépendant
Mise en place de 2 nouveaux extracteurs VMC dans combles + création de 2 nouveaux réseaux d'extractions	Installation de cassettes murales dans chaque bureau, couplées aux radiateurs existants + unités extérieures sur plateforme technique en toiture bâtiment centrale => VRV multi-split à détente directe
Mise en place d'une nouvelle ventilation des futures cuisines du RDC	6 zones : Zone 1 : Bureau R+4 et R+3 / Zone 2 : Salons R+2 / Zone 3 : Bureau Aile Ouest / Zone 4 : Bureau Aile Est / Zone 5 : Salons RDC / Zone 6 : Locaux Techniques
Ventilation CPCU doit permettre de respecter un T° intérieur de 40°C => 900m3/h (Prescription CPCU)	
Ventilateur sous-station CPCU à remplacer	
Ventilation du poste de livraison Bd de Grenelle à mettre en place	



# CHEMINEMENT PREVISIONNEL DU RESEAU DE GEOTHERMIE









# CHEMINEMENT PREVISIONNEL DU RESEAU DE GEOTHERMIE



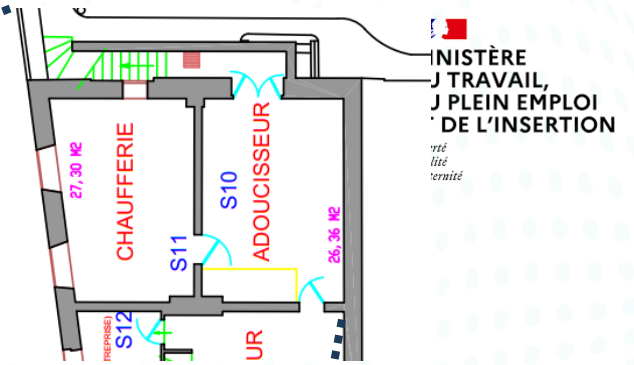
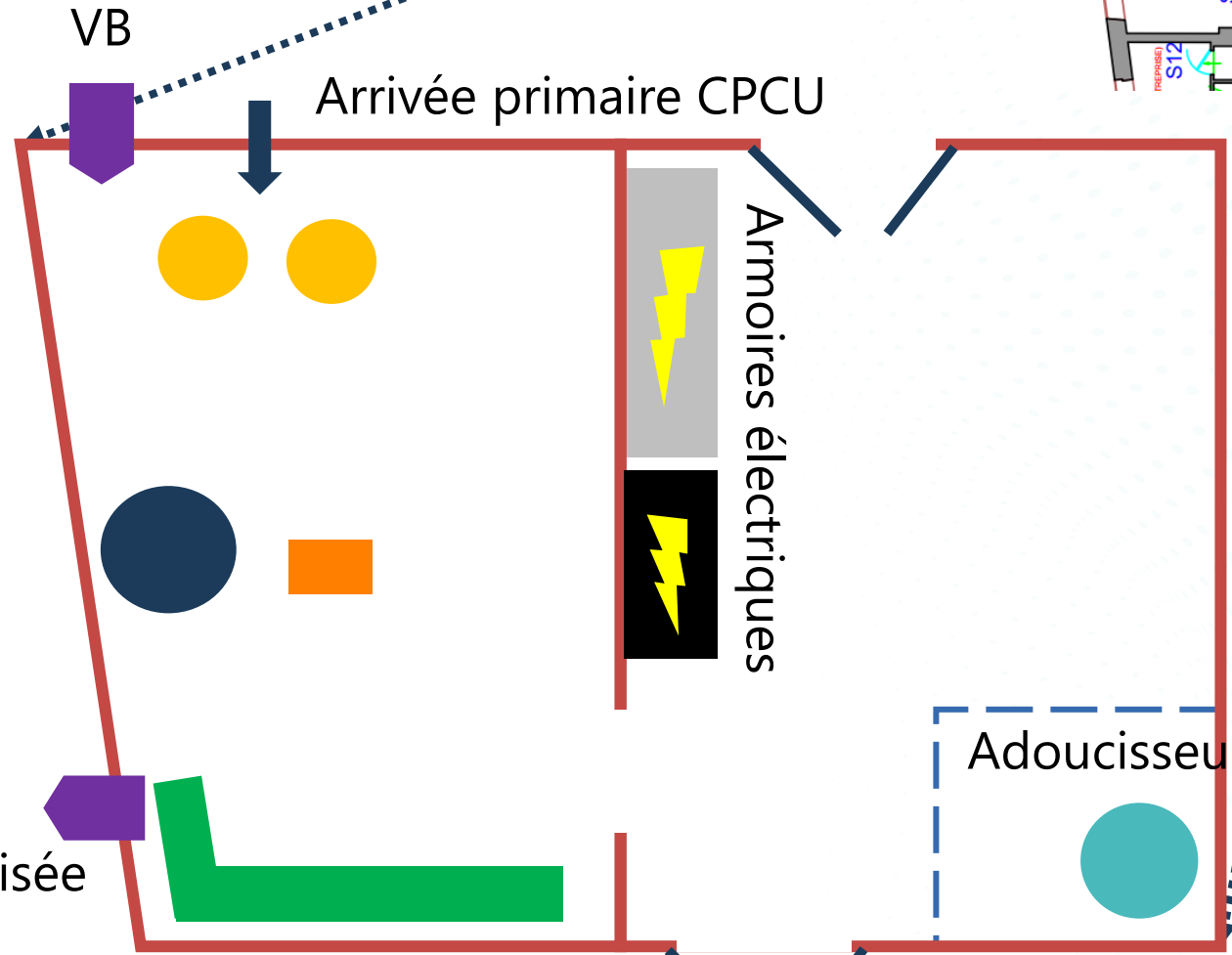
## A SAVOIR :

- Pas de problématique de distribution du futur réseau de géothermie
- Porte bleue (photo n°1) accès uniquement ENEDIS => A récupérer pour pose du réseau
- Futur projet 2 x DN 80 + 2 x 2,5 cm d'isolant anti-condensation

# AMÉNAGEMENT CHAUFFERIE

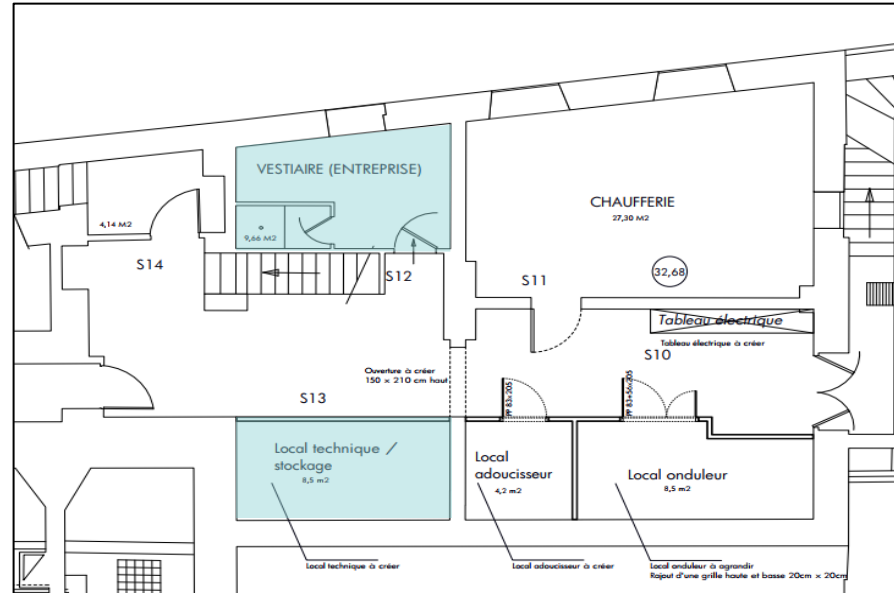
-  Echangeur CPCU
-  Ballon ECS
-  Echangeur ECS
-  Panoplies secondaires
-  PAC
-  VMC local PAC

VH  
mécanisée



# IMPLANTATION LOCAL PAC (CHAUD + FROID)

Proposition : 18,5m<sup>2</sup>



Vous trouverez ci-dessus une proposition d'intégration des équipements de géothermie. A noter qu'idéalement, il est préférable d'obtenir un espace de 30 m<sup>2</sup> au global pour l'ensemble des équipements.

La solution serait donc de faire rentrer dans la chaufferie certains équipements volumineux (exemple, le ballon tampon).

**En tout état de cause, nous attirons votre attention sur le fait que les installations, bien que maintenables, seront dans des espaces restreints.**

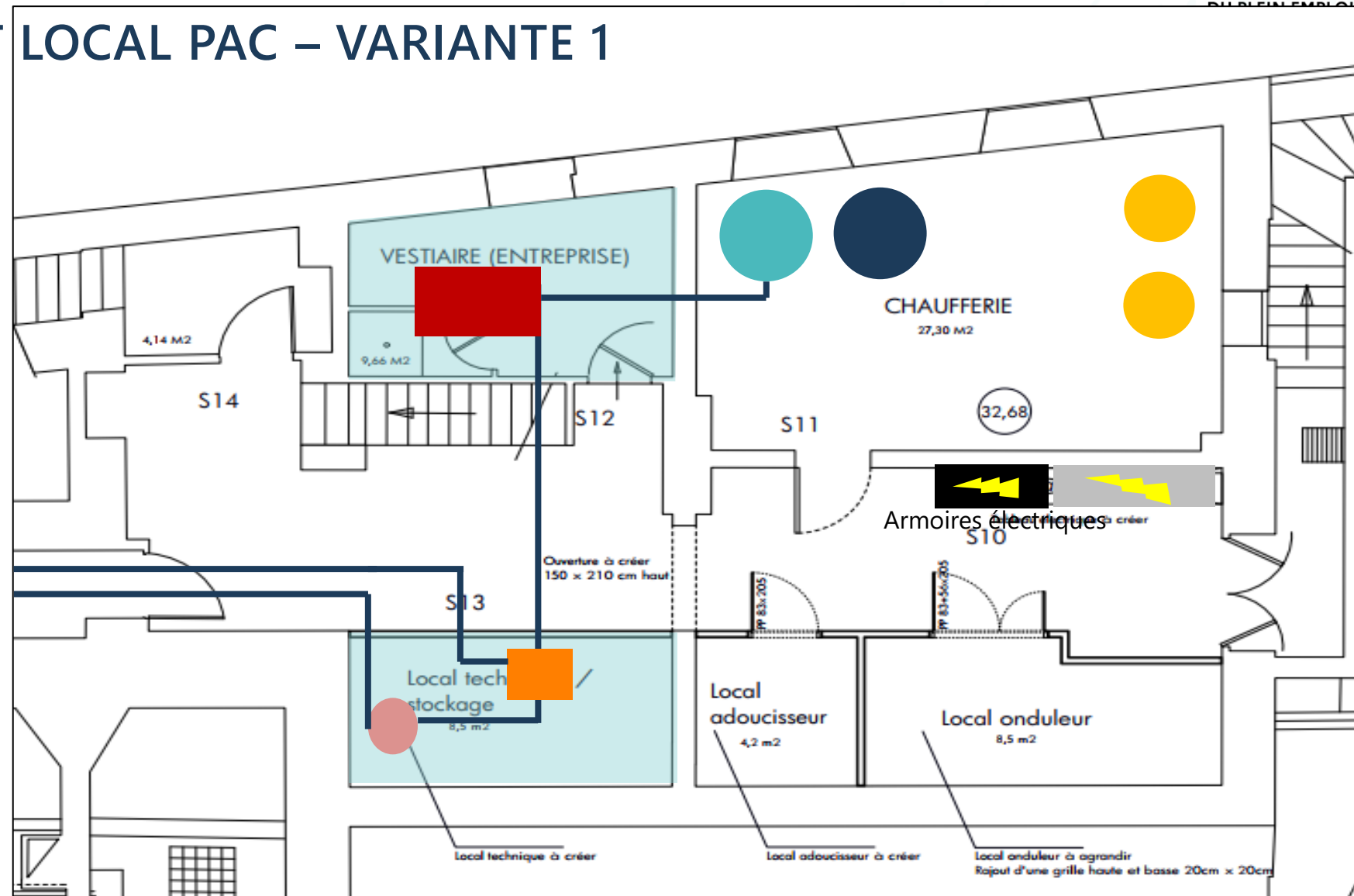
Il sera nécessaire de réaliser les actions suivantes :

- Implanter le ballon tampon PAC dans sous-station
- Traverser le voile séparant les vestiaires vers la chaufferie



# AMÉNAGEMENT LOCAL PAC – VARIANTE 1

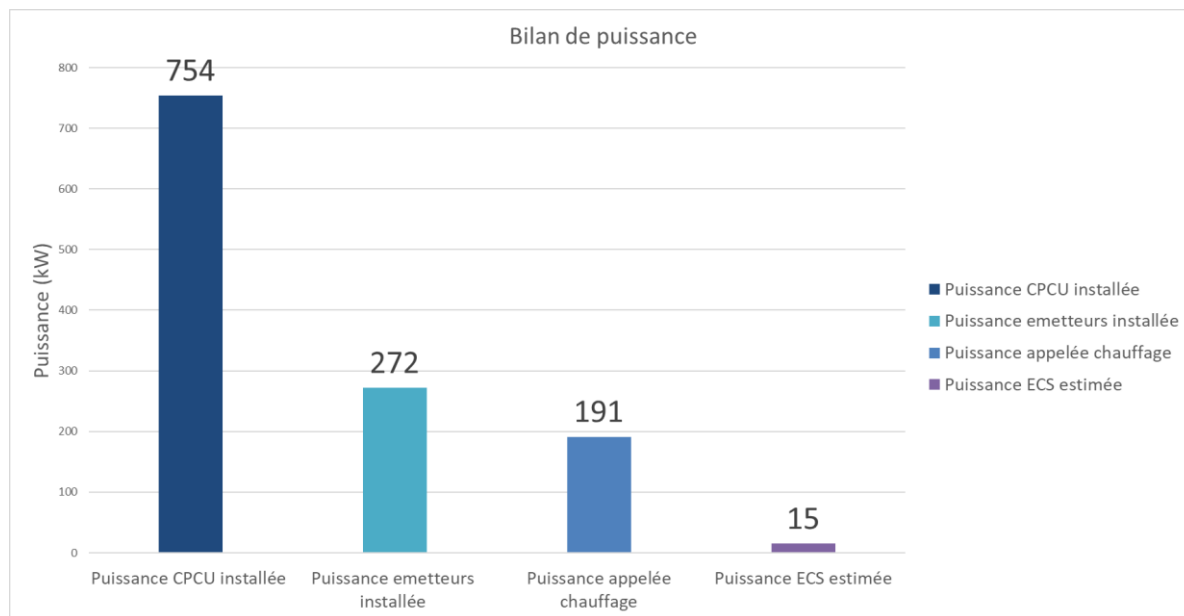
-  Echangeur CPCU
-  Ballon ECS
-  Echangeur Géo
-  Ballon Tampon
-  PAC
-  Filtre eau géothermale



# PRODUCTION CPCU

Suite à l'état des lieux nous avons pu constater que les échangeurs CPCU actuels sont surdimensionnés

Afin d'ajuster la puissance réellement nécessaire, nous avons estimé la puissance hydraulique appelée pour l'entièreté du site :



- La puissance émetteurs installée reste plus cohérente bien que plus importante que la puissance appelée
- La part d'ECS reste négligeable face à la part de chauffage (4% contre 96% selon l'audit d'Altérea)
- Choix de considérer la puissance émetteur installée pour le reste de l'étude afin d'englober la puissance ECS ainsi qu'une marge en puissance

T° extérieure	Nj	Puissance (kW)	Besoins (MWh)
-5	2	191	9
-4	3	183	13
-3	3	175	13
-2	3	166	12
-1	5	158	19
0	6	150	22
1	7	141	24
2	8	133	26
3	9	125	27
4	11	116	31
5	12	108	31
6	13	100	31
7	15	92	33
8	16	83	32
9	17	75	31
10	18	67	29
11	18	58	25
12	16	50	19
13	13	42	13
14	10	33	8
15	8	25	5
16	6	17	2
17	4	8	1
18	3	0	0
T > 18	139	0	0
<b>Total</b>	<b>365</b>		<b>454</b>

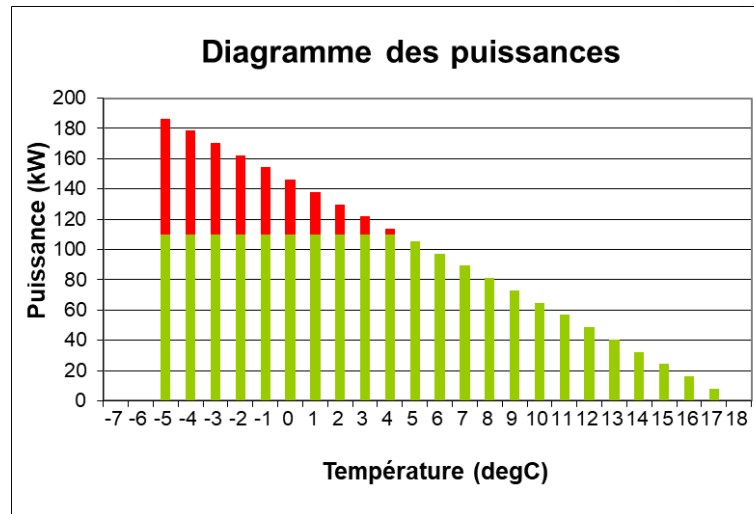
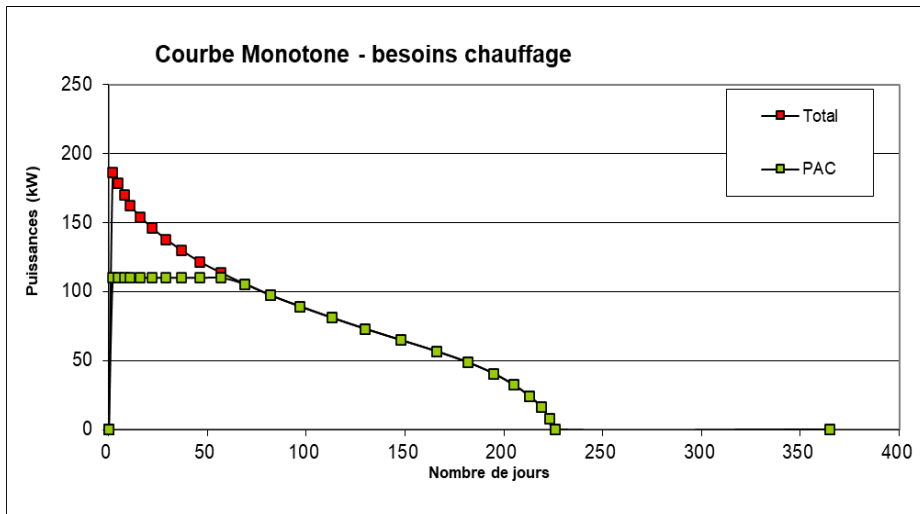
Puissance CPCU installée :  
 $272 \times \frac{2}{3} = 190 \text{ kW unitaire}$   
 soit 380 kW en totalité (2219 DJU)

# PRODUCTION GEOTHERMIE

La production de géothermie a été étudiée pour couvrir les besoins de chauffage.  
Notre référence sera donc la puissance appelée chauffage soit **191 kW**

## A savoir :

- C'est la puissance côté évaporateur (source de géothermie) qui est dimensionnante pour la PAC
- Il n'est pas pertinent de couvrir l'intégralité de la puissance appelée car le COP s'en retrouve fortement dégradée
- Les DJU sont réajustés pour une année type, ici pour 2275 DJU
- Il faut donc choisir la puissance de PAC permettant de couvrir un maximum des besoins sur toute l'année



T° extérieu re	Nj	Puissance (kW)	Besoins (MWh)
-5	2	187	8,96
-4	3	178	12,85
-3	3	170	12,27
-2	3	162	11,68
-1	5	154	18,50
0	6	146	21,03
1	7	138	23,17
2	8	130	24,92
3	9	122	26,29
4	11	114	29,99
5	12	105	30,38
6	13	97	30,38
7	15	89	32,13
8	16	81	31,16
9	17	73	29,79
10	18	65	28,04
11	18	57	24,54
12	16	49	18,69
13	13	41	12,66
14	10	32	7,79
15	8	24	4,67
16	6	16	2,34
17	4	8	0,78
18	3	0	0,00
T > 18	139	0	0,00
Total	365		<b>443</b>

# LES POMPES A CHALEUR - EQUIPEMENTS

En faisant le choix optimum d'une pompe à chaleur de **110 kW** nous constatons :

1

La PAC assure encore 50% des besoins de chauffage jusqu'à une température extérieure de -3°C.  
A titre informatif, les dimensionnements des installations de chauffage dans Paris se font pour une température minimum de -5°C

2

La PAC assure 100% des besoins de chauffage jusqu'à une température extérieure de 5°C soit environ 2/3 de l'année

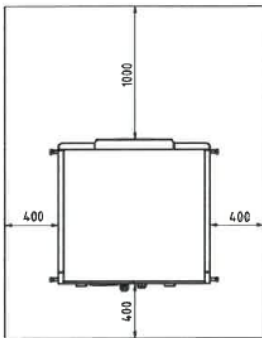
T° extérieure	Puissance (kW)	
°C	PAC	CPCU
-5	110	77
-4	110	68
-3	110	60
-2	110	52
-1	110	44
0	110	36
1	110	28
2	110	20
3	110	12
4	110	4
5	105	0
6	97	0
7	89	0
8	81	0
9	73	0
10	65	0
11	57	0
12	49	0
13	41	0
14	32	0
15	24	0
16	16	0
17	8	0
18	0	0
T > 18	0	0



# LA POMPES A CHALEUR - EQUIPEMENTS



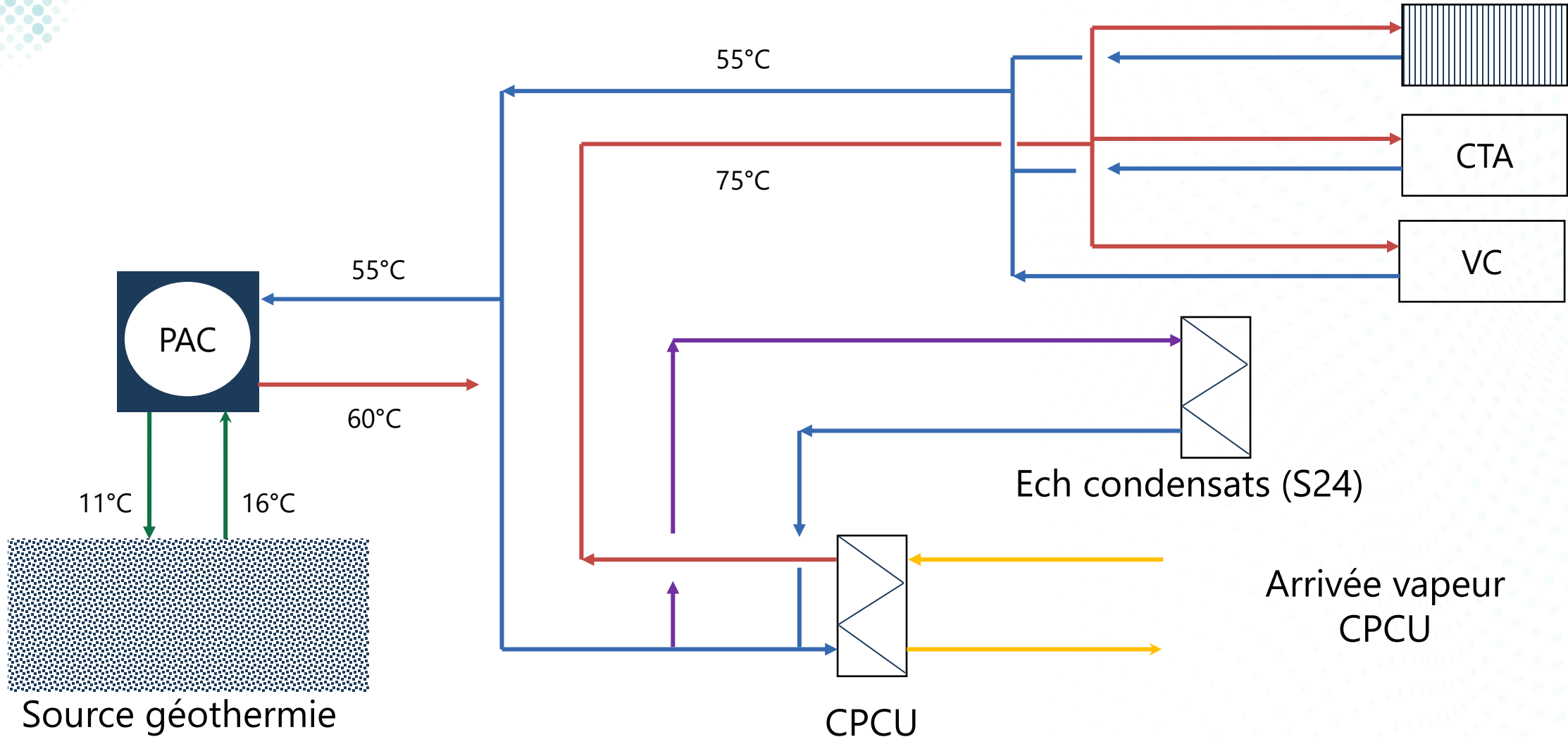
- Les pompes à chaleur ont été conçues pour être installées dans un local technique et protégées des intempéries.
- La PAC ne doit pas être posée sur une chape liquide (bruit de structure).
- Nous conseillons l'utilisation d'un socle en béton.
- Un espace libre d'au minimum 400 mm est à respecter sur les côtés suivants : droit, gauche, dessus.
- Un espace libre d'au minimum 400 mm est à respecter sur l'arrière.
- Un espace libre d'au minimum 1000 mm est à respecter sur le devant.



## Caractéristique de la PAC :

- Type : eau/eau
- Fluide : r410a (voir la réglementation F-Gaz - <https://www.greentechjournal.fr/reglementation-f-gaz/>)
- Marque : Waterkotte / Nibe / Ecoforest
- Réversible active
- Régulation à 2 étages 50 % / 100 %
- Dimensions : L1400 x H1565 x P850
- La PAC peut être implantée dans les diverses solutions proposés.

# POMPES A CHALEUR – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



# DISTRIBUTION, RÉGULATION PRIMAIRE ET TERMINALE

## Régulation primaire

- ☐ Remplacement de tous les régulateurs existant
- ☐ Mise en place d'une sonde de température extérieure (Nord) afin de rendre autonome les installations
- ☐ Pilotage de toutes les installations depuis la GTB
- ☐ Mise en place de sondes d'ambiance par locaux selon les différents départs chauffage



## Distribution

- ☐ Réfection du calorifuge sur l'entièreté du réseau de distribution
- ☐ Remplacement des pieds de colonne vétuste
- ☐ Equilibrage de l'installation
- ☐ Mise en place de purgeur en partie haute
- ☐ Mise en place d'un désemboueur
- ☐ Mise en place d'un dégazeur



## Régulation terminale

- ☐ Remplacement/mise en place de sondes de température déportées pour les radiateurs encoffrés ou dont le robinet thermostatique est en partie haute



# ÉMISSIONS (1/2)

Comme évoqué précédemment dans le rappel des prescriptions CVC du CCTP marché :

## CHAUFFAGE

Installation CPCU entièrement rénovée

Les radiateurs hydraulique et électriques seront conservés

Les CTA simple flux du bâtiment central seront remplacées ainsi que les réseau aéraulique

Remplacement des ventilo-convecteurs du R+1 (Bâtiment central)

Mise en place de caniveaux chauffants au droit de chaque porte/fenêtre du RDC/R+1 (Bâtiment central)

Remplacement des batteries des CTA et ventilo-convecteurs

Repositionnement des grilles de soufflage/reprise des CTA du RDC (Bâtiment central)

Ajout radiateur dans la nouvelle chambre Ministre (Local G102)

Ajout d'un plancher chauffant situé dans vestibule H24

## CLIMATISATION

Mise en place d'un VRV type air/eau indépendant pour les batteries des CTA RDC et des ventilo-convecteur du RDC/R+2 qui seront alimentées en eau glacée => Mise en place de batteries froides

Nouveau système de climatisation pour l'ensemble des locaux, assuré par VRV multi-split à détente directe => Mise en place de batteries froides

Installation de cassettes murales dans chaque bureau, couplées aux radiateurs existants + unités extérieures sur plateforme technique en toiture bâtiment centrale => VRV multi-split à détente directe

**Les typologies des équipements sont détaillées dans le CCTP**



# ÉMISSIONS (2/2) – LES BONNES PRATIQUES

## La diffusion de chaleur et le confort occupant :

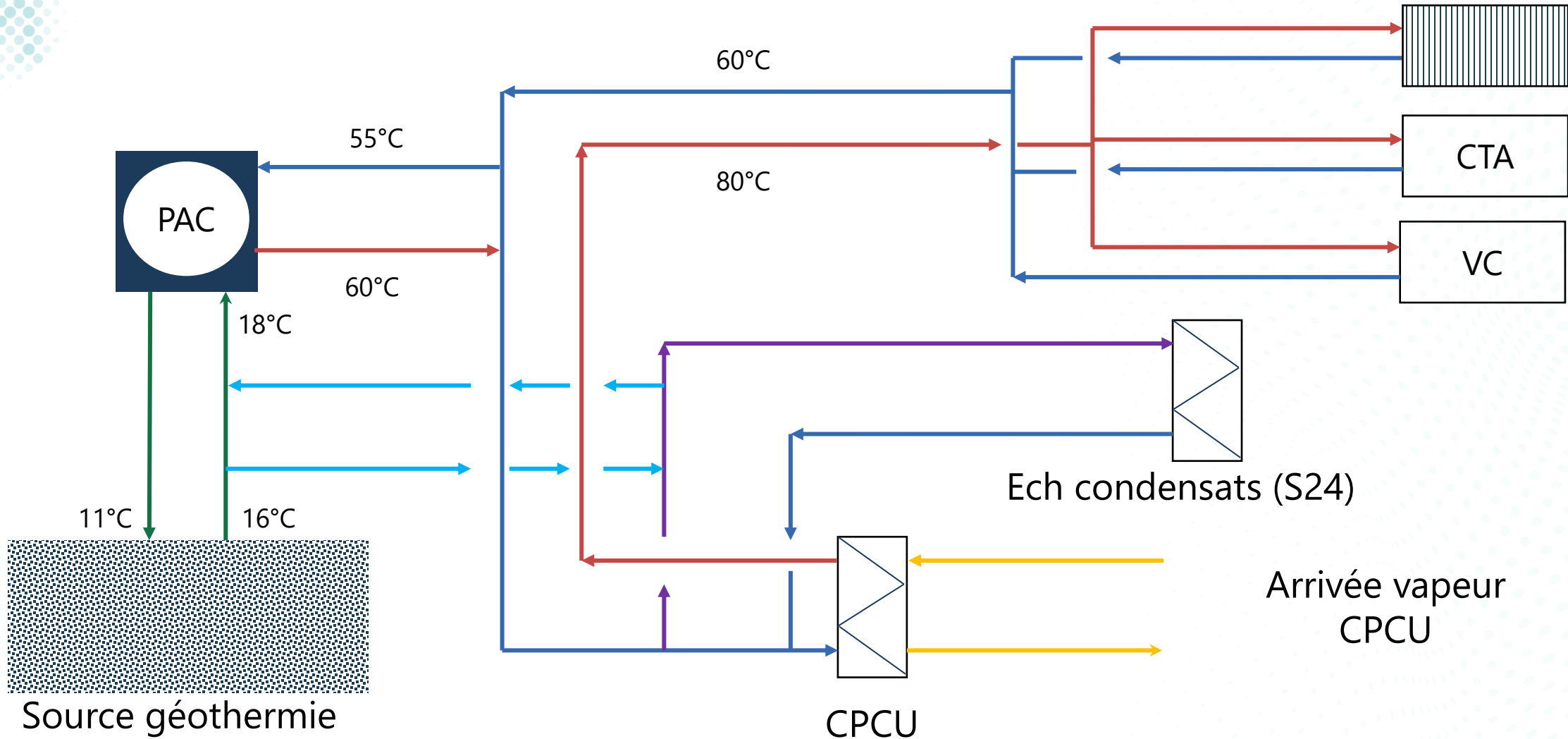
Dans ce type de bâtiment il arrive très fréquemment que certains radiateurs ne diffusent que partiellement ou ne diffusent pas de chaleur. Ceci peut être dû à :

1. Un dysfonctionnement de l'équilibrage au sein de l'installation
2. Des pompes chauffages mal dimensionnées (ne pouvant pas vaincre les pertes de charge du circuit potentiellement très emboué)
3. Un embouage partiel – Radiateur encrassé et réseau peu encrassé
4. Un embouage complet – Radiateur + réseau sévèrement encrassé
5. Des radiateurs obstrués par du mobilier

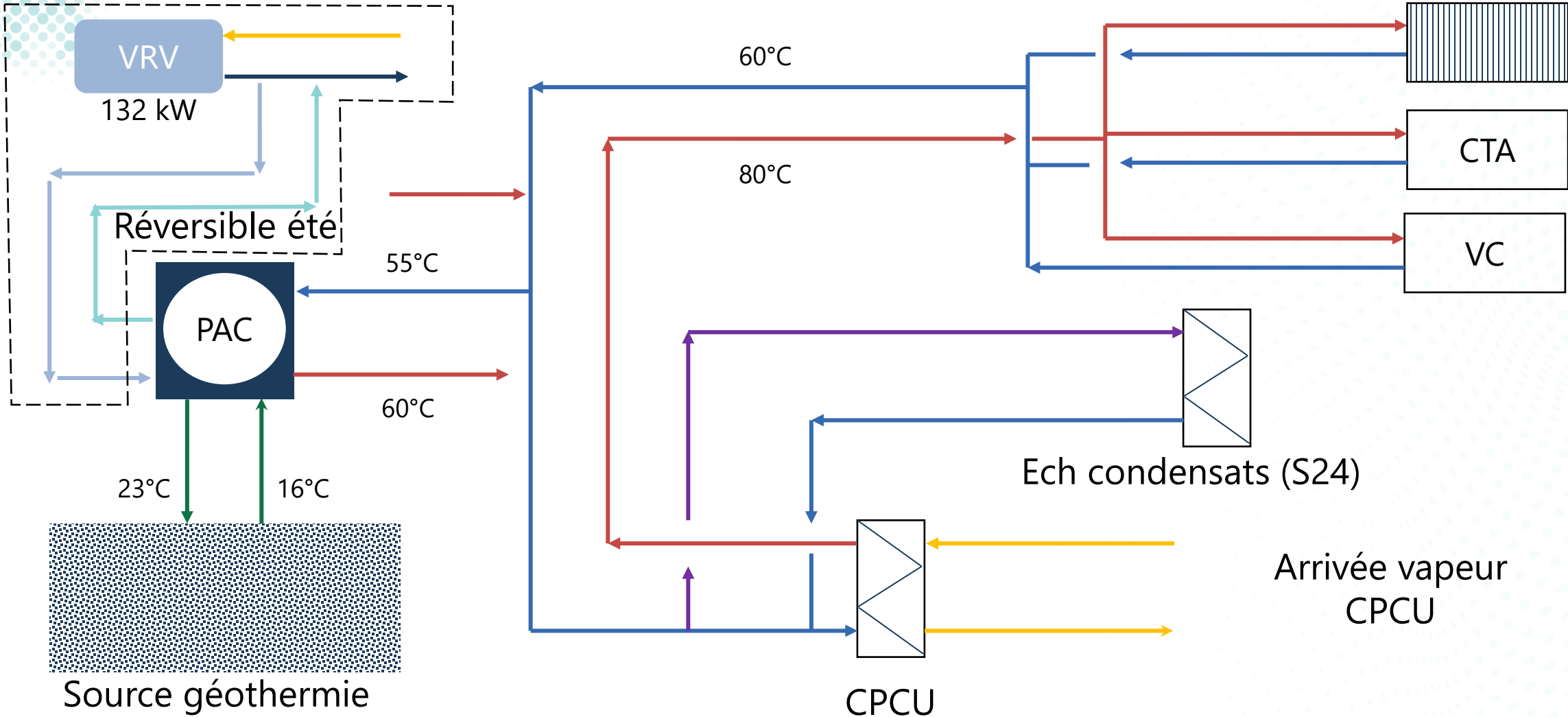
Les solutions d'optimisations seraient donc les suivantes :

1. Equilibrage - courbe de chauffe à ajuster
2. Dimensionnement des nouvelles pompes
3. Prévoir un rinçage des radiateurs concernés
4. Prévoir un désembouage très lent, diffus et non agressif + un rinçage des radiateurs - **ATTENTION dans le cas de réseaux vétustes et bâtiments classés**
5. Mise en place de robinets thermostatiques avec bulbes déportés ; déplacement du mobilier

# OPTIMISATION – PRÉCHAUFFAGE GÉOTHERMIE

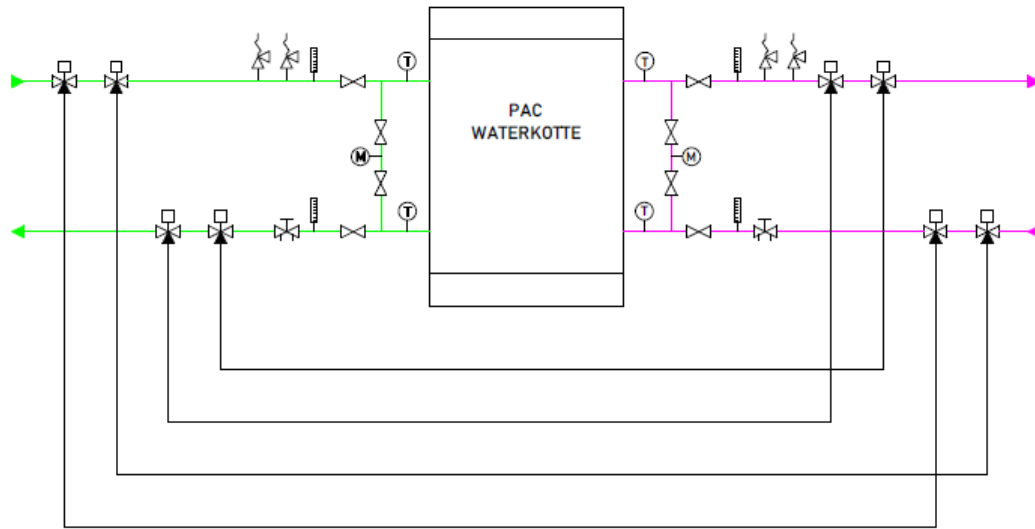


# OPTIMISATION – RAFRAICHISSEMENT ESTIVALE

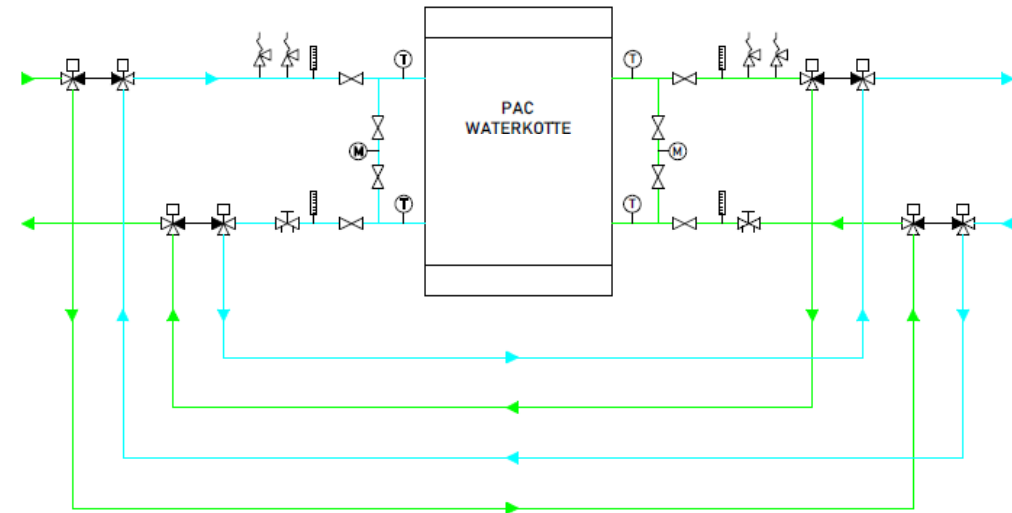


# OPTIMISATION – FONCTIONNEMENT CHAUD/FROID

FONCTIONNEMENT HIVER



FONCTIONNEMENT ETE



Vous trouverez ci-dessus un exemple de fonctionnement de la PAC en mode été/hiver ainsi que le jeu de vanne associé.



# DIMENSIONNEMENT INSTALLATION ELECTRIQUE

Selon les échanges avec notre interlocuteur de l'Hôtel du Châtelet, la puissance souscrite actuelle est de **103 kVA (Tarif Jaune)**.  
A savoir que la limite haute d'un tarif jaune est de **240 kVA** nous vous exposons le bilan électrique suivant :

Bilan de puissance électrique	
Tarif jaune (kVA)	240
Actuelle (kVA)	103
Puissance disponible (kVA)	137
Équipement (kVA)	Puissance souscrite (kVA)
PAC (kVA)	35
Pompes géothermie (kVA)	45
Circulateurs supplémentaires (kVA)	8
Bornes supplémentaires (kVA)	100
Total supplément (kVA)	188
Surplus (kVA)	-51

1

Augmentation du tarif électrique souscrit  
+ modification du TGBT (Transformateur +  
remplacement des protections électriques en tête  
= **60 k€**

2

Revoir à la baisse le nombre de bornes électriques  
supplémentaires

Vous trouverez ci-dessous l'extrait du CCTP lot N°9 – Electricité concernant les bornes électriques. Vous noterez une « coquille » sur le nombre de bornes 2\*7kVA. Il est indiqué 4 bornes et 3 emplacements :

- La fourniture, pose et raccordement de 1 borne de recharge mural de prises de 2x22kVA de référence Style Pro 22 kVA Business Line de total Energie ou équivalent : cette borne sera mise dans la courette Est.
- La fourniture et pose de 4 bornes de recharge mural de prises de 2x7kVA de référence Style Pro 7 kVA Business Line de total Energie ou équivalent répartie de la façon suivante :
  - 2 unités dans la cour Ouest
  - 1 unité dans la cour Est.

# SYNTHESE/PRIORISATION ACTION DE CHAUFFAGE

## Légende

- 1** Action prioritaire  
Équipement défectueux
- 2** Action nécessaire de  
faible investissement
- 3** Action de remplacement  
à l'identique
- 4** Action d'amélioration

Complément :  
Cf fiche de synthèse  
travaux anticipés

Préconisations	Nature	
Mise en place d'une régulation primaire fonctionnelle (régulateur + sonde de température extérieure) Remplacement de l'armoire électrique	Régulation	1
Abaissement de la température intérieur 23°C => 20°C	Exploitation	1
Mise en place d'un schéma de comptage	Exploitation	1
Remplacement des échangeurs CPCU	Chauffage	2
Mise en place d'une PAC eau/eau géothermique	Chauffage	4
Redimensionnement de la ventilation de la chaufferie : Respect d'une température intérieure de 40°C => 900m3/h (Prescription CPCU) Mise en place d'une ventilation dans le local S24 (Echangeur condensats)	Chauffage	2
Remplacement des ventilo-convecteurs du R+1 (Corps du logis)	Chauffage	3
Mise en place de caniveaux chauffants au droit de chaque porte/fenêtre du RDC/R+1 (Corps du logis)	Chauffage	4
Remplacement des batteries des CTA et ventilo-convecteurs	Chauffage	3
Repositionnement des grilles de soufflage/reprise des CTA du RDC (Corps du logis)	Chauffage	2
Ajout radiateur dans la nouvelle chambre Ministre (Local G102)	Chauffage	4
Ajout d'un plancher chauffant situé dans vestibule H24	Chauffage	4
Calorifuge du réseau en chaufferie et de distribution	Chauffage	1
Remplacement/mise en place de sondes de température déportées pour les radiateurs encoffrés ou dont le robinet thermostatique est en partie haute	Régulation	4

# PARTIE 5

## 5. Projet sous-sol

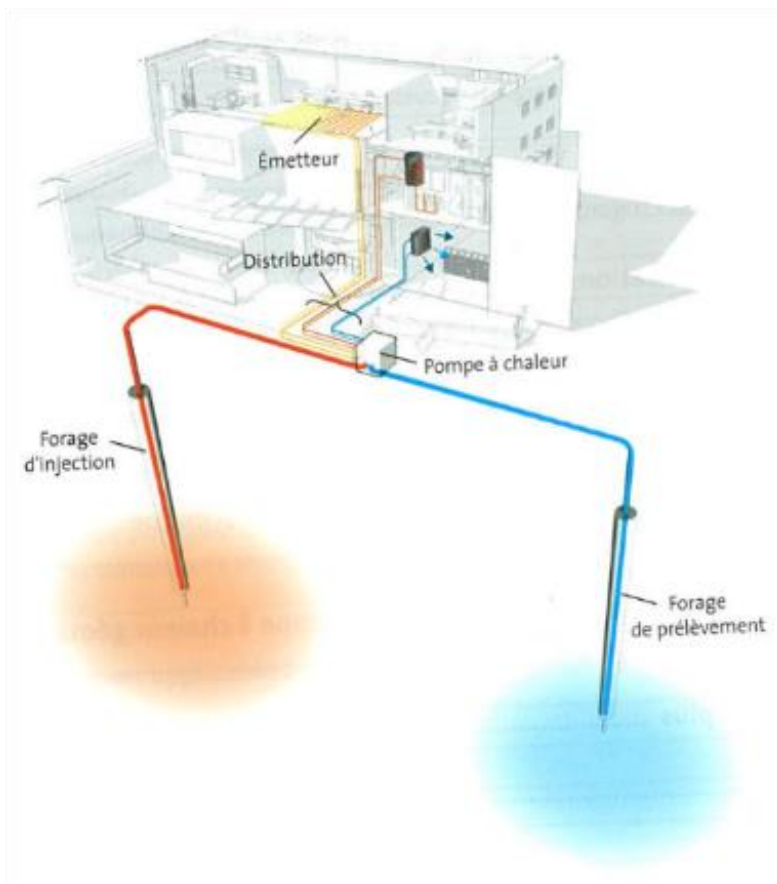
# LA GÉOTHERMIE SUR NAPPE :

## Le principe :

- La géothermie sur nappe consiste à pomper l'eau d'une nappe souterraine au travers d'un forage de production et de faire passer cette eau dans un échangeur thermique à plaques pour y puiser des calories avant de la réinjecter via un second forage, dit forage injecteur.

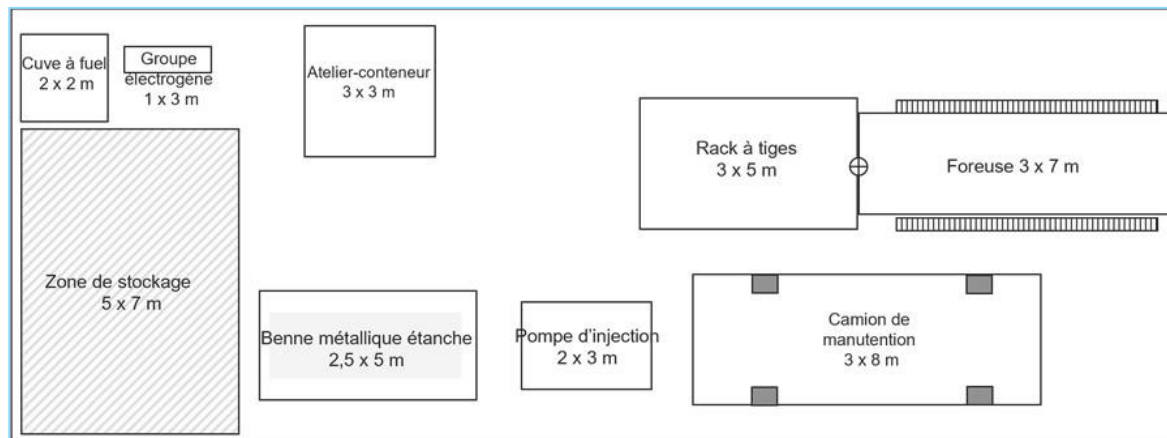
## Avantages :

- > Flexibilité et température constante
- > Energie renouvelable locale minimisant l'apport énergétique extérieur pour son fonctionnement
- > Rendement très important ( $COP > 4$ )





# DESCRIPTIF DES ÉQUIPEMENTS GÉOTHERMIQUES :



Possibilité de mise en place de bâche anti-bruit pour réduire les nuisances sonores lors des travaux (travaux uniquement diurnes)



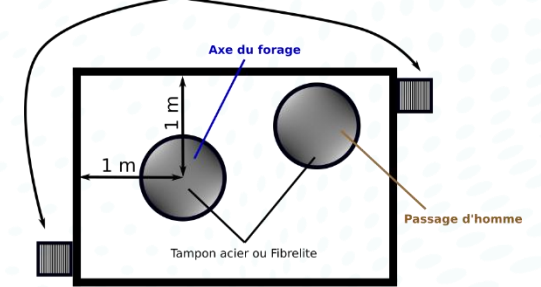
# DESCRIPTIF DES ÉQUIPEMENTS GÉOTHERMIQUES :



Exemple d'un regard de forage de pompage géothermique



Grilles d'aération



Regard ( 3 x 2 x 2 m intérieur)



Équipement spécifiques pour la géothermie en local :



# DESCRIPTIF DES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN :

- Visites trimestrielles de contrôle visuel de la chambre de forage par un technicien (1/2 journée) ;
- Entretien du forage tous les 9 ans :
  - Nettoyage / brossage de l'ouvrage (2 semaines d'intervention) ;
  - Remplacement des pompes / inspection caméra ;
  - Utilisation de trépied avec treuil (à la place d'un engin de levage type Manitou).
  - Intégration d'une paroi provisoire acoustique et esthétique associée lors de la maintenance
- L'utilisation d'un trépied avec treuil nécessite d'adapter la hauteur des tiges lors de l'équipement du forage



**Trépied avec treuil**

## Remarques :

- Réduire la phase d'entretien à 2 semaines est envisageable, notamment via une adaptation du protocole de maintenance. Il faudra cependant confirmer cette possibilité avec l'entreprise en charge de la maintenance après réalisation du forage de reconnaissance car la durée de l'intervention dépend de la formation et de la lithologie réelle du site.
- Réalisation d'un local enterré au droit des puits injecteurs :
- Etude de faisabilité technique à prévoir dans le cadre d'une étude de maîtrise d'œuvre.
- Les entretiens pourront être réalisés en été (courant août)



# VARIANTE DE RACCORDEMENT

Implantation des forages :

- écartement ~65m

Deux forages producteurs et deux forages injecteurs seront nécessaires afin de sécuriser les débits nécessaires au bon fonctionnement de l'installation et à sa pérennité.

L'acheminement de la machine de forage pour la réalisation des forages producteurs nécessitera soit l'agrandissement du passage existant soit le grutage de la machine.

Prévoir un rejet à l'égout pour le rétrolavage.



# VARIANTE DE RACCORDEMENT

Implantation des forages :

- écartement ~65m entre forage injecteurs et producteurs

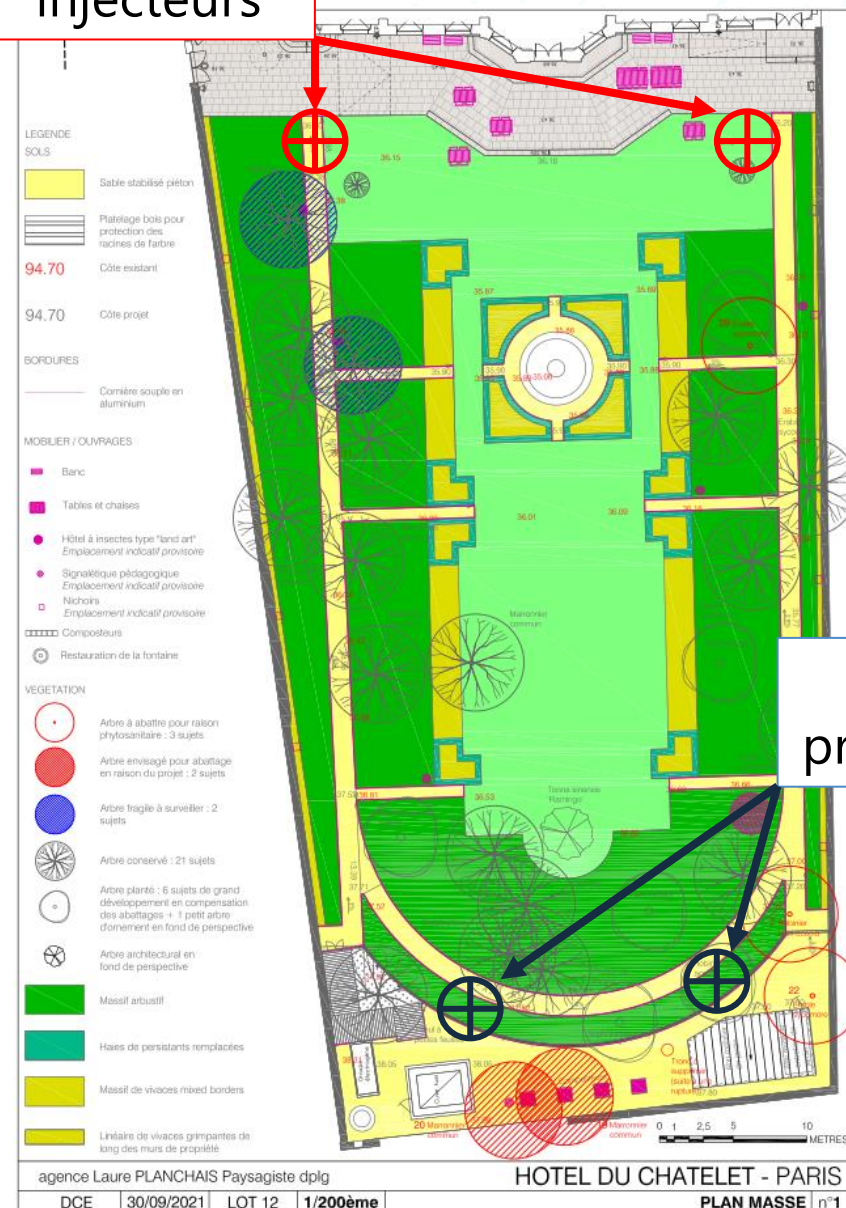
Deux forages producteurs et deux forages injecteurs seront nécessaires afin de sécuriser les débits nécessaires au bon fonctionnement de l'installation et à sa pérennité.

L'acheminement de la machine de forage pour la réalisation des forages producteurs nécessitera soit l'agrandissement du passage existant soit le grutage de la machine.  
Prévoir un rejet à l'égout pour le rétrolavage.

**L'implantation définitive des forages pourra être figée ultérieurement en fonction des contraintes d'exploitation du site.**

**Le forage injecteur à proximité de la salle des Accords (situé en haut à droite du plan) devra être implanté hors de la vue depuis cette salle historique.**

Forages injecteurs



Forages producteurs



# BESOINS DU SCÉNARIO GÉOTHERMIE

Les besoins du scénario géothermie ont été ajustés en fonction de la modélisation de l'impact de l'installation

Mode	Côté bâtiment		Côté sous-sol		Delta de température	Débit de pointe sur nappe
	Puissance P bâtiment	Energie E bâtiment (hors ECS)	Puissance P géothermique	Energie E géothermique		
Chauffage	110 kW (59%)	347 MWh (78%)	83 kW	260 MWh	-5°C	14 m³/h
Climatisation	132 kW (60%)	240 MWh (80%)	161 kW	260 MWh	+7°C	20 m³/h

COP : 4 / EER : 4,5

- Afin de limiter l'impact du panache thermique ainsi que le recyclage, il est essentiel que les besoins du projet soient équilibrés.
- L'espacement entre les forages pourra jouer sur le recyclage mais aussi sur l'impact au niveau des exploitations voisines qu'il conviendra de vérifier.

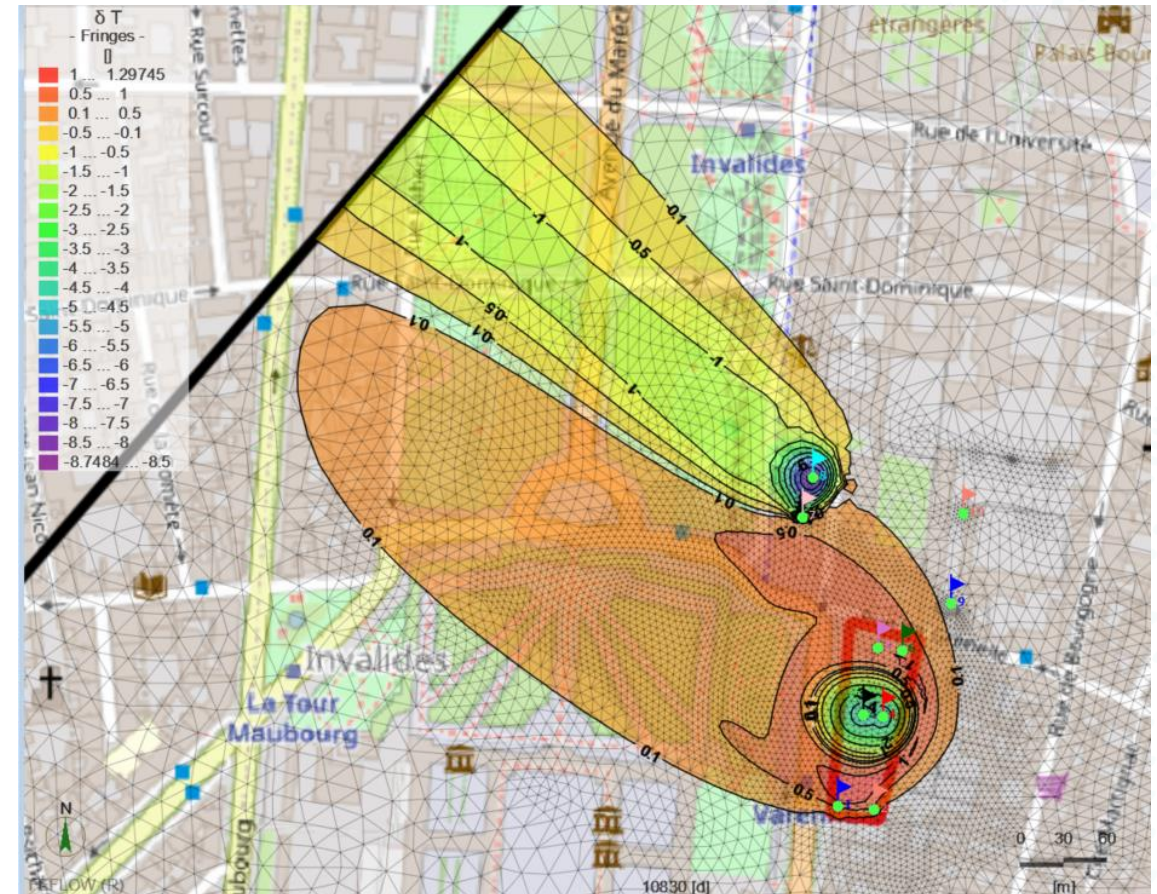
# MODÉLISATION GÉOTHERMIQUE

L'implantation côté jardin permet de limiter au maximum l'impact sur les installations voisines sans remettre en cause la pérennité de l'installation envisagée.

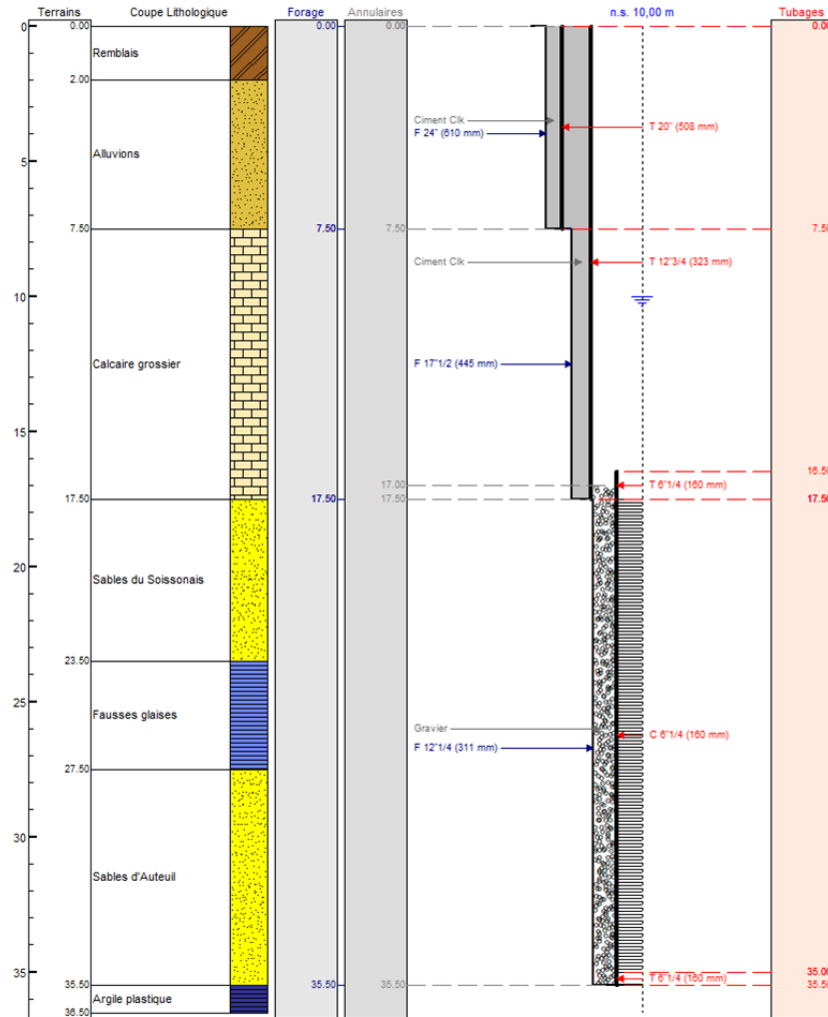
Recyclage en °C	Implantation jardin
FP1	0,6°C
FP2	0,12°C

Impact sur l'installation rue Talleyrand selon la saison :

- 0,49°C à 0,45 °C d'impact



# COUPE TECHNIQUE DES OUVRAGES



## Forage de reconnaissance géothermique :

- Profondeur du forage : 35,5 m
- Epaisseur captée : 18 m
- Diamètre ext crépine : 160 mm
- Débit par puit : 15 m<sup>3</sup>/h (selon pompe retenue et PDC réelles)
- Test de la productivité des Calcaires de Lutétien : 17,5 m

Il sera nécessaire de réaliser des forages de reconnaissance géophysique préalable aux travaux de géothermie pour confirmer la profondeur et l'épaisseur des sables Yprésiens.

# PARTIE 6

## 6. Budget

# ESTIMATION COÛT DES TRAVAUX DE SURFACE (ÉQUIPEMENTS)

Prestation	Montant (€HT)	Montant (€TTC TVA 20%)
Travaux préparatoires administratifs	21 000,00 €	25 200,00 €
Travaux d'aménagement de la sous-station CPCU	31 000,00 €	37 200,00 €
Équipement de production - Sous-station CPCU	150 000,00 €	168 000,00 €
Équipement de production - Remplacement échangeur d'évacuation de la chaleur des condensats	30 000,00 €	36 000,00 €
Équipements Géo - LOCAL PAC	130 000,00 €	156 000,00 €
Cheminement du réseau de géothermie	140 000,00 €	180 000,00 €
Électricité et régulation	62 000,00 €	74 400,00 €
Finitions	18 000,00 €	21 600,00 €
MOE	40 000,00 €	48 000,00 €
Aléas CVC (+15%)	93 000,00 €	111 600,00 €
<b>Total</b>	<b>715 000,00 €</b>	<b>858 000,00 €</b>



# ESTIMATION COÛT DES TRAVAUX DE SOUS-SOL (FORAGE)

Désignation	Yprésien - 2 forages de 35 m
<b>Résultat énergétique (hors pic)</b>	
Puissance couverte en chaud / en froid	110 kW / 132 kW
Energie couverte chauffage / climatisation	347 MWh/an (78 %) / 240 MWh/an (80 %)
<b>Résultat financier</b>	
<b>Phase de reconnaissance (€ HT)</b>	
Phase de reconnaissance (y compris rebouchage)	89 000
Reconnaissance géophysique	15 000
Assurance AQUAPAC recherche (5%)	4 000
<b>TOTAL Reconnaissance</b>	<b>108 000 € HT</b>
<b>Phase définitive (€ HT)</b>	
Travaux de forages définitifs	230 000
Equipement des forages (y compris rétrolavage)	140 000
Raccordement	Evaluation par SERMET
Chambres de forage	50 000
Equipement en local PAC	60 000
<b>TOTAL Phase définitive</b>	<b>480 000 € HT</b>
<b>TOTAL Investissement + aléa 5%</b>	<b>~ 605 000 € HT</b>
<b>TOTAL avec TVA 20%</b>	<b>~ 726 000 € TTC</b>
<b>En complément du montant de travaux</b>	
Maitrise d'Œuvre géothermique	50 000 € HT
Assurance AQUAPAC Recherche/Pérennité	17 000 € HT

**Les résultats de la phase de reconnaissance permettent de conclure sur le potentiel exact de la nappe sur site.**

**Trois scénarios sont possibles :**

- Le forage présente le débit attendu : les travaux des autres forages peuvent commencer, les besoins estimés dans l'étude de faisabilité seront couverts par la géothermie ;
- Le forage présente un débit suffisant mais plus faible qu'estimé : le dimensionnement de la solution sera réajusté en vérifiant la pertinence de la solution ;
- Le forage présente un débit insuffisant : l'ouvrage sera rebouché et remboursé par l'assurance « AQUAPAC Recherche » si souscrite. Cette assurance est estimée à 17 000€HT (incluant les phases « recherche » et « exploitation »).

**Subventions possibles :**

- Certificat d'économie d'énergie (CEE)

# ESTIMATION COÛT D'EXPLOITATION GÉOTHERMIE

Désignation	Yprésien 4 forages de 35 mètres
<b>Résultat financier exploitation</b>	
<b>Cout P1– Consommation électrique pompe immergée</b>	4100 € TTC/a (17,3 MWh/an)
<b>Cout P2 - Visites mensuelles</b>	4 700 € TTC/a
<b>Cout P3 - Régénération des forages (5 à 8 ans) et changement des pompes</b>	10 100 € TTC/a

# ESTIMATION COÛT GLOBAL DES TRAVAUX (HORS EXPLOITATION)

Prestation	Montant (€HT)	Montant (€TTC TVA 20%)
Travaux préparatoires administratifs	21 000,00 €	25 200,00 €
Travaux d'aménagement de la sous-station CPCU	31 000,00 €	37 200,00 €
Equipement de production - Sous-station CPCU	140 000,00 €	168 000,00 €
Equipement de production - Remplacement échangeur d'évacuation de la chaleur des condensats	30 000,00 €	36 000,00 €
Equipements Géo - LOCAL PAC	130 000,00 €	156 000,00 €
Cheminement du réseau de géothermie	150 000,00 €	180 000,00 €
Electricité et régulation	62 000,00 €	74 400,00 €
Finitions	18 000,00 €	21 600,00 €
Travaux de forage/sous-sol (hors MOE)	640 000,00 €	768 000,00 €
MOE	90 000,00 €	108 000,00 €
Aléas CVC (+15%)	93 000,00 €	111 600,00 €
<b>Total</b>	<b>1 405 000,00 €</b>	<b>1 686 000,00 €</b>

# PARTIE 7

## 7. Scénarisation

# PRÉAMBULE

Dans le chapitre précédent nous avons démontré via l'état des lieux et l'analyse technique sous-sol et surface les possibilités de réalisation du projet de géothermie au sein de l'Hôtel du Chatelet.

Dans ce chapitre, nous allons proposer plusieurs scénarii d'étude permettant d'atteindre différents taux d'Energie renouvelable (= quantité d'énergie renouvelable produite par rapport à la quantité produite par énergie fossile ou autre).

SERMET et STRATEGEO proposent les 3 scénarii suivants :

- Scénario N°1 – Maintien du fonctionnement actuel non optimisé (23-25°C intérieur)
- Scénario N°2 – Abaissement de la température intérieure à 20°C-21°C intérieur
- Scénario N°3 – Scénario ADEME soit 19°C intérieur

Quelque soit le scénario choisi, le dimensionnement des installations permet de réguler sur une base de 23 à 25°C pouvant être réduite à 19°C

*Les 3 scénarii portent le même montant d'investissement.*



# HYPOTHÈSES

## Consommation chaud/froid :

- Chaud :
  - Consommation moyenne sur les 3 dernières années
  - Réduction des consommations de -10% (étude ALTEREA) suite aux travaux
  - Baisse de 5% par degrés de baisse de température
- Froid : 240 MWh de besoins (Voir slide suivante)

## Cout de l'énergie :

- Électricité : 200 €/MWh
- CPCU : 130 €/MWh

## Impact écologique :

- CPCU : 0,172 tCO<sub>2</sub>/MWhU
- 0,00015 tCO<sub>2</sub>/km
- 15 000 km/an/voiture

## Calcul de rentabilité :

- Solution CPCU : Situation existante
- Solution EnR : Prise en compte du cout P1 (pompe), P2 et P3
- Rafraichissement : Investissement présentés dans la notice de faisabilité rafraichissement réajustés (800 k€)
- Taux d'actualisation Energie = 6%
- Taux d'actualisation P2, P3 = 3%

# ANALYSE DE LA CONSOMMATION EN FROID

Suite à l'analyse des données de Climespace (étude interne lors du renouvellement du contrat de DSP réalisé par SERMET en 2020), pour un bâtiment de cette typologie, nous obtenons un ratio **81 kWh/m<sup>2</sup>** pour du rafraîchissement.

La surface totale du site est de 4786 m<sup>2</sup> incluant une surface chauffée de 3702 m<sup>2</sup>.

Pour la surface refroidie nous sommes partis sur 80% de la surface chauffée, en partant du principe que certains locaux (sanitaires, réserves, archives, autres...) n'étaient pas refroidis.

Nous obtenons donc une consommation froide estimée de **240 MWh**.

Exemple d'un site similaire raccordé à CLIMESPACE :

Site	Adresse	Conso Moyenne (2016-2018) MWh
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE - Bâtiment similaire avec une surface plus importante	244-246 BOULEVARD SAINT-GERMAIN	314

## RAPPEL TABLEAU « ETUDE ALTEREA SCÉNARIO 2 » + ESTIMATION ENERGETIQUE FUTURE

Type d'action	Dénomination
Actions de pilotages	Mise en place d'un plan de comptage énergétique
Travaux sur le bâti	Mise en place d'une isolation du plancher bas sur locaux techniques
Travaux sur le bâti	Remplacement des menuiseries extérieures double vitrage ancien
Travaux sur le bâti	Reprise de l'isolation des combles perdus
Travaux sur le bâti	Isolation des murs par l'intérieur dans les ailes du bâtiment
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance de l'éclairage
Travaux sur les systèmes	Remplacement des échangeurs de chaleur CPCU
Travaux sur les systèmes	Remplacement de la régulation du chauffage et GTC
Travaux sur les systèmes	Reprise des réseaux de chauffage des radiateurs (calorifuge, robinets thermostatiques ...)
Travaux sur les systèmes	Equilibrage des réseaux hydrauliques
Travaux sur les systèmes	Remplacement du ballon ECS de 500L par une production mixte (CPCU en hiver et électrique en été) avec préchauffage par les condensats CPCU
Travaux sur les systèmes	Mise en œuvre de ballons électriques dans les sanitaires et salles de bains
Travaux sur les systèmes	Remplacement des ventilo-convecteurs des salons au R+2
Travaux sur les systèmes	Mise en œuvre d'un plancher chauffant dans le bureau d'accueil du vestibule
Travaux sur les systèmes	Remplacement des deux systèmes VMC de l'aile côté parc du bâtiment
Travaux sur les systèmes	Remplacement des CTA par des modèles à récupération d'énergie
Travaux sur les systèmes	Mise en œuvre de la climatisation centralisée des bureaux et locaux techniques
Travaux sur les systèmes	Amélioration de la performance de l'éclairage

Vous trouverez à gauche l'ensemble des prestations prévues dans le cadre du rapport d'étude d'ALTEREA. Les éléments intégrés dans le DCE 2021 de l'Atelier Cairn sont en rouge. Les prestations complémentaires proposées par ALTEREA dans son rapport énergétique sont en gris clair et bleu.

Par ailleurs, nous observons que l'étiquette DPE de l'étude d'ALTEREA (p12 du rapport d'audit d'ALTEREA) prend en compte des besoins complémentaires en dehors du cadre d'un DPE classique A titre indicatif, le périmètre d'un DPE est précisé ci-dessous :

Le DPE est encadré par la directive européenne 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments (DPEB), mise à jour par la directive 2018/844 du 30 mai 2018.



La mise à jour de la DPEB a précisé le périmètre de la performance énergétique et entraîne l'extension du périmètre du DPE à l'ensemble des 5 postes énergétiques suivants :

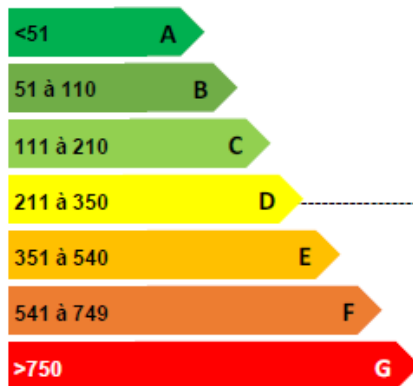
- Consommations de chauffage ;
- Consommations d'eau chaude sanitaire ;
- Consommations de refroidissement ;
- Consommation des auxiliaires (ventilation, chauffage, eau chaude sanitaire et refroidissement) ;
- Consommation d'éclairage.

Il nous a donc été demandé au cours de l'étude de réaliser un ajustement de cette étiquette DPE. Les pages suivantes vont nous permettre de développer cet ajustement.

# AJUSTEMENT DE L'ÉTUDE ALTEREA (1/4)

- Vous trouverez ci-dessous le DPE « BASE ALTEREA » précisé dans l'audit énergétique d'ALTEREA (p12 du rapport d'audit d'ALTEREA). Ce DPE n'est pas conforme car il prend en compte les besoins spécifiques nommés « SPE » (cuisine, bornes de recharge électriques, serveurs informatique...) qui sont **hors cadre DPE**.

Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

Bâtiment

271

Energie		BASE ALTEREA	
		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI
Chauffage	Elec	25 845	66 680
Chauffage	RCU	505 674	505 674
Refroidissement	Elec	8 365	21 582
ECS	RCU	21 373	21 373
Aux ventil	Elec	39 461	101 809
Aux distrib	Elec	2 214	5 712
Eclairage	Elec	30 013	77 434
Spécifique (SPE)	Elec	172 104	444 028
TOTAL		805 049	1 244 292
		D	271

# AJUSTEMENT DE L'ÉTUDE ALTEREA (2/4)

Il est étudié dans les tableaux ci-dessous l'ajustement de l'étiquette énergétique au regard des consommations existantes réajustées et futures. Le tableau est décomposé ainsi:

## - **ETAT EXISTANT :**

- Un premier tableau « BASE ALTEREA » : Présenté dans la slide précédente,
- Un second tableau« ALTEREA - REAJUSTEMENT FROID » : La consommation de rafraîchissement ayant été estimée seulement à 8,365 MWh (au lieu de 96 MWh recalculé par SERMET). Il représente le tableau précédent en ajustant la consommation froid telle quelle a été estimée dans le cadre de l'étude (soit à la hausse).
- Un troisième tableau « ALTEREA REAJUSTEMENT FROID HORS SPE » : Il représente le tableau précédent sans le poste de besoins spécifiques SPE.

Energie		BASE ALTEREA		ALTEREA - JUSTEMENT FROID		ALTEREA - AJUSTEMENT FROID HORS SPE	
		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kWh EF/PCI	kWh EP/PCI
Chauffage	Elec	25 845	66 680	25 845	66 680	25 845	66 680
Chauffage	RCU	505 674	505 674	505 674	505 674	505 674	505 674
Refroidissement	Elec	8 365	21 582	96 000	247 680	96 000	247 680
ECS	RCU	21 373	21 373	21 373	21 373	21 373	21 373
Aux ventil	Elec	39 461	101 809	39 461	101 809	39 461	101 809
Aux distrib	Elec	2 214	5 712	2 214	5 712	2 214	5 712
Eclairage	Elec	30 013	77 434	30 013	77 434	30 013	77 434
Spécifique (SPE)	Elec	172 104	444 028	172 104	444 028		-
TOTAL		805 049	1 244 292	892 684	1 470 390	720 580	1 026 362
		D	271	D	321	D	224

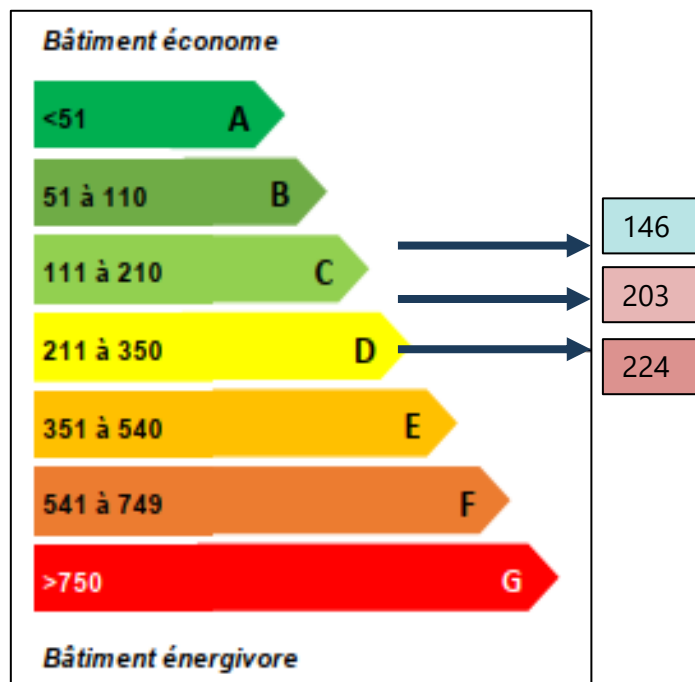


# AJUSTEMENT DE L'ÉTUDE ALTEREA (3/4)

## - ETAT PROJETE :

Energie		BASE ALTEREA		ALTEREA - AJUSTEMENT FROID HORS SPE + SCENARIO N°2 AUDIT ALTEREA		ALTEREA - REAJUSTEMENT FROID - HORS SPE + SCENARIO N°2 AUDIT ATEREA + <b>GEOthermie</b>	
		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kWh EF/PCI	kWh EP/PCI
Chauffage	Elec	25 845	66 680	25 845	66 680	25 845	59 444
Chauffage	RCU	505 674	505 674	505 674	505 674	222 000	366 300
Refroidissement	Elec	8 365	21 582	96 000	247 680	54 545	125 455
ECS	RCU	21 373	21 373	21 373	21 373	21 373	21 373
Aux ventil	Elec	39 461	101 809	39 461	101 809	39 461	90 760
Aux distrib	Elec	2 214	5 712	2 214	5 712	2 214	5 092
Eclairage	Elec	30 013	77 434	30 013	77 434	30 013	69 030
Spécifique (SPE)	Elec	172 104	444 028		-		-
TOTAL		805 049	1 244 292	720 580	1 026 362	395 451	737 453
		<b>D</b>	<b>271</b>	<b>C</b>	<b>203</b>	<b>C</b>	<b>146</b>

# AJUSTEMENT DE L'ÉTUDE ALTEREA (4/4)



## Conclusion :

Nous constatons par le développement précédent que le DPE de base recalculé à partir de l'audit d'ALTEREA est de 224 kWh/m<sup>2</sup>.an (hors SPE et avec réajustement de la consommation froid)

En théorie, selon l'audit d'ALTEREA, la réalisation du scénario 2 générant 19% de gains sur le bâti seulement permettrait d'atteindre la tranche haute de l'étiquette C (donc 203 kWh/m<sup>2</sup>.an).

Il est à noter qu'en application de ce scénario (hors géothermie) nous obtiendrions un DPE de 203 kWh/m<sup>2</sup> pour un seuil de 210 kWh/m<sup>2</sup>.an, soit à peine 7 points d'écart seulement.

L'ajout de la solution à base de géothermie permettrait de sécuriser l'objectif d'atteinte de **l'étiquette C (146 kWh/m<sup>2</sup>.an)** tout en donnant une marge de manœuvre (théorique/réel) dans l'application concrète du scénario 2 d'ALTEREA.

# SYNTHÈSE DES SCÉNARII

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatifs des différents critères d'études pour chacun des scenarii :

Scénario	Température ambiance intérieure	Taux d'EnR Chauffage/ ECS	Taux d'EnR Froid	Facture énergétique annuelle future chaud/froid	Gain environnemental (en comparaison situation existante)	Ratio kWhEP/m <sup>2</sup> - indicateur de l'étiquette DPE
<b>1</b> (régulation inchangée)	23/25°C	<b>75%</b>	<b>90%</b> (hypothèse)	44 578 €	57 teqCO2 25 Voitures	155 (Etiquette C)
<b>2</b> (baisse de -2°C intérieur)	20°/21°C	<b>80%</b>		38 648 €	63 teqCO2 28 Voitures	146 (Etiquette C)
<b>3</b> (recommandations ADEME)	19°C	<b>83%</b>		34 785 €	64 teqCO2 29 Voitures	135 (Etiquette C)

# SYNTHÈSE DES SCÉNARII - ROI

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatifs des différents critères d'études pour chacun des scenarii :

Scénario	Température ambiance intérieure	ROI
<b>1</b> (régulation inchangée)	23/25°C	16 ans
<b>2</b> (baisse de -2°C intérieur)	20°/21°C	14,7 ans
<b>3</b> (recommandations ADEME)	19°C	14 ans

# COMPARAISON AVANT/APRÈS - CONSOMMATIONS

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatifs des différents critères d'études pour chacun des scénarii :

Scénario	Consommations MWh chaleur/froid Projet sans géothermie	Consommations MWh chaleur/froid Projet avec géothermie
<b>1</b> (régulation inchangée)	479 MWh CPCU / 80 MWh froid élec	222 MWh (électrique+CPCU) / 55 MWh froid élec
<b>2</b> (baisse de -2°C intérieur)	434 MWh CPCU / 80 MWh froid élec	179 MWh (électrique+CPCU) / 55 MWh froid élec
<b>3</b> (recommandations ADEME)	390 MWh CPCU / 80 MWh froid élec	159 MWh (électrique+CPCU) / 55 MWh froid élec



# COMPARAISON AVANT/APRÈS – FACTURE ÉNERGÉTIQUE

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatifs des différents critères d'études pour chacun des scenarii :

Scénario	Facture annuelle €TTC chaleur/froid – projet sans géothermie	Facture annuelle €TTC chaleur/froid – <b>projet avec géothermie</b>	Gain annuel % sur consommations de chaleur/froid
<b>1</b> (régulation inchangée)	84,8 k€	55 k€	-49%
<b>2</b> (baisse de -2°C intérieur)	78,8 k€	48,5 k€	-53%
<b>3</b> (recommandations ADEME)	72,2 k€	44 k€	-54%

# PARTIE 8

## 8. Planning

# SYNTHÈSE PLANNING TRAVAUX DE SURFACE (ÉQUIPEMENTS)

Planning prévisionnel de production CVC - Hors distribution et émission du rafraichissement																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
								Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Réunion de lancement des études EXE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			</

Fin de saison de chauffe

# SYNTHÈSE PLANNING TRAVAUX DE SOUS-SOL (FORAGE)

Planning prévisionnel - Forages géothermiques - Hors distribution et émission du rafraichissement										
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Réunion de lancement des études										
Etude d'EXE + commande matériel										
Réunion de lancement chantier										
Réalisation des 4 forages de géothermie										
Réalisation des développement et essais										
Rapport d'analyse des forages										
Etude d'EXE + commande matériel										
Travaux des chambre et équipements puits										
Travaux de filtration en local filtration										
Régulation et essais										
OPR Ss-sol										
Levées des réserves										
Passation exploitant										
<b>Réception des travaux</b>										

Hors campagne de reconnaissance de géologie à prévoir = Durée de 3 semaines (à prévoir en amont)  
Les études et les travaux de surface et de sous-sol peuvent être réalisés en simultanés.

# PARTIE 9

## 9. Synthèse



## TECHNIQUE

- La mise en place d'une production à base de géothermie sur l'Hôtel du Châtelet est réalisable et nécessite des aménagements intérieurs et extérieurs.
- Il est proposé 3 scénarii impactant ou non les habitudes énergétiques (régime et températures intérieure) de l'Hôtel en cohérence avec l'amélioration de la performance des pompes à chaleur et les objectifs de la Stratégie Nationale Bas Carbone.
- La mise en place de nouvelles installations de production implique un suivi énergétique ainsi que des contrôles/entretiens complémentaires.
- Il est possible d'utiliser la solution géothermale pour rafraichir l'Hôtel du Chatelet, cette solution nécessite la mise en commun de la production froid prévue au CCTP Lot N°8 (DCE 2021 – ATELIER CAIRN) au plus près du futur local PAC.

# ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

## Economique:

- L'enveloppe globale des travaux est estimée à **1,7 M€TTC (y compris 15% d'aléas).**
- Il sera nécessaire de prendre en compte des coûts de maintenance pour les nouvelles installations

## Environnement :

- Selon le scénario, il est possible de réaliser des économies d'énergies directe (baisse de température) sans investissement financier.
- Avec l'intégration de la géothermie et selon le scénario, l'Hôtel peut réduire ses émissions de CO2 annuelles entre **57 et 64 teqCO2**, ce qui représente l'équivalent **de 25 à 29 voitures.**

# EVOLUTION SUR LE BÂTIMENT

## Avant travaux :

- Une seule production de chaleur : la sous-station CPCU
- Etat vétuste des équipements de production chauffage et ECS
- Pas de régulation du bâtiment
- Dérive de la température de consigne (23°C-25°C)
- Rafraichissement en tout électrique par unité mobile
- Inconfort d'hiver et d'été

## Après travaux :

- Deux productions : CPCU et géothermie
- Un secours complémentaire au niveau de la production
- Une régulation optimisée
- Température de consigne adaptée aux nouveaux confort
- Confort d'hiver et d'été
- Le rafraichissement est mixte (Géothermie / électricité)
- Réduction des consommations
- Meilleure maîtrise de la facture énergétique
- Respect de l'environnement

## POINT D'ATTENTION / D'ÉCHANGES

- Prévoir le liaisonnement des pompes à chaleur (air/eau) en toiture et de la pompe à chaleur pour maintenir une bonne régulation et continuité de service du groupe
- Espace nécessaire pour la PAC et les équipements de filtrations (30 m<sup>2</sup>) et la ventilation de ces locaux
- Diagnostic amiante/plomb
- Bornes électriques et électricité de manière générale (bien vérifier les appels de puissance électrique, optimiser le nombre de bornes de recharge électrique sur le site)
- Implantation des puits de forage (projet de terrasse, injection côté jardin ou côté cour) selon les besoins d'exploitation du site
- Cheminement du réseau de géothermie en sous-sol : accès via local ENEDIS / ENEDIS à solliciter en amont.
- Prévoir des carottages entre la pénétration du réseau de géothermie en sous-sol et le local pompe à chaleur.
- Préchauffage PAC avec échangeur à condensats CPCU (cf slide 42/43).



# SERMET

— groupe M A N E R G Y

# STRATEGEO

1, Rue Séjourné  
94 000 CRÉTEIL  
01 43 97 93 49



**MINISTÈRE  
DU TRAVAIL,  
DU PLEIN EMPLOI  
ET DE L'INSERTION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*