



Crédit photo :
Adrien Williams

Étude de cas - Comment le Phénix utilise-t-il l'accumulation d'énergie thermique liquide et électrique pour atteindre ses objectifs de décarbonation ?

20 novembre 2024



Yanik Caissy-Cyr

Expert en bâtiment intelligent et efficacité énergétique

« Avec plus de 25 ans d'expérience, j'ai développé une expertise approfondie en conception, implantation et optimisation des systèmes CVAC. Au fil de ma carrière, j'ai touché à tous les corps de métiers associés à l'immotique et je possède une fine compréhension du terrain et des enjeux liés à l'exploitation des bâtiments. Passionné par les nouvelles technologies et l'efficacité énergétique, j'ai été impliqué dans des projets complexes et innovants. »

Déroulement.

1. L'historique et l'évolution du Phénix, phases 1 à 3
2. La phase 4 – réduction des GES
 - Les objectifs du client
 - Les principes de l'accumulation d'énergie
 - L'accumulation d'énergie thermique liquide
 - L'accumulation d'énergie électrique
 - Les enjeux rencontrés
 - Les résultats obtenus
3. La phase 5 : pour aller encore plus loin !
4. La période de questions

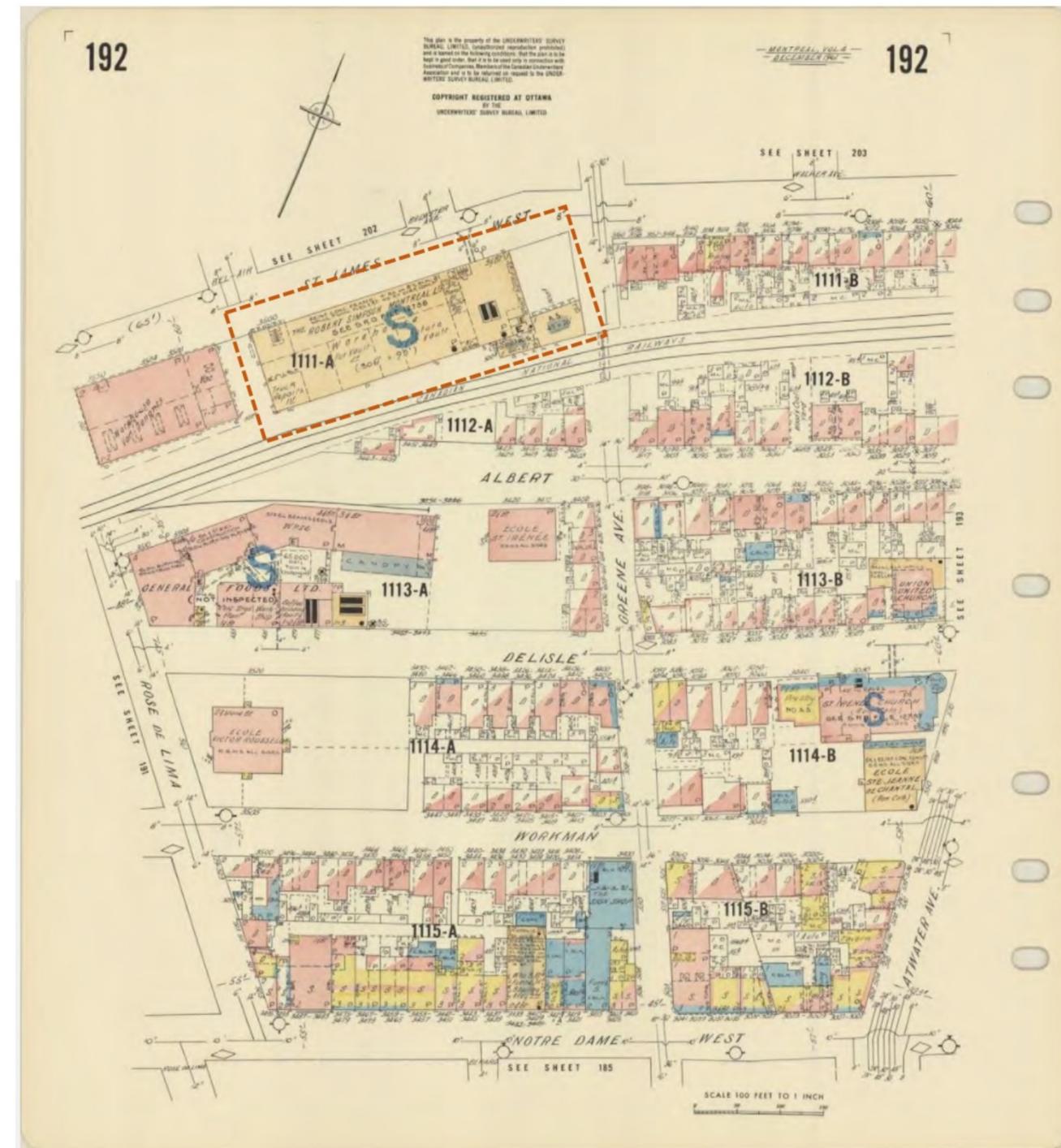
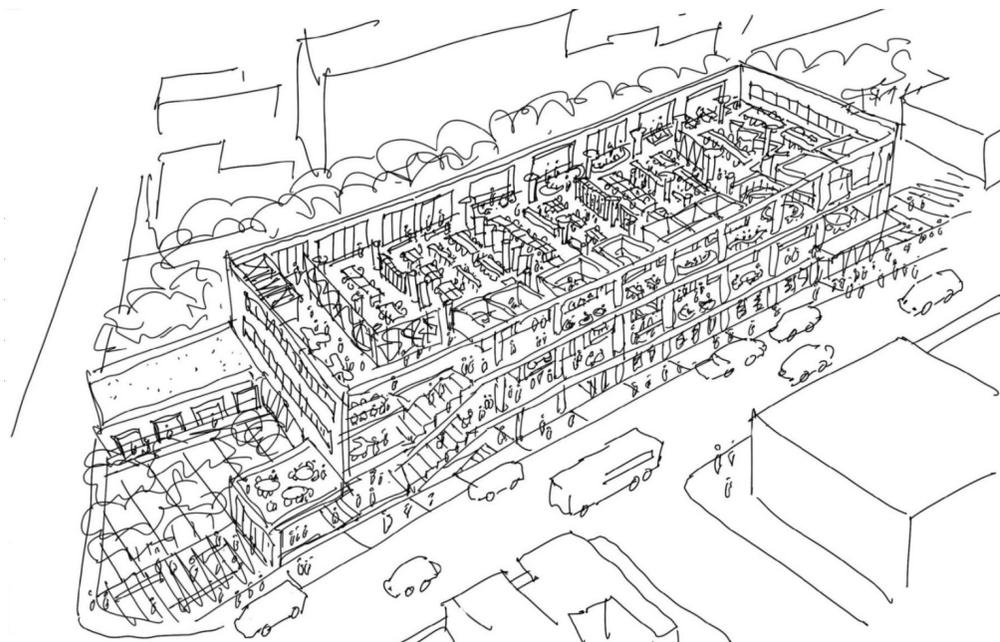


LE PHÉNIX

HISTORIQUE – PHASES 1, 2, 3

L'histoire du bâtiment Le Phénix.

- + Situé au 3500 Saint-Jacques, Montréal
- + Entrepôt abandonné construit dans les années 1950
- + Rénovation : 2016 à 2020
- + Superficie : 9 264 m²
- + Vocation : bureaux
- + Plusieurs prix et nominations dont :
 - 2021, LEED Platine, Conseil du bâtiment durable du Canada
 - 2020, Bâtiment à carbone zéro - performance , Conseil du bâtiment durable du Canada
 - 2019, Certification Fitwel - 3 étoiles, Center for Active Design

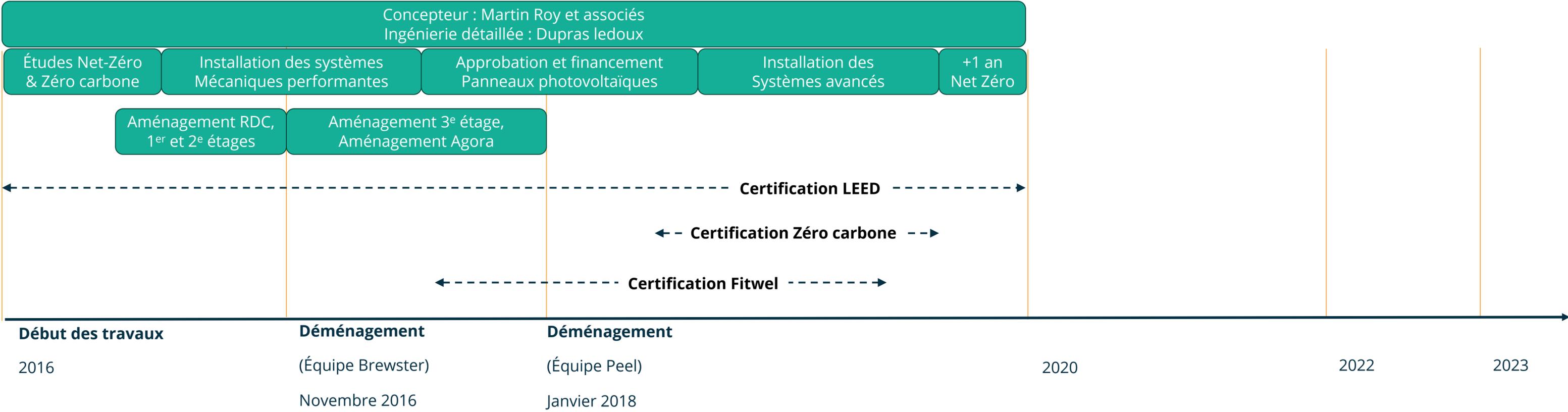


Carte historique, 1961

Phase 1 (2016 à 2020).

Installation d'équipements performants :

- + Les thermopompes (ventilo-convecteur)
- + Les HEX (6), Échangeur thermique hydraulique (réfrigérant / eau)
- + Les systèmes d'air neuf avec roue thermique
- + La chaudière au gaz (400 MBH)



Phase 1 (2016 à 2020) - suite.

Réseau d'eau chaude :

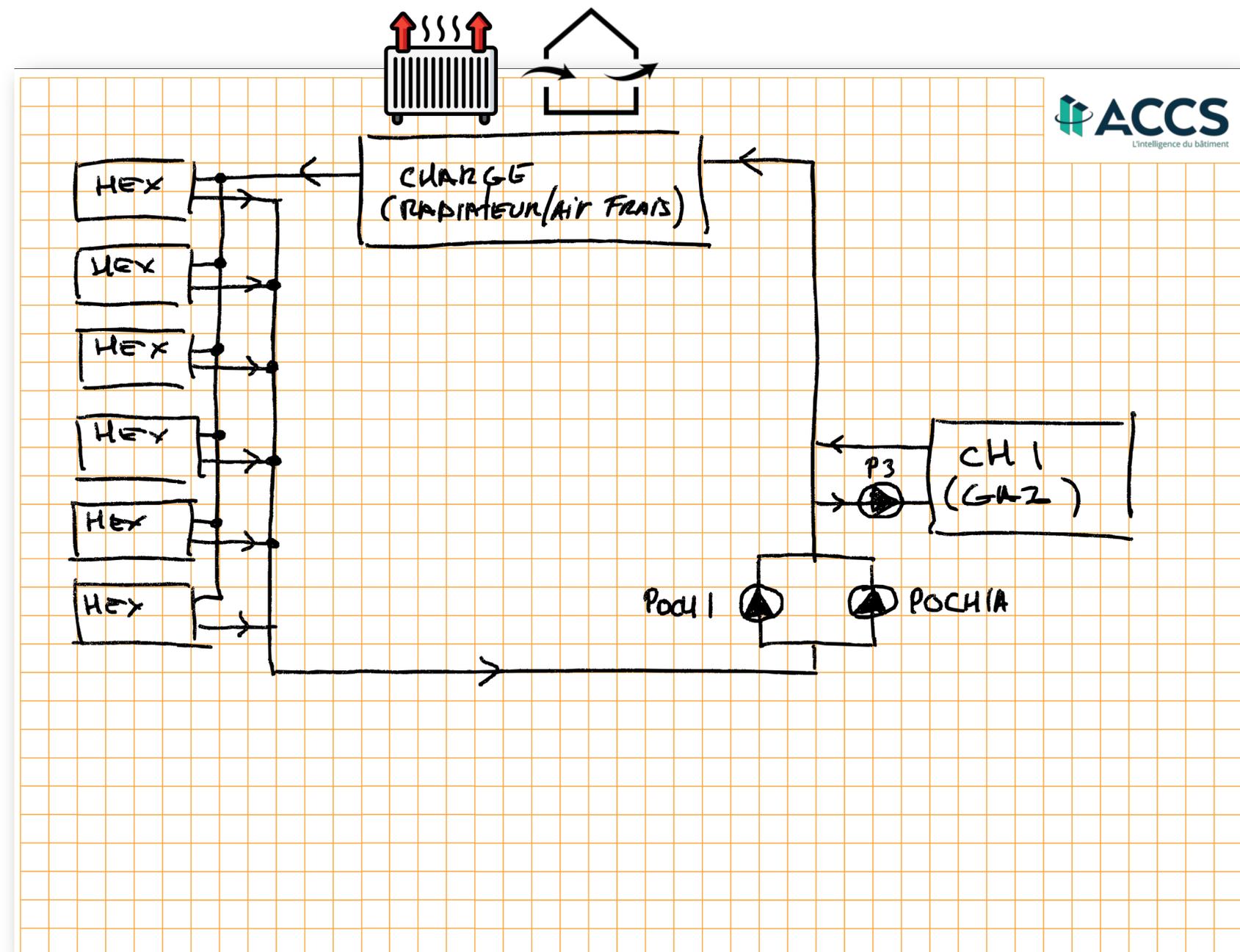
- + Les HEX (6), Échangeur thermique hydraulique (transfert du réfrigérant vers l'eau)
- + Chaudière au gaz (400 MBH)



VRF
(ventilo convecteurs, HEX)



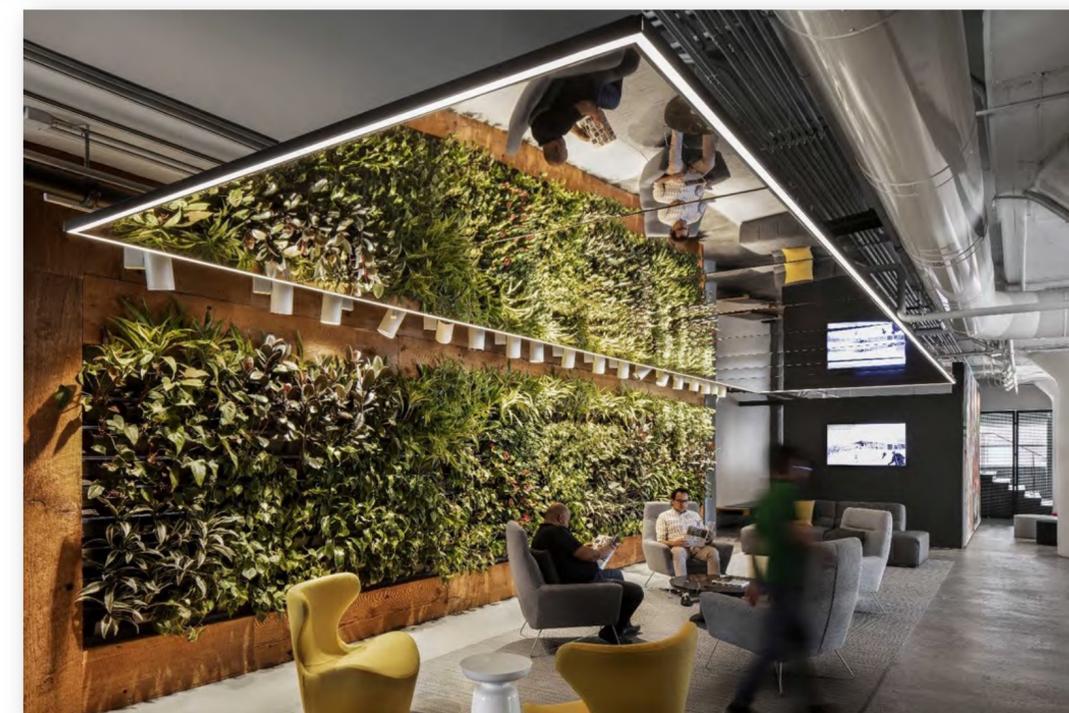
Chaudière au gaz
CH1



Phase 1- la suite.

Les motivations de Lemay pour transformer cet entrepôt des années 50 en laboratoire technologique :

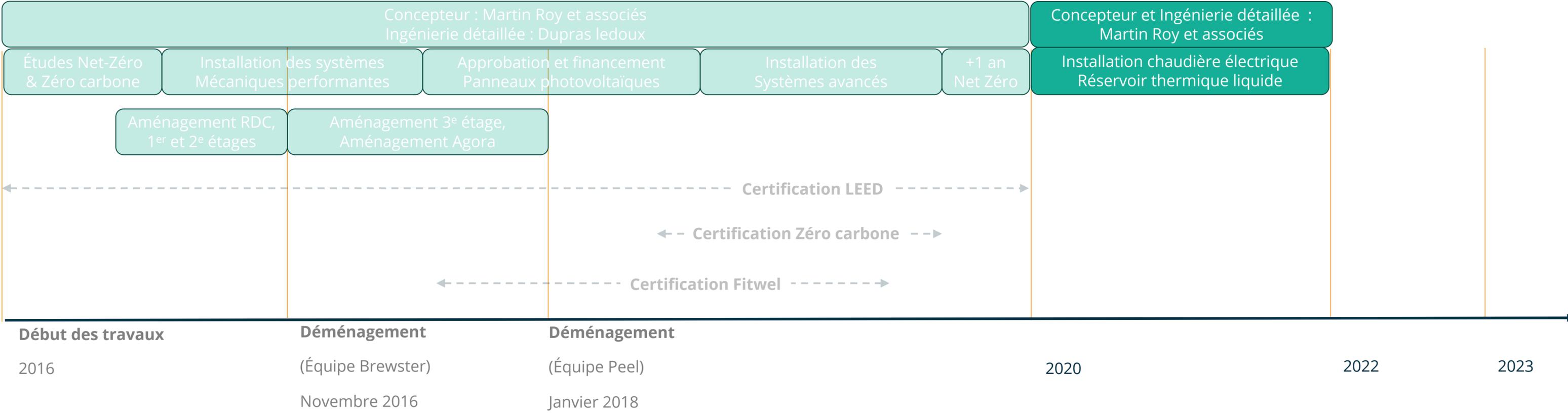
- + *Hugo Lafrance de Lemay :« Réunir les employés Lemay sous un même toit et en profiter pour faire une démonstration de notre vision du développement immobilier et du développement urbain, et de ses nombreuses opportunités en stratégies durables »*



Phase 2 (2020 à 2022).

Ajout de d'autres équipements performants :

- + Les HEX (+2), Échangeur thermique hydraulique (réfrigérant / eau)
- + Les panneaux photovoltaïques
- + Les batteries électriques
- + La chaudière électrique (150 kW)
- + La thermopompe eau/eau (445 MBH)
- + Le réservoir thermique (18 000 L)



Phase 2 (2020 à 2022).

Réseau d'eau chaude :

- + HEX (6+2), Échangeur thermique hydraulique (transfert du réfrigérant vers l'eau)
- + Chaudière au gaz (400 MBH)
- + Chaudière électrique (150 kW)
- + Thermopompe (445 MBH)
- + Réservoir thermique (18 000 L)



VRF
(ventilo convecteurs, HEX)



Chaudière au gaz
CH1



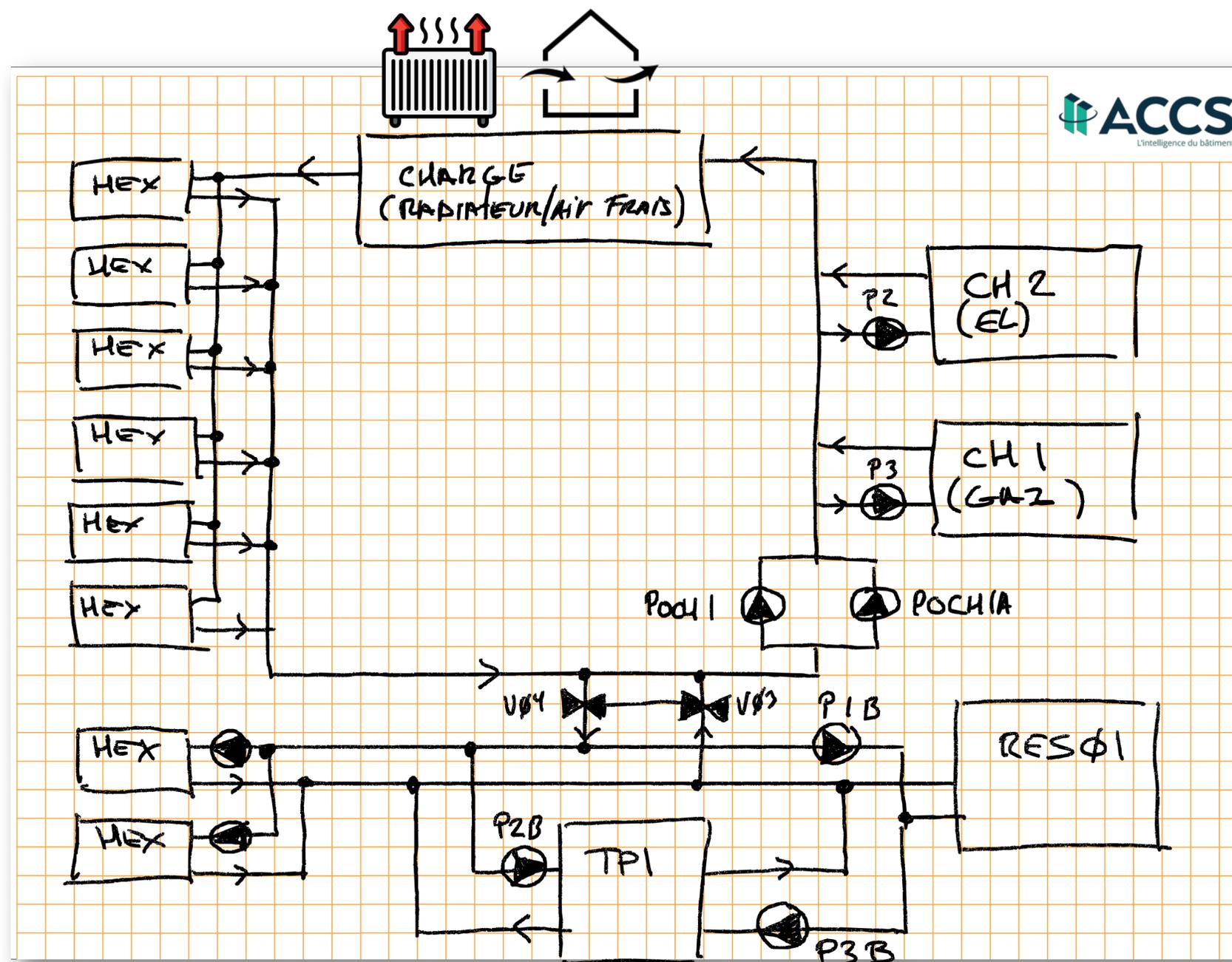
Chaudière électrique
CH2



Thermopompe
TP1 (eau / eau)



Réservoir
RES01



Phase 2- la suite.

Après la phase 1 des rénovations, quels ont été les facteurs clés qui ont conduit à l'ajout d'un réservoir thermique liquide ?

- + *Hugo Lafrance de Lemay : « nous sommes passé à travers plusieurs simulations énergétiques en conception, et nous savions que pour passer le plus efficacement possible à travers la transition énergétique du bâtiment en lissant la demande, le stockage thermique représentait une clé intéressante avec un concept de chauffage hydraulique. Et comme tel, le réservoir n'est pas une « technologie » dispendieuse. »*
- + *Martin Roy et Associés : « Le but premier était d'atteindre net zéro en énergie. Après plusieurs simulation et estimation nous avons plutôt opté pour une solution avec un meilleur PRI [...] Lors de la construction le nombre de panneau PV a été réduit et nous avons ajusté la capacité du réservoir. »*

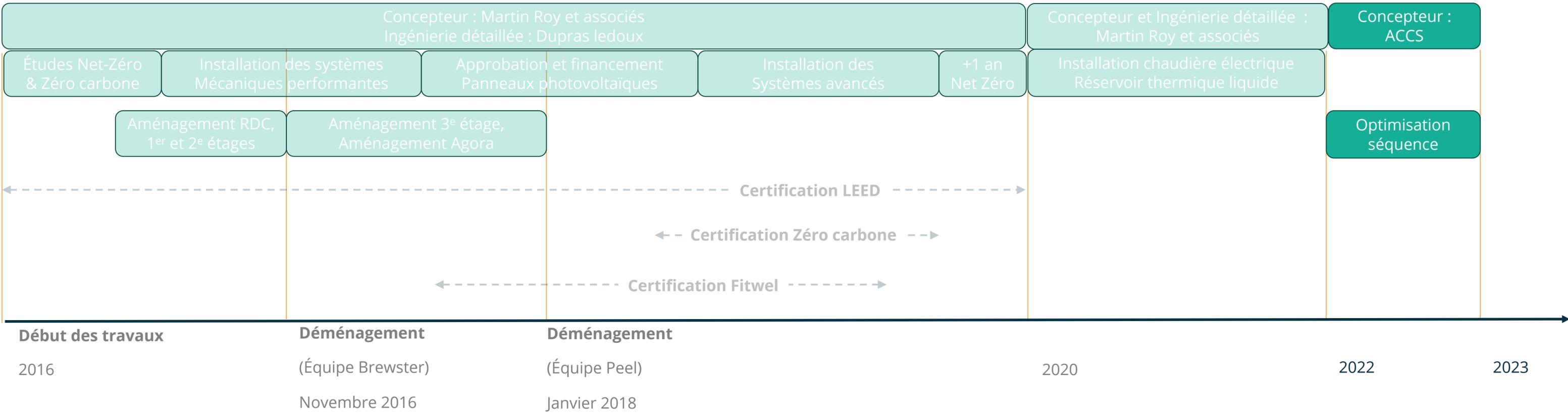
Qu'est-ce qui vous a poussé à aller de l'avant avec ?

- + *Hugo Lafrance de Lemay : « En bref, ça nous est apparu comme une solution efficace, peu risquée et qu'il fallait l'essayer! Je dirais que c'était une pièce du casse-tête, et qu'elle peut difficilement être isolée. Nous voulions tirer profit du comportement thermique du bâtiment, très massif, et développer des contrôles prédictifs [...] »*

Phase 3 (2022 à 2023).

Optimisation des séquences de fonctionnement des systèmes pour rencontrer les objectifs du client :

- + Améliorer le confort des occupants
- + Gestion de la pointe électrique
- + Mise en marche et utilisation du réservoir thermique liquide
- + Accumulation d'énergie électrique lorsque les panneaux photovoltaïques le permettent
- + Priorisation du chauffage des thermopompes vs chauffage radiant hydrauliques



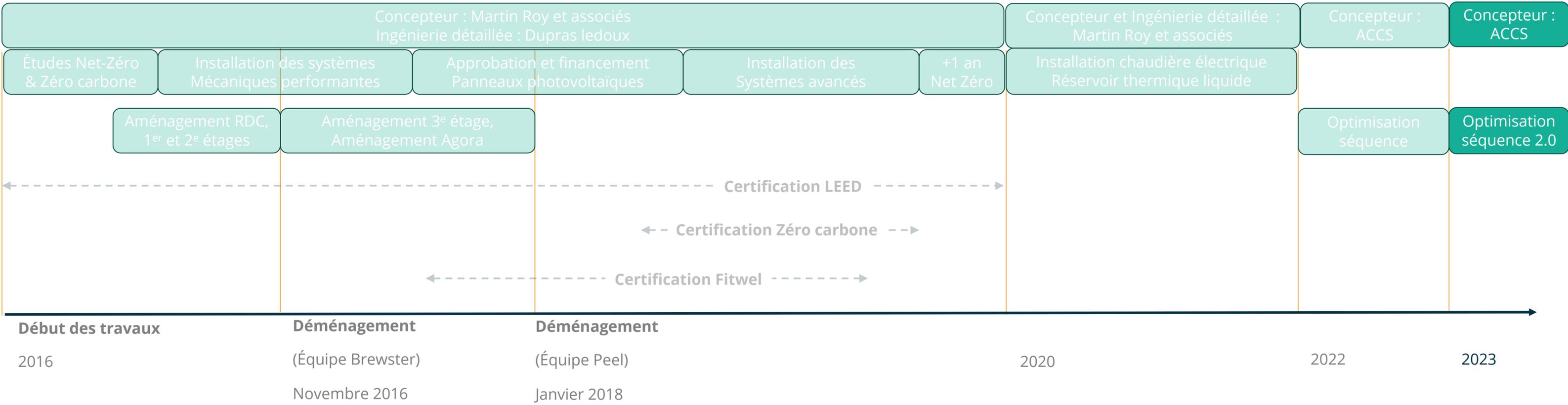
LE PHÉNIX

PHASE 4 – RÉDUCTION DES GES

Phase 4 (2023 à 2024).

Seconde optimisation des séquences de fonctionnement des systèmes pour rencontrer les nouveaux objectifs du client :

- + Conserver le confort des occupants
- + Conserver la gestion de la pointe électrique
- + **Réduire les GES**



Comment réduire les GES ?

1. Identification de la source principale d'émission de GES

+ La chaudière au gaz !

2. Comment réduire l'apport de la chaudière au gaz en tout temps ?

+ En utilisant l'énergie accumulée (thermique liquide, électrique)

3. Comment faire ? Il faut accumuler plus d'énergie et mieux l'utiliser.

+ **Modifier la permission d'accumulation d'énergie**

+ Accumuler de l'énergie, peu importe l'apport des panneaux photovoltaïques

+ **En modifiant l'utilisation des batteries**

+ prioriser la décarbonation au lieu de garder l'énergie pour une panne électrique

+ **Optimiser la gestion de la pointe électrique**

+ Prendre en considération la météo prédictive

+ **Modifier les points de consignes des réseaux d'eau et la température d'air frais**

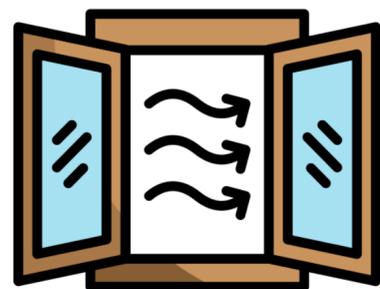
+ Maximiser l'apport des HEX



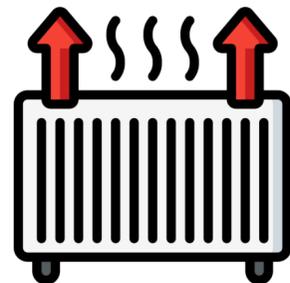
Le Phénix aujourd'hui, c'est quoi ?

C'est un bâtiment doté à la fois d'équipements très conventionnel, comme des fenêtres et d'équipements très modernes comme des panneaux photovoltaïques.

Ce qui constitue un beau défi pour ACCS d'optimiser l'utilisation de tous ces équipements !



Fenêtre !



Radiateur
d'eau chaude



Chaudière au gaz
CH1



Chaudière électrique
CH2



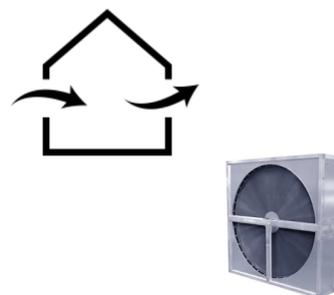
VRF
(ventilo-convecteurs, HEX)



Réservoir
RES01



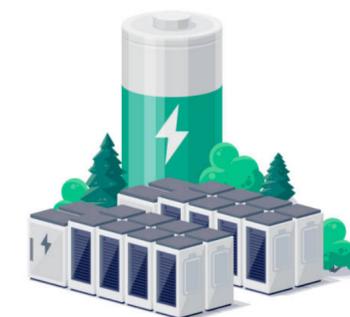
Thermopompe
TP1 (eau / eau)



Système d'air neuf
avec roue thermique



Panneaux
photovoltaïques



Batteries



Station de charge
d'auto électrique

Les équipements concernés.

Pour atteindre l'objectif de réduction des GES du client, ACCS optimise les séquences d'opération des éléments suivants :

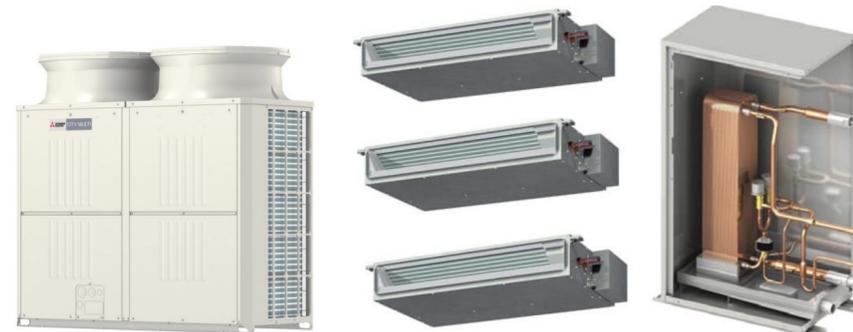
- + Accumulation / injection d'énergie thermique liquide
- + Accumulation / injection d'énergie électrique
- + Automatisation / optimisation des séquences (version 2.0) en hiver



Chaudière au gaz CH1



Chaudière électrique CH2



VRF (ventilo-convecteurs, HEX)



Réservoir RES01



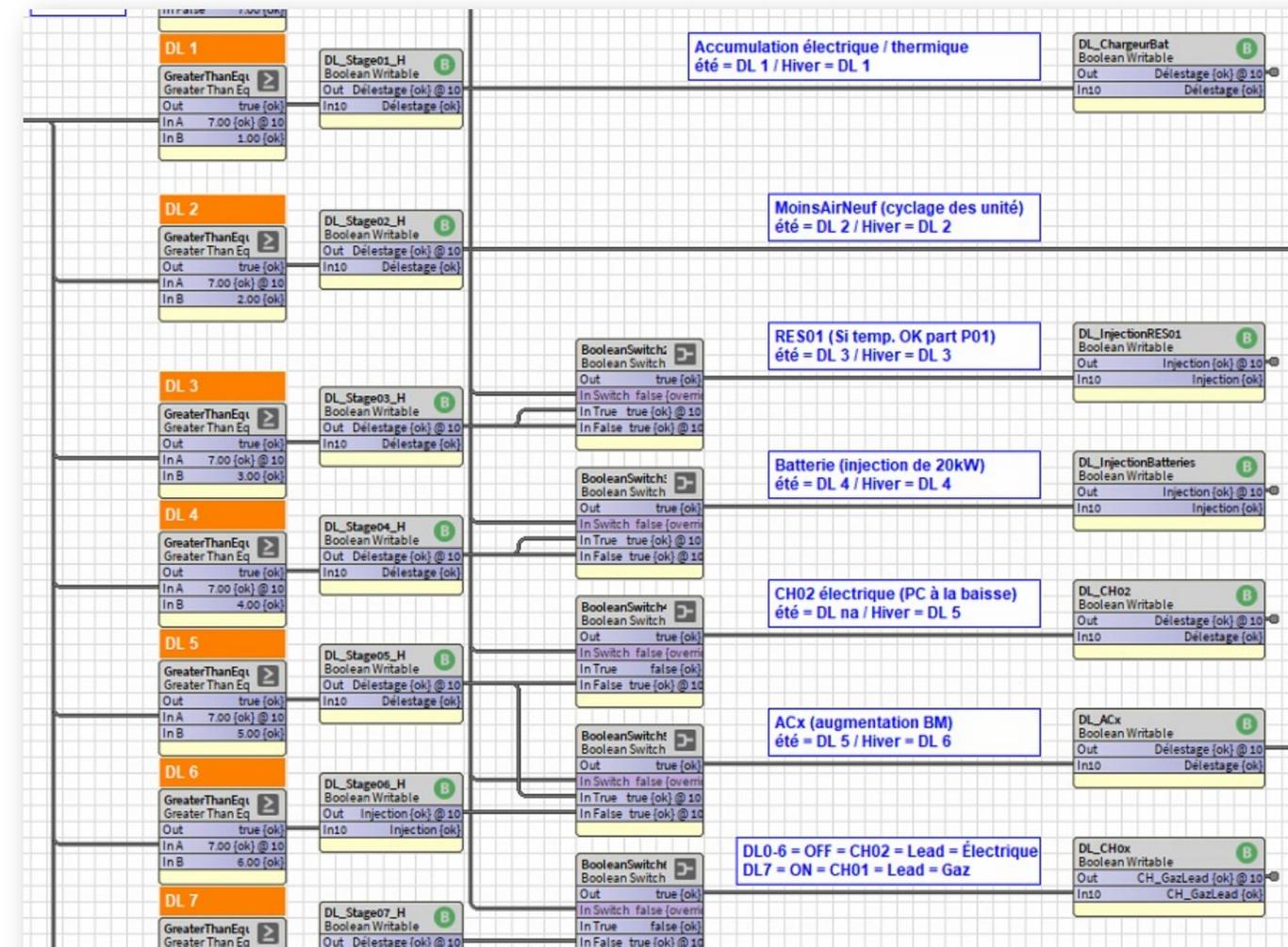
Thermopompe TP1 (eau / eau)



Panneaux photovoltaïques



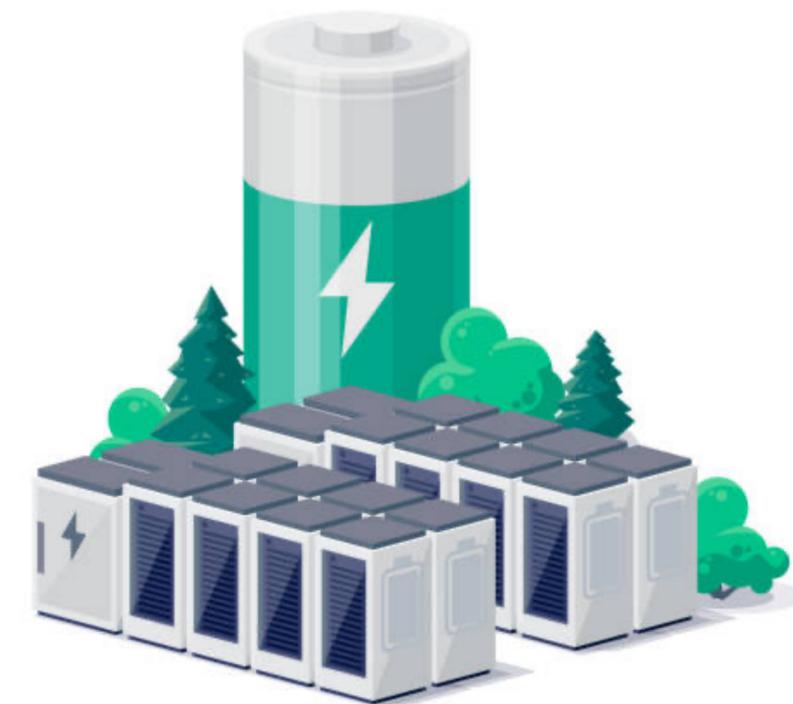
Batteries



Automatisation du bâtiment (Séquences d'opération, délestage)

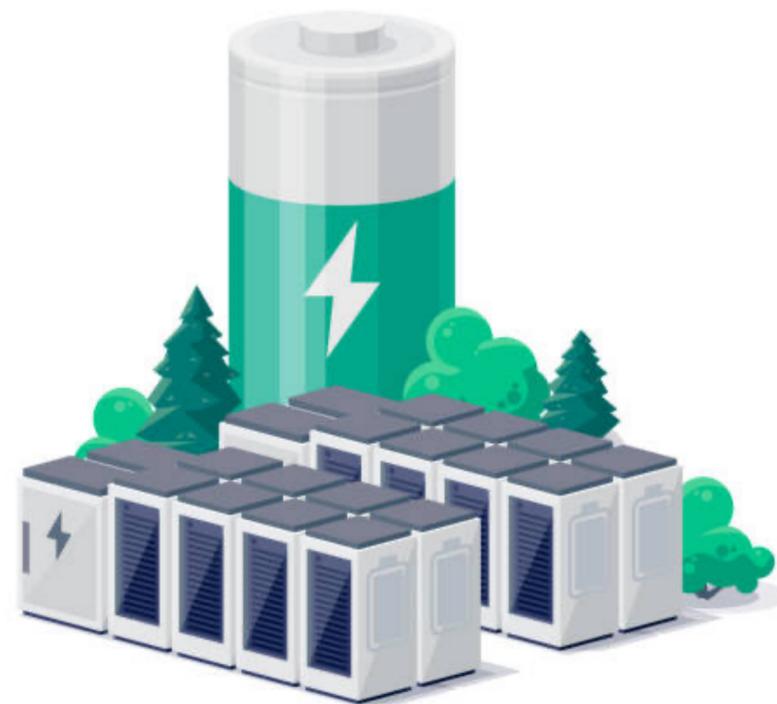
Pourquoi accumuler de l'énergie ?

- + Pour choisir la source d'énergie à utiliser en période de forte demande
- + Pour déplacer la période de production d'énergie
- + Pour emmagasiner de l'énergie hors pointe sous formes :
 - Thermique liquide
 - Électrique



Pourquoi injecter de l'énergie ?

- + Pour éviter de dépasser la pointe électrique
- + Pour ajouter de la capacité
- + Pour favoriser une source d'énergie plus qu'une autre



Accumulation d'énergie thermique liquide en hiver.



En théorie, les équipements utilisés sont :



VRF
(ventilo-convecteurs, HEX)



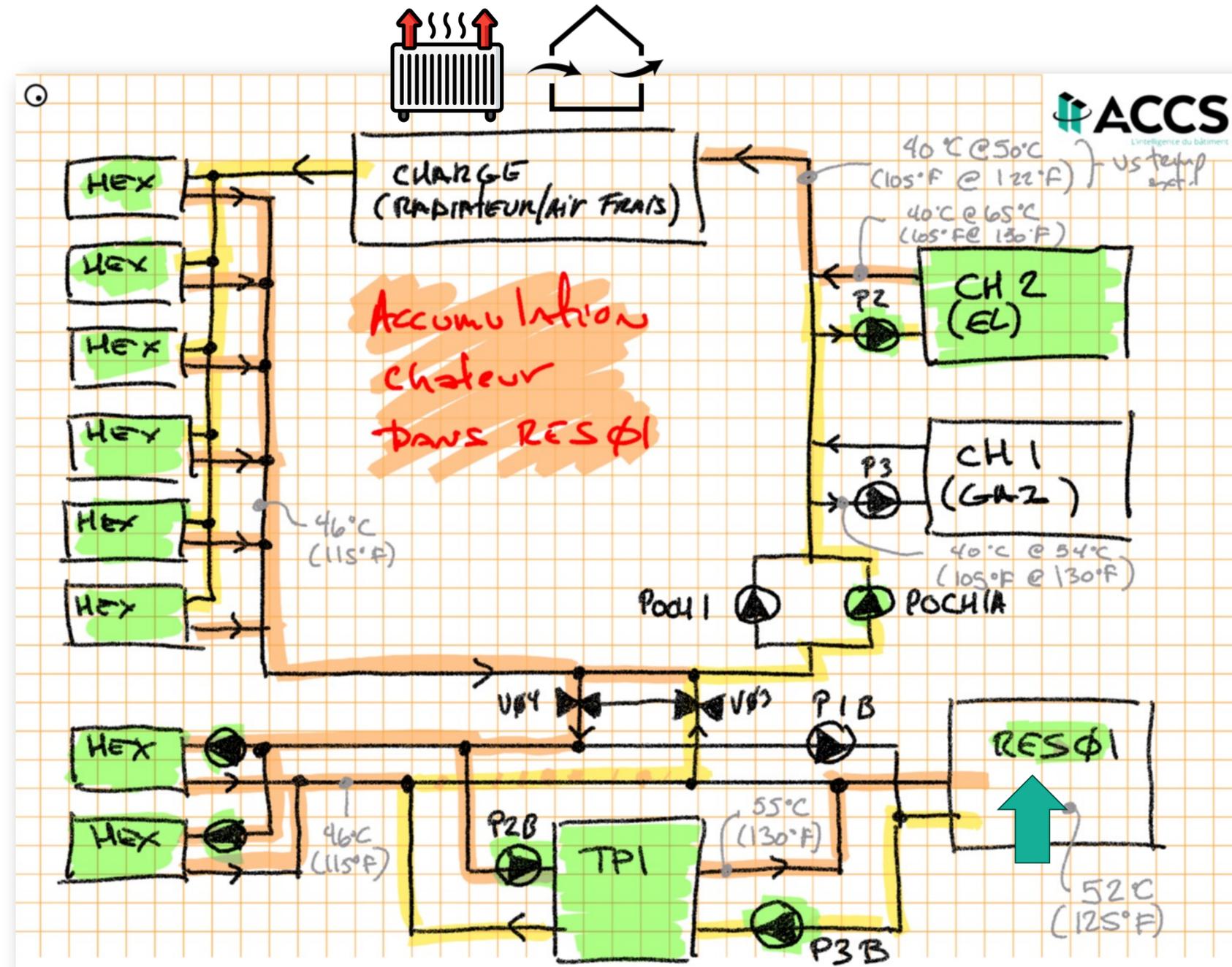
Chaudière électrique
CH2



Thermopompe
TP1 (eau / eau)



Réservoir
RES01



Accumulation d'énergie thermique liquide en hiver.



En pratique, les 2 HEX reliés avec la TP1 ne sont pas fonctionnels.



VRF
(ventilo-convecteurs, HEX)



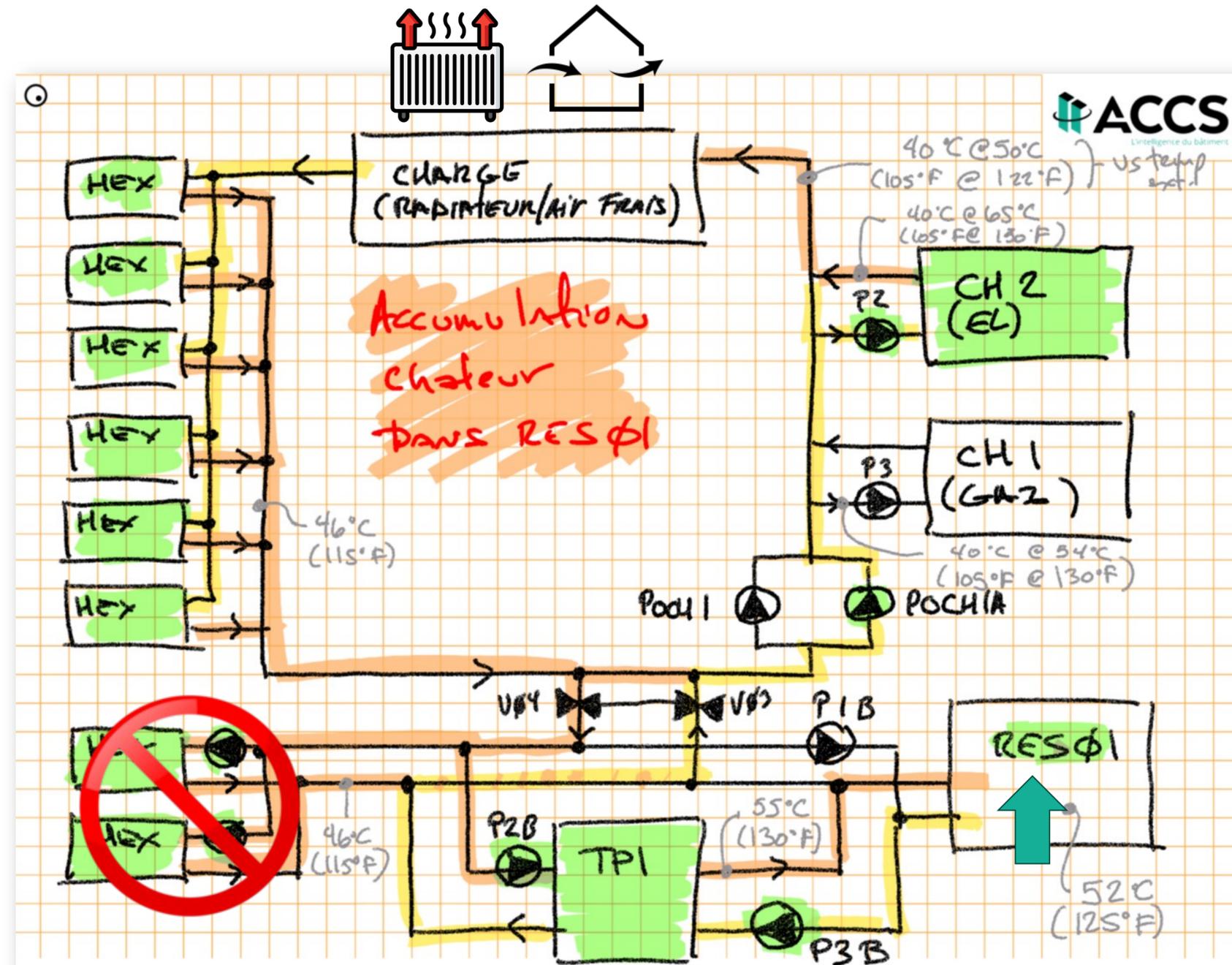
Chaudière électrique
CH2



Thermopompe
TP1 (eau / eau)



Réservoir
RES01



Injection d'énergie thermique liquide.

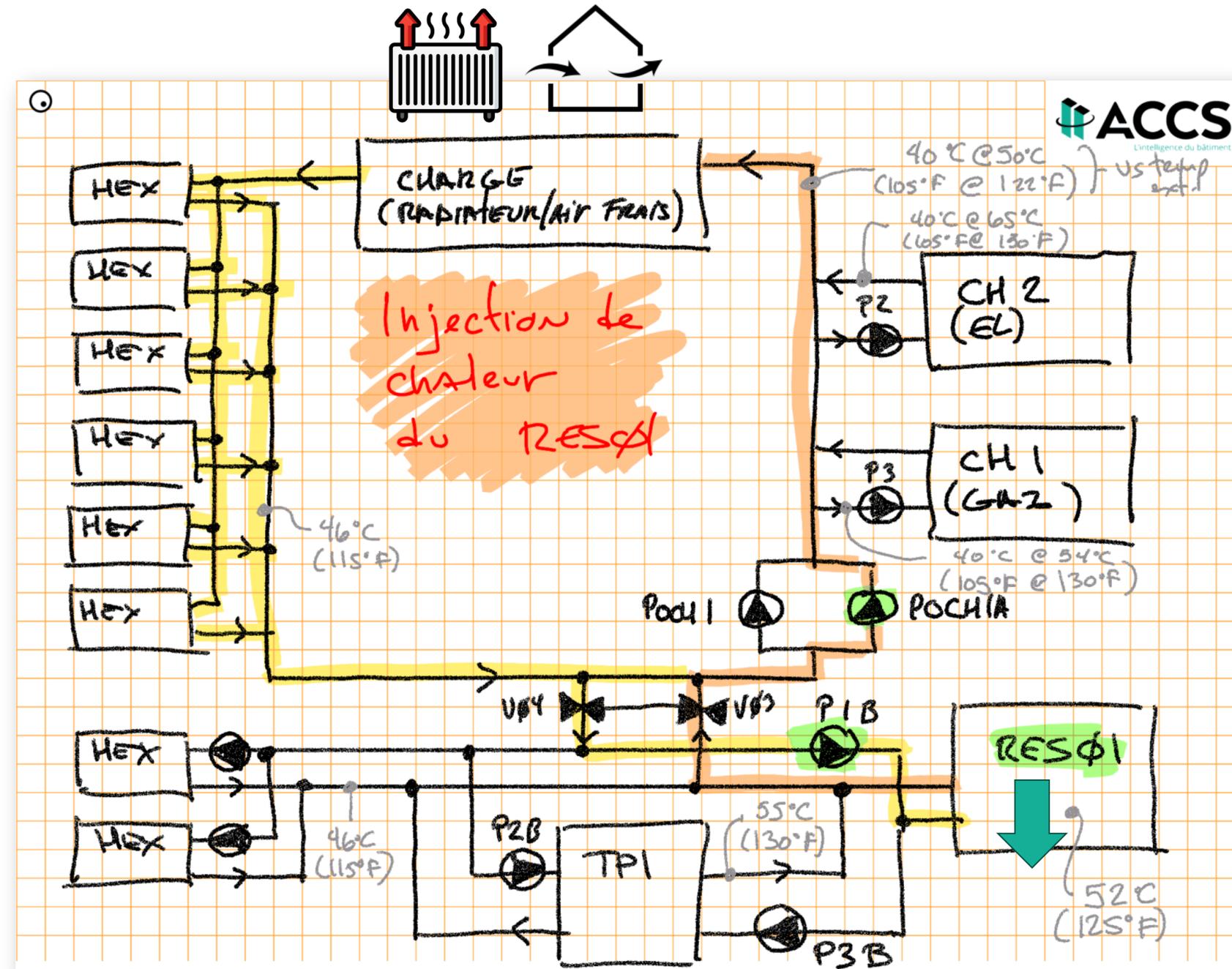


Le réservoir :

- + Dimension : diamètre de 2.59 M (8 ½ ') x longueur 4.57 M (15')
- + Capacité : 18 000 L



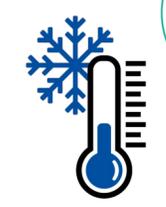
Réservoir RES01



Injection d'énergie thermique liquide.

Le réservoir :





Injection d'énergie thermique liquide.

En pratique, on utilise :

- + Les HEX
- + Le réservoir
- + La chaudière électrique ou au gaz pour compléter la demande selon la séquence de délestage



VRF (ventilo-convecteurs, HEX)



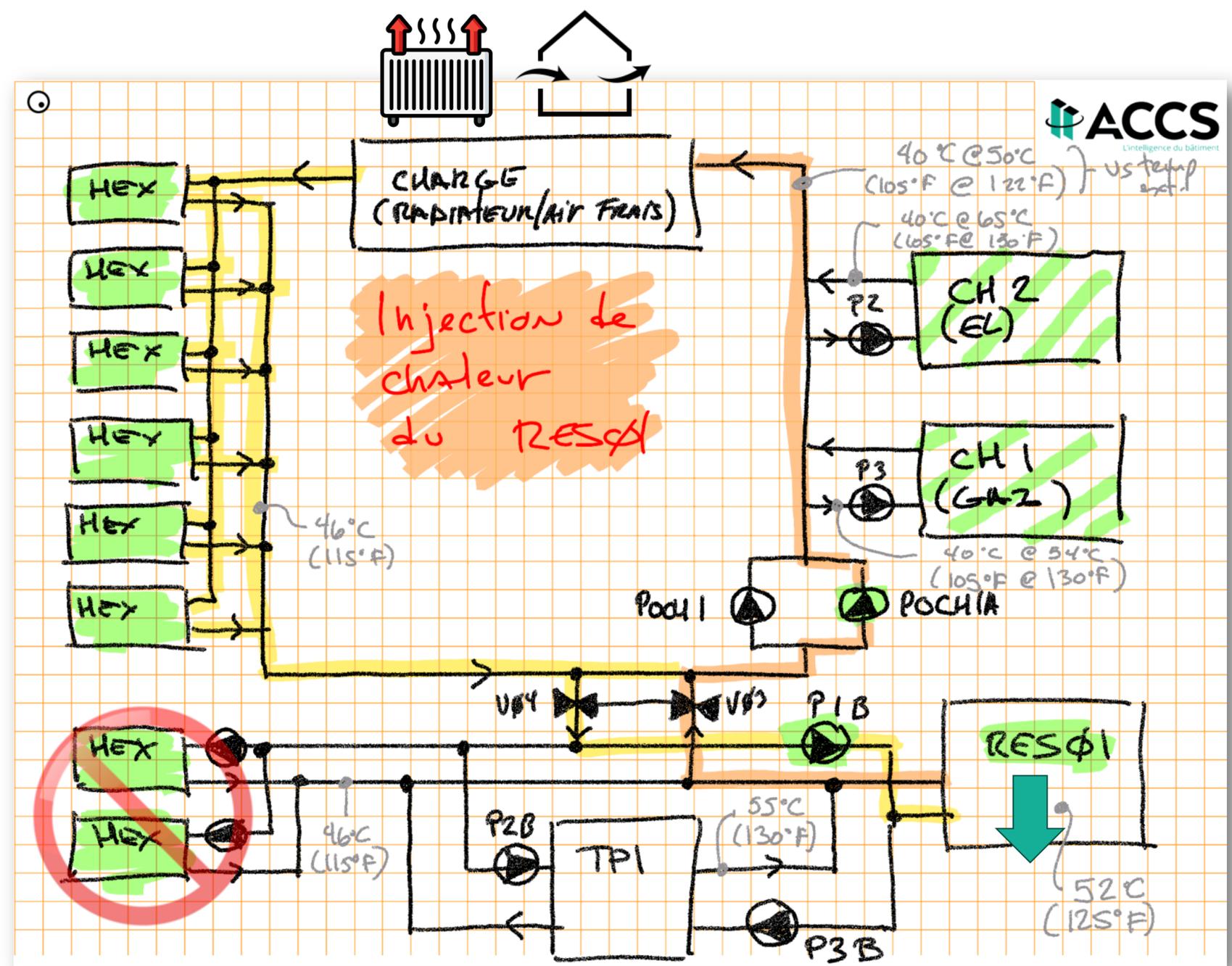
Réservoir RES01



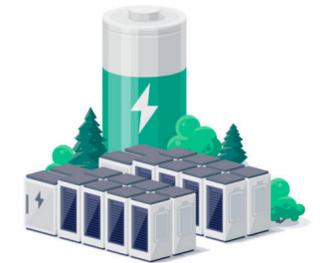
Chaudière électrique CH2



Chaudière au gaz CH1



Principe de l'accumulation d'énergie électrique.

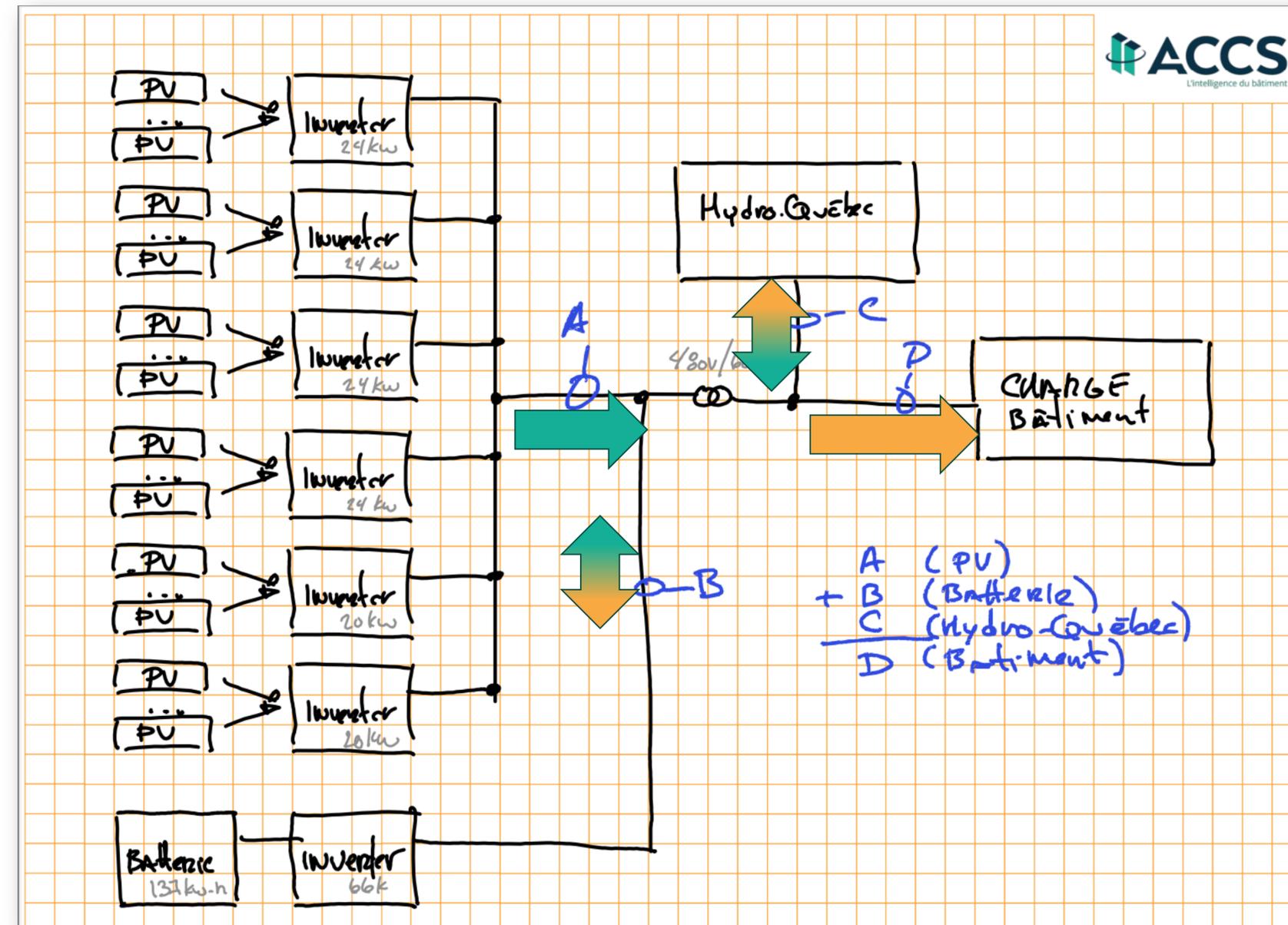


Composantes présentes

- + PV, Panneaux photovoltaïques : été = 120 kW max et hiver = 70 kW max
- + « Inverter » lié au PV, onduleur (DC/AC) = 136 kW
- + Batteries = 137 kWh
- + « Inverter » lié aux batteries, onduleur (DC/AC) = 66 kW

Flux d'énergies

- + A, injection d'énergie des PV vers le bâtiment et/ou les batteries et/ou Hydro-Québec
- + B, injection d'énergie des batteries vers le bâtiment ou consommation d'énergie pour charger les batteries
- + C, injection d'énergie d'Hydro-Québec vers le bâtiment et pour charger les batteries ou injection d'énergie vers l'Hydro-Québec
- + D, consommation du bâtiment



Principe de l'accumulation d'énergie électrique.

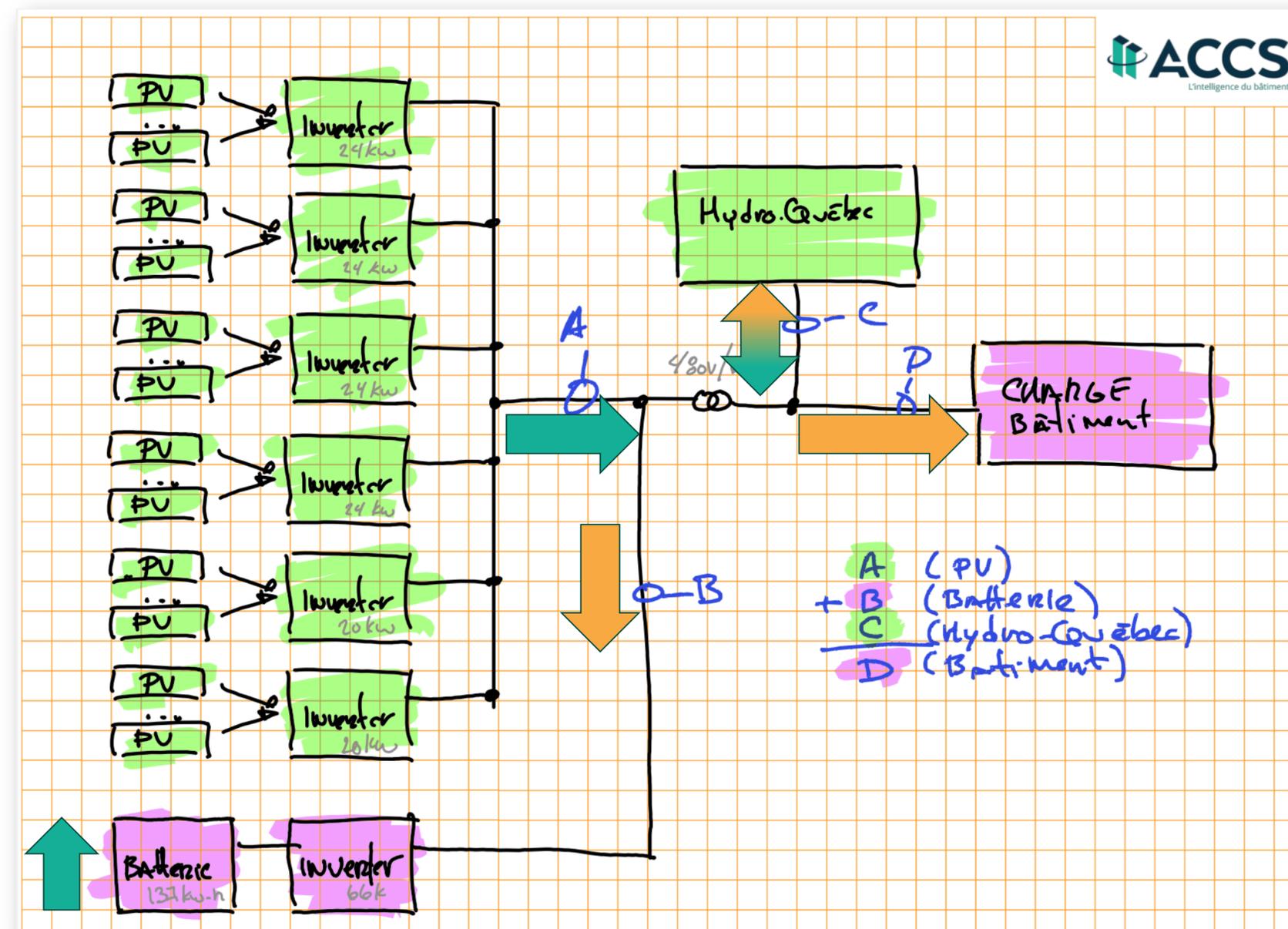


Accumulation d'énergie

- + Les batteries sont les composantes qui accumulent l'énergie

Flux d'énergies ?

- + A, injection d'énergie des PV
- + B, consommation d'énergie pour charger les batteries
- + C, injection d'énergie d'Hydro-Québec vers le bâtiment et pour charger les batteries ou injection d'énergie vers l'Hydro-Québec
- + D, consommation du bâtiment



Principe d'injection d'énergie électrique.

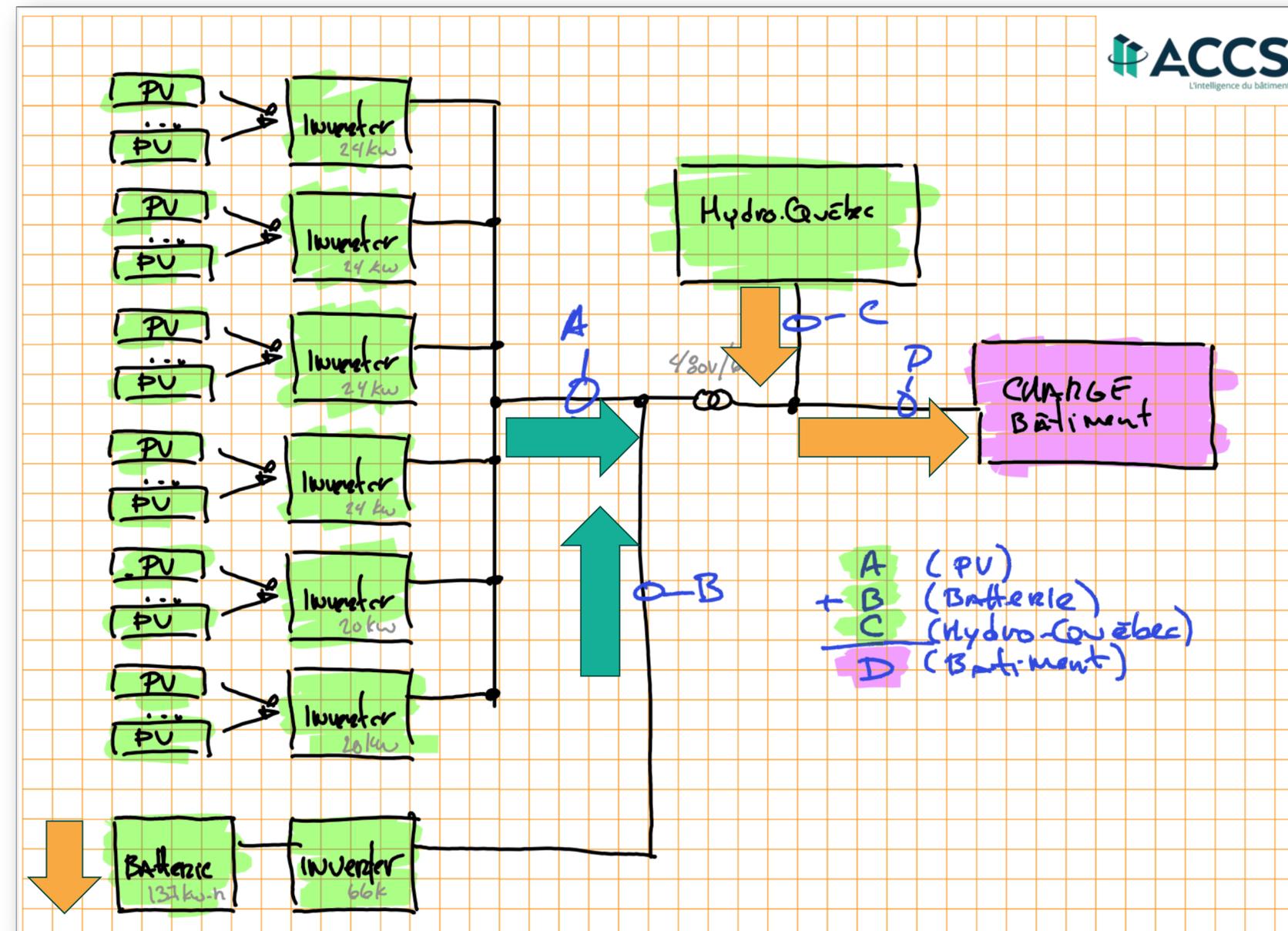


Injection d'énergie

- + Les batteries sont les composantes utilisées pour injecter de l'énergie
- + Action / réaction rapide

Flux d'énergies

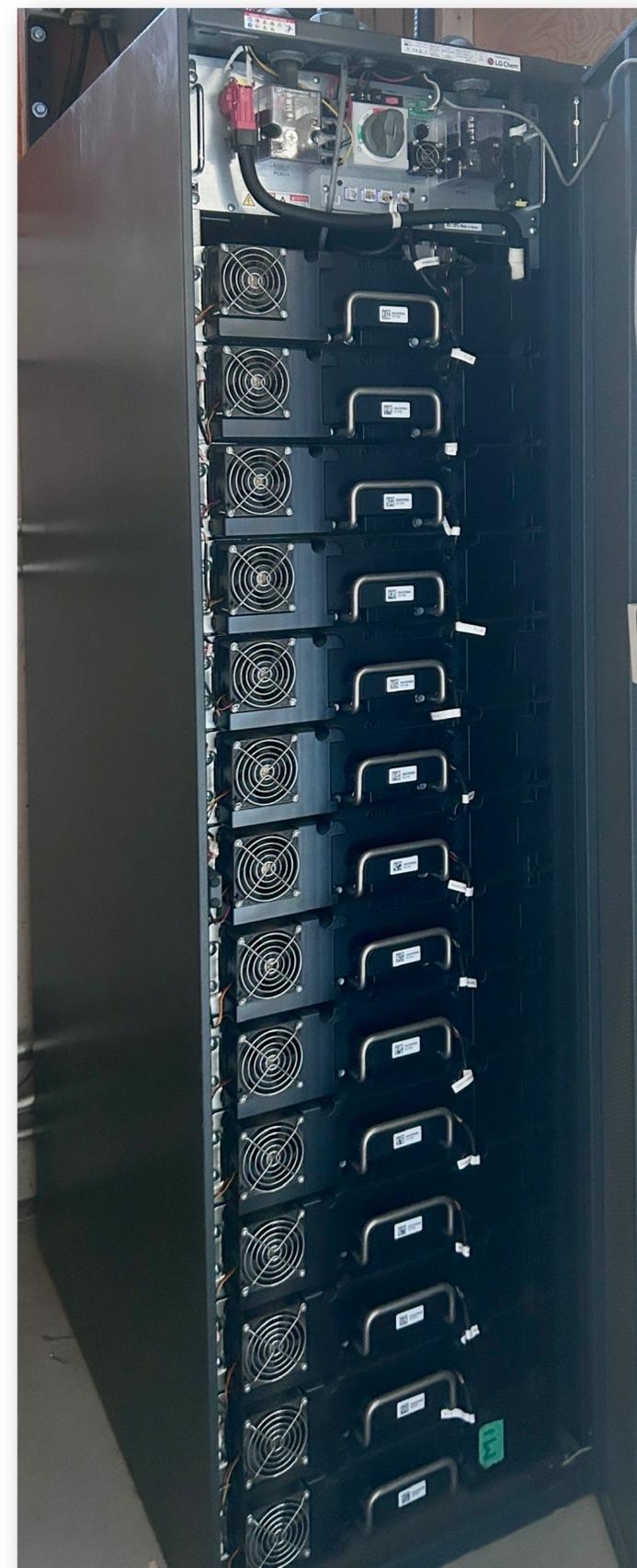
- + A, injection d'énergie des PV
- + B, injection d'énergie des batteries vers le bâtiment
- + C, injection d'énergie d'Hydro-Québec vers le bâtiment et pour charger les batteries
- + D, consommation du bâtiment



Équipements concernés.

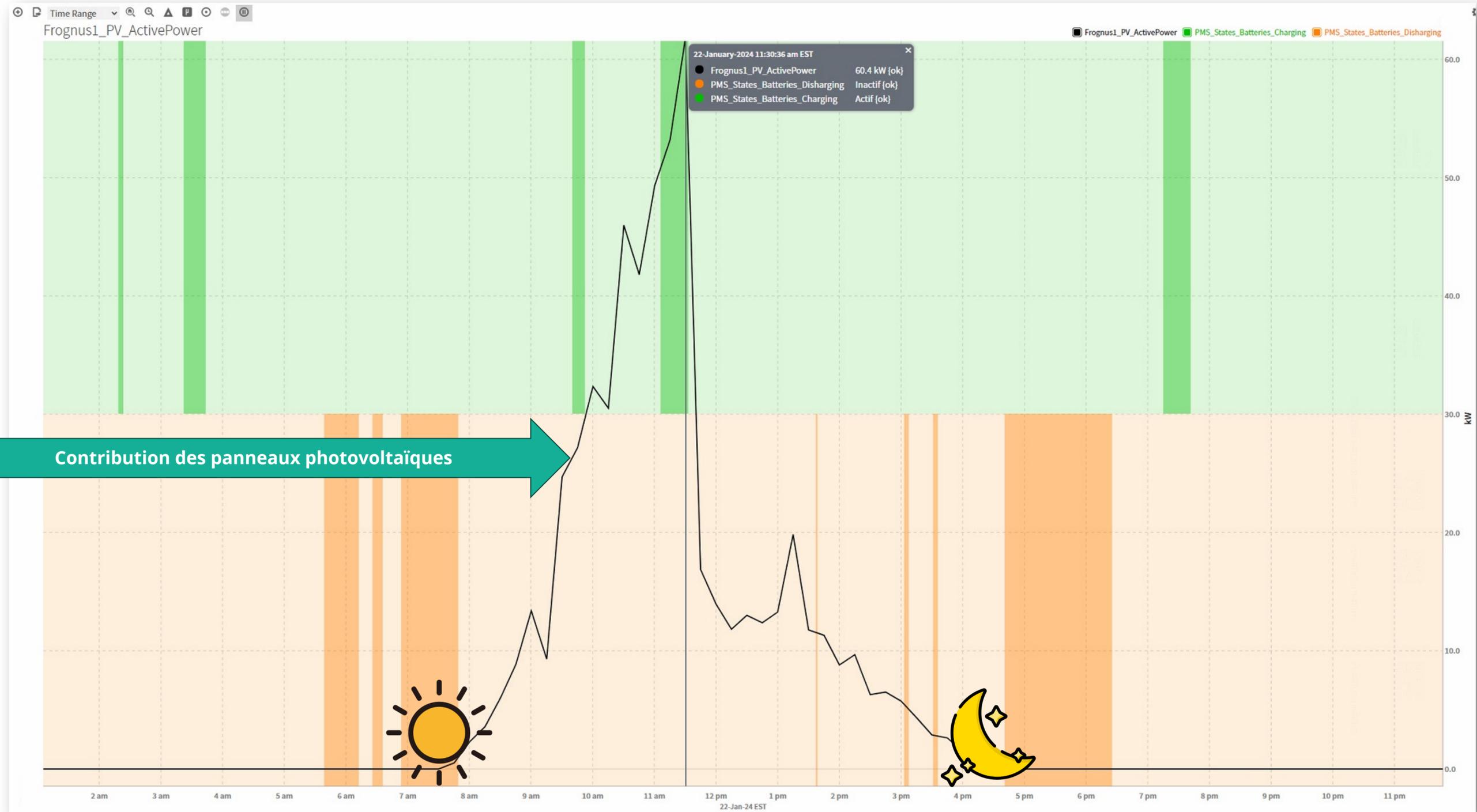


Panneaux photovoltaïques
(Environ 400 panneaux)



Batterie
137 kWh

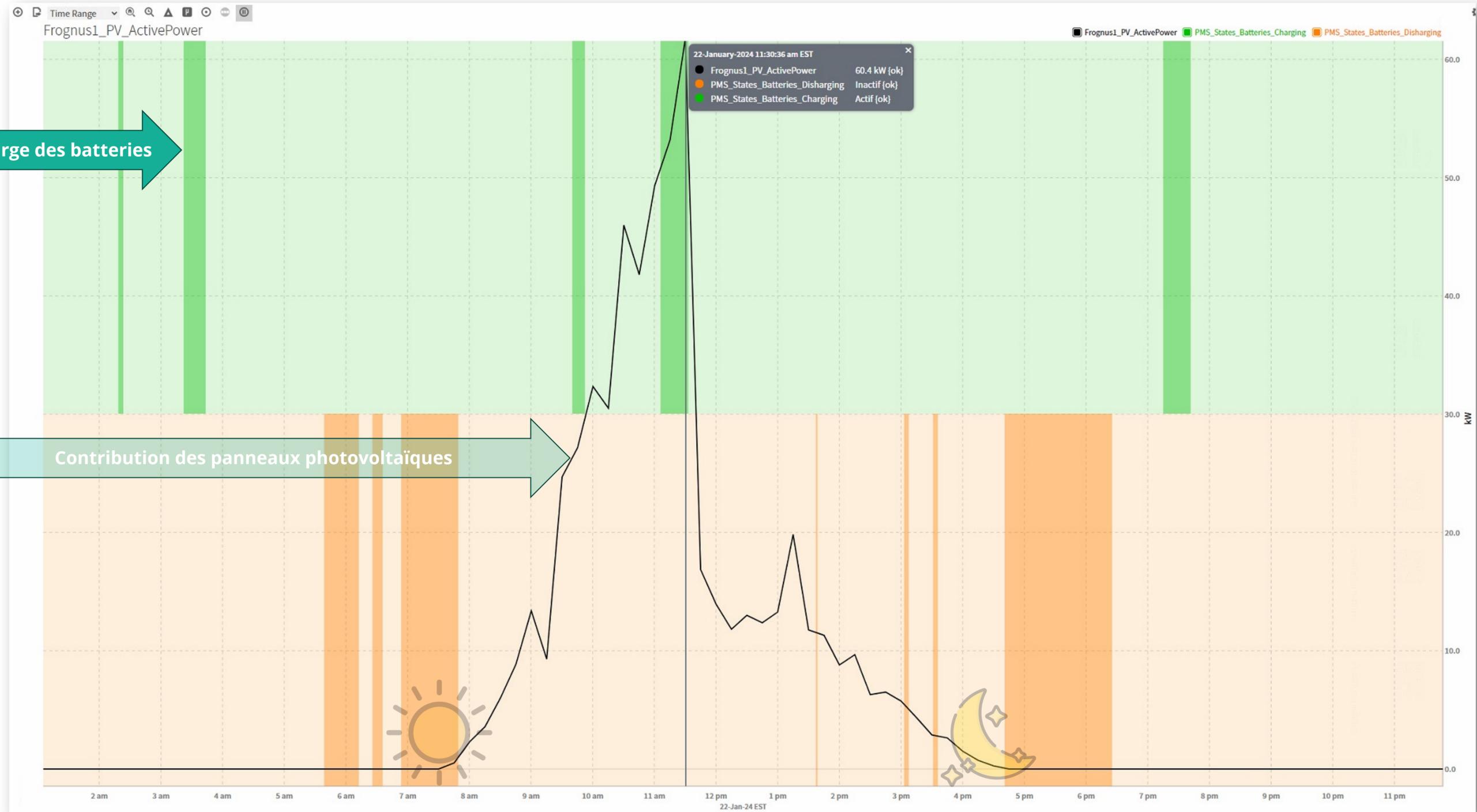
Journée typique d'hiver – Contribution des PV.



Journée typique d'hiver – Charge des batteries.



30

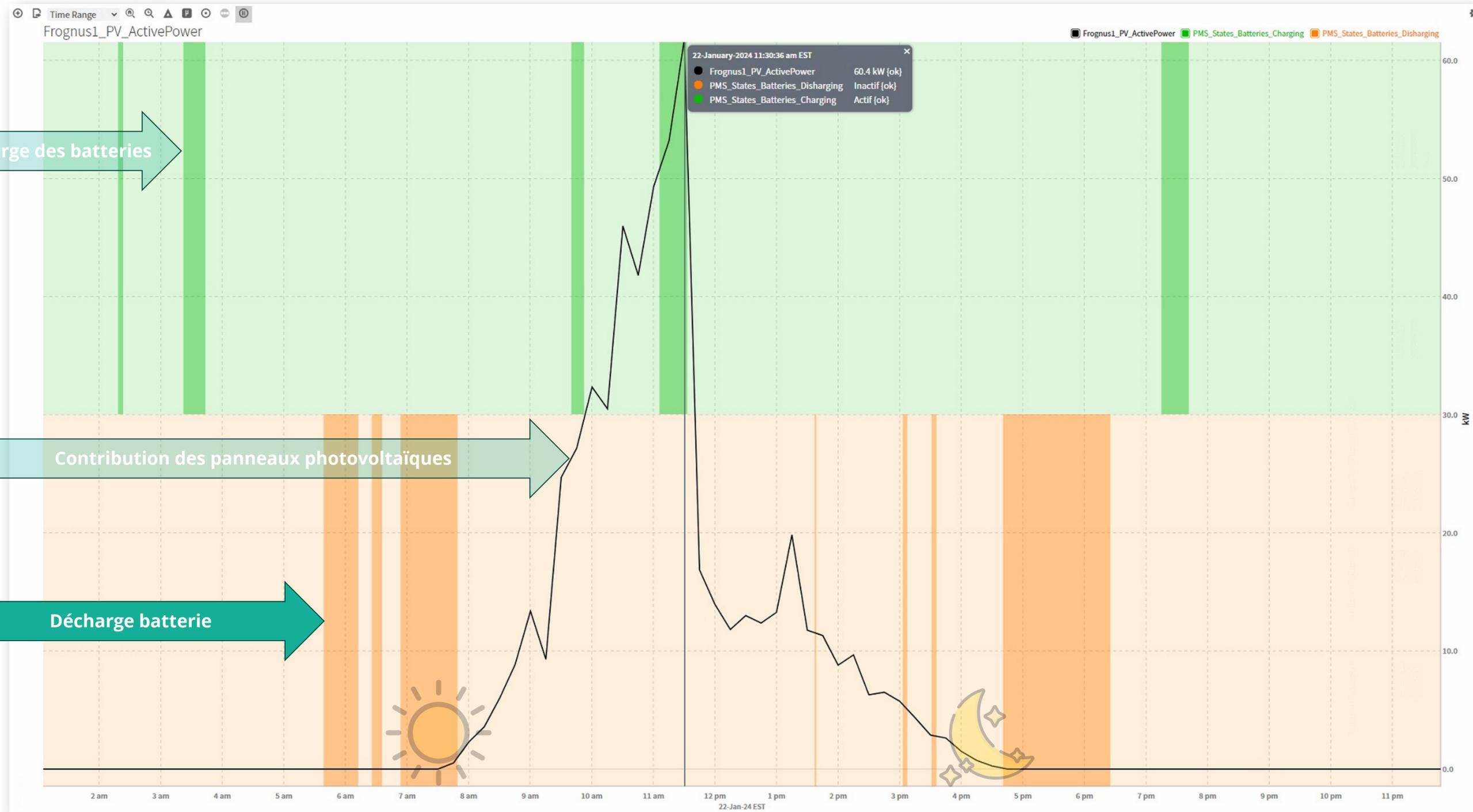


Charge des batteries

Contribution des panneaux photovoltaïques



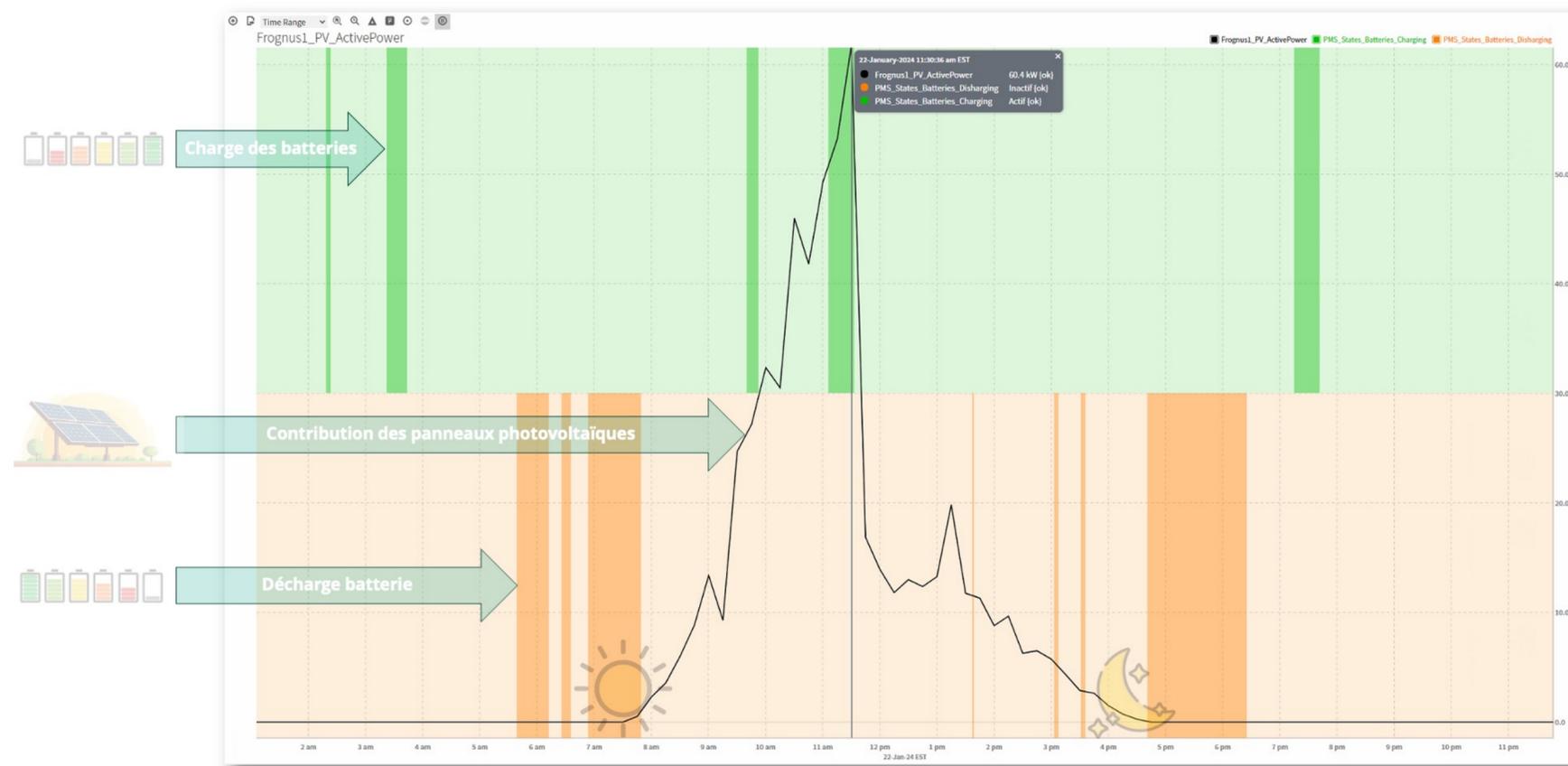
Journée typique d'hiver – Injection par les batteries.



Journée typique - Observations.

À quel moment, le défi est le plus grand :

- + **2 heures avant le levé du soleil jusqu'au levé du soleil (entre 6h30 et 8h30)**
 - Début des modes d'occupation du bâtiment
 - Arrivé des usagers en automobile électrique, chargeur d'automobile actif
 - Pas de contribution des panneaux photovoltaïques
- + **Du coucher du soleil et les 2 heures suivantes (entre 16h30 et 18h30)**
 - Modes d'occupation du bâtiment toujours actif
 - Pas de contribution des panneaux photovoltaïques



Défi : « aplatir la courbe ».

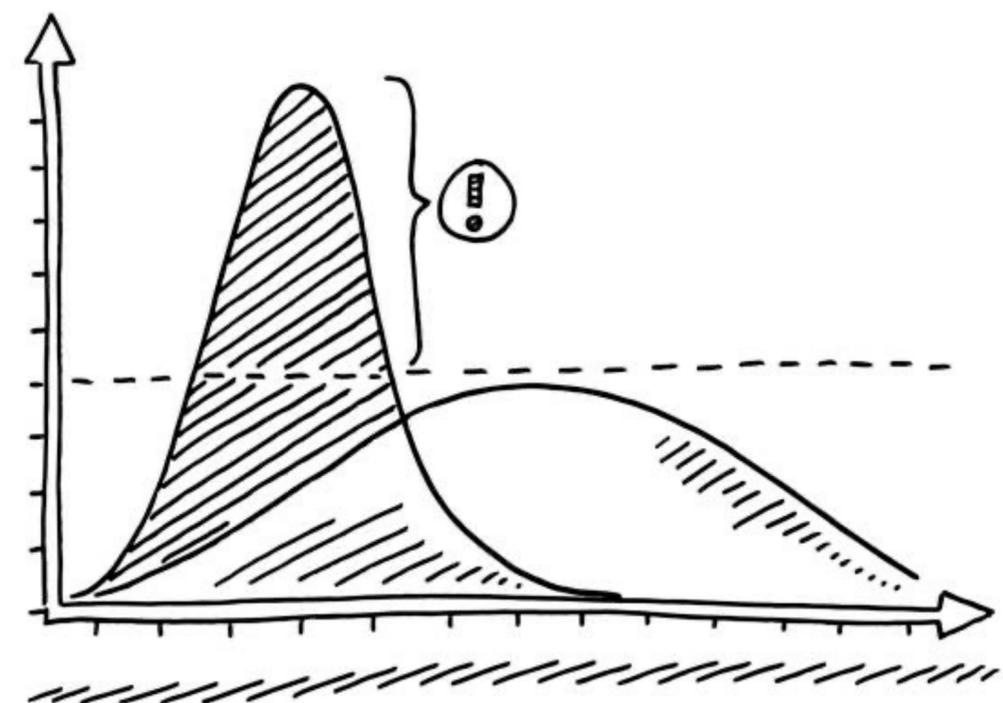
Comment « aplatir » la courbe de demande d'injection d'énergie :

+ Séparer l'horaire d'occupation des étages (Température / air neuf)

- Horaire des contrôles de pièce (chauffage radiant et thermopompe) entre 6h00 et 18h00
- Horaire des systèmes d'air neuf entre 9h00 et 17h00, sauf si qualité de l'air est mauvaise

+ Avec la météo prédictive

- Si la température extérieure est inférieure à -20°C (ou la prévision température extérieure), on force les contrôles de pièce (chauffage radiant et thermopompe) en mode occupé



Enjeu 1 : Optimisation de la séquence de délestage.

Détails des niveaux de délestage (hiver)

Niveau 0	Accumulation Électrique (si possible) Thermique liquide (si possible)
Niveau 1	Arrêt d'accumulation Électrique Thermique liquide
Niveau 2	Diminution d'apport d'air neuf Si $CO_2 < 1000$ ppm
Niveau 3	Injection d'énergie thermique liquide Via réservoir et la pompe P01
Niveau 4	Injection d'énergie électrique Via les batteries
Niveau 5	Délestage de la chaudière électrique CH02
Niveau 6	Délestage des Ventilo-convecteurs Augmentation des bandes morte
Niveau 7	Priorité de la chaudière au gaz VS chaudière électrique



Enjeu 2 : Distorsion des données.

En théorie, qu'est-ce qu'une donnée parfaite

- + Donnée précise
- + Donnée instantanée

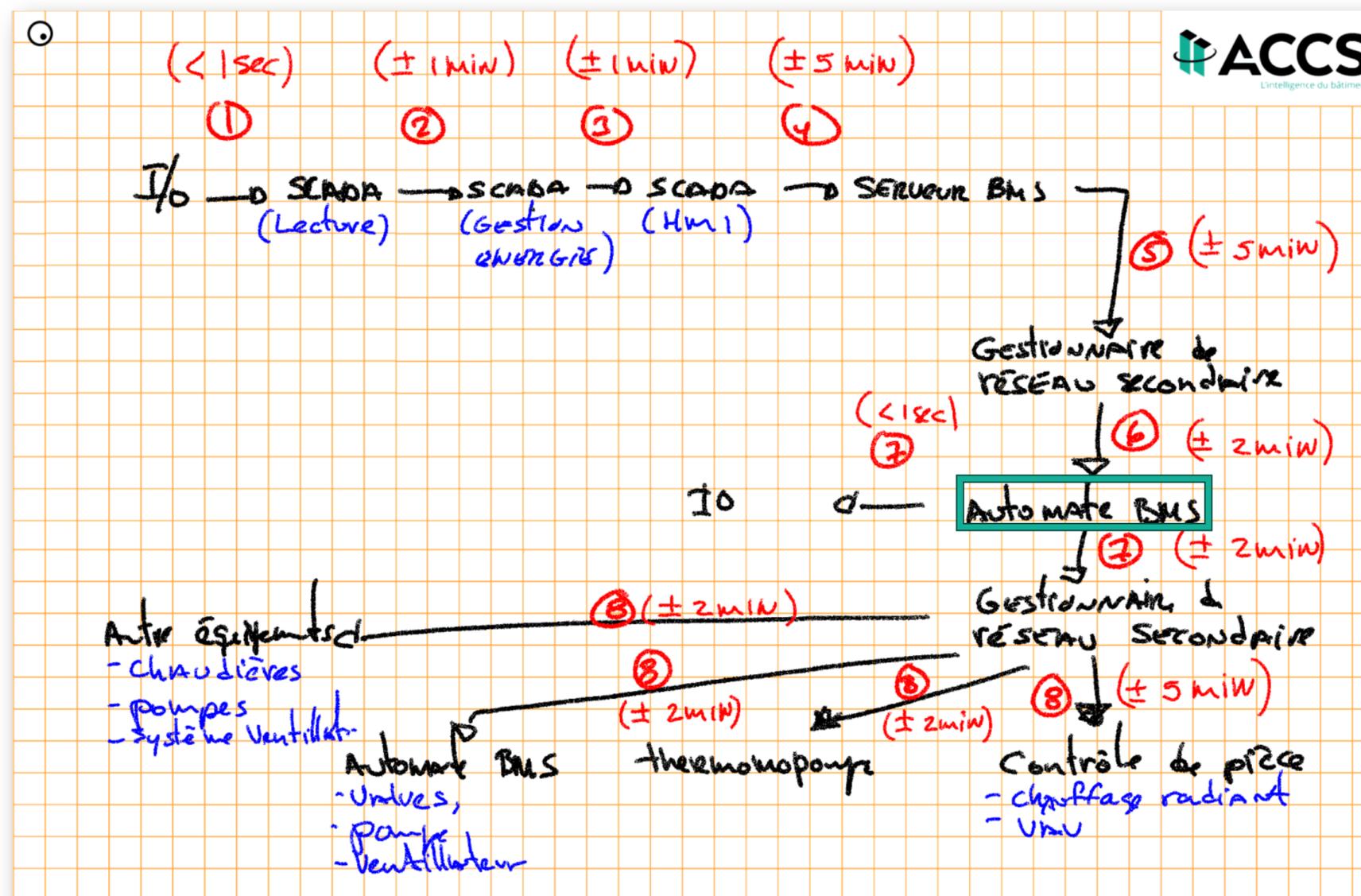
En pratique

- + Donnée est transmise d'un appareil à l'autre par communication
- + Donnée est transmise avec une conversion (impérial / métrique)
- + Donnée lue avec un intervalle de temps x

Enjeu 2 : Distorsion des données - Observations.

Dans notre étude de cas, voici les éléments causant des distorsions :

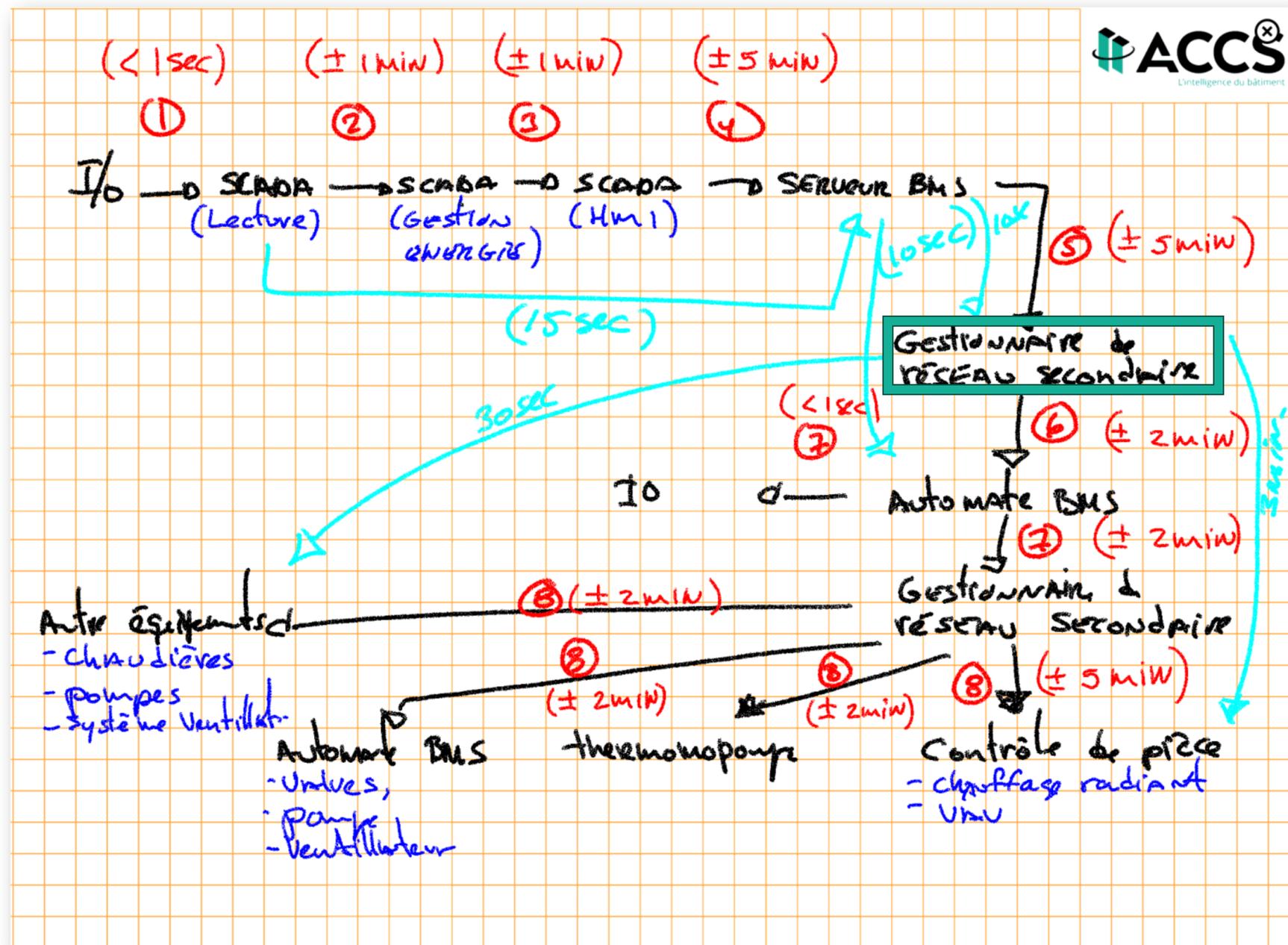
- + Les données sont transmises à travers plusieurs automates et contrôleurs.
 - + À l'origine, il y avait 7 intermédiaires.
 - + Délais de communication combiné entre 1 et 12 minutes
- + Les valeurs d'origine sont en système impérial et étaient converties en métrique.
 - + $22.0^{\circ}\text{C} \neq 71.6^{\circ}\text{F} = 72^{\circ}\text{F}$
 - + $22.5^{\circ}\text{C} \neq 72.5^{\circ}\text{F} = 73^{\circ}\text{F}$
 - + $23.0^{\circ}\text{C} \neq 73.4^{\circ}\text{F} = 73^{\circ}\text{F}$
- + Toutes les données étaient lues avec un long temps d'intervalle, pour des raisons de capacités de communication.
 - + \mp 3700 points de communications
- + Séquences d'opérations programmer dans le contrôleur près physiquement du réservoir.
 - + Programmation des séquences étaient localiser dans l'automate localisé physiquement entre le réservoir thermique et les SCADA électrique



Enjeu 2 : Distorsion des données - La solution.

Comment minimiser la distorsion des données :

- + Diminuer les intermédiaires
 - + Maintenant, il y a maximum 2 intermédiaires.
- + Instaurés des taux de rafraichissement variables
 - Données sensibles + rapide
 - Données pour information + lente
- + Changer l'endroit des séquences d'opération en fonction des temps de réponses de communication
 - + Programmation des séquences sont localiser dans le gestionnaire de réseau localisé au centre des échanges d'informations.



Les résultats obtenus : diminution des GES.



Méthode de validation des résultats

- + Analyse des factures d'énergie (Hydro-Québec et Énergir)
- + Utilisation du logiciel Dybee de BGI

Résultats de réduction des émissions de GES

- + On peut voir les diminutions importantes d'émissions des GES dans le graphique plus bas.

Émissions de GES



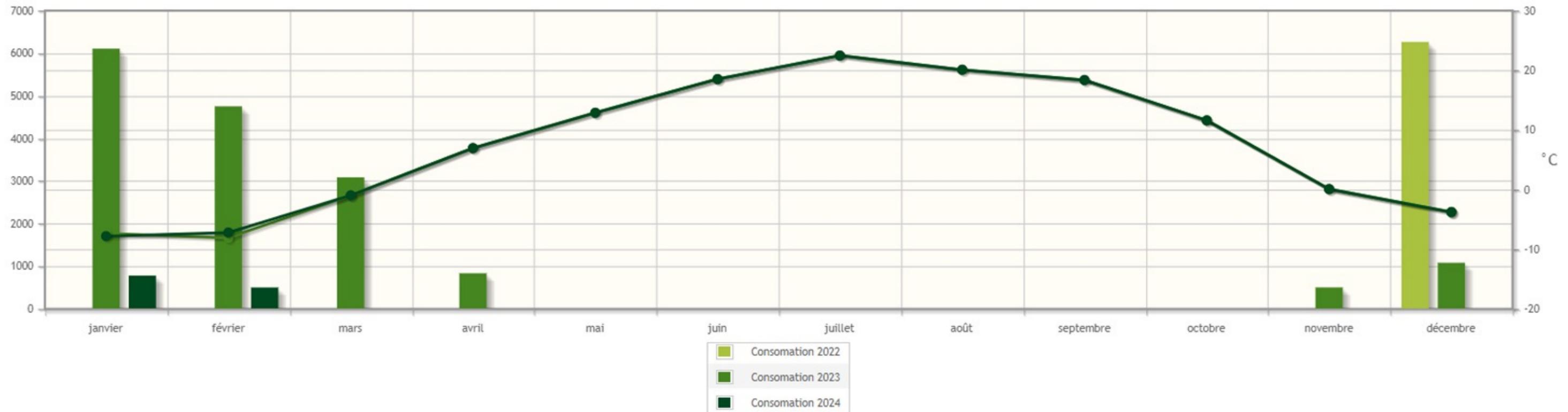
Les résultats obtenus : diminution de gaz.



Résultats de la consommation en gaz

- + Les émissions de CO2 ont été réduites de 88% par rapport à février 2023.
- + On peut voir les diminutions importantes de consommation de gaz dans le graphique plus bas.

Gaz naturel



LE PHÉNIX

**PHASE 5 – POUR ALLER ENCORE
PLUS LOIN !**

Phase 5 : à venir (2024-2025).

Fort des apprentissages des phases antérieures, il est possible d'aller encore plus loin.

ACCS propose une 3^e optimisation des séquences de fonctionnement des systèmes pour rencontrer les objectifs suivants :

- + Conserver le confort des occupants, la gestion de la pointe électrique et la réduction des GES
- + **Stratégies pour diminuer davantage la consommation d'énergie**
 - Ajout de séquence de départ optimisé (ventilo-convecteurs, air neuf)
 - Optimisation d'utilisation des batteries : ne pas limiter l'injection d'énergie à 20Kw, l'injection maximale en fonction de la météo prédictive (ensoleillement, température extérieure)
 - Intégration et délestage des bornes de recharge automobiles

LE PHÉNIX

PÉRIODE DE QUESTIONS

Période de questions.

Yanik Caissy-Cyr

