



Réseau Energie
et Bâtiments



Accumulateurs thermiques : Études de cas d'implantation et d'opération





Réseau Énergie et Bâtiments



Christian Gagnon
Conseiller en expertise
et soutien
SQI



Michel Morin,
Coordonnateur aux
projets à l'énergie et
l'entretien
CCS des Samares



François Laurencelle,
Ph.D.
Chercheur
Laboratoire des
technologies de l'énergie
Hydro-Québec



Leo Colucci, Ing.,
Ingénieur de projet
Hydro-Québec

L'historique de l'utilisation des accumulateurs dans les écoles des Samares



Les accumulateurs thermiques dans les écoles existent depuis longtemps. Au début des années 80, avec les premiers systèmes de régulation numérique, les réservoirs d'eau chaude domestique étaient utilisés pour accumuler l'eau chaude la nuit en mode hors pointe.

Nous avons 45 écoles avec ce type de stratégies en mode hors pointe pour accumuler une réserve d'eau chaude domestique.

L'historique de l'utilisation des accumulateurs dans les écoles des Samares



3 accumulateurs de 80 kw

En 2009-2010 nous avons commencé l'installation d'accumulateurs thermiques. Nous avons participé à l'élaboration du module BACnet avec STEFFES.

Nous avons installé dans 40 écoles,

- 39 accumulateurs thermiques centralisés,
- 3 accumulateurs à changement de phase
- 30 accumulateurs décentralisés

Pourquoi avoir choisi cette démarche

Nous avons choisi cette technologie, car elle nous permettait d'éliminer le mazout dans nos écoles de grandeur moyenne, > 2500 M2. Pour les écoles, < 2500 M2, l'utilisation d'une chaudière électrique était suffisante avec le tarif G.



Ainsi, avec les accumulateurs thermiques, les chaudières et systèmes électriques et l'énergie renouvelable, nous avons éliminé le mazout dans 65 écoles.

Depuis 2010, nous n'utilisons plus ce combustible ainsi que le gaz naturel et propane dans 31 écoles. Un total de 123 000 gigajoules de combustible fossile a été aboli à ce jour.

Avec ces technologies il nous reste 6 écoles avec du fossile à éliminer pour 2025.

Il y a peu ou pas d'économie d'énergie lors de l'ajout de cette technologie, par contre, les avantages énergétiques de la mesure: une économie de mazout en remplacement de celui-ci ainsi qu'une économie de tarif appréciable.

Systemes centralisés ou décentralisés



Accumulateur centralisé ou décentralisé

- Utiliser des éléments électriques pour chauffer des briques dans les 2 systèmes
- Accumuler la chaleur dans des briques à haute densité dans les 2 systèmes
- Restituer l'énergie accumulée sous forme de chaleur à la pièce au temps opportun en faisant circuler un flux d'air dans l'appareil dans les 2 systèmes

Les accumulateurs centraux existent dans plusieurs configurations

- À air forcé ou hydronique
- Peut-être couplé à une thermopompe ou une chaudière électrique

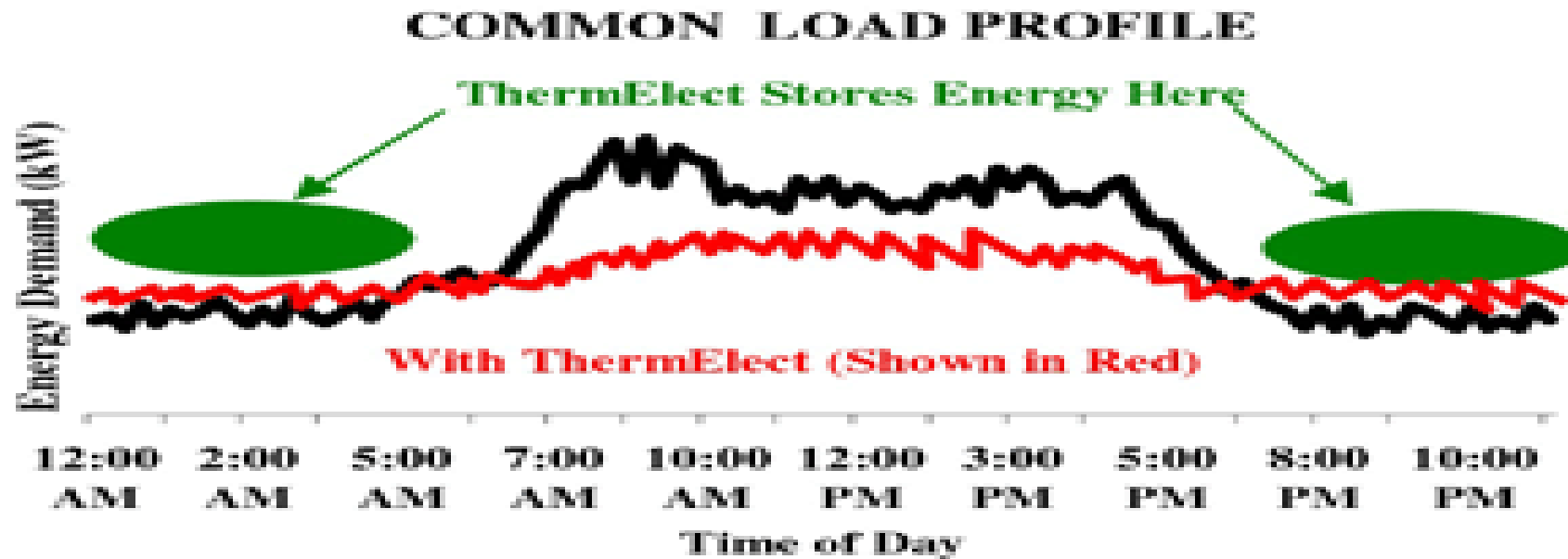
Accumulateurs thermiques décentralisés

Il existait plusieurs capacités et sont moins d'entretien que les centralisés, la charge est plus facile à moduler que le centralisé, mais difficile à trouver maintenant.

Gestion de la pointe du bâtiment (GDP)

Concept de la mesure

- La brique emmagasine la chaleur électrique pour la libérer plus tard (amélioration du FU).



Le CSS des Samares participe au programme GDP depuis 16-17.

Pour des remises de Hydro-Qc de plus de 1 600 000\$.

C'est un des programmes les plus efficaces et payant autant pour H-Q que pour nous.

Étude de cas: École secondaire St-Roch l'Achigan



Cette école secondaire est pourvue de 4 accumulateurs de 80 KW avec contrôle par SCR et module BACNet.

Les accumulateurs sont couplés à une thermopompe de 125 tonne, le gaz naturel est en appoint seulement.

Nous avons remplacé 2 chaudières Volcano de 150 hp chacune.

Nous faisons aussi beaucoup de récupération sur les systèmes doubles gaine.

Les accumulateurs nous permettent de chauffer ce bâtiment de 17 591 m² sans problème.

Le chiller et les accumulateurs nous donnent assez d'énergie pour passer les grands froids.

Cette école est aussi en mode GDP.

Elle donne un rendement de 0,417 gig/m² et consommé 224 gig de gaz, que nous sommes à éliminer avec l'ajout d'une chaudière électrique.

En conclusion, les accumulateurs couplés à la géothermie ont permis la réduction de combustible fossile et ont augmenté l'efficacité énergétique de ce bâtiment. Une réduction de 0,269 gig/m² ou 4721 gigajoules.

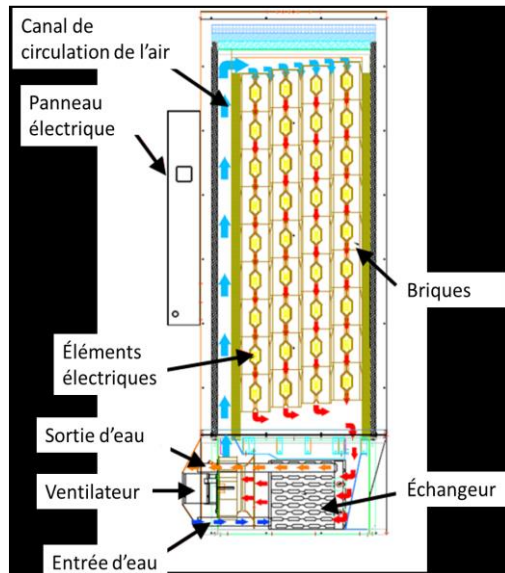
Rentabilité des installations



vu intérieur d'un accumulateur

La PRI des installations est de 8,2 ans. L'économie engendrée est de plus ou moins 87 000\$ annuellement en fonctionnement. L'installation d'accumulateur en 2010 était d'environ 1 000\$ le KW, installer un accumulateur de 80 KW coutait donc 80 000\$. Aujourd'hui c'est plus du double!

Par contre, l'entretien des accumulateurs est très dispendieux. Les composantes sont hors de prix et de plus, selon nos expériences, après plus de 3 ouvertures du système il faut remplacer l'isolant. La durée de vie est d'environ 15 ans, ce qui fait que nous n'installons plus d'accumulateur. Le cout d'entretien dépasse les économies engendrées.



Station météo prédictive



L'accumulateur thermique ne peut bien fonctionner sans une station météo prédictive.

En effet, celle-ci donne l'information au système BMS de la température du lendemain, afin de faire charger l'accumulateur à sa juste valeur d'énergie selon la température extérieure.

Par exemple, quand il fera froid le lendemain, le signal est donné à l'accumulateur de charger à pleine capacité.

Si la température prévue est moins froide, l'accumulateur ne chargera pas à pleine capacité sauvant ainsi beaucoup d'énergie qui aurait été chargée inutilement .

Tous les accumulateurs du parc sont informés de la météo via une station qui transmet l'information.

Autres solutions pour emmagasiner de l'énergie utilisés



Il existe une panoplie de moyen et de technologie pour accumuler de l'énergie. Nous en avons essayé plusieurs, la plus prometteuse et la plus facile à installer est d'utiliser le bâtiment comme batterie et d'augmenter sa température de 2°C avant les périodes de gestion de pointe.

Cette méthode est peu couteuse et facile à installer. Tous nos bâtiments fonctionnent de cette façon. Ils sont munis d'un système DDC avec des contrôles dans chaque pièce.

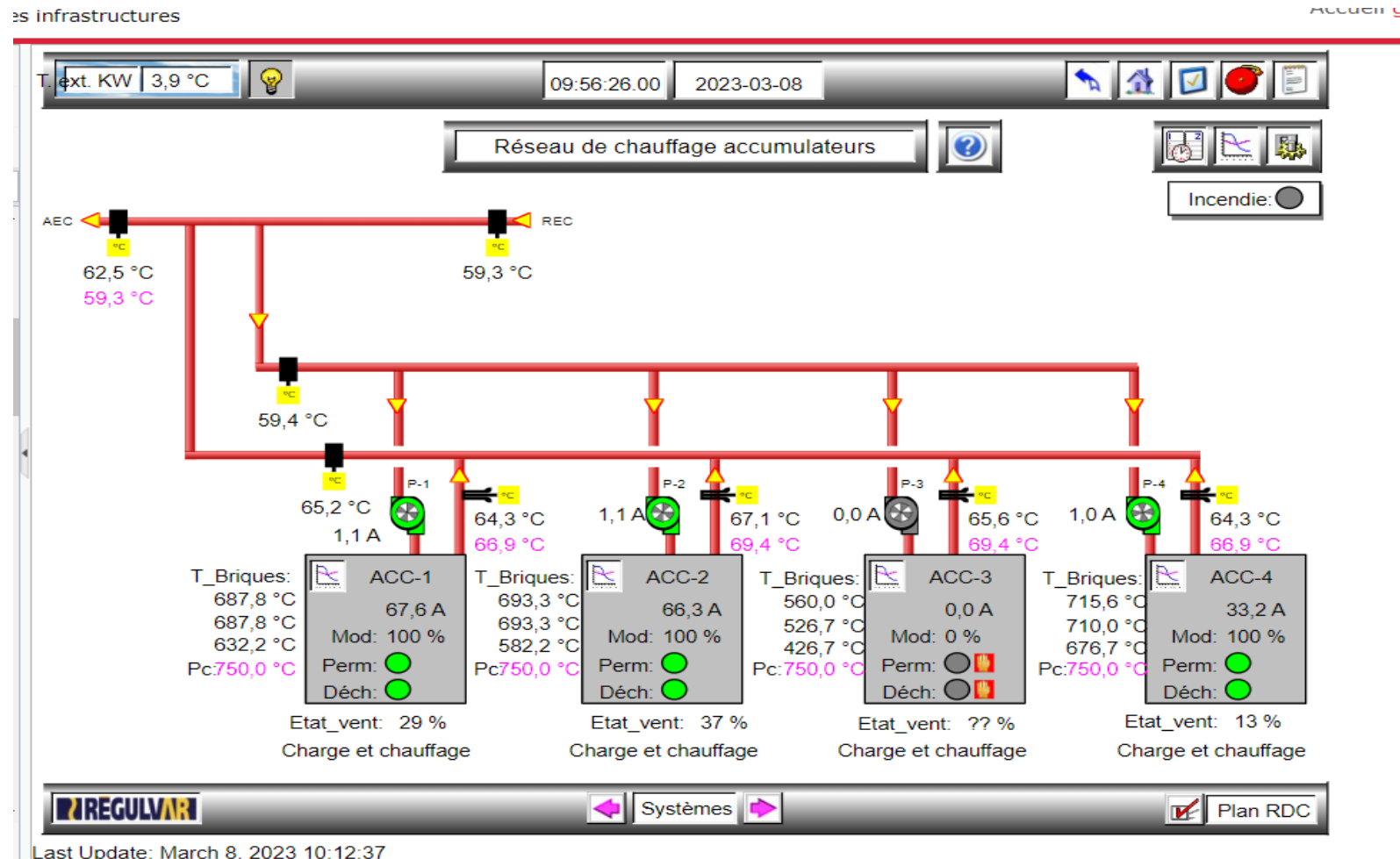
La simplicité de ce système fait en sorte de procurer des économies à l'année et comme chaque bâtiment est pourvu d'un BMS l'investissement est minime.

Les autres technologies pour stocker de l'énergie sont les matériaux à changement de phase, les batteries, la géothermie, réservoir d'eau, etc.

Accumulateurs thermiques
L'opération des accumulateurs et la
gestion de la pointe électrique.

Groupe d'accumulateurs

Taux de charge (ampérage) et de décharge (vitesse des ventilateurs) variable, et priorisation de certains accumulateurs via des P.C. d'alimentation différents.



Opération des accumulateurs vs les chaudières à combustible

L'accumulateur thermique est priorisé et est autorisé à fonctionner lorsque les conditions suivantes sont simultanément vraies.

- Réception de la preuve de marche de l'une des pompes de circulation d'eau chaude depuis plus de deux (2) minutes (ajustable).
- La température d'alimentation du réseau de chauffage = P.C. -1 °C plus de 5 minutes (ajustable).

La chaudière à combustible est autorisée à fonctionner lorsque les conditions suivantes sont simultanément vraies.

- Réception de la preuve de marche de l'une des pompes de circulation d'eau chaude depuis plus de deux (2) minutes (ajustable).
- La température d'alimentation du réseau de chauffage = P.C. -4 °C (ajustable). Ajouter un délai avec une variable de temps selon la température extérieure; Ex. $T^{\circ}\text{ext} = 10^{\circ}\text{C}$ délais de 60 min., $T^{\circ}\text{ext} = -5^{\circ}\text{C}$ délais de 10 min. (ajustable) .

Lorsqu'un accumulateur est utilisé, on doit réajuster le point de consigne de ce dernier de +0 à 15°C au-dessus du P.C. d'alimentation désiré afin de forcer la modulation de son ventilateur, car ce sont des équipements en injection.

Si la température d'alimentation du réseau est \geq à P.C. +4°C, réajustement = 0°C, Si la température d'alimentation du réseau est = à P.C. -1°C, réajustement = + 15°C.

Opération des accumulateurs vs les chaudières électrique

La chaudière électrique est priorisé et l'accumulateur thermique est autorisé à fonctionner lorsque les conditions suivantes sont simultanément vraies, afin de conserver l'énergie des accumulateurs en pointe électrique.

-Tenir compte des différents débits comme mentionné dans la séquence précédente.

- La chaudière électrique doit opérer pour maintenir le PC de temp. d'alimentation +2, tout en étant limité par le contrôle de puissance.

L'accumulateur thermique est autorisée à se décharger lorsque les conditions suivantes sont simultanément vraies,

La température d'alimentation du réseau de chauffage = PC -1 °C plus de 15 minutes (ajustable).

Si la température d'alimentation du réseau est \geq à P.C. +1°C, réajustement = 0°C, Si la température à d'alimentation du réseau est \leq à P.C. -3°C, réajustement = + 15°C.

Si la température d'alimentation du réseau est \geq à P.C. +1°C plus de 15 minutes arrêt de la permission de décharge.

Point de consigne d'emmagasinement des accumulateurs

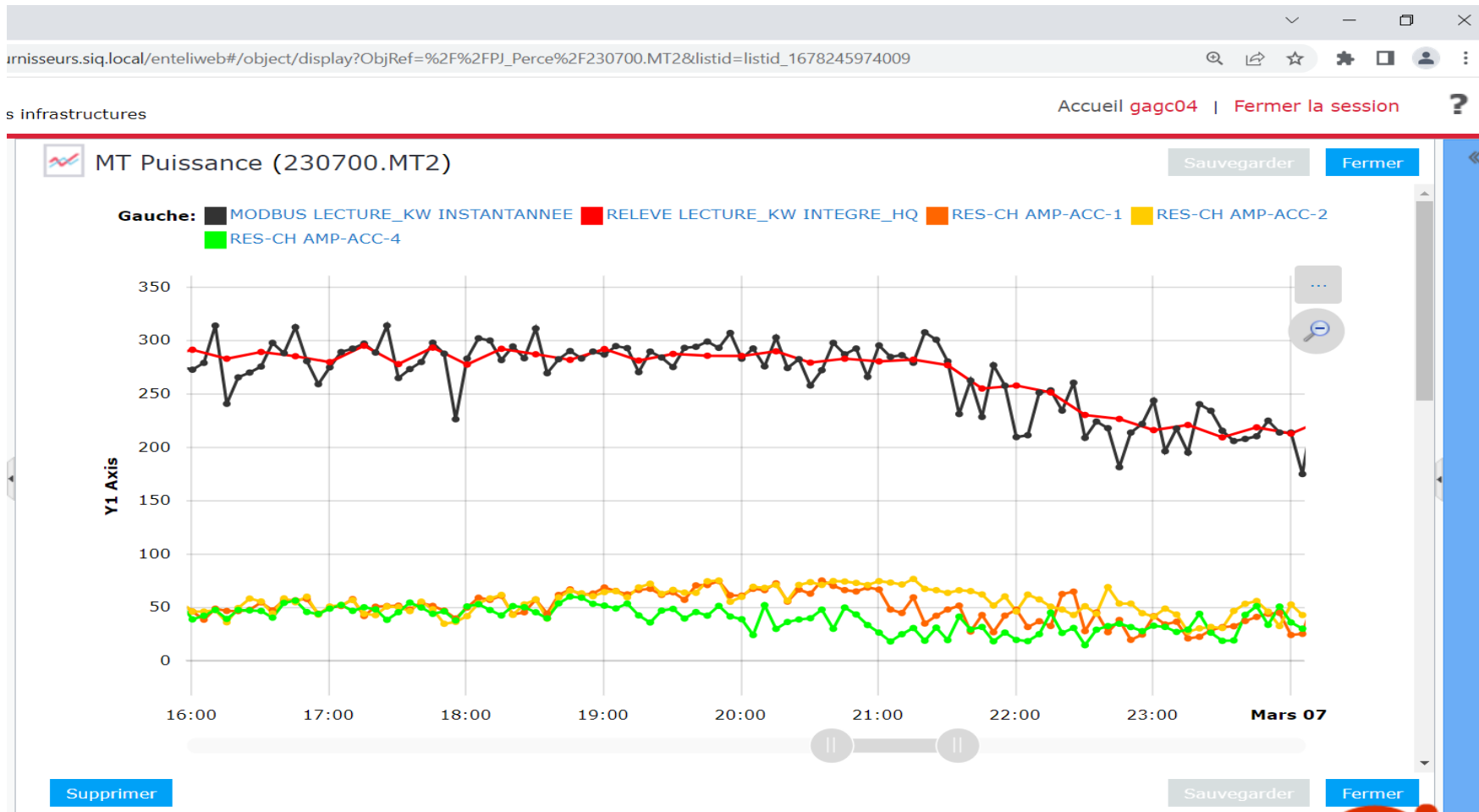
- Pour établir le P.C. des accumulateurs thermiques, utiliser la température la plus basse des 7 derniers jours en se référant à 3 échantillons par jour.
- Si temp. minimum Ext. = -15°C P.C. = 700°C , Si temp. min. Ext. = 15°C P.C. = 100°C .
- Autre possibilité est l'utilisation de station météo, pour anticiper le point de consigne requis.

Limitation

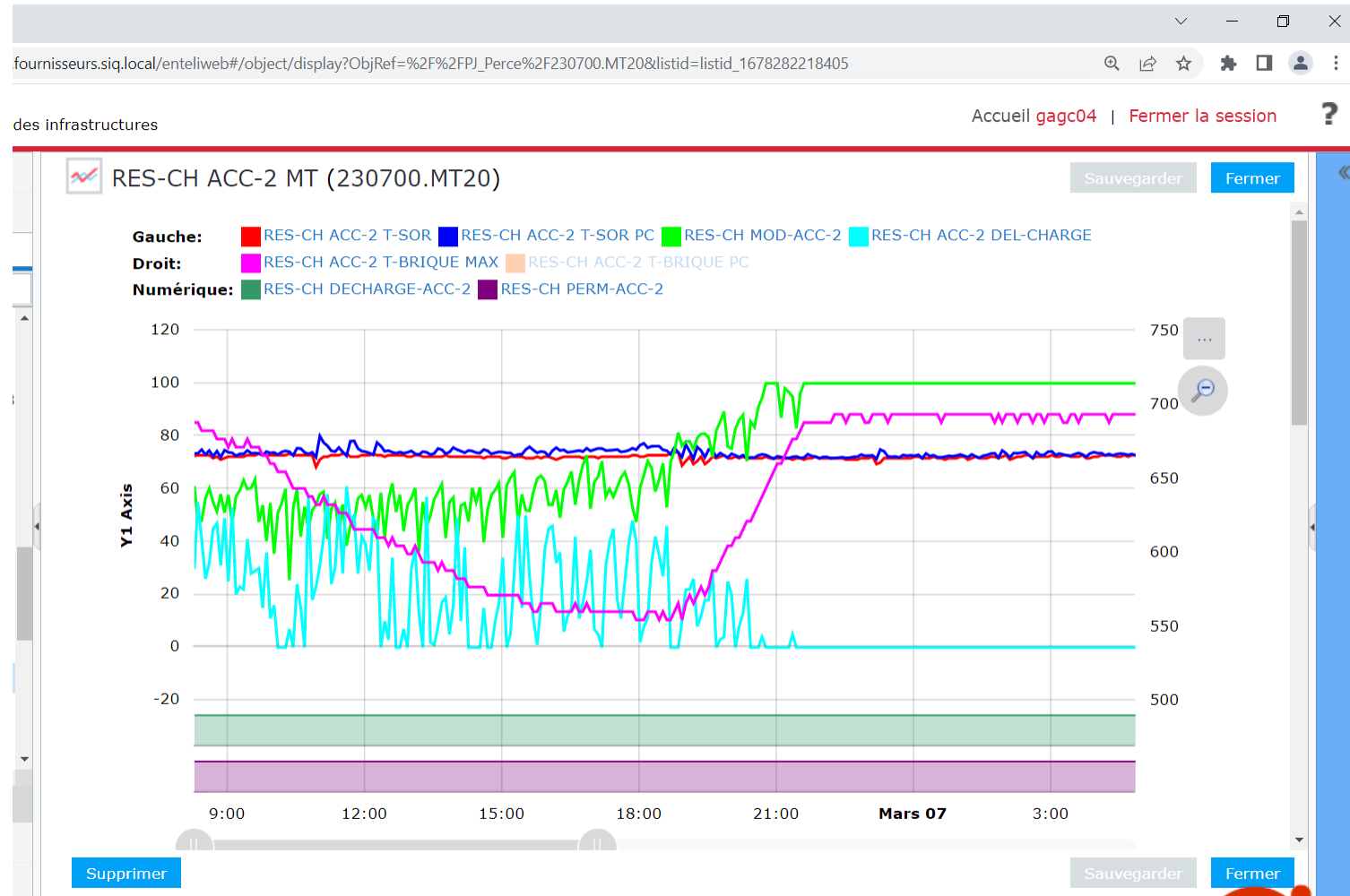
- Attention particulières: La température de retour du réseau de chauffage ne doit pas dépasser 70°C, car la température maximale de sortie des accumulateurs est d'environ 82°C, ils se limiteront automatiquement, même si les banques sont chargées au maximum. À pleine capacité on observe environ 10°C de delta-T.
- Par exemple, il peut être requis d'installer des valves motorisées sur des aérothermes pour éviter les retours d'eau chaude non utilisé.

Relevé de puissance en fin de journée

Jusqu'à 21:00 la puissance totale reste stable, mais à partir de 18:00 certains accumulateurs peuvent se charger près de leur puissance maximale de 80 KW



Comportement d'un accumulateur dans la même période



Contrôle de puissance

Pour le délestage tenir compte de la lecture de courant intégrée sur 15 minutes ainsi que la lecture instantanée. Limiter la charge en tenant compte du maximum de 3 boucles de contrôle dont 2 en proportionnel-intégral ;

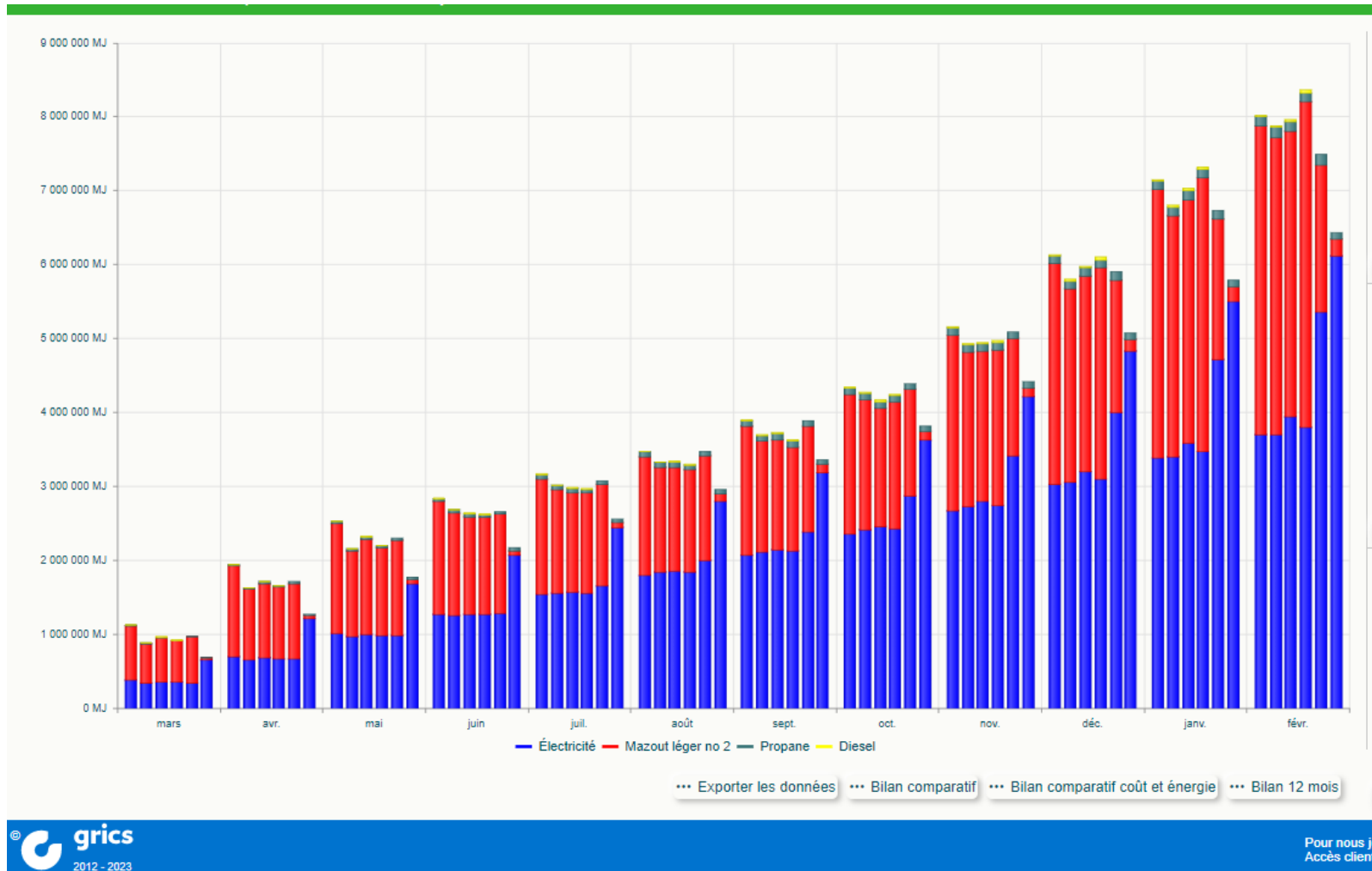
- Une avec la lecture instantanée = $1.03-1.06 * P.C.$ de délestage
- Une avec la lecture intégrée = $0.95-0.98 * P.C.$ de délestage
- Une autre avec la lecture intégrée, en proportionnel seulement $0.985 * P.C.$ de délestage, permission = 100, P.C. de délestage, permission = 0%.

Dans le cas des banques thermiques, il y a un contrôleur interne qui gère la distribution de la puissance en fonction de la température des différentes sections. En tenant compte de cette fonctionnalité, plus on se rapproche de notre point de consigne de délestage moins rapidement on permet l'ajout de puissance vers les banques.

Bénéfices

- On utilise les stratégies de limitation de puissance autant avec les accumulateurs de type Mégathermes, qu'avec les chaudières électriques et même les équipements de chauffage électriques des locaux.
- L'emmagasinement se fait aussi via la masse du bâtiment, en limitant les abaissements et même dans certains cas, en augmentant les températures des pièces la nuit, dans les bâtiments que l'on cherche à chauffer électriquement.
- Pour un meilleur contrôle, on fait rajouter à nos équipements des SCR qui permettent de gérer la puissance beaucoup plus finement et diminue grandement les arrêt-départs des stages fixes.
- On obtient de meilleurs facteurs d'utilisation et par conséquent un coût moindre du Kwh.

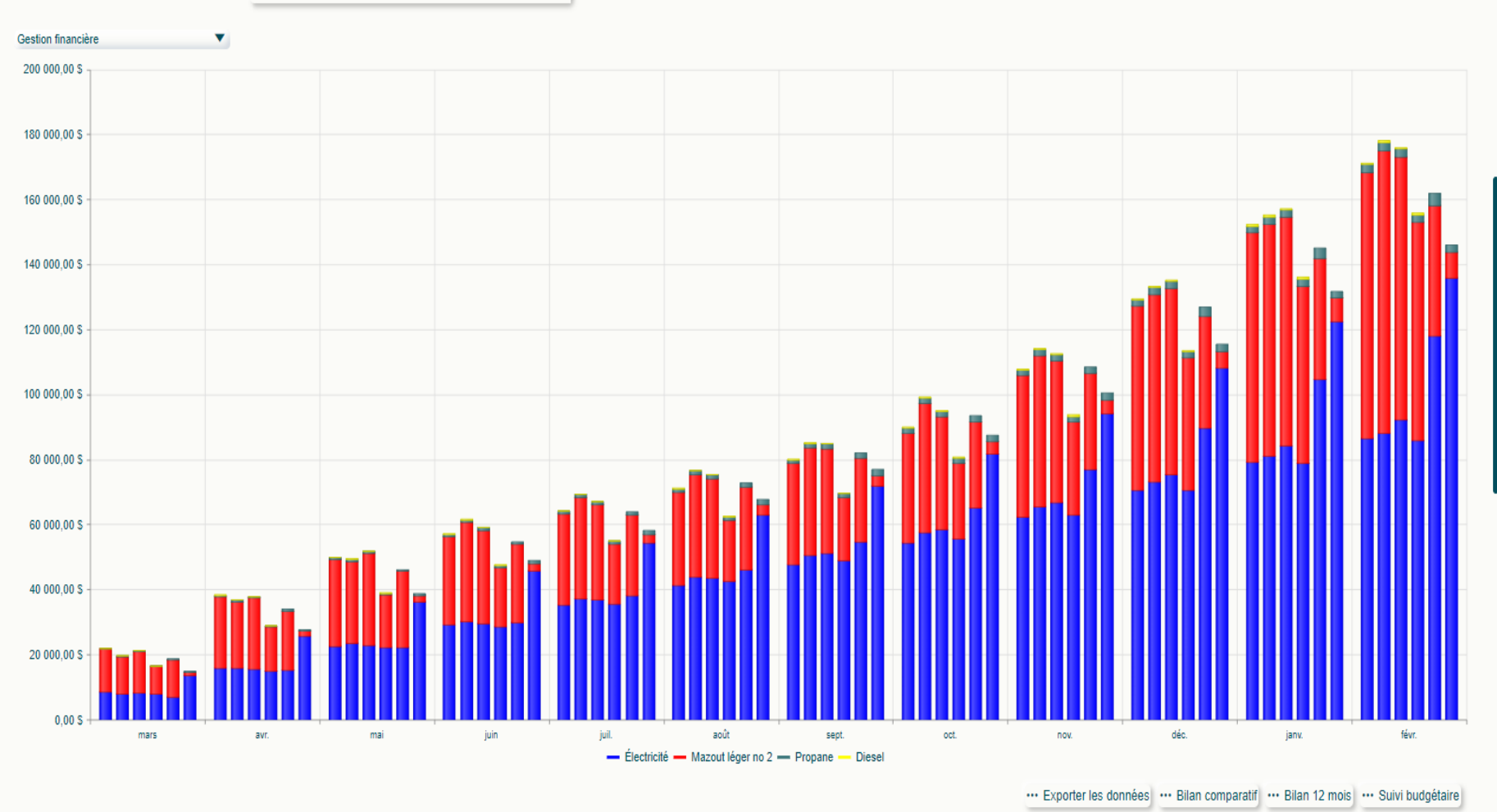
Amélioration de l'efficacité



Rendement chiffré

- Près de 20% d'amélioration du rendement général.
- Réduction de la consommation d'huile d'environ 95%.

Coût d'opération



Éléments à retenir

- Réduction de la facture énergétique d'environ 25 000\$ par année.
- Participation au GDP qui nous rajoute environ 7 000\$ par année, pour un totale d'environ 32 000\$.
- Nous avons augmenté notre puissance moyenne d'hiver de 200 à 300 KW malgré l'ajout de 320 KW d'accumulateurs, la différence de coût en puissance est grandement compensé par la GDP.
- La diminution de la température maximale des banques de 760°C à 693°C, devrait améliorer grandement la durabilité des éléments, mais a un impact sur la capacité d'emmagasinement.

Conclusion

- Dans nos nouveaux projets, on conserve la plupart des équipements aux combustibles, qu'on utilise avec parcimonie, cela nous permet de:
- Diminuer grandement nos émissions de GES, on vise généralement 90%.
- De participer à la gestion de pointe du réseau et à un coût global moindre.

WEBINAIRE DU RÉSEAU ÉNERGIE BÂTIMENT (REB) – 15 MARS 2023

Accumulateurs thermique centraux (ATC) dans un bâtiment institutionnel

L'EXPÉRIENCE DU LABORATOIRE DES TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE (LTE)

FRANÇOIS LAURENCELLE, PH.D.

LÉO COLUCCI, ING., PMP

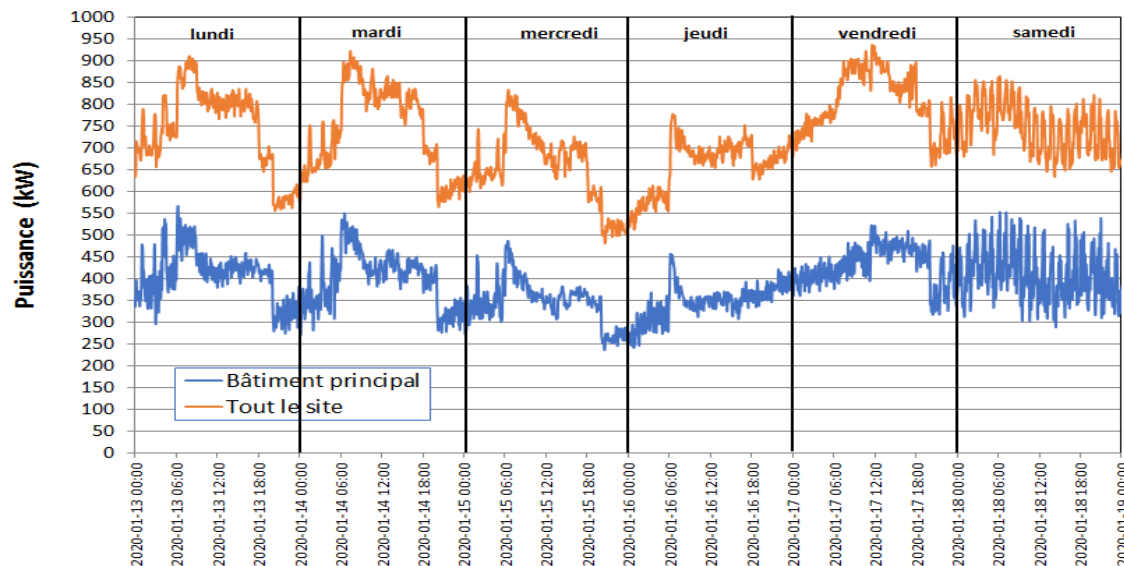


Vitrine technologique du LTE

- Bâtiment principal du LTE
 - À Shawinigan (fait partie du CRHQ)
 - Construit en 1987
 - 60 000 pi², tout électrique
 - 550 kW en pointe



Comparaison du profil de puissance
(bâtiment principal vs site)



- Projets d'intégration technologique
 - 2 ATC ThermElect (160 kW, 900 kWh)
 - 13 ATL (35 kW, 200 kWh)
 - Génératrice à air comprimé (35 kW, 280 kWh)
 - Batterie (93 kW, 186 kWh)
 - 54 Panneaux solaires PVT (17 kW, 22 kW th.)
 - Contrôle intégré des technologies

13 ATL

MISE EN SERVICE À L'AUTOMNE 2019



2 ATC (THERMELECT)

MISE EN SERVICE À L'AUTOMNE 2021



Systemes CVCA

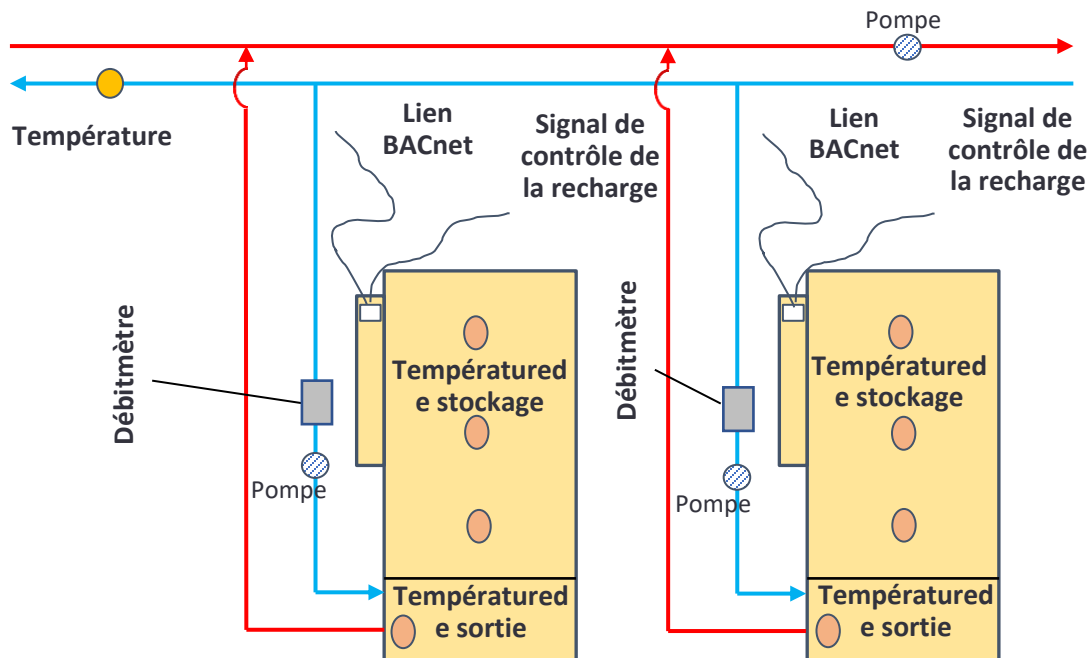
- 23 systemes CVCA
- 2 ATC : source de chaleur de 4 systemes
de la demande de chauffage du bdtiment 1/3

- Systeme 3 : Laboratoires (2 etages)
- Systeme 4 : Entrepots
- Systeme 5 : Grand hall d'essais
- Systeme 22 : Laboratoire

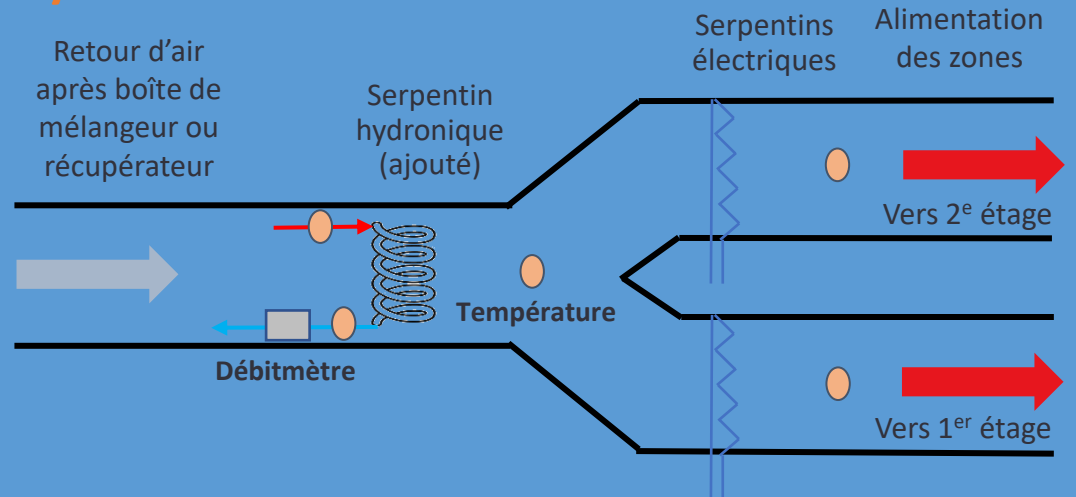


Installation

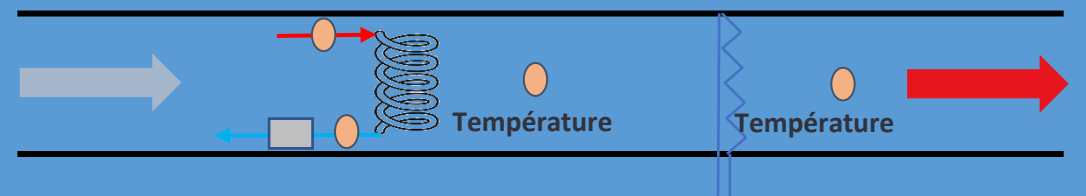
- Réseau de chaleur (eau glycolée)



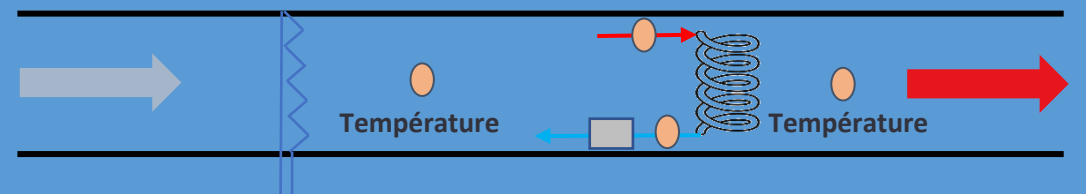
Système 3



Systèmes 4 et 5



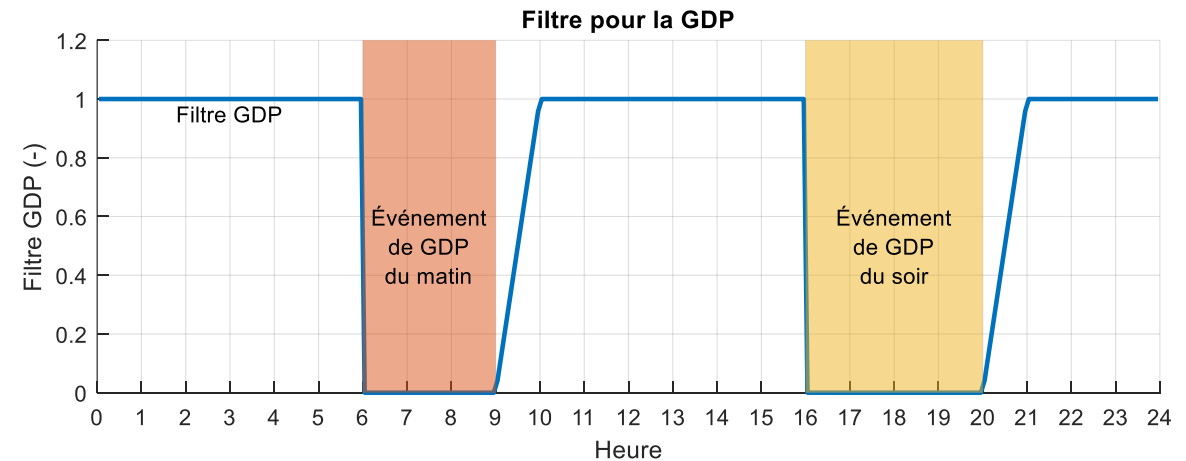
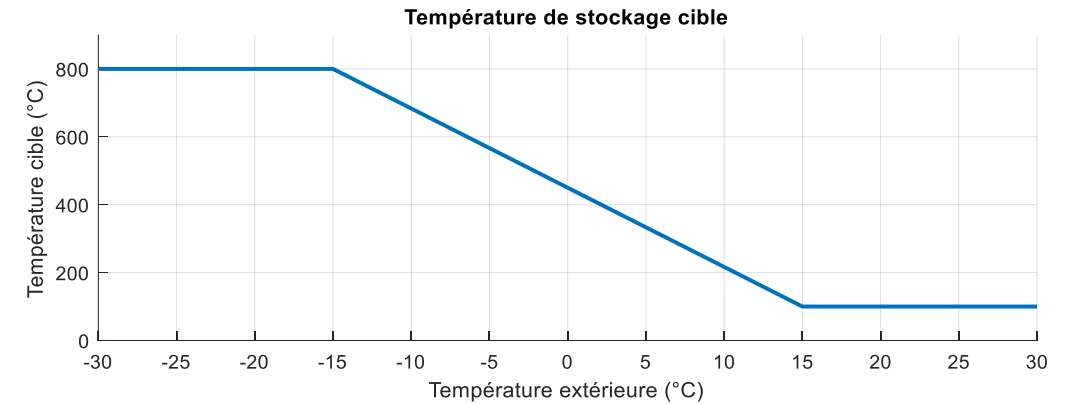
Système 22



Contrôle des ATC

- Par le SGE du bâtiment
- Principale source de chaleur de 4 systèmes
- Algorithmes
 - T cible de stockage selon T ext. moy. (sur 24 h*)
 - Puissance cible de recharge selon :
 - Besoin de chauffage moyen (sur 24 h*)
 - Ajustement pour T cible à 6h00
 - Modulation de la consigne lors d'événements
 - Écrêtage de la PMA
 - GDP (gestion de la demande en puissance)

* Dernières 24h (un évènement sur un jour)
** Permission de recharge des ATC retardée et modulée après une panne



$$P.atc = Bes.Chal.moy24h + Coef. \times (T.cible - T.stoc)$$

$$marge.PMA = P.cible - P.autres$$

$$P.atc = \min(P.atc, marge.PMA)$$

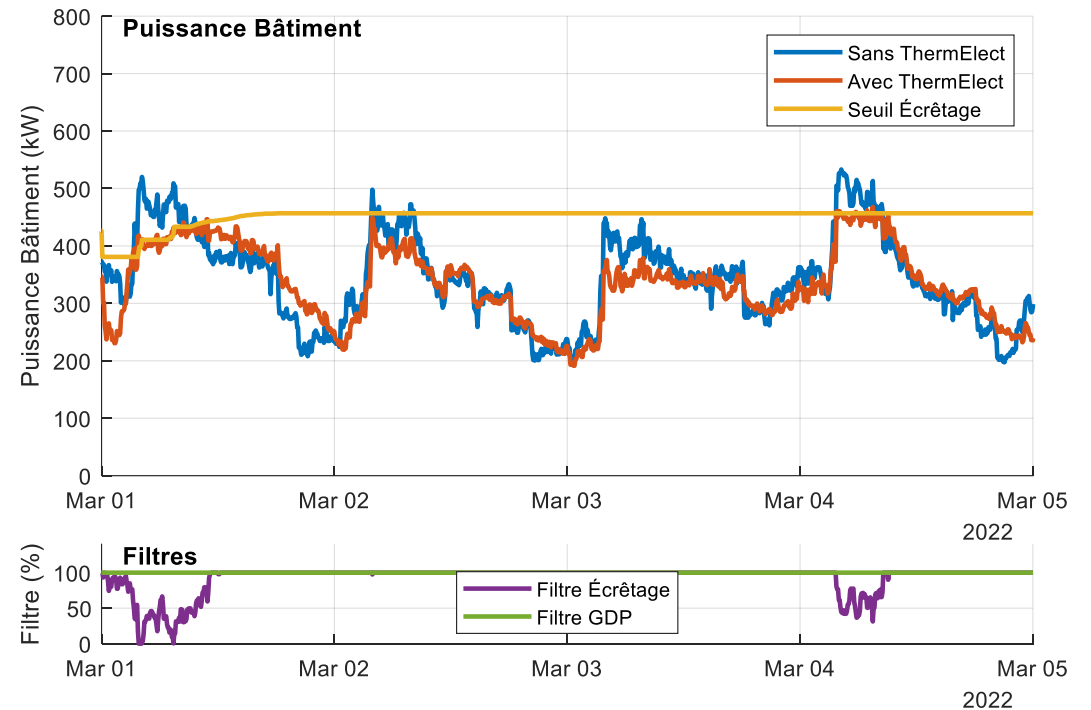
$$P.atc = P.atc \times filtre.GDP \text{ (lors d'événements)}$$

Écrêtage de la puissance maximale appelée (PMA)

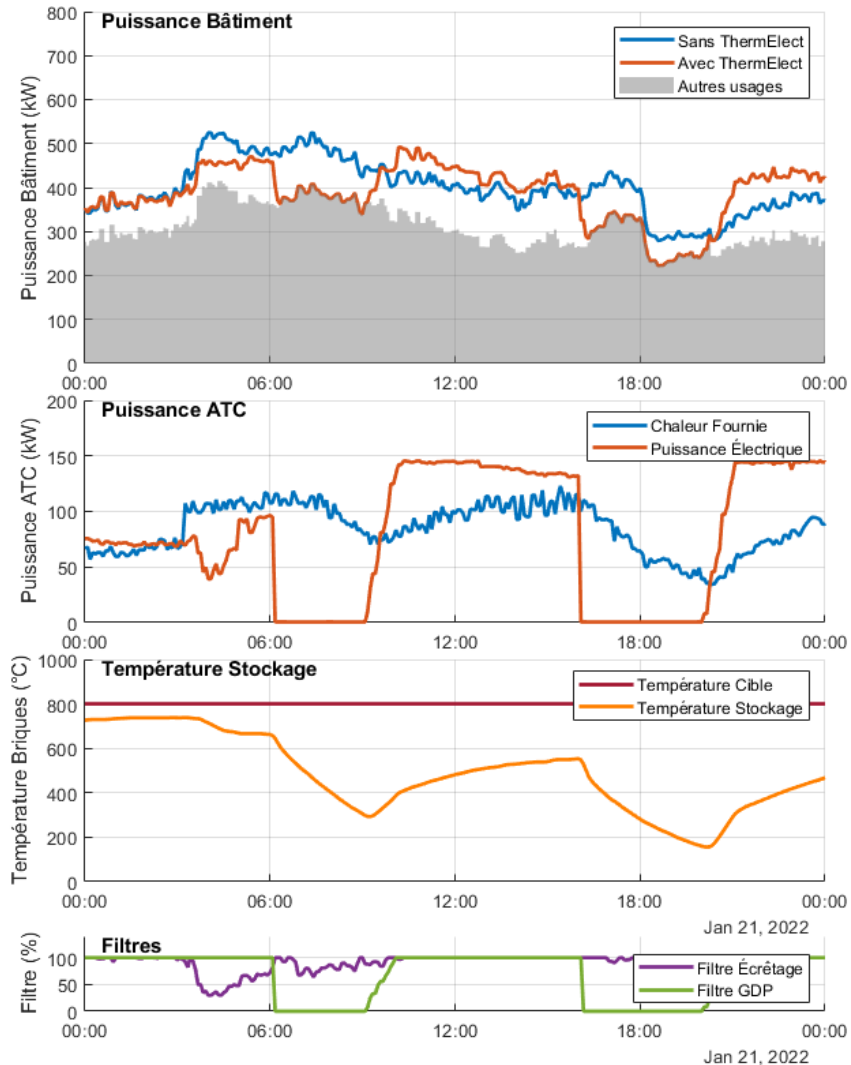
- Contrôle
 - Seuil d'écrêtage optimal calculé en continu selon :
 - Appel de puissance moyen quotidien prévu
 - Écart ajustable pour tolérer des fluctuations

Si le seuil est relevé lors d'un jour + froid, il reste relevé pour la suite du mois

- Observation
 - Abaissement de la PMA : 90 kW



Gestion de la demande en puissance (GDP)



- Contrôle

- Lors d'un appel de GDP Affaire

- Évènement inscrit au calendrier
 - Puissance abaissée entre 6-9 h ou 16-20 h
 - Après l'évènement, remontée de la puissance en 1h

- Observation

- Manque de puissance de décharge à la fin des événements de GDP

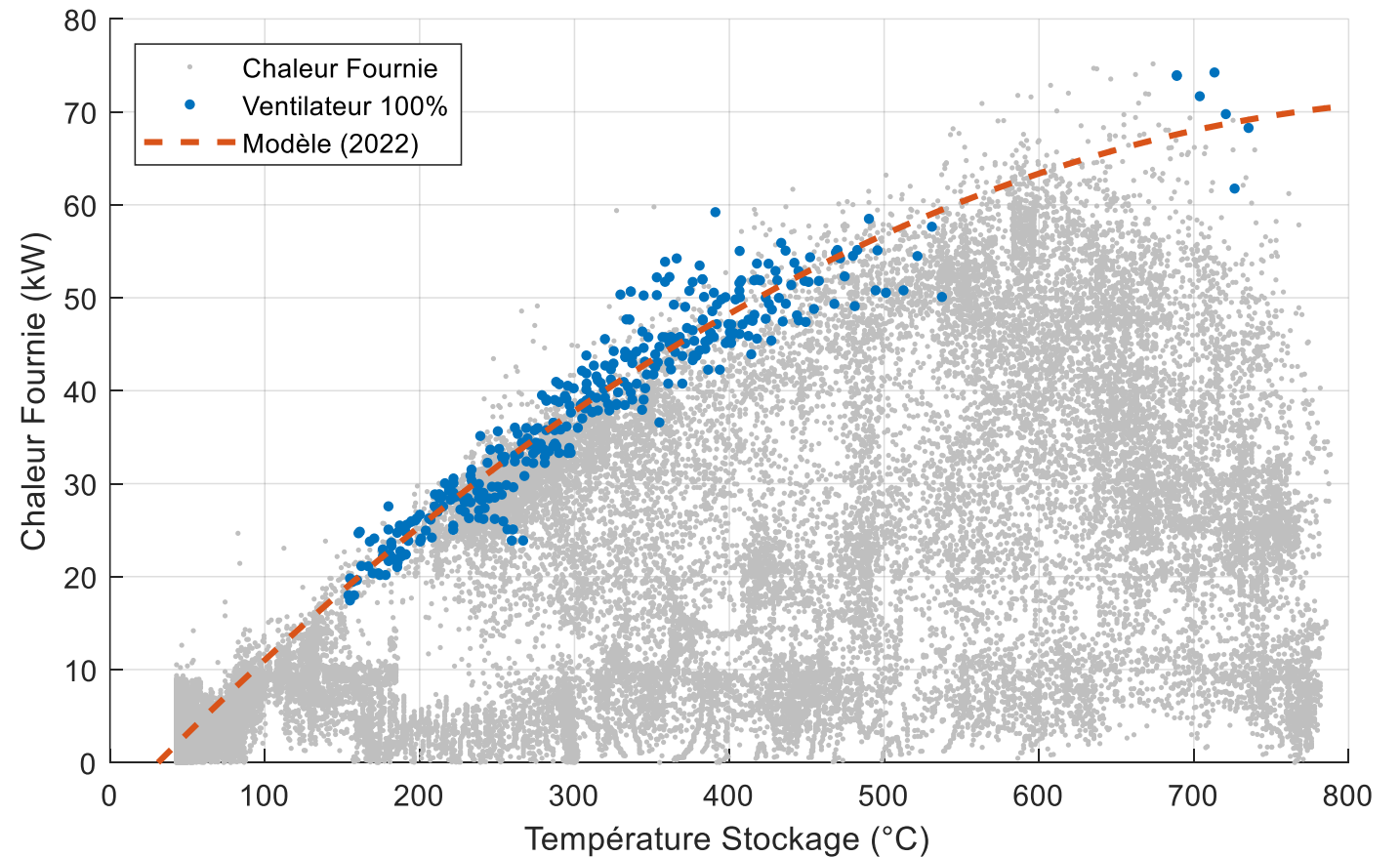
- Abaissement le matin : 95 kW
 - Abaissement le soir : 75 kW

- **Décharge forcée maximale selon la température de stockage**

- La capacité de décharge des ATC dépend de la température de stockage

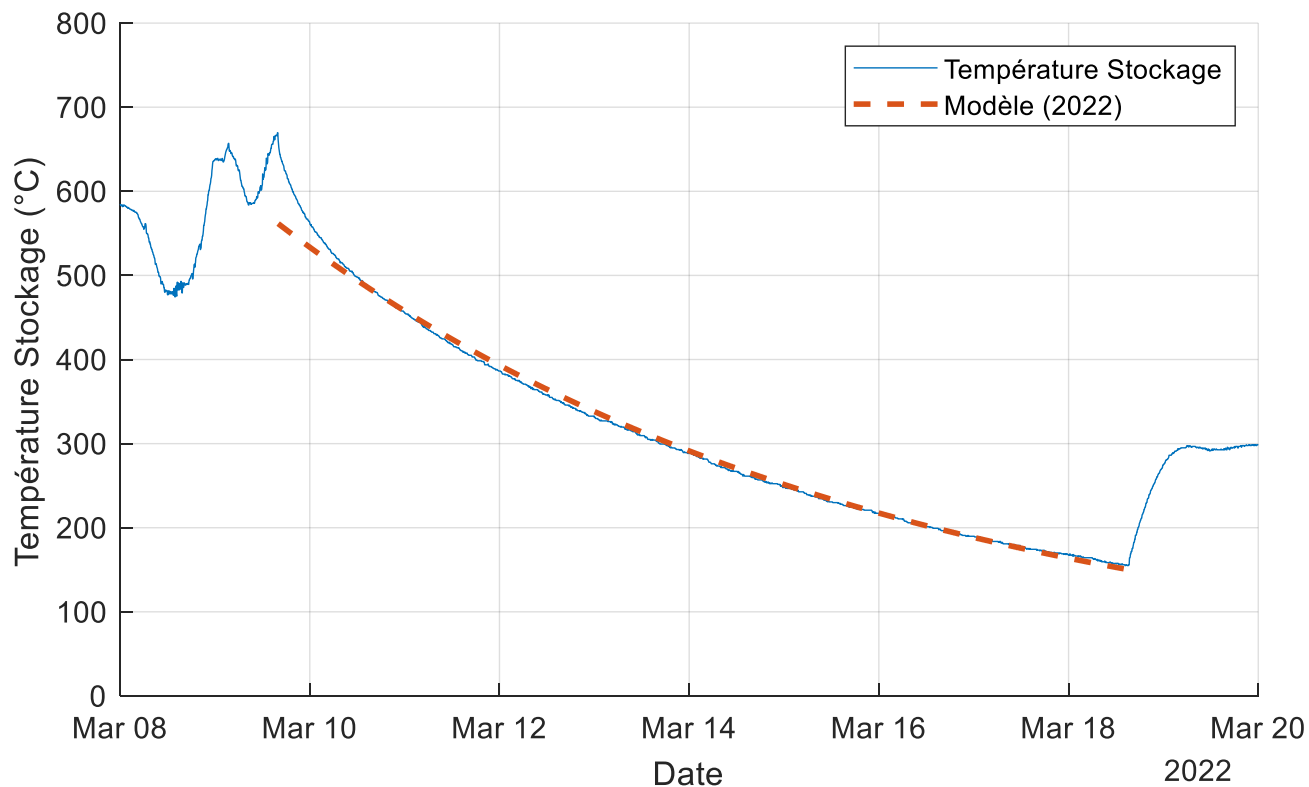
Énergie stockée ↓
=
Puissance thermique max. de décharge ↓

- 700°C → 70 kW th.
- 550°C → 60 kW th.
- 300°C → 40 kW th.
- 200°C → 25 kW th.
- 100°C → 10 kW th.



Décharge naturelle par les pertes thermiques

- Les pertes thermiques de l'ATC se dissipent dans le local où il est situé



Temp de stockage ↑

=

Pertes élevées ↑

Si celles-ci ne contribuent pas au chauffage, maintenir la température de stockage basse

- 4 à 4.5 W/°C de pertes
- 3.5 kW th. à pleine charge
- ≈ 5 % de la décharge maximale

Conception

- **2 ATC légèrement sous-dimensionnés par rapport au besoin**
 - Solution : stratégie de contrôle incluant le chauffage d'appoint et périphérique pour éviter qu'ils ne contrebalancent les gains des ATC
- **Espace restreint dans la salle mécanique**
 - Nécessité de relocaliser les serpentins électriques de chauffage d'un système
- **ATC installés dans le Grand hall d'essais du RDC**
 - Long réseau de chaleur
- **Le Système 22 est une unité de toit monobloc**
 - L'échangeur de chaleur a dû être installé en aval du chauffage d'appoint
- **Objectifs de monitoring et contrôle**
 - Nombreux capteurs (température et débit), nombreux registres de tendances

Contrôles

- **Puissance de décharge proportionnelle à l'énergie stockée**
 - Puissance thermique plus faible lorsqu'il y a moins d'énergie stockée
 - Hausser la température de stockage pourrait affecter la fiabilité à long terme
- **Besoin de bien cibler le seuil d'écrêtage mensuel pour un bénéfice optimal**
 - Stratégie à l'essai pour un ajustement automatique du seuil
- **Difficile de combiner les services d'écrêtage de la PMA et de GDP**
 - L'écrêtage de la PMA durant la période de préchauffage diminue l'énergie stockée
 - Manque d'énergie stockée pour couvrir la période de GDP du matin
- **Le contrôle des ThermElect est assez complexe**
 - Nécessite un niveau d'expertise élevé pour le contrôle immotique

Opération

- **Sous-dimensionnement de l'échangeur d'un système**
 - Une partie du besoin thermique est couvert par le chauffage d'appoint, même si les ATC seraient capables de fournir toute la chaleur requise
- **À deux occasions, après une panne de courant, la pompe du réseau de chaleur n'a pas redémarré automatiquement**
 - Le redémarrage a nécessité une intervention manuelle
- **Un relais du contrôleur d'un des ThermElect a surchauffé**
 - Il a été remplacé
- **Seulement 2 hivers d'opération**

Perspectives

- **Nouveaux modèles européens d'ATL sur le marché**
 - Projet pilote en cours pour le résidentiel

Recrutement pour projet pilote Commercial - Institutionnel

- Installation de nouveaux appareils (payés par HQ)
- Intégration au BMS (support par HQ)
- Rétrofit ou nouvelle construction
- But : guide d'installation
- + Intégration programme Solutions Efficaces



Intéressé ? Contactez nous !
colucci.leo@hydroquebec.com



Modèle ECO de Ecombi



Modèle XLE de Dimplex

- LTE

Qui sommes nous ?

- ❖ Laboratoire des technologies de l'énergie (LTE)
- ❖ Fait partie du Centre de recherche d'Hydro-Québec (CRHQ)

LTE

- Shawinigan, environ 50 employés
- Orienté clientèle : *Résidentielle, Affaire, Industrielle*

Volet technologique

- Évaluation de solutions technologiques efficaces pour la **transition énergétique**, en lien avec la **décarbonation** et **compatibles avec les besoins** du réseau électrique
- Modélisation et simulation de la consommation électrique
- Développement de **stratégies de contrôle des charges** pour gérer l'appel de puissance

Volet social

- Évolution de la clientèle, Habitudes de consommation, Profil d'adoption des technologies

CRHQ

- Site à Varennes (IREQ), environ 450 employés
- Orienté réseau : *Production, Transport, Distribution*



• **Merci !**

- *ATC dans un bâtiment institutionnel – 15 mars 2022*



Réseau Energie
et Bâtiments



Questions du public

Prochaine activité du Réseau EB :

Bois, Béton, Acier. La bonne structure au bon endroit

Jean-Marc Weill

Webinaire - 19 avril – midi

