

# Séminaire ASHRAE Chapitre de Montréal 2021

## Opportunité d'un réseau de chaleur pour le secteur des Faubourgs

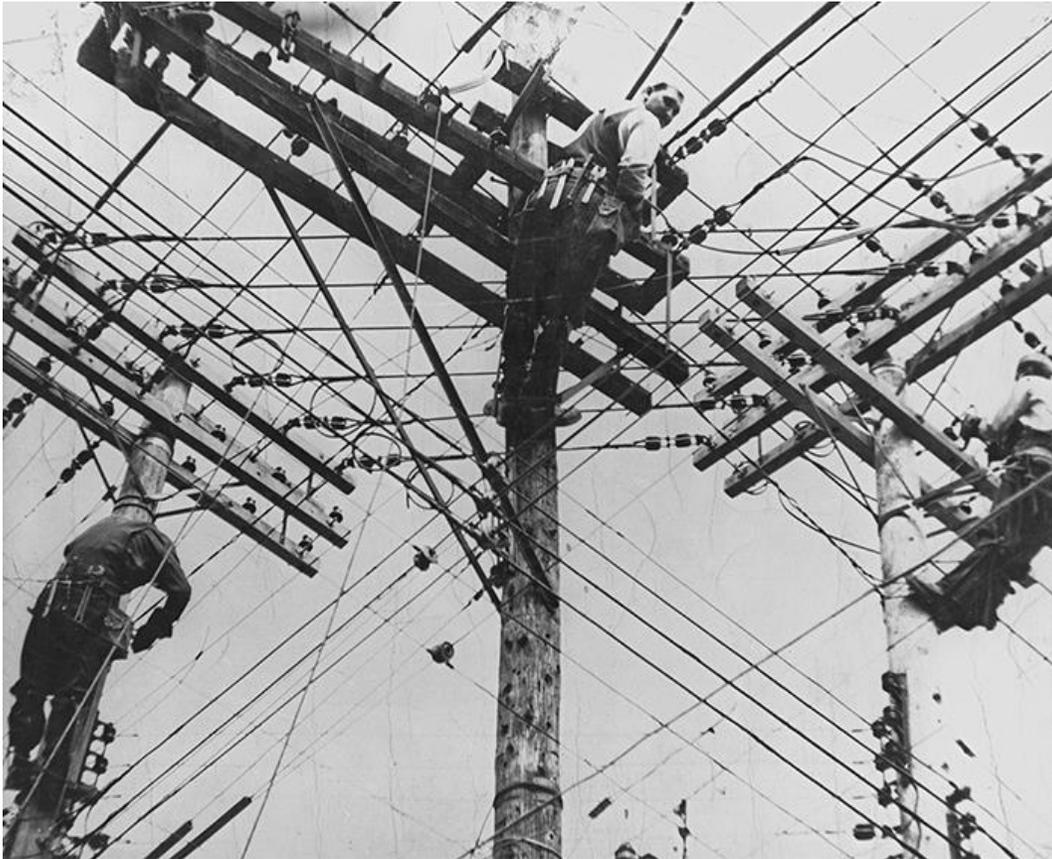
Michaël Kummert  
16 mars 2021

POLYTECHNIQUE  
MONTREAL



# Décarboner = Électrifier

Fin du problème?



[Hydro-Québec – Montréal en 1908]



[Vivek Prakash, Reuters, 2016]

# Les réseaux de chaleur pourraient aider à la décarbonation en créant des synergies

## Décarbonation

Efficacité, renouvelables, pointe, réfrigérants

## Résilience

Pannes, évolutions futures

## Rejets thermiques

Valorisation, îlots de chaleur

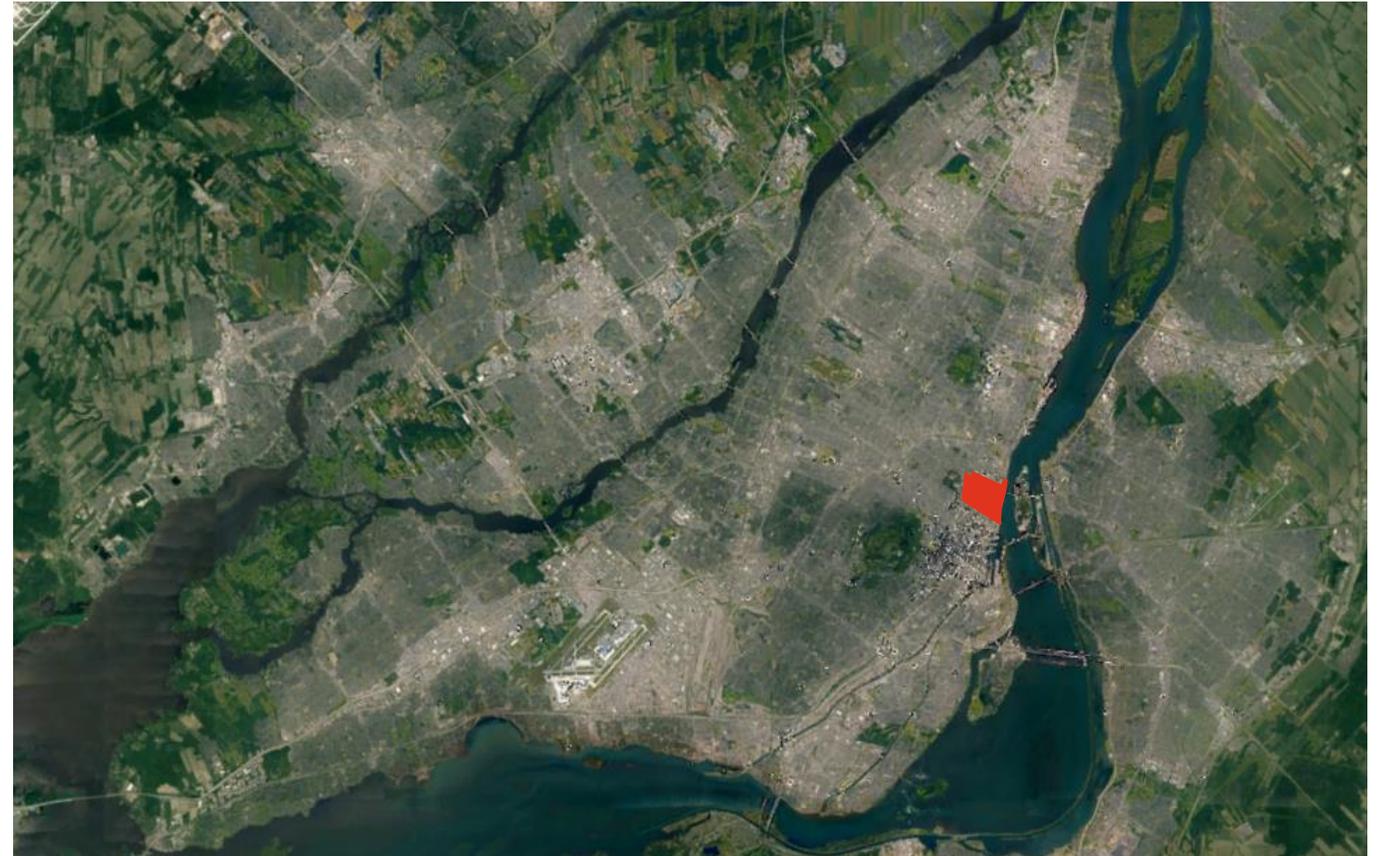
# Le quartier des Faubourgs

<https://ocpm.qc.ca/fr/ppu-faubourg>

Quartier central

Secteur en changement  
important

Programme Particulier  
d'Urbanisme (PPU)



# Secteur en requalification à développer

1.2 million de m<sup>2</sup>

- 75 % Résidentiel
- 15 % Bureaux
- 10 % Commercial

Possibilité d'intégrer  
un centre de données



# Étude d'opportunité pour l'arrondissement de Ville-Marie

<https://ocpm.qc.ca/fr/ppu-faubourg/documentation> (document 3.4.3)

Objectif : évaluer les aspects de décarbonation et la capacité de valorisation des rejets thermiques des réseaux de chaleur pour les nouveaux bâtiments incluant un centre de données informatique



Mathieu Gillet  
Denis Boyer



Robert Laroche  
Gheorghe Mihalache



Jean-Philippe Hardy  
Karine Karzola



Louis Leroy  
Samuel Letellier-Duschesne  
Michaël Kummert



# Aperçu

Modélisation des bâtiments

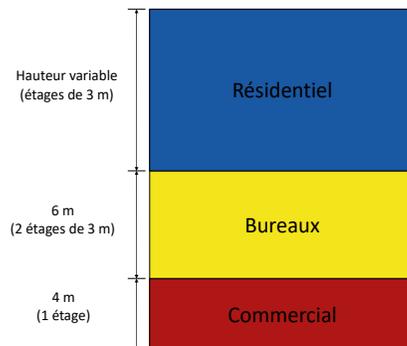
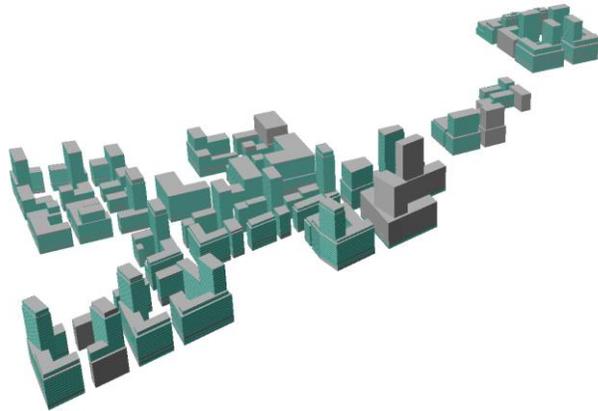
Impact du centre de données

Scénarios de réseaux de chaleur

Émissions de GES associées aux réfrigérants

Discussion et conclusions

# Modélisation des bâtiments : archétypes (*DOE Commercial Prototype Buildings*)



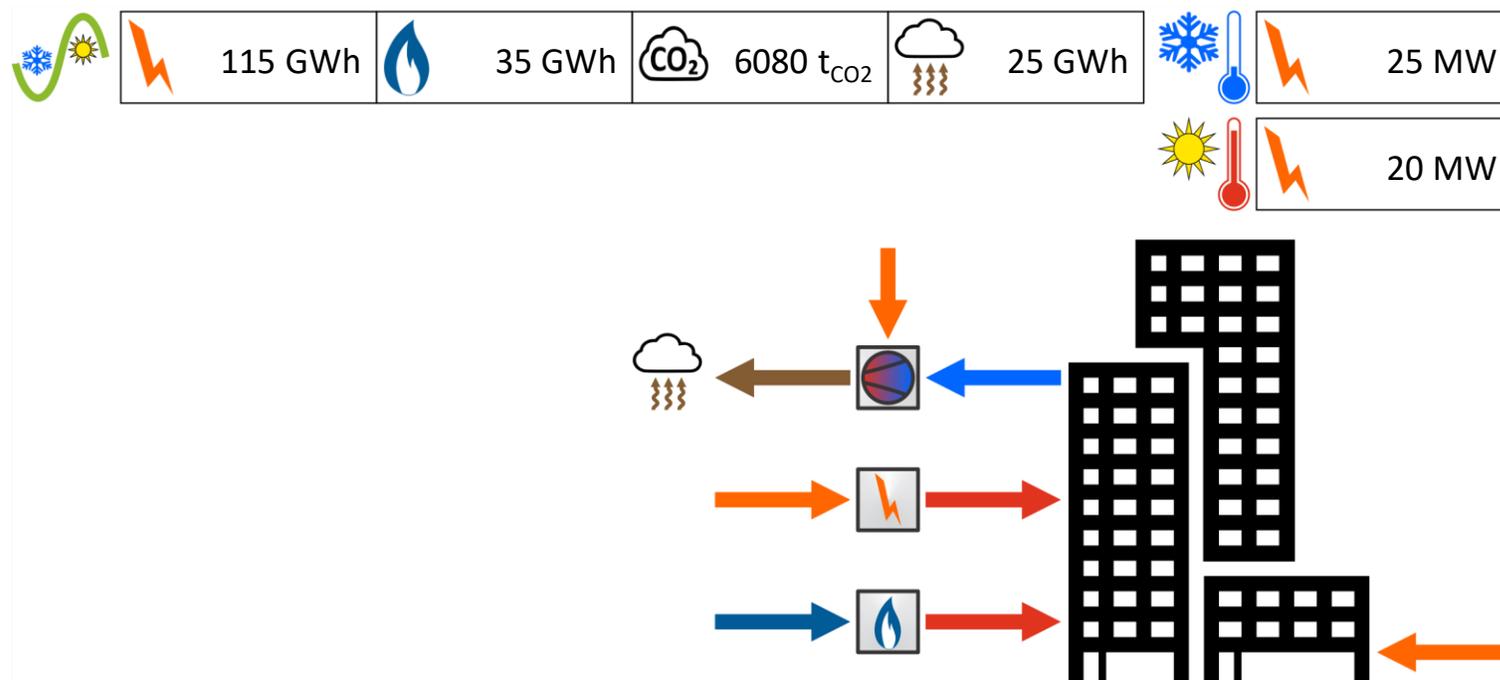
- 3 archétypes
  - Résidentiel : *Midrise apartment*
  - Bureaux : *Large office*
  - Commercial : *Retail standalone*
- Performance  $\geq$  CNÉB 2015 modifié pour le Québec
- Climat typique de Montréal McTavish (CWEC 2016)
- Résultats :
  - Consommations (pour bâtiments individuels)
  - Besoins nets des systèmes centralisés (pour réseaux)

# Besoins énergétiques et émissions des nouveaux bâtiments

## Sans centre de données – *business as usual* (BAU)

Gaz utilisé en partie pour l'eau chaude et pour le chauffage (situation typique pour Montréal).

Le chauffage et l'eau chaude représentent 60 % de la pointe électrique hivernale



# Besoins énergétiques et émissions des nouveaux bâtiments

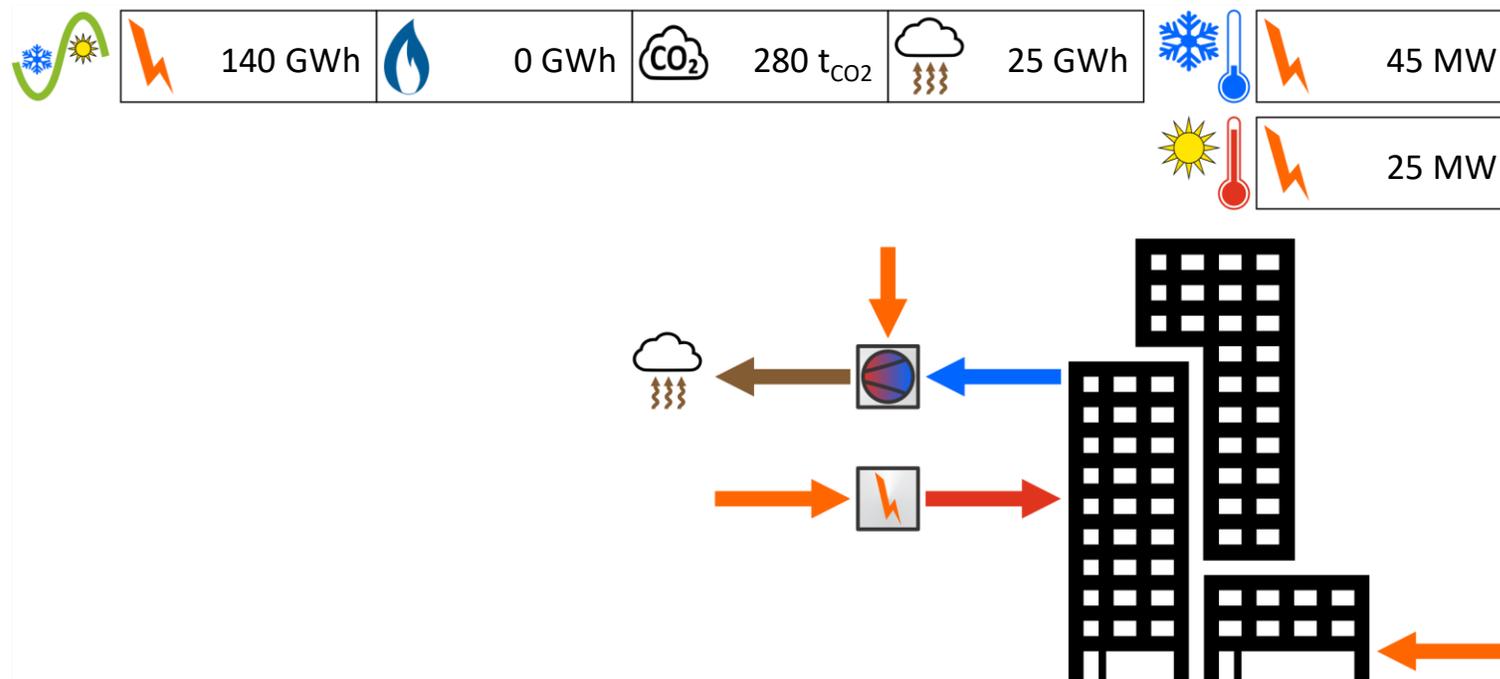
## Sans centre de données, scénario décarboné

Aucun combustible fossile n'est utilisé.

La pointe hivernale double pratiquement (+ 80 %)

Le chauffage représente 75 % de la pointe électrique hivernale.

Les émissions de GES liées à l'énergie sont réduites de 95 %.



# Opportunité d'un réseaux de chaleur pour les Faubourgs

Modélisation des bâtiments

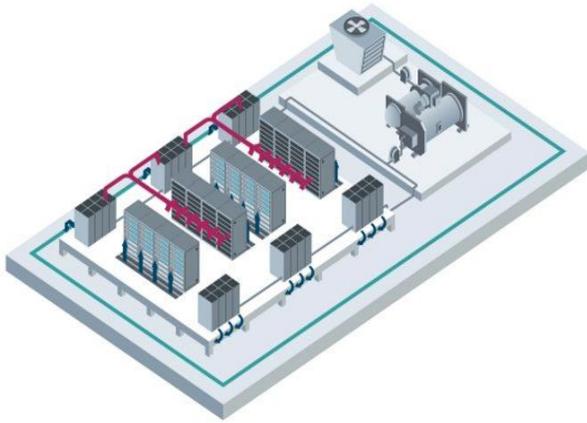
**Impact du centre de données**

Scénarios de réseaux de chaleur

Émissions de GES associées aux réfrigérants

Discussion et conclusions

# Modélisation du centre de données : approche simplifiée



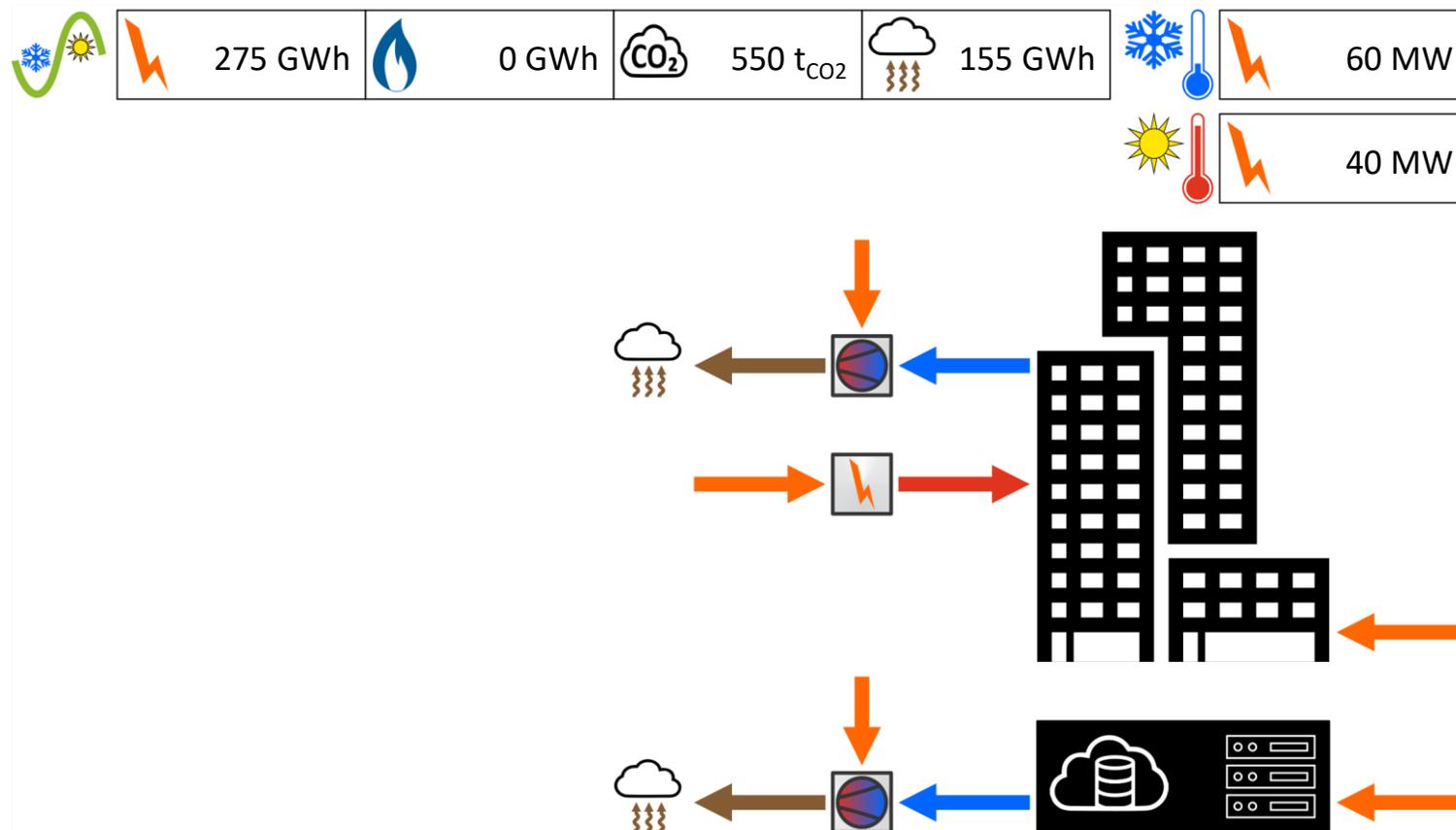
- Demande constante pour les systèmes informatiques
  - Puissance IT = 10 MW
- Système de ventilation
  - Puissance ventilateurs = 2 MW
- Refroidisseurs avec  $COP$  annuel de 4
  - Charge = 12 MW
  - Puissance refroidisseurs = 3 MW
  - Chaleur rejetée aux condenseurs = 15 MW
- Puissance appelée totale = 15 MW
- Power Usage Effectiveness ( $PUE$ ) =  $15 / 10 = 1.5$

# Besoins énergétiques et émissions des nouveaux bâtiments

## Avec centre de données, scénario décarboné

La puissance appelée par le centre de données s'ajoute directement à la pointe hivernale (et à la pointe estivale)

Les 2 pointes augmentent de 15 MW (33 % d'augmentation pour la pointe hivernale par rapport au scénario décarboné sans DC, 140 % d'augmentation par rapport au BAU).



# Opportunité d'un réseaux de chaleur pour les Faubourgs

Modélisation des bâtiments

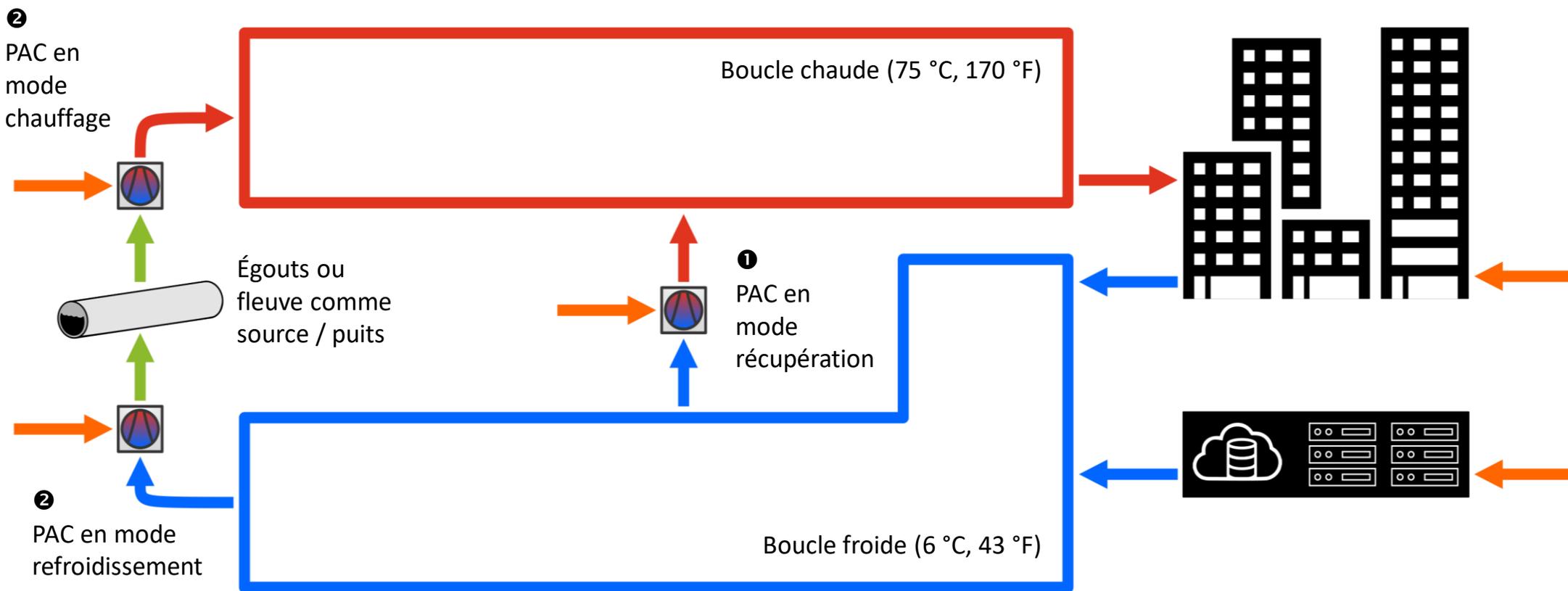
Impact du centre de données

**Scénarios de réseaux de chaleur**

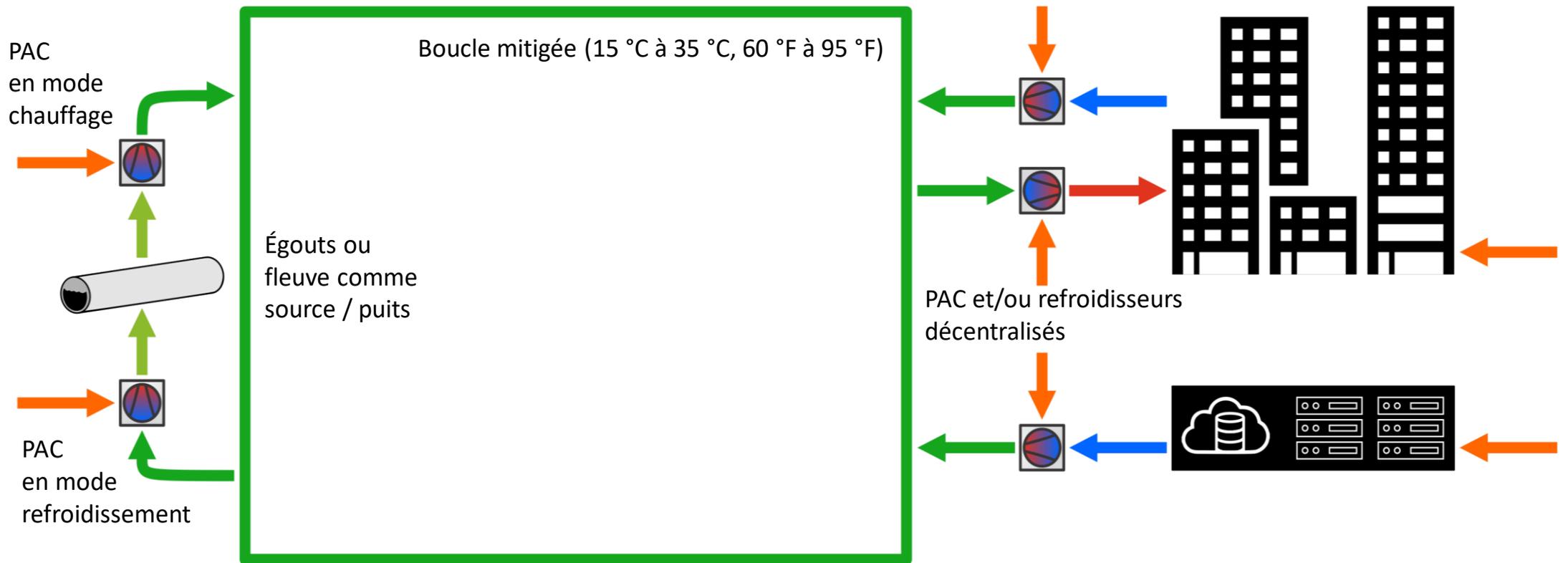
Émissions de GES associées aux réfrigérants

Discussion et conclusions

# Réseau de 4<sup>ème</sup> génération

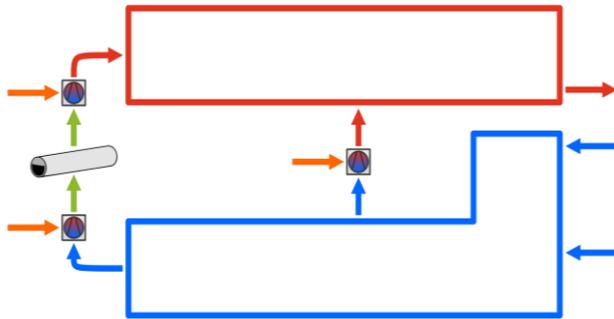


# Réseau de 5<sup>ème</sup> génération



# Modélisation des réseaux

## Estimations quasi-statiques → modèle dynamique



- Approche statique (en régime permanent)
  - COP constant pour les Pompes à chaleur, par exemple 2.5 pour le chauffage de la boucle d'eau chaude
  - Tuyaux représentés par des pertes (gains) thermiques
- Approche dynamique
  - Modèle dans le logiciel TRNSYS
  - Pompes à chaleur, pompes, tuyaux enterrés

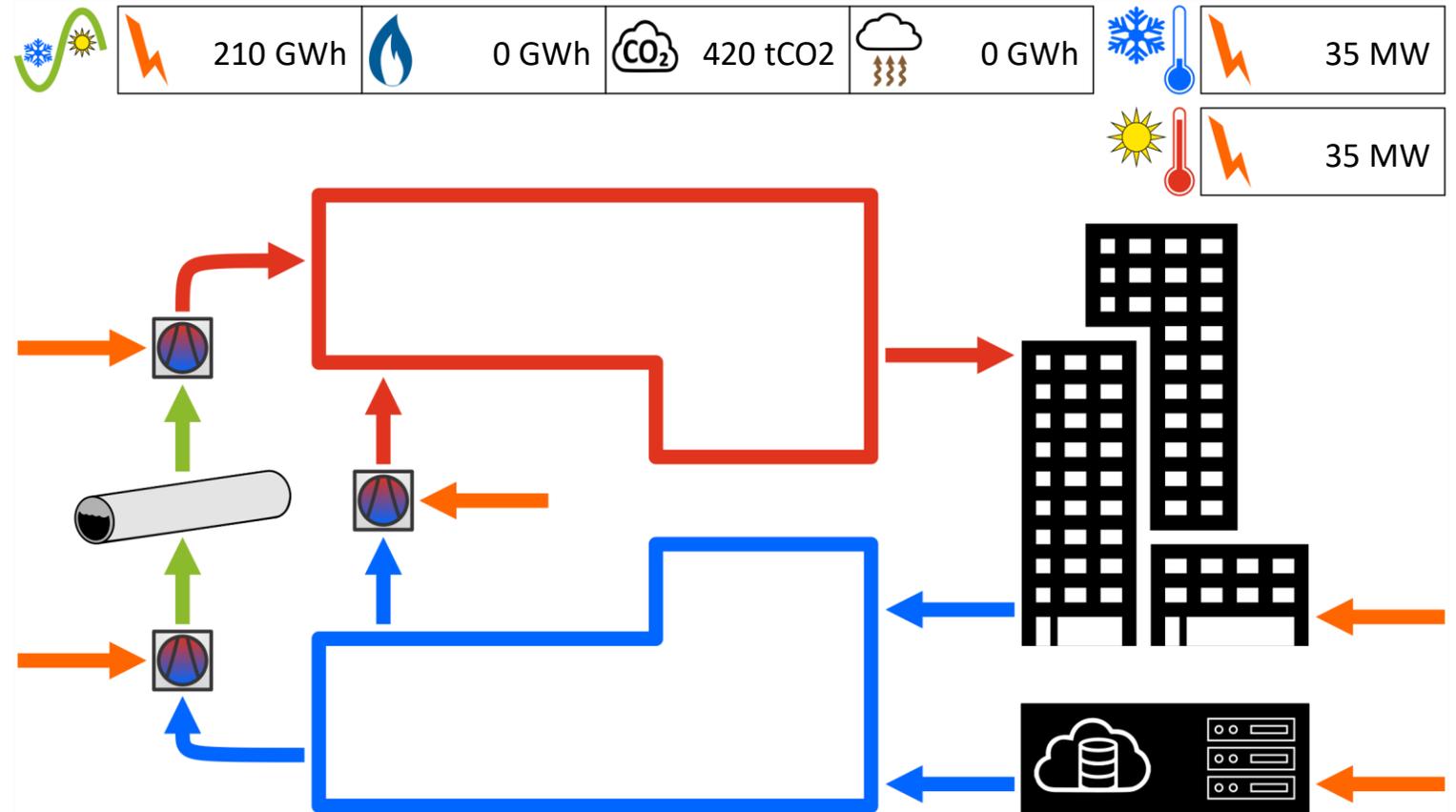
# Réseau de 4<sup>ème</sup> Génération

## Avec centre de données

Par rapport au scénario décarboné sans réseau, on réduit la consommation d'électricité de 25 % grâce à la valorisation des rejets thermiques.

La pointe électrique hivernale est fortement réduite (−60 %), et la pointe estivale est légèrement réduite (−10 %).

Les rejets de chaleur dans l'air ambiant sont éliminés.

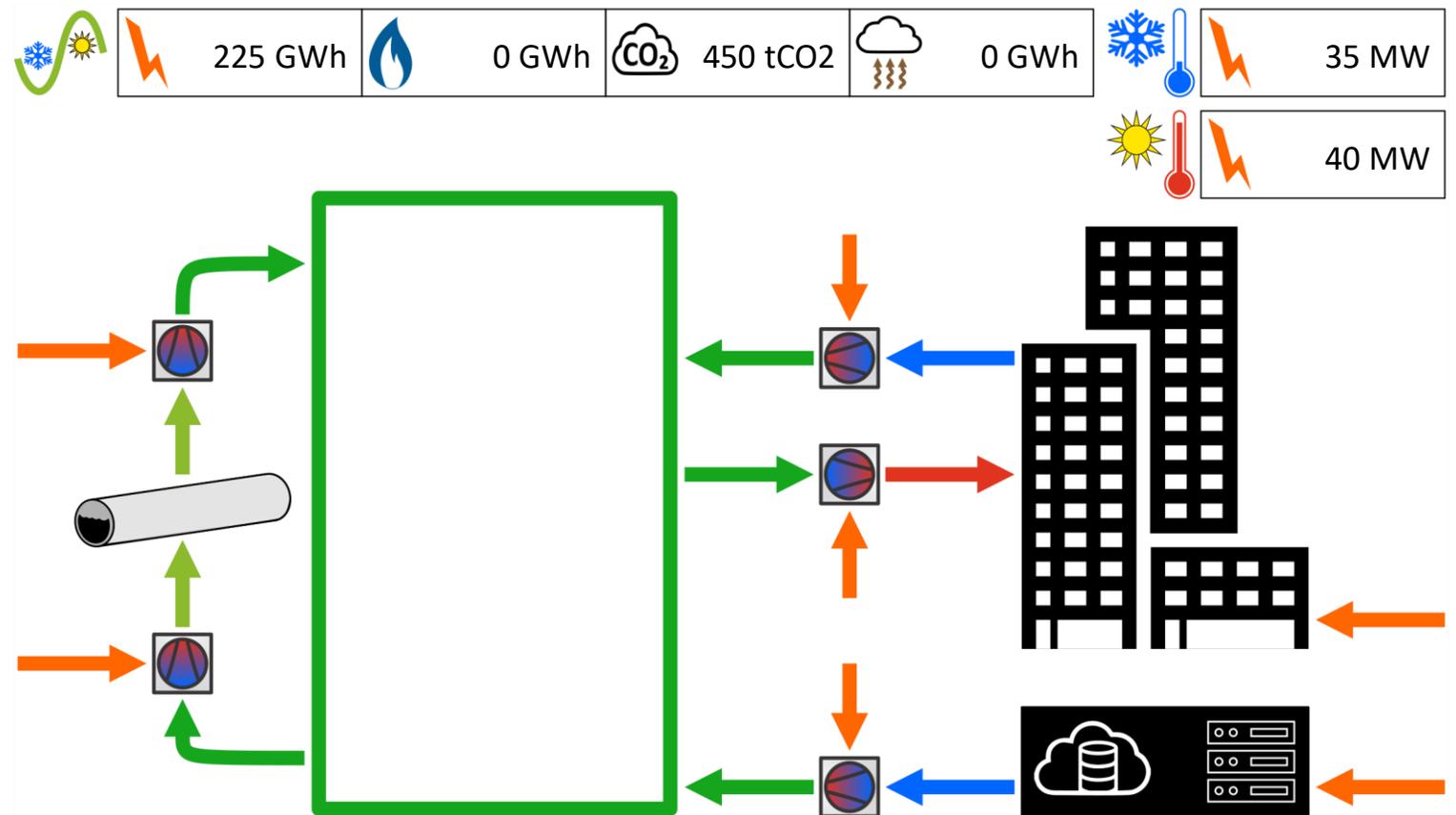


# Réseau de 5<sup>ème</sup> Génération

## Avec centre de données

Les performances sont très semblables au réseau 4G. Les légères différences proviennent du moins bon *COP* combiné des 2 niveaux de PAC par rapport à un seul niveau pour le réseau 4G.

Ceci dépend bien sûr des hypothèses et les différences ne sont pas significatives.



# Émissions de GES liées aux réfrigérants

# Hypothèses de calcul

*GWP* :  
Global  
Warming  
Potential

Potentiel de  
réchauffement global,  
masse de CO<sub>2</sub> qui aurait  
le même impact sur le  
réchauffement climatique

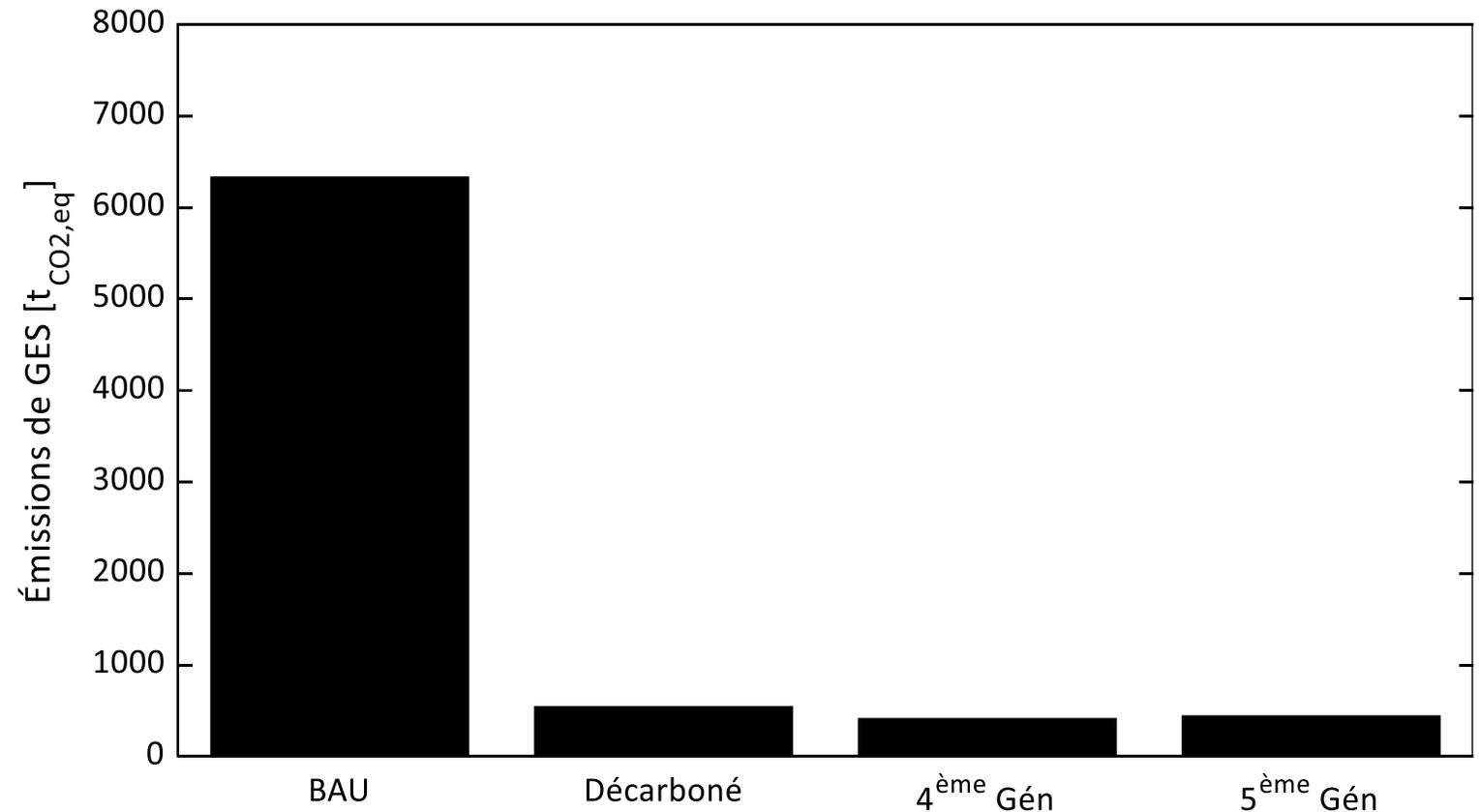
- Climatiseurs résidentiels : HFC-410a  
( $GWP = 1900 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}_{\text{refr}}$ )
- Refroidisseurs / PAC centralisés : HFC-134a  
( $GWP = 1300 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}_{\text{refr}}$ )
- Comparaison avec NH<sub>3</sub> ( $GWP = 0$ ) pour les réseaux
- Charge estimée à partir de données catalogue
- Méthodologie du GIEC pour estimer les fuites  
(« *Tier 2a – Emission-factor approach* »)
  - Taux de fuite = 6.5 %/an,  
taux de récupération en fin de vie de 50 % à 80 %

# Émissions de Gaz à Effet de Serre

## Avec centre de données

Jusqu'à présent les émissions présentées sont uniquement liées à l'énergie consommée :

- 180 g/kWh pour le gaz
- 2 g/kWh pour l'électricité

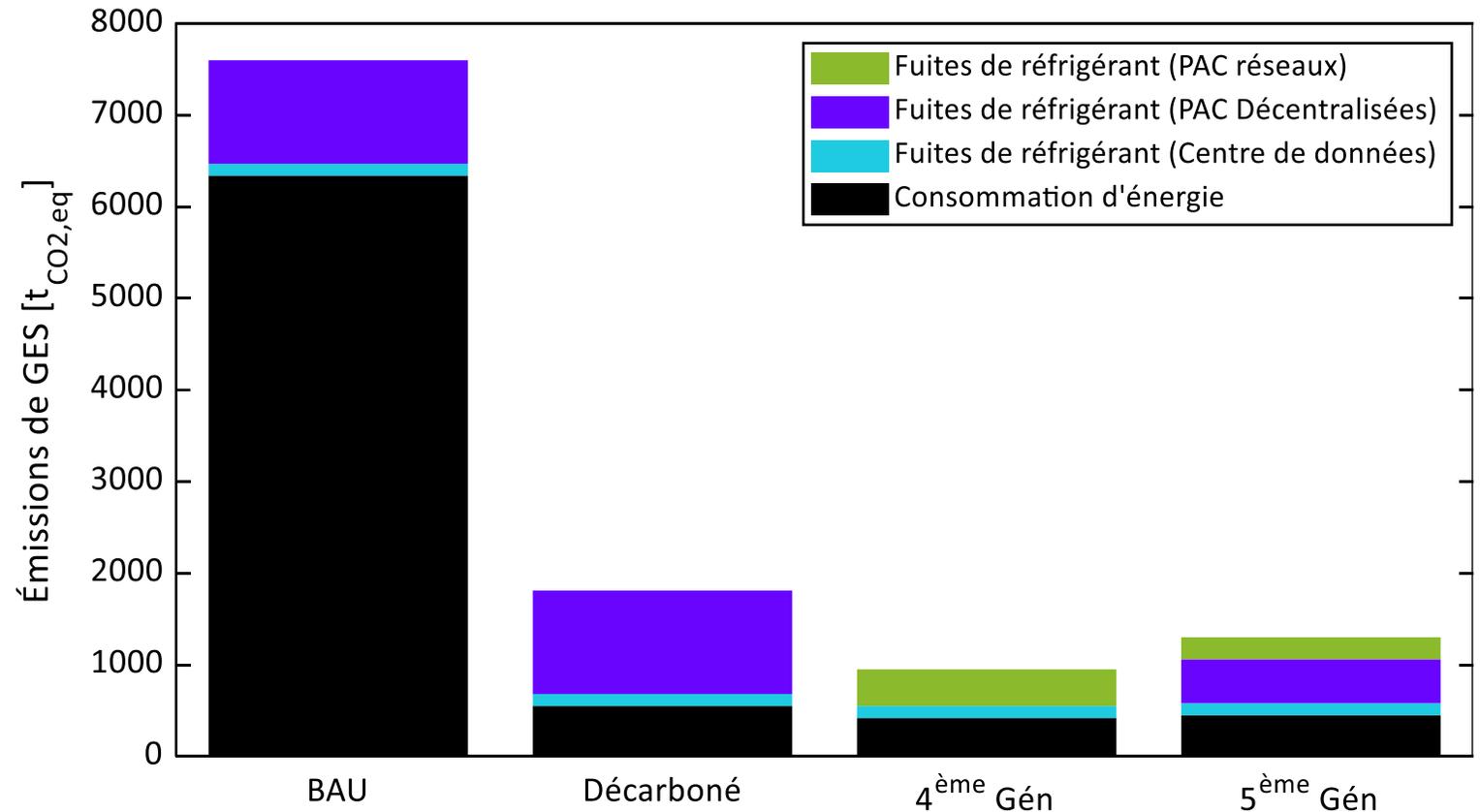


# Émissions de Gaz à Effet de Serre incluant les réfrigérants

## Avec centre de données

Dans le contexte québécois, les émissions liées aux réfrigérants sont supérieures aux émissions liées à l'électricité.

Les systèmes décentralisés ont souvent une charge en réfrigérant plus grande proportionnellement, sont en général moins bien entretenus et recyclés, donc ils sont désavantagés.

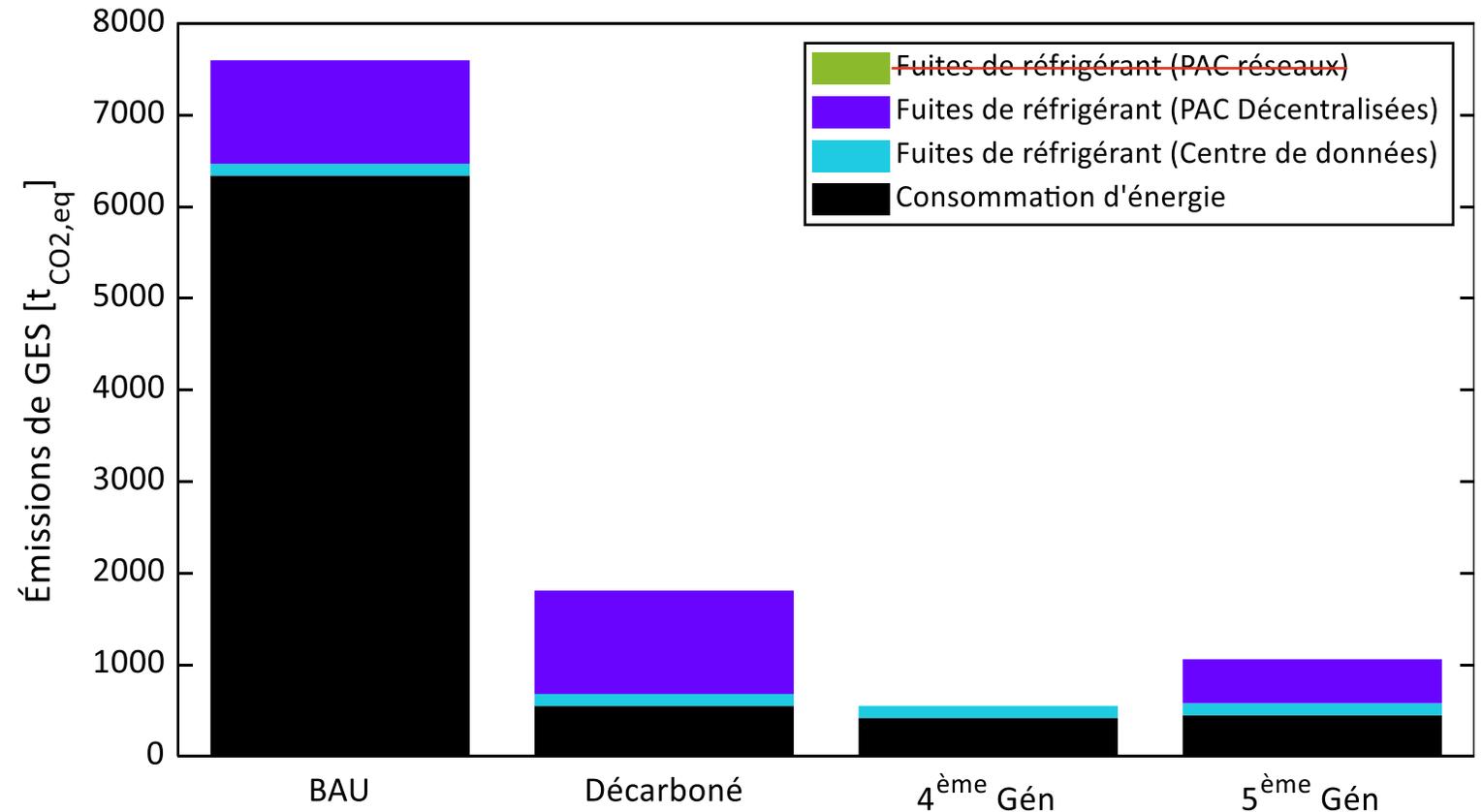


# Il est envisageable d'utiliser des réfrigérants avec un *GWP* beaucoup plus faible dans les systèmes centraux des réseaux

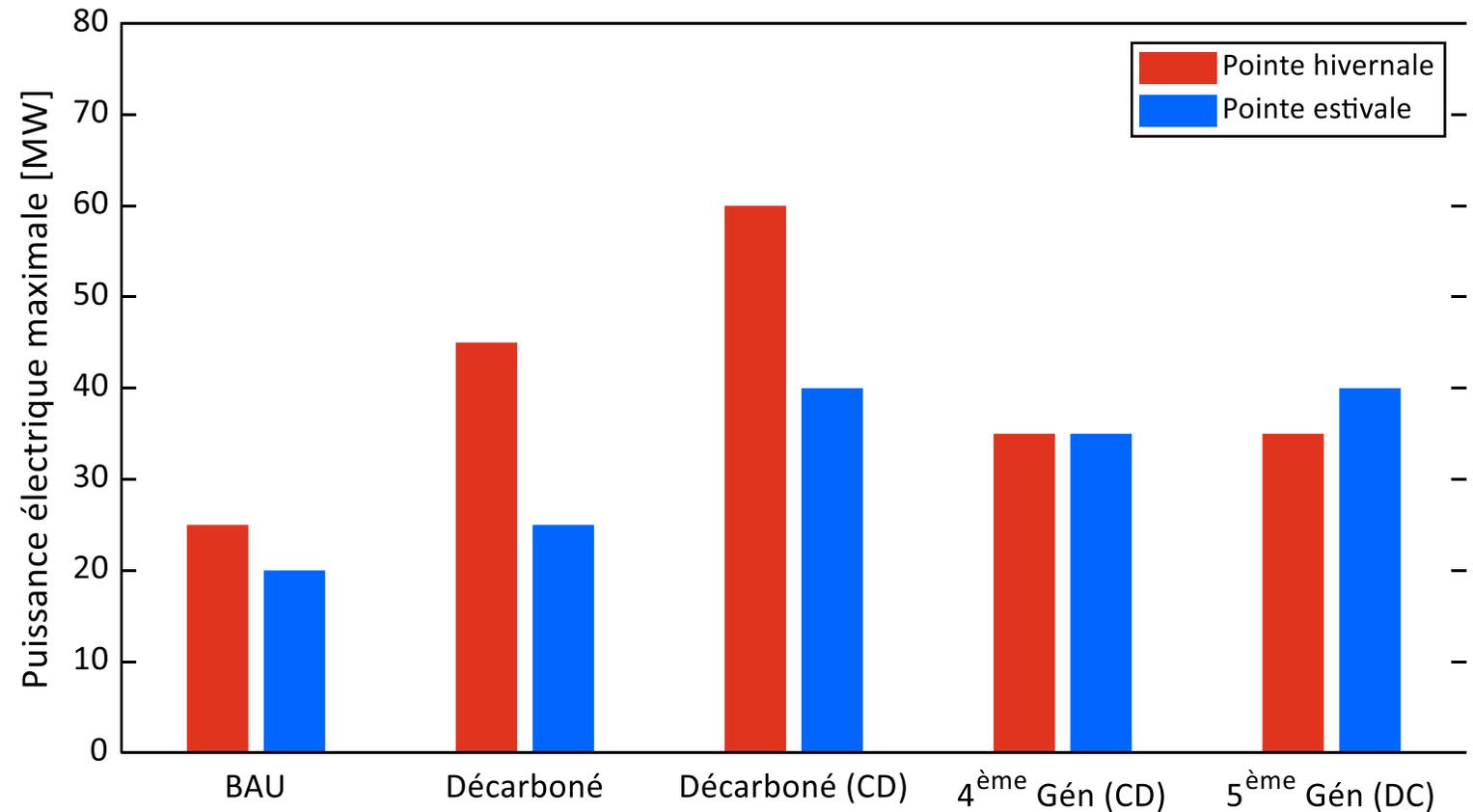
L'ammoniac est toxique mais a un *GWP* de 0.

Il est bien connu comme réfrigérant et son usage est fréquent dans les arénas.

Il est en outre compatible avec les hautes températures requises par le réseau 4G.



# L'impact de la décarbonation sur la demande de pointe est significatif, mais les réseaux de chaleur aident



# Résumé

- Les nouvelles constructions prévues dans le secteur sud des Faubourgs ont été modélisées
  - Archétypes de bâtiments résidentiels, commerciaux et de bureaux simulés dans EnergyPlus
- L'installation d'un centre données de 10 MW (IT) dans le quartier a été prise en compte
- Différents scénarios ont été modélisés
  - « Business as usual », utilisant en partie du gaz pour l'eau chaude domestique et le chauffage
  - Scénario décarboné classique (plinthes électriques et climatiseurs)
  - Réseaux de chaleur modélisés dans TRNSYS
    - Réseau de 4<sup>ème</sup> génération utilisant les égouts ou le fleuve
    - Réseau de 5<sup>ème</sup> génération utilisant les égouts ou le fleuve
- Les émissions liées aux fuites de réfrigérants ont été prises en compte

# Conclusions

- « Business as usual »  
→ émissions de GES significatives (7500 t<sub>CO<sub>2</sub>,eq</sub>/an)
- Décarbonation utilisant l'effet Joule (plinthés électriques)  
→ augmentation très significative de la pointe hivernale
- Les réseaux de chaleur permettent de décarboner le chauffage et la climatisation en limitant l'impact sur les pointes
- En utilisant les égouts ou le fleuve comme source / puits de chaleur, les réseaux permettent également d'éviter de rejeter la chaleur dans l'air ambiant
- Les émissions liées aux réfrigérants sont significatives dans le contexte québécois. Les pompes à chaleur centralisées peuvent facilement utiliser des réfrigérants tels que l'ammoniac, notamment utilisé dans les arénas, et donc limiter ces émissions

# Discussion

- Un modèle reste un modèle, il n'est jamais meilleur que les hypothèses qu'on a mises dedans
- Les synergies sont réelles (rejets de chaleur évités, opportunité de galerie multi-réseaux, etc.) mais elles ne se traduisent pas nécessairement en \$ immédiatement
  - Que vaut la résilience (pannes, changements futurs)?
- Scénario 4G repose sur des PAC à haute température peu connues sur le marché Nord-Américain

# Une comparaison frappante

## Décarbonation **sans** et **avec** réseaux de chaleur

Point de départ = nouveaux bâtiments,  
business as usual

On ajoute un centre de données de 10 MW (IT)

On décarbone avec du chauffage électrique direct

Émissions **−75 %**, pointe hivernale **+140 %**

Avec réseaux de chaleur 4G utilisant l'Ammoniac et  
les égouts comme puits/source

Émissions **−90 %**, pointe hivernale **+40 %**

On évite de rejeter 155 GWh directement dans l'air  
ambiant, soit la consommation énergétique de 5000 foyers  
québécois.

# Questions ?

Michaël Kummert  
Département de génie mécanique  
Polytechnique Montréal  
CP 6079 succ centre-ville  
Montréal QC H3C 3A7  
Canada

[michael.kummert@polymtl.ca](mailto:michael.kummert@polymtl.ca)

POLYTECHNIQUE  
MONTREAL

