



Habitation et transition énergétique au Nunavik

Mieux comprendre les enjeux humains, techniques et environnementaux

Louis Gosselin, ing., Ph.D., Université Laval

Jean Rouleau, ing., Ph.D., Université Laval

Journées nordiques de l'INQ

6 juin 2023

Plan de la présentation

- ▶ Mise en contexte
- ▶ Présentation des projets
 - Objectif
 - Bâtiments instrumentés
- ▶ Enjeux humains
 - Perceptions locales
 - Représentation des occupant.e.s dans la simulation
- ▶ Bâtiments
 - Architecture et enveloppe
 - Système mécanique
- ▶ Énergie
 - Analyse de cycle de vie
 - Énergie renouvelable
- ▶ Conclusion



Mise en contexte

- ▶ Climat extrême mène à des fortes demandes en chauffage.
- ▶ Réseau énergétique du Nunavik basé sur les énergies fossiles.
- ▶ Émissions annuelle de GES au Nunavik reliées au chauffage des bâtiments et à la consommation d'électricité : 11 tonnes de CO_{2,eq} par personne (≈ 10 fois plus que le reste de la province).
- ▶ L'électricité vendue au même prix qu'ailleurs dans la province, mais coûte plus chère à produire pour le Nunavik.
- ▶ Bâtiments représentent le principal consommateur d'énergie.



L'habitation au Nunavik

- ▶ Population du Nunavik: Environ 14 000 (90% Inuit)
- ▶ Communautés difficiles d'accès.



Coûts de construction élevés

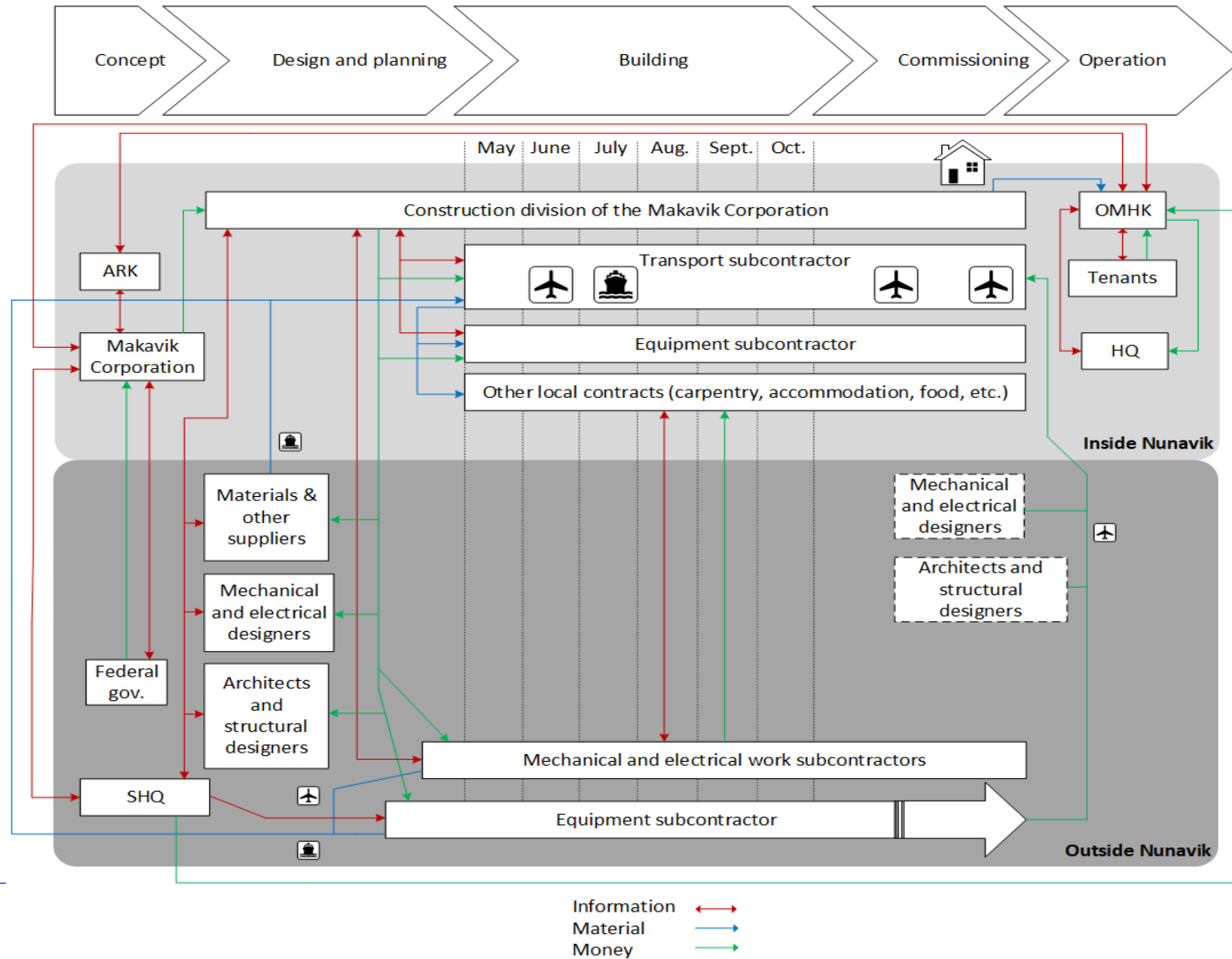
- ▶ La population est en forte croissance



Pénurie de logements dans la région



Chaîne de valeur de la construction de logements sociaux au Nunavik



Suarez et al., 2022

Objectifs

- ▶ Faire avancer l'état des connaissances sur le bâtiment performant et sur les systèmes énergétiques durables du Nord.
- ▶ Principales approches utilisées
 - ▶ Mesurage
 - ▶ Simulations
 - ▶ Entrevues



L'équipe de recherche

► Chercheurs universitaires

- Louis Gosselin (Génie mécanique)
- Geneviève Cloutier (Aménagement du territoire)
- Myriam Blais (Architecture)
- André Potvin (Architecture)
- Geneviève Vachon (Architecture)
- Ben Amor (Analyse de cycle de vie)
- Markus Herrmann (Économie)
- Claude Demers (Architecture)
- 2 étudiants au baccalauréat
- 5 étudiants à la maîtrise
- 2 étudiants au doctorat
- 1 post-doctorante
- 1 professionnel de recherche



Affaires autochtones et
du Nord Canada

Indigenous and
Northern Affairs Canada



Enjeux humains

Mesurage énergétique et perceptions

Mesurage énergétique de bâtiments

► La performance énergétique de 6 jumelés situés à Quaqtaq est suivie :

- 5 jumelés J.2.2 utilisant des systèmes typiques de la région
- 1 jumelé prototype d'habitation à haute efficacité énergétique

► Données mesurées :

- Consommation de mazout, d'eau et d'électricité
- Environnement intérieur (température, humidité, CO₂)
- Ouverture des portes et fenêtres
- Suivi des systèmes mécaniques (chauffage, etc.)
- Données météo

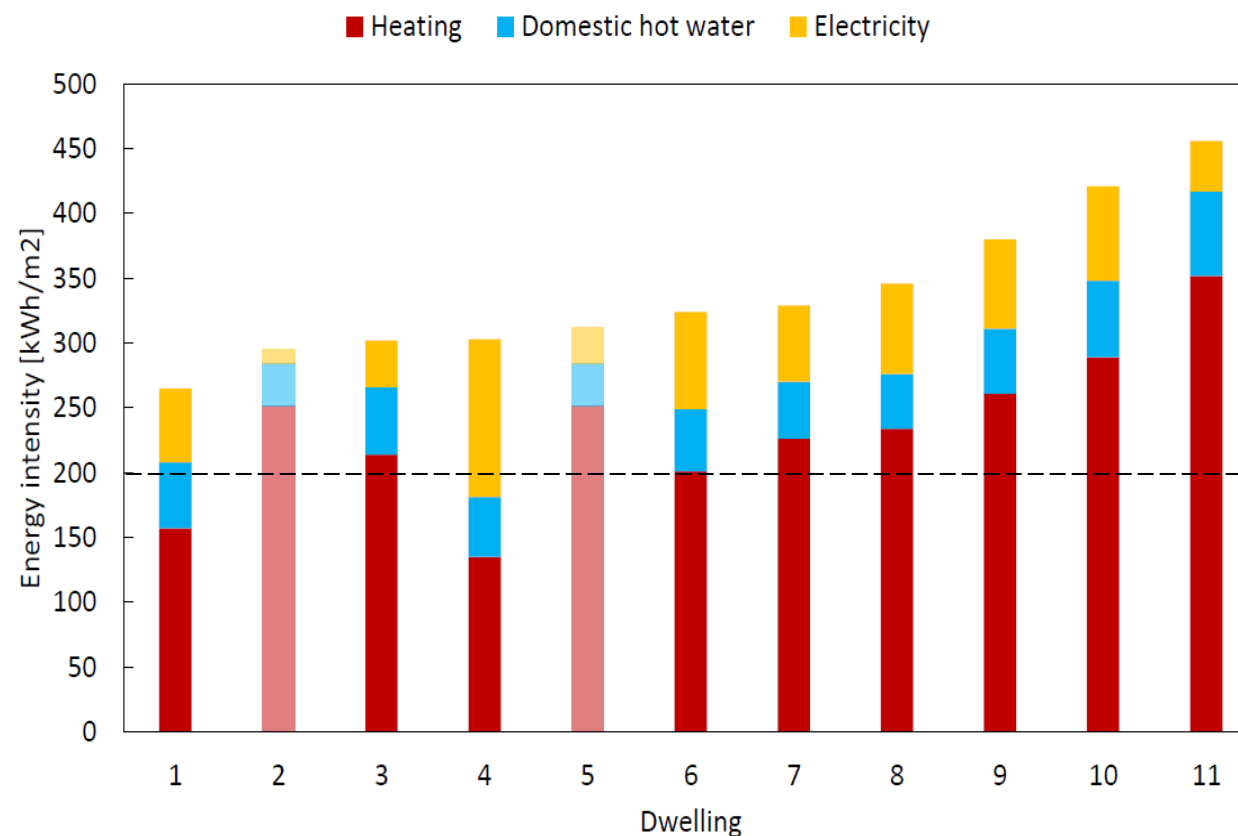
Jumelé typique



Jumelé prototype

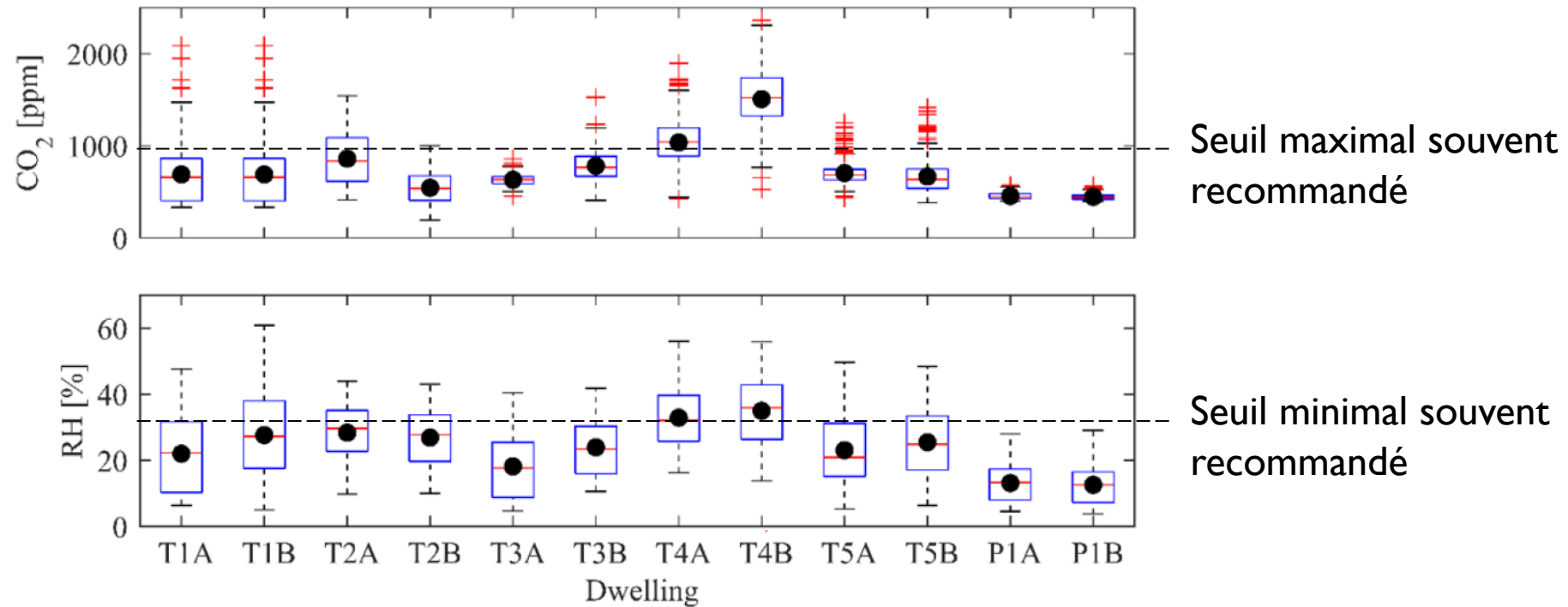


Consommation énergétique annuelle des logements



Moyenne québécoise
pour maisons en
rangée
(Voegtlin, 2021)

Environnement intérieur des bâtiments



Perceptions par rapport aux sources énergétiques

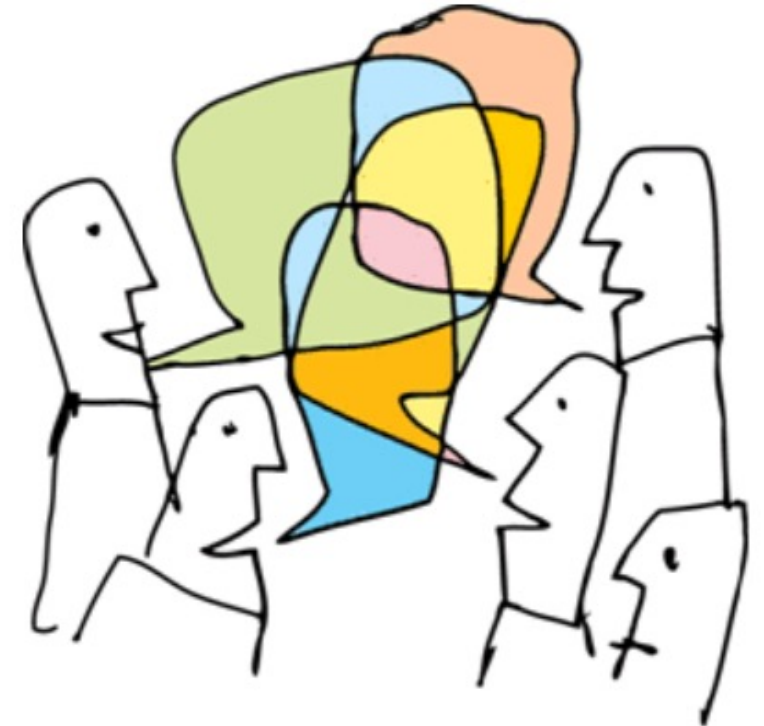
- ▶ Diésel: Intéressant pour les aspects économiques et de gouvernance, mais pas pour les dimensions environnementale et sociale
- ▶ Éolien: Mitigé pour les Inuits (impacts sur la faune)
- ▶ Solaire: Perçu positivement
- ▶ Hydro: Perspective négative (Inuits et non-inuits)

		Diesel	Wind power	Solar panels	Hydroelectricity (dams)	Hydroelectricity (run-of-river)	Connexion to Quebec's grid	Other alternatives
Land cosmos <i>Respect of the land and the environment and fight against climate change / adaption to its impacts</i>	<i>Inuit</i>							
	<i>Qallunaat and public organisms</i>							
Social cosmos <i>Respect for traditional activities, quality of life and harmonization of spatial use</i>	<i>Inuit</i>							
	<i>Qallunaat and public organisms</i>							
Economic cosmos <i>Local economic benefits and economic viability</i>	<i>Inuit</i>							
	<i>Qallunaat and public organisms</i>							
Governance <i>Decisional power in planning and local management</i>	<i>Inuit</i>							
	<i>Qallunaat and public organisms</i>							

Paquet et al., 2021

Entrevues semi-dirigées avec des occupant·e·s d'habitations nordiques

- ▶ Problèmes souvent cités :
 - Planchers froids
 - Air sec
 - Fenêtres gelées
 - Goût de l'eau du robinet
 - Grande différence de température entre différents pièces du logement
- ▶ Incompréhension du fonctionnement des systèmes mécaniques des logement
- ▶ Connaissances limitées sur les enjeux de consommation énergétique des bâtiments et les énergies renouvelables



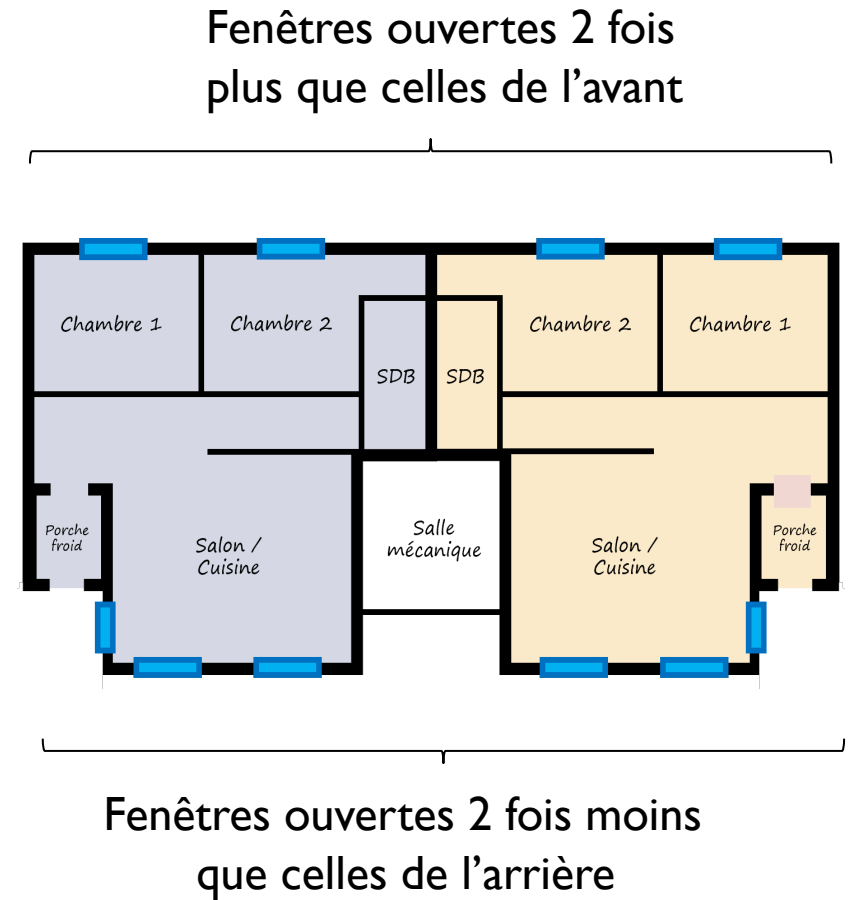
Entrevues semi-dirigées avec des occupant·e·s d'habitations nordiques



- ▶ Le logement idéal possède
 - un grand nombre de fenêtres
 - une meilleure isolation
 - un chauffage par le plancher
 - des réservoirs d'eau plus volumineux
 - plus d'espaces de rangement.

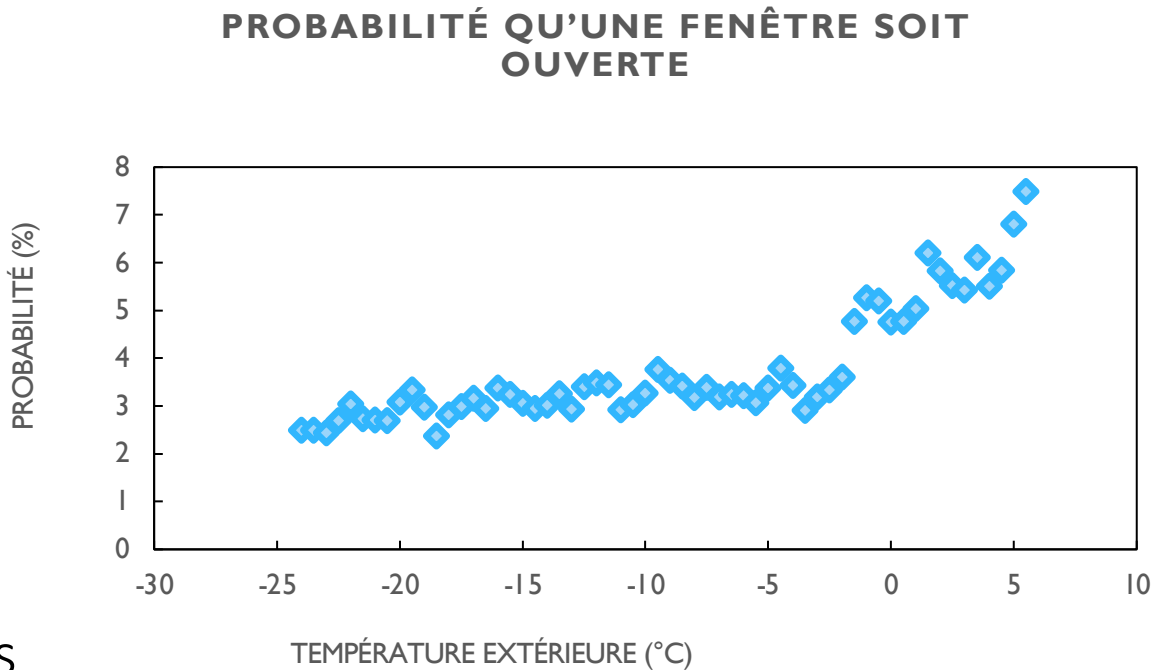
Utilisation des fenêtres

- ▶ Les fenêtres sont ouvertes en moyenne 3,2% du temps en hiver (46 min/jour) et 6,7% du temps (1h36min/jour) en été.
- ▶ Grande diversité de comportement d'un logement à un autre.



Utilisation des fenêtres

- ▶ Identification des prédicateurs d'ouverture/fermeture de fenêtres
- ▶ Création d'un modèle probabiliste de comportement d'ouvertures et de fermetures des fenêtres pour les simulations énergétiques de bâtiment





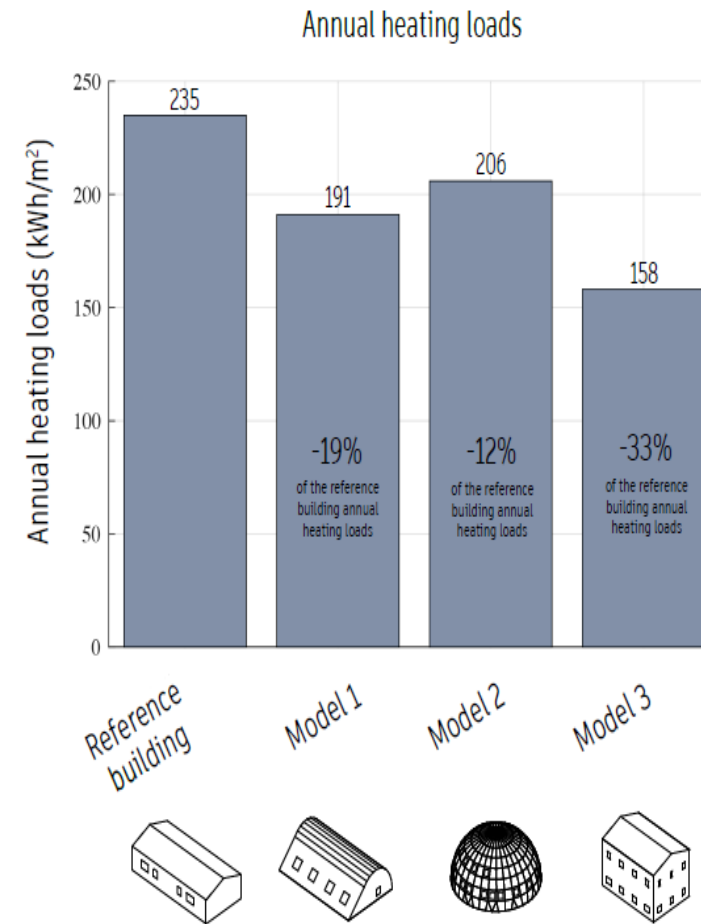
Bâtiments résidentiels

Volumétrie, enveloppes et systèmes mécaniques

Adapter la morphologie des bâtiments au contexte nordique

► Optimisation de la morphologie des bâtiments en se basant sur plusieurs variables:

- Compacité
- Orientation
- % de fenestration
- Inclinaison de la toiture
- Aérodynamisme



Évaluation in-situ de la qualité des enveloppes de bâtiment

- Prises de photos infrarouge des murs d'habitations nordiques avec des caméras thermiques

FLIR E8-XT (\$\$)
320 x 240 pixels
<50mK (0.05°C)



FLIR ONE gen 3 (\$)
80 x 60 pixels
<150mK (0.15°C)

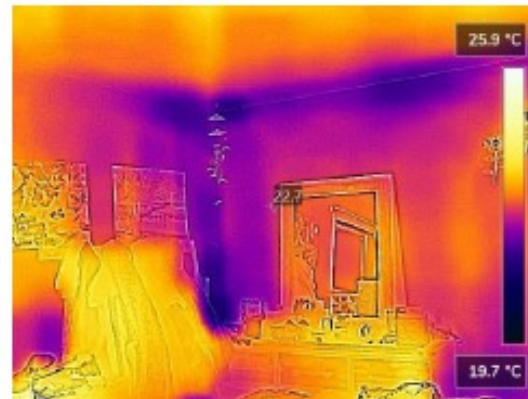


Ponts thermiques

FLIR E8-XT

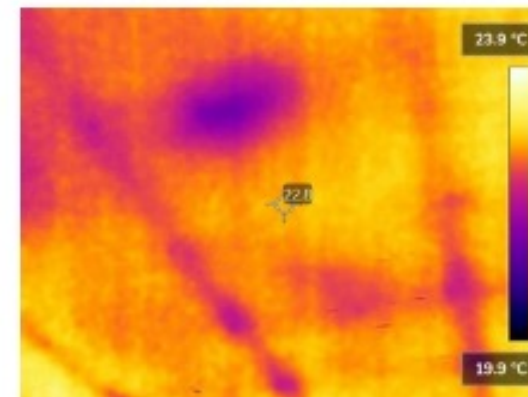


FLIR ONE

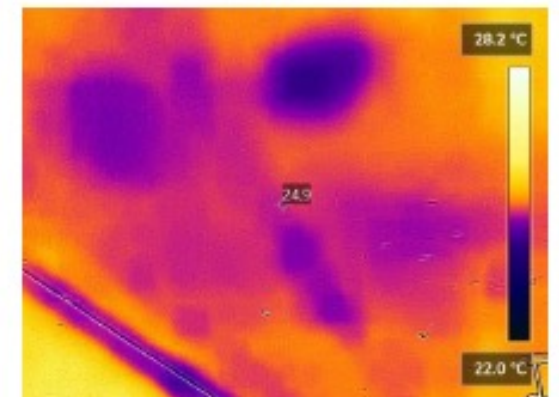


Possible présence d'humidité/moisissure

FLIR E8-XT



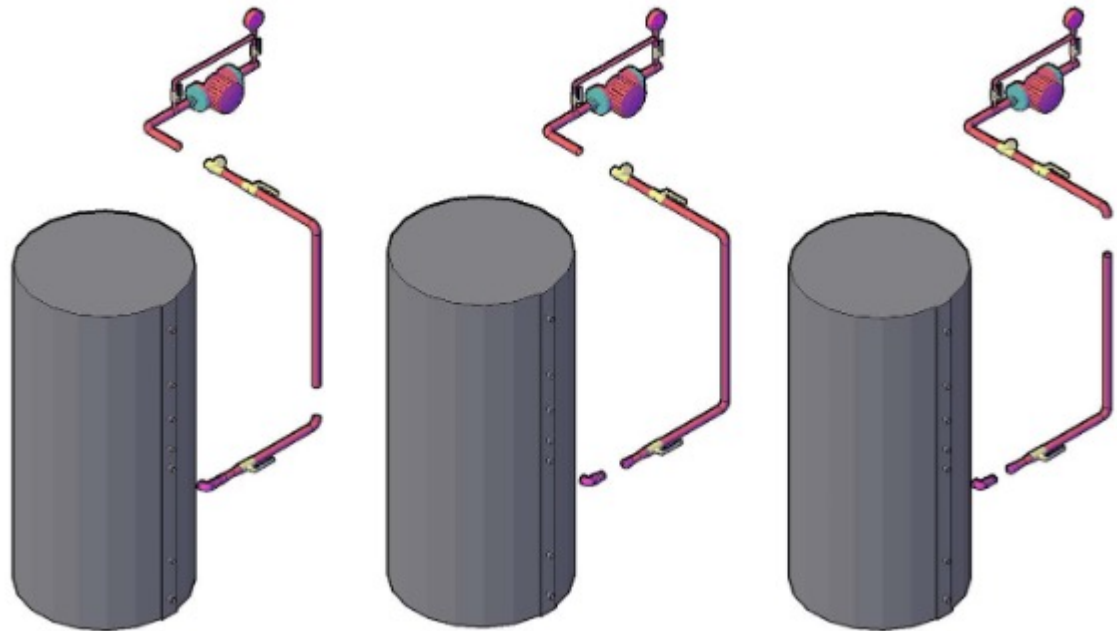
FLIR ONE



Modularisation des systèmes de chauffage

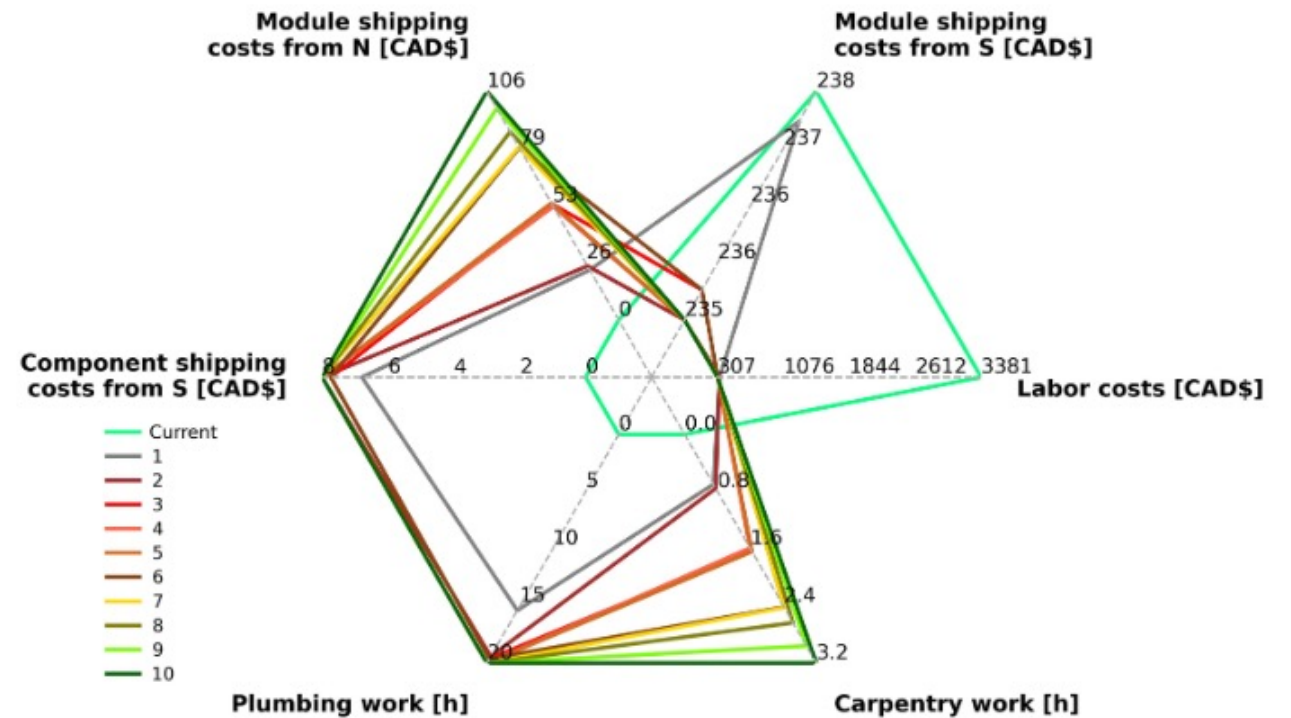
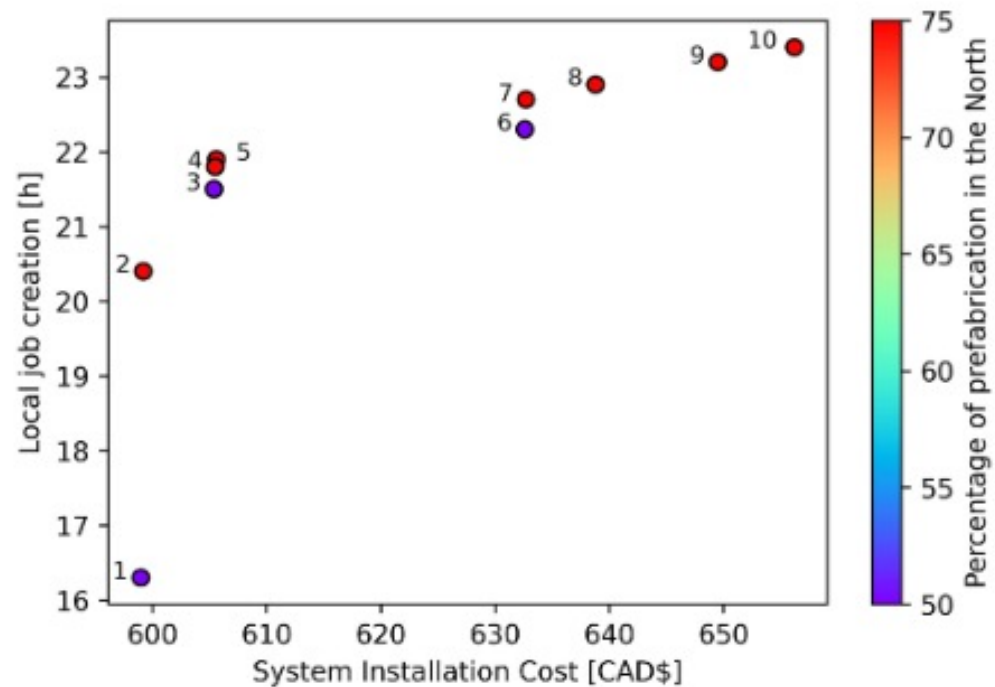


- ▶ Peut-on préfabriquer (dans le Nord ou au Sud) certaines composantes de la salle de mécanique pour :
 - Réduire les coûts
 - Augmenter des retombées locales



Suarez et al., 2023

Modularisation des systèmes de chauffage



Énergie renouvelable et environnement

Analyse du cycle de vie, énergie solaire et géothermie

Décarboner les habitations nordiques sur l'ensemble de leur vie

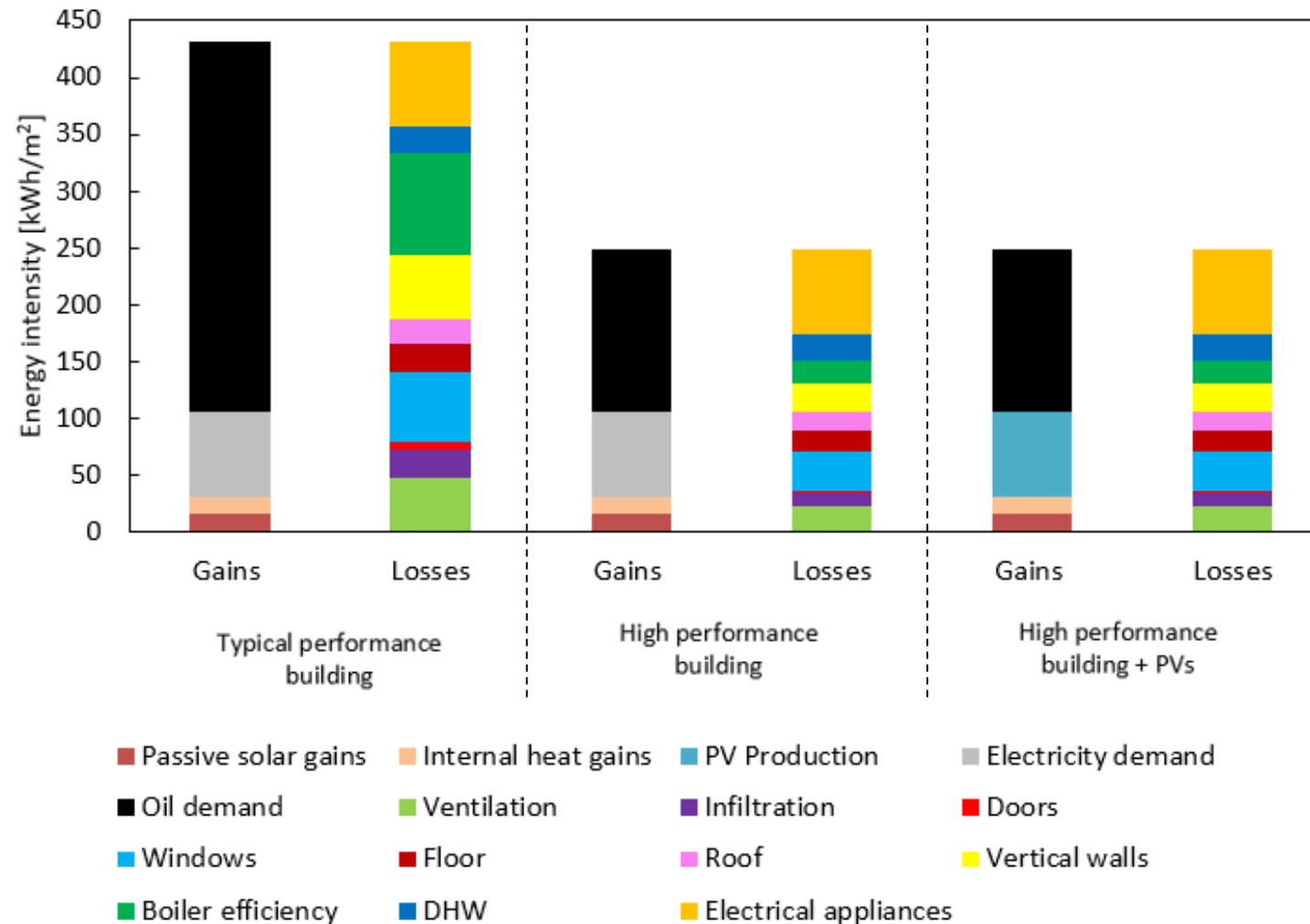
▶ Étude du bilan énergétique de 3 scénarios d'habitation:

- Logement typique, sans panneaux PV
- Logement prototype, sans panneaux PV
- Logement prototype, avec panneaux PV



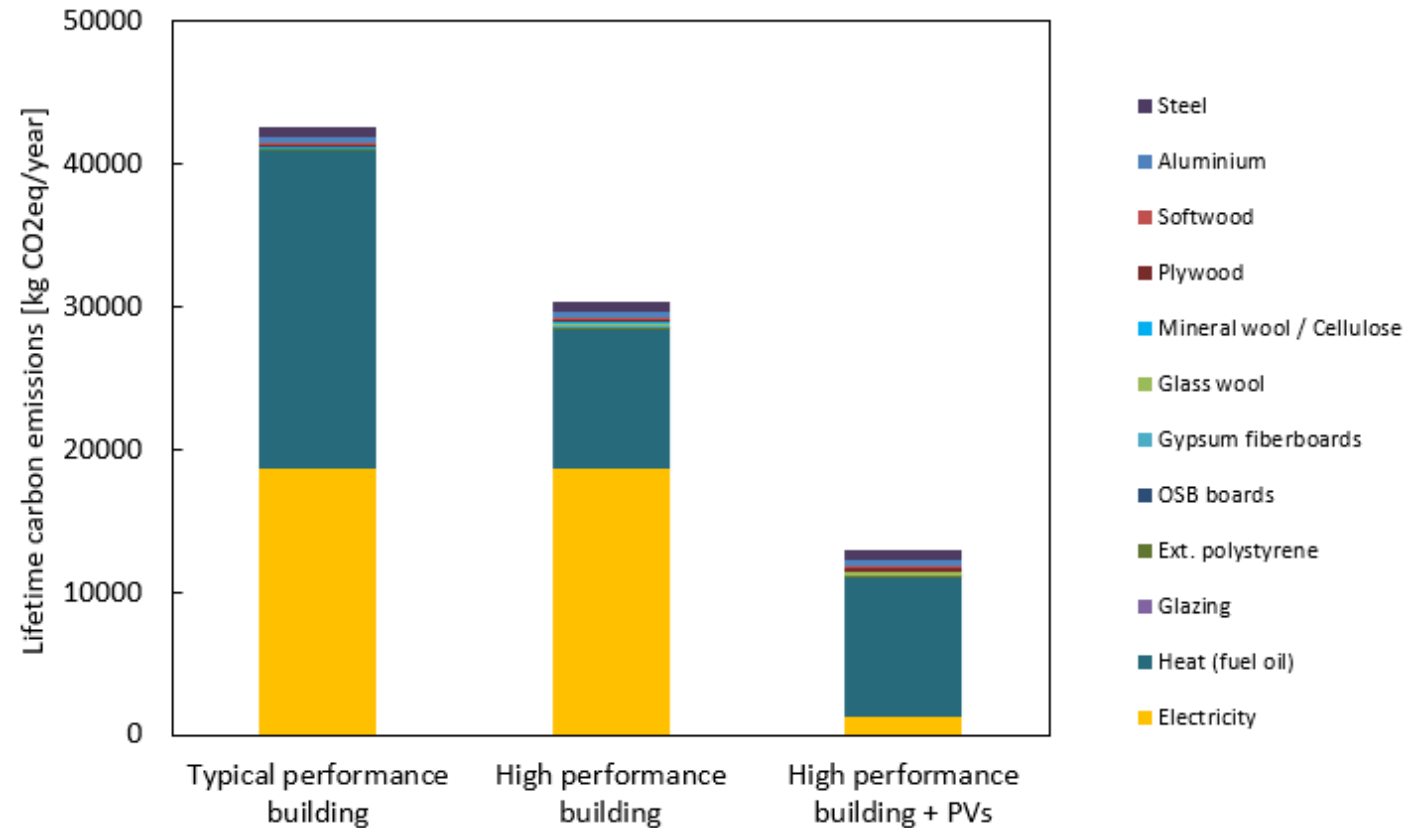
- ▶ Le système « avec panneaux » est conçu afin que 100% de la demande annuelle en électricité soit comblée par la production des panneaux. Une capacité infinie de stockage électrique est ainsi assumée.
- ▶ Les scénarios sont évalués selon leurs émissions GES via une analyse de cycle de vie (construction, opération, fin de vie du bâtiment).

Bilan énergétique des scénarios



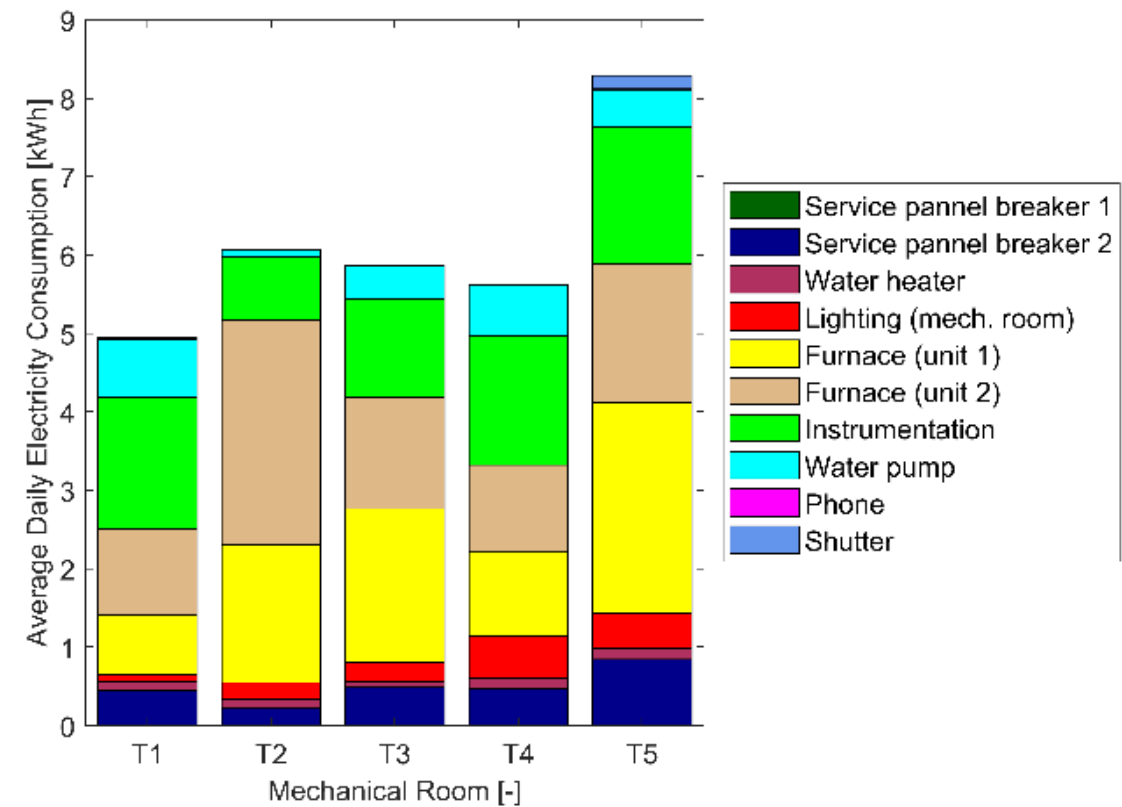
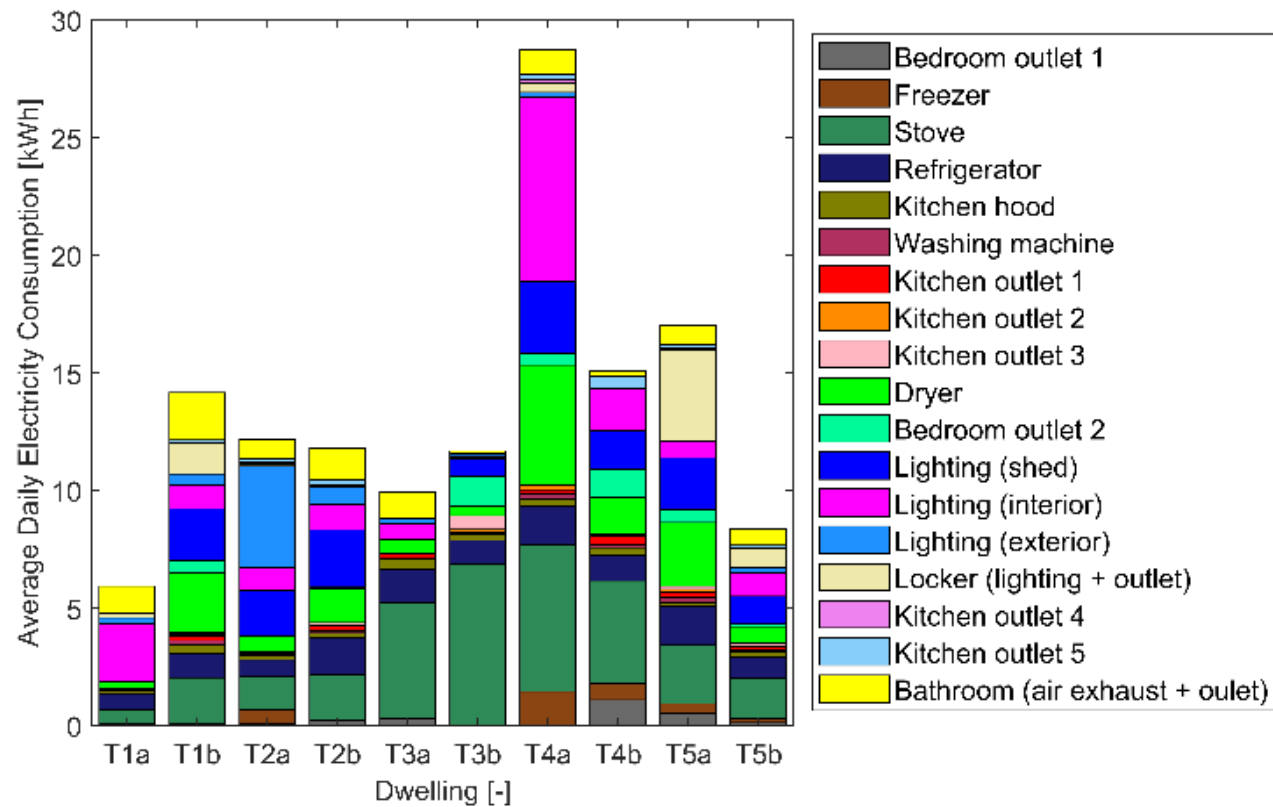
Émissions GES des scénarios

- ▶ Les émissions annuelles de $\text{CO}_{2,\text{eq}}$ passent de 42 526 à 12 869 kg.
- ▶ La consommation de mazout (51,7%) et d'électricité (44,6%) sont responsables de la très forte majorité des émissions GES d'une habitation nordique typique.



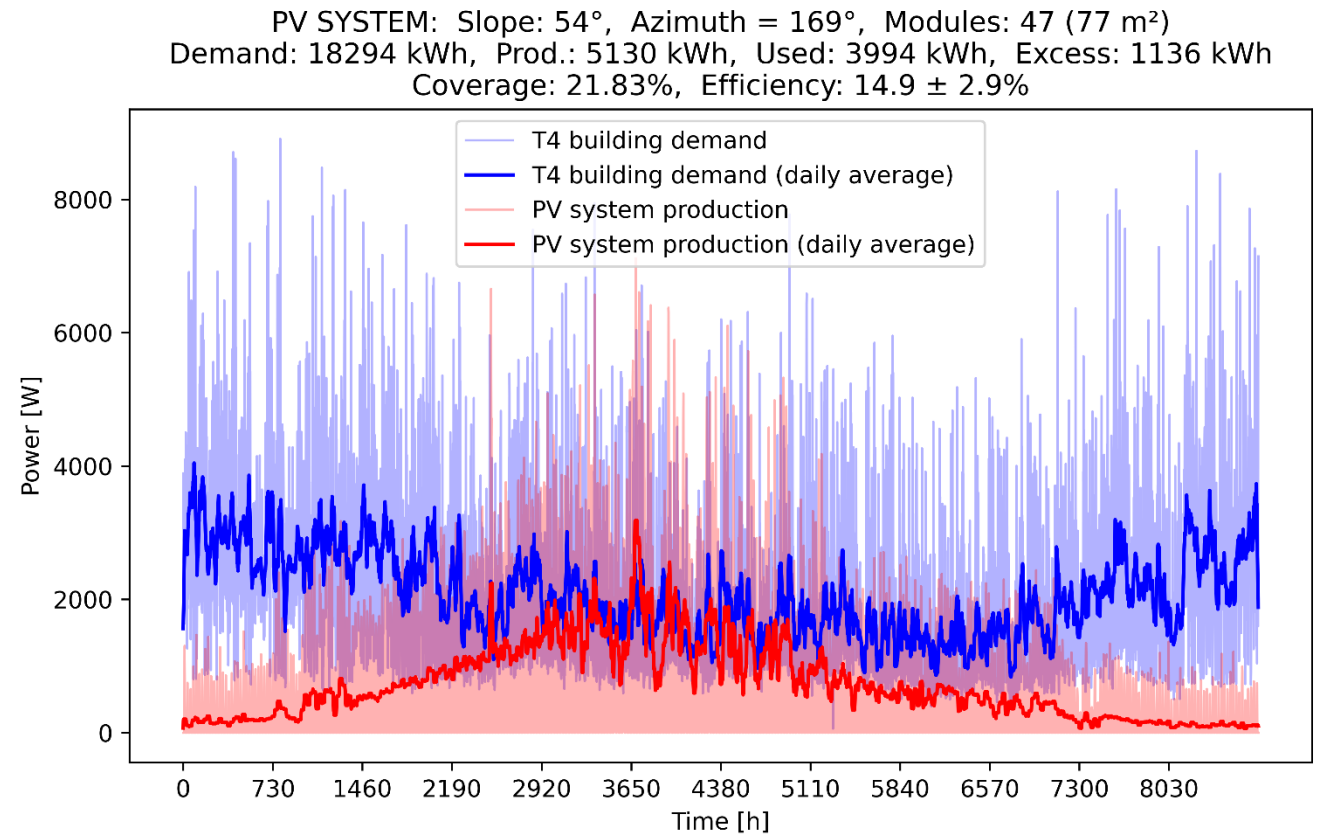
Panneaux solaire

- ▶ Quelle partie de la demande électrique peut-on combler avec des panneaux solaires?

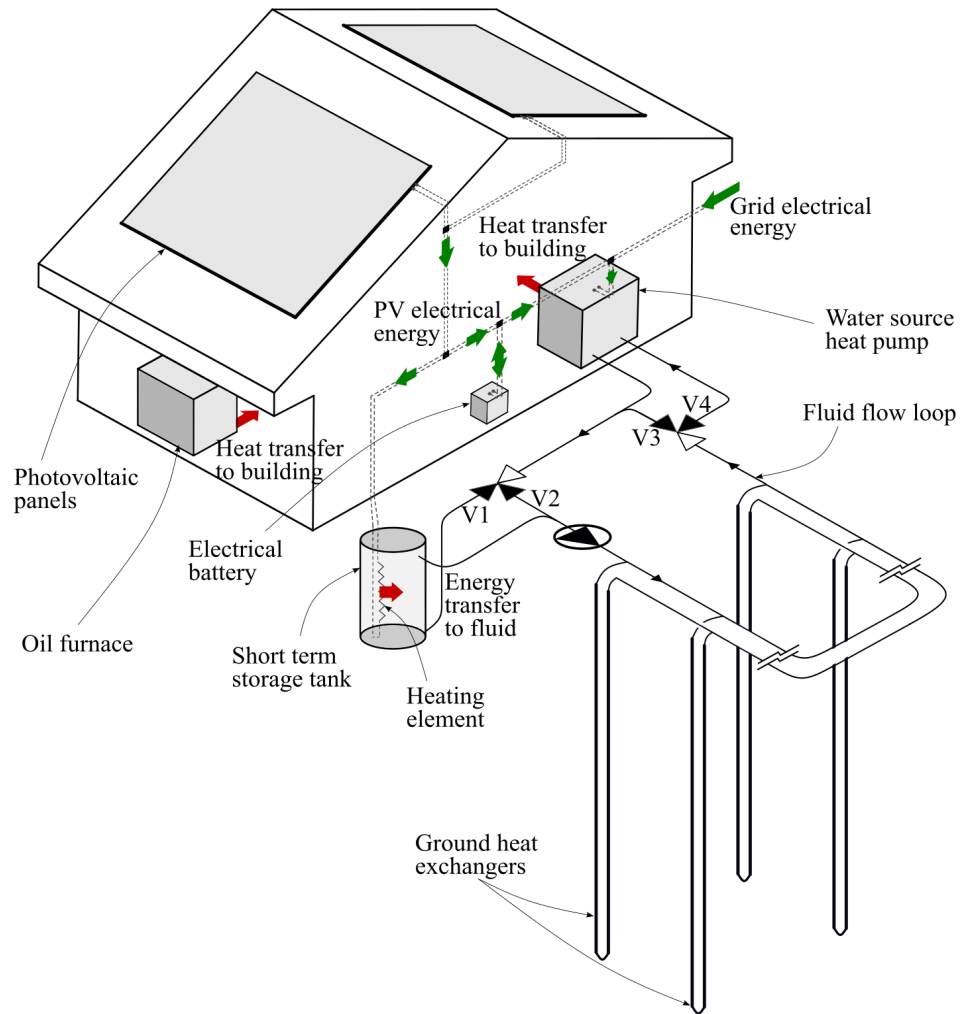


Conception de systèmes PV sans stockage énergétique

- ▶ On peut optimiser le nombre de PV par façade
- ▶ Après optimisation: Environ 1/3 de la demande électrique se produit en même temps que la production des PV



Système géothermique à assistance solaire

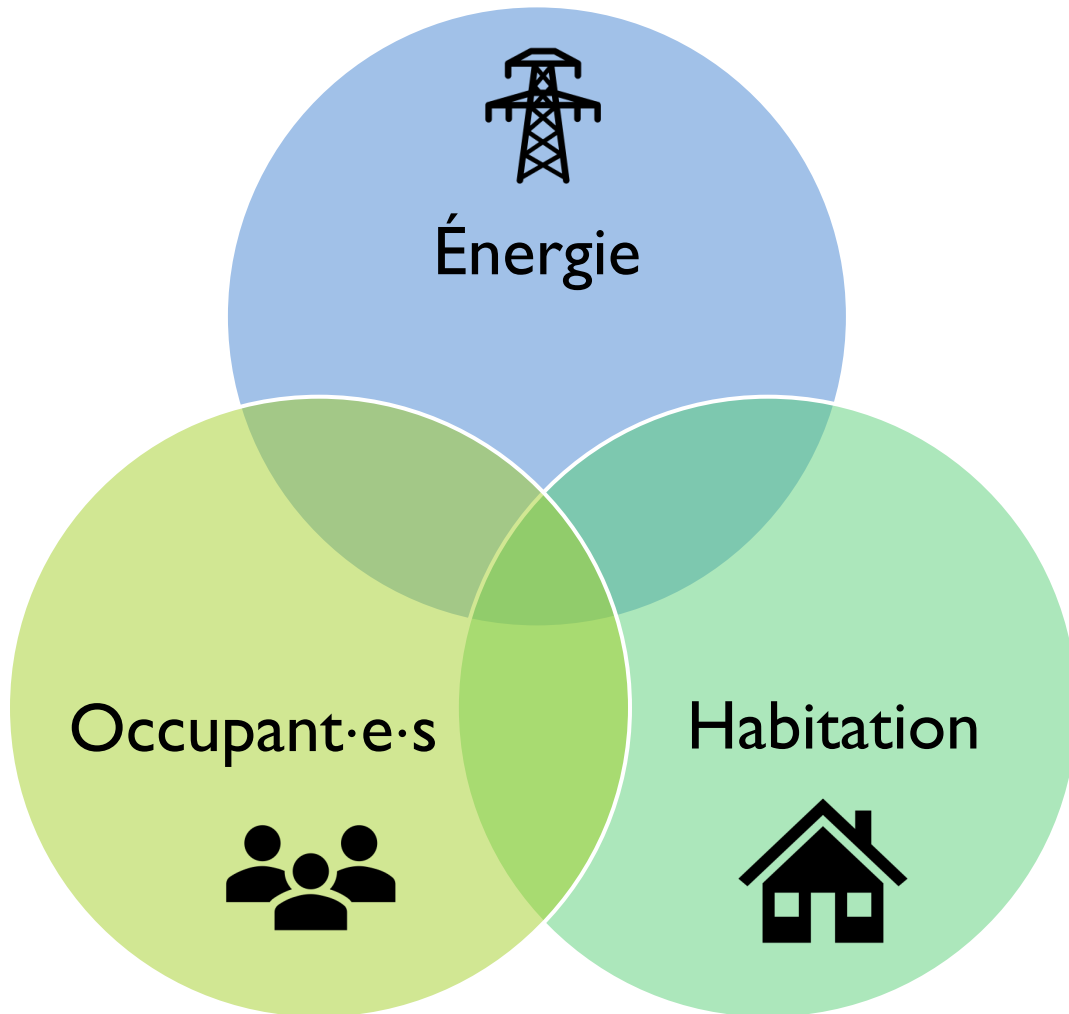


- ▶ Économie de carburant ~60%
- ▶ Coût initial élevé
- ▶ Meilleure utilisation du PV = pompe à chaleur



Maranghi et al., 2023

Pour conclure



- ▶ Plusieurs enjeux et interactions énergie ↔ bâtiments ↔ personnes au Nunavik
- ▶ Importance de les considérer ensemble
- ▶ Approche multidisciplinaire et intersectorielle

Nakurmiik! Merci!

Des questions?

