

Réseau Energie
et Bâtiments

La résilience des bâtiments

Atelier No 1

L'enveloppe des bâtiments, nouveaux et existants

Présenté par:

Danny Pearl

En collaboration avec

Daniel Da Silva

William Harvey

Mme Karine Lavigne

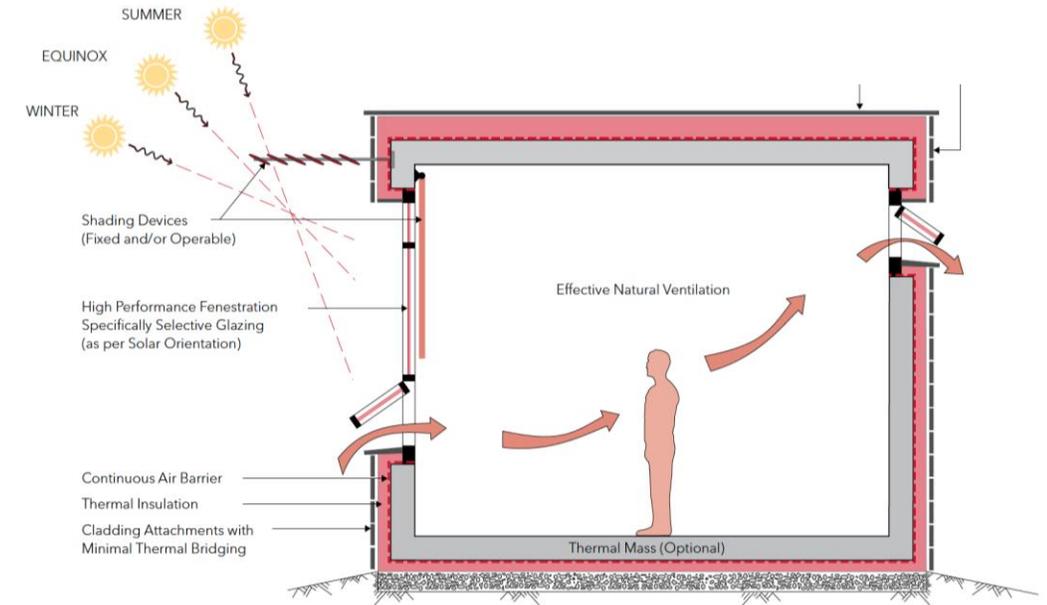
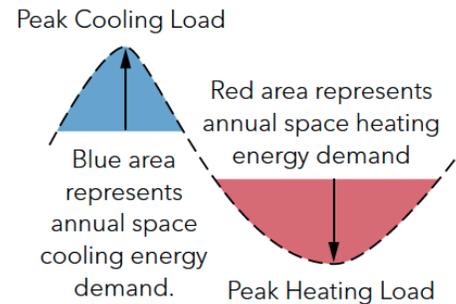
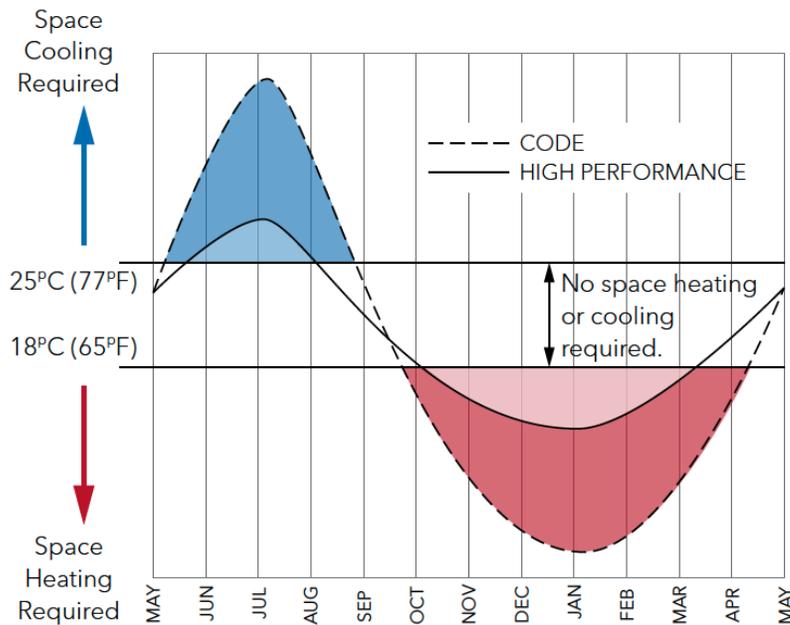
RÉSILIENCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE :

La résilience thermique est basée sur 2 sous-concepts :

1) **L'autonomie thermique**, qui est une mesure de la fraction de temps pendant laquelle un bâtiment peut maintenir passivement des conditions de confort sans apport d'énergie actif du système;

2) **L'habitabilité passive**, qui est une mesure de la durée pendant laquelle un bâtiment reste **habitable*** au cours de pannes de courant prolongées qui coïncident avec des phénomènes météorologiques extrêmes ;

*(48 à 72 heures)



Thermal resilience involves the application of basic building science.

Principal Author

Dr. Ted Kesik, P.Eng., Professor of Building Science, University of Toronto

Co-Author

Dr. Liam O'Brien, Associate Professor, Architectural Conservation and Sustainability, Carleton University

Building Energy Modeling

Dr. Aylin Ozkan, Research Associate, University of Toronto

Thermal autonomy measures the passive performance of the enclosure. A comparison of thermal autonomy between a building with Code minimum enclosure efficiency and its high performance counterpart indicates both the peak and annual space heating and cooling energy demands are significantly reduced

RÉSILIENCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE :

FACTEURS CLÉS:

(1) RÉSILIENCE THERMIQUE :

1.1 (murs opaques et pourcentage, qualité et placement de fenestration et bris thermiques)

(2) L'INERTIE THERMIQUE :

2.1 (construction en béton)

2.2 (construction en bois avec BLC / CLT)

2.3 (construction en bois avec chape de béton)

(3) VENTILATION NATURELLE :

4.1 (unités transversales VS fenestration sur la même façade)

(4) STRATÉGIES DIFFÉRENTES POUR ÉTÉ ET HIVER.

(5) PLAN DU BÂTIMENT ET SON ORIENTATION :

5.1 (corridor double versus unités transversales)

5.2 (proche de l'axe nord-sud (à l'intérieur de 15 deg) VS trame de Mtl (37deg. sud-ouest 53deg. sud-est)

- donc, les plans des bâtiments existants sont très contraignants.

RÉSILIENCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE :

FACTEURS CLÉS:

1) RÉSILIENCE THERMIQUE :

a) Murs opaques et

a) emplacement de l'isolation

b) Bris thermiques

b) Fenestration :

a) Pourcentage,

b) Qualité,

c) Placement,

d) Installation

TABLE A - Minimum Recommended Levels of Enclosure Efficiency for Thermal Resilience Design

Climate Zone	R _{SI} -Value	U _{SI} -Value	R-Value	U-Value
4	1.1	0.95	6	0.17
5	1.3	0.76	7.5	0.13
6	1.8	0.57	10	0.10
7	2.6	0.38	15	0.07
8	3.9	0.26	22	0.05

All values listed represent overall effective thermal resistance rating that account fully for thermal bridging effects.

Overall effective enclosure R-values / U-values needed to achieve robust passive performance (thermal resilience) in low energy buildings. These levels of enclosure efficiency are reasonable starting points to guide thermal resilience energy modelling during the early stages of building design.

ZONE 6

Window-to-Wall Ratio	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Roof (RSI)	5.64	5.64	5.64	5.64	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04
Walls (RSI)	3.52	3.52	3.52	3.87	4.4	4.4	5.64	5.64	5.64
Slab-on-Grade (RSI)	1.76	1.76	1.76	1.76	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
Windows (RSI)	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.85	0.9	1
Overall USI-Value	0.41	0.49	0.52	0.54	0.53	0.53	0.55	0.57	0.57
Overall RSI-Value	2.43	2.03	1.91	1.86	1.90	1.88	1.82	2.75	1.76
Overall R-Value	13.8	11.6	10.8	10.6	10.8	10.7	10.4	10.0	10.0

Principal Author

Dr. Ted Kesik, P.Eng., Professor of Building Science, University of Toronto

Co-Author

Dr. Liam O'Brien, Associate Professor, Architectural Conservation and Sustainability, Carleton University

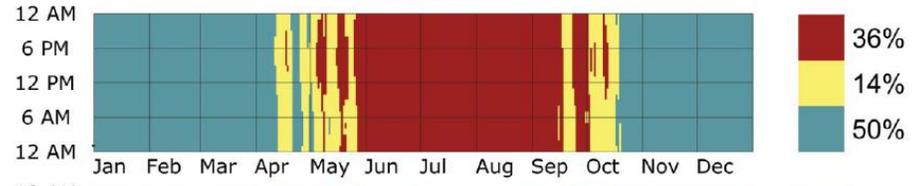
Building Energy Modeling

Dr. Aylin Ozkan, Research Associate, University of Toronto

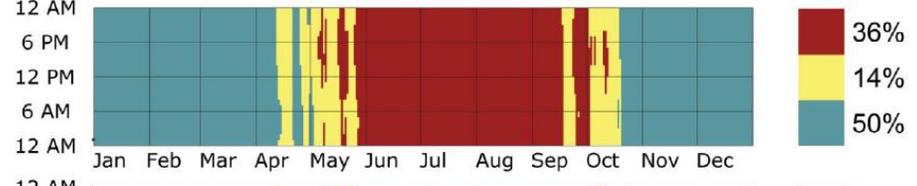
THERMAL AUTONOMY ANALYSIS
 Typical Floor, Condo Apartment Building
 25 m (W) x 25m (D) x 3 m (H)
 80% Window-to-Wall Ratio
 Concrete Construction
 Toronto, Canada

■ Too Hot (>25 °C)
 ■ Acceptable
 ■ Too Cold (<18 °C)

Code Minimum Envelope



Better Practice Envelope



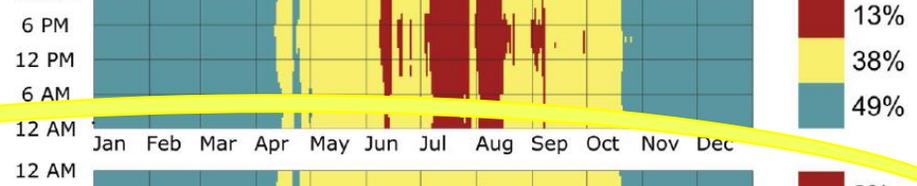
High-Performance Envelope



High-Performance Envelope
Fixed Shading



High-Performance Envelope
Operable Shading



High-Performance Envelope
Operable Shading +
Natural Ventilation



- **ENVELOPPE DE HAUTE PERFORMANCE**
- **CONTRÔLE DESURCHAUFFAGE EN ÉTÉ**
- **VENTILATION NATURELLE / HYBRIDE**

Principal Author

Dr. Ted Kesik, P.Eng., Professor of Building Science, University of Toronto

Co-Author

Dr. Liam O'Brien, Associate Professor, Architectural Conservation and Sustainability, Carleton University

Building Energy Modeling

Dr. Aylin Ozkan, Research Associate, University of Toronto

A carpet plot makes for ease of comparing contributions between combinations of passive measures towards thermal autonomy. However, the carpet plot does not indicate annual and peak energy demands, and the extreme minimum and maximum temperatures are also not displayed.

EXEMPLE : Construction en bois – 3.5 étages

2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

Coteau vert Paramètres de simulation



- Complexe de logements
- Murs extérieurs RSI 2,8 (R 15,8)
- Toit RSI 6,29 (R 35,7)
- Fenêtre USI 1,42 (U 0,25) ou RSI 0.704 (R 4.0) et SHGC 0,47
- Infiltration de 1,50 CAH à 50 Pa
- Aucune masse thermique
- Parasol et balcons comme brise soleil sur 50% des fenêtres qui donnent sur la cour intérieure
- Ventilation naturelle

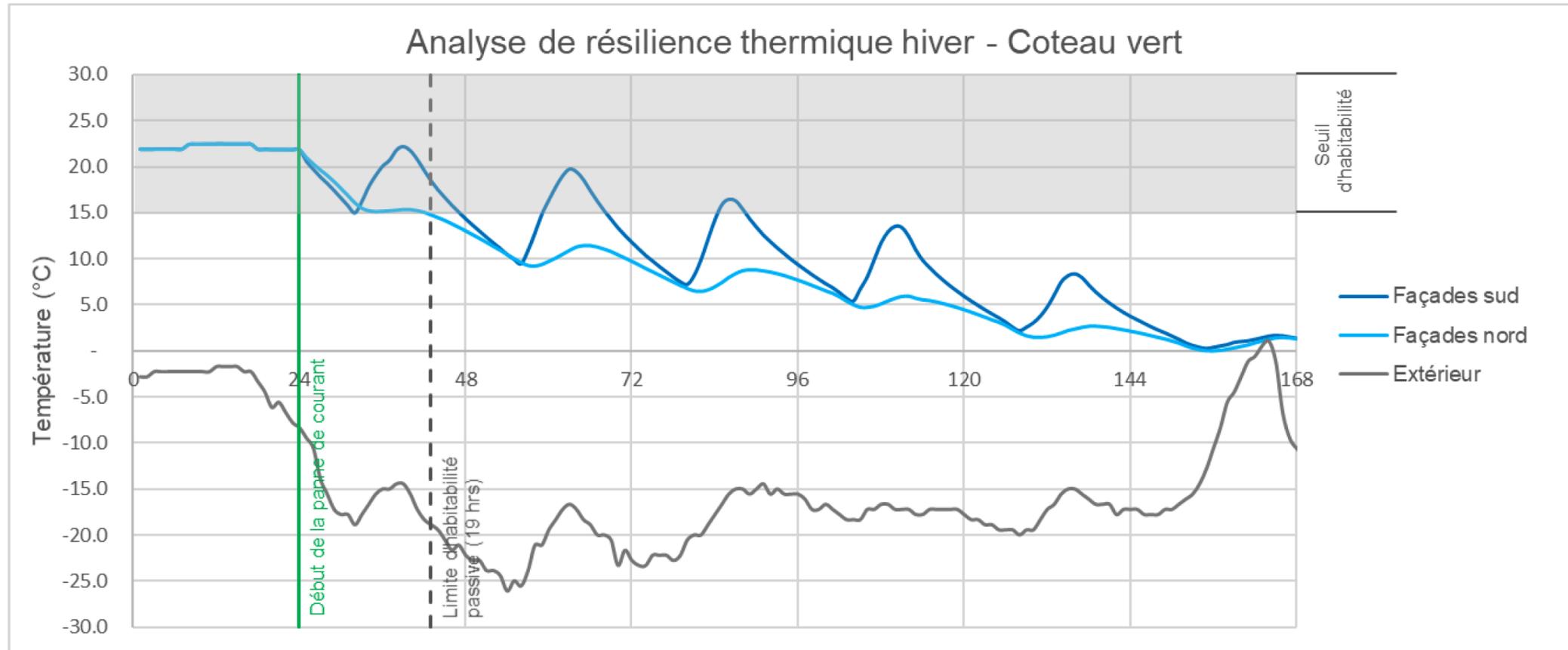
Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

Coteau vert Résilience thermique hiver



Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

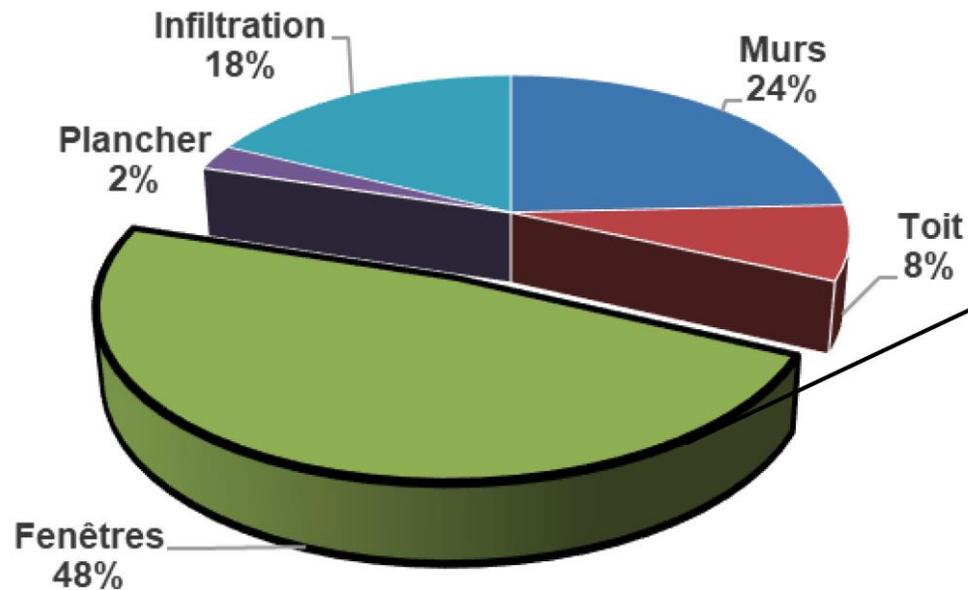
2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

Coteau vert avec murs bonifiés à R_{∞} Résilience thermique hiver

Répartition de la charge de chauffage



Les fenêtres représentent presque 50% de la charge de chauffage en hiver. Une résilience thermique de 72 heures ne peut être atteinte sans améliorer leur résistance thermique.

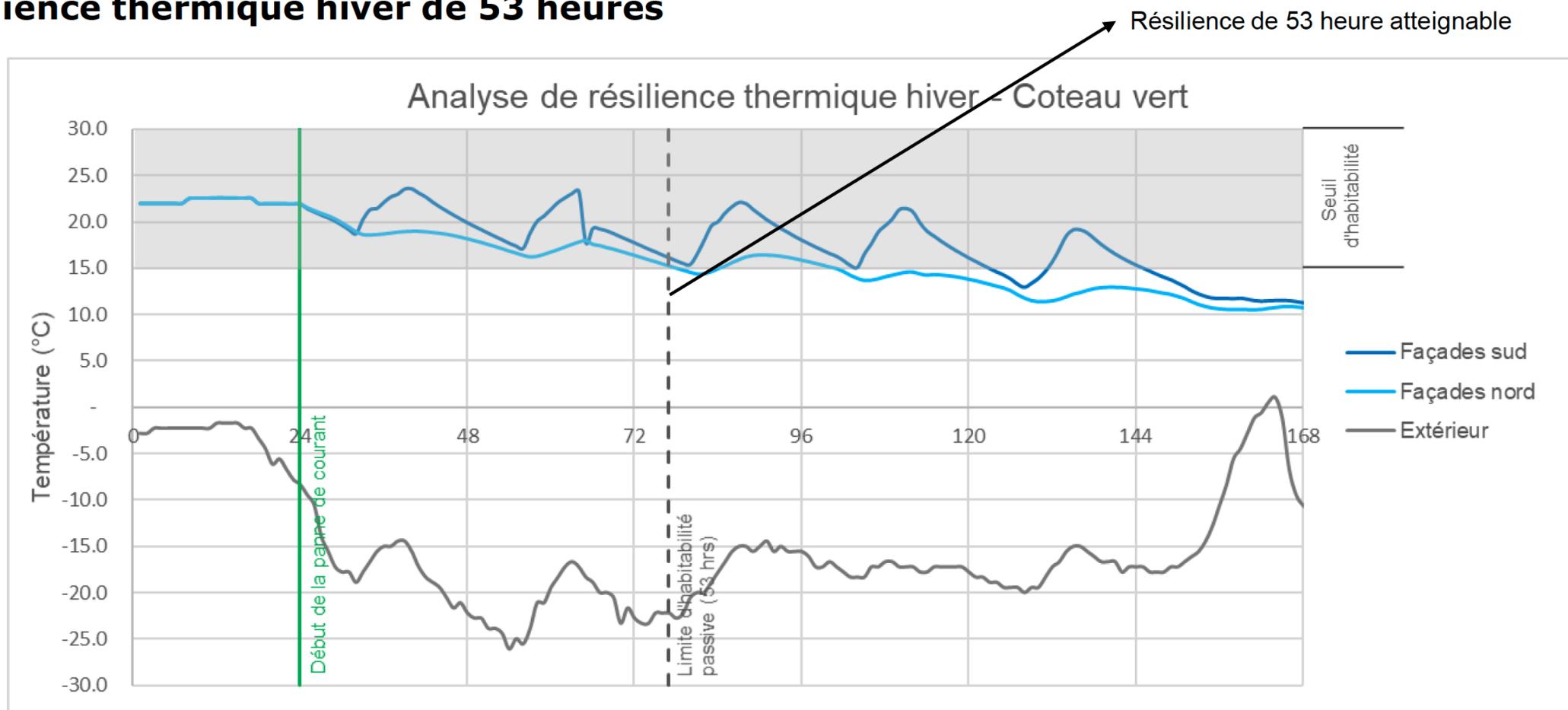
Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-00
Préparé par William Harvey, ing. 508628

Coteau vert avec murs bonifiés à RSI 4,4 (R 25), fenêtres bonifiées à RSI 1,8 (R 10) Résilience thermique hiver de 53 heures



Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

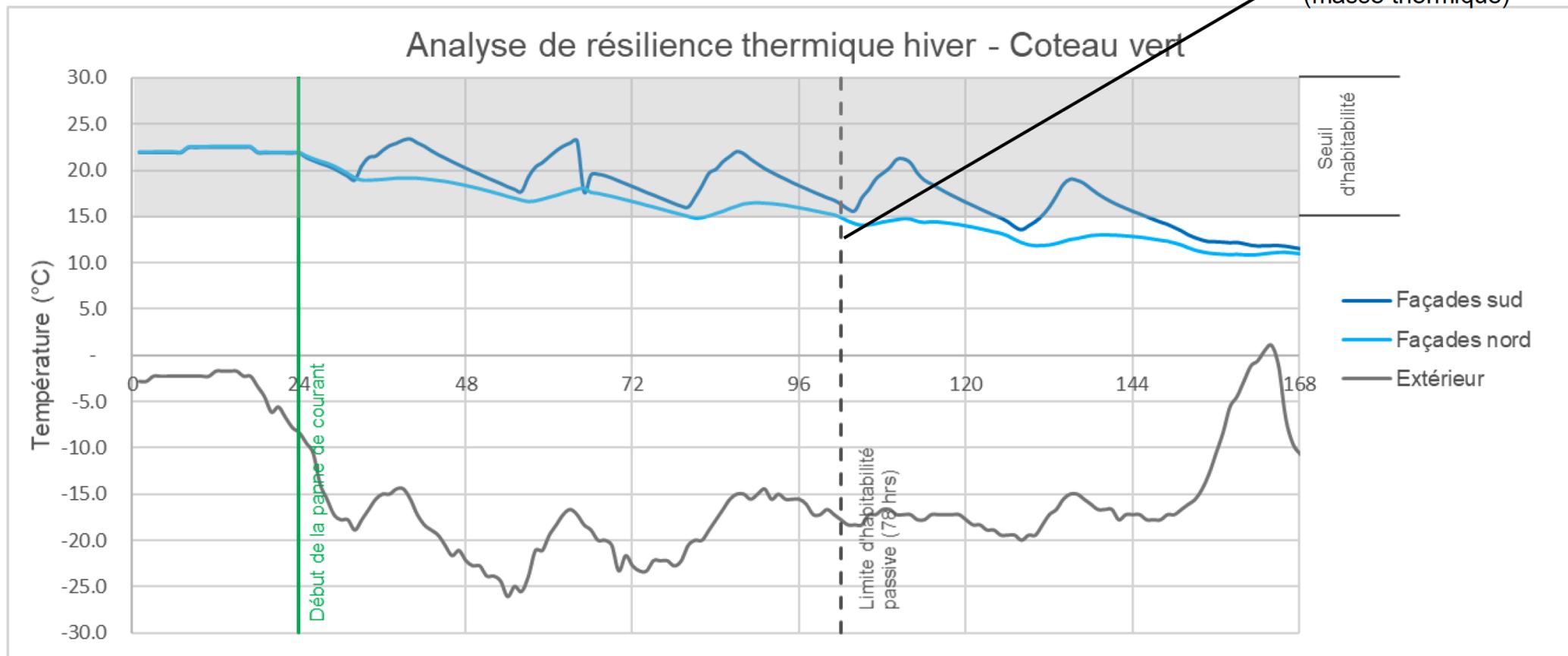


Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

2020-06-01

Coteau vert avec murs bonifiés à RSI 4,4 (R 25), fenêtres bonifiées à RSI 1,8 (R 10) Résilience thermique hiver de 78 heures

Ajout de 1,5 po de béton au plancher
(masse thermique)



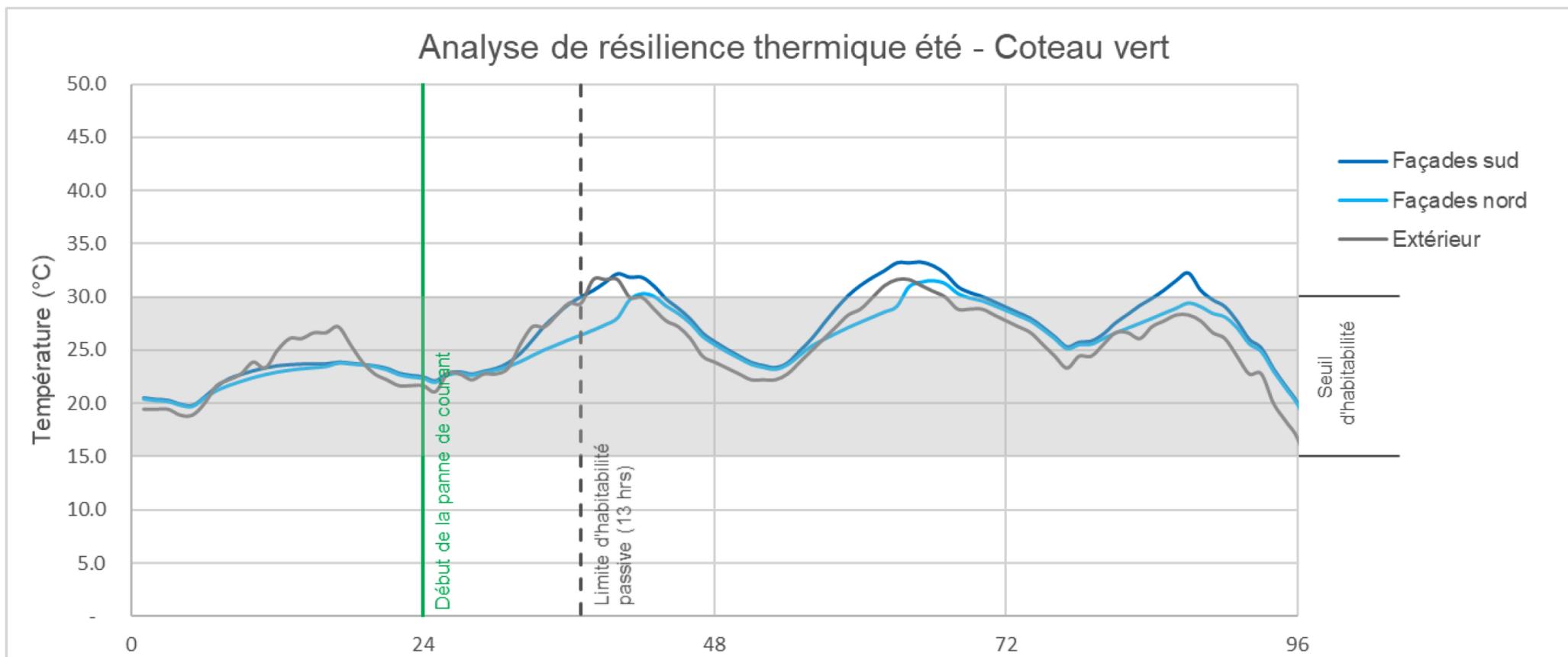
Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

Coteau vert Résilience thermique été



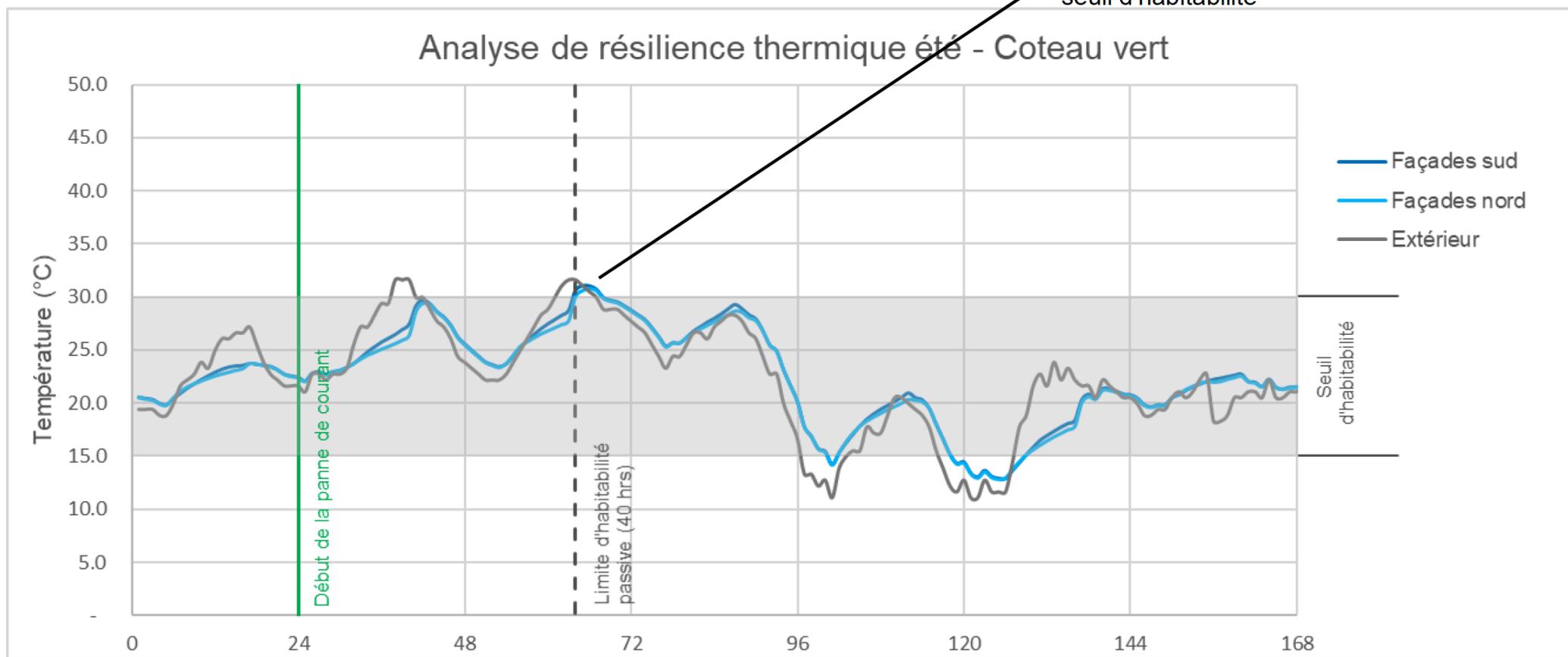
Construction en bois – 3.5 étages COTEAU VERT

2020-06-01



Résultats de l'analyse
Étude de résilience thermique – Ville de Montréal
Mécanique | 5230-000-000
Préparé par William Harvey, ing. 5086280

Coteau vert avec brise soleil sur la façade sud (réduction de 80% des gains solaires) Résilience thermique été de 40 heures



RÉSILIENCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE : **SOMMAIRE**

(1) RÉSILIENCE THERMIQUE :

1.1 (murs opaques et pourcentage, qualité et placement de fenestration et bris thermiques)

(2) L'INERTIE THERMIQUE :

2.1 (construction en béton)

2.2 (construction en bois avec BLC / CLT)

2.3 (construction en bois avec chape de béton)

(3) VENTILATION NATURELLE :

4.1 (unités transversales VS fenestration sur la même façade)

(4) STRATÉGIES DIFFÉRENTES POUR ÉTÉ ET HIVER.

(5) PLAN DU BÂTIMENT ET SON ORIENTATION :

5.1 (corridor double versus unités transversales)

5.2 (proche de l'axe nord-sud (à l'intérieur de 15 deg) VS trame de Mtl (37deg. sud-ouest 53deg. sud-est)

- donc, les plans des bâtiments existants sont très contraignants.

La résilience thermique est basée sur 2 sous-concepts :

1) **L'autonomie thermique**, qui est une mesure de la fraction de temps pendant laquelle un bâtiment peut maintenir passivement des conditions de confort sans apport d'énergie actif du système;

2) **L'habitabilité passive**, qui est une mesure de la durée pendant laquelle un bâtiment reste **habitable*** au cours de pannes de courant prolongées qui coïncident avec des phénomènes météorologiques extrêmes ;

***(48 à 72 heures)**

RÉSILIENCE THERMIQUE :

- a) Murs opaques et
 - a) emplacement de l'isolation
 - b) Bris thermiques

- b) Fenestration :
 - a) Pourcentage,
 - b) Qualité,
 - c) Placement,
 - d) Installation



Réseau Energie
et Bâtiments

La résilience des bâtiments

Ateliers No 2 et 8

Les systèmes mécaniques et la résilience

Présenté par:

Yan Ferron

En collaboration avec

Dominic Turgeon

Jean-Philippe Hardy

Les systèmes mécaniques et la résilience

Électrification du Québec, électrification du chauffage.

- Quels impacts auront la stratégie d'électrification du Québec et la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur la résilience des bâtiments?
- Est-ce que « électrification » et « résilience » sont compatibles?

Les systèmes mécaniques et la résilience

Les boucles énergétiques

- Comment le partage d'énergie entre bâtiments pourrait-il améliorer la résilience d'un parc immobilier?
- Est-ce une solution à développer à grande échelle?

Les systèmes mécaniques et la résilience

Stockage thermique

- Le stockage thermique est-il une solution viable uniquement pour de courtes périodes de temps?
- Est-il possible de le combiner avec d'autres concepts comme les boucles d'énergie?

Les systèmes mécaniques et la résilience

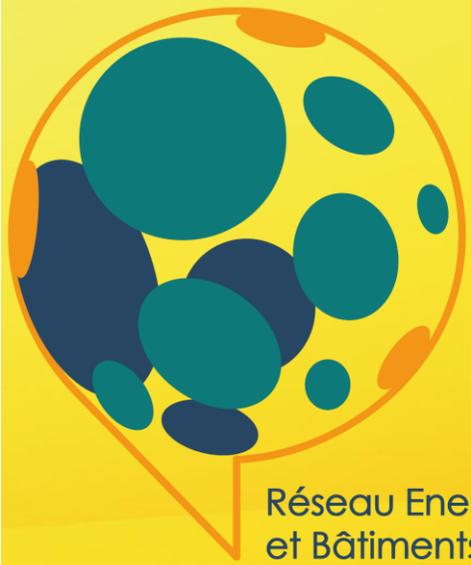
La place de la ventilation naturelle dans les bâtiments

- Est-ce que la ventilation naturelle devrait être présente dans tous les types de bâtiments ou uniquement dans les bâtiments résidentiels?
- Est-ce que nous devrions repenser l'architecture des bâtiments pour optimiser ce concept?

Les systèmes mécaniques et la résilience

La nécessité de la climatisation avec le réchauffement climatique.

- Est-ce que les canicules seront trop importantes pour ne pas climatiser tous les bâtiments commerciaux et résidentiels?
- Est-ce que des modifications importantes aux bâtiments existants (résidences, CHSLD, hôpitaux, écoles ...) seront requises pour ajouter de la climatisation?



La résilience des bâtiments

Atelier No 3

Les systèmes électriques et la résilience

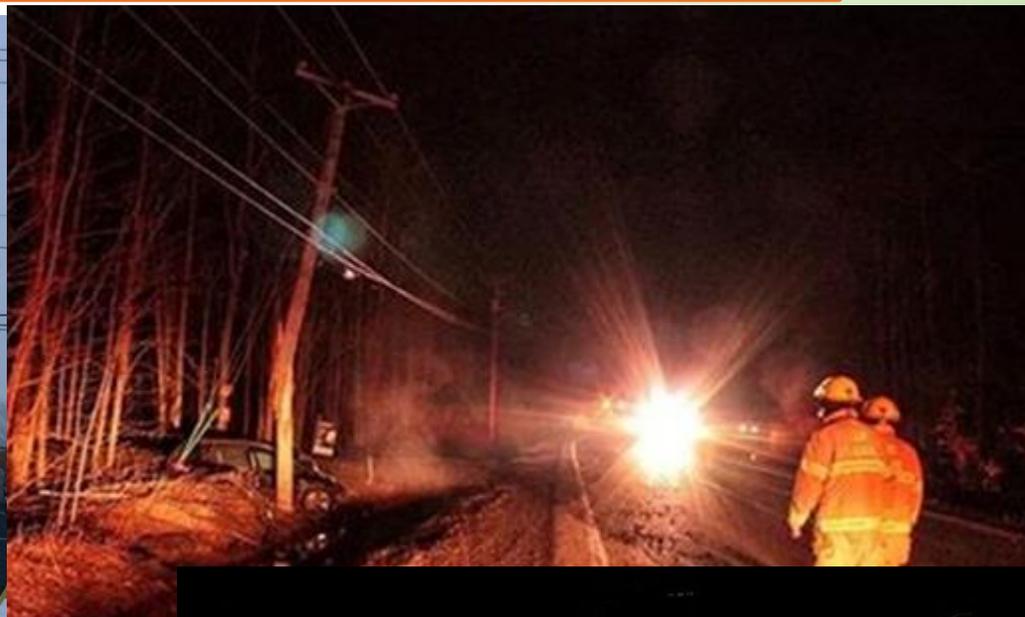
Présenté par:

Éric Le Courtois

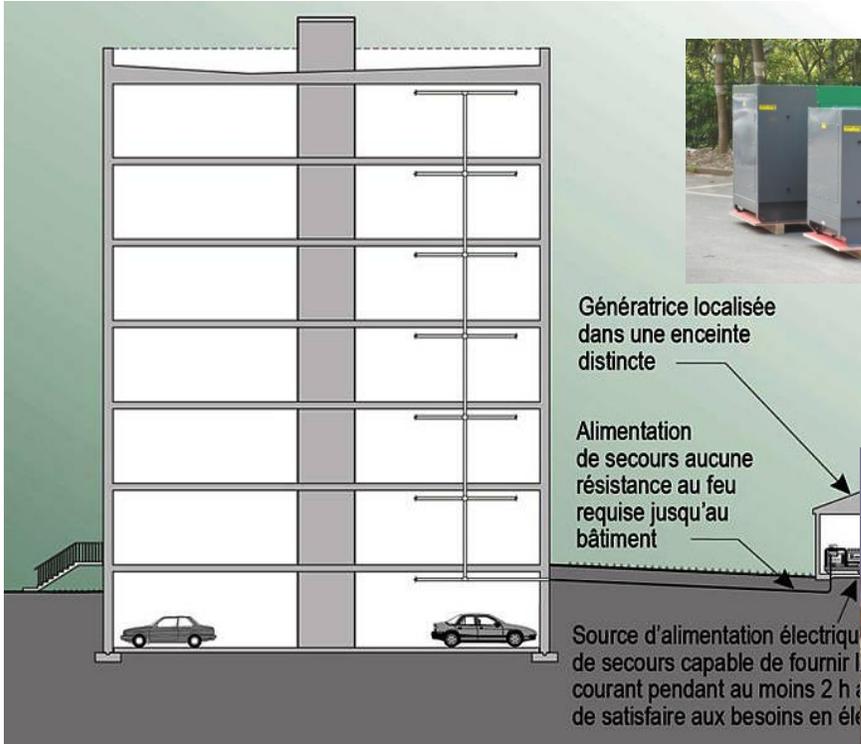
En collaboration avec

Karine Lavigne

La bête!



La solution : la résilience du système électrique



Le classique :
la génératrice d'urgence

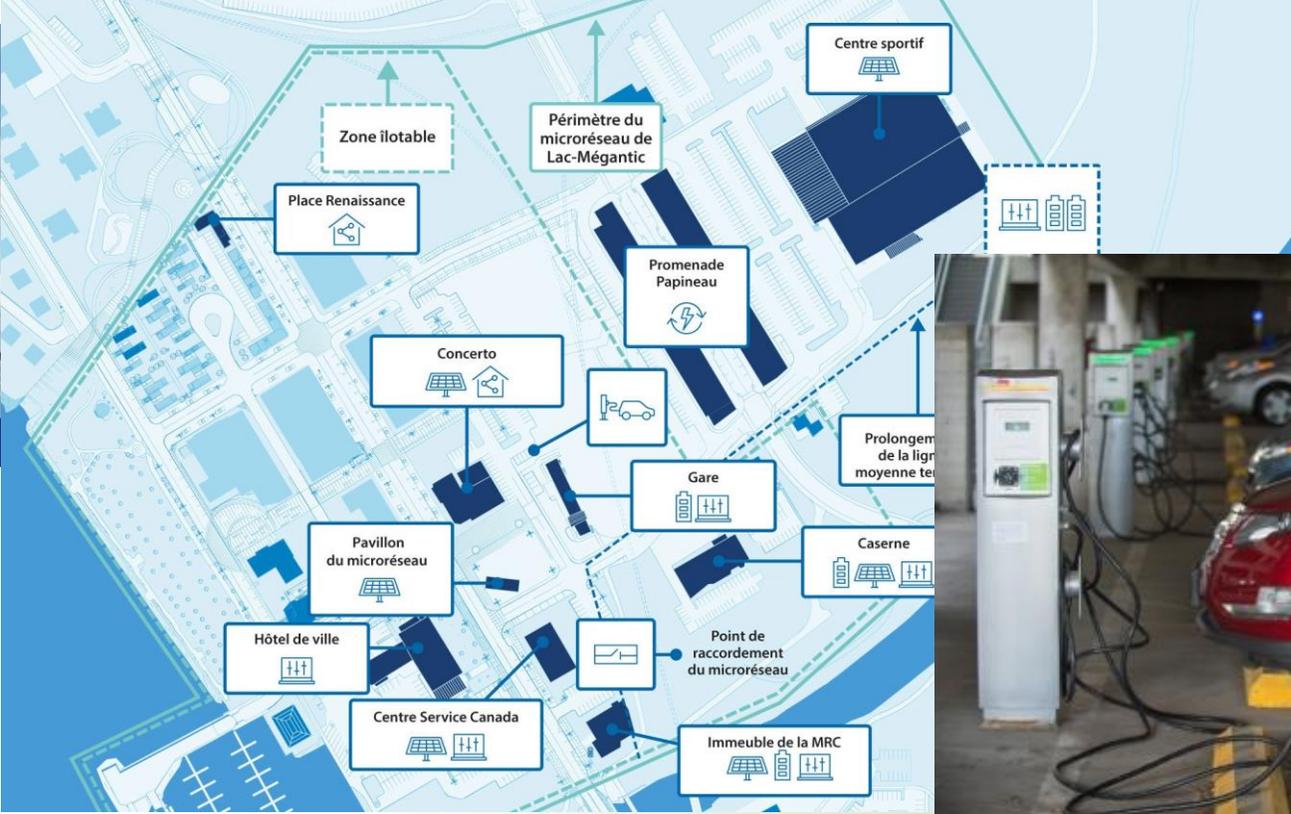
L'ambitieux :
Chypre : 120 MW

Le ciblé :
au procédé important
ou au composant sensible
Intégration?

Mais encore ??



La génératrice propre:
Greencube (ETS, 2017)



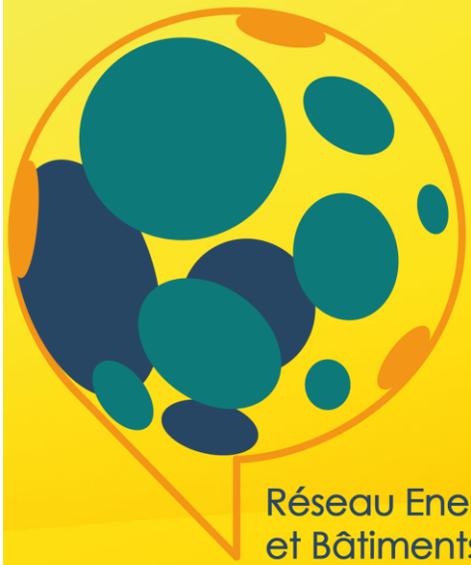
Le complet :
le microréseau Mégantic



La meilleure résilience ?

- Petit et ciblé ?
- Complet ?
- Intégré (par conception) ?
- Partagé : énergie transactionnelle ?
- Comme service « RaaS » ?
- Microréseau, mini-réseau, nano-réseau ?

Est-ce que la meilleure résilience pourrait être de n'avoir besoin d'aucune résilience ?



Réseau Energie
et Bâtiments

La résilience des bâtiments

Atelier No 4 Un code d'efficacité énergétique pour les bâtiments existants ?

Présenté par:

Stéphan Gagnon

En collaboration avec

Marc-Antoine Chenail

Énergie et GES dans les bâtiments CI

- L'intensité énergétique (GJ/m²) du secteur CI a diminué de 10 % entre 1995 et 2014
- La consommation d'énergie dans le secteur CI a augmenté de 16,8 % entre 1995 et 2014
- En 2014, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur avaient diminuées de 5 % par rapport à 1995, alors que le Québec vise une réduction de GES de 37,5% entre 1990 et 2030
- 82% des GES du secteur provenait du gaz naturel en 2011 et ce taux devrait atteindre 92% en 2031
- 38 ans après le Règlement sur l'efficacité énergétique des nouveaux bâtiments, l'entrée en vigueur du nouveau chapitre sur l'efficacité énergétique du Code de construction permettra des gains moyens de 28 % sur les nouvelles constructions

<https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/consultation/Fiche-diagnostic-Consultation-TEQ-BCI.pdf>

Potentiel des bâtiments existants

Période de construction	Nombre d'établissements		Consommation d'énergie (GJ)		Surface de plancher (m ²)		Intensité énergétique (GJ/m ²)	
Avant 1920	20 584	A	33 527 522	B	24 194 636	A	1,39	A
De 1920 à 1959	53 715	A	133 956 378	B	84 743 212	A	1,58	A
De 1960 à 1969	53 231	A	173 568 127	B	96 475 167	A	1,80	A
De 1970 à 1979	85 408	A	269 760 130	A	176 948 729	B	1,52	A
De 1980 à 1989	92 860	A	157 461 130	A	94 454 615	A	1,67	A
De 1990 à 1999	83 125	A	190 888 013	A	135 301 511	A	1,41	A
De 2000 à 2004	51 939	A	77 616 649	A	59 560 832	A	1,30	A
TOTAL	440 863	A	1 036 777 949	A	671 678 701	A	1,54	A

La lettre à droite de chaque estimation détermine sa qualité comme suit : A – Très bonne, B – Acceptable, C – À utiliser avec prudence, F – Trop peu fiable pour être publiée ou éliminée pour des raisons de confidentialité.

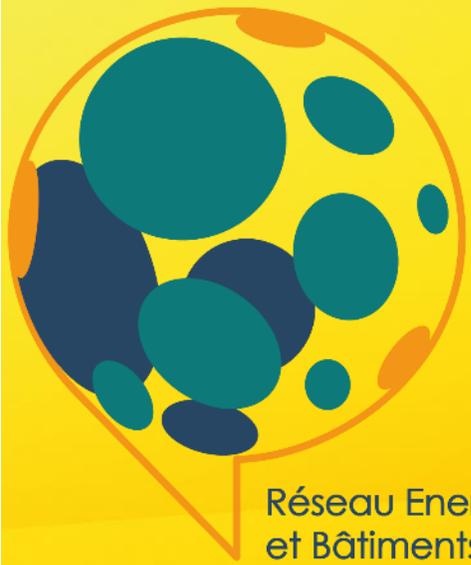
- L'âge moyen des bâtiments CI au Québec est de 29 ans (30 ans au Canada) selon une étude de l'OEE (fédéral) de 2007
<https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/ecesci06/pdf/ecesci06.pdf>
- Les potentiels de réduction de consommation d'énergie et d'émission de GES sont plus importants dans un bâtiment existant que dans un nouveau
- Les bâtiments existants sont beaucoup plus nombreux que les nouveaux

Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques du Québec

- Mesure 72: « Publier une norme volontaire, le Code québécois de l'énergie pour les bâtiments applicable aux bâtiments existants et aux nouveaux bâtiments »
- Ce code deviendrait réglementaire d'ici 2030

Que devrait contenir un code d'efficacité énergétique pour les bâtiments existants?

- Quelles sont les défis d'application: qui et comment?
- Quels sont les enjeux relatifs à des exigences prescriptives dans des bâtiments existants?
- Quels sont les enjeux relatifs à des exigences de performance?
 - GJ/m² ou GJ/m²/occupant?
 - Réduction des émissions de GES?
 - Comment calculer les cibles?
 - Amélioration au 5 ans (resserrement des cibles)?
- Est-ce qu'un audit énergétique doit être rendu obligatoire pour déterminer un point de départ?



La résilience des bâtiments

Ateliers No 5 et 7 Transition et efficacité énergétique

Présenté par:

Jean-Philippe Hardy

En collaboration avec

Marc Francoeur

Définitions

- Thème général: quels sont les liens entre l'efficacité énergétique, la transition énergétique et la résilience des bâtiments
- EÉ: réduction de la consommation énergétique d'un bâtiment, toutes sources d'énergies confondues
- Transition énergétique: transition vers des sources d'énergie à faibles émissions de GES

État des lieux

Analyse FFOM pour l'efficacité énergétique et la transition énergétique en lien avec la résilience

FORCES

- Offre existence en programmes d'EÉ et TÉ
- ...

FAIBLESSES

- **Manque de prise de conscience p/r à la résilience**
- ...

OPPORTUNITÉS

- Utilisation complémentaire des sources d'énergie
- ...

MENACES

- Priorités économiques divergentes
- ...

Vision future de la transition et de la résilience

1. Quels sont les objectifs de résilience à atteindre en 2030, 2050 ?
2. Quel est le rôle de la TÉ pour atteindre ces objectifs ?

Qu'est-ce qui manque pour arriver à cette vision ?

Au niveau...

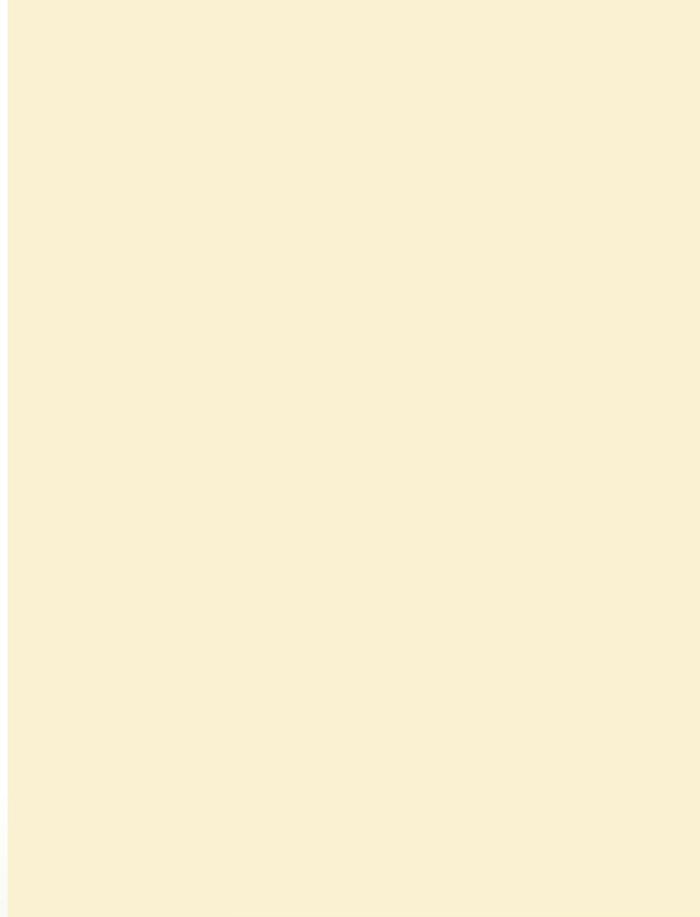
POLITIQUE <ul style="list-style-type: none">• ...	ÉCONOMIQUE <ul style="list-style-type: none">• ...	LÉGAL/RÈGLEMENTAIRE <ul style="list-style-type: none">• ...
SOCIAL <ul style="list-style-type: none">• ...	TECHNOLOGIQUE <ul style="list-style-type: none">• ...	ENVIRONNEMENTAL <ul style="list-style-type: none">• ...

Prochaines étapes ?

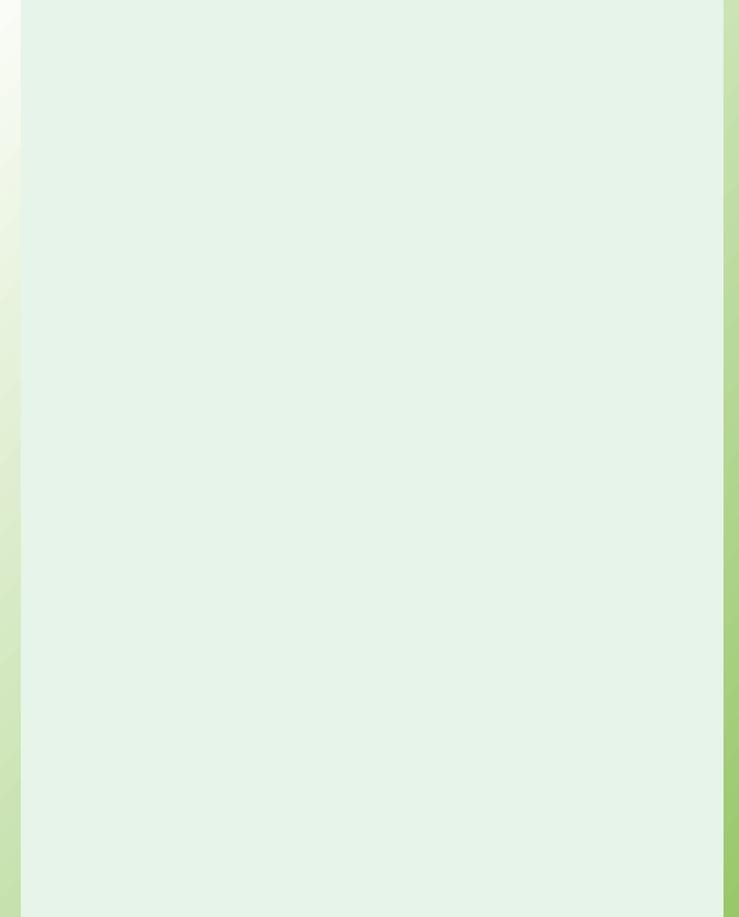
URGENT !



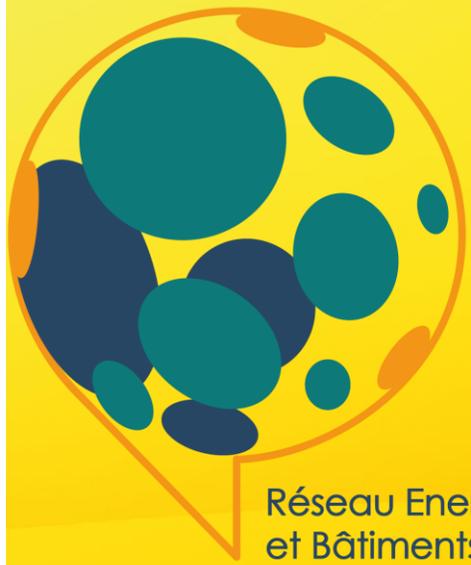
5-10 ANS



15-30 ANS



Note: Explorer différents angles (politiques, règlements, programmes, sensibilisation, formation, technologies, outils, etc.)



Réseau Energie
et Bâtiments

La résilience des bâtiments

Atelier No 6 Comment faire face à l'inconnu ?

Présenté par:

Gabriel Mainville

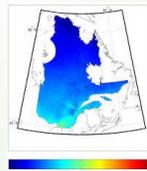
En collaboration avec

Roland Charneux

Daniel Da Silva

Risques potentiels

- Contamination de l'eau
- Contamination de la nourriture
- Grève du camionnage
- Panne électronique continentale
- Panne électrique majeure
- Immigration climatique
- Pertes des lignes de transport électrique vs tout à l'électricité
- Augmentation des périodes de canicules
-
-



Type d'inconnues

- Exceptionnel « prévu »
 - Évacuation (ex. : Feu)
 - Maintenance (ex. : Bris)
 - Perte de courant à court terme (ex. : panne d'électricité)
- Perte de courant à long terme (ex. : Crise du verglas)
- Décentralisation et diversification des sources d'énergie
 - Micro-réseau (ex. : <https://baladodecouverte.com/circuits/923/poi/11437/microreseau-electrique>, <https://ici.tou.tv/decouverte/S33E12>)
- Pandémie (ex. : COVID-19)
- **Changement climatique** (ex. : Le Canada se fixe des objectifs ambitieux pour décarboniser notre économie. «Climate change remains one of the greatest challenges of our times,», a déclaré le premier ministre Justin Trudeau aux journalistes le jeudi 19 novembre. Il promet d'être plus agressif pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030 et amener le Canada à zéro émission nette d'ici 2050.)
- Monétaire (ex. : hausse des prix de l'énergie)
- L'humain
 - Rage humaine (ex. : Polytechnique) [Système d'intercom, caméra, contrôle d'accès, est-ce que ça aurait aidé?]
 - Absence de responsable (le bâtiment doit pouvoir « parler », être capable de se débrouiller)

Comment faire face à l'inconnu

- Par la résilience de nos installations et systèmes ?
- Par une recherche d'autonomie ?
- Par la création de réseaux d'entraide ?
- Par la réduction de nos besoins ?
- Par la gestion/partage mutualisation des ressources ?
- Être conscient de nos besoins, énergétiques et autres ?
-

Le Bâtiment face à l'inconnu

- Son autonomie ?
- Sa gestion ?
- Sa flexibilité ?
- Sa simplicité vs efficacité énergétique ?
- Notre volonté de performance engendre-t-elle de la complexité ?
-
-

Résilience du bâtiment : définition

- La résilience désigne la capacité à absorber un événement extrême et à « rebondir ». Appliqué aux bâtiments, on parle de leur capacité à faire face à des crises (canicules, sécheresses, inondations...) et à reprendre un fonctionnement normal le plus rapidement possible, **en ayant « appris » comment mieux se comporter lors de la prochaine crise**. Avec le réchauffement climatique, la fréquence et/ou l'intensité de ces crises a tendance à augmenter. Bien sûr, ça n'est pas le bâtiment lui-même qui porte uniquement cette résilience, ce sont aussi les équipes qui assurent sa gestion ainsi que les habitants.
- RÉF : <https://www.qualitel.org/experts/changement-climatique-batiments-strategie-resilience-impose/#:~:text=La%20r%C3%A9silience%20se%20base%20sur,continuit%C3%A9%20du%20fonctionnement%20du%20b%C3%A2timent.>