


Matériaux, énergie et empreinte écologique: La haute performance à la croisée des chemins

Richard Trempe, arch. M.Sc., Trempe architecte

Charles Thibodeau, Ph. D., CT Consultant

Philippe Hudon, ing. M.Sc.A., PA LEED, BEMP, Akonovia

CEBQ SEPTEMBRE 2020



Matériaux, énergie et empreinte écologique: La haute performance à la croisée des chemins

Cette présentation est protégée par la Loi sur les droits d'auteurs. Il est interdit de reproduire, de distribuer ou de présenter ce document sans l'autorisation écrite de son auteur.

Le crédit des images utilisées ne provenant pas de l'auteur est indiqué au bas de chacune des pages de présentation.



Vos conférenciers



TREMPE ARCHITECTE

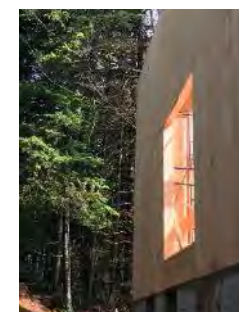


CT CONSULTANT
Expertise en analyse environnementale du cycle de vie





Richard Trempe – Trempe architecte

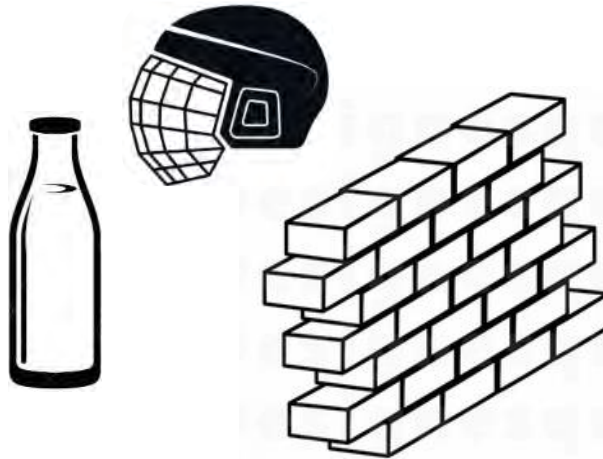


Charles Thibodeau – CT Consultant

- Analyse du cycle de vie, empreinte carbone et écoconception



Bâtiment



Produits de
consommation/
construction



Infrastructure



Philippe Hudon – Akon via

- Expertise en efficacité énergétique



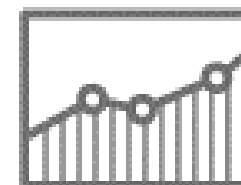
***Simulation
énergétique***



***Appuis
financiers***



***Mise en service/
Commissioning
(Cx)***



***Mesurage et
vérification***



Contenu de la conférence :

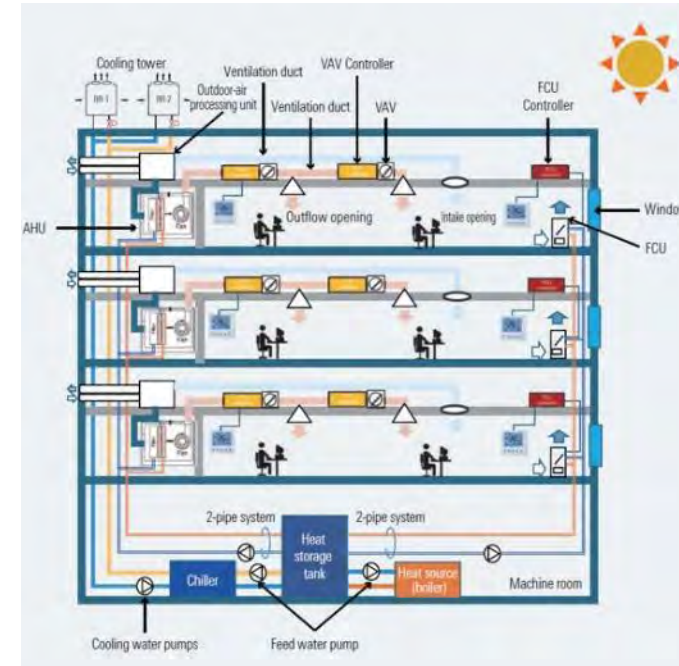
- **Qu'est-ce que la haute performance?**
- **Réalités et tendances**
- **Étude de la relation isolation-fenestration-vecteur énergétique au niveau des émissions de GES**
- **Étude de cas: Auvergne laboratoire vivant**



Qu'est-ce que la haute performance?

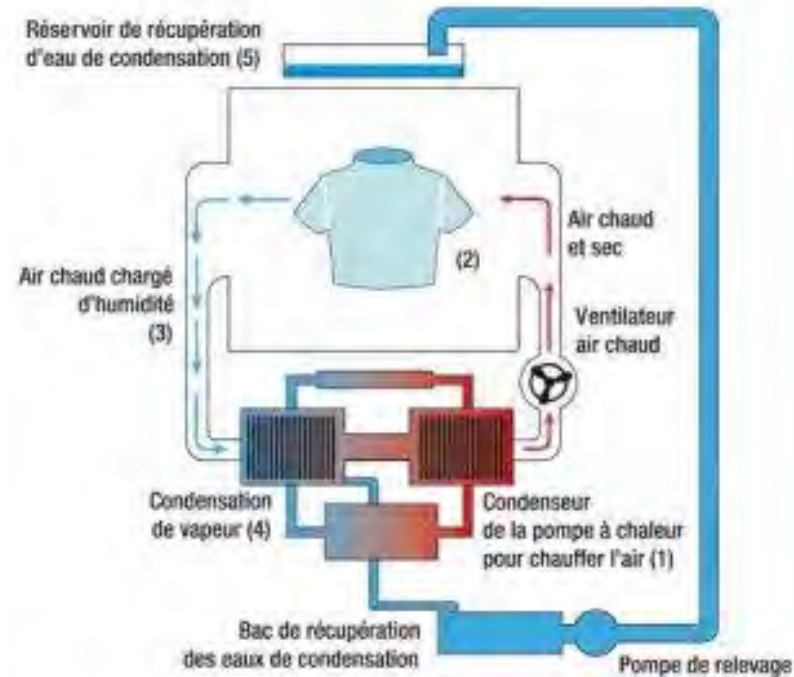
Vision d'Akonovia

1) Intervention ciblée vs approche globale



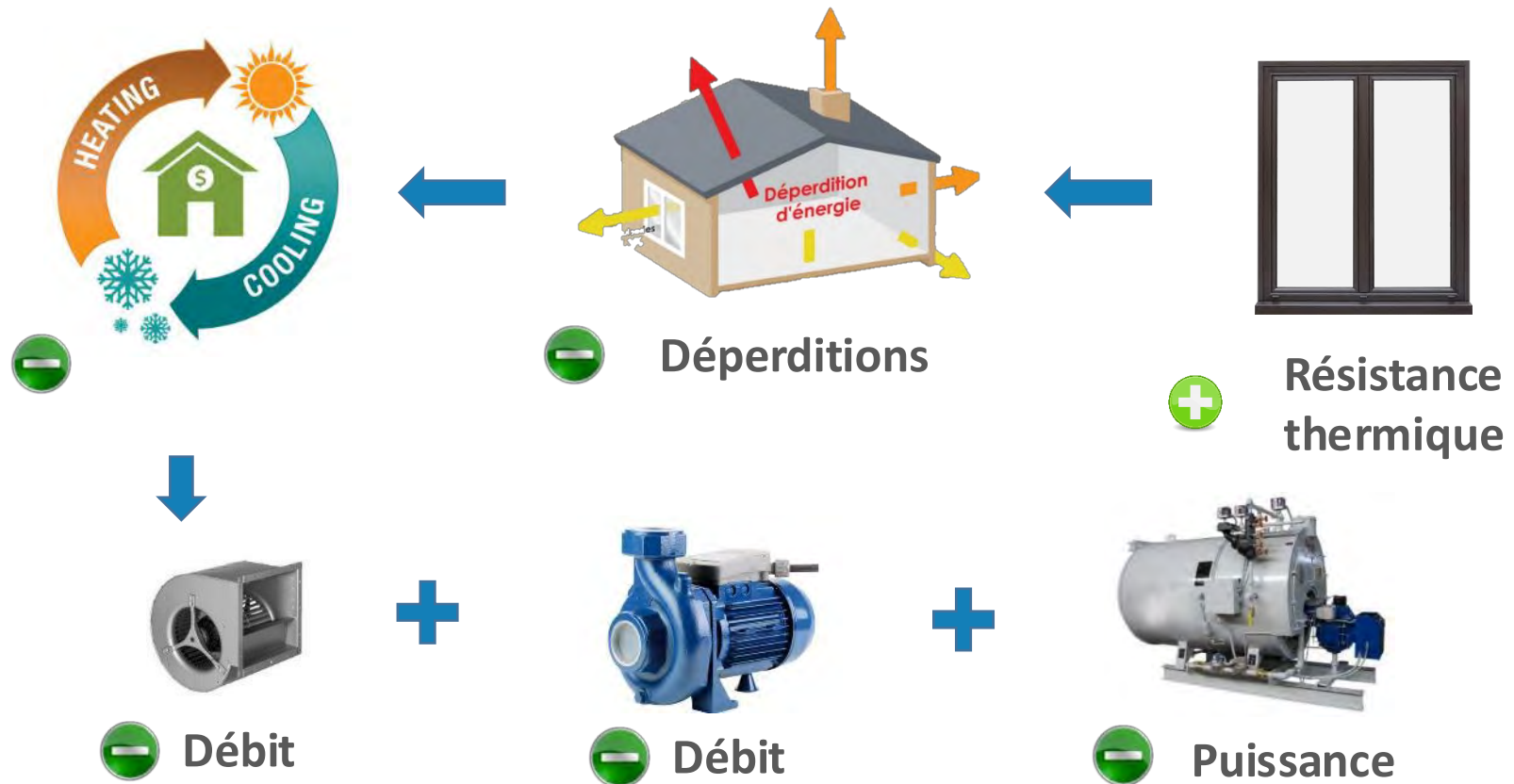
Vision d'Akonovia

2) Technologie vs passif



Vision d'Akonovia

3) Impact global des choix



Vision de CT Consultant

« Que le bâtiment soit optimisé sur son cycle de vie* afin d'atteindre l'impact le plus faible possible (carbone, smog, couche d'ozone, etc.) pour répondre à un usage donné »**

*Exemple de **stratégies** : Réduire la consommation d'énergie et de matériaux, bien choisir le vecteur énergétique (p. ex. électricité), bien choisir les fournisseurs de matériaux, augmenter la durée de vie du bâtiment (durabilité et adaptabilité), réduire les distances de transport des matériaux et favoriser le scénario de fin de vie qui procure le plus de gains environnementaux.

Exemple d'usage prévu** : offrir un espace de vie confortable de 1000 pi² pendant 75 ans.

Vision de Richard

Firmitas Utilitas Venustas

Vision de Richard

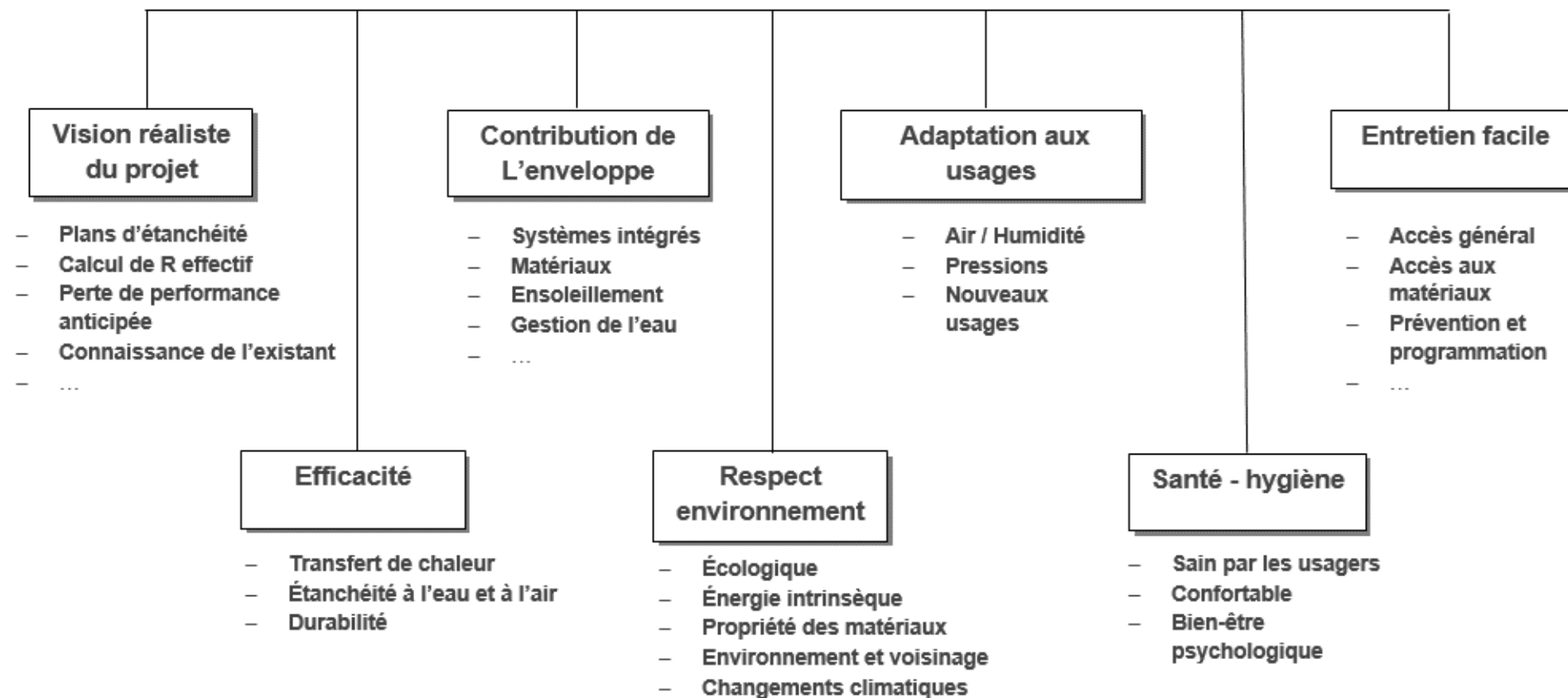
Firmitas

Utilitas

Venustas

Pérenne utile belle

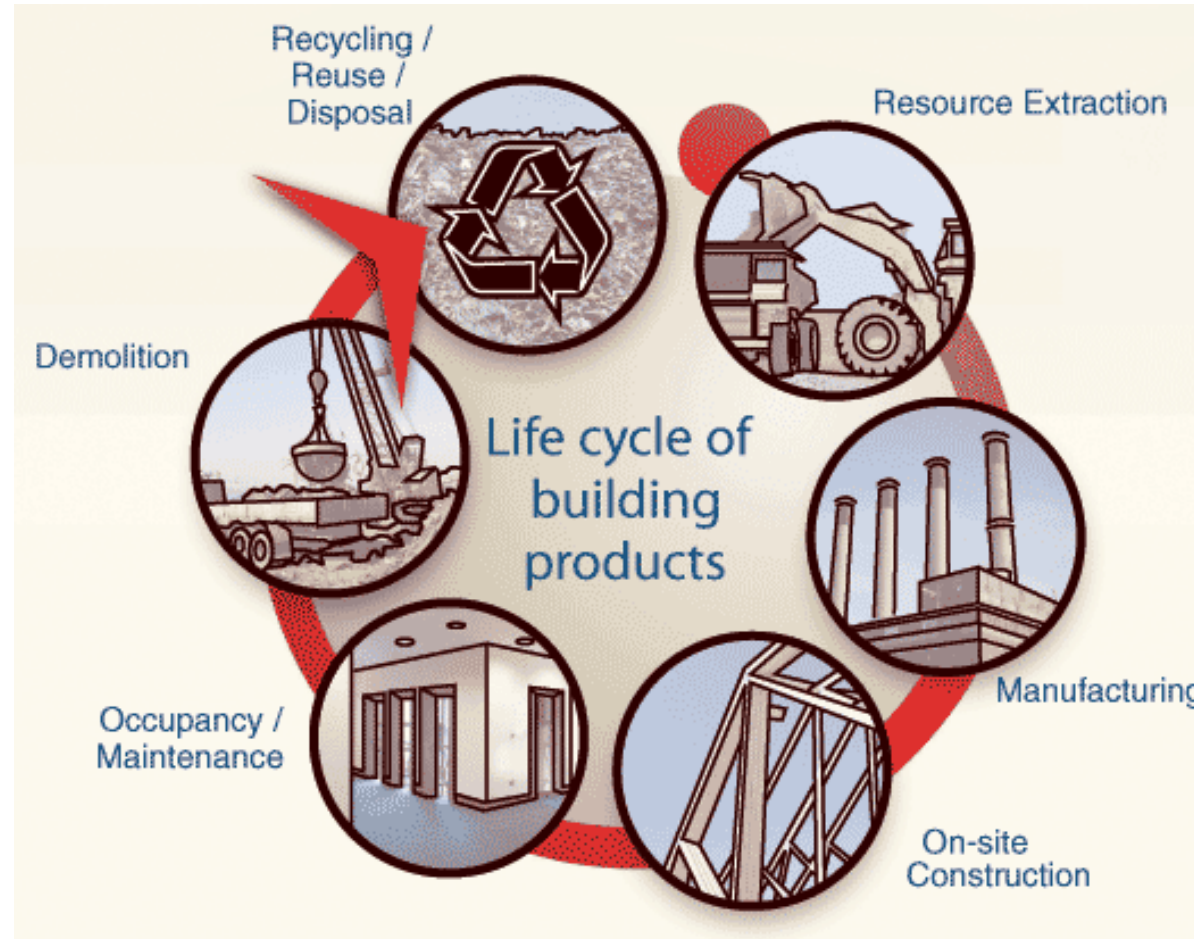
Qu'est-ce que pourrait être la haute performance ?





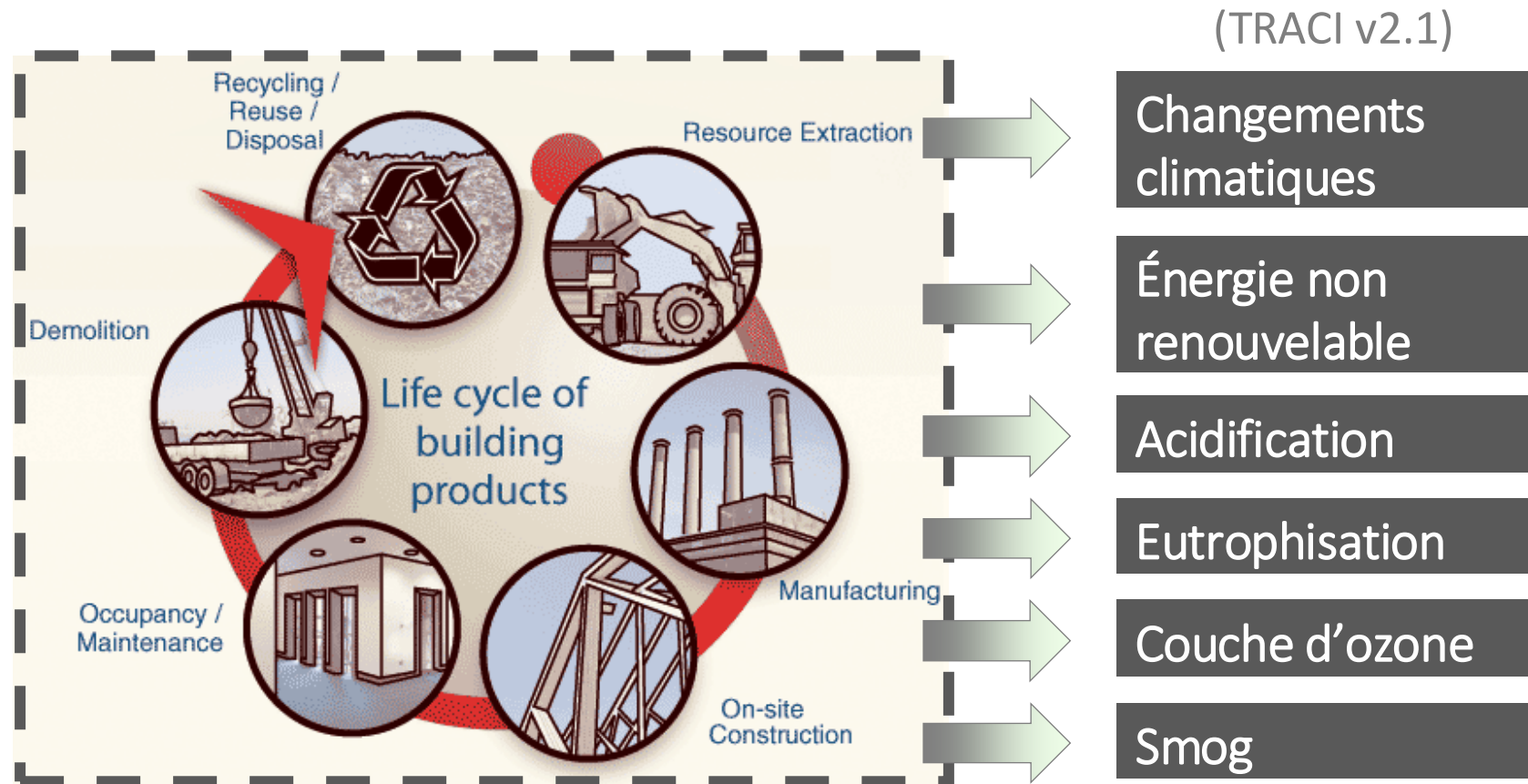
Réalités et tendances

Prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment



Analyse du cycle de vie

Méthode qui vise à produire un bilan quantifié des **impacts potentiels** d'un produit, procédé ou service sur l'environnement, tout au long de son cycle de vie.



Périmètre de l'analyse du cycle de vie



Bâtiment

Énergie

Électricité, gaz naturel, panneaux photovoltaïques, géothermie, etc.

Matériaux

Enveloppe, structure, plancher, fondations, etc.

ACV des matériaux → Déclaration environnementale de produit (DEP)



Nutrition Facts	
Valeur nutritive	
Per 2 biscuits (25 g) / Pour 2 biscuits (25 g)	
Amount	% Daily Value
Teneur	% valeur quotidienne
Calories / Calories 130	
Fat / Lipides 7 g	11 %
Saturated / saturés 4.5 g	23 %
+ Trans / trans 0.1 g	
Cholesterol / Cholestérol 5 mg	2 %
Sodium / Sodium 50 mg	2 %
Carbohydrate / Glucides 15 g	5 %
Fibre / Fibres 2 g	8 %
Sugars / Sucres 7 g	
Protein / Protéines 2 g	
Vitamin A / Vitamine A	0 %
Vitamin C / Vitamine C	0 %
Calcium / Calcium	0 %
Iron / Fer	0 %

Unité
fonctionnelle



Cirrus Ceiling Panels	
Amount Per Serving – 1 sq ft of Acoustical Ceiling Panels	
LCA IMPACT MEASURES	TOTAL
Primary Energy (MJ)	0.4
Global Warming Potential (kgCO ₂ equivalent)	0.81
Ozone Depletion (kg CFC-11 equivalent)	2.17E-08
Acidification Potential (H ⁺ moles equivalent)	0.204
Eutrophication Potential (kg N ⁻ equivalent)	4.69E-04
Smog Photochemical Oxidant Creation Potential (kg O ₃ -Equiv.)	0.049
PERFORMANCE ATTRIBUTES	
Acoustics NRC (Absorption)	0.70
Acoustics CAC (Blocking)	35
Light Reflectance	0.85
Sag/Mold Warranty	30 Years
Ceiling Ingredients: Mineral Wool, Perlite, Newsprint, Recycled Ceilings, Coatings	
Visit armstrong.com/epd for further information and to watch our video.	

Indicateurs

Adapté de Charron-Doucet & Davies (2014) Environmental product declarations in construction: a solid foundation for green buildings, The What, the Why and the How. CaGBC National Conference. June 4, 2014

Exemples de déclaration environnementale de produit (DEP)

Environmental Product Declaration



CRMCA
CANADIAN READY-MIXED CONCRETE ASSOCIATION
ASSOCIATION CANADIENNE DU BÉTON PRÊT-À-EMPLOI

CRMCA Member Industry-Wide EPD for Canadian
READY-MIXED CONCRETE



PHOTO: ED WHITE PHOTOGRAPHY



ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
NORTH AMERICAN WOOD I-JOISTS
AMERICAN WOOD COUNCIL
CANADIAN WOOD COUNCIL



The American Wood Council (AWC) and Canadian Wood Council (CWC) are pleased to present this Environmental Product Declaration (EPD) for North American wood I-joists. This EPD was developed in compliance with ISO 14025 and ISO 21903 and has been verified under UL Environment's EPD program.

The EPD includes Life Cycle Assessment (LCA) results for all processes up to the point that wood I-joists are packaged and ready for shipment at the manufacturing gate. The cradle-to-gate product system includes the cradle-to-gate product systems for LVL, lumber, OSB, the transportation of these inputs to I-joist plants, and I-joist production.

The AWC and CWC represent wood product manufacturers across North America. Our organizations have undertaken numerous sustainability initiatives on behalf of our membership and we are pleased to present this document to show how we are doing. The publication of this EPD, which is based on rigorous LCA research, is our effort to back up with science what we know to be true—that wood products stand alone as a green building material.

Please follow our sustainability initiatives at:
www.awc.org and www.cwc.ca



Environmental Product Declaration
Walker Textures® Acid-etched Glass
Walker Glass Company Ltd.



Walker Glass Company Ltd. is pleased to present this environmental product declaration (EPD) for Walker Textures® acid-etched glass. This EPD was developed in compliance with CAN/CSA-ISO 14025 and has been verified by Linda Bush, Athena Sustainable Materials Institute.

The LCA and EPD were prepared by Vertimo Inc. The EPD includes cradle-to-gate life cycle assessment (LCA) results.

For more information about Walker Glass Company Ltd. products, please go to <http://walkerglass.com/>.

For any explanatory material in regards to this EPD, please contact the program operator.

This EPD was not written to support comparative assertions. Even for similar products, differences in declared unit, use and end-of-life stage descriptions and data quality may produce incommensurable results. It is not recommended to compare EPDs with another organization, as there may be differences in methodology, assumptions, allocation methods, data quality such as variability in data sets and results of variability in assessment software tools used.



CSA Group Registered
Based on ISO 14025
and Other Requirements
For more information visit
www.ces.com

#2788-9317
October 2017 - 2021

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
ROCKWOOL™ STONE WOOL Insulation
ROCKWOOL NORTH AMERICA



ROCKWOOL North America is part of the ROCKWOOL Group, the world's leading stone wool fibered wool manufacturer. Operating globally for over 80 years, over 30 years in North America five company manufactures stone wool insulation products that serve a wide range of applications in the Commercial, Residential, and Industrial/Ventilation segments.

Across the full range of our products and operations, ROCKWOOL is dedicated to creating modern living. We strive to increase our positive impact on people and society by maximizing our positive product impact and minimizing our operational footprint. We recognize that operating with integrity and as a responsible business is equally important and underpins everything we do.

The United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) steer our ambitions. We committed to 10 out of the 17 SDGs – pursuing the goals where we can have the greatest impact and that are most aligned with our business competencies.

Our Environmental Product Declaration is another element of our commitment to serving our customers and the industry's requirements for sustainable solutions.



État de la situation - analyse du cycle de vie (ACV) de bâtiment

- Il n'y a aucun règlement obligeant le calcul des impacts environnementaux au moyen d'une ACV/empreinte carbone
- ACV est réalisée sur une base volontaire
 - Bâtiments institutionnels et commerciaux
 - Très très très faibles portions des nouveaux bâtiments font l'objet d'une ACV
- ACV est beaucoup utilisée dans un contexte de **certification de bâtiment durable**

État de la situation - analyse du cycle de vie (ACV) de bâtiment

- Il n'y a aucun règlement obligeant le calcul des impacts environnementaux au moyen d'une ACV/empreinte carbone au Québec
- ACV est réalisée sur une base volontaire
 - Bâtiments institutionnels et commerciaux
 - Très très très faibles portions des nouveaux bâtiments font l'objet d'une ACV
- ACV est beaucoup utilisée dans un contexte de **certification de bâtiment durable**



**ZERO CARBON
BUILDING STANDARD**
Canada Green Building Council®



**LIVING
BUILDING
CHALLENGE™**

ACV de bâtiment exigée – changement de zonage, exigences - voie B



City of Vancouver *Planning By-law Administration Bulletins*

Planning, Urban Design and Sustainability Department

453 West 12th Avenue, Vancouver, BC V5Y 1V4 | tel: 3-1-1, outside Vancouver 604.873.7000 | fax: 604.873.7100

website: vancouver.ca | email: planning@vancouver.ca | app: VanConnect

A NEAR ZERO EMISSIONS BUILDINGS

A.1) Detailed Requirements for Near Zero Emissions Buildings



B LOW EMISSIONS GREEN BUILDINGS

1. Requirements for Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

6.2. Requirements for Calculating Embodied Emissions

From the policy:

“All projects shall report the life-cycle equivalent carbon dioxide emissions (ie: global warming potential impact, or ‘embodied carbon’) of each building, in kgCO₂e/m², as calculated by a whole-building life-cycle assessment (LCA).”

DEP de produits de construction exigés – exemples de réglementations

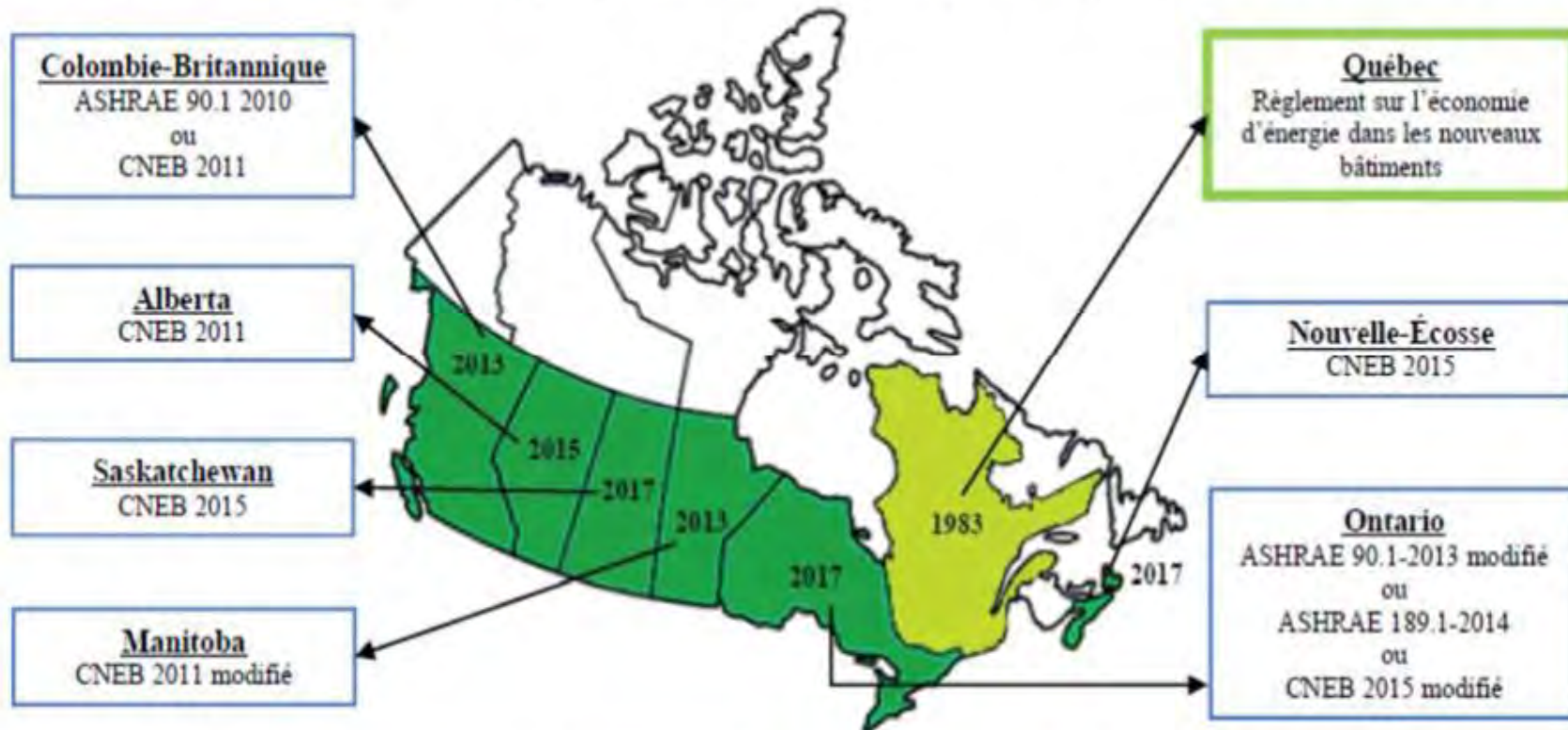
Gouvernement fédéral du Canada – Août 2020 – Document consultatif : Obligation de fournir un **ciment** avec calcaire ou un ciment qui démontre des émissions de GES équivalentes (DEP) + Fournir une DEP pour le **béton** (date à venir) <https://achatsetventes.gc.ca/donnees-sur-l-appvisionnement/appels-d-offres/PW-20-00916369>

Buy Clean California Act - January 1, 2020 – Awarding authorities will require submission of a Environmental Product Declaration (EPD) for **Carbon Steel Rebar, Structural Steel, Flat Glass, Mineral Wool Board Insulation** <https://www.dgs.ca.gov/PD/Resources/Page-Content/Procurement-Division-Resources-List-Folder/Buy-Clean-California-Act>

Portland, Oregon started requiring EPDs for **concrete** at the beginning of 2020: <https://www.portlandoregon.gov/brfs/article/731696>

Efficacité énergétique – contexte canadien

Adoption de codes d'énergie pour les bâtiments par les provinces canadiennes*



*Note : Les provinces et territoires sans description n'ont pas adoptés de codes d'énergie

Efficacité énergétique – contexte québécois

- Augmentation de la consommation énergétique (48,4 % depuis 1990)
- Augmentation des émissions de GES (20,8 % depuis 1990)



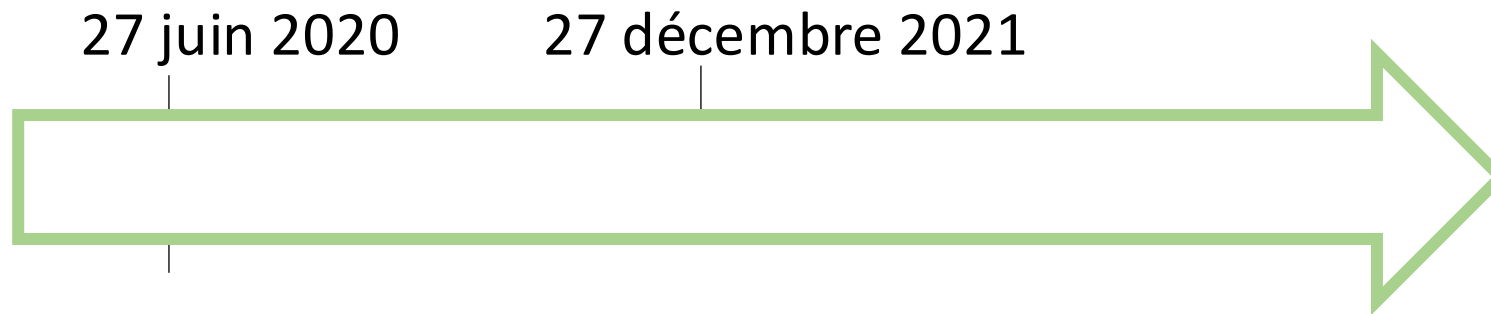
**Objectif : Amélioration de 27.9%
en moyenne pour les nouvelles
constructions**

Extrait de l'analyse d'impact réglementaire

– Transition énergétique Québec

Partie	Composante	Total par composante		Total par partie	
		\$	%	\$	%
Enveloppe du bâtiment	Toitures	52,46 M\$	44,7%	103,58 M\$	88,3%
	Murs hors-sol	16,02 M\$	13,7%		
	Fondations	5,30 M\$	4,5%		
	Fenêtrages et portes	3,50 M\$	3,0%		
	Ponts thermiques	26,30 M\$	22,4%		
Éclairage intérieur et extérieur	Produits d'éclairage	0,03 M\$	0,03%	2,13 M\$	1,8%
	Commandes d'éclairage	2,09 M\$	1,8%		
Chauffage, ventilation et conditionnement d'air	Dimensionnement des équipements, économiseur d'air et récupération de chaleur	6,66 M\$	5,7%	11,56 M\$	9,9%
	Récupération sur la réfrigération	4,81 M\$	4,1%		
	Isolation des conduits d'air	0,08 M\$	0,07%		
Chauffage de l'eau sanitaire	Isolation de la tuyauterie	0,07 M\$	0,06%	0,07 M\$	0,06%
Total		117,33 M\$	100%	117,33 M\$	100%

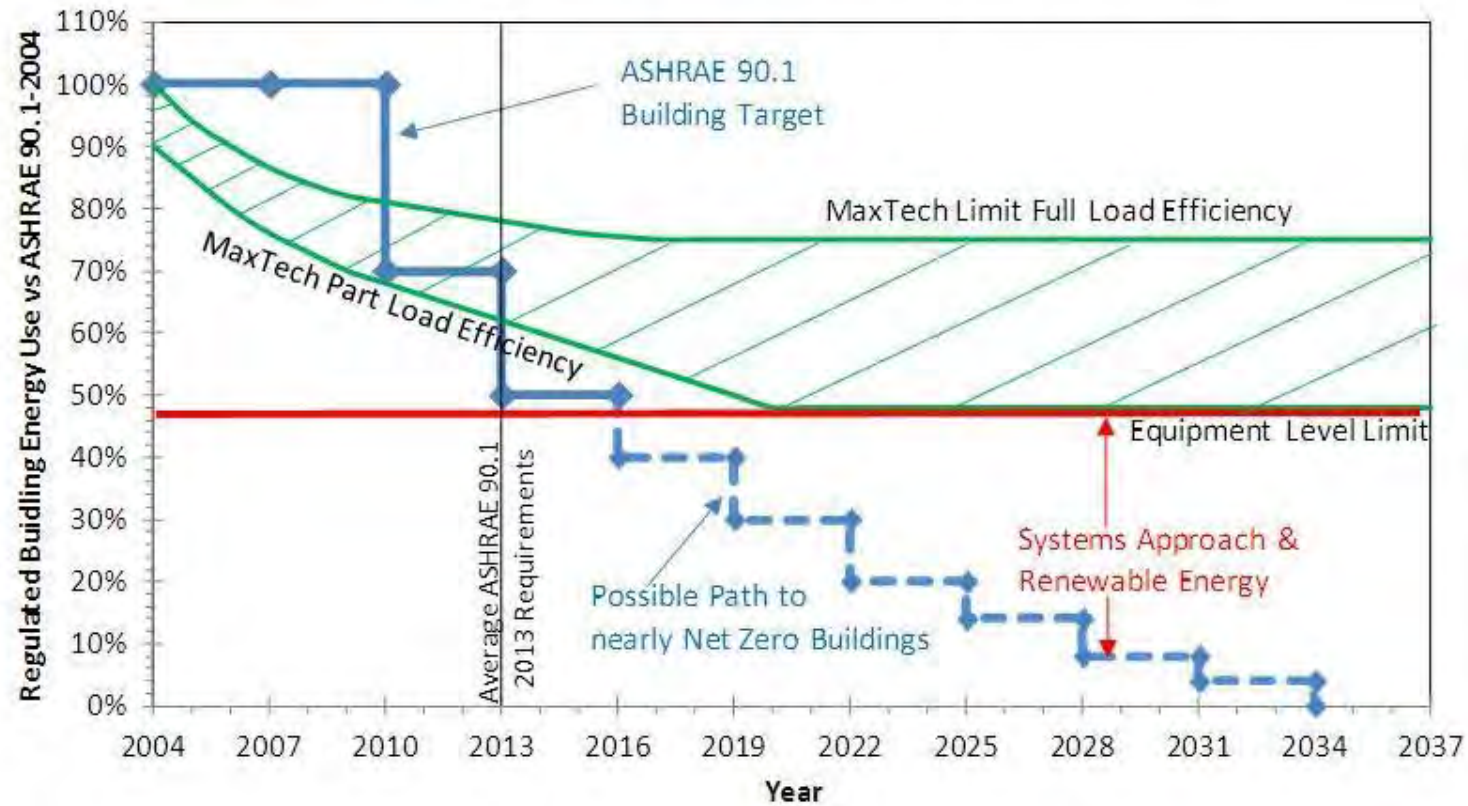
Efficacité énergétique – contexte québécois



- Entrée en vigueur le 27 juin 2020
- Possibilité d'utiliser l'ancienne réglementation pour les projets dont les travaux démarrent avant le 27 décembre 2021
- Obligation d'utiliser la nouvelle réglementation pour les projets dont les travaux débutent le 27 décembre 2021

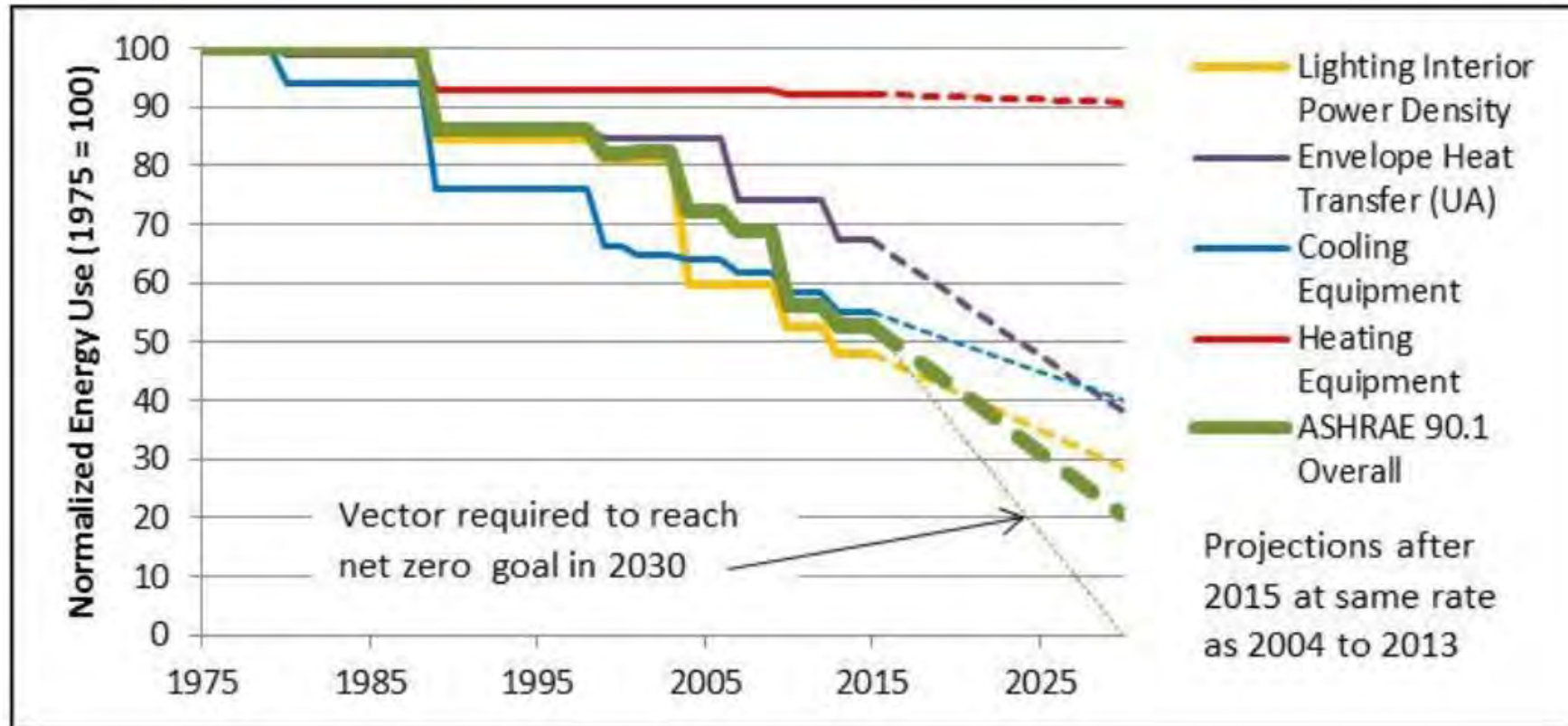
Tendances - ASHRAE

Commercial HVAC Efficiency Requirements



Source : ASHRAE

Tendances - ASHRAE



Source : Pacific Northwest National Laboratory

Tendances des engagements publics (GES)

Gouvernement du Québec

- Cible 2012 : - 6 % sous le niveau de 1990
- Cible 2020 : -20 % sous le niveau de 1990
- Cible 2030 : -37,5 % sous le niveau de 1990
- Objectif 2050 : - 80 % à -95 % sous le niveau de 1990

Ville de Montréal

- 2030 : 55 % sous le niveau de 1990 (parc immobilier existant)
- 2030 : Carboneutralité des nouveaux bâtiments
- 2050 : Carboneutralité du parc immobilier



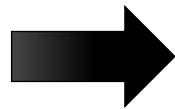
Étude de la relation isolation-fenestration- vecteur énergétique au niveau des émissions de GES

Questions de recherche

Existe-t-il une épaisseur optimale d'isolant?

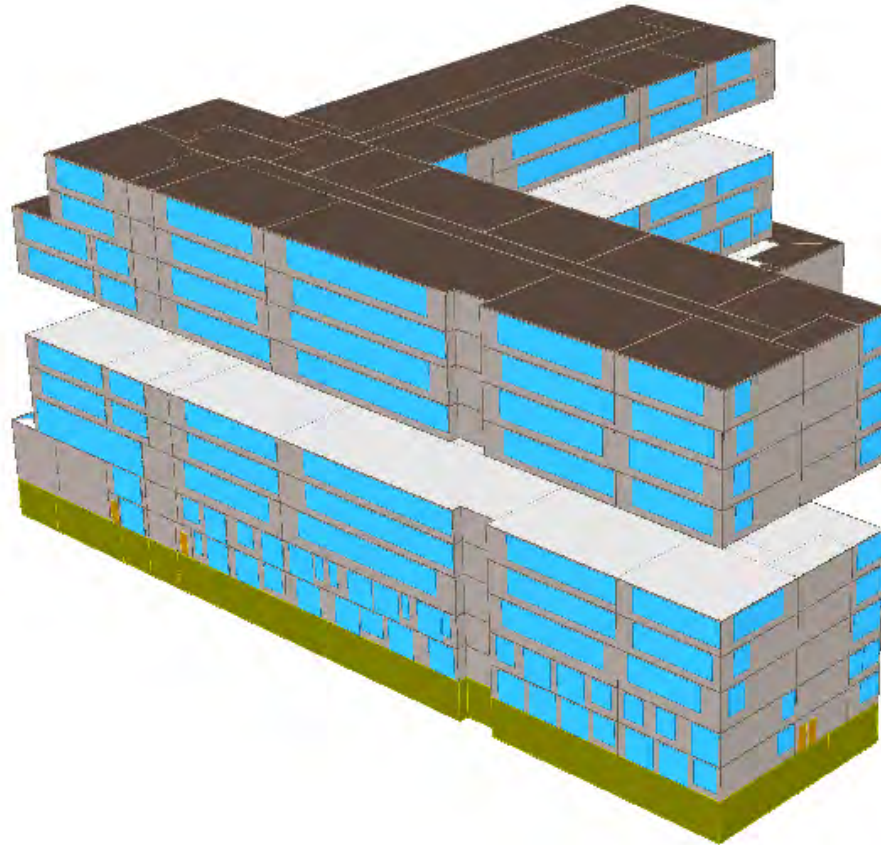
Quel est l'effet de la part de fenestration?

Quel est l'effet du vecteur énergétique?



Bâtiment étudié

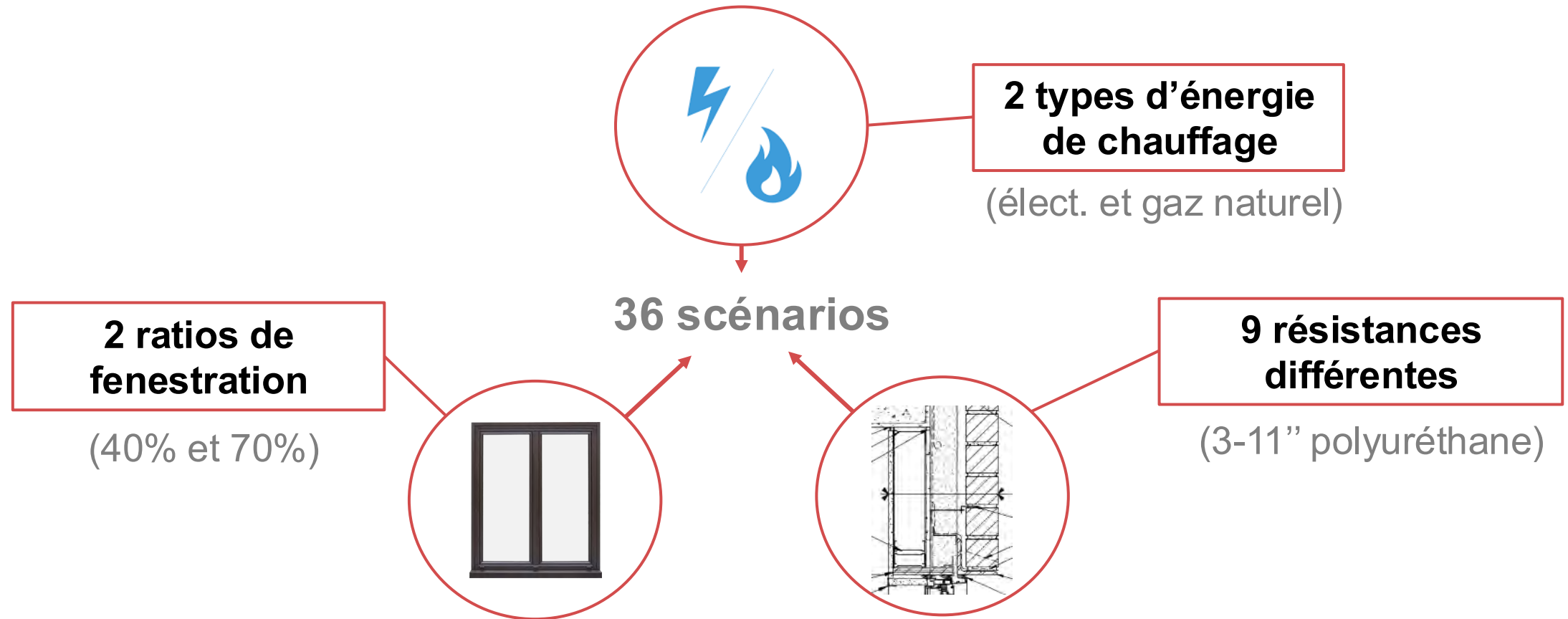
- Bâtiment résidentiel standard
- 300 condominiums
- 307 250 pi²
- 11 niveaux + 1 sous-sol
- Structure, dalle et plancher en béton
- Isolation en polyuréthane giclé
- Localisé au Québec



Notre démarche

- Étape 1. Déterminer les scénarios pour les trois paramètres étudiés
- Étape 2. Réaliser les simulations énergétiques
- Étape 3. Réaliser les analyses du cycle de vie/empreinte carbone (GES)
- Étape 4. Analyser des résultats

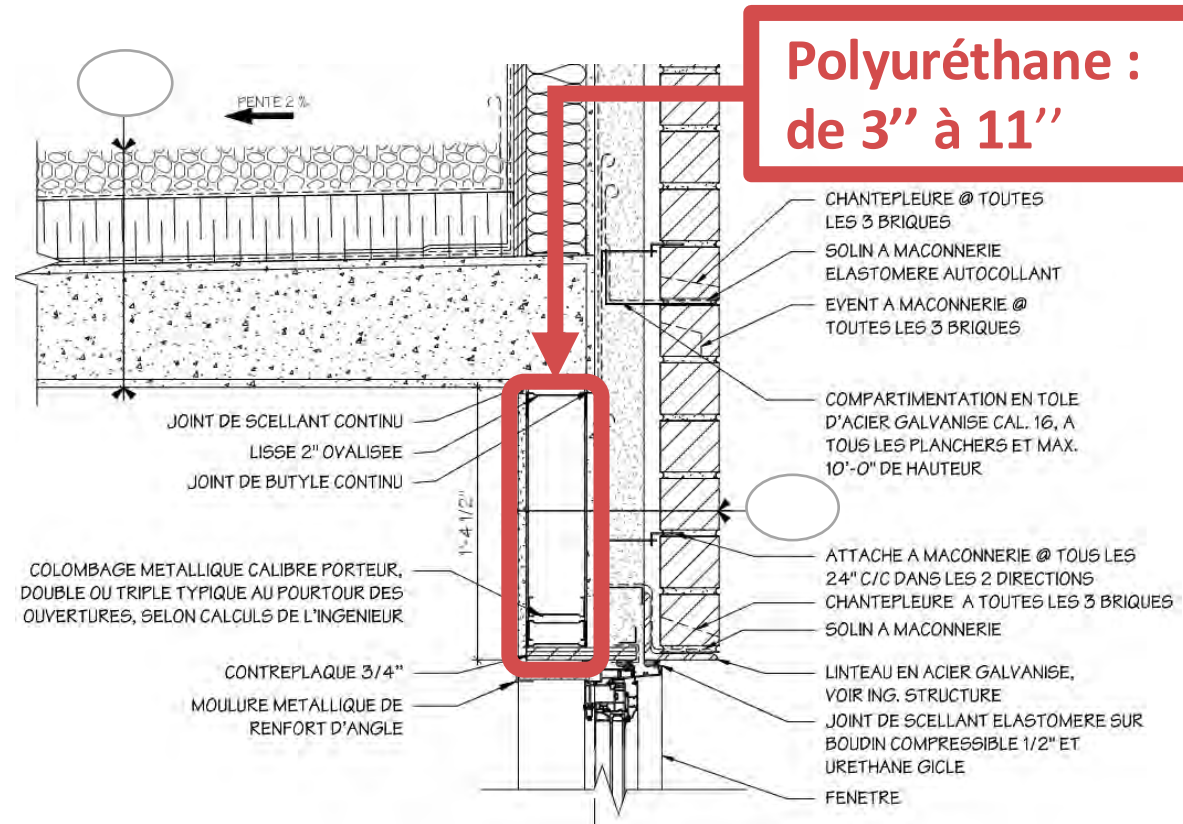
Étape 1. Déterminer les scénarios (trois paramètres)



Étape 1. Déterminer les scénarios – résistances thermiques

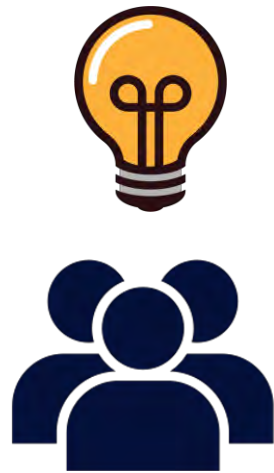
	Résistance effective
Mur 3"	R-13.4
Mur 4"	R-16.8
Mur 5"	R-19.2
Mur 6"	R-21.6
Mur 7"	R-25.8
Mur 8"	R-28.2
Mur 9"	R-30.6
Mur 10"	R-33.0
Mur 11"	R-35.4

CNÉB 2015
R-22

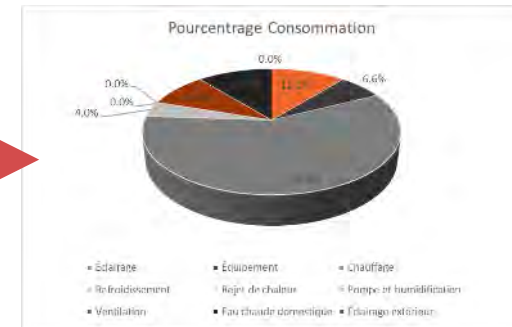
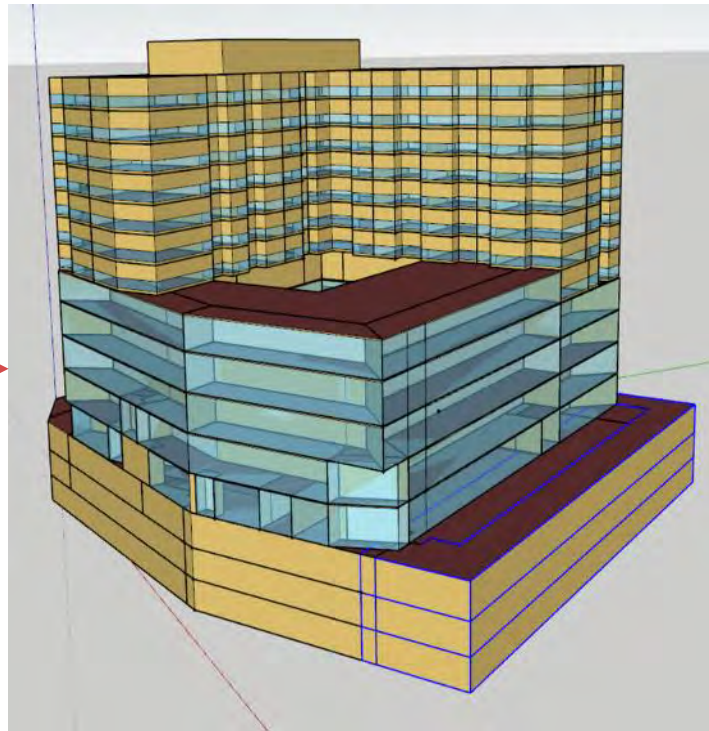


Étape 2. Réaliser des simulations énergétiques

Une simulation énergétique, c'est quoi?

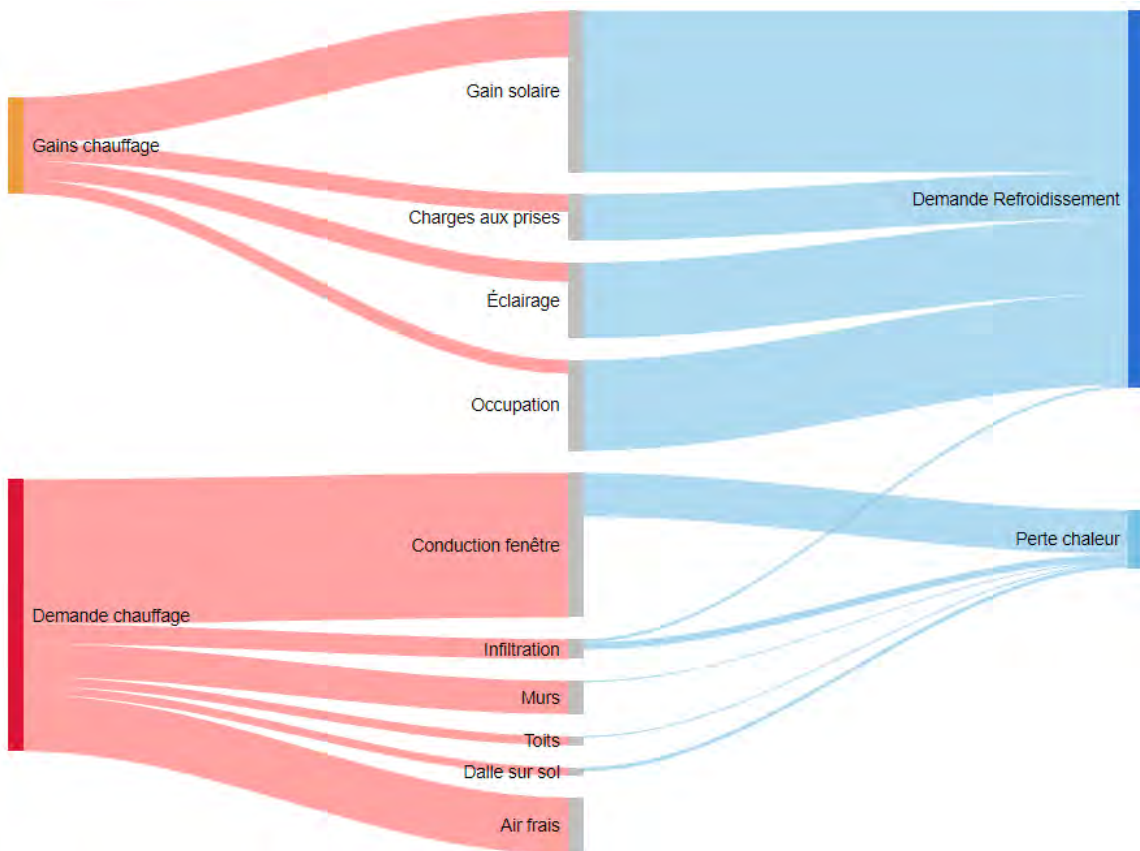


HVAC



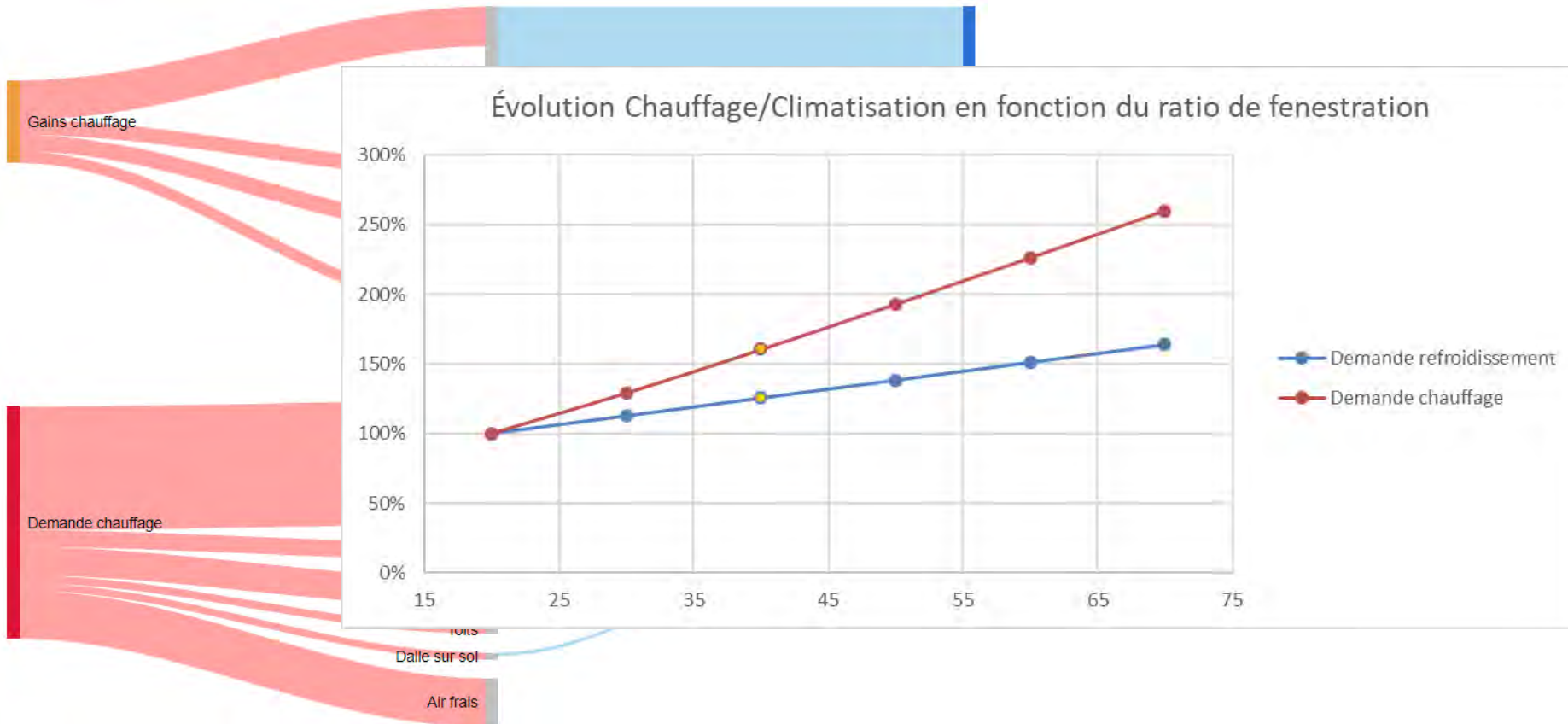
Étape 2. Réaliser des simulations énergétiques

Simulation énergétique : impact des décisions



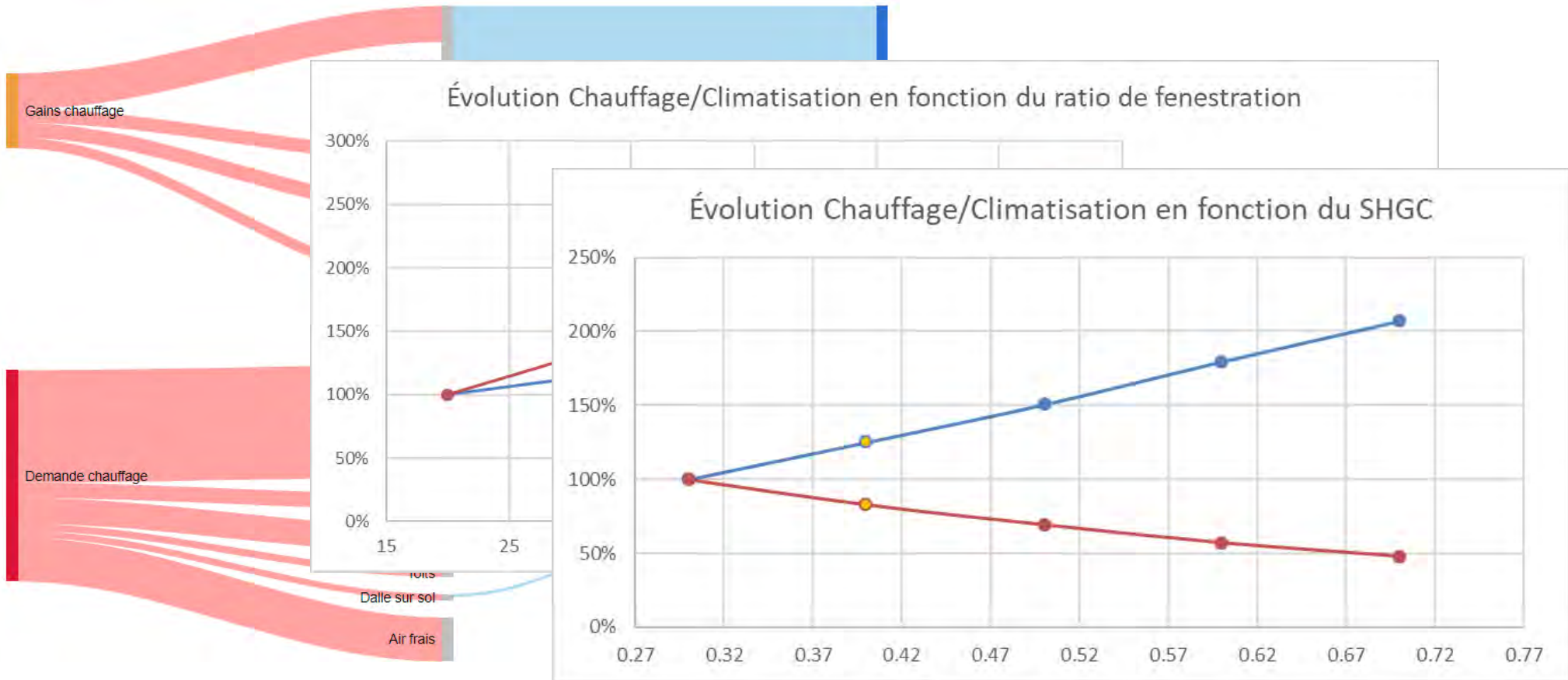
Étape 2. Réaliser des simulations énergétiques

Simulation énergétique : impact des décisions



Étape 2. Réaliser des simulations énergétiques

Simulation énergétique : impact des décisions




Étape 3. Réaliser des analyses du cycle de vie (ACV)

Scénario 1/36



Weekly Project

Project



Project Name
CBDCa-QC_Colloque_Archi2020 - 40% fenestration, mur 1 pouce, 100% gaz

Project Location
Montreal

Building Type
Multi Unit Owner - Occupied

Building Life Expectancy
50 Years

Building Height (m)
40

Units
 SI Imperial

Gross Floor Area (m²)
30 000

Synchronize Assembly Display Units

Building Operating Energy Consumption

0.0	kWh	Of	Electricity	Per Year	
333892.0	m ³	Of	Natural Gas	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Of	LPG	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Of	Heavy Fuel	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Of	Diesel	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Of	Gasoline	Per Year	Compute Fuel

Selected Envelope Components

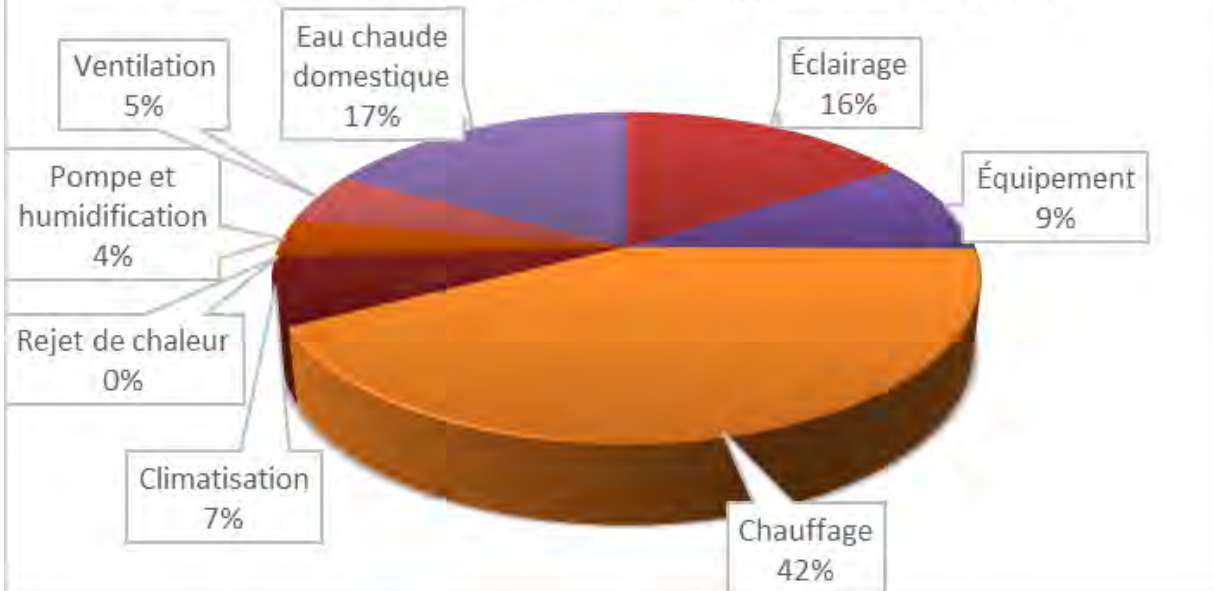
- Brick - Ontario (standard)
- Glass Mat Gypsum Panel 1/2"
- Air Barrier
- Gypsum Regular 1/2 "
- Latex Water Based
- Wall Polyiso Foam Board Foil Facer (75.000 mm)

Buttons: Insert, Move Up, Move Down, Remove, Clear All, Save as predefined

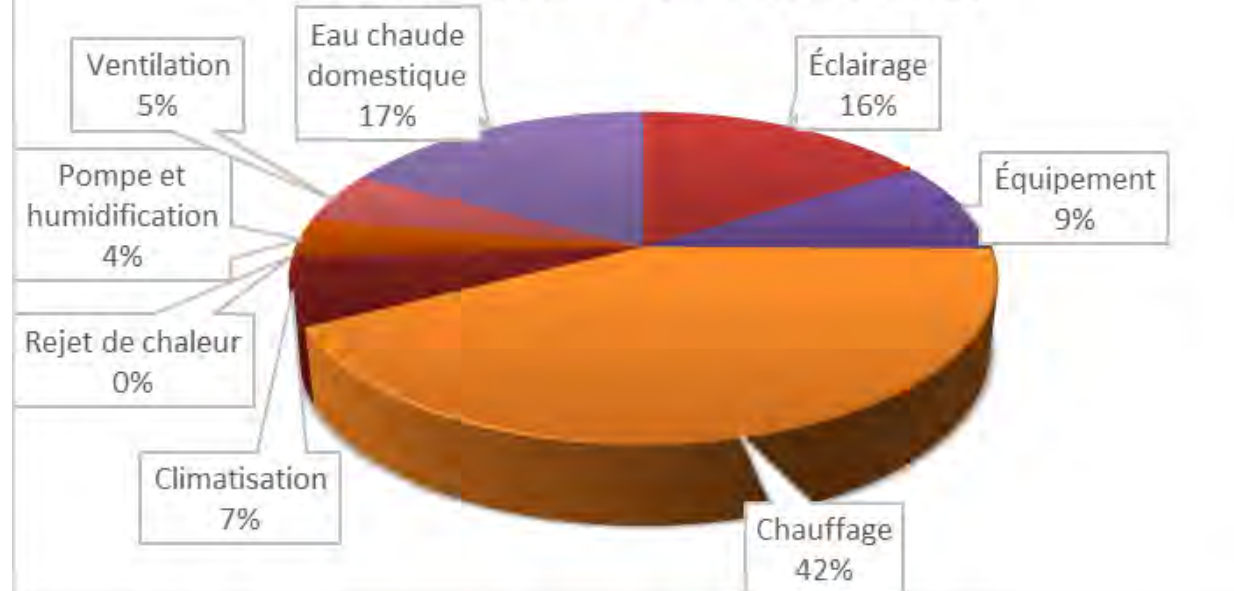
Étape 4. Analyses des résultats – Énergie

Scénario électrique

Bâtiment Actuel - Consommation (MJ)

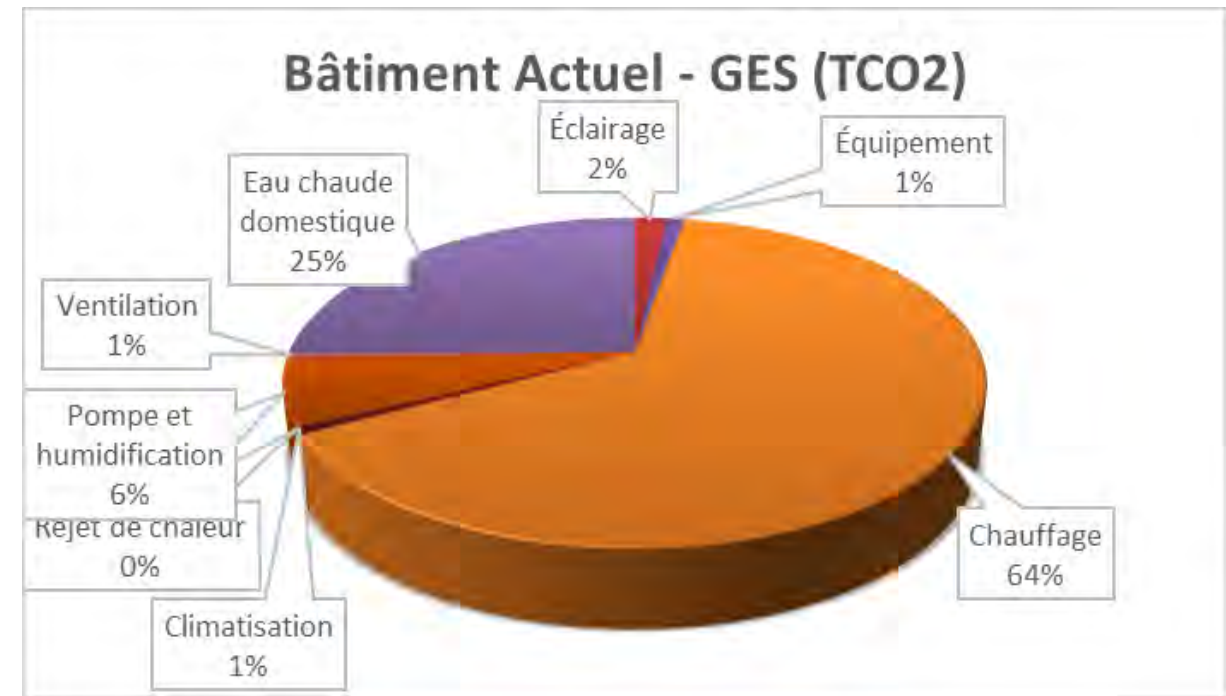
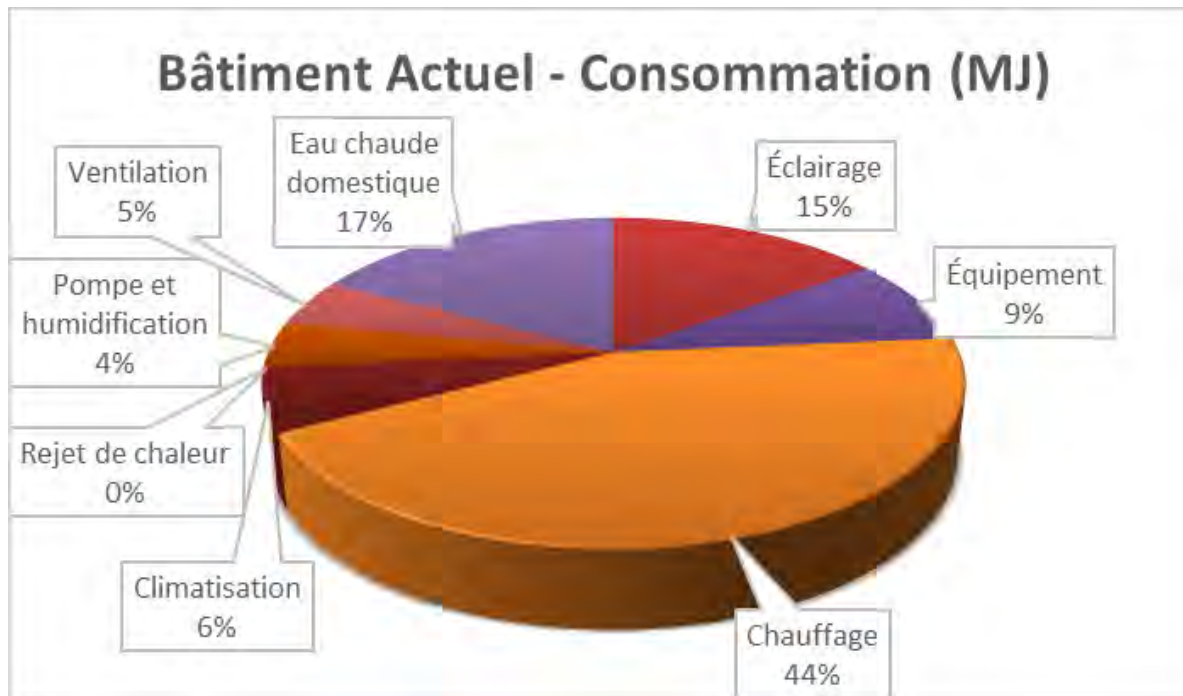


Bâtiment Actuel - GES (TCO2)



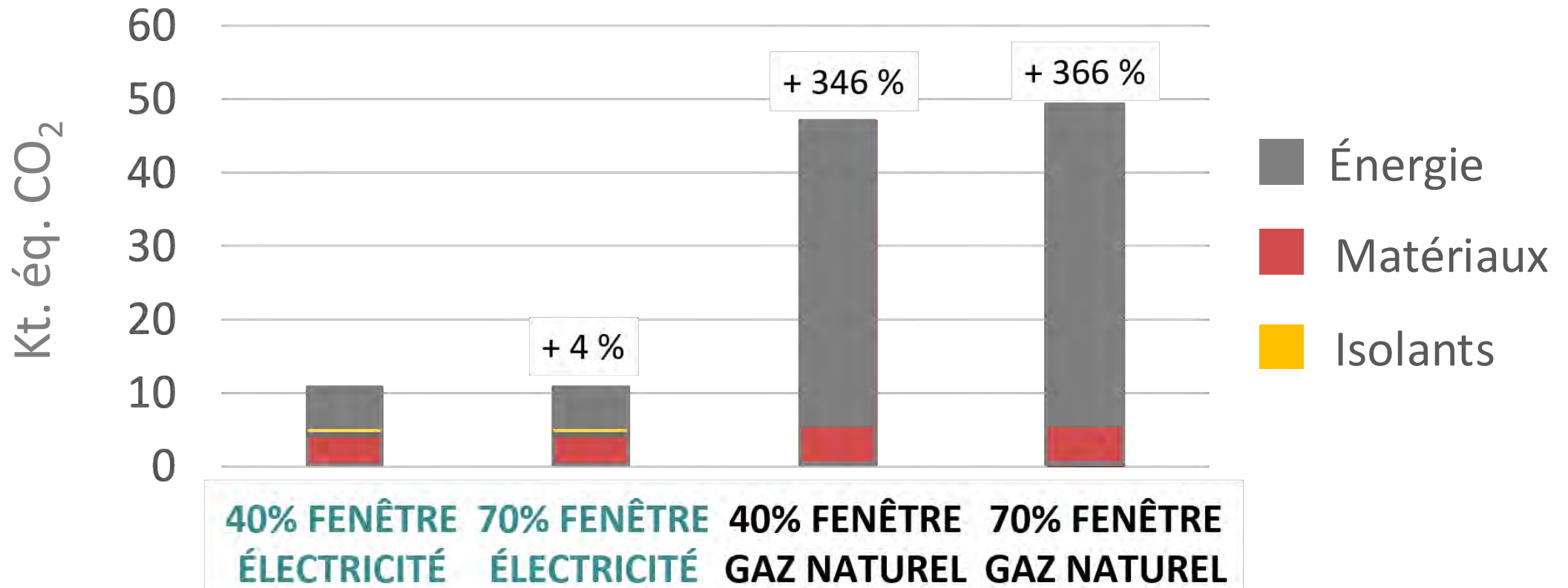
Étape 4. Analyses des résultats – Énergie

Scénario gaz naturel



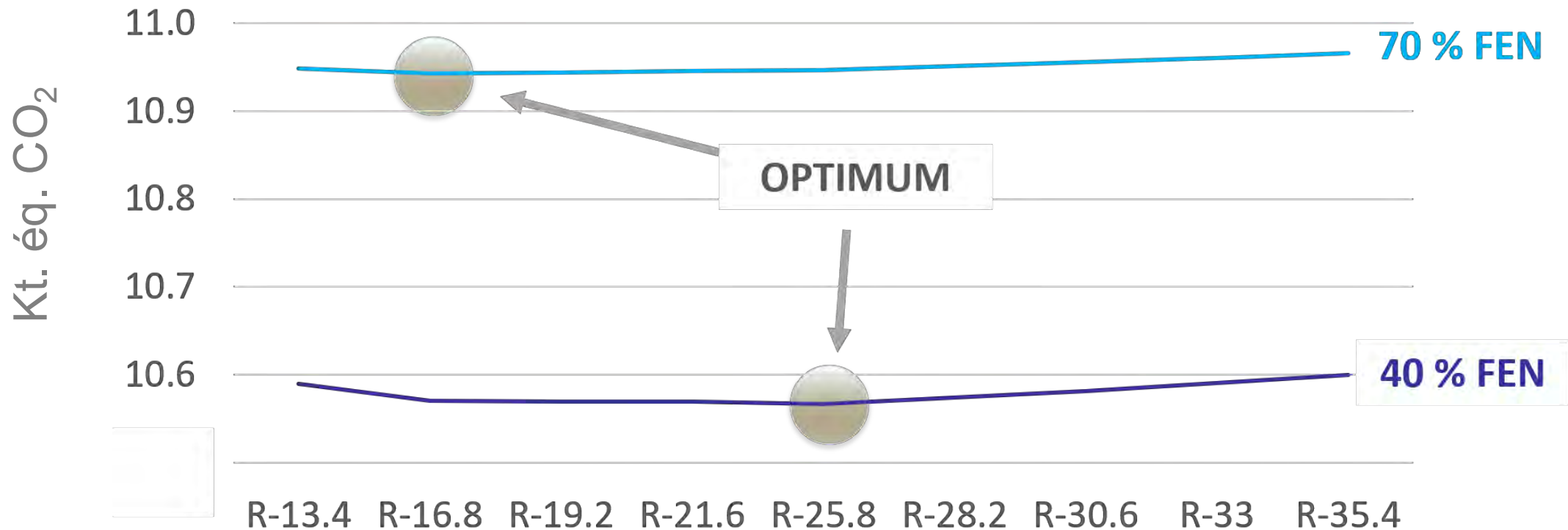
Étape 4. Analyses des résultats (GES) – Énergie + matériaux

Mur 7" d'isolant (R-25,8) : quatre scénarios



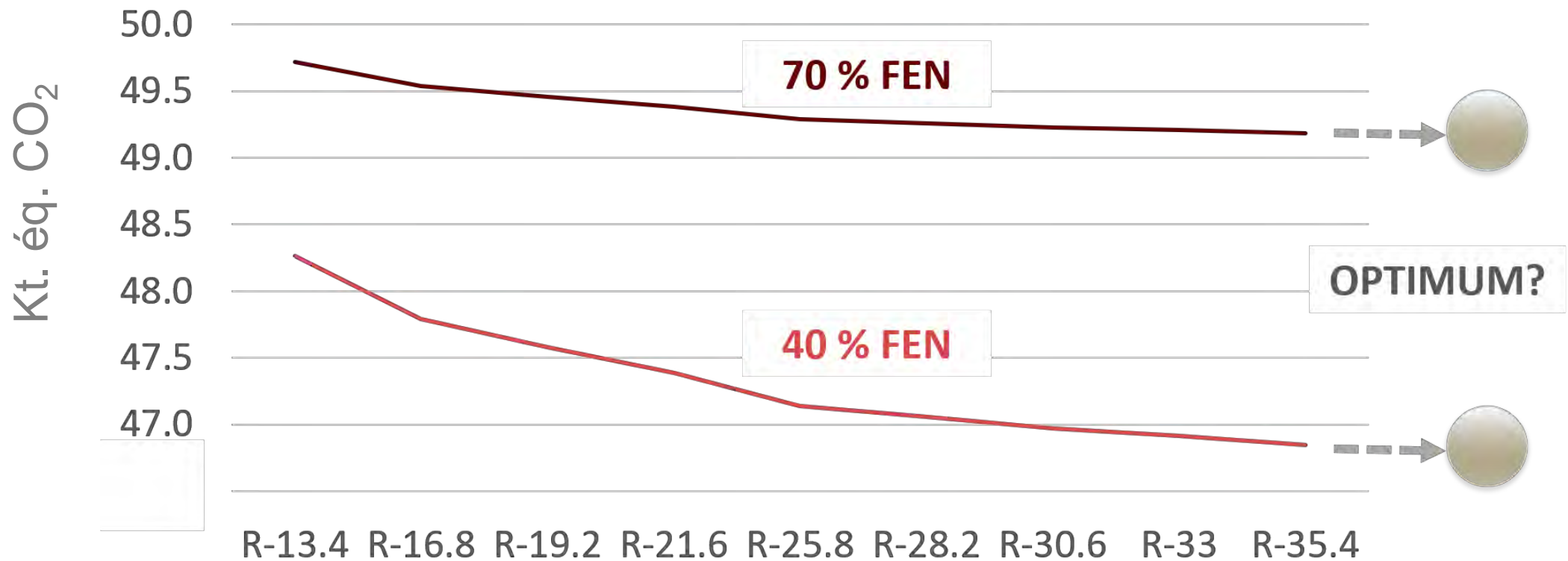
Étape 4. Analyses des résultats (GES) – Énergie + matériaux

Émissions GES selon la résistance thermique – chauffage électrique



Étape 4. Analyses des résultats (GES) – Énergie + matériaux

Émissions GES selon la résistance thermique – chauffage gaz naturel



Réponses aux questions de recherche

Existe-t-il une épaisseur optimale d'isolant?

Oui

Quel est l'effet de la part de fenestration?

Effet relativement faible
au niveau des émissions GES
et de l'isolation optimale

Quel est l'effet du vecteur énergétique?

Effet relativement élevé
au niveau des émissions GES
et de l'isolation optimale

Auvergne laboratoire vivant

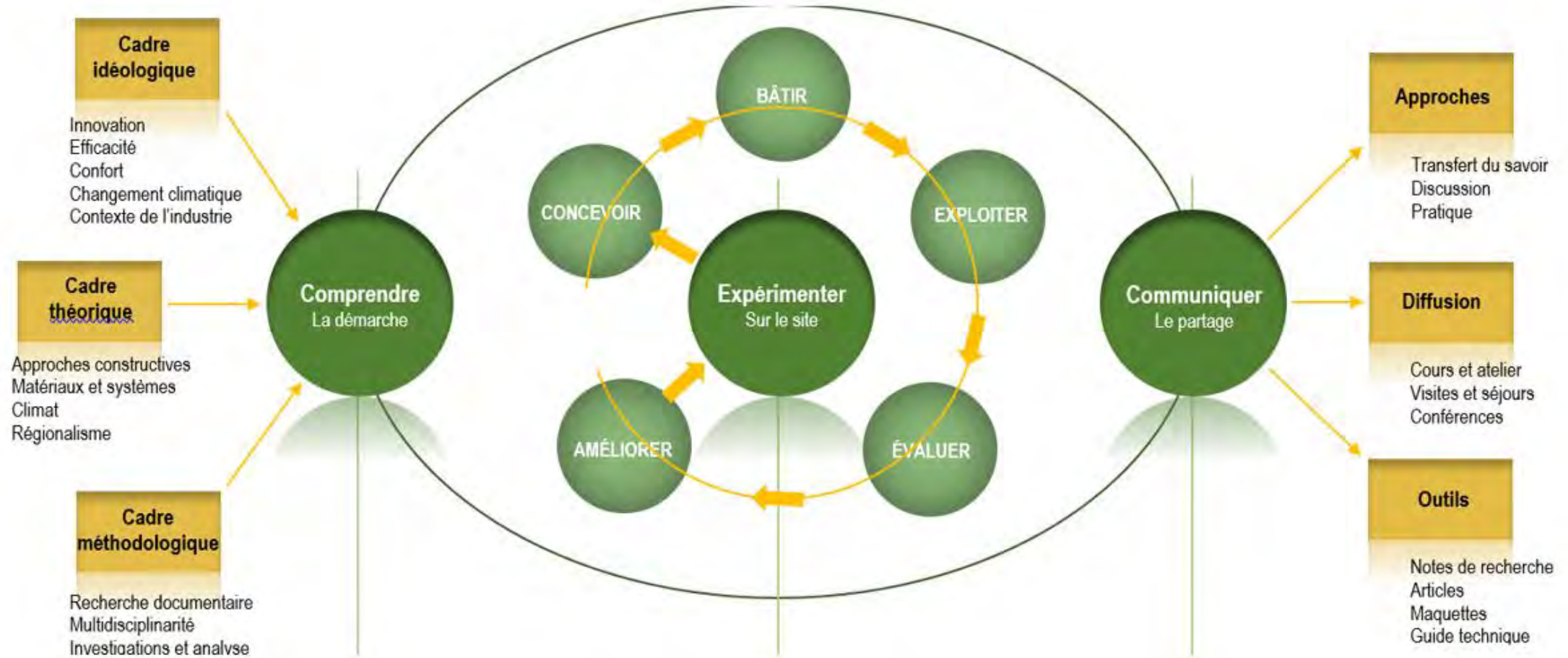


La mission
Principes et conception des murs
La simulation
La construction
Le monitoring
Études énergétiques
Empreinte Carbone



Auvergne laboratoire vivant

Mission



Auvergne laboratoire vivant

Le site



Auvergne laboratoire vivant

Implantation du pavillon 1

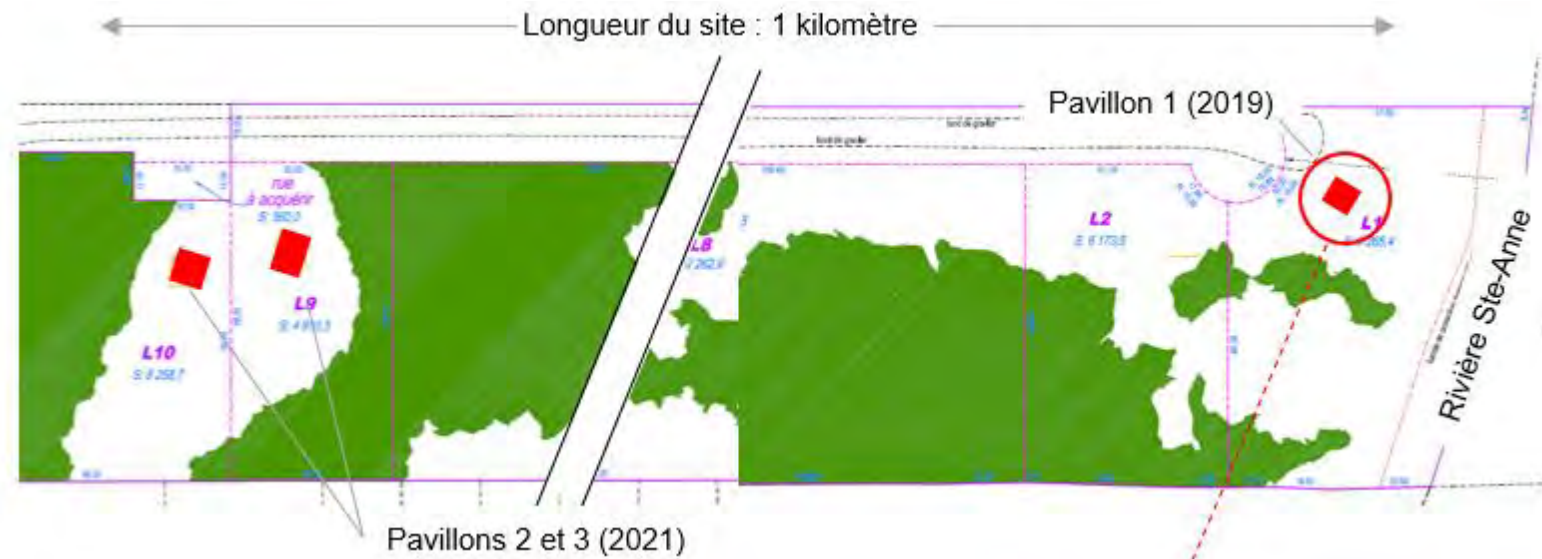


Figure 2A

Plan de situation
e du lot
Les zones en vert sont des
milieux humides

Source : VRSB arpenteurs

Figure 2B

Plan de situation
vidéo promotionnel
Montrant le pavillon 1

Source : Site web
Trempe architecte

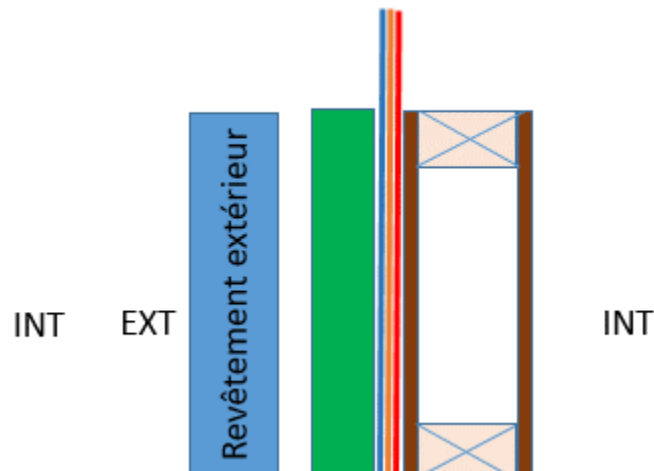
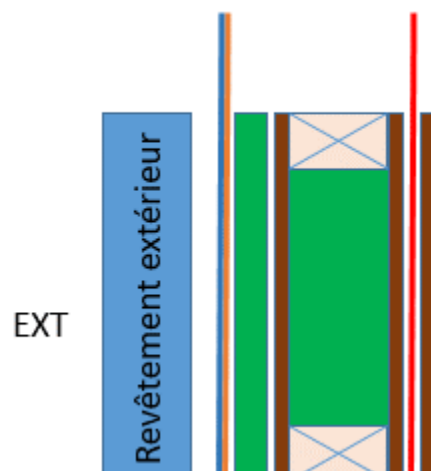
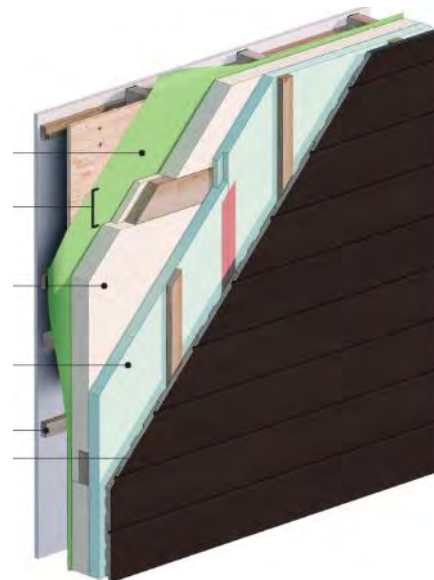
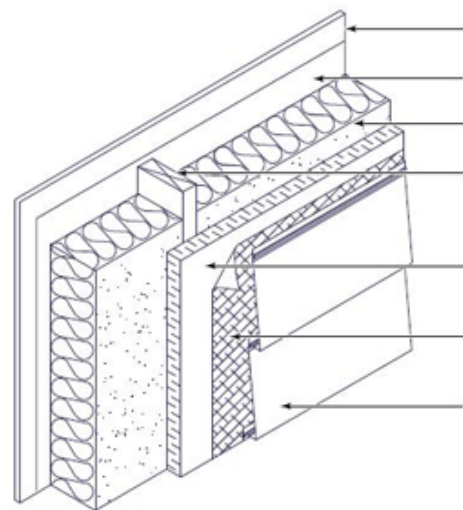


Le projet Auvergne laboratoire vivant est une étude d'enveloppe, menée sur l'habitation, et visant cinq (5) principaux objectifs :

- Développer des **détails d'enveloppe performants**, réalisables et économiquement intéressants;
- Valider et, si requis, **optimiser** les détails d'enveloppe à l'aide de **simulations** informatiques;
- Vérifier la conformité de l'assemblage lors de l'exécution des **travaux en chantier** et assimiler certaines pratiques de bonnes performances;
- Valider les modèles théoriques utilisés pour les simulations informatiques au moyen de **monitorage électronique** sur une période de 3 ans;

Développement du concept

Le principe du SITE



GE-P : plan pare-pluie

GE-E : plan pare-eau

PA : plan pare-air

PV : plan pare-vapeur

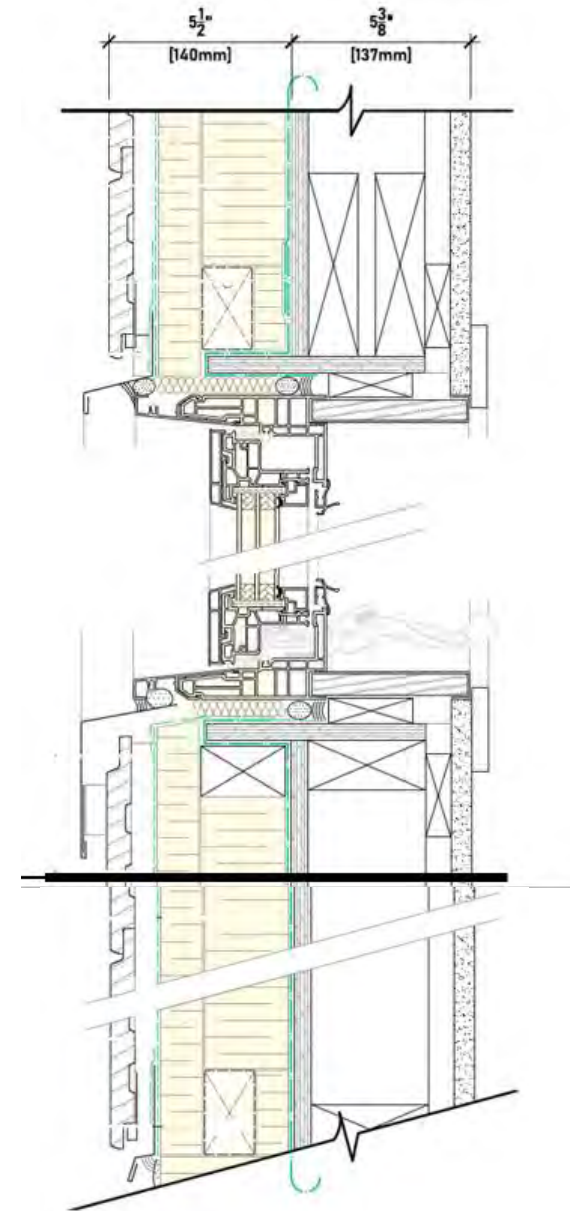
BT : barrière thermique

Conception de l'enveloppe

Le principe du SITE

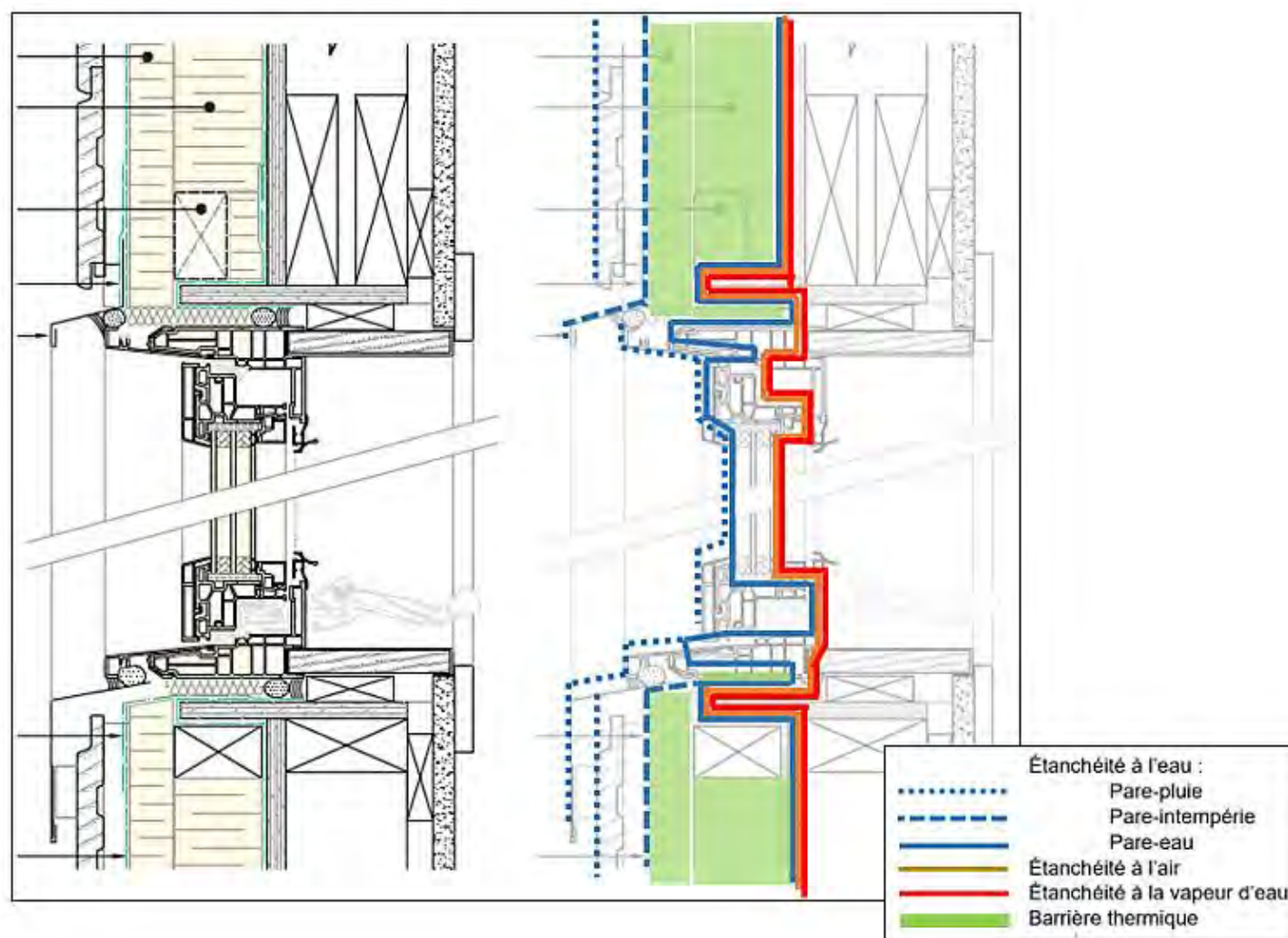
Composition typique murale

- Pare-pluie : revêtement extérieur en lambris de bois
- Cavité murale drainée et aérée
- Pare-intempérie : pellicule d'oléfine perméable à la vapeur d'eau et non-scellée
- Panneau isolant EPS épaisseur 1.5po fixé mécaniquement
- Panneau isolant polyisocyanurate 2.5po fixé mécaniquement, avec supports horizontaux en bois 2x3po, à 26.5po c/c pourvus d'un pris thermique de 1po derrière en polyisocyanurate
- Support panneau structural en contreplaqué 0.5po
- Montants de bois 2x4po ou 2x6po (selon façades) avec espaces libre entre les montants
- Fourrures de bois
- Finition intérieures en placoplâtre avec espace ouvert 0.5po à la jonction avec le plafond



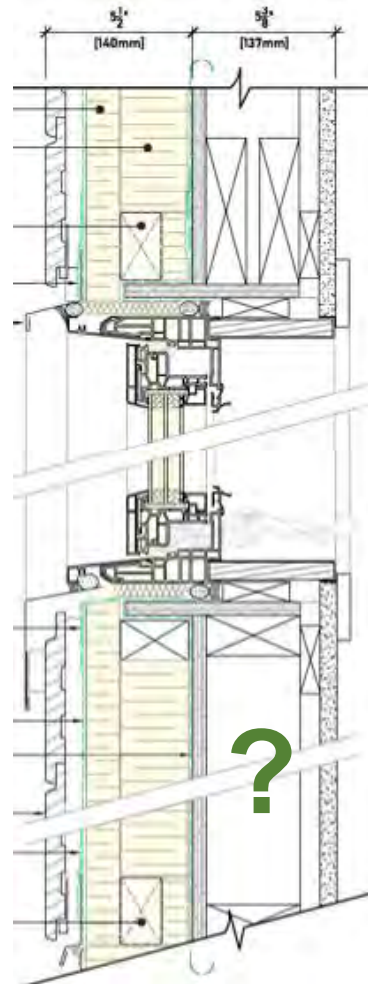
Conception de l'enveloppe

Localisation des plans d'étanchéité



Conception de l'enveloppe

La résistance thermique



Couche de matériau	Résultat R effectif		Résultat nominal	
	métrique	impérial	métrique	impérial
Film d'air extérieur	0,030	0,170	0,030	0,170
Revêtement extérieur planche de bois Maibec	0,140	0,795	0,140	0,795
Cavité murale compartimenté	0,180	1,022	0,180	1,022
Panneaux isolant EPS laminé à pellicule pare-intempérie	1,132	6,447	1,132	6,447
Panneau isolant polyisocyanurate entre (pièces de bois 2x3po sur bris thermique iso 1po), espacement à 26.5po	2,506	14,198	2,646	15,145
Membrane pare-air/vapeur en bitume auto-adhésif	0,030	0,170	0,030	0,170
Contreplaqué 13mm	0,113	0,627	0,113	0,627
Cavité mural compartimentée créée par la charpente 2x4po	0,180	1,022	0,180	1,022
Panneau de gypse	0,082	0,455	0,082	0,455
Film d'air intérieur	0,120	0,681	0,120	0,681
	4,51	25,58	4,67	26,53

La simulation permet de vérifier:

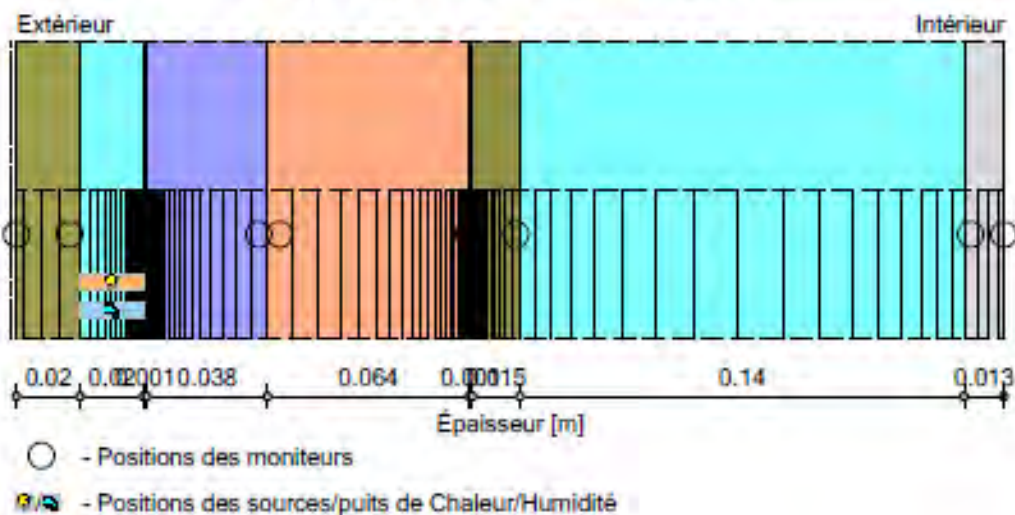
- Les risques de dommages dus au gel (cycles de gel/dégel)
- Les variations cycliques de teneur en eau pour en dégager les tendances cycliques et annuelles
- Les risques de condensation
- Les problèmes d'humidité dus à la condensation et la pénétration d'eau
- Les risques de contamination fongiques
- L'impact de la phase de construction sur l'humidité des composantes et l'assèchement

La simulation

Le modèle WUFI PRO

assemblage des composants

Cas : Composition typique, N-E, cavité ventilé 5 CAH



Matériaux:

	- Pin blanc oriental	0.02 m
	- lame d'air 20 mm; sans sorption d'humidité supplémentaire	0.02 m
	- Pare vent / pare pluie (sd=0,1m)	0.001 m
	- Isolation en polystyrène expansé	0.038 m
	- Polyisocyanurate Insulation	0.064 m
	- Freine vapeur (0.1perm)	0.001 m
	- Contreplaqué (faible)	0.015 m
	- lame d'air 140 mm; sans sorption d'humidité supplémentaire	0.14 m
	- Plaque de plâtre (intérieur)	0.013 m

Valeur Sd ext. [m]: 0.7

Épaisseur totale: 0.311 m

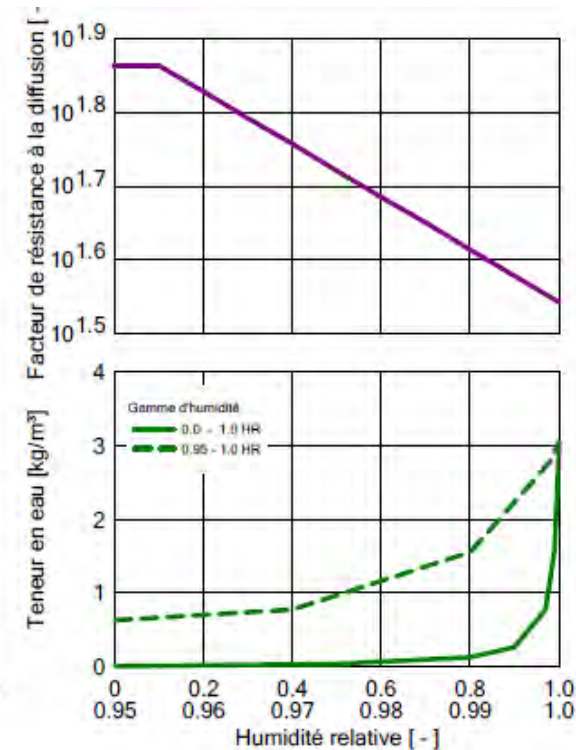
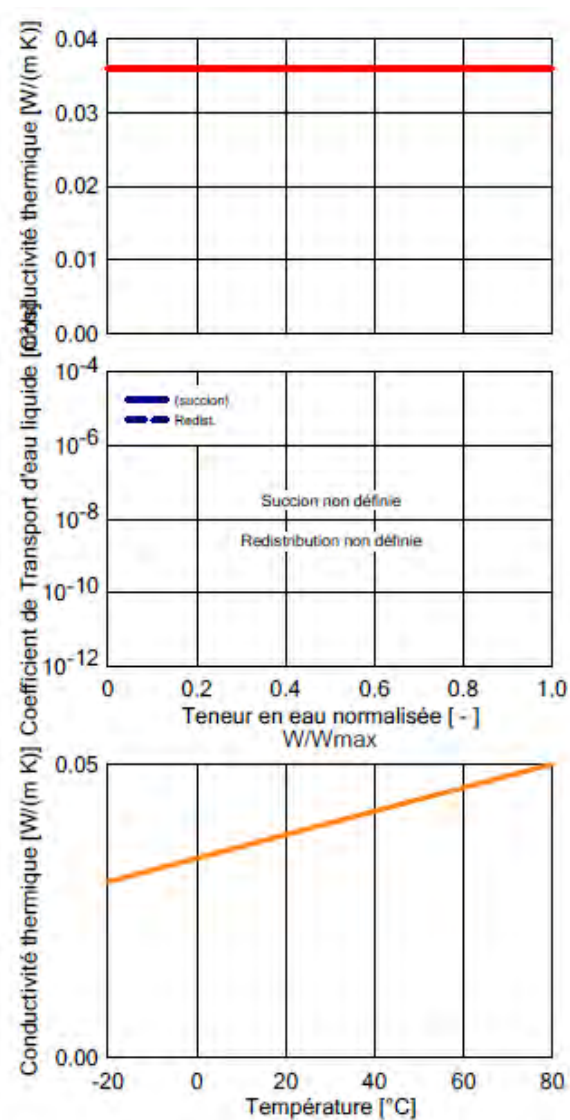
Valeur de la résistance thermique R: 4.53 (m² K)/W

Coefficient U: 0.212 W/(m² K)

Exemple Isolant EPS

Matériaux: Isolation en polystyrène expansé

Propriétés	Unité	Valeur
Densité volumique	[kg/m ³]	14.8
Porosité	[m ³ /m ³]	0.99
Chaleur spécifique, état sec	[J/(kg K)]	1470
Conductivité thermique sèche, 10°C	[W/(m K)]	0.036
Facteur de résistance à la diffusion de vapeur	[-]	73.01
Correction de la cond. th. selon la température	[W/(m K ²)]	0.0002



La simulation

Les scénarios - murs

cas 1

cas 2

cas 3

Tableau des maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative en surface extérieure et intérieure des composantes et indice de croissance fongique calculée sur ces surfaces

Source: Rapport de simulation
Auvergne Laboratoire vivant,
UL science du bâtiment
Charles Beulé, ing.

Cas	Composantes	Maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative, et nombre de jours où cette moyenne sur 30 jours dépasse 80%				Indice fongique maximale calculé	
		Face extérieure		Face intérieure		Face extérieure	Face intérieure
		%	Nombre de jours	%	Nombre de jours		
Humidité initiale : EMC80 Sans infiltration d'eau dans la cavité	Parement de bois	83,8	49 jours / an (490 jours total)	79,6	0	0	0
	Membrane Tyvek	76,4	0	77,2	0	0	0
	Polystyrène expansé	77,3	0	73,7	0	0	0
	Polyisocyanurate	71,7	0	63,4	0	0	0
	Pare-air / Pare-vapeur	64,7	0	76,4	0	0	0
	Contreplaqué	77,3	0	72,2	0	0	0
	Gypse intérieur	71,0	0	70,8	0	0	0
Humidité initiale : 2XEMC80 Sans infiltration d'eau dans la cavité	Parement de bois	90,1	62 jours / an (620 jours total)	89,8	230 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,1	0,2
	Membrane Tyvek	86,2	80 jours, 1 ^{ère} année seulement	87,5	150 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,0	0,0
	Polystyrène expansé	87,9	150 jours, 1 ^{ère} année seulement	90,0	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,0	0,0
	Polyisocyanurate	88,3	10 jours, 1 ^{ère} année seulement	65,0	0	0,0	0,0
	Pare-air / Pare-vapeur	67,3	0	91,4	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,0	0,1
	Contreplaqué	91,6	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	78,0	0	0,7	0,1
	Gypse intérieur	71,0	0	70,8	0	0,0	0,0
Humidité initiale : 2XEMC80 Avec infiltration d'eau dans la cavité	Parement de bois	90,2	En permanence	93,5	En permanence	2,2	3,8
	Membrane Tyvek	94,5	En permanence	94,6	En permanence	2,0	2,0
	Polystyrène expansé	94,5	En permanence	90,9	142 jours / an (1420 jours total)	2,0	0,2
	Polyisocyanurate	90,3	128 jours / an (1280 jours total)	84,6	59 jours / an (590 jours total)	0,2	0,0
	Pare-air / Pare-vapeur	82,2	43 jours / an (430 jours total)	91,4	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,0	0,1
	Contreplaqué	91,6	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	78,0	0	0,7	0,1
	Gypse intérieur	71,1	0	70,8	0	0,0	0,0

Cas	Composantes	Maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative, et nombre de jours où cette moyenne sur 30 jours dépasse 80%				Indice fongique maximale calculé	
		%	Face extérieure Nombre de jours	%	Face intérieure Nombre de jours	Face extérieure	Face intérieure
Humidité initiale : <u>EMC80</u> Sans infiltration d'eau dans la cavité	Parement de bois B	83,8	49 jours / an (490 jours total)	79,6	0	0	0
	Membrane Tyvek C	76,4	0	77,2	0	0	0
	Polystyrène expansé	77,3	0	73,7	0	0	0
	Polyisocyanurate	71,7	0	63,4	0	0	0
	Pare-air / Pare-vapeur	64,7	0	76,4	0	0	0
	Contreplaqué	77,3	0	72,2	0	0	0
	Gypse intérieur	71,0	0	70,8	0	0	0

D

Tableau des maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative en surface extérieure et intérieure des composantes et indice de croissance fongique calculée sur ces surfaces

Source: Rapport de simulation
Auvergne Laboratoire vivant,
UL science du bâtiment
Charles Beulé, ing.

Cas 1: humidité initiale (construction) faible et pare-eau (tyvek) non-sollicité

- A Préréquis: cavité bien drainée et aérée
- B Seule la face extérieure est soumise à des HR élevés
- C Risque de corrosion limité aux parois extérieures (fixations)
- D Aucun indice de croissance fongiques

Cas	Composantes	Maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative, et nombre de jours où cette moyenne sur 30 jours dépasse 80%				Indice fongique maximale calculé	
		%	Face extérieure Nombre de jours	%	Face intérieure Nombre de jours	Face extérieure	Face intérieure
Humidité initiale : 2XEMC80 Avec infiltration d'eau dans la cavité	Parement de bois	90,2	En permanence	93,5	En permanence	2,2	3,8
	Membrane Tyvek	94,5	En permanence	94,6	En permanence	2,0	2,0
	Polystyrène expansé	94,5	En permanence	90,9	142 jours /an (1420 jours total)	2,0	0,2
	Polyisocyanurate	90,3	128 jours /an (1280 jours total)	84,6	59 jours /an (590 jours total)	0,2	0,0
	Pare-air / Pare-vapeur	82,2	43 jours / an (430 jours total)	91,4	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	0,0	0,1
	Contreplaqué	91,6	20 jours, 1 ^{ère} année seulement	78,0	0	0,7	0,1
	Gypse intérieur	71,1	0	70,8	0	0,0	0,0

Ext au plan d'étanchéité

Int au plan d'étanchéité

B

D

E

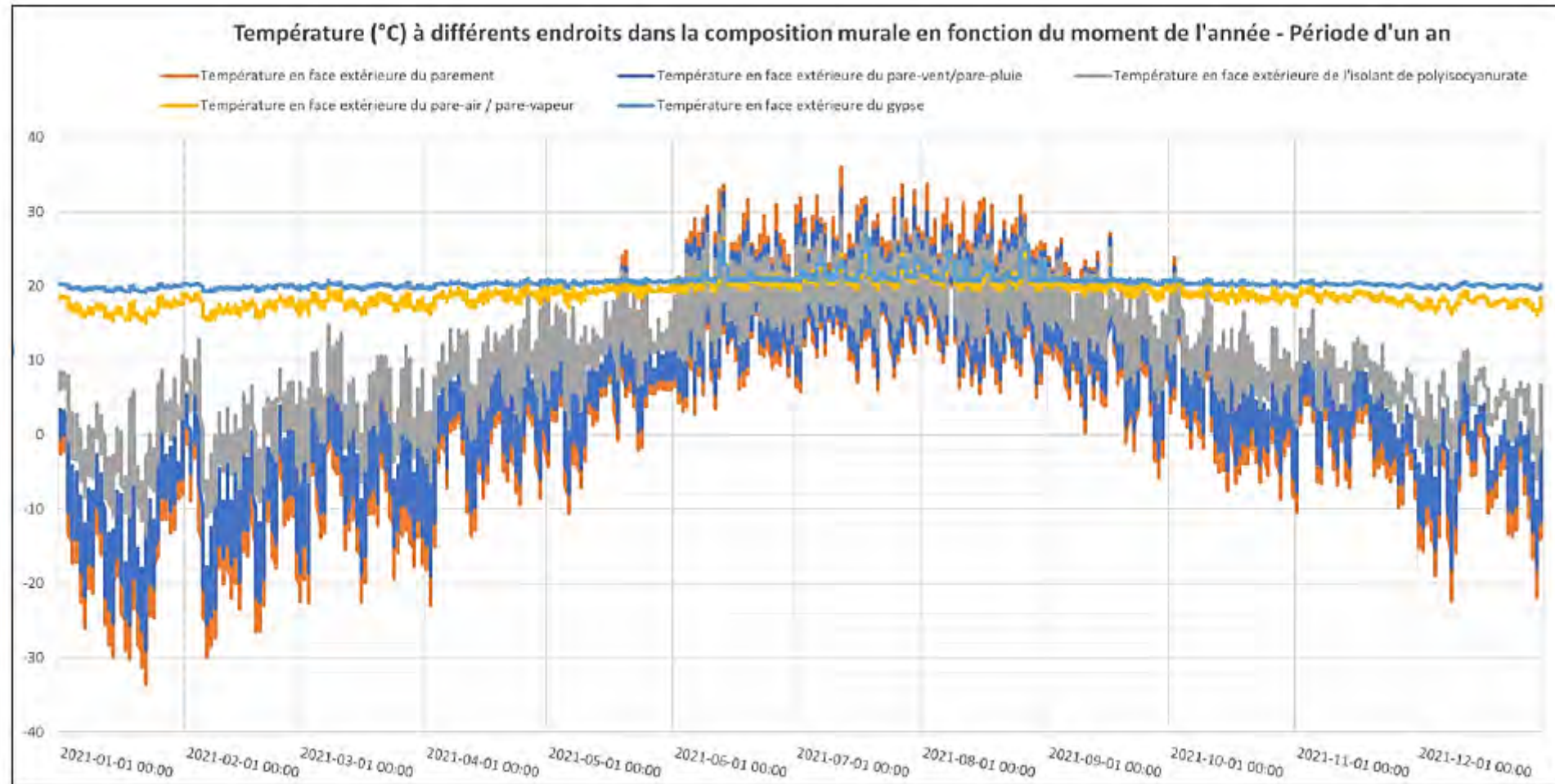
Tableau des maximum atteint de la moyenne sur 30 jours de l'humidité relative en surface extérieure et intérieure des composantes et indice de croissance fongique calculée sur ces surfaces

Source: Rapport de simulation
Auvergne Laboratoire vivant,
UL science du bâtiment
Charles Beulé, ing.

Cas 3: humidité initiale (construction) élevée et pare-intempérie (tyvek) sollicité

- A Scénario peu probable (protection arbres et grands avant-toits)
- B Les risques de croissance fongiques sont toujours faibles, sauf pour le parement (face interne), et très faibles pour les composantes vers l'intérieur du plan d'étanchéité.
- C La cavité aérée et bien drainée est essentielle pour éviter la pourriture graduelle du parement
- D Les taux plus élevés de HR dans les matériaux se stabilisent mais après quelques années
- E Risque de corrosion significatif du côté extérieur au plan d'étanchéité

Exemple de résultat: composition humidité initiale élevée (cas 2) - annuel



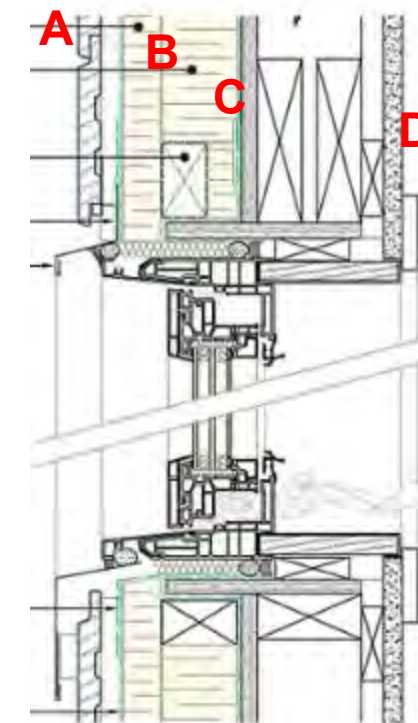
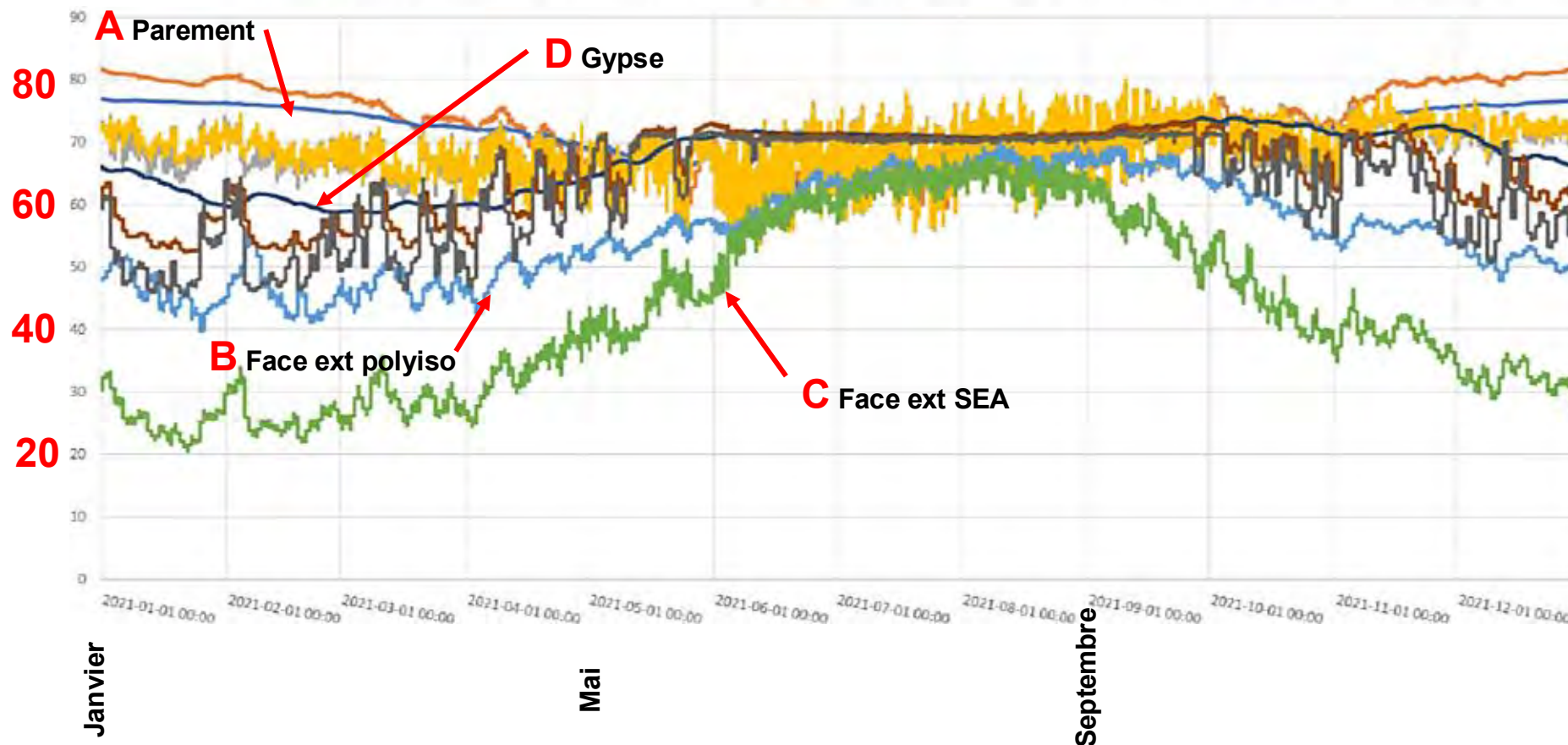
Source: Rapport de simulation Auvergne Laboratoire vivant, UL science du bâtiment

La simulation

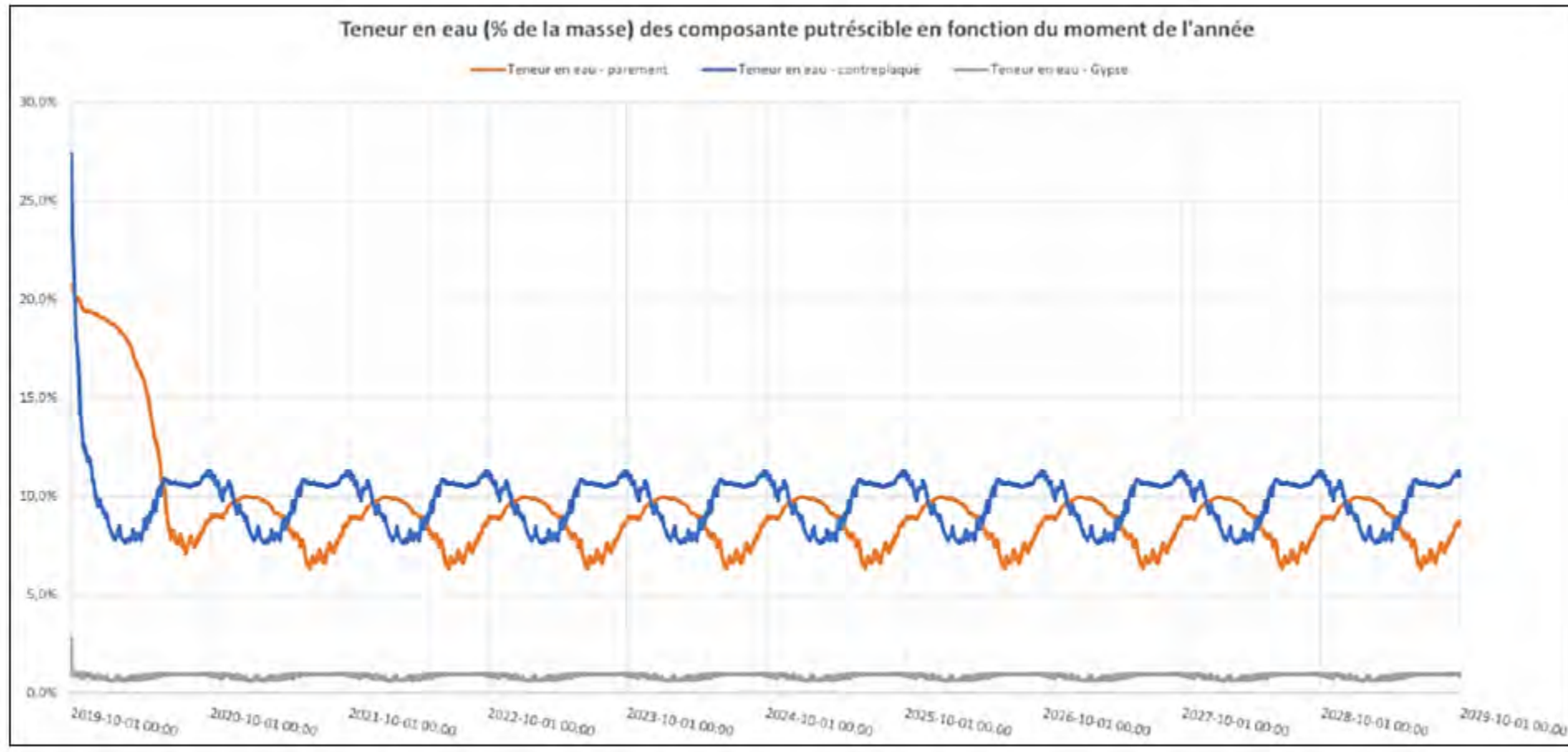
L'humidité

Humidité relative (%) à différents endroits dans la composition murale en fonction du moment de l'année - Période d'un an

- HR en face extérieure du parement
- HR en face intérieure du parement
- HR en face extérieure du pare-vent/pare-pluie
- HR en face extérieure du polystyrène expansé
- HR en face extérieure du polyisocyanurate
- HR en face extérieure du pare-air/pare-vapeur
- HR en face extérieure du contreplaqué
- HR en face intérieure du contreplaqué
- HR en face extérieur du gypse



Exemple de résultat: composition humidité initiale élevée (cas 2) – 10 ans



Source: Rapport de simulation Auvergne Laboratoire vivant, UL science du bâtiment

Points saillants résultants des simulations:

- Performance élevée hygrothermique des murs
- Sources d'humidité intérieures maintenues totalement à l'intérieur
- Sources d'humidité et précipitations maintenues à l'extérieur
- Pouvoir d'assèchement élevé (risque d'humidité initial amoindri)
- L'essentiel des composantes de bois du mur est toujours au chaud
- L'ajout d'un pare-intempérie limite encore ici l'humidification des composantes situées du côté extérieur au plan d'étanchéité

Toiture:

- Capacité d'assèchement très faible
- L'humidité initiale doit être minimisée
- Les risques de corrosion sont accrus

La construction

La charpente



La construction

La charpente



La construction

L'enveloppe en sous-sol



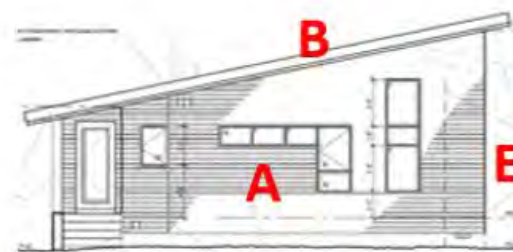
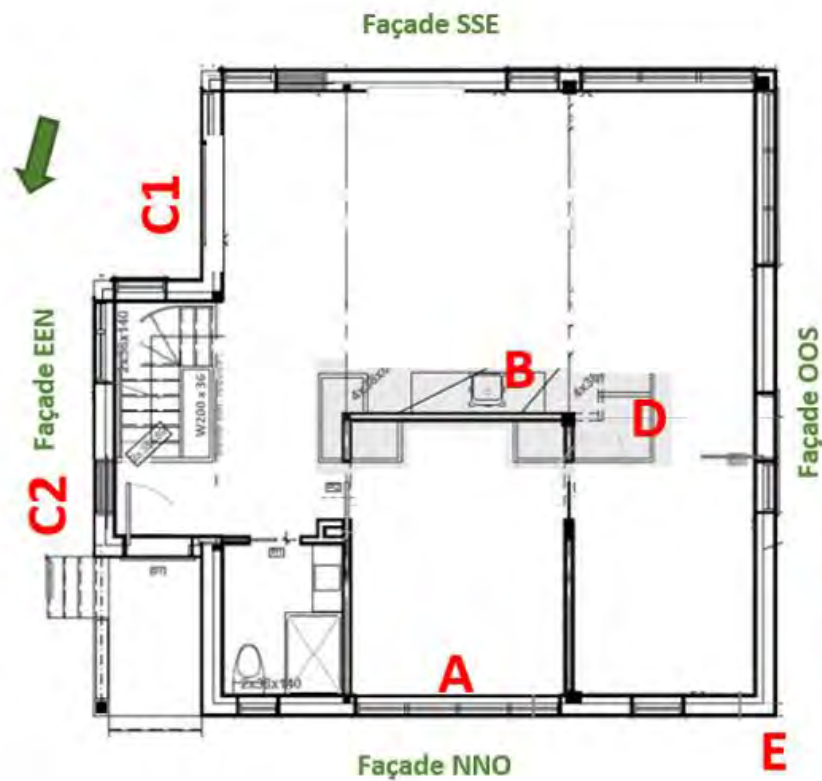
La construction

L'enveloppe en hors-sol

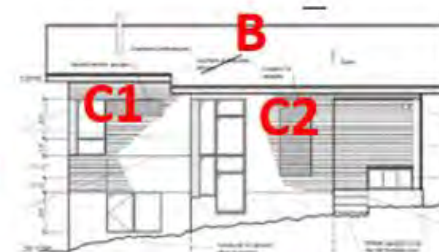


Le monitoring électronique

Zones de monitoring



Façade « nord »



Façade « « est » »



Façade « ouest »

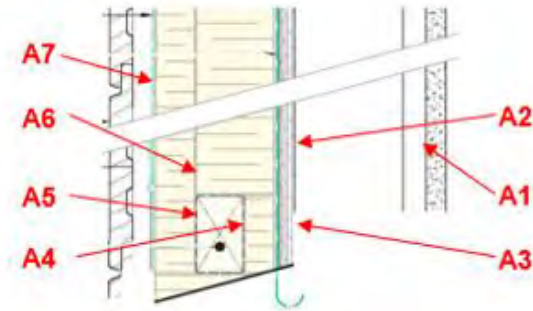


Façade « sud »

Le monitoring électronique

Pose des enregistreurs de données

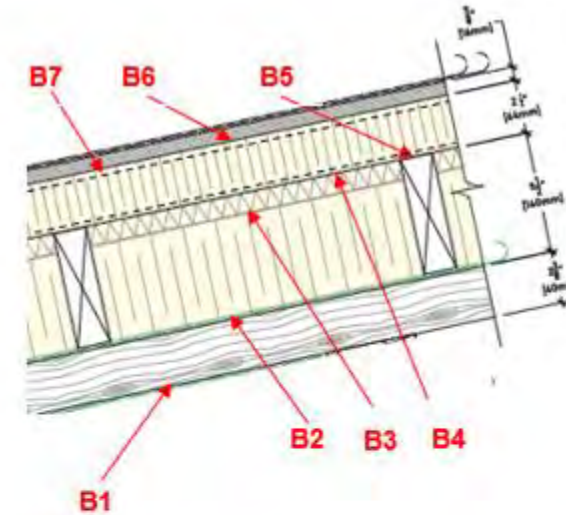
Identification et localisation	Objectifs	Description
ZONE A Comportement typique mural "perfect wall" Façade nord à mi-hauteur de mur nord	Vérifier la performance du mur et ses conditions d'assèchement dans la cavité pare-pluie derrière le revêtement de bois extérieur	Smart-reader #6 A1 : Ts gypse face intérieure A2 : Ts contreplaqué face intérieure (cond gén) A3 : Ts contreplaqué face intérieure (vis-à-vis A4) A4 : Ts Bois 2x3po (pont thermique), face intérieure A5 : Ts Bois 2x3po (pont thermique), face extérieure A6 : Ts isocyanurate face extérieure A7 : Ts EPS face extérieure (cavité pare-pluie)



Le monitoring électronique

Pose des enregistreurs de données

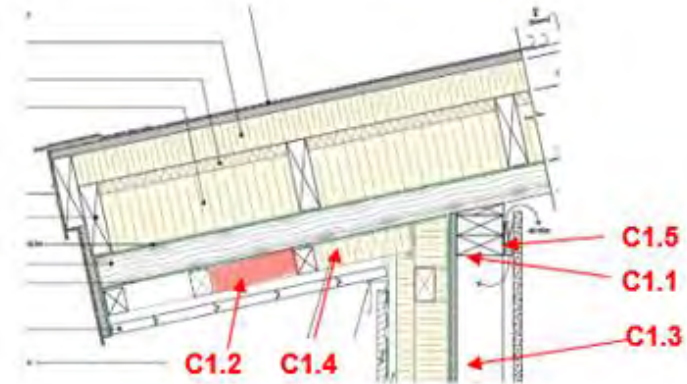
Identification et localisation	Objectifs	Description
ZONE B Comportement toiture scellée (non-ventilée) avec pontage massif isolé en bois Versant de toit au-dessus de la chambre	Vérifier la performance d'une toiture non-ventilée (sandwich) et la contribution du pontage de bois dans l'ensemble et l'impact des pièces de bois dans l'assemblage	Smart-reader +6 B1 : Ts pontage face intérieure B2 : Ts pontage face extérieure (sur p.v.) B3 : Ts isocyanurate face extérieure B4 : Ts Fibre de roche face extérieure B5 : Ts sur le dessus des pièces 2x6po B6 : Ts EPS fibre de roche face extérieure (sous contreplaqué) B7 : Ts sur le dessus des pièces 2x3po



Le monitoring électronique

Pose des enregistreurs de données

Identification et localisation	Objectifs	Description
ZONE C1 Comparaison transfert thermique avec ou sans bris, bordure de toit Deux zones distinctes Façade est, bordures de toit (soffites)	Vérifier si les simulations et calculs théoriques qui attribuent une perte de chaleur au passage du pontage massif de bois ext ^{int} sont mesurés aussi sur place	Smart-reader +6 (zone avec bris thermique) C1.5 : Ts pontage jonction mur-toit C1.1 : Ts contreplaqué face intérieure jonction mur-toit C1.3 : Ts contreplaqué à 12po en-dessous C1.4 : Ts pontage (dessous) au droit du bris thermique C1.5 : Ts pontage (dessous) au-delà du bris thermique NOTE : Les sondes C1.6 et C1.7 vérifient de façon indépendante les différences de températures de surface près d'un jambage de fenêtre C1.6 : contreplaqué face intérieure à 12po de jambage C1.7 : contreplaqué face intérieure près jambage



Monitoring conditions d'hiver

Occupation des lieux

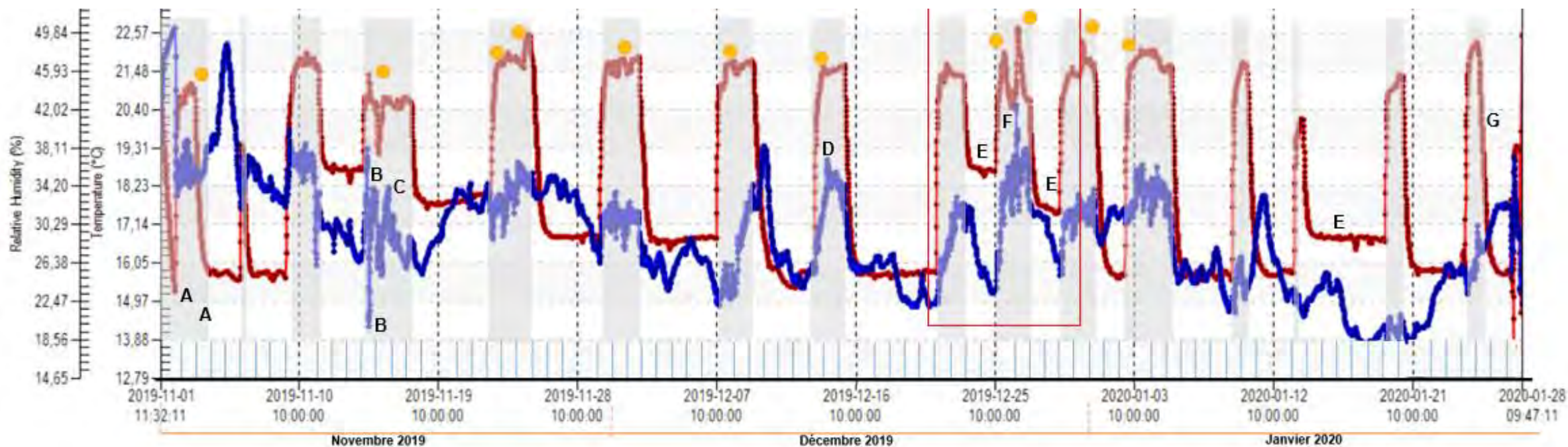


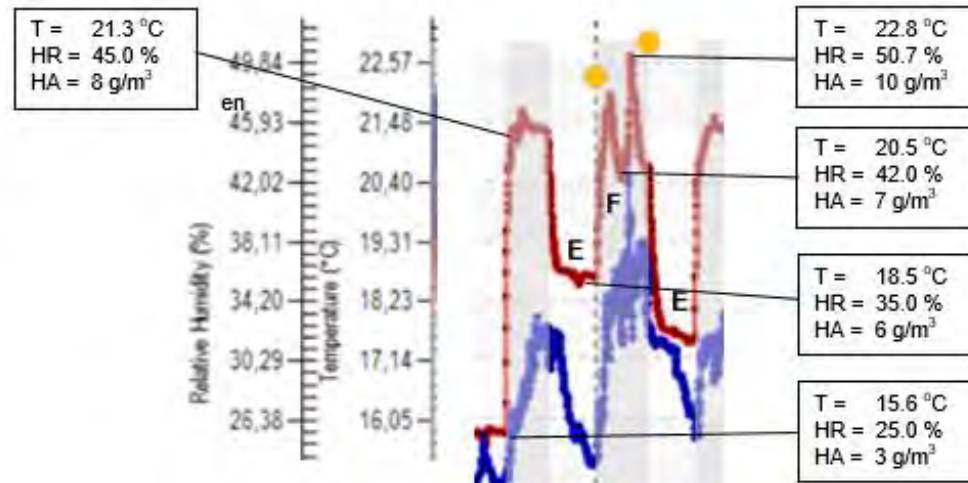
DIAGRAMME D'OCCUPATION DES LIEUX

(1 à 2 personnes, sauf du 25 au 27 décembre, 6 personnes)

- Foyer
- Présence (habité)
- A – Panne électrique
- B – Ventilation générale (peinture)
- C – Cuisson (typique HR croit de 3%)
- D – Lessivage intense
- E – Consignes de températures en absence haussées
- F – Fêtes de Noel (2 jours) 6 personnes
- G – 1^{er} déneigement toiture (2^e le 9 février)

REPÈRES		
H relative %	Temp °C	Vapeur d'eau g/m ³ d'air
35	21	6
35	15	4
50	15	6
35	8	3

Details	Readings	Sample Rate	Start Time	End Time				
	8446/8446	900	2019-11-01 11:32:11	2020-01-26 09:47:11				
Channels	Number	Description	Line	Maximum	Mean	Minimum	Range	Std Deviation
	0	Int. Temp.	22.75	22.75	18.30	13.70	9.05	2.34
	1	Int. RH	50.49	50.49	29.17	17.91	32.58	5.49



Monitoring conditions d'hiver

Les conditions ambiantes

Zone	Température ambiante (°C)			Humidité relative (%)			Pression de vapeur (Pa) et point de rosée (°C)		
	Min	Moy.	Max	Min	Moy.	Max	Min	Moy.	Max
Zone D ambiance intérieure	13,7	18,3	22,8	18	29	50	338 Pa -7°C	621 Pa 0°C	1080 Pa 8,2°C
Zone E ambiance extérieure ⁴	-21,1	-5,5	7,0	52	78	94	69 Pa -24,1°C	337 Pa -6,4°C	892 Pa 5,3°C

Plages des conditions ambiantes mesurées à l'intérieur et à l'extérieur pendant la période de monitoring

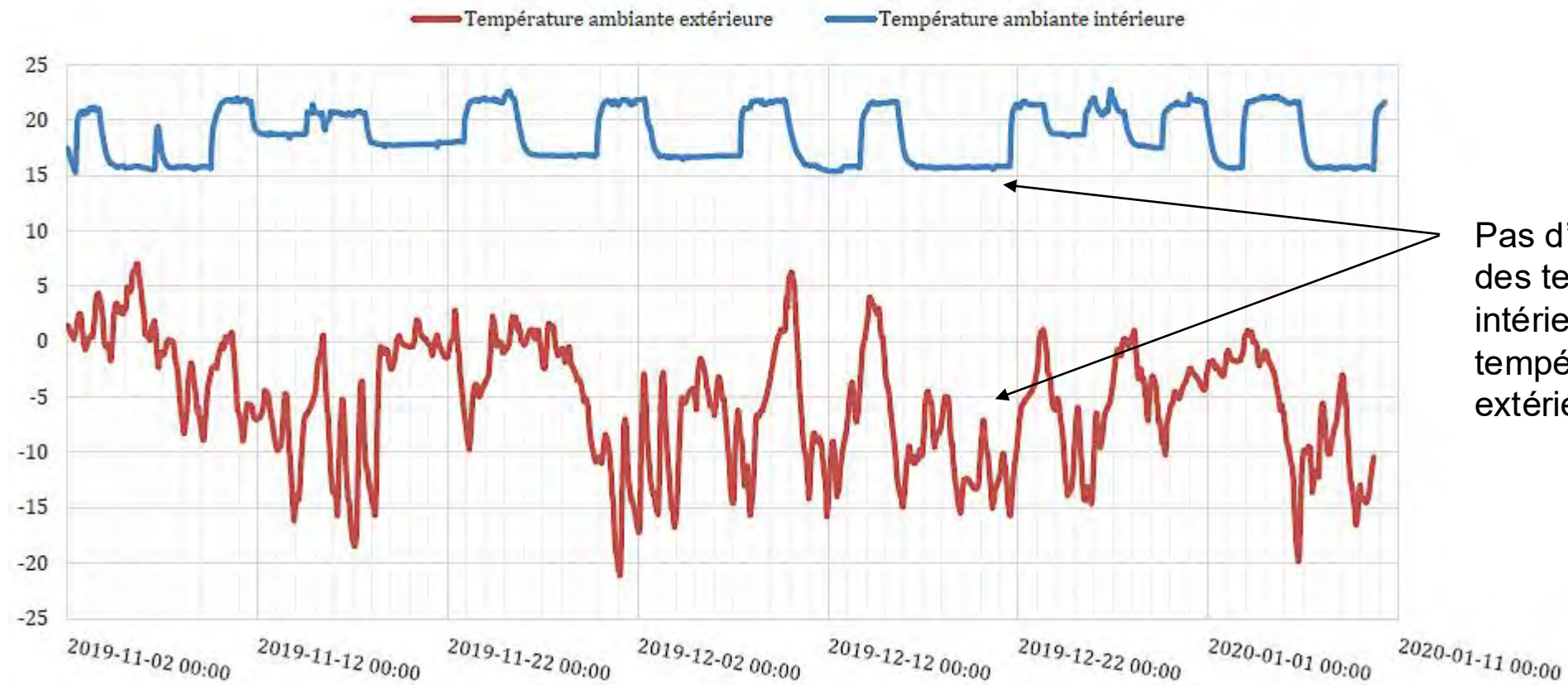
Source: Rapport de simulation Auvergne Laboratoire vivant, UL science du bâtiment

Notes:

- Variation des consignes intérieures de température (occupation occasionnelle: 20-22°C versus 16-18°C)
- Nombre de personnes limité (1 ou 2)
- En période froide, la quantité d'humidité intérieure dépend de l'occupation et de l'activité

Monitoring conditions d'hiver

Les conditions ambiantes

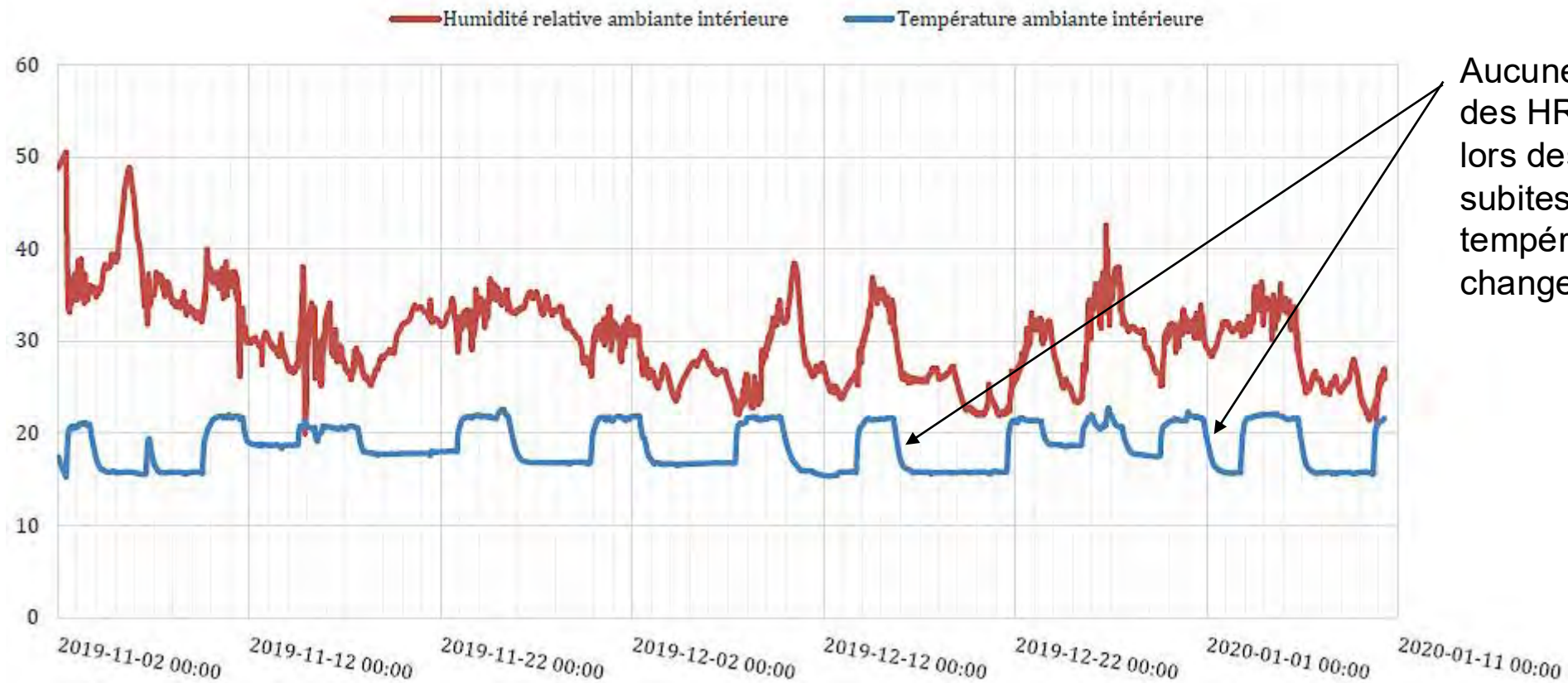


Pas d'influences des températures intérieures par les températures extérieures

Températures ambiantes à l'intérieur comparées à la température extérieure
Source: Rapport de simulation Auvergne Laboratoire vivant, UL science du bâtiment

Monitoring conditions d'hiver

Les conditions ambiantes

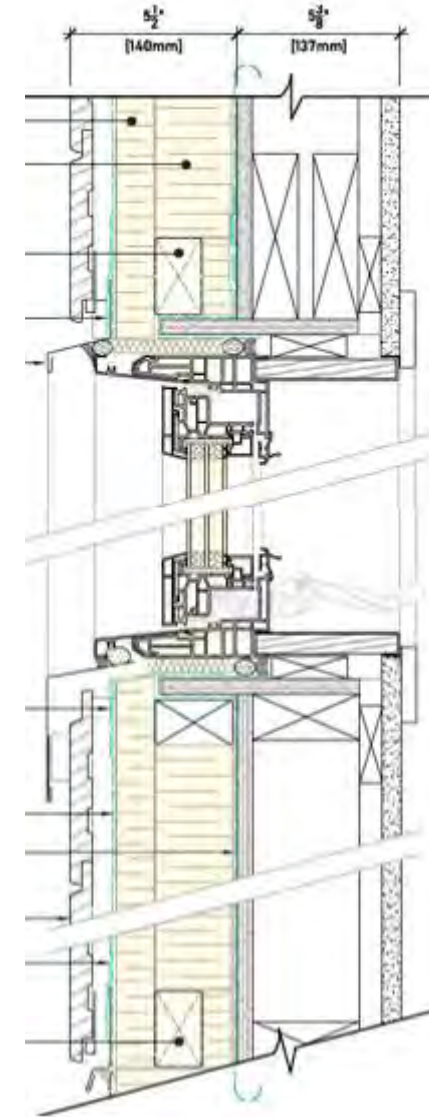


Humidité relative intérieure comparée à la température intérieure

Source: Rapport de simulation Auvergne Laboratoire vivant, UL science du bâtiment

SOMMAIRE DU RISQUE DE CONDENSATION - MUR

- Aucune température de surface prise du côté intérieur du plan d'étanchéité dans les murs n'a été inférieure au point de rosée
- Les températures inférieures au point de rosée sont possibles seulement du côté de la face extérieure de l'isolant polyisocyanurate (extérieures aux charges d'humidité intérieure)
- La condensation est donc possible seulement au-delà du plan d'étanchéité à l'eau
- L'efficacité des bris thermiques est discutable: perte de 3.2°C en sus, en comparaison avec l'isolant continu



Le monitoring électronique a entre autres confirmé les éléments suivants:

- La composition murale est à faible risque de condensation
- Le risque de condensation est situé du côté extérieur des plans d'étanchéité
- En cas d'accidents (fuite d'air humide, discontinuité,...) seules les composantes externes sont à risque d'affectation
- La multiplication des plans d'isolation permet de réduire significativement les bris thermiques, mais des pertes de chaleur sont observées (différences de 3°C à 4°C)
- Le bris thermique à la rive du toit n'apporte aucun changement dans la température intérieure à la jonction mur-toit

TABLEAU 8 – SOMMAIRE DES COÛTS ET COMPARATIFS – IMPACT DE L'ENVELOPPE

Extrait tableau1 de l'annexe 5 de ce rapport

	Coût (pi ²) système mural		Coût (pi ²) Mur (Incluant revêtements et fenêtres)		Coût Ensemble des murs (coût enveloppe et structure)		Coût globale du projet	
Système mural de référence conventionnel SIPE, Ossature de bois isolée avec bris thermique R4 extérieur	11.94 \$	-	45.95 \$	-	75 800 \$	-	289180 \$	-
Système mural SITE De type «perfect wall », Isolé par l'extérieur avec isolation partielle entre montants de bois - Soumission -	30.81 \$	+158%	64.82	+41%	106 950 \$	+41%	320 030 \$	+10%
Système mural SITE sans isolation partielle Entre les montants de bois Et réduction de la quantité d'isolant, projet réalisé - Construction -	24.73	+107%	58.74	+27%	96 920 \$	+27%	310 000 \$	+7%

Source: Rapport SHQ Auvergne Laboratoire vivant,

La consommation énergétique

Étude de Denis Bourgeois PH.D.

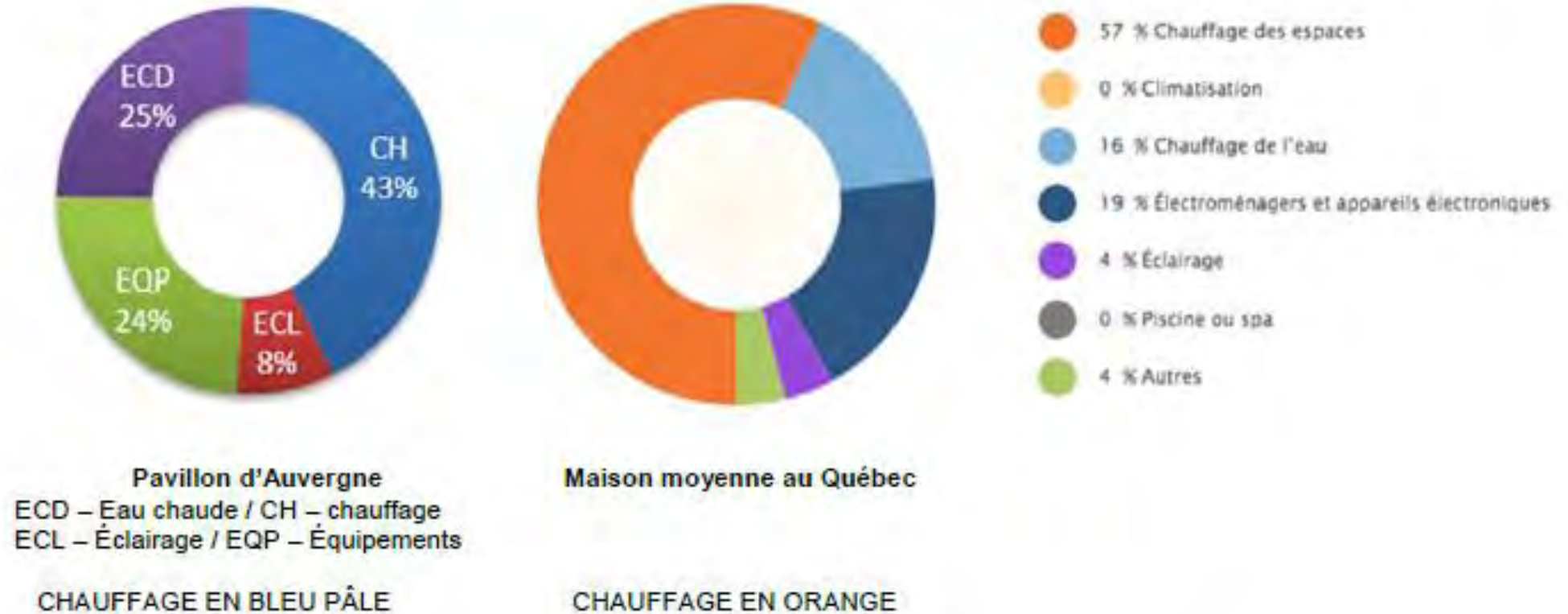


Figure 32 – Relevés d'occupation (gauche) comparé au relevé d'une maison typique
Source : Espace Client Hydro-Québec (gauche) et site internet Hydro-Québec (droite)
Rapport Denis Bourgeois (annexe 5)

Empreinte carbone (GES) : Objectifs



Objectif 1

- Comparer les scénarios suivants :
 - « Tel que construit »
 - VS
 - « Orientation favorable »
 - VS
 - « Isolation thermique additionnelle »

Objectif 2

- Déterminer la répartition de l'impact GES entre les différents matériaux et l'énergie

Objectif 3

- Proposer des stratégies de réduction de l'impact GES

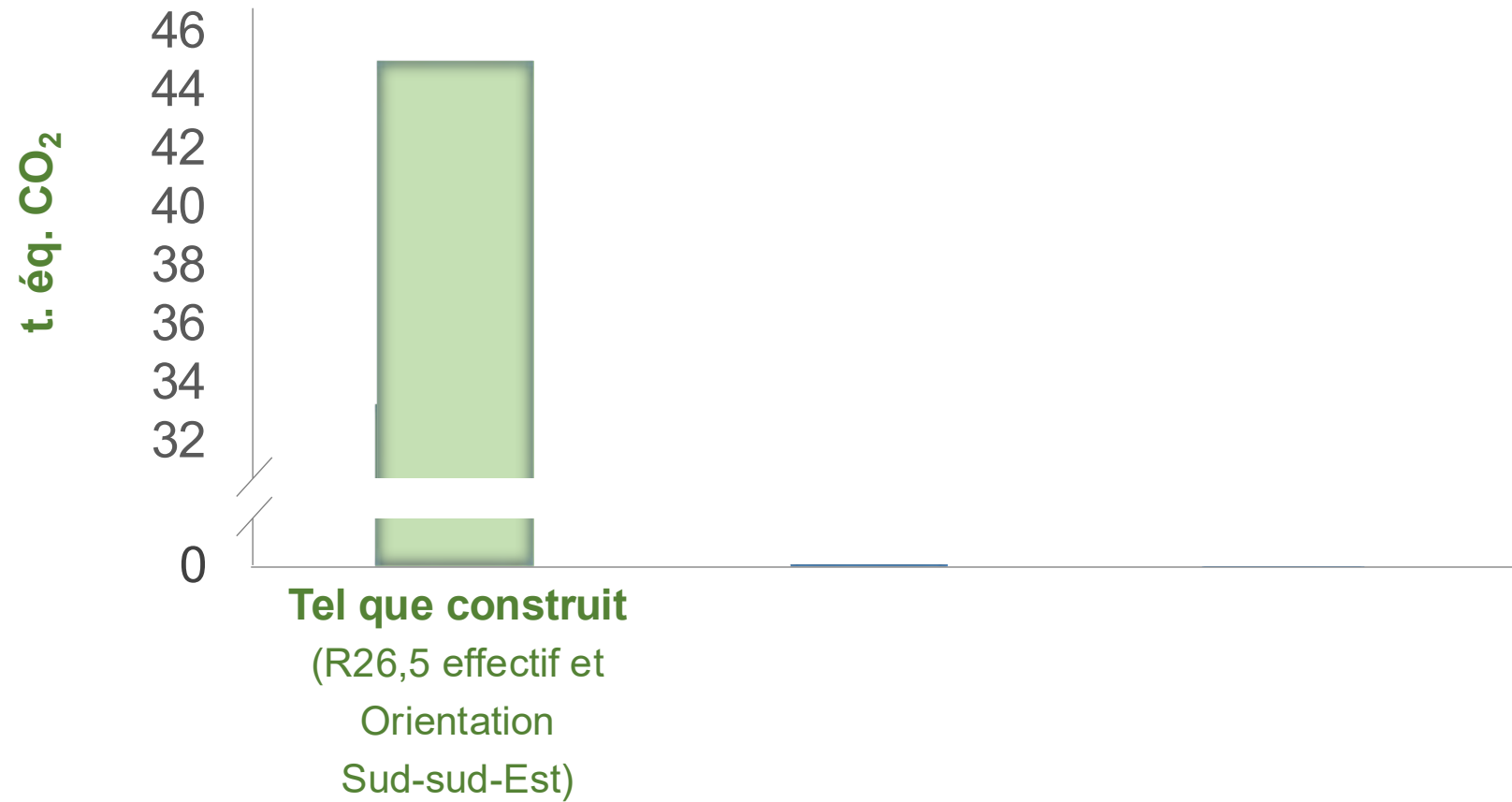
Empreinte carbone (GES) : Méthodologie



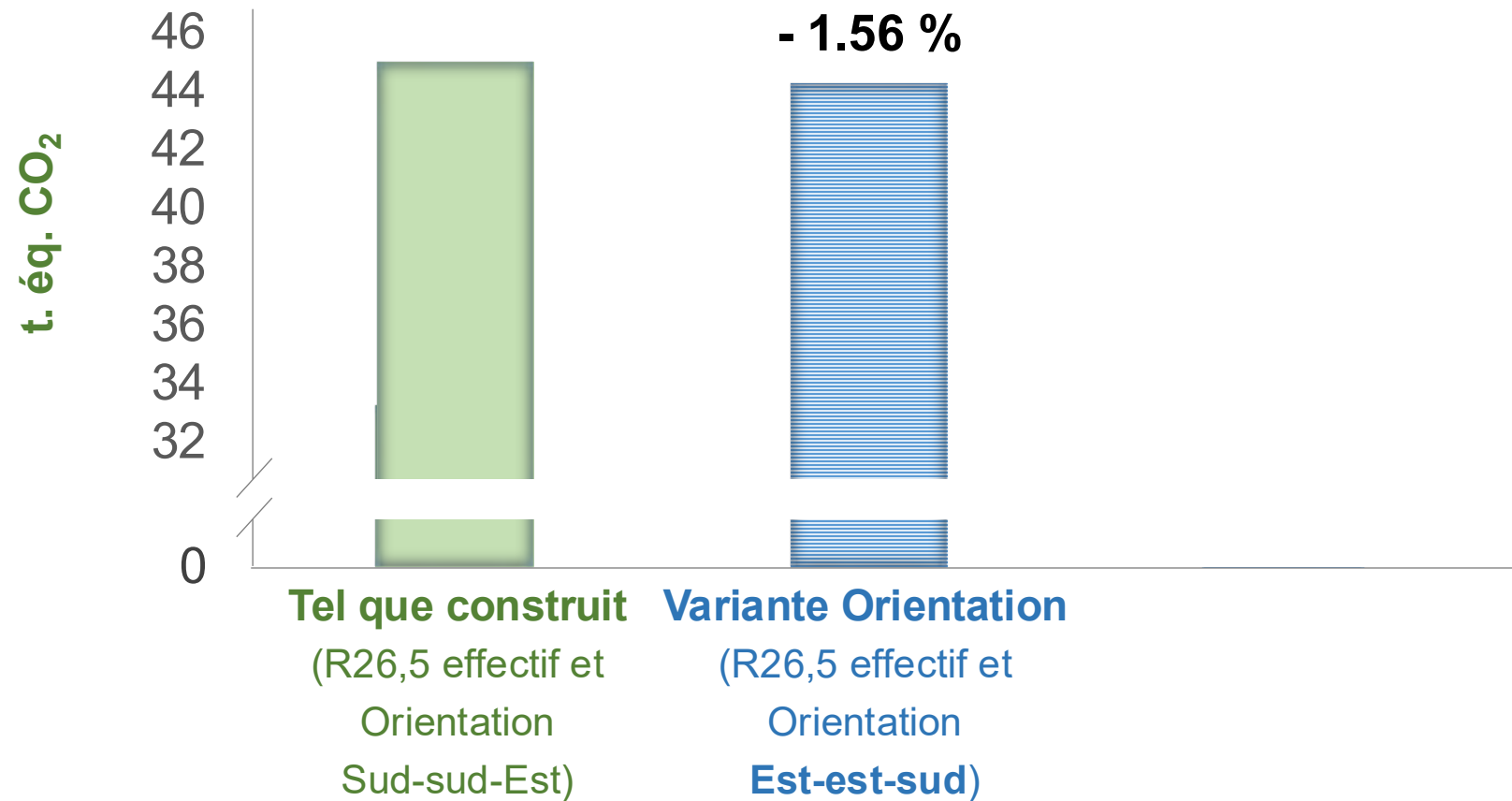
Étapes réalisées

- Analyse des **plans et devis**
 - Ossature légère en bois
 - Mur sous-sol en béton
 - Chauffage à l'énergie électrique (H-Q)
- **Échanges** avec l'architecte du projet
- Modélisation ACV du bâtiment dans le logiciel **Athena Impact Estimator for Buildings v5.4**
- Analyse et **validation des résultats**

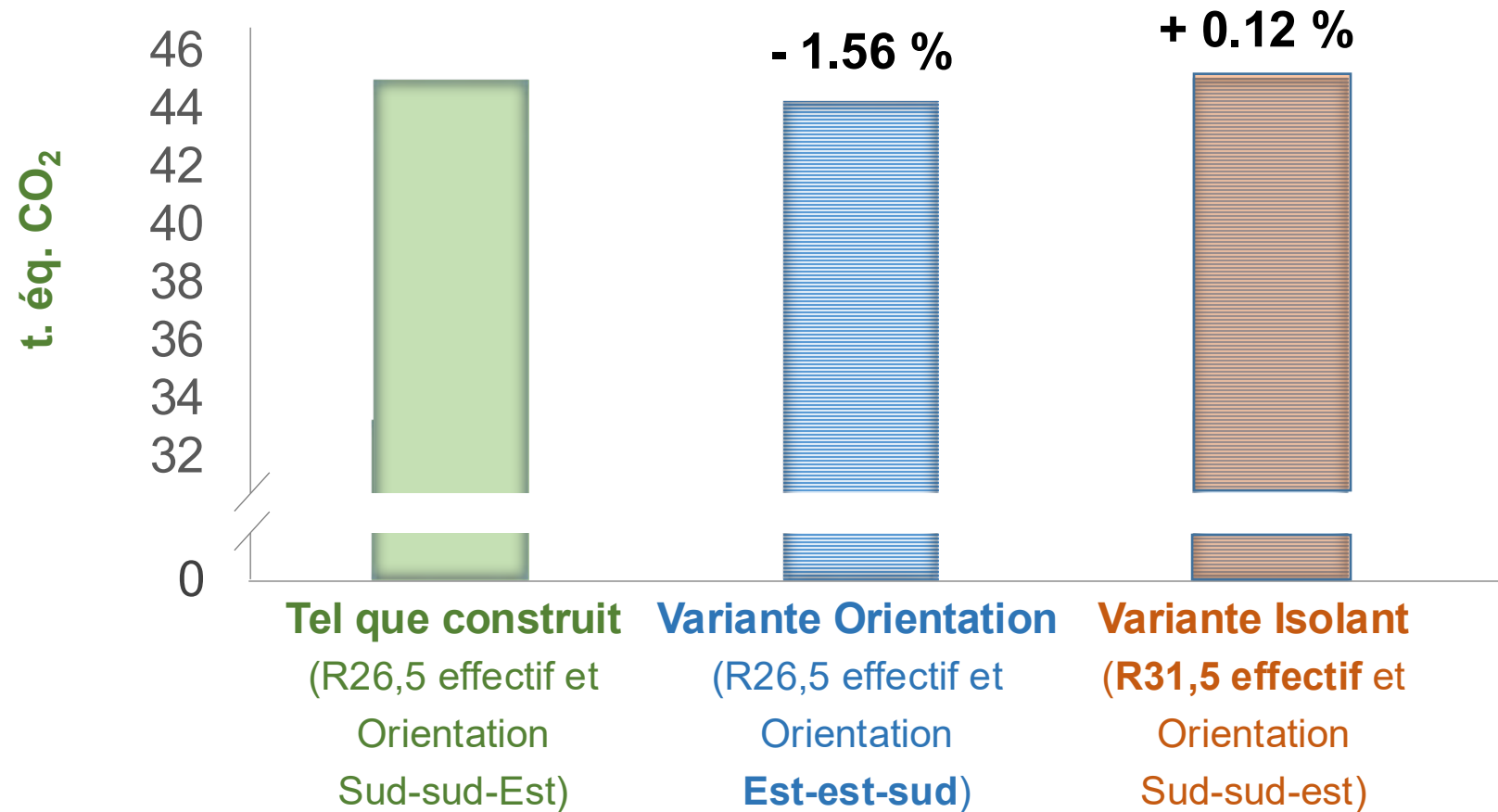
Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 1 : comparaison des trois scénarios



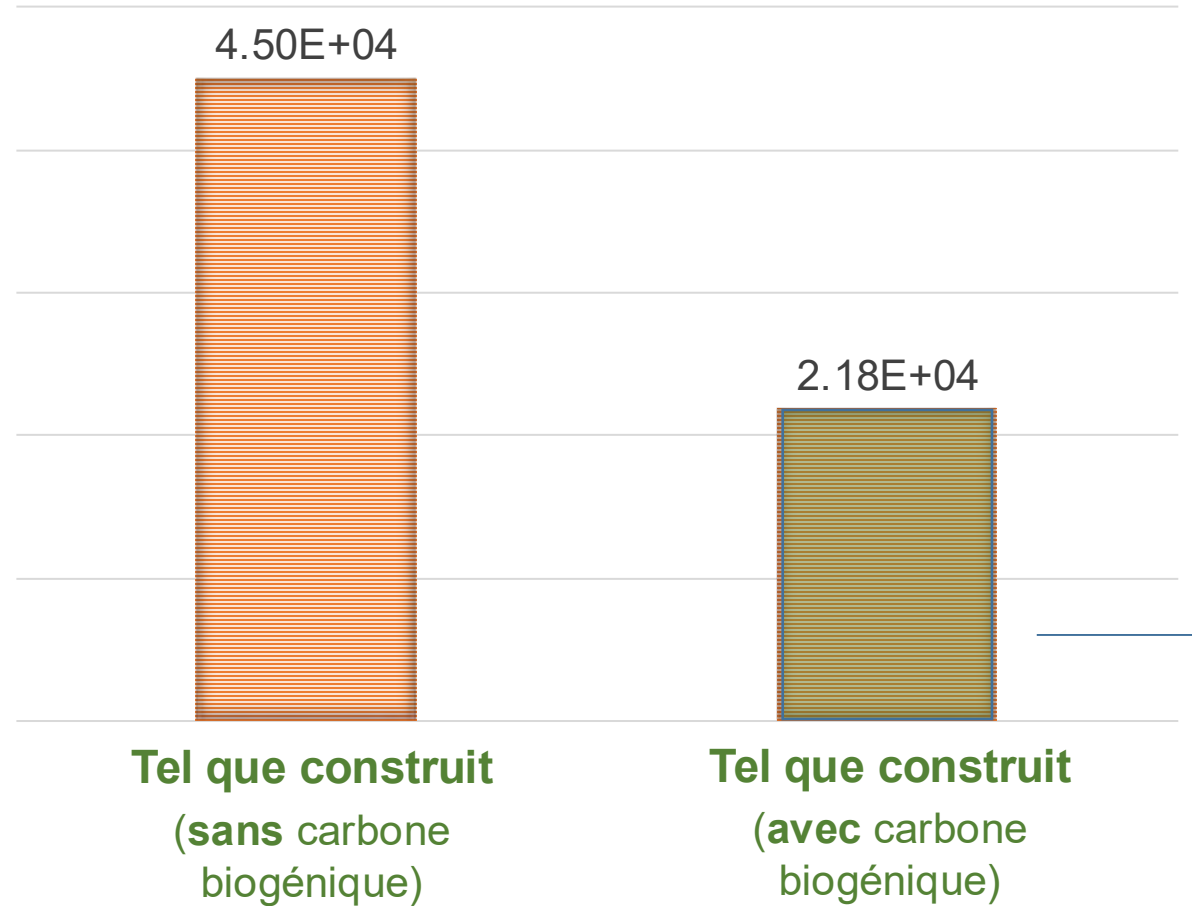
Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 1 : comparaison des trois scénarios



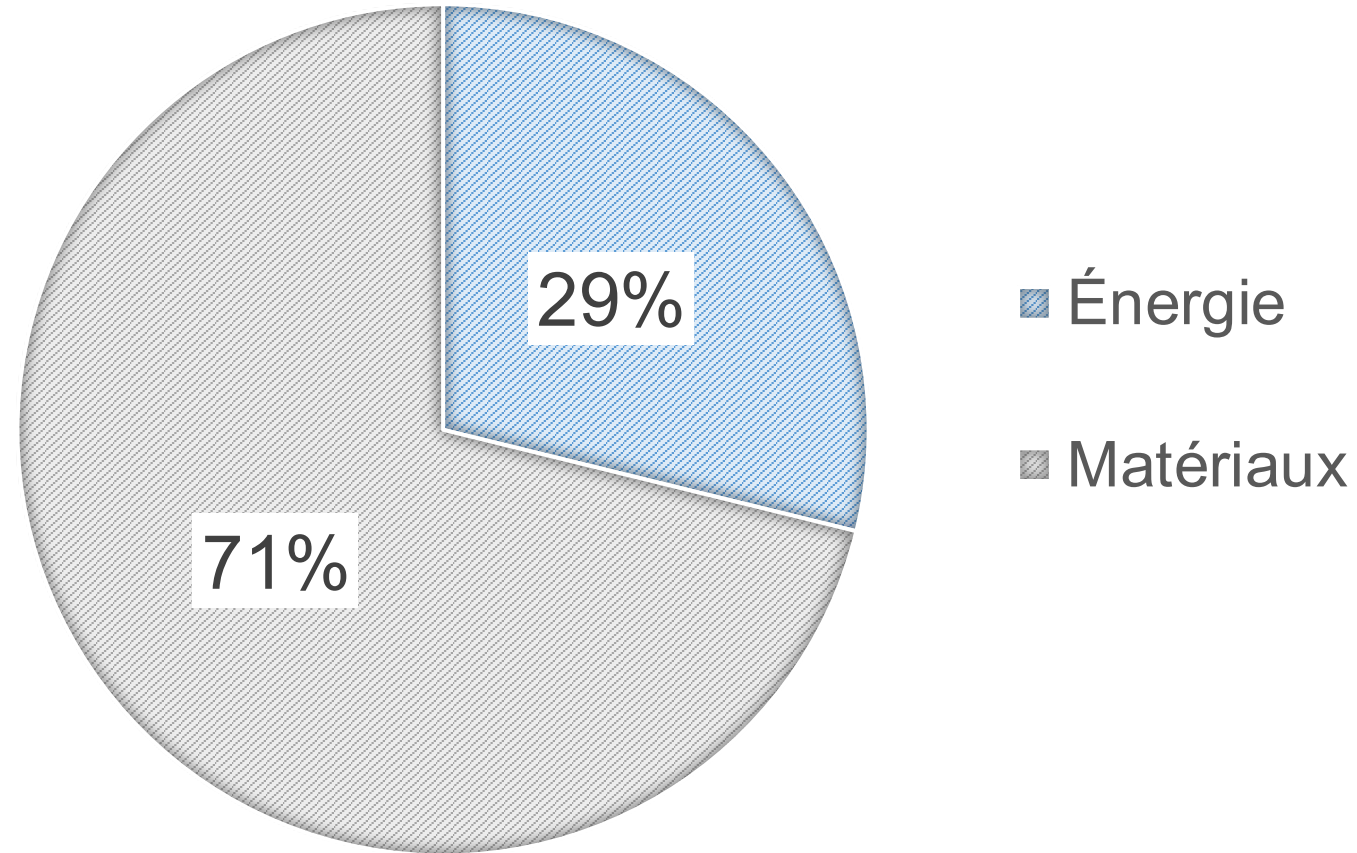
Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 1 : comparaison des trois scénarios



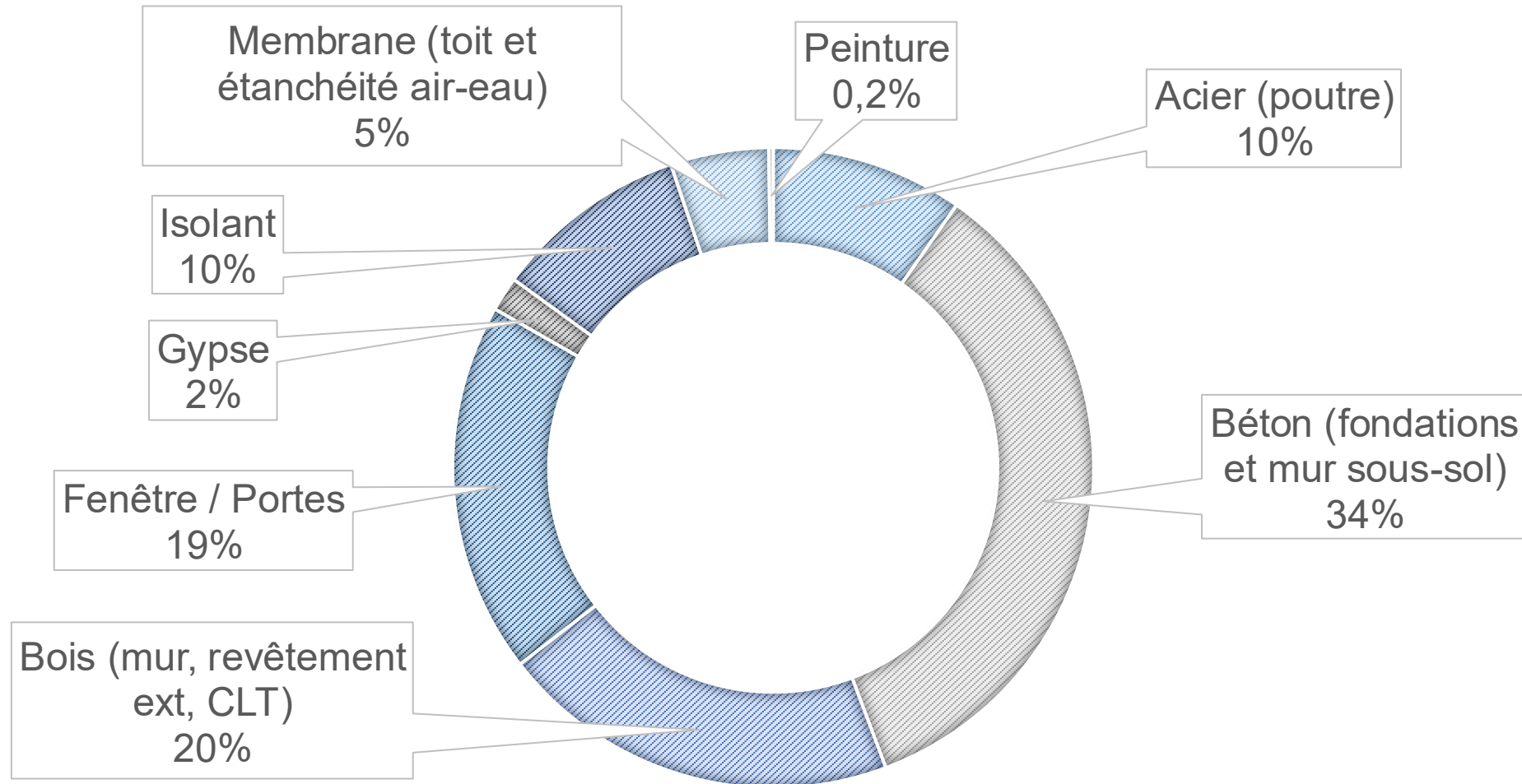
Empreinte carbone (GES) : Résultats objectif 1 : effet de la prise en compte du carbone biogénique



Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 2 : répartition des impacts



Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 2 : répartition des impacts (matériaux)



Empreinte carbone (GES) : Résultats pour l'objectif 3 : Stratégies de réduction de l'impact GES

- **Optimisation/réduction de la surface de plancher**
- **Utilisation optimale du béton** et utilisation d'ajouts cimentaires
- **Remplacement de matériaux à fort impact** (p. ex. acier) par des matériaux à plus faible impact (p. ex. bois)
- **Approvisionnement avec critère environnemental**
 - Demande de DEP pour béton, bois d'œuvre, fenêtre, acier, isolant, etc.
 - Si possible, comparaison des impacts entre les produits
- **Réduction de la consommation d'énergie**

Auvergne laboratoire vivant

L'équipe du projet SHQ

Charles Beaulé, ing.	UL CLEB	Simulation - monitoring
Jerry Lapointe T.E	Groupe de Vinci	Infiltrométrie
Denis Bourgeois, PhD	rd2	Étude énergétique
Simon Bélanger, T.P.	UL CLEB	Thermographie
Maxime Simard	Carsim	Estimés et maquette
Alexis Ruelland, arch	Ruelland architecte	Dessins CAD
Richard Trempe, arch M.Sc	Trempe architecte	Plans et devis - mise en service - Relevés – monitoring - Analyse et rapport – Coordination générale





Perspectives d'avenir