

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Cote énergétique des murs isolés

Elmahdy, A. H.; Maref, W.; Saber, H. H.; Swinton, M. C.; Glazer, R.; Nicholls, M.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

[Actes de] Regard sur la science du bâtiment 2009/10 : Efficacité énergétique dans les bâtiments, 2009-01-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=0d69d41d-eba1-4261-ab37-a6473f97d38f>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=0d69d41d-eba1-4261-ab37-a6473f97d38f>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

CNRC-NRC

*Institut de
recherche en
construction*

Cote énergétique des murs isolés

Mike Swinton

Équipe du projet : Wahid Maref, Hamed Saber,
Hakim Elmahdy, Rock Glazer et Mike Nicholls



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada 

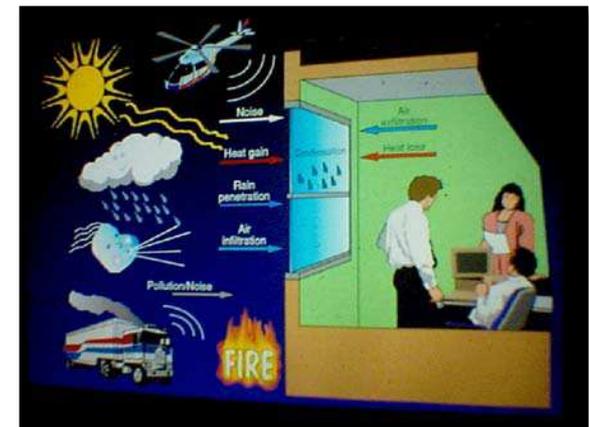
Aperçu

- Contexte
- Cote énergétique des murs isolés (WER)
- Le symbole « ENERGY STAR ® »
- Proposition de cote énergétique des murs
- Résultats de récents projets de recherche
- Remarques de clôture



Aperçu

- Les fonctions de l'enveloppe du bâtiment :
 - Réduction des pertes (ou des gains) de chaleur par conduction
 - Réduction de la pénétration de l'air
 - Réduction de la pénétration de l'eau
 - Réduction de la transmission du son
 - Réduction de la chaleur solaire
 - Divers ...



Fonctions et réglementation

- Certaines de ces fonctions sont réglementées par les codes du bâtiment national, provincial ou territorial (ex. support des charges, résistance d'incendie, etc.)
- À l'heure actuelle, les codes de l'énergie et certains codes provinciaux du bâtiment contiennent des impératifs visant le rendement thermique relatif aux pertes de chaleur par conduction (ex. facteur U ou valeur R) et les fuites d'air de l'enveloppe

Impératifs des codes

- Ces codes peuvent prévoir des impératifs distincts à l'égard des éléments ou des systèmes
 - Étanchéité à l'air du matériau (description dans le CNB, 5^e partie)
 - Étanchéité à l'air des systèmes ou des assemblages (Guide des pare-air du CCMC, division 07272)
 - Étanchéité à l'air du bâtiment (ex. R-2000)

Dilemme des codes et des normes

- Il est difficile d'intégrer l'effet des fuites d'air par l'enveloppe dans le rendement thermique global des assemblages muraux des codes du bâtiment et des normes connexes



Causes de défaillance

- Comment le rendement thermique d'un système varie-t-il en fonction des fuites d'air ?
- Les fuites d'air à travers le système ont une incidence négative sur le rendement global des assemblages
- Les travaux de recherche en cours le confirment, comme nous allons le voir



Caractéristiques du système

- Les impératifs énoncés pour le matériau peuvent suffire à caractériser le matériau par lui-même, mais peut-être pas lorsqu'il est intégré à un système
- Satisfaire aux impératifs d'isolation peut conduire à un rendement insuffisant du système (ex. vitrage parfait dans un châssis ou un cadre mal conçu)

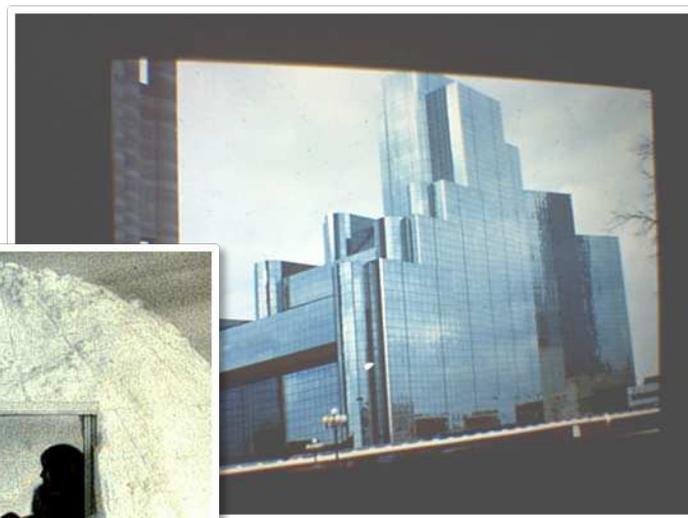
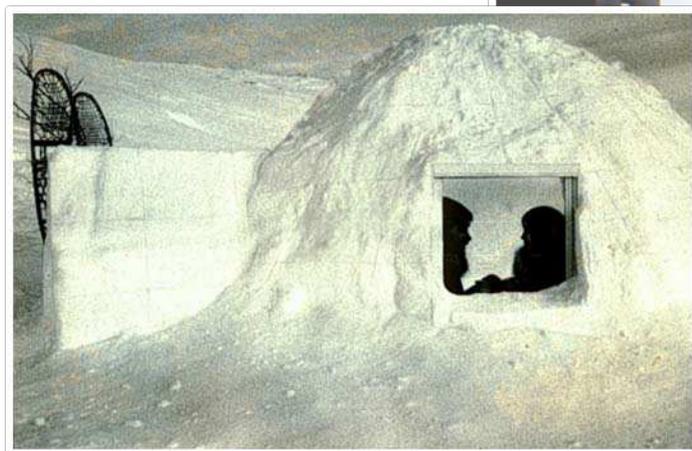


Systemes remplissant plusieurs fonctions

- Certains produits et systemes remplissent plusieurs fonctions
 - Mousse de polyuréthane pulvérisée (MPP)
 - Panneaux d'isolation sous vide (PIV)
 - Coffrages à béton isolants (CBI)
 - Panneaux isolés avec joints structuraux (SIP)
 - Systemes de couverture haute-performance

Emploi efficace de l'énergie dans les bâtiments

- Il faut connaître le rendement du système
- Il faut des outils pour évaluer ce rendement, tant pour les petits bâtiments que pour les grands



Que nous faut-il ?

- Les systèmes de cote énergétique (par ex. pour les fenêtres et les murs) doivent tenir compte du rendement global (spécifiquement des fuites de chaleur et d'air)
- Cela donnera un étalon pour mesurer le rendement global du système
- Cela encouragera les concepteurs de systèmes à favoriser les systèmes à grande efficacité énergétique, notamment des raccords et une interface de grande qualité autour des éléments



Le statu quo

- Il existe quelques mécanismes de détermination de la cote énergétique pour évaluer le rendement énergétique des éléments entrant dans la construction des bâtiments (ex.: CSA A-440.2 pour les fenêtres, et le guide des systèmes d'étanchéité à l'air du CCMC-CNRC)
- Il n'existe pas de norme semblable pour les murs (opaques ou comportant des pénétrations)
- Projet conjoint de l'industrie des mousses isolantes et de l'IRC-CNRC sur la cote énergétique des murs (WER)

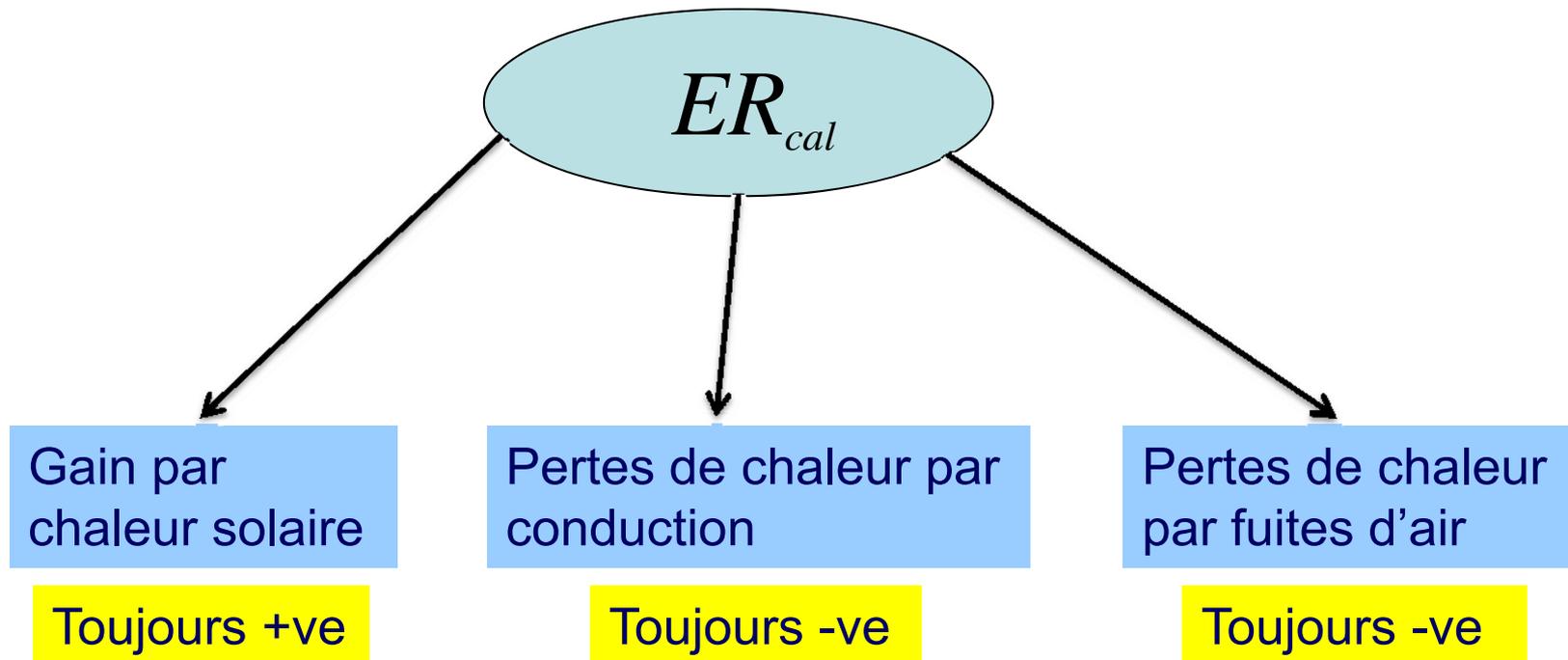
Bref aperçu de la norme CSA A-440.2

- Toile de fond pour le reste de la présentation
- Le but est de déterminer la cote énergétique moyenne des fenêtres, compte tenu :
 - de l'apport de chaleur venant de l'énergie solaire
 - des pertes de chaleur dues aux fuites d'air
 - des pertes de chaleur par conduction



Démarche de la norme CSA A-440.2

- ER_{cal} cote énergétique de la fenêtre

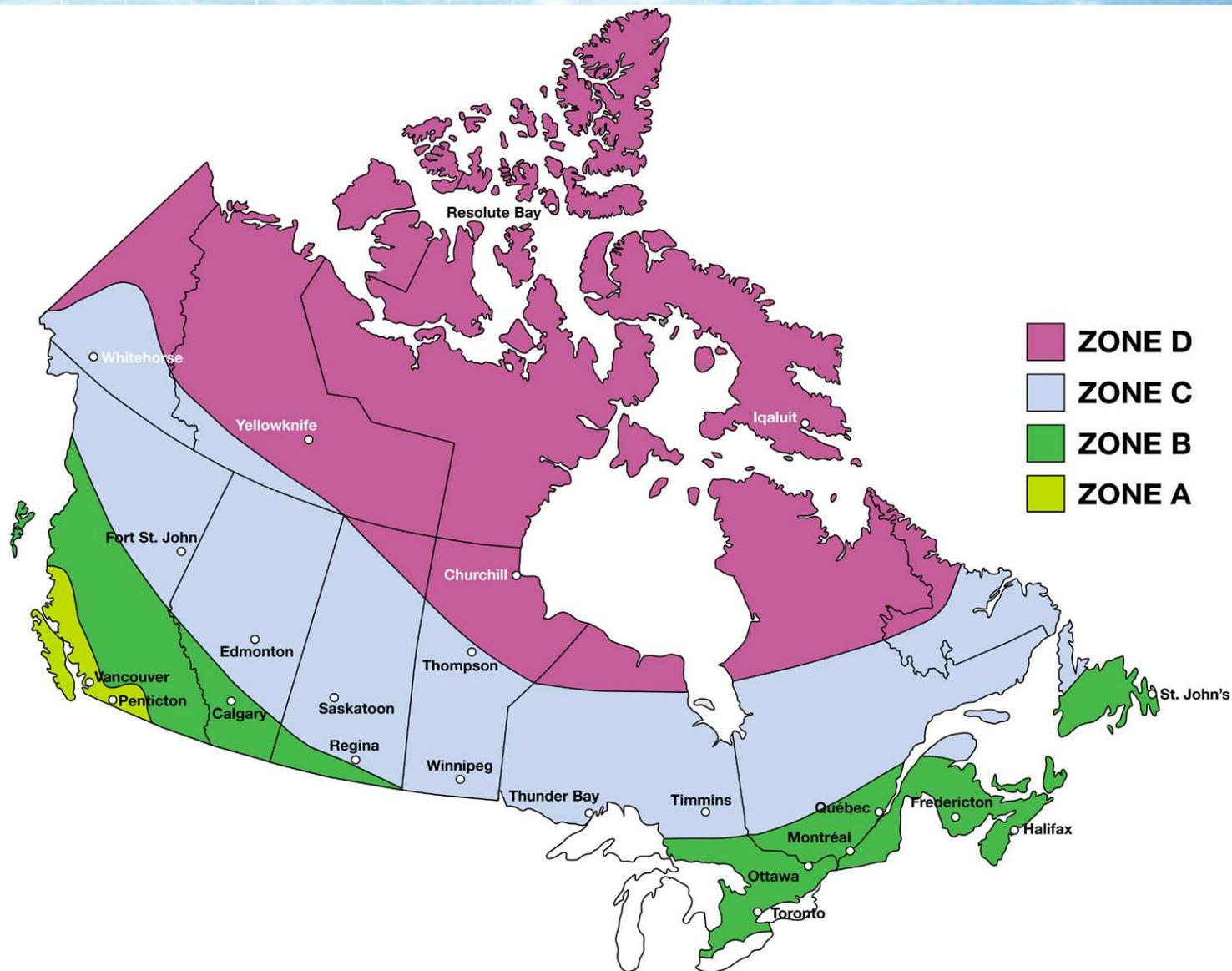


ENERGY STAR®

- Accord volontaire entre l'Office de l'efficacité énergétique de RNCAN et les entreprises qui construisent, fabriquent, vendent ou font la promotion de produits ou de maisons neuves
- ENERGY STAR® : le symbole pour les consommateurs
- Plus de 90 000 produits pour fenêtres portent ce symbole



Zones ENERGY STAR®



Impératifs pour les fenêtres ENERGY STAR®

Zone	Degrés-jours de chauffage (DJC), sous les 18 °C	Facteur U maximum* W/(m ² K)	Cote énergétique (ER) minimum*
A	<=3500 DJC	2,0	17
B	>3500 à <=5500 DJC	1,8	21
C	>5500 à <=8000 DJC	1,6	25
D	>8000 DJC	1,4	29



- *Les fenêtres peuvent être admissibles soit par leur facteur U, soit par leur cote énergétique*
- ** Double vitrage traditionnel, transparent, espace rempli d'air, utilisé uniquement pour la modélisation*

Qu'est-ce que la cote énergétique d'un mur (WER) ?

- C'est un outil de mesure du rendement énergétique des assemblages muraux qui étudie la physique du bâtiment et tient compte :
 - des pertes de chaleur par conduction dans le système
 - des pertes de chaleur dues aux fuites d'air dans le système
 - de l'interaction entre les deux modes de pertes de chaleur. C'est un moyen d'évaluer le rendement global du système

Objectifs du projet WER

- Déterminer la cote énergétique (WER) des murs construits selon les règles de l'art, contenant de la mousse de polyuréthane pulvérisée (avec différents agents d'expansion), en combinant les pertes de chaleur par conduction et par fuites d'air
- Les murs comportant une enveloppe en polyéthylène et un isolant scellé ont été évalués pour servir de murs de référence

Aperçu du projet WER

- Échantillons de murs construits selon les pratiques courantes en construction
- Essais de résistance thermique et de fuites d'air
- Caractérisation des matériaux
- Simulation sur ordinateur
- Résultats finaux

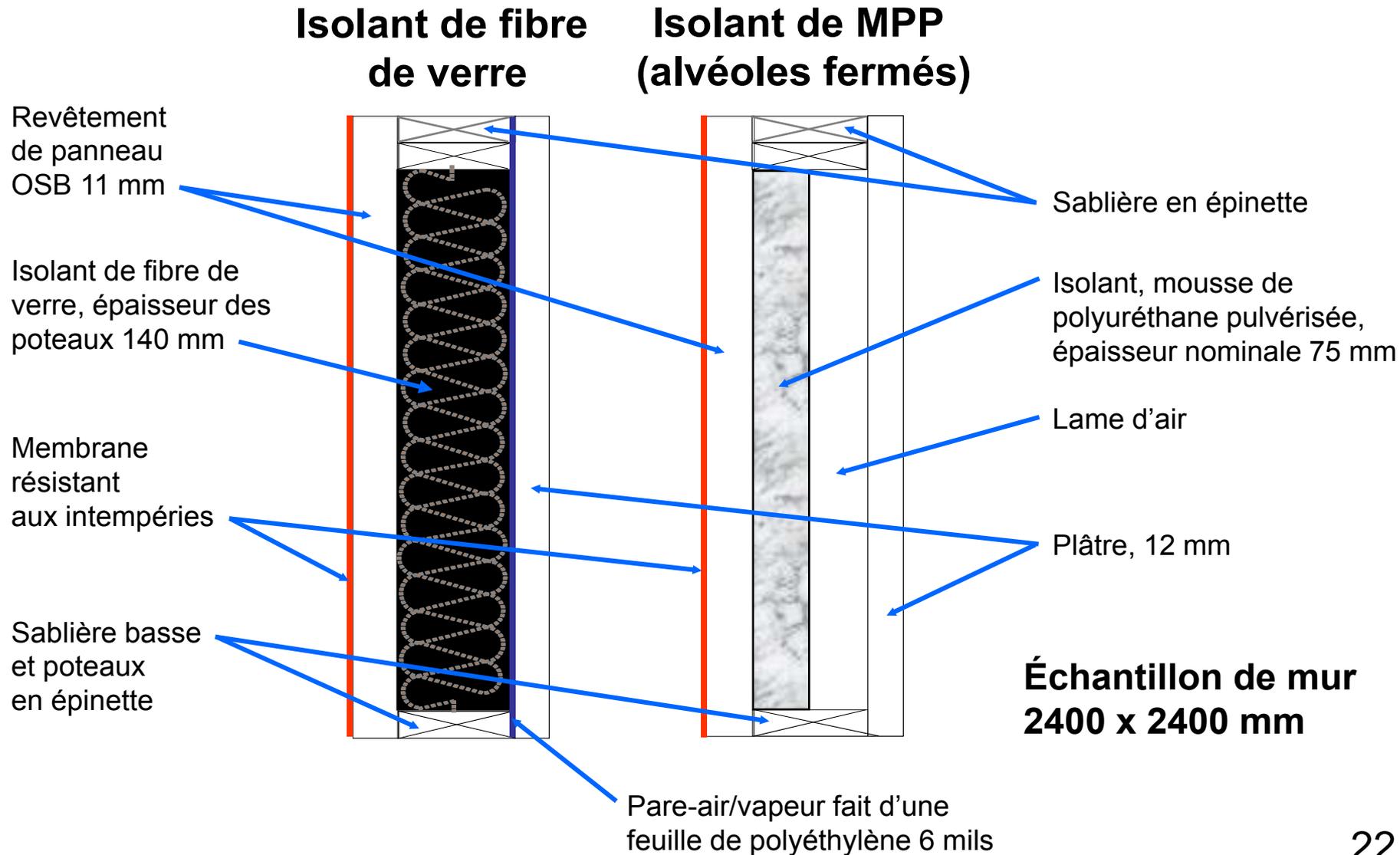


Échantillons de murs

- Six murs avec montants de 5 cm x 15 cm (2 po x 6 po) en épinette, espacés de 41 cm (16 po) (nominal)
- Matériaux d'isolation
 - Enveloppe en polyéthylène et isolant en fibre de verre scellée
 - Mousse de polyuréthane pulvérisée, agent d'expansion HCFC-141b
 - Mousse de polyuréthane pulvérisée, agent d'expansion HFC-245fa
 - Toutes les mousses (densité moyenne et légère) conformes à la norme ULC S705.1-2001



Section transversale d'échantillons de mur types



Section transversale d'échantillons de mur types

Isolant enveloppé de poly

Isolant de MPP (alvéoles ouvertes)

Revêtement de panneau OSB 11 mm

Isolant de fibre de verre, épaisseur des poteaux 140 mm

Membrane résistant aux intempéries

Sablère basse et poteaux en épinette

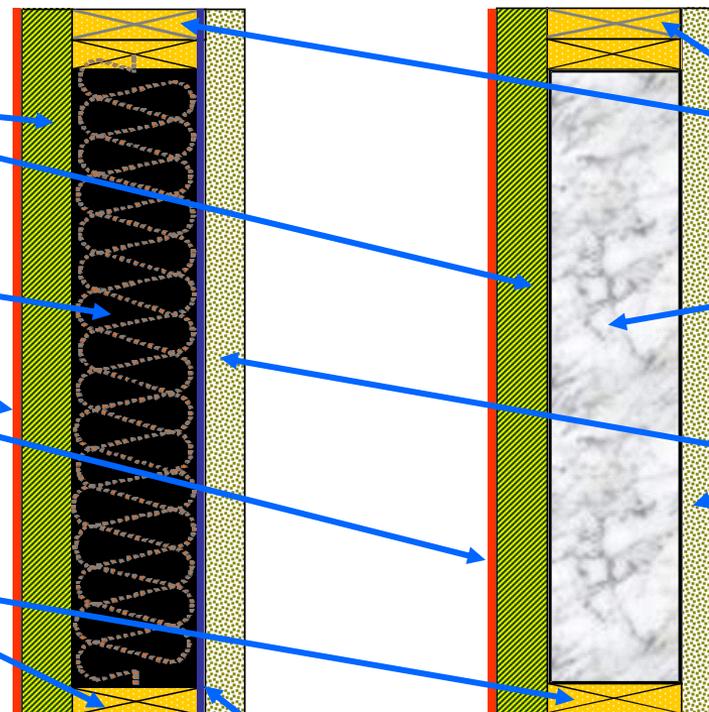
Sablère en épinette

Isolant, mousse de polyuréthane pulvérisée, épaisseur nominale 75 mm

Plâtre, 12 mm

Échantillon de mur 2400 x 2400 mm

Pare-air/vapeur fait d'une feuille de polyéthylène 6 mils



Description des murs, stade II

Mousse légère (à alvéoles ouverts)



Partant d'une ossature en bois

Nattes en fibre de verre enveloppées de polyéthylène



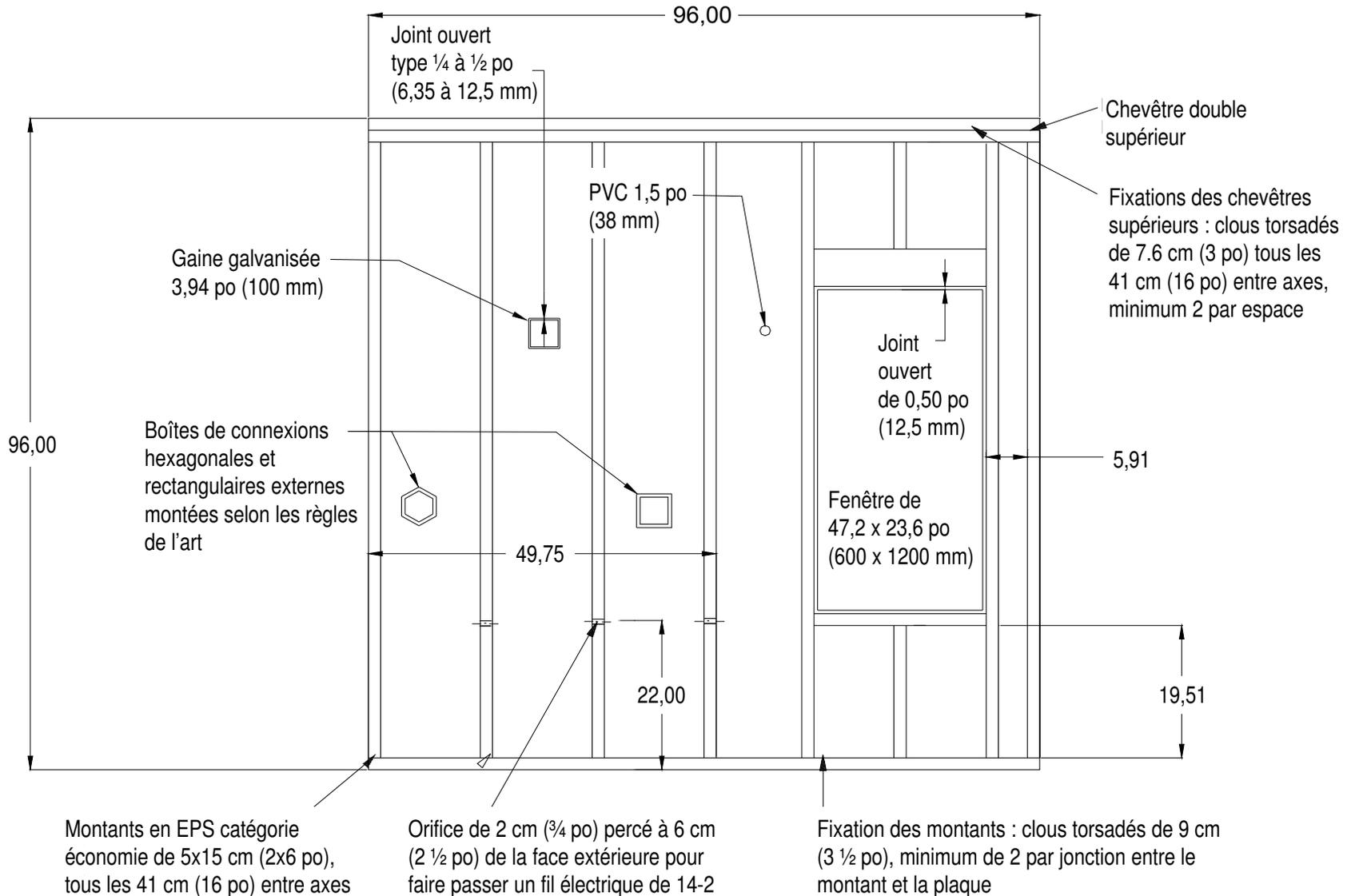
Application de la mousse et finition



Mur garni de mousse fini



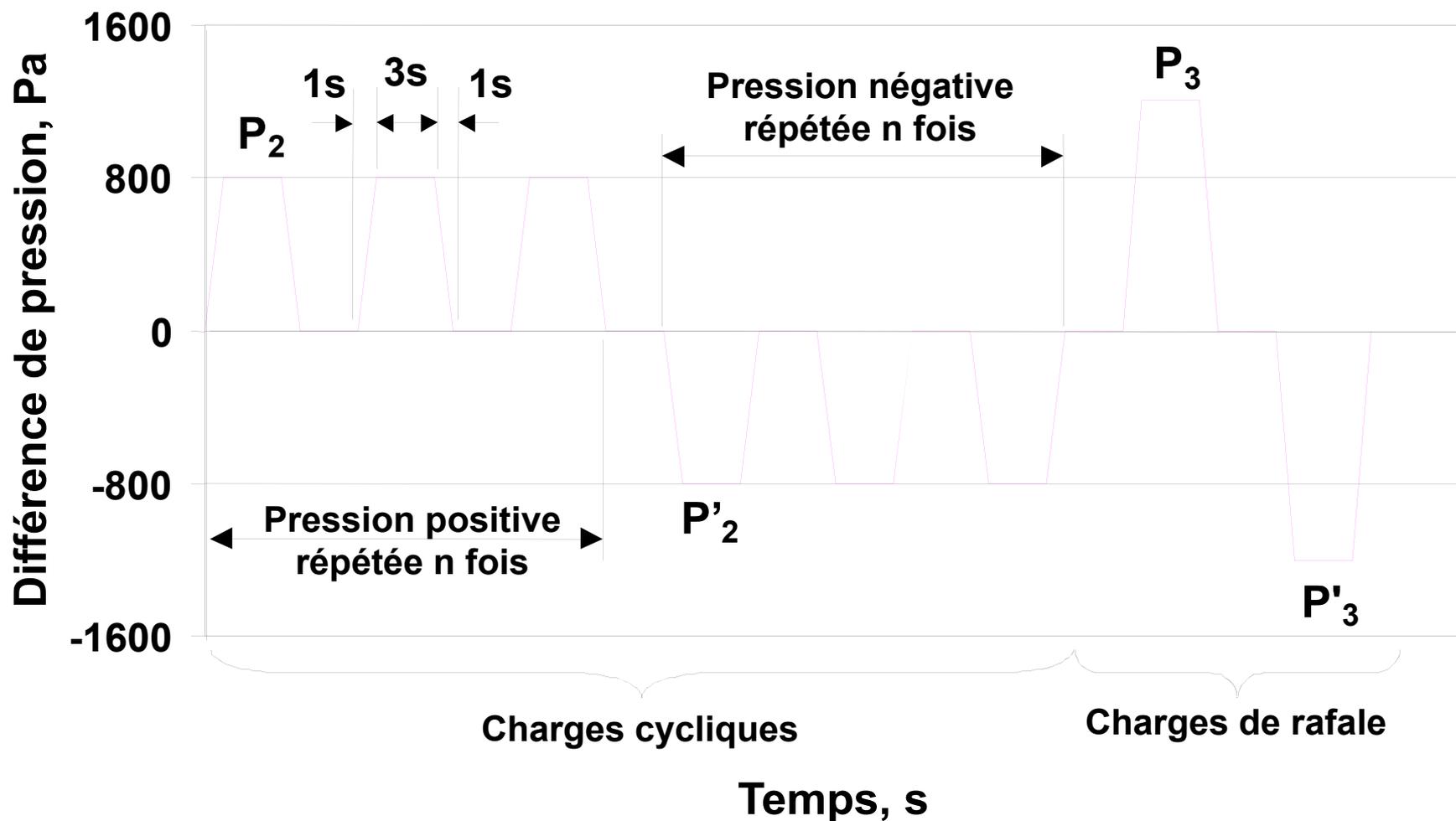
Emplacement des pénétrations (Guide des systèmes d'étanchéité à l'air du CCMC 07272)



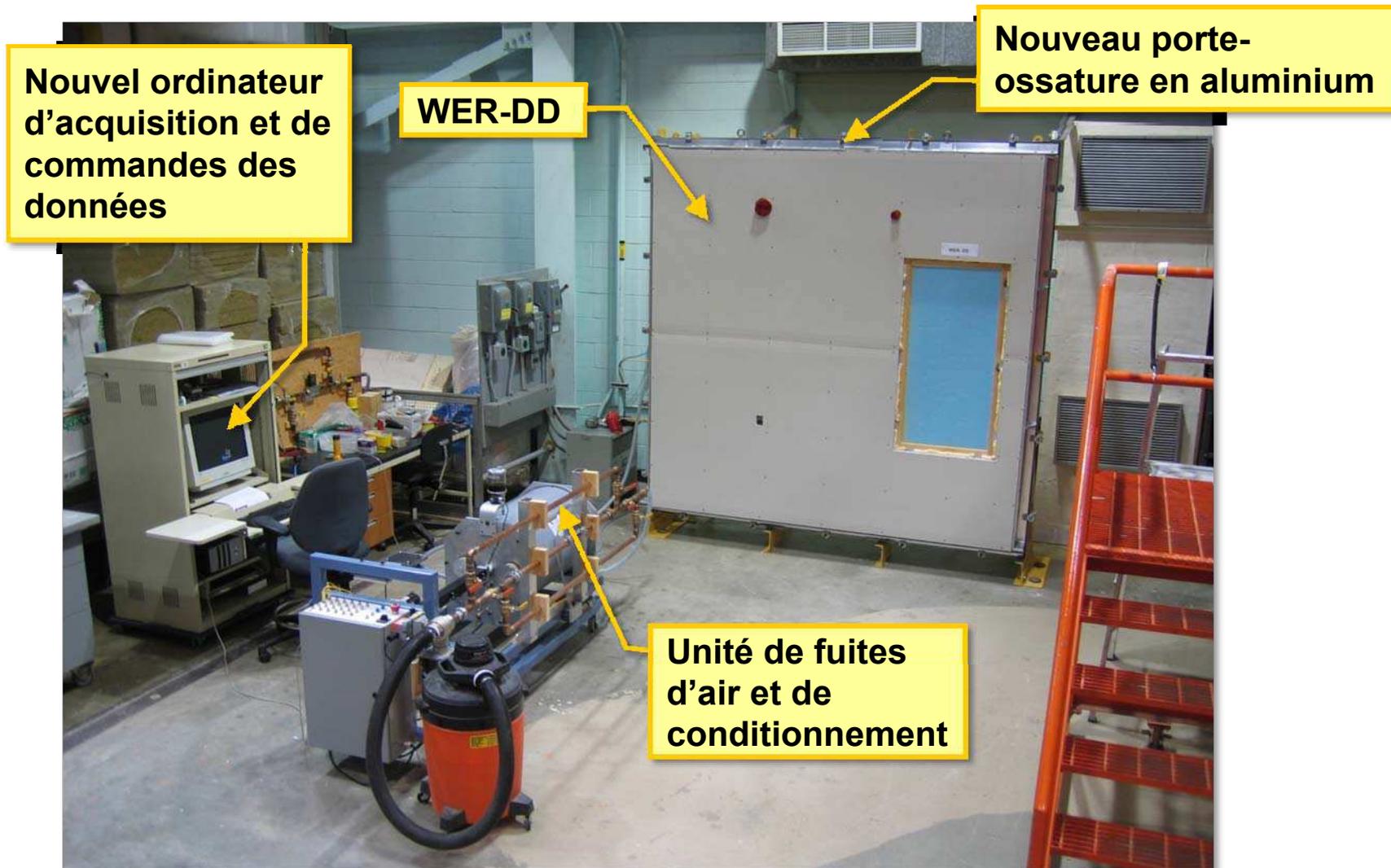
Méthodes d'essais

- Fuites d'air (ASTM E283)
- Résistance thermique du mur (ASTM C1199 et ASTM E1423)
- Caractérisation des matériaux (ASTM C518-98) au moyen d'un fluxmètre thermique
- Conditionnement des échantillons selon le guide technique du CCMC-CNRC (Répertoire normatif section 07272, section 6.62, page 14)

Cycle de pression pour le conditionnement des échantillons



Appareillage d'essai des fuites d'air et de conditionnement



Boîtier pour essais thermiques protégé

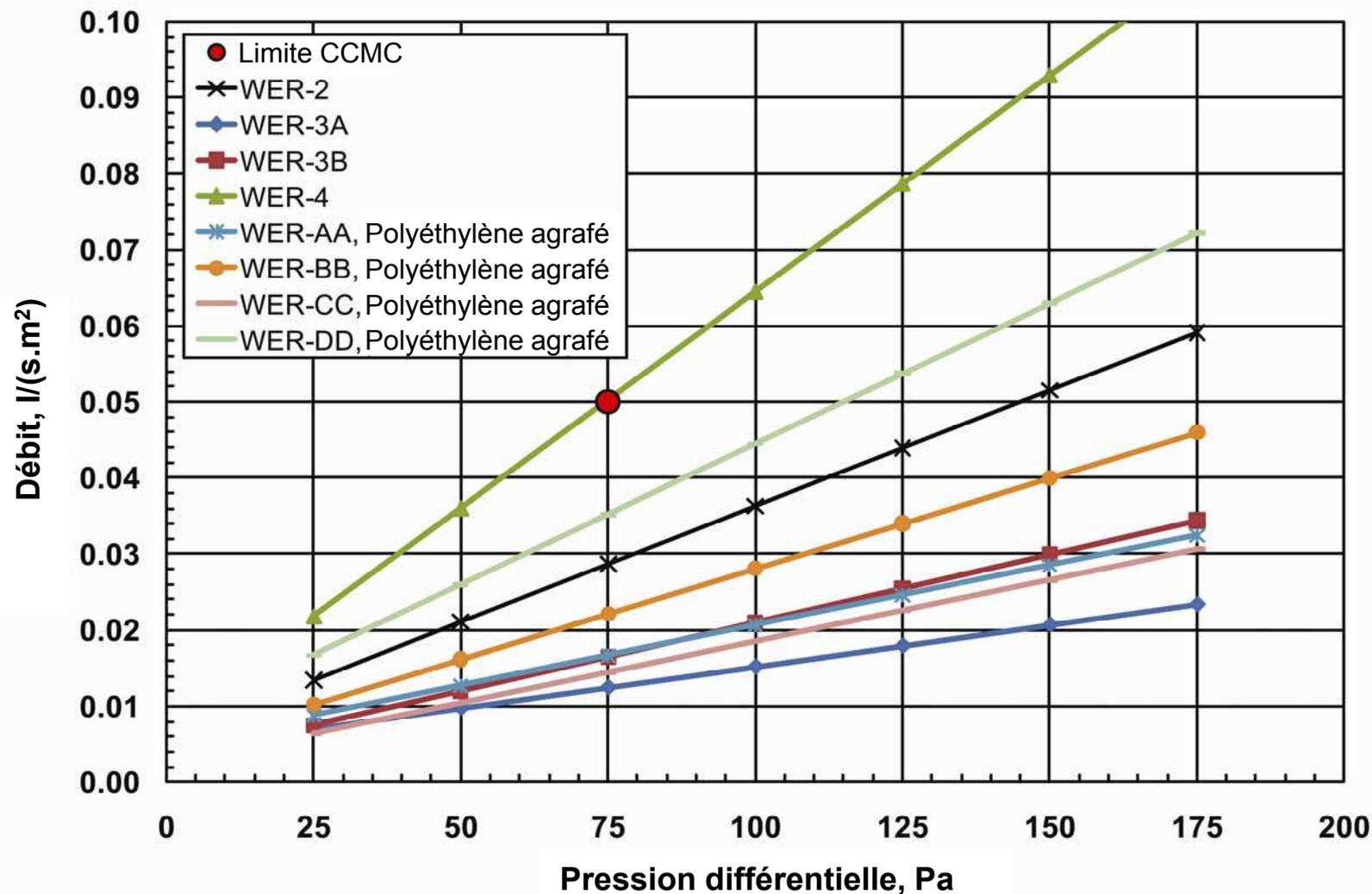


Résultats

- Résultats des essais
 - Fuites d'air
 - Résistance thermique, valeur R
 - Caractérisation des mousses
- Résultats de la simulation
- Comparaison des essais et de la simulation
- Calcul de la cote énergétique du mur (WER)

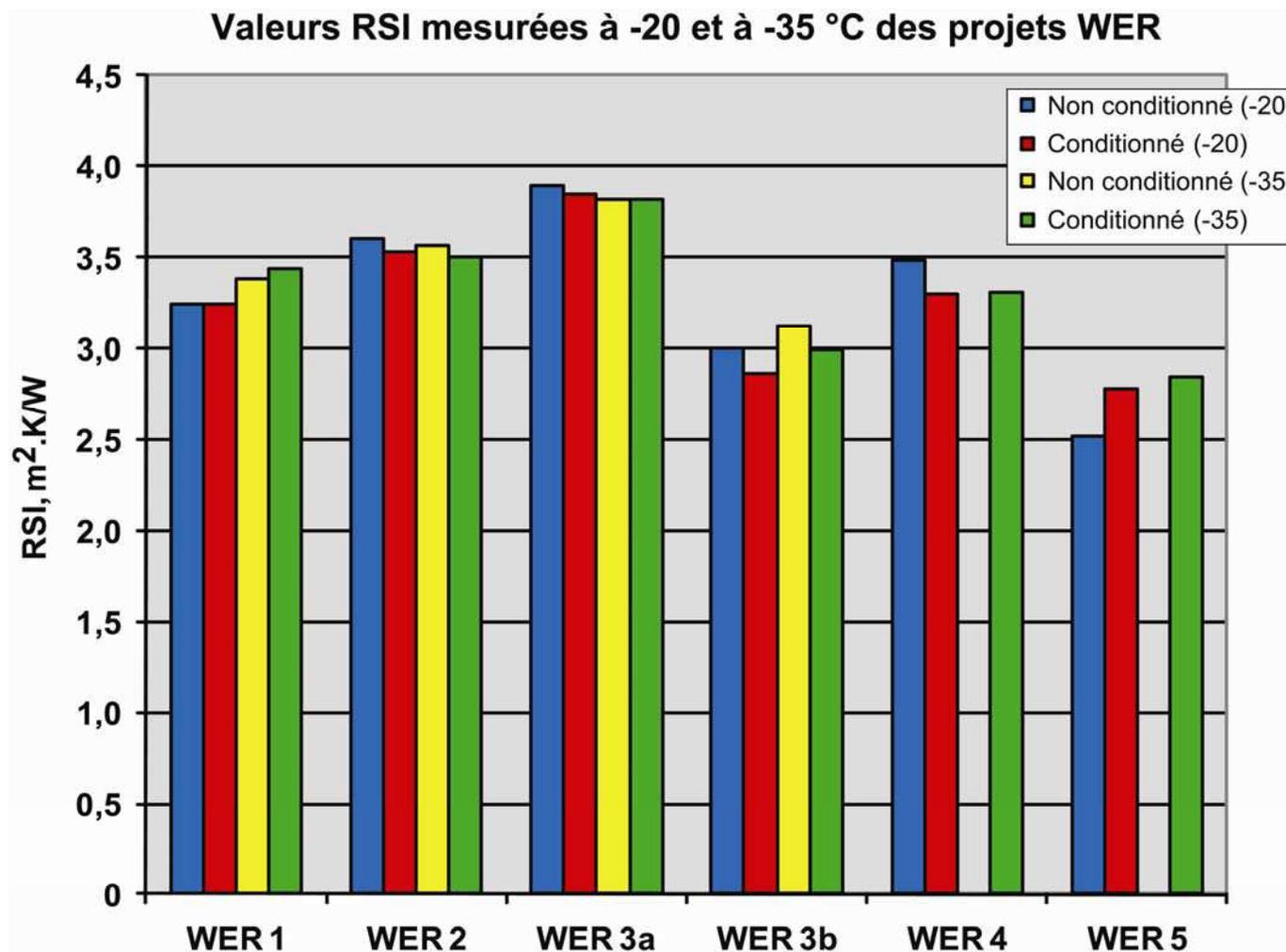
Résultats des essais sur les fuites d'air

Caractéristiques de fuites d'air nettes, mur spécimen conditionné, chevêtre supérieur étanché, infiltration



Résultats des essais : valeur R (suite)

$R_{20} \cong 3,5$ RSI



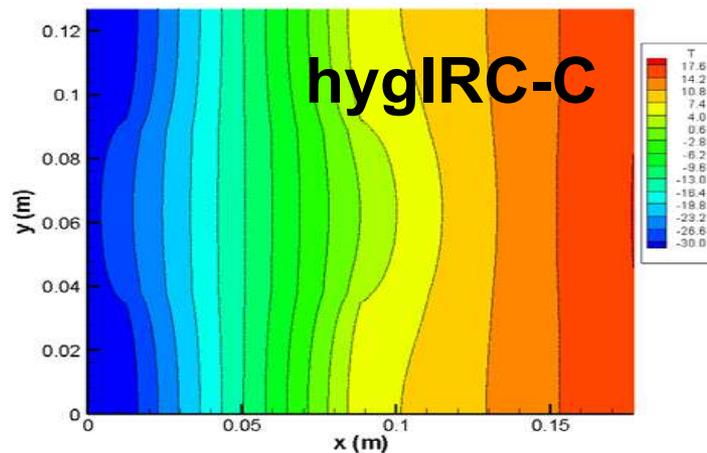
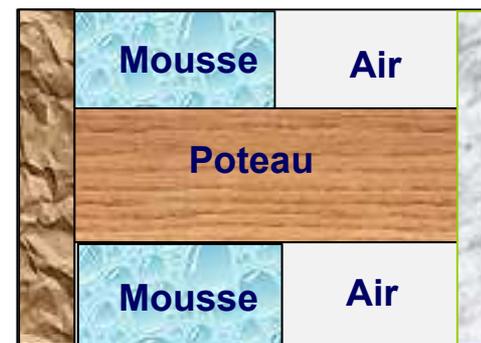
Modélisation mathématique

- Le but est d'utiliser hygIRC (modèle 2-D) et hygIRC-C (modèle 3-D) comme étalons de mesure
- Utiliser hygIRC-C pour prédire les valeurs R des 10 murs dépourvus de fuites d'air et de comparer ces projections avec les résultats mesurés
- Utiliser hygIRC-C pour prédire les valeurs R à différents débits de fuites pour les 10 murs
- Fournir une corrélation simple à utiliser pour déterminer les valeurs R à différents débits de fuites

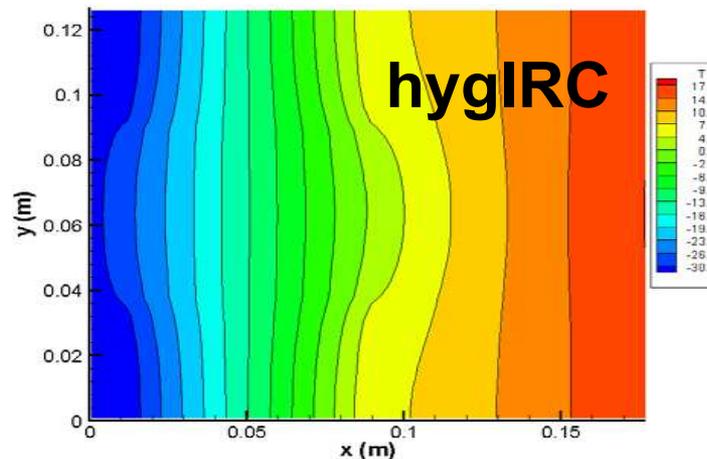
Référenciation des deux modèles

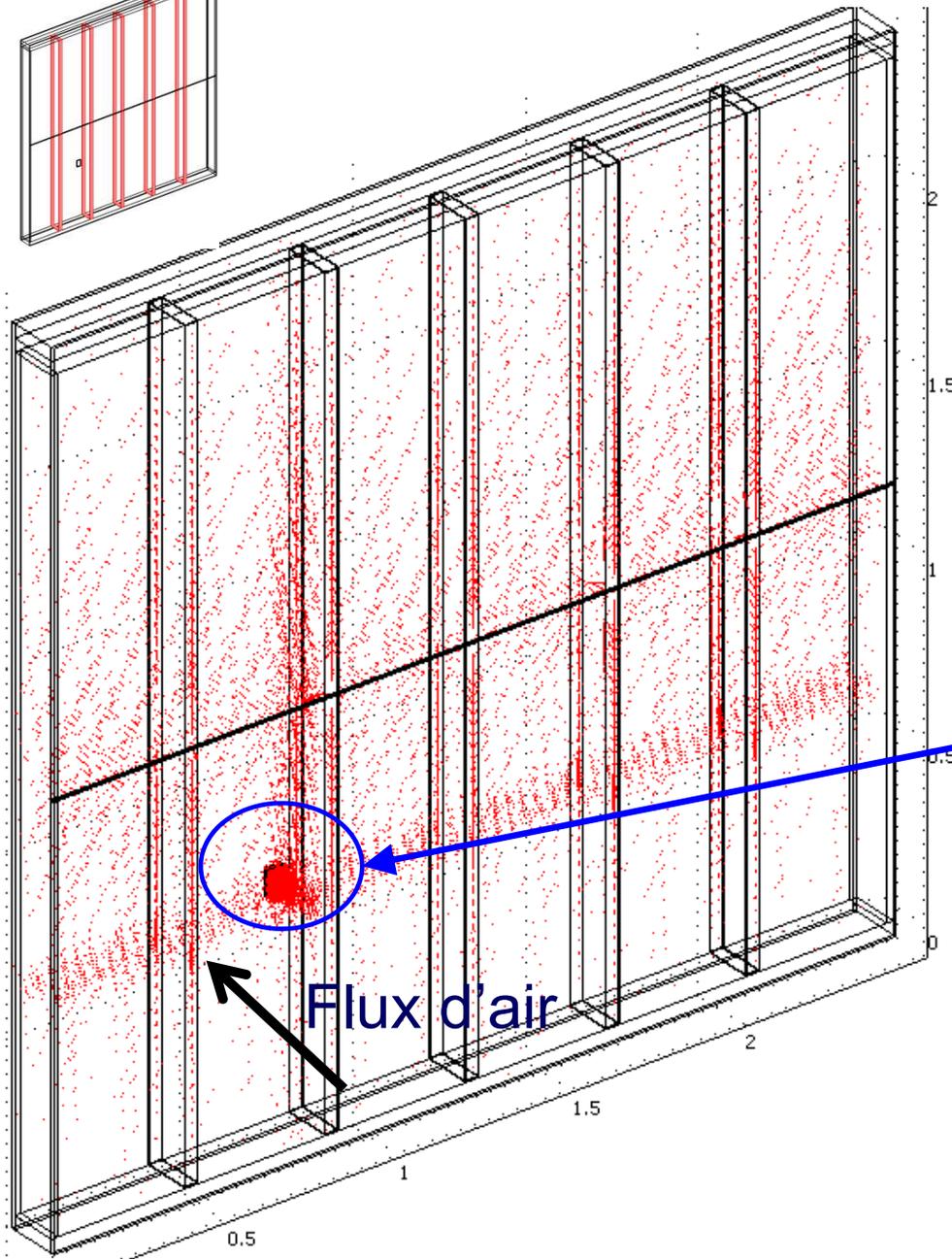
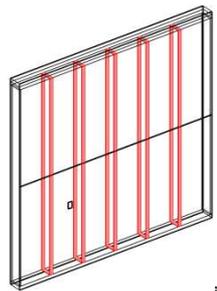
Modèle hygIRC 2-D
Modèle hygIRC-C 3-D

Panneau
 OSB



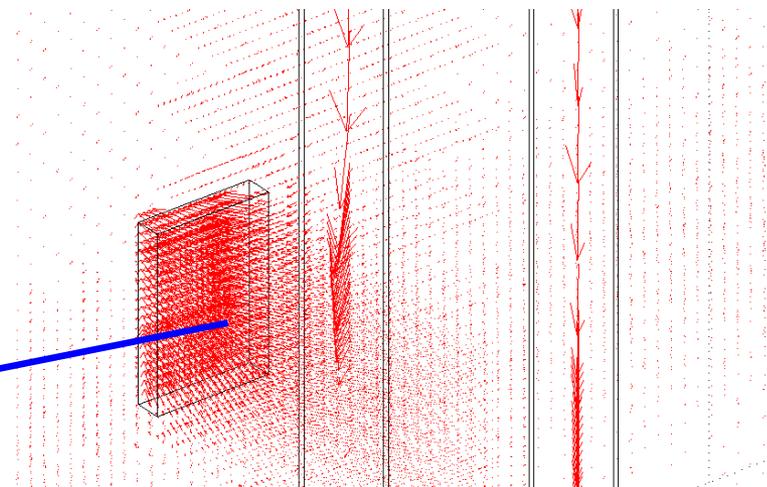
Profils de températures





Échantillon des résultats en 3D (suite)

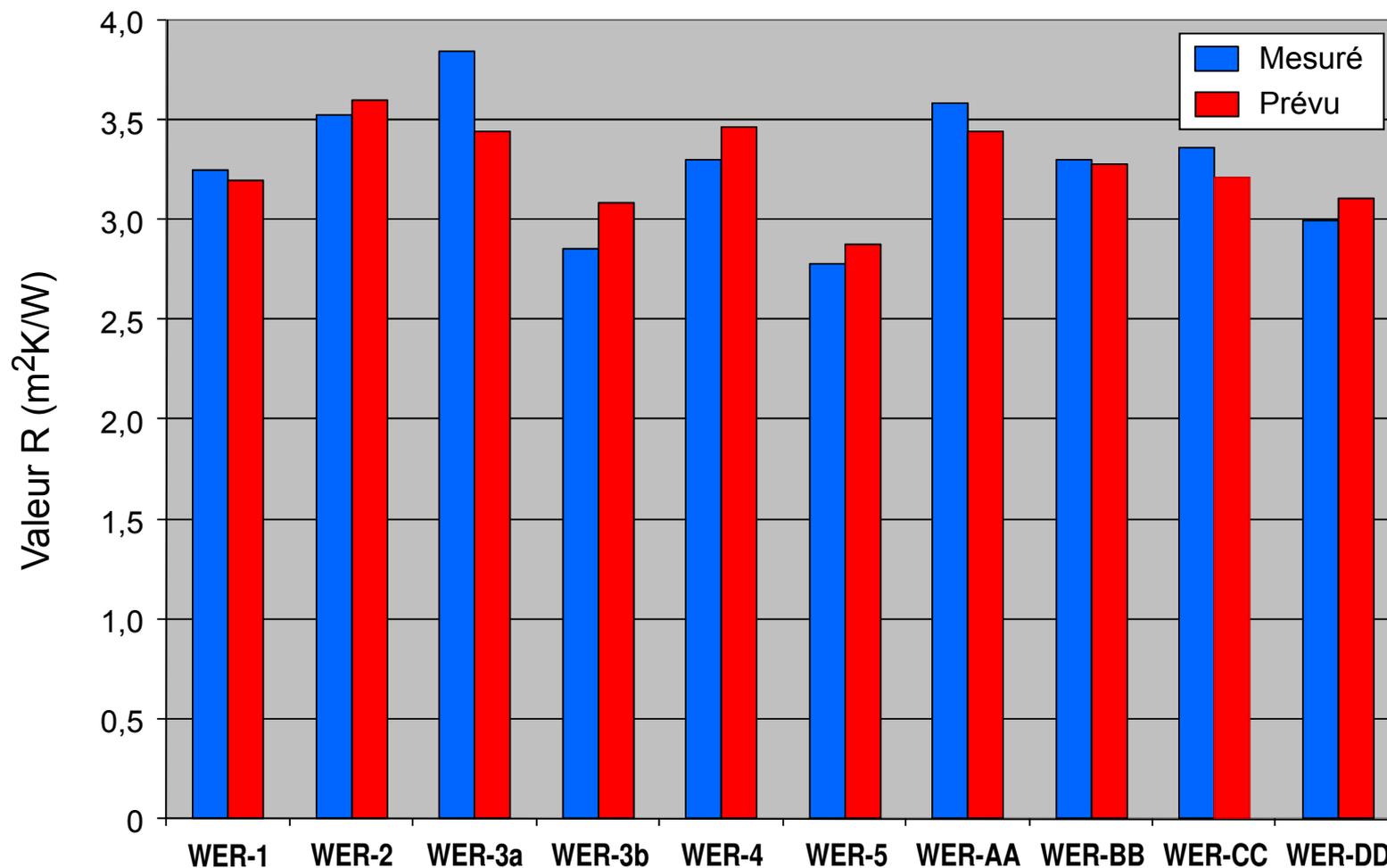
WER-1, $\Delta P = 75 \text{ Pa}$



Champ de vitesse de l'air

Résultats des valeurs R (suite)

*Comparaison des valeurs R projetées
et des valeurs R mesurées à $\Delta P = 0$ Pa pour les 10 murs*



Introduction du ratio β de la valeur R

$$\beta = \frac{R_L \text{ (Valeur R avec fuites d'air)}}{R_o \text{ (Valeur R sans fuites d'air)}}$$

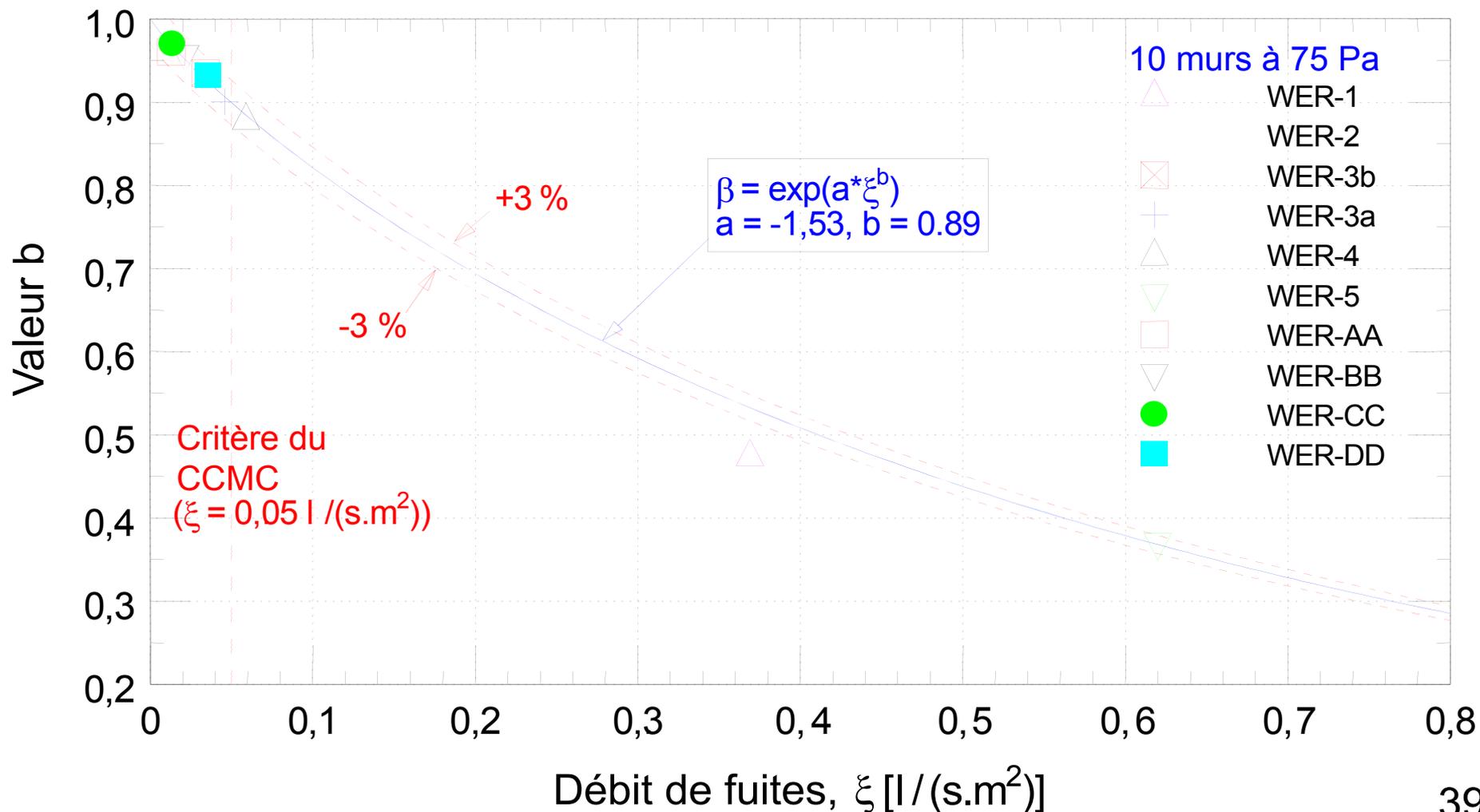
Ce facteur met en évidence l'incidence des fuites d'air sur la valeur R du mur

Détermination de la cote énergétique (WER)

- Besoin
 - Valeur R SANS fuites d'air (GHB), $m^2.K/W$
 - Débit des fuites d'air, ξ , à $\Delta P = 75 \text{ Pa}$, $l/(s.m^2)$
- Déterminer la valeur R du mur avec fuites d'air à différentes valeurs ΔP
- Déterminer le ratio β de la valeur R
- Mettre au point une expression pour la cote énergétique (WER)
- Calculer la cote énergétique (WER)

Solution : le ratio des valeurs R correspond bien

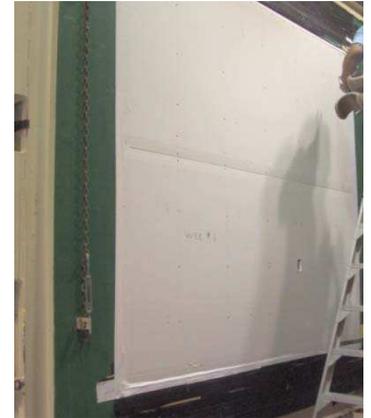
L'ajustement de la courbe est fonction des valeurs β à 75 Pa



Calcul de la valeur RSI apparente

Début

Pour un mur donné

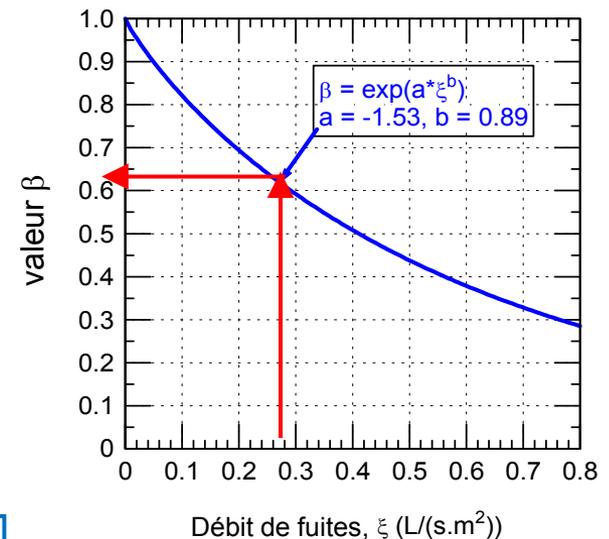


Obtenir la valeur R sans fuites, RSI_0 , expérimentalement, dans le GHB

Faire un essai de fuites pour obtenir le débit de fuites, ζ à $\Delta P = 75 \text{ Pa}$, $\text{l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$

Calculer la valeur β avec :
 $\beta = \exp(a \cdot \zeta^b)$, $a = -1,53$, $b = 0,89$

Calculer la valeur R avec fuites, RSI_L
ainsi : $RSI_L = \beta * RSI_0$



Fin

Calcul de la cote énergétique (WER) : nouvelle proposition de normalisation

RSI_0 = Résultat de l'essai en boîtier thermique protégé à $\Delta T = 40$ °C

ξ = Résultat de l'essai de fuites d'air, $l/(s.m^2)$ à 75 Pa

$\beta = \exp(-1.53 * \xi^{0,89})$ ou relever sur le graphique

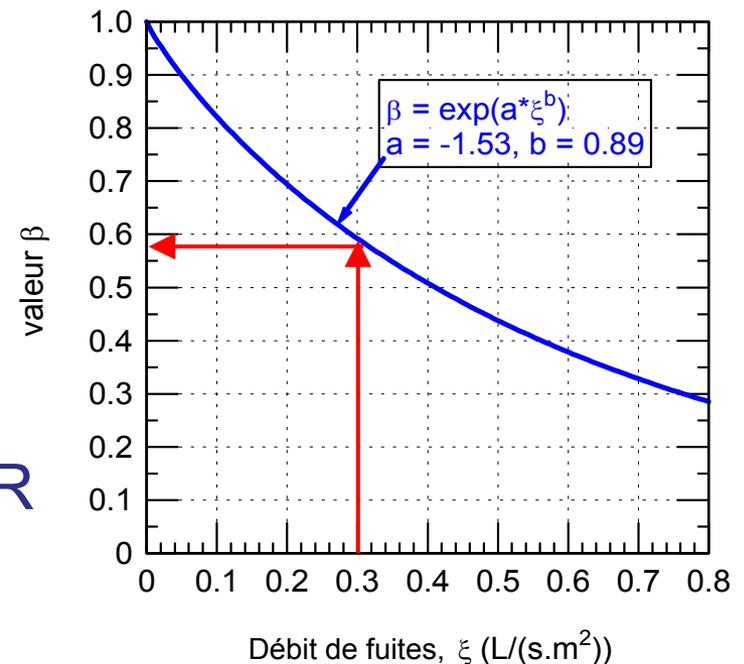
$$RSI_L = \beta * RSI_0$$

$$WER = -\Delta T / RSI_L, W/(m^2)$$

$$WER_{Cal} = 50 - C (\Delta T / RSI_L)$$

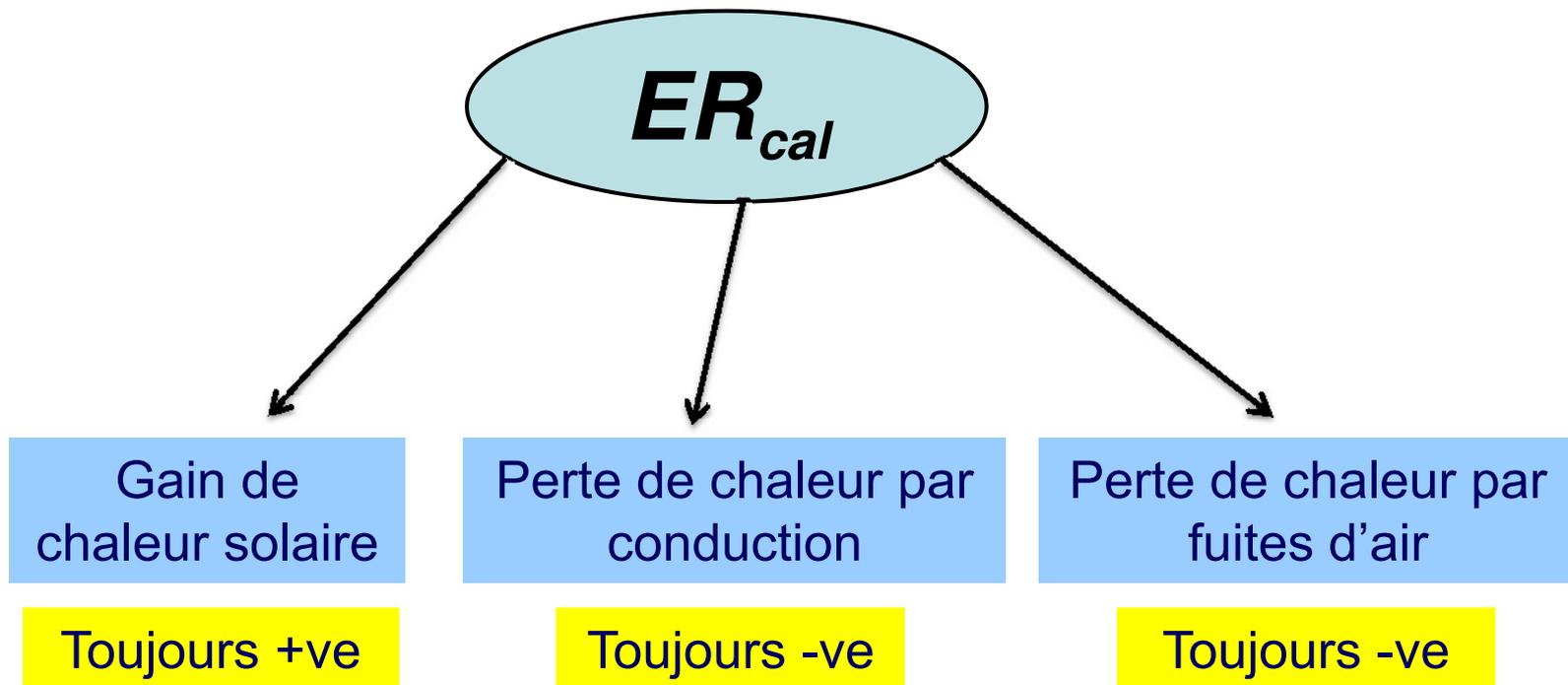
$C = 1, m^2/W$ pour normaliser WER

WER_{Cal} est adimensionnel



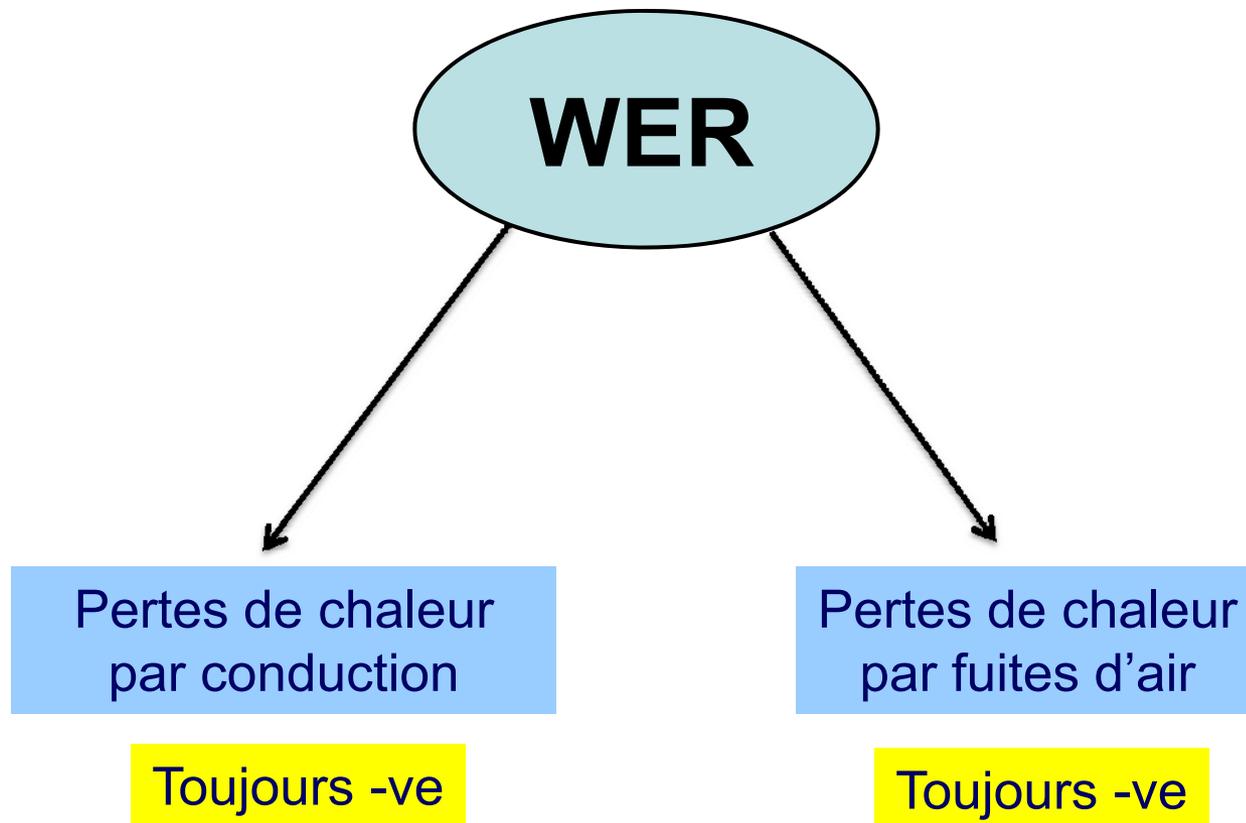
Approche de la norme CSA A-440.2

- Cote énergétique des fenêtres ER_{cal} (W/m^2)



WER : un outil de mesure de la cote énergétique des murs

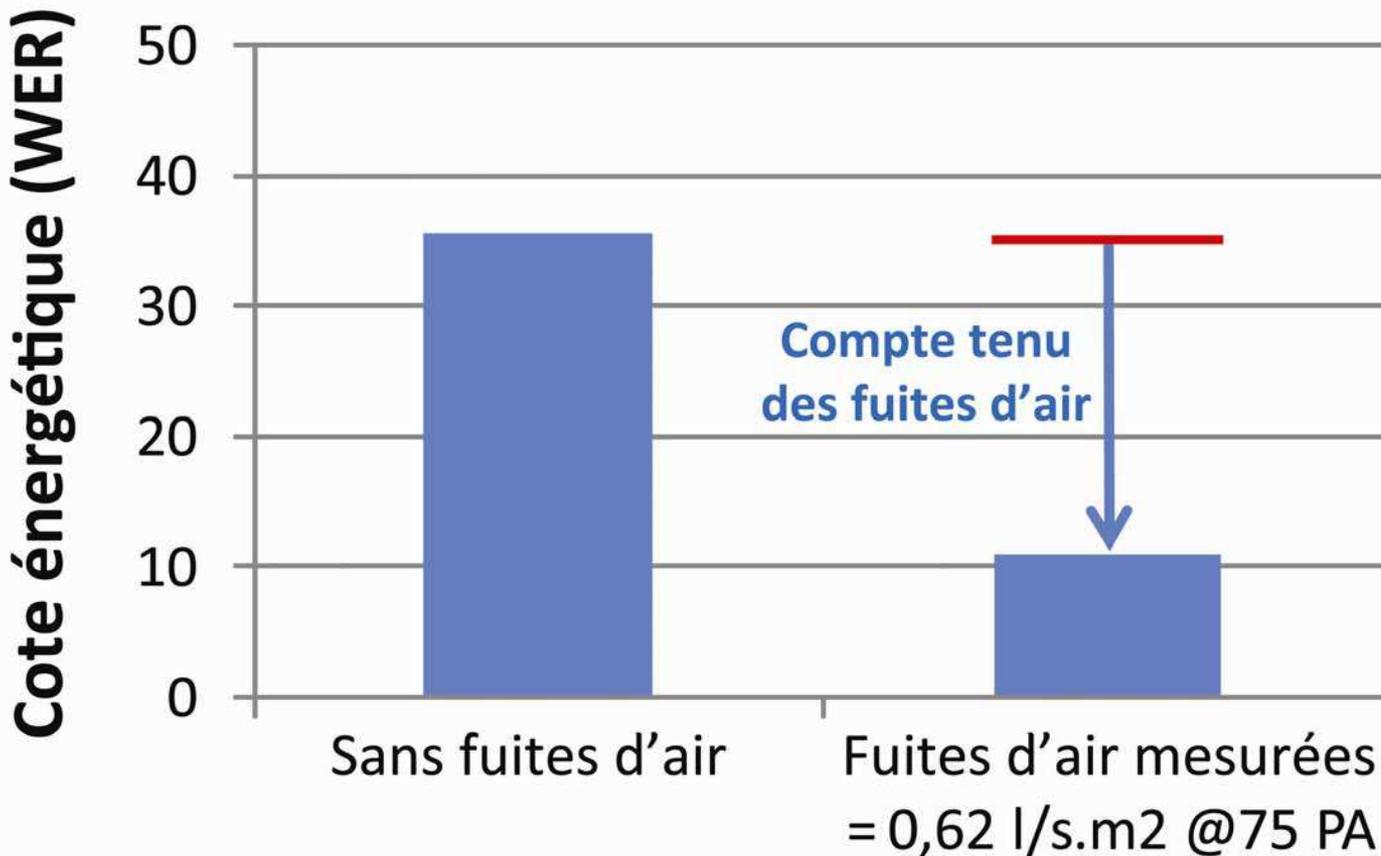
- Cote énergétique des murs WER (W/m^2)



Les effets des fuites d'air sur la cote énergétique (WER) – cas n° 1

Incidence de fuites d'air importantes sur la cote énergétique (WER)

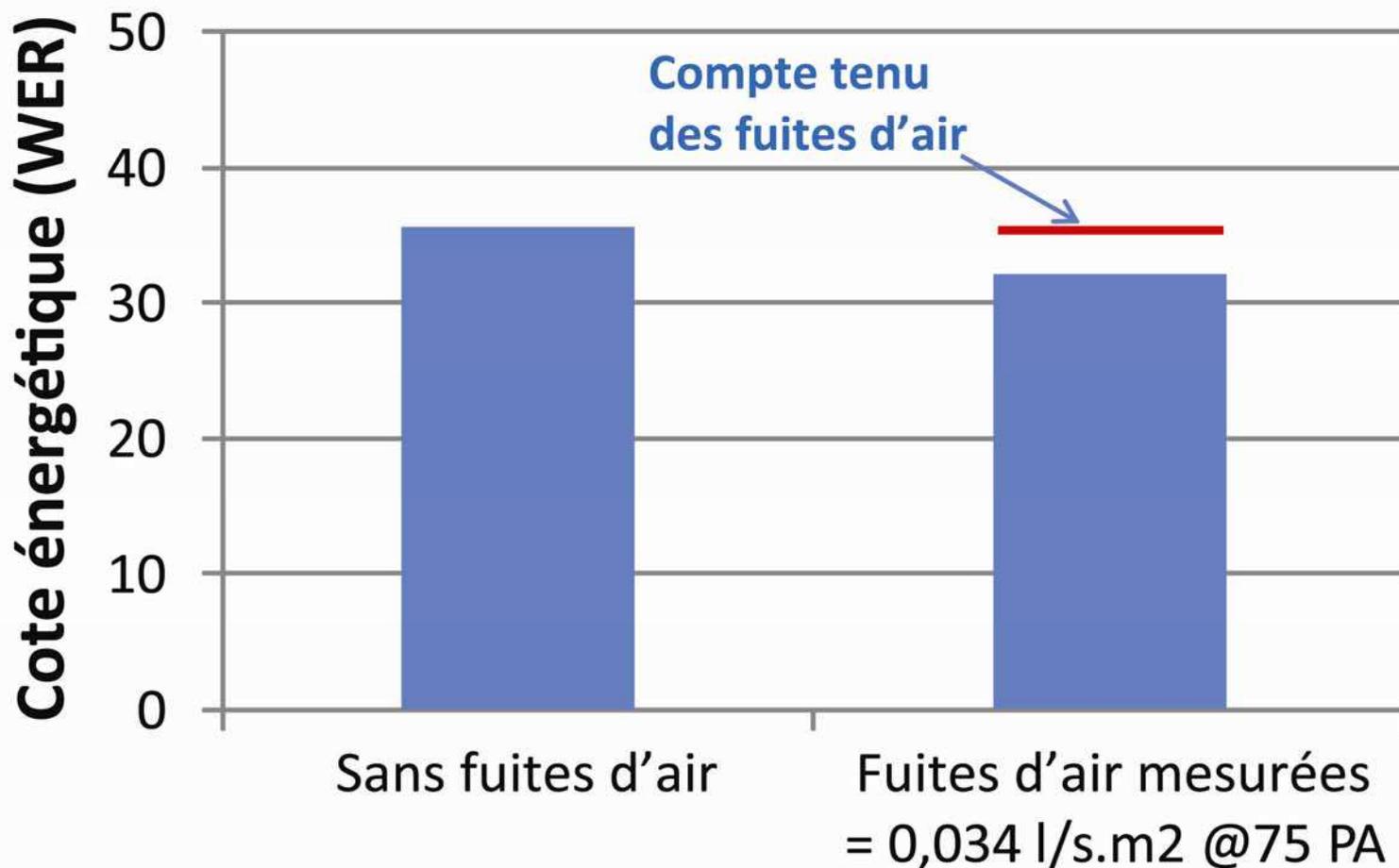
Mur traditionnel avec pénétrations – polyéthylène raccordé par chevauchements



Les effets des fuites d'air sur la cote énergétique (WER) – cas n° II

Incidence de fuites d'air importantes sur la cote énergétique (WER)

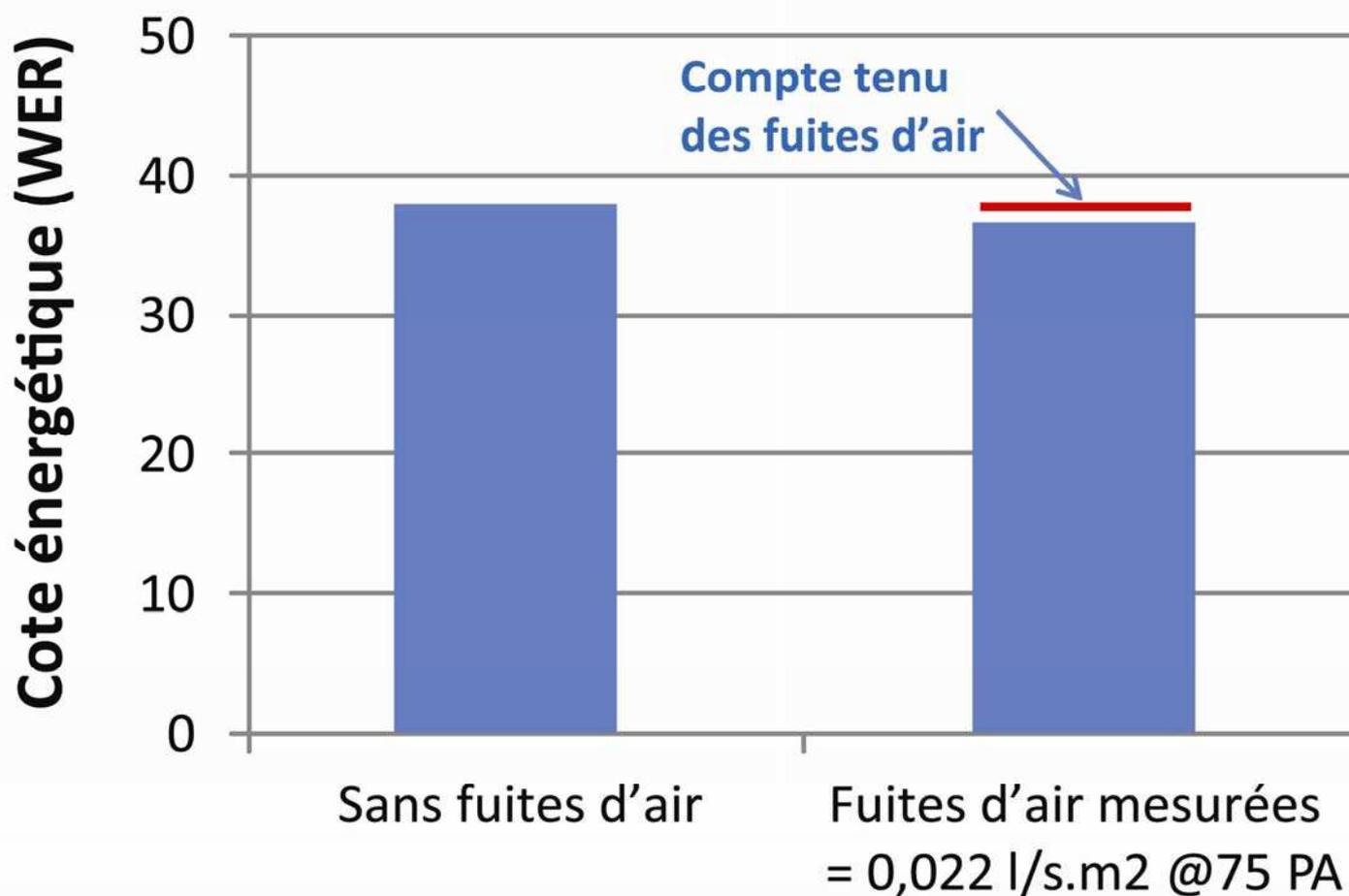
Mur en EPS avec pénétration – nouvel agent gonflant



Les effets des fuites d'air sur la cote énergétique (WER) – cas n° III

Incidence de fuites d'air importantes sur la cote énergétique (WER)

Mur en EPS, mousse à alvéoles ouverts, avec pénétration



Remarques de clôture

- Il existe maintenant une nouvelle méthode pour déterminer le rendement énergétique des murs isolés, avec et sans pénétration
- La méthode ne nécessite qu'un minimum d'essais en laboratoire
- La simulation sur ordinateur s'est révélée très utile et exacte pour prédire la valeur R d'un mur, avec et sans fuites d'air

Remarques de clôture *(suite)*

- Il est nécessaire d'étendre les essais à d'autres matériaux et à d'autres pratiques de construction pour obtenir une corrélation complète
- Nous tentons actuellement d'inviter d'autres intervenants à se joindre à ces travaux
- La prochaine étape sera de mettre au point des normes nationales (et internationales) à cet effet

Remerciements

- Nous remercions nos partenaires pour leur contribution à ce projet
 - BASF
 - CUFCA
 - Demilec
 - Honeywell

CNRC-NRC

*Institut de
recherche en
construction*

Pour un
environnement
bâti de qualité

www.irc.cnrc-nrc.gc.ca



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada 