



Réseau Énergie
et Bâtiments

1

Systemes photovoltaïques intégrés aux bâtiments

la production d'énergie grâce à l'enveloppe du bâtiment

Véronique Delisle, ing., Ph.D. – Gestionnaire de projets, CanmetÉNERGIE,
Ressources naturelles Canada

Plan de la présentation

1

Contexte

2

Qu'est-ce que le photovoltaïque intégré aux bâtiments (PVIB)?

3

Systèmes PVIB au Canada

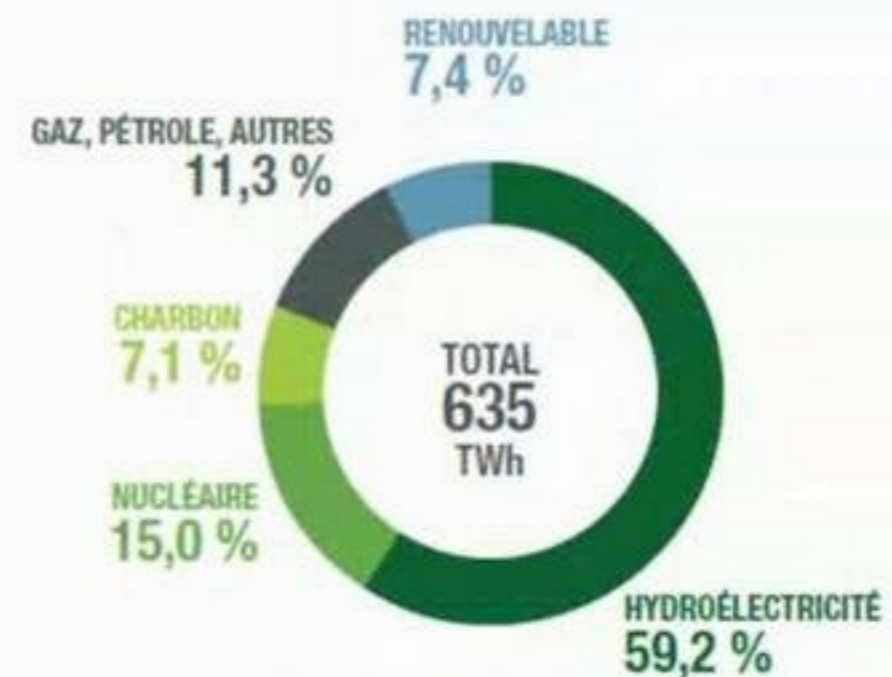
4

R et D en PVIB



Objectifs de carboneutralité

- Le réseau électrique du Canada est exempt d'émissions à plus de 82%
- Objectifs :
 - Carboneutralité du réseau électrique au Canada d'ici 2035 (Règlement sur l'électricité propre)
 - La totalité des voitures et camions légers à passagers vendus sont des véhicules zéro émission d'ici 2035
 - Carboneutralité d'ici 2050



Production électrique au Canada par source, 2019

Source : [RNCAN, Cahier d'information sur l'énergie 2021-2022](#)

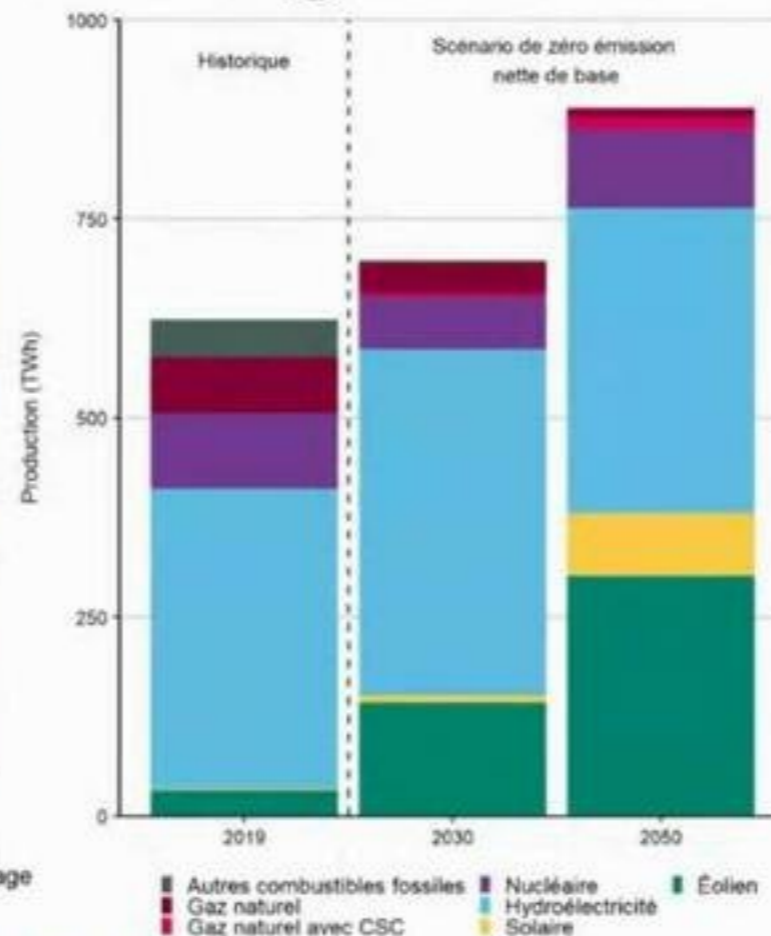
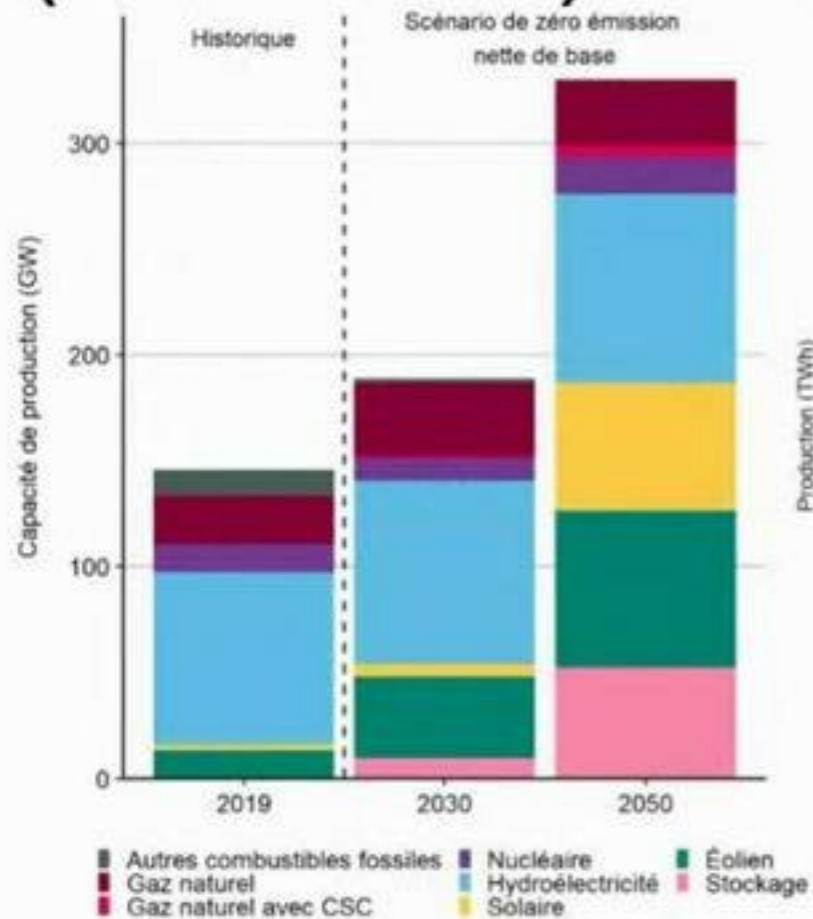


Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Scénario zéro émission nette de base (électricité) de la Régie de l'énergie du Canada



- L'éolien et le solaire viennent en tête du peloton pour ce qui est des ajouts de capacité dont ils constituent 59 % jusqu'en 2050.
- La croissance de la nouvelle demande est principalement comblée par l'éolien et le solaire, ainsi que par d'autres technologies sobres en carbone, comme les petits réacteurs modulaires (PRM), l'hydroélectricité et le gaz naturel jumelé au captage et stockage du carbone (CSC).

Source : [REC, Avenir énergétique du Canada 2021](#)



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Capacité installée d'énergie solaire PV



PV CONTRIBUTION TO ELECTRICITY DEMAND



Source : [IEA, Trends in PV Applications 2022](#)



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Potentiel PV au Canada

Canada		International	
Ville (Province)	Potentiel PV annuel – Inclinaison = Latitude (kWh/kW)	Ville (Pays)	Potentiel PV annuel – Inclinaison = Latitude (kWh/kW)
Regina (SK)	1361	Le Caire (Égypte)	1635
Calgary (AB)	1292	Capetown (Afrique du sud)	1538
Winnipeg (MB)	1277	New Dehli (Inde)	1523
Montréal (QC)	1185	Los Angeles (É.-U.)	1485
Toronto (ON)	1161	Regina (Canada)	1361
Fredericton (NB)	1145	Sydney (Australie)	1343
Québec (QC)	1134	Rome (Italie)	1283
Charlottetown (PE)	1095	Rio de Janeiro (Brésil)	1253
Yellowknife (NT)	1094	Montréal (Canada)	1185
Victoria (CB)	1091	Beijing (Chine)	1148
Halifax (NE)	1074	Washington D.C. (É.-U.)	1133
Iqaluit (NU)	1059	St. John's (Canada)	933
Vancouver (CB)	1009	Tokyo (Japon)	885
Whitehorse (YT)	960	Berlin (Allemagne)	848
St. John's (TN)	933	Londres (Angleterre)	728



1

Contexte

2

Qu'est-ce que le photovoltaïque
intégré aux bâtiments (PVIB)?

3

Systèmes PVIB au Canada

4

R et D en PVIB



Qu'est-ce que le photovoltaïque intégré au bâtiment (PVIB)?

- Composante du bâtiment avec une double fonctionnalité :
 - Convertir l'énergie solaire en électricité
 - Remplir une ou plusieurs fonctions de l'enveloppe du bâtiment



Source: https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/solar-photovoltaic/NRCan_BIPV_Factsheet_EN.pdf



Les avantages du PVIB

- En comparaison aux systèmes PV au sol :
 - L'espace requis ne va pas au-delà de l'empreinte du bâtiment
- En comparaison aux systèmes PV ajoutés aux bâtiments :
 - S'intègre de façon plus esthétique
 - Remplace une partie des coûts associés à l'enveloppe du bâtiment
- En comparaison à un enveloppe de bâtiment standard :
 - Produit de l'énergie sans émissions de GES
 - Peut réduire les coûts en électricité d'un bâtiment
 - Peut augmenter la flexibilité du bâtiment par rapport au réseau électrique
 - Peut augmenter la résilience du bâtiment



Les technologies de cellules PVIB



Les technologies de cellules PVIB

Silicium cristallin

- Mono-Si
- Poly-Si
- Bifacial

Rigide, opaque, cellules espacées

Efficacité des modules au-delà de 22%

La puissance générée diminue avec l'augmentation de la température des cellules
(-0.50 %/°C)

Durée de vie > 25 ans

Couche mince à partir de silicium

- a-Si/ μ c-Si
- a-Si/nc-Si

Rigide ou flexible,
Films "transparents"

Efficacité des modules jusqu'à 9%

La puissance générée est moins sensible à l'augmentation de température des cellules
(-0.36 %/°C)

Durée de vie > 25 ans

Couche mince (autres)

- À partir de polymère
- À partir de Pérovskite

Flexible, transparent,
Films à couleur réglable

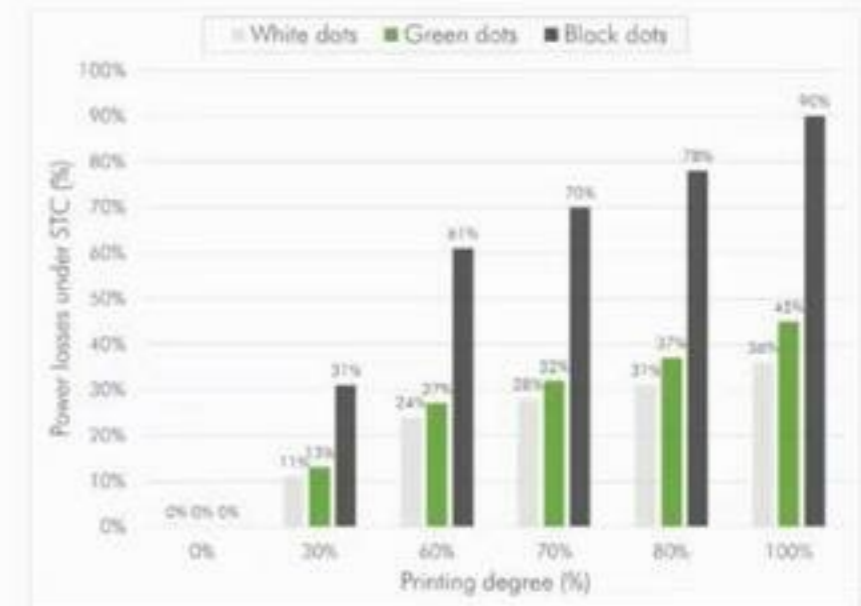
En développement

La puissance générée est peu sensible à la température des cellules
(+0.05 %/°C)

Durée de vie < 7 ans



Revêtements et impressions



Source: Adapted from a presentation of Dr. Pierluigi Bonomo, SUPSI

- La plupart des méthodes de revêtements et impressions utilisées pour le verre peuvent être appliquées au PVIB
- Pour les solutions PVIB à base de verre, presque toutes les couleurs, formes et textures sont possibles
- Comme pour tout matériau de construction, la personnalisation a un impact important sur le prix des modules



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

1

Contexte

2

Qu'est-ce que le photovoltaïque
intégré aux bâtiments (PVIB)?

3

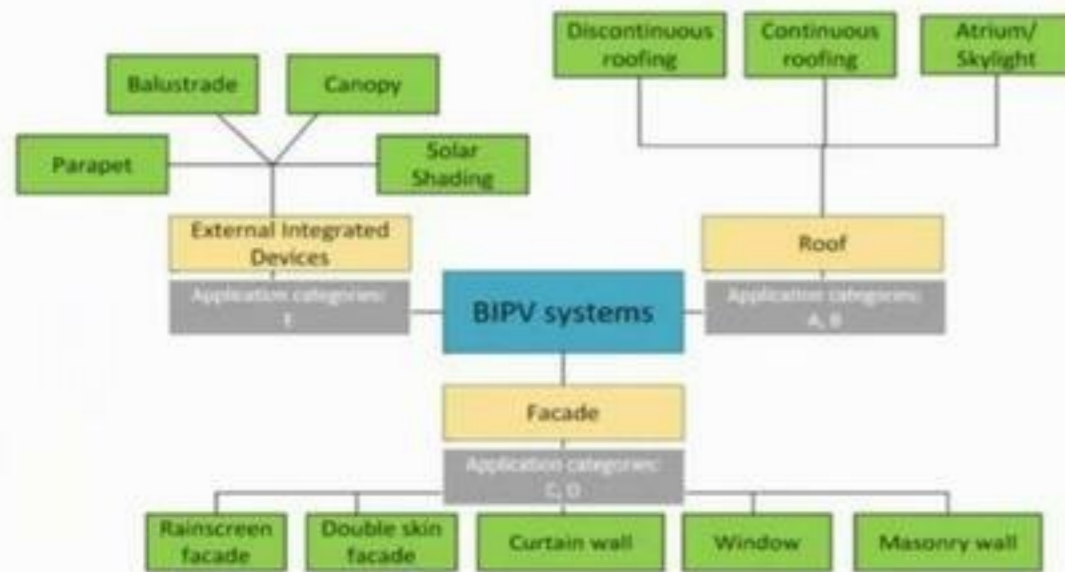
Systemes PVIB au Canada

4

R et D en PVIB



Systeme de classification des systemes PVIB



Source: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/09/IEA-PVPS-T15-12_2021_BIPV-categorization_report.pdf



Source: SUPSI, Building Integrated Photovoltaics: A practical handbook for solar buildings' stakeholders, Status Report 2020








Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Catégorisation des systèmes PVIB

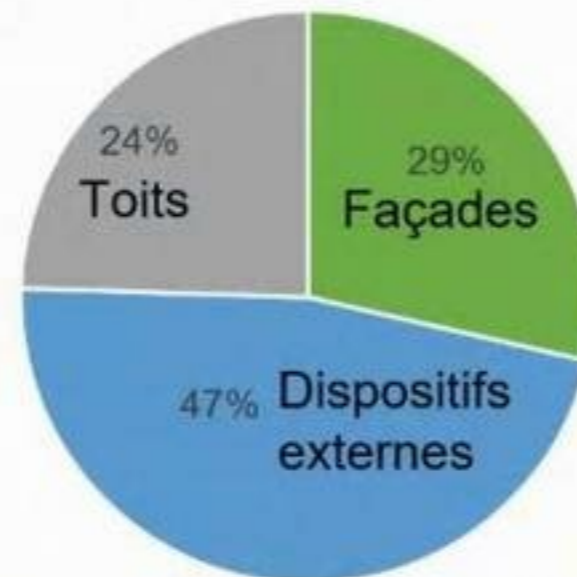
- Selon la norme IEC 63092

Catégorie		
A	Incliné, intégré au toit , non accessible depuis l'intérieur du bâtiment.	
B	Incliné, intégré au toit , accessible depuis l'intérieur du bâtiment	
C	Non-incliné (vertical) intégré à l'enveloppe, non accessible depuis l'intérieur du bâtiment	
D	Non-incliné (vertical) intégré à l'enveloppe, accessible depuis l'intérieur du bâtiment	
E	Intégré à l' extérieur , accessible ou non de l'intérieur du bâtiment	



Capacité PVIB installée au Canada

- Système avec la plus grande capacité au Canada : Edmonton Convention Centre (170 kW_{DC})
- Capacité totale installée : > 1,5 MW



Edmonton Convention Centre

Crédits photo: Kybenenergy.ca; Architecte: DIALOG



Bibliothèque de Varennes, Varennes, QC



CATÉGORIE A

- Toit PVIB en 3 sections
 - Ventilé naturellement
 - Ventilé mécaniquement
 - Ventilé mécaniquement avec récupération de chaleur (PVIBT)
- Achievé en décembre 2014
- Capacité installée : 110 kW_{DC}

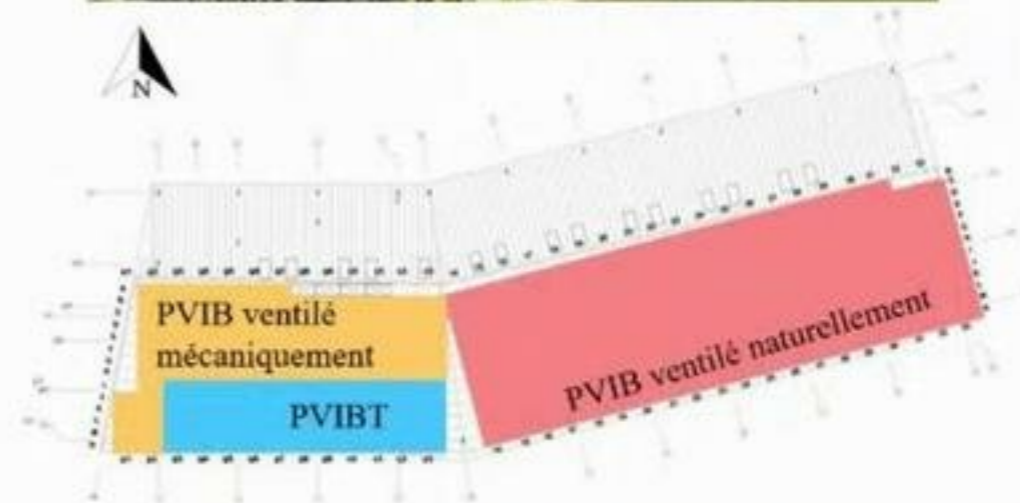


Photo credit: Maxime Gagné; Architectes: Labbé-Laroche et Gagné-Leclerc et associées



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



University of Alberta ALES, Edmonton, AB

- Toit d'atrium PVIB
- Utilise des panneaux semi-transparents fabriqués sur mesure
- Achevé en 2018
- Capacité installée : 10 kW_{DC}



Crédits photo: The Gateway (top image), University of Alberta
(Bottom photos)



Jeanne and Peter Lougheed Arts Centre, Camrose, AB



- Façade PVIB (sur les 4 côtés) utilisant des panneaux PV standards
- Achevé en 2014
- Capacité installée : 122 kW_{DC}
- Produit environ 20% des besoins en électricité du bâtiment



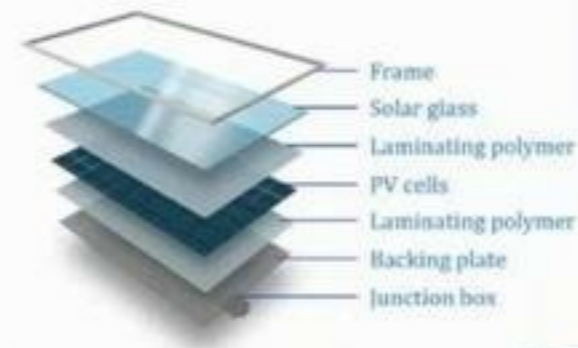


Red River College, Winnipeg, MB

- Façade PVIB
 - Environ 400 panneaux
 - Superficie totale : 750 m²
 - Capacité installée : 100 kW_{DC}
- Utilise le verre solaire coloré Kromatix
- Première institution en Amérique du Nord à utiliser des panneaux solaires PV de Kromatix



Credits photo: SwissINSO, Red River College; Architects: Diamond Schmitt



Centre for Innovation, Technology, & Entrepreneurship, Seneca college, Toronto, ON



- Mur-rideau PVIB
 - Comprend 18 panneaux de verre semi-transparentes
 - Superficie totale : 47.4 m²
 - Capacité installée : 1.3 kW_{DC}
- Utilise des panneaux de silicium amorphe
- Complété en décembre 2018



Crédits photo: Onyx Solar, Inhabitat; Architecte: Perkins and Will



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Beech House Condos, Toronto, ON



- Auvent PVIB:
 - Sur six étages
 - Capacité installée : 72 kW_{DC}
- Achevé en 2021
- L'auvent génère plus de 90000 kWh/année



Crédits photo: Aleetric Renewables; Architecte: Richard Ziegler
Architect



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Quiz: Quels sont les systèmes PVIB?



Quiz: Quels sont les systèmes PVIB?



SOURCE: GOOGLE IMAGES



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

1

Contexte

2

Qu'est-ce que le photovoltaïque
intégré aux bâtiments (PVIB)?

3

Systemes PVIB au Canada

4

R et D en PVIB



Défis et obstacles liés au PVIB au Canada

Coût-bénéfice

- Coût des produits
- Faibles incitatifs financiers
- Difficile d'estimer le coût des projets
- La valeur à long terme n'est pas toujours facile à définir

Technologie et performance

- Disponibilité des produits
- Manque d'options intégrées standardisées
- Manque de données sur les performances
- Disponibilité du personnel qualifié

Réglementation et savoir-faire

- Manque de normes et de réglementations
- Difficile de comprendre les exigences réglementaires
- Absence de lignes directrices au niveau de la conception



R et D en PIVB au gouvernement fédéral

Relever 3 défis importants du PIVB au Canada :

- Normes et codes
 - Soutenir le développement de normes et de codes en lien avec le PIVB
- Coût-bénéfice
 - Évaluer le potentiel au Canada, la performance de systèmes PIVB et démontrer leur valeur ajoutée
- Intégration
 - Élaborer des lignes directrices en lien avec l'intégration des systèmes PIVB dans les bâtiments (enveloppe et systèmes CVAC)



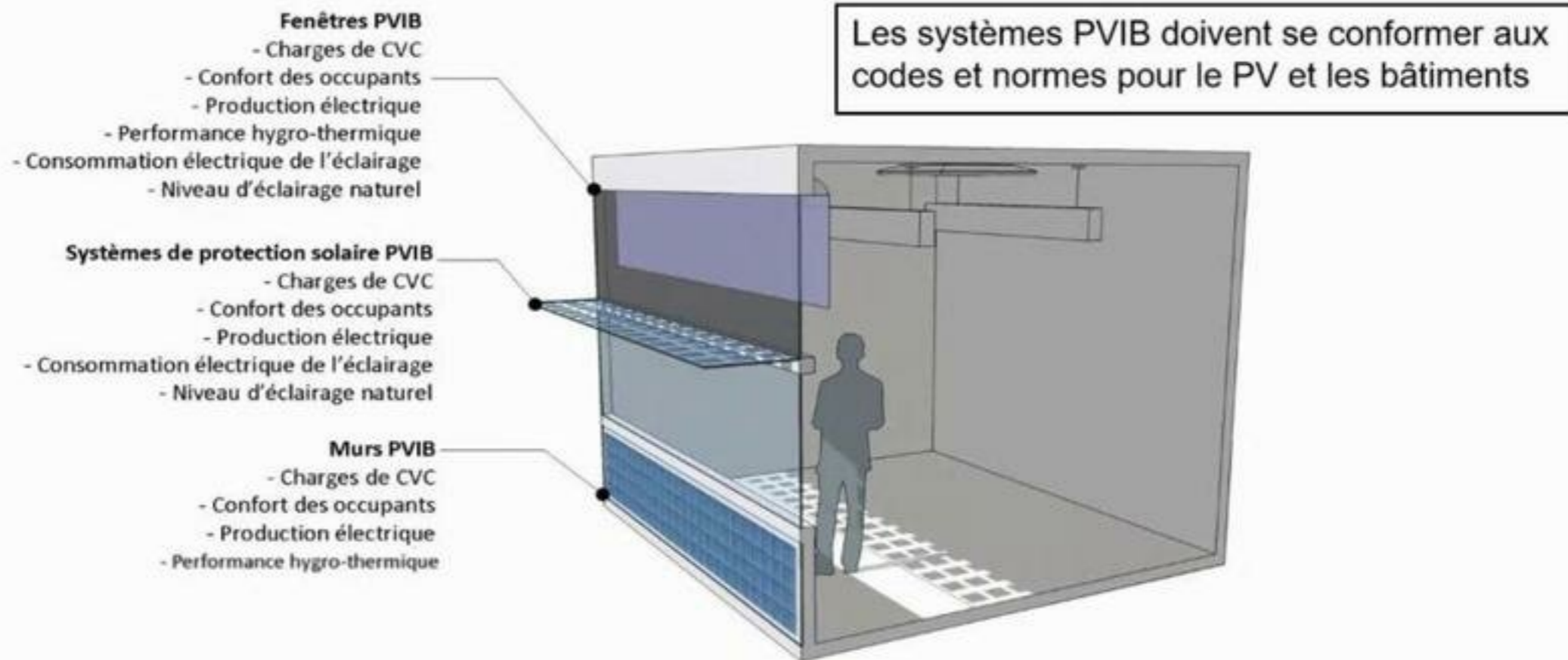
R et D en PIVB au gouvernement fédéral

Relever 3 défis importants du PIVB au Canada :

- Normes et codes
 - Soutenir le développement de normes et de codes en lien avec le PIVB
- Coût-bénéfice
 - Évaluer le potentiel au Canada, la performance de systèmes PIVB et démontrer leur valeur ajoutée
- Intégration
 - Élaborer des lignes directrices en lien avec l'intégration des systèmes PIVB dans les bâtiments (enveloppe et systèmes CVAC)



L'impact du PVIB sur un bâtiment



État des normes

- Norme européenne : EN 50583 -1 (module) -2 (système)
 - Publiée en 2016 et présentement en cours de révision
- Norme internationale : IEC 63092-1 et -2 (publiée en 2020)
 - Exigences électrotechniques
 - Exigences en lien avec le bâtiment (varie selon la présence ou non de verre)
 - Résistance mécanique et stabilité
 - Sécurité en cas d'incendie
 - Hygiène, santé et environnement
 - Sécurité et accessibilité en cours d'utilisation
 - Protection contre le bruit
 - Économie d'énergie et rétention de la chaleur
 - Utilisation durable des ressources naturelles



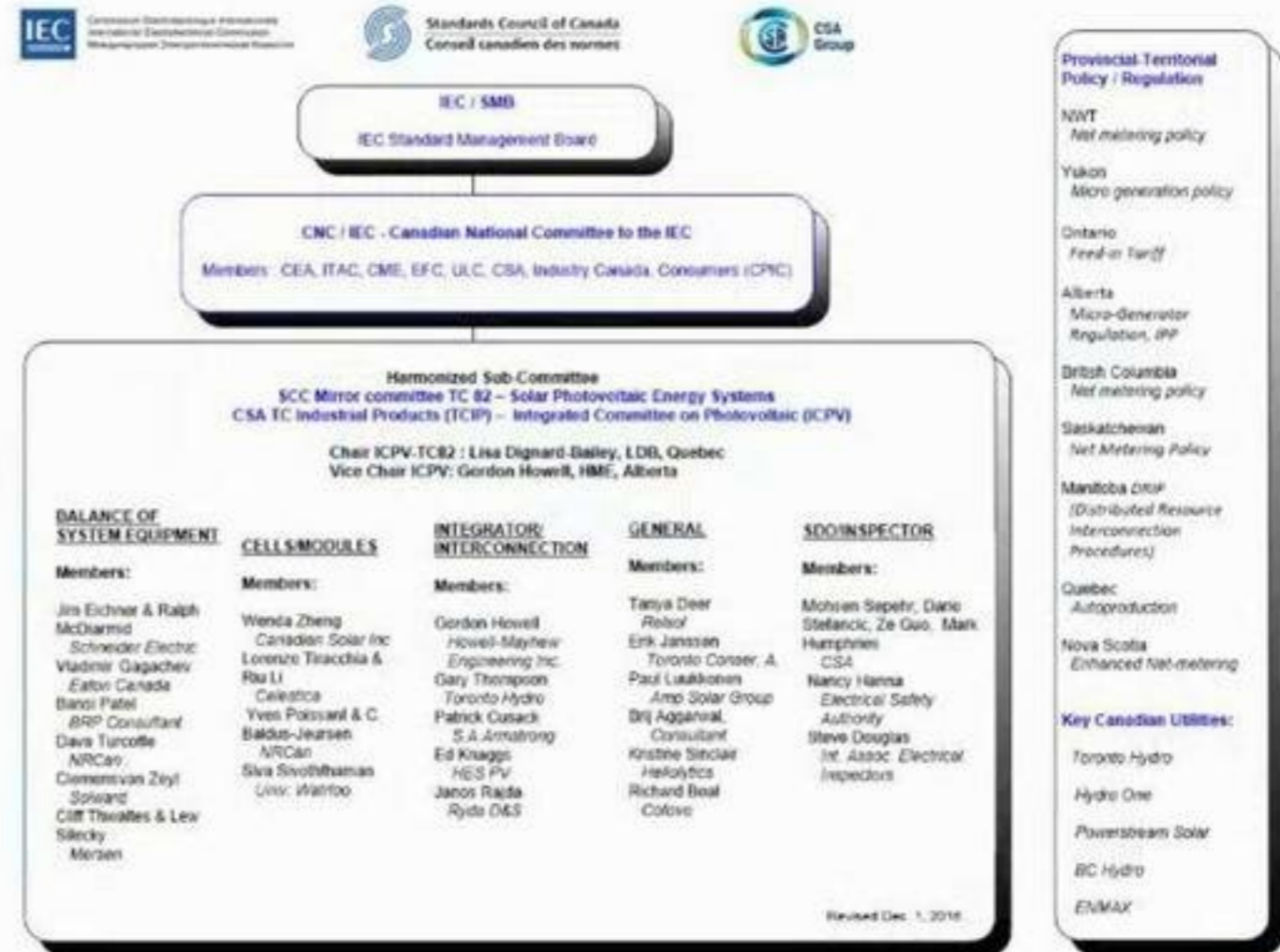
État des normes (suite)

- Groupe de travail conjoint entre IEC et ISO sur le PVIB (JWG 11)
- **IEC 63092-3** *Photovoltaics in buildings - Part 3: Evaluation methodology of SHGC for Building integrated photovoltaic modules with various designs*
(État : Approuvé pour le comité de rédaction)



...et au Canada

- Canadian Standard Association (CSA) Integrated Committee for Photovoltaics (ICPV) a approuvé un projet visant à examiner l'adoption de la norme IEC 63092-1 et -2 au Canada
- La formation du comité CSA est présentement en cours



R et D en PIVB au gouvernement fédéral

Relever 3 défis importants du PIVB au Canada :

- Normes et codes
 - Soutenir le développement de normes et de codes en lien avec le PIVB
- Coût-bénéfice
 - Évaluer le potentiel au Canada, la performance de systèmes PIVB et démontrer leur valeur ajoutée
- Intégration
 - Élaborer des lignes directrices en lien avec l'intégration des systèmes PIVB dans les bâtiments (enveloppe et systèmes CVAC)



Évaluation du potentiel PV dans l'environnement bâti

- Objectifs :
 - Estimer le potentiel PV dans l'environnement bâti pour le Canada et au niveau régional pour intégration dans des études en lien avec la voie à suivre pour atteindre des objectifs de carboneutralité (secteur de l'électricité d'ici 2035 et tous les secteurs d'ici 2050)
 - Potentiel PV dans l'environnement bâti sur les toits : 160 GW (NARIS: A Canadian Perspective, 2021)
 - Développer des profils de production au niveau bâtiment et les intégrer à des modèles de réseau de distribution de communautés ou de villes pour effectuer différentes analyses en lien avec l'impact de l'intégration des ressources énergétiques distribuées sur le réseau



Performance des systèmes PVIB

- Réalisation d'une analyse approfondie de divers concepts PVIB à l'aide
 - d'études de cas
 - de modèles
 - d'expériences en laboratoire
 - d'essais sur le terrain



Bibliothèque de Varennes, QC

- Toit PVIB en 3 sections:
 - A: ventilé naturellement
 - B: ventilé mécaniquement
 - C: ventilé mécaniquement avec récupération de chaleur (PVI BT)

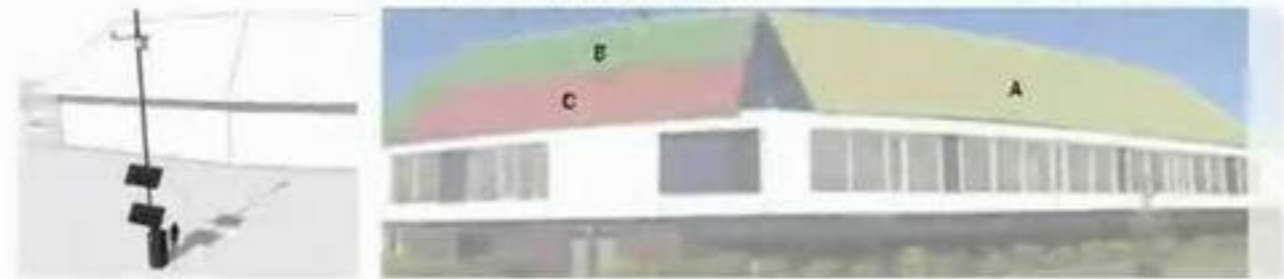


Photo credit: Maxime Gagné; Architectes: Labbé-Laroche et Gagné-Leclerc et associées

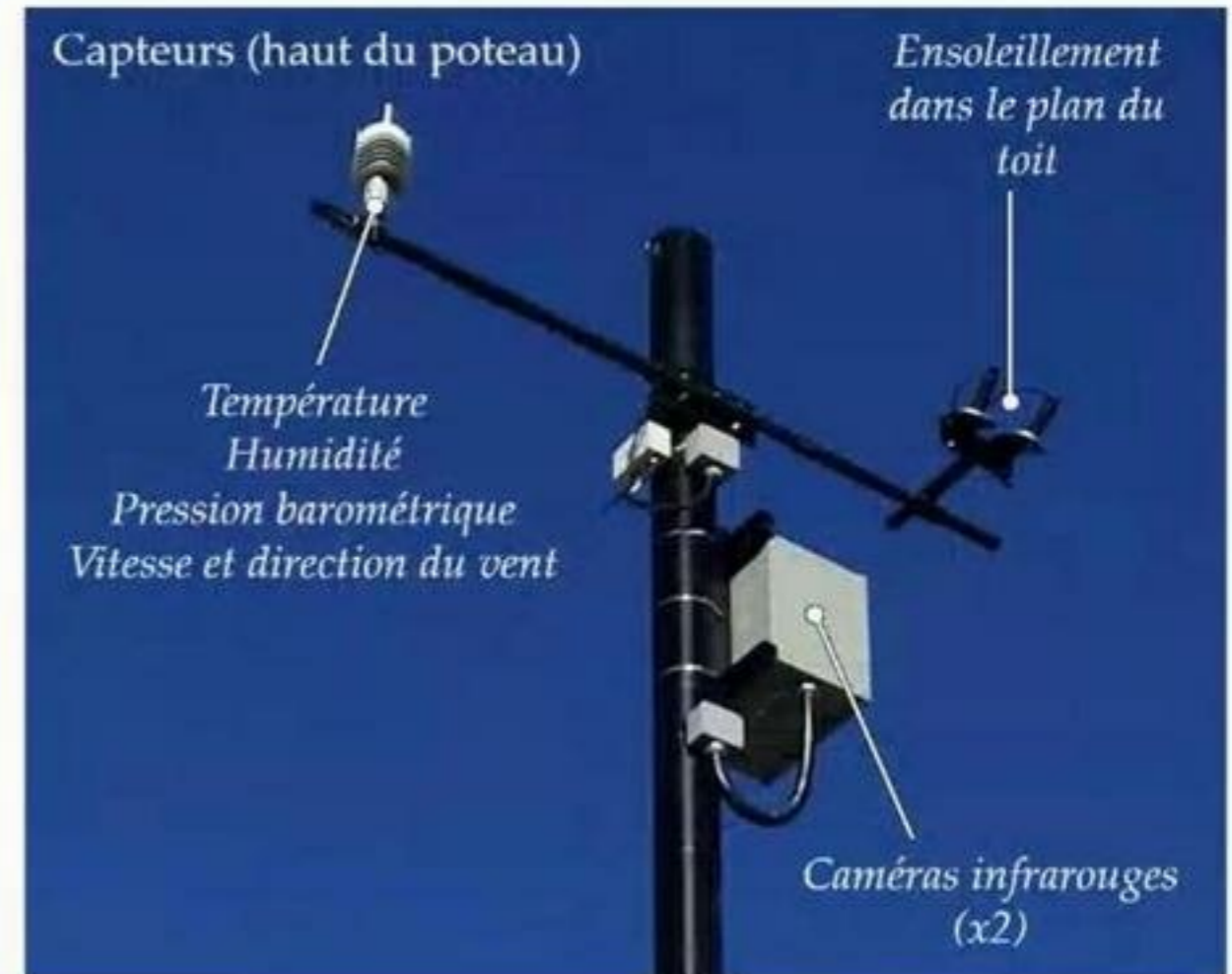


Natural Resources
Canada

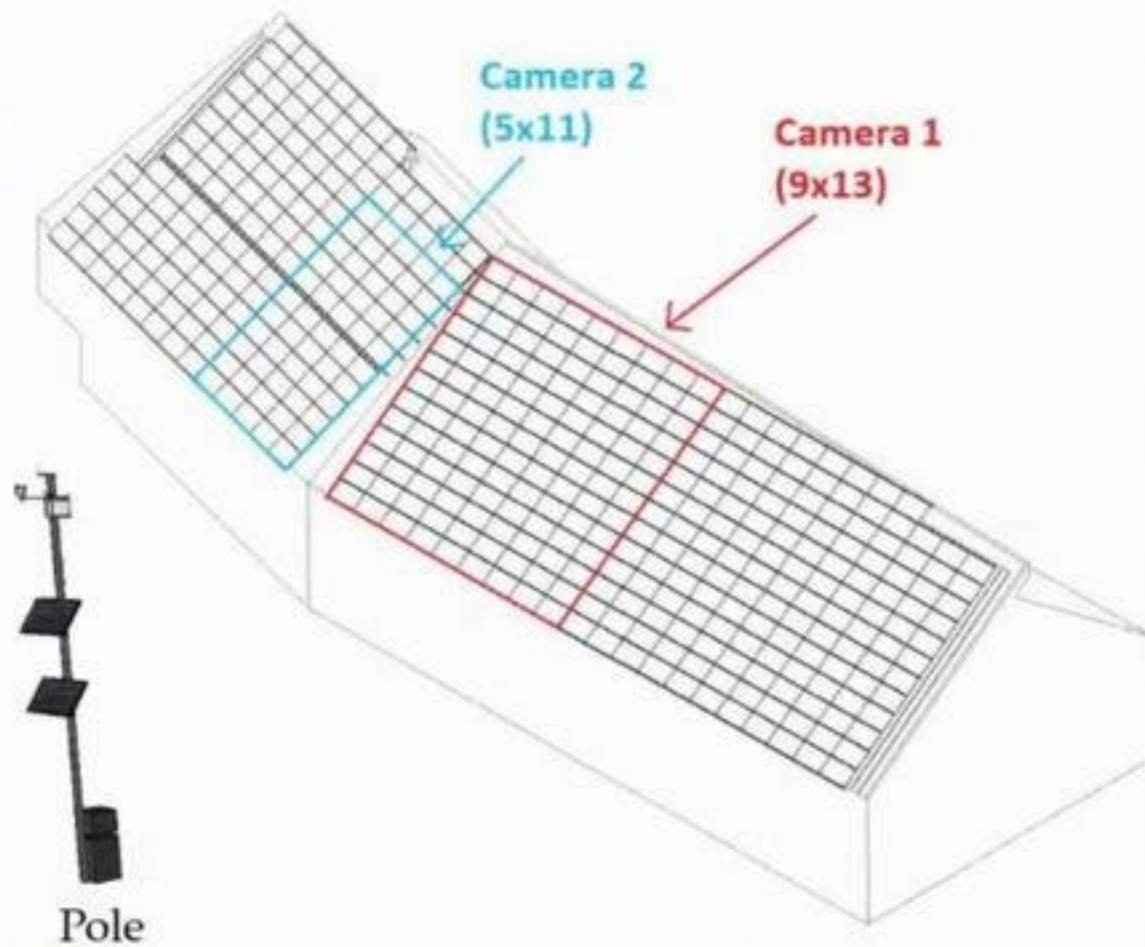
Ressources naturelles
Canada

Canada

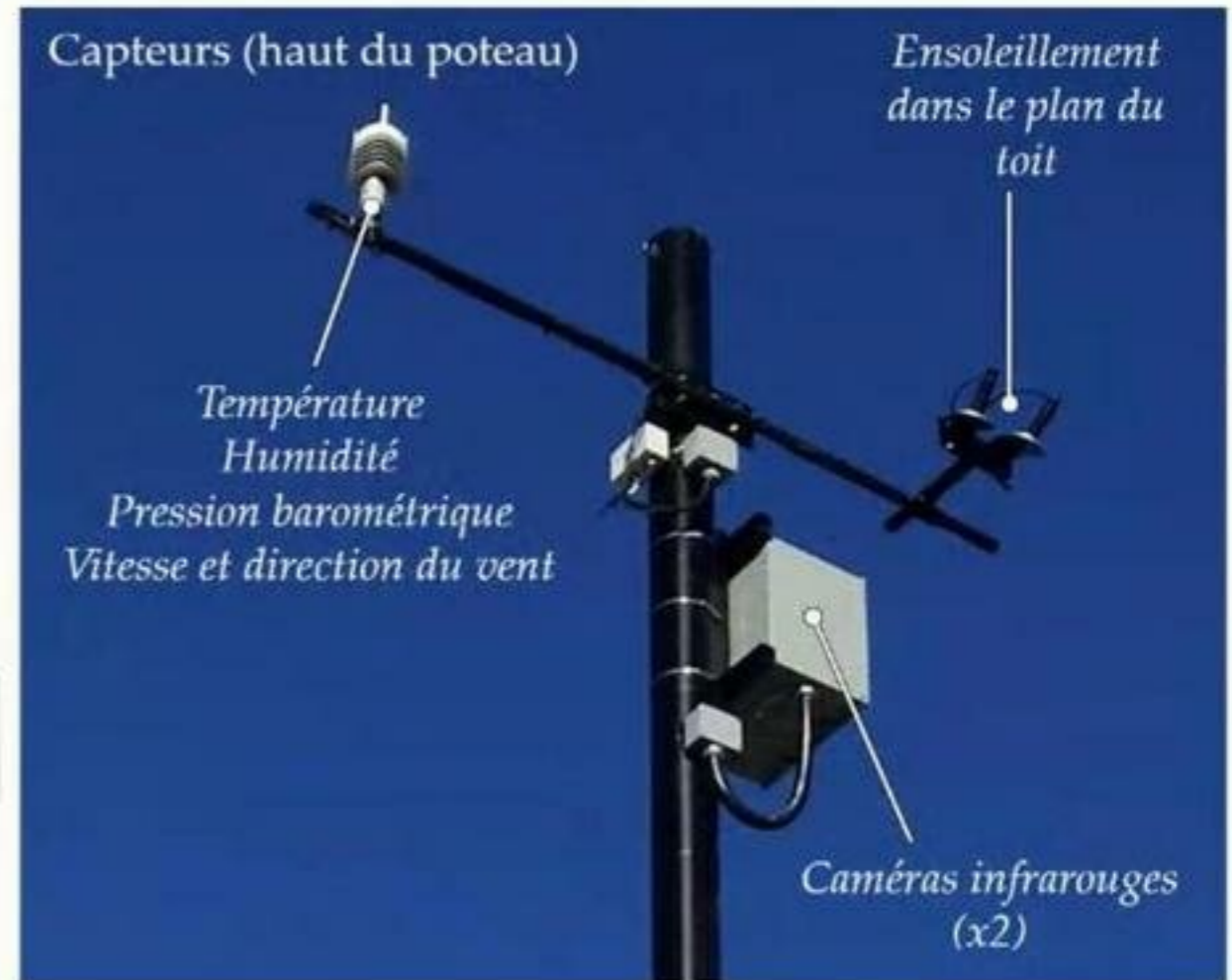
Équipement de mesure



Équipement de mesure



© Vincent Gagnon

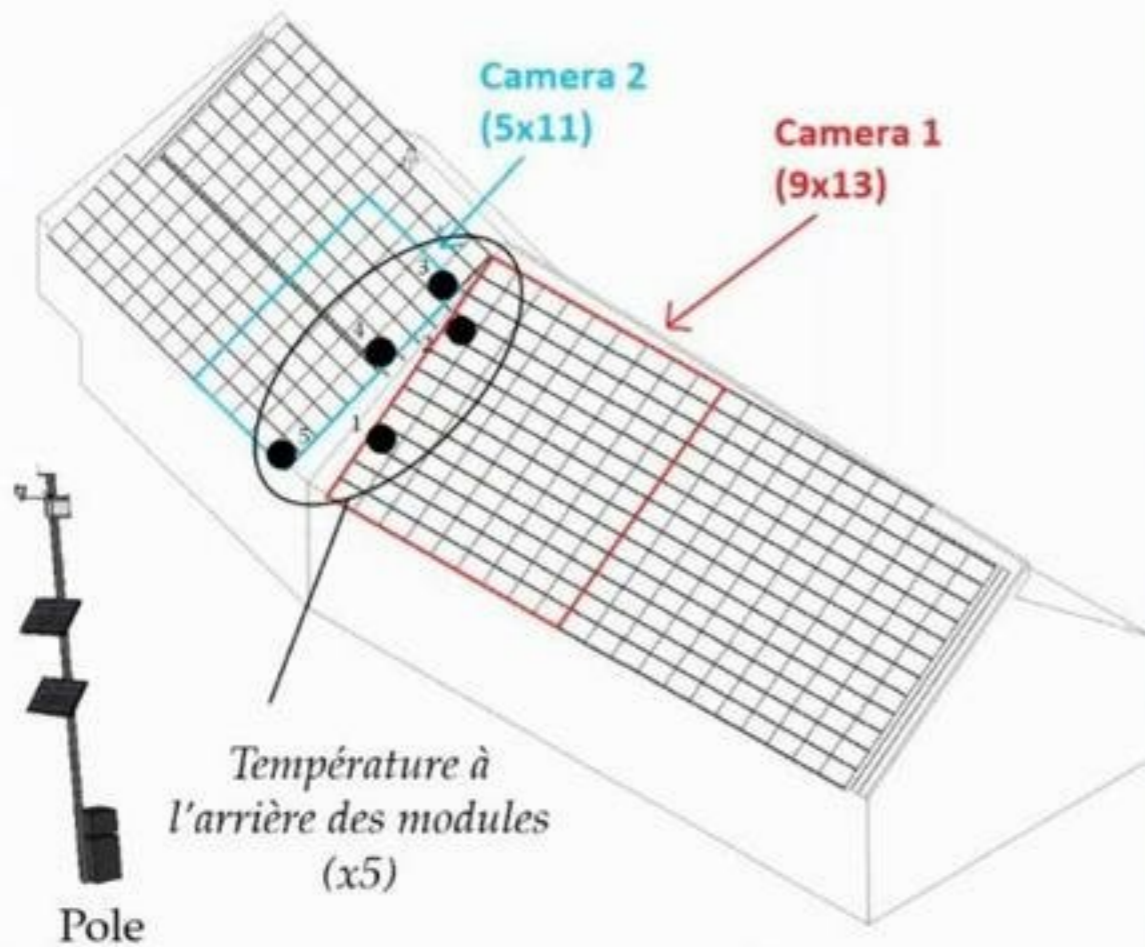


Natural Resources
Canada

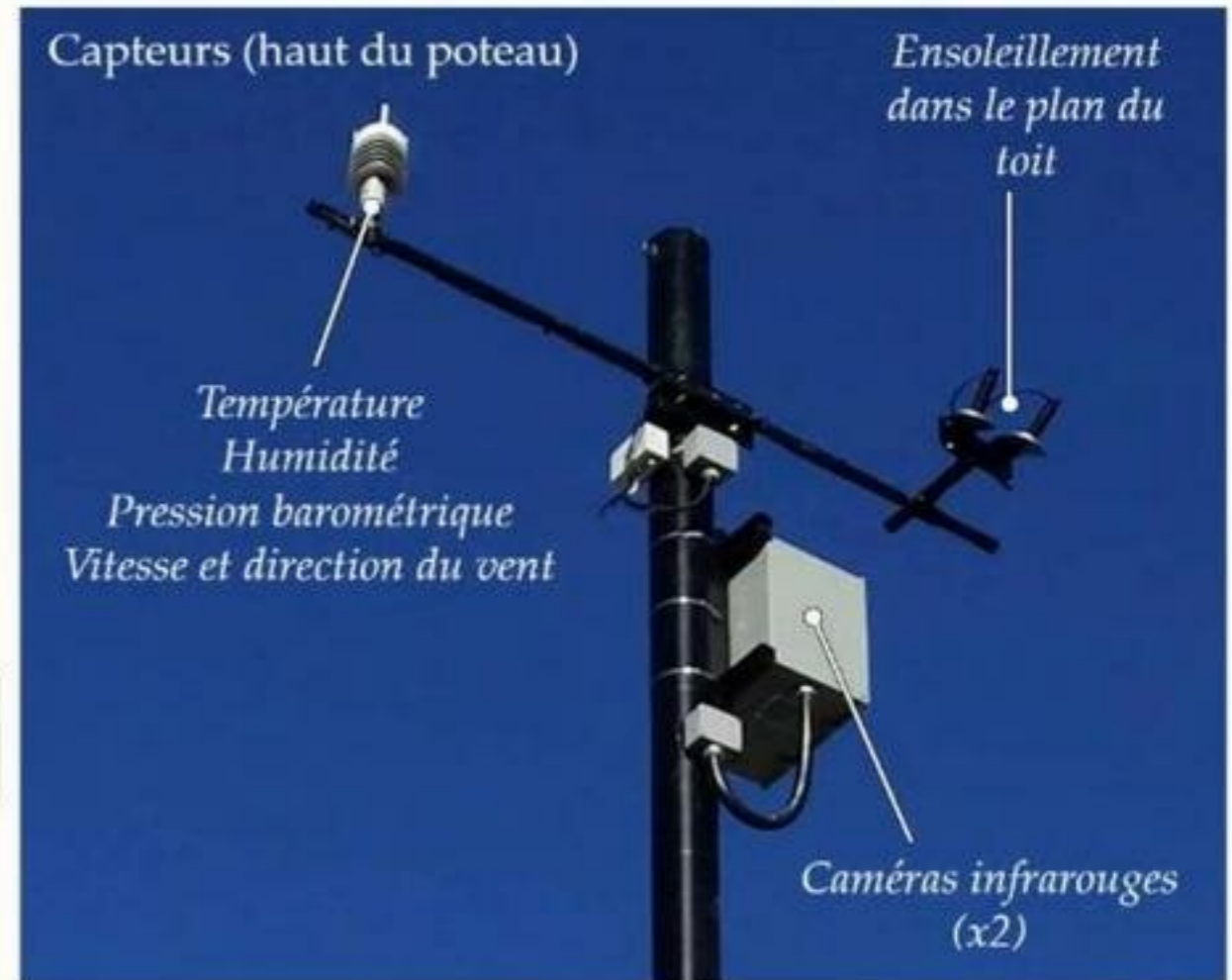
Ressources naturelles
Canada

Canada

Équipement de mesure



© Vincent Gagnon



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

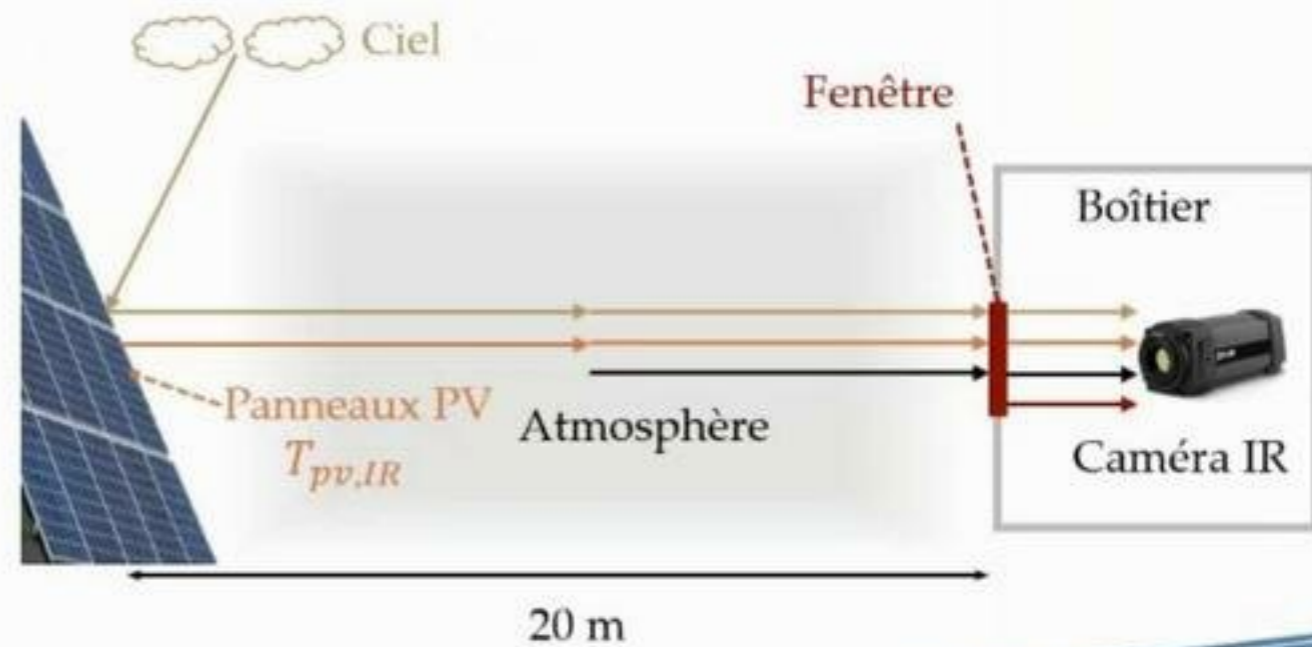
Canada

Méthodologie de traitement des images IR

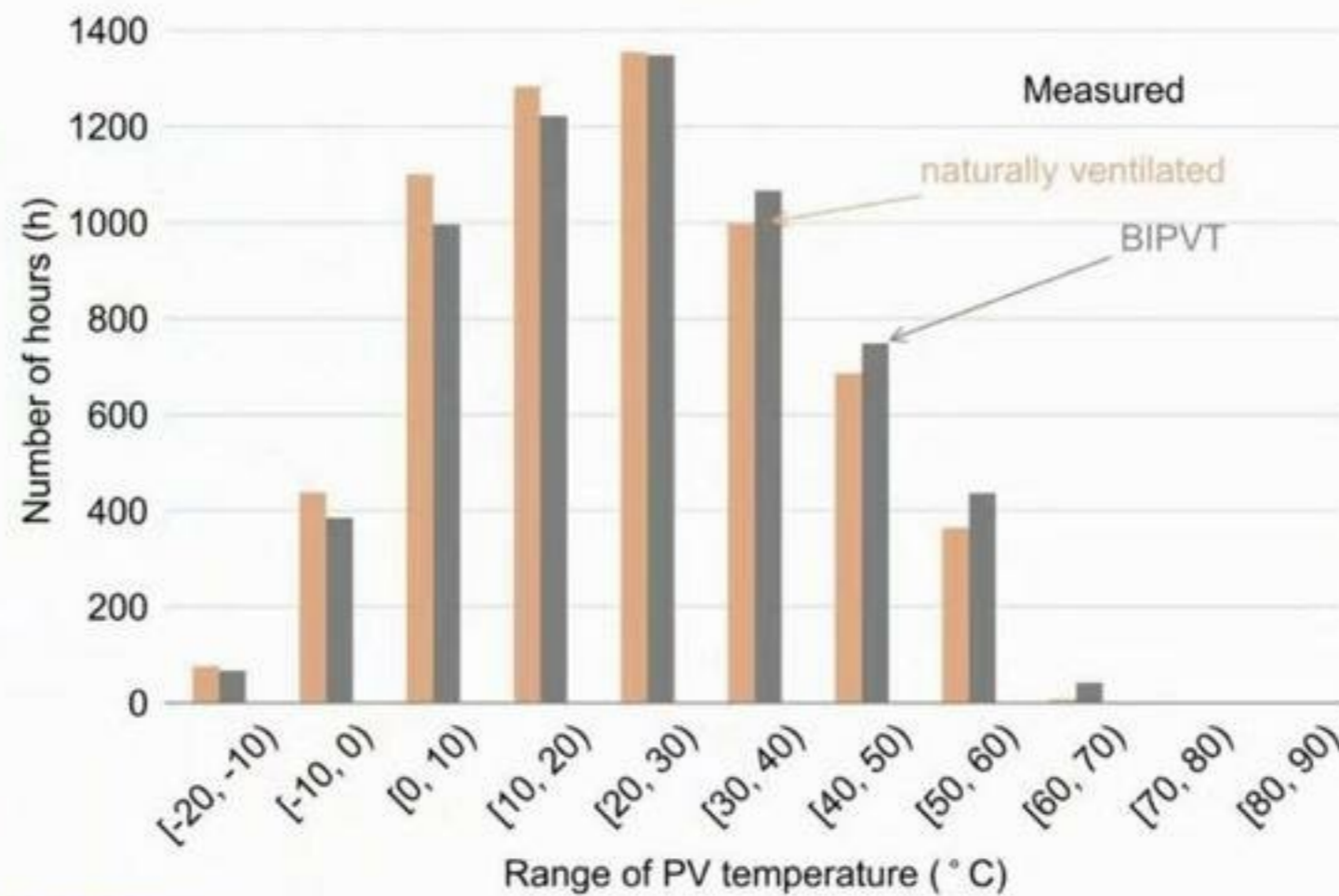
Photo infrarouge



Conversion du rayonnement thermique en température



Températures mesurées



R et D en PIVB au gouvernement fédéral

Relever 3 défis importants du PIVB au Canada :

- Normes et codes
 - Soutenir le développement de normes et de codes en lien avec le PIVB
- Coût-bénéfice
 - Évaluer le potentiel au Canada, la performance de systèmes PIVB et démontrer leur valeur ajoutée
- Intégration
 - Élaborer des lignes directrices en lien avec l'intégration des systèmes PIVB dans les bâtiments (enveloppe et systèmes CVAC)



Tâche 15 de l'AIE PVPS – Enabling framework for the development of BIPV (2020-2023)

- Collaboration de 16 pays

- Publication récentes

Sous-tâche	
A	Technological Innovation System (TIS) analysis for BIPV
B	Cross-sectional analysis: learning from existing BIPV installations
C	BIPV guidelines 
D	Digitalization for BIPV
E	Pre-normative international research on BIPV characterization methods 



Site web: [Enabling Framework for the Development of BIPV - IEA-PVPS](#)



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

STC – Développement de lignes directrices (mené par le Canada et l'Espagne)



Objectifs

- Consolider les connaissances existantes de l'industrie PVIB
- Soutenir la mise en œuvre des meilleures pratiques (pour les nouveaux bâtiments et les bâtiments rénovés)
- Favoriser le processus de prise de décision qui pourrait conduire à une conception efficace et à une installation robuste



Livrable

- **Guide PVIB** contenant des lignes directrices en lien avec la conception de systèmes PVIB, l'installation, l'opération, la maintenance et la sécurité



Audience

- Professionnels du domaine du bâtiment, architectes, ingénieurs, consultants et installateurs



Contenu

Études de cas
PVIB

Contenu technique

- Production énergétique
- Performance thermique et gains solaires
- Éclairage naturel
- Gestion de l'eau et imperméabilisation
- Performance acoustique
- Sécurité et fiabilité
- Impact environnemental
- Esthétique et architecture



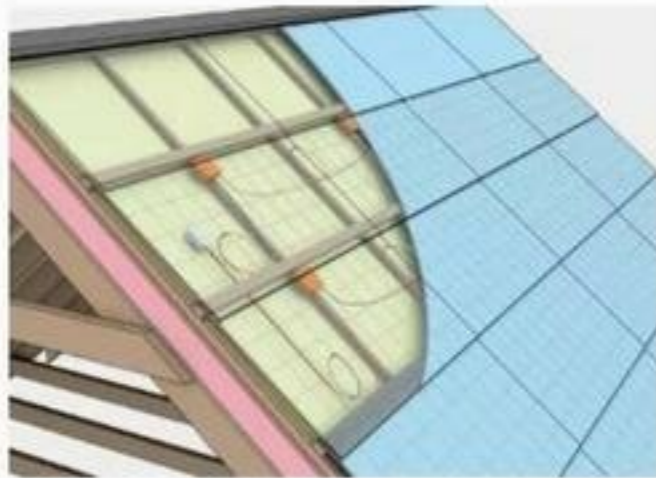
Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

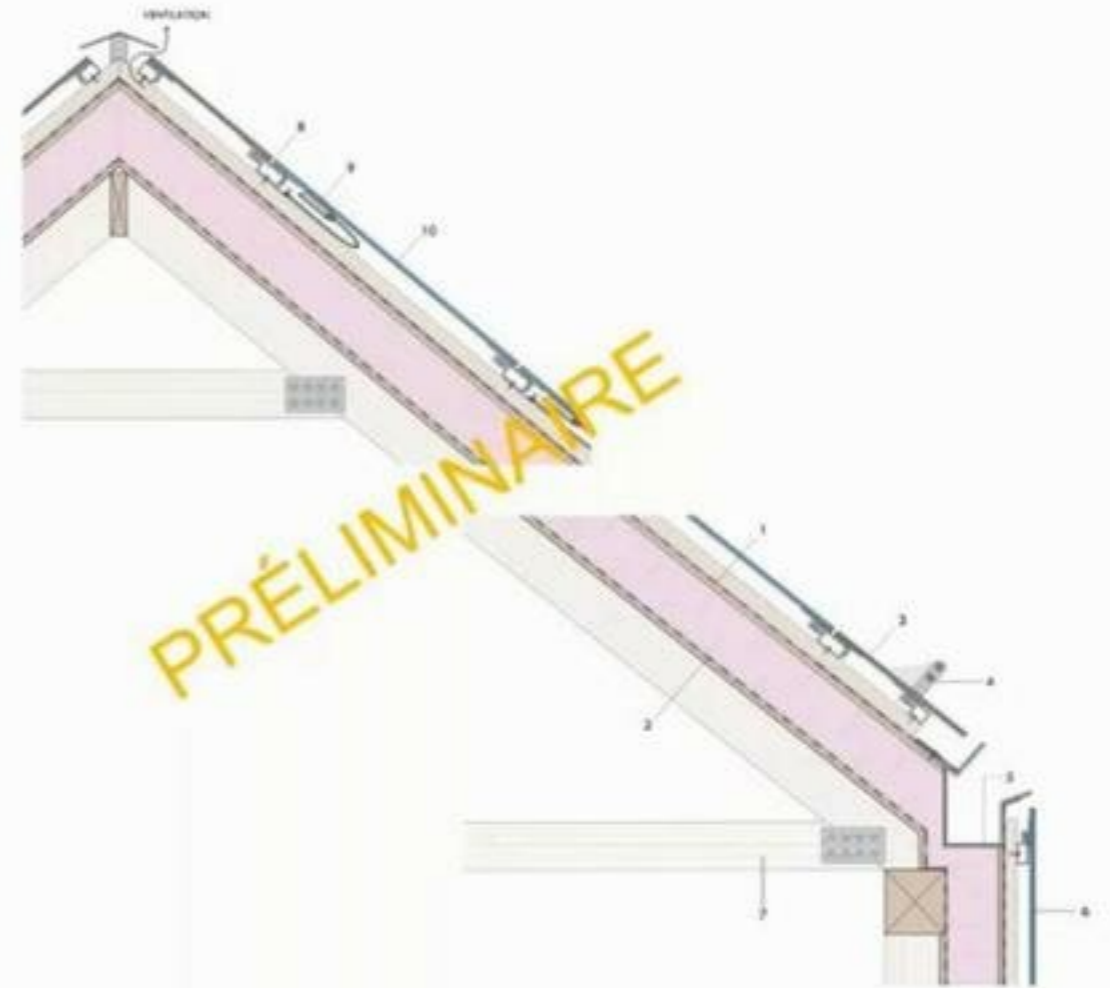
Canada

Exemple

TOIT
PVIB



TOIT PVIB
(DÉTAILS)



Réseau d'action sur le PVIB au Canada (PVIB-CAN)

- Mené par RNCAN
- Plateforme pour les parties prenantes du PVIB au Canada pour
 - Échanger et partager des expériences, défis et leçons apprises
 - Présenter des projets PVIB canadiens actuels et futurs
 - Effectuer des mises à jour sur le développement de nouvelles technologies et normes en matière de PVIB, ainsi que sur les activités de recherche et développement actuelles et futures au niveau national et international





Réseau Energie
et Bâtiments

Questions du public

Prochaines activités du Réseau EB

Valorisation des rejets thermiques dans les municipalités

Symposium sur les bâtiments intelligents, 12 décembre, ÉTS

Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2022



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada