

L'étanchéité à l'air dans les réglementations *(Airtightness in regulations)*

COLLOQUE CEREMA
PERMÉABILITÉ À L'AIR DES BÂTIMENTS : DE
NOUVEAUX OUTILS POUR MIEUX LA
CARACTÉRISER

21 JUIN 2023

NOLWENN HUREL
PLEIAQ/INIVE



Contexte : AIVC VIPs



Etanchéité à l'air des bâtiments



Etanchéité à l'air des réseaux

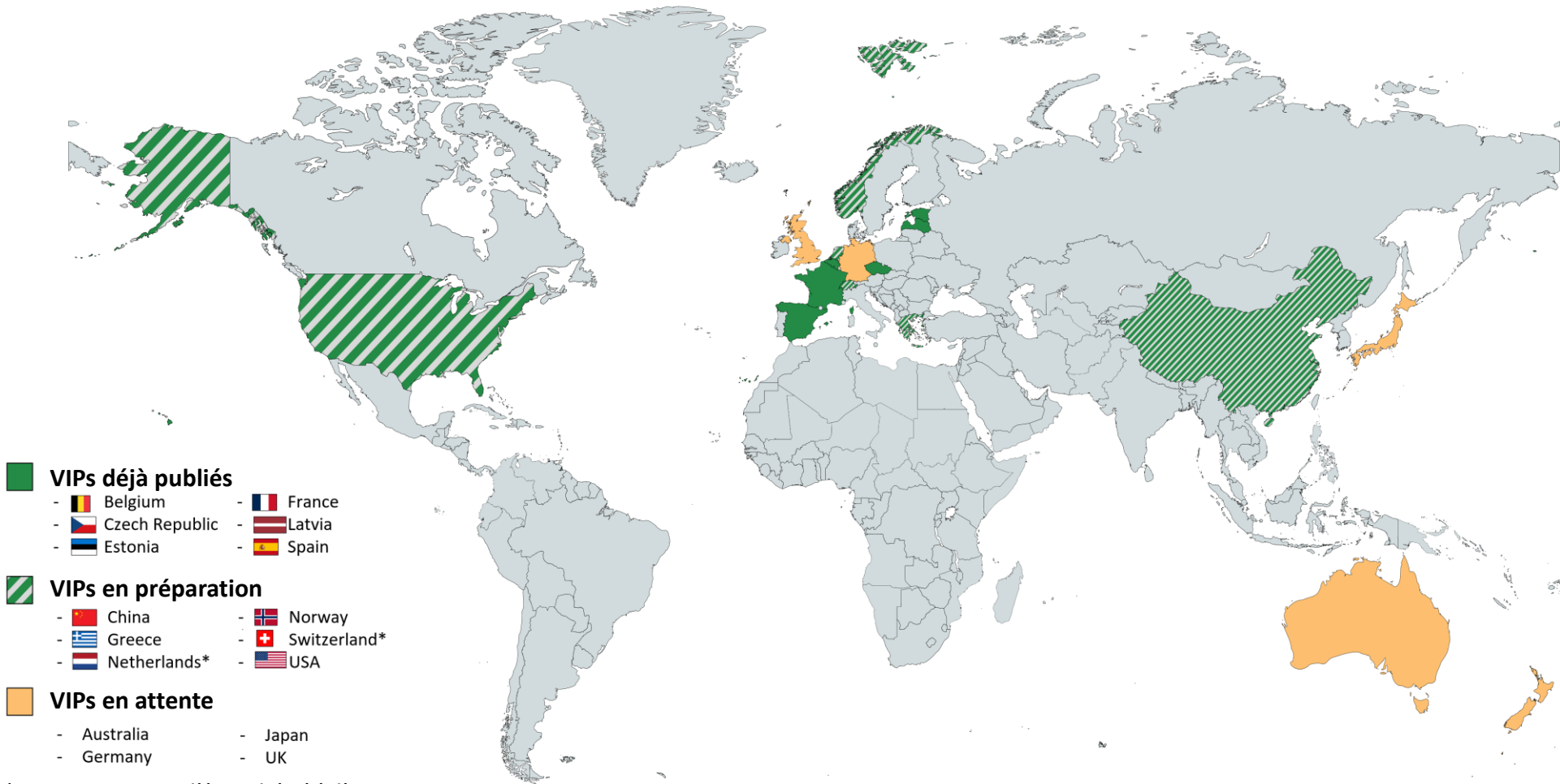
Série VIP sur l'étanchéité à l'air bâtiments & réseaux

Série de “Ventilation Information Papers” (VIP) publiée par l'AIVC

- Titre: “*Etanchéité à l'air des bâtiments et des réseaux – Tendances et exigences nationales*”
- Auteurs recrutés dans différents pays via le réseau « TightVent Airtightness Associations Committee » (**TAAC**) et les membres du conseil de l'**AIVC**
- Modèle préparé : **structure similaire** pour tous les papiers
- **7 papiers déjà publiés** :
 - Estonie (VIP 45.1)
 - Espagne (VIP 45.2)
 - République Tchèque (VIP 45.3)
 - Belgique (VIP 45.4)
 - Lettonie (VIP 45.5)
 - **France (VIP 45.6)**
 - Grèce (VIP 45.7)
- Disponible sur le **website AIVC** : <https://www.aivc.org/collection-keys/vip>
- Synthèse en cours de préparation



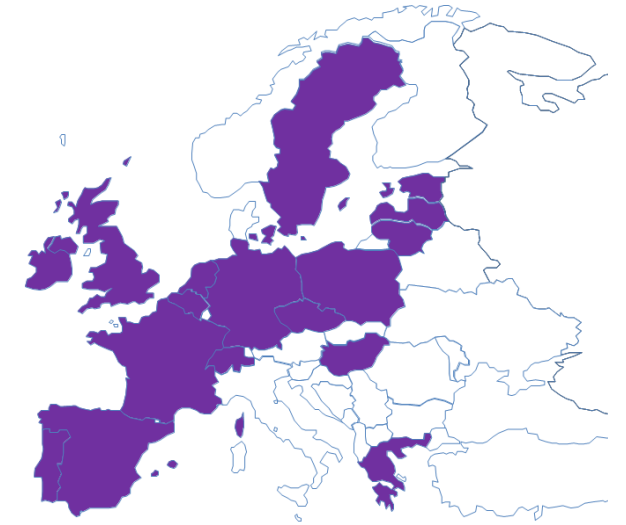
Pays inclus dans ce panorama (12)

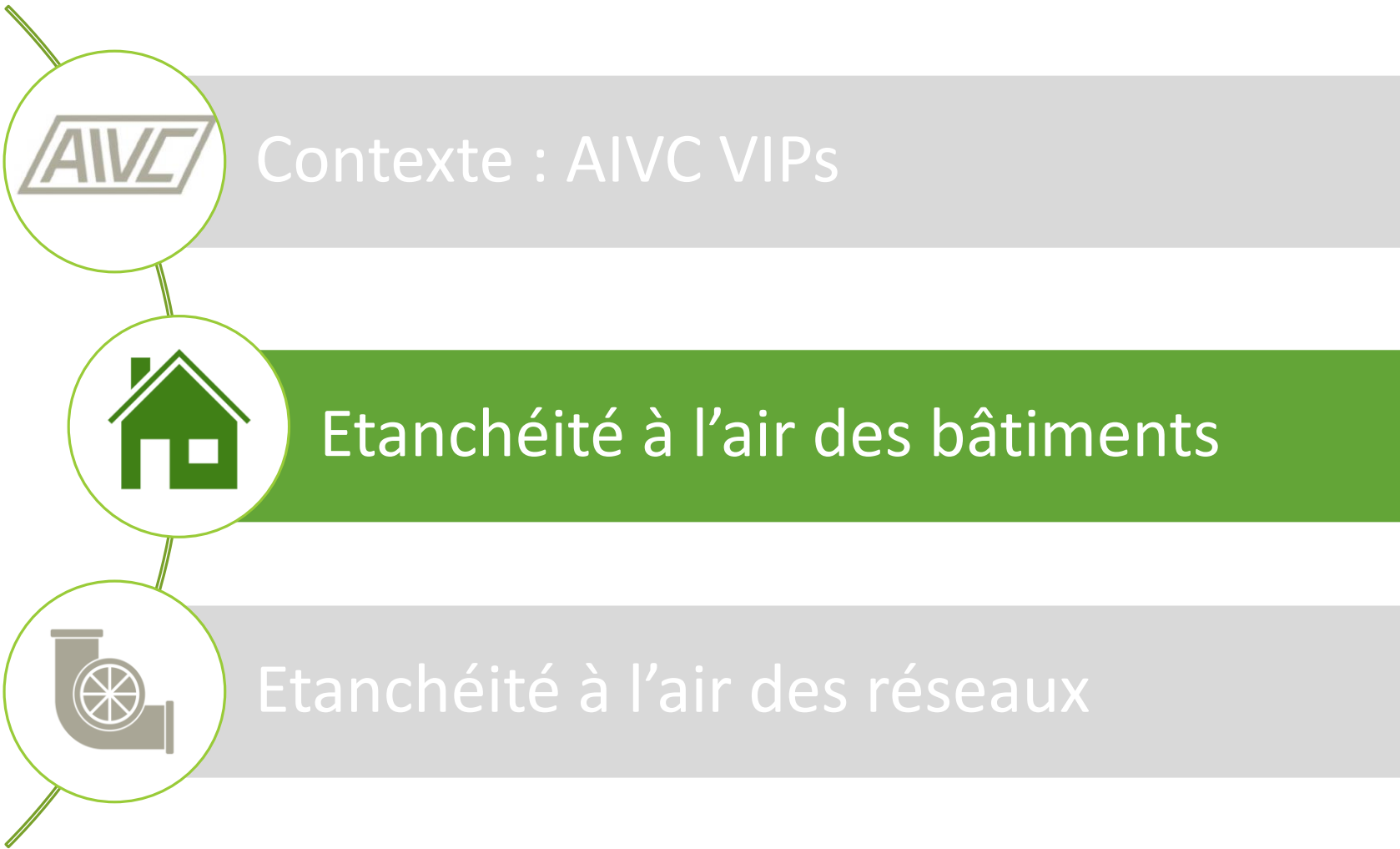


**Uniquement sur l'étanchéité à l'air des bâtiments*

TightVent Airtightness Associations Committee (TAAC)

- Lancé en **Septembre 2012** pour promouvoir des procédures fiables de mesure/inspection (étanchéité à l'air des bâtiments et des réseaux aérauliques)
- Des membres de **20 pays** (experts ou représentants des mesureurs de leurs pays)
- **4 réunions par an** (1 en présentiel ; 3 en webconférence)








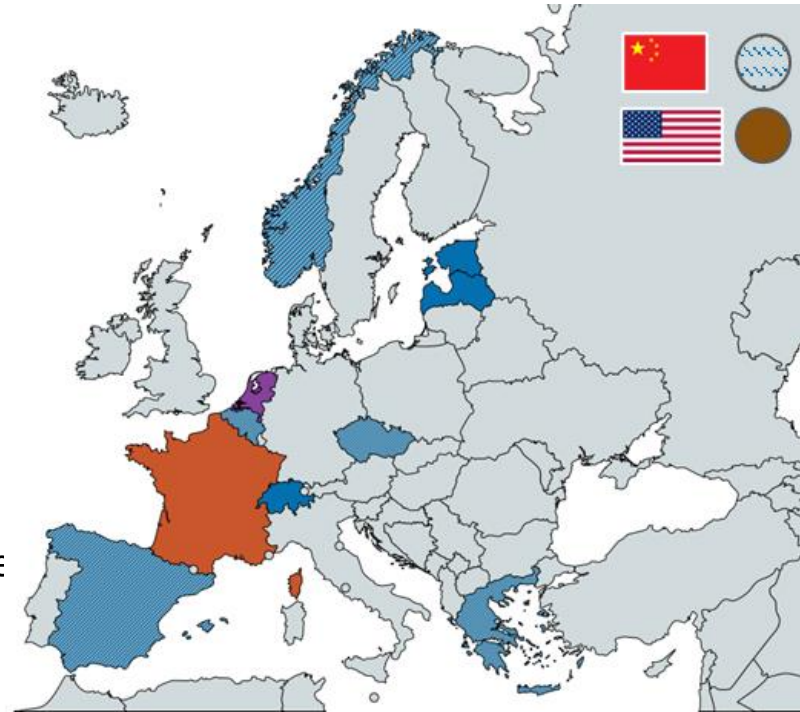










Perméabilité à l'air des bâtiments : indicateurs

Débit de fuite à :	Divisé par :		
	Surface enveloppe	Volume bâtiment	
50 Pa	$q_{50} (m^3/(h.m^2))$	$n_{50} (h^{-1})$	
10 Pa			$q_{v10} (m^3/h)$
4 Pa	$q_{4PaSurf} (m^3/(h.m^2))$		

-  BE: moyenne de p^+ and p^- ; dim. extérieure
-  FR: plancher bas exclus de la surface de l'enveloppe
-  LV: n_{50} utilisé également parfois
-  NL: q_{v10} parfois divisé par la surface des planchers
 n_{50} and ACH50 également utilisés
-  USA: différents indicateurs: ACH50 ; CFM50/ft² ;
Surface de fuite effective (-) at 4 Pa



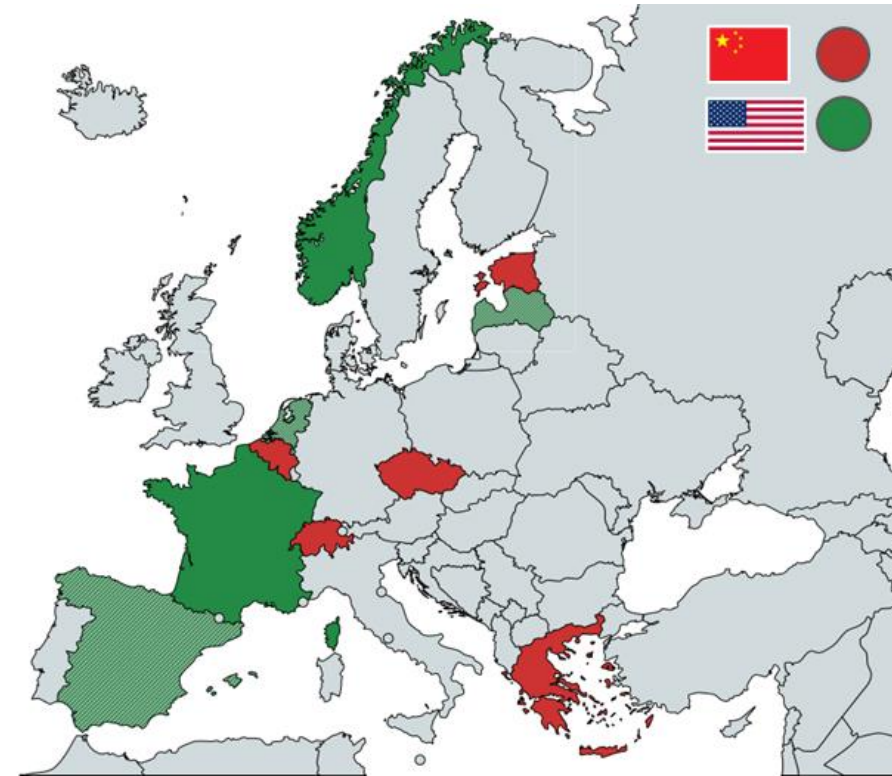
Airtightness indicators

-  50 Pa - envelope area (q_{50} or equ.)
-  50 Pa - internal volume (n_{50})
-  50 Pa - both indicators used (q_{50} and n_{50})
-  10 Pa - useable floor area (q_{v10})
-  4 Pa - envelope area floor excluded ($Q_{4PaSurf}$)
-  Various (ACH50 ; CFM50/ft² ; SLA at 4 Pa)



Perméabilité à l'air des bâtiments : exigences

Exigences obligatoires					
NON	OUI				
	Pays	Obligatoire pour :	Valeurs		Justification obligatoire?
			Indic. (unité)	Valeurs max.	
	FR	Résidentiels	$q_{4PaSurf}$ (m ³ /(h.m ²))	<ul style="list-style-type: none"> 0,6 pour MI 1 pour LC 	OUI (par mesure ou démarche qualité agréée)
	LV	Résidentiels, EHPAD, hôpitaux, crèches, et bâtiments publics	q_{50} (m ³ /(h.m ²))	<ul style="list-style-type: none"> 3,0 pour ventilation nat. 2,0 pour VMC SF 1,5 pour VMC DF + recup. 4,0 pour bât. indust. 	NON
	NL	Tous les bâtiments ?	q_{v10} (L/s)	<ul style="list-style-type: none"> 200 à 500 m³, pro rata au delà Plus strict pour EPC: envion 0,6 /m² planchers 	NON
		Tous les bâtiments	n_{50} (h ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> 1.5 pour tous Cible de 0,6 pour les logements 	OUI
	ES	Résidentiels > 120 m ² , avec une ventilation mécanique ou hybride obligatoire	n_{50} (h ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> 6 si Vol/A_Env <2 3 si Vol/A_Env >4 Interpolation entre les deux 	Par test ou calcul selon la formule suivante: $n_{50} = 0.629 \frac{C_{it} \times A_{it} + C_{it} \times A_{it}}{V_{int}}$
	US	Résidentiels dans certains états ayant adopté « IECC energy codes »	ACH50	<ul style="list-style-type: none"> 3 au niveau national 5 à certains endroits avec un climat très doux 	OUI (par test, échantillonnage autorisé pour les LC)



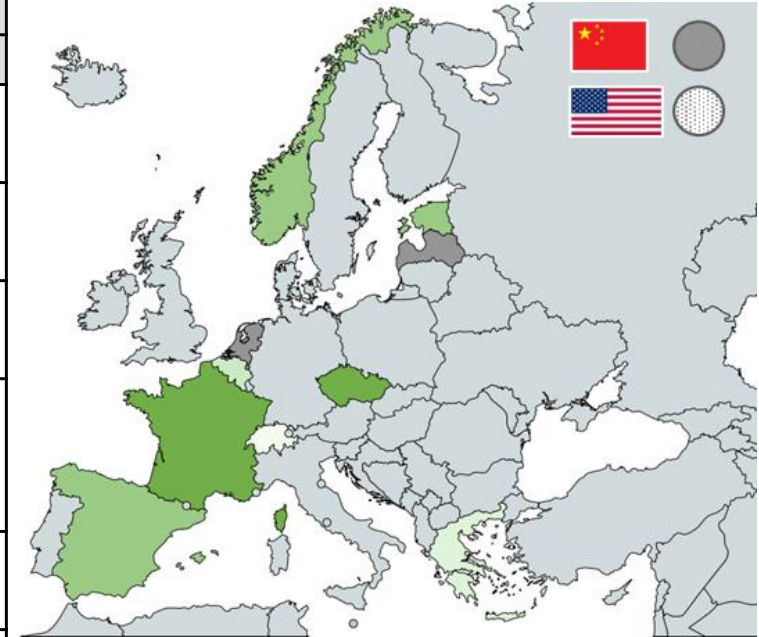


Perméabilité à l'air des bâtiments : calcul énergétique

Niveau de précision et de complexité

Type of model	Country	Details	Default values		
			Used?	Values	Comments
Valeur constante (selon la surf. du bât.)	CH 	Non pris en compte: debit d'air extérieur additionnel constant de 0.15 m³/(h.m²) (surface nette des planchers) indépendamment de la qualité de l'enveloppe (impossible d'utiliser la valeur mesurée)			
Valeurs tabulées	GR 	Débits de fuite fixes tabulés (m³/h) selon les différents types de fenêtres et de portes; pour les cheminées et les caissons de ventilation (not possible to use test values)			
Ratio infiltration-fuite	BE 	$v_{inf} = 0.04 * v_{50} * A_T$	OUI	TRES pénalisant v_{50} : 12 m³/(h.m²) pour le chauff.; 0 pour le refroid.	Test officiellement non obligatoire mais nécessaire pour le calcul énergétique
Modèle d'infiltration simplifié (SIM)	EE 	$q_{inf} = q_{50} * A / X$ A: surface de l'enveloppe (m²) X: facteur dépendant du nombre des étages (entre 15 et 35)	OUI	Valeur pénalisante de q_{50} (m³/(h.m²)): - MI : 4 (6 pour renovation mineure) - Autre : 2,5 (4)	Autres possibilités : - utiliser 1.5 m³/(h.m²) à justifier par un test - Utiliser une valeur calculée du débit de fuite déclaré
	NO 	Cas courant: $n_{inf} = n_{50} * 0,07$ Mais dépend du nombre de façades exposées et du degré d'exposition au vent	NO N	-	Requirements can be used prior to the test
	ES 	Ratio d'infiltration constant estimé à partir de n50 selon hypothèses (vent de 2,8 m/s, Cp par façade, n=0,67...)	OUI	Calcul de n_{50} selon la formule : $n_{50} = 0.629 \frac{C_{0} \cdot A_0 + C_h \cdot A_h}{V_{int}}$	-
Modèle de code en pression	CZ 	Méthode 1 de la norme EN 16798-7, avec un pas de temps horaire (pression calculé à partir des équations du bilan de masse)	NO	-	Pratique courante : utiliser les valeurs n50 recommandées au niveau I de ČSN 73 0540-2
	FR 		OUI	Non-résidentiel: $Q_{4PaSurf}$: 1.7 ou 3 m³/(h.m²) selon le type du bâtiment	Pas de valeur par défaut en résidentiel : exigence minimale à justifier

É-U : cela dépend des États, la plupart des juridictions utilisent une approche prescriptive et ne modélisent pas la consommation d'énergie (IECC : SIM ; taux d'infiltration dynamique ; Californie : SIM ; taux d'infiltration fixe)
 LV, NL, CN : aucune information sur le modèle.



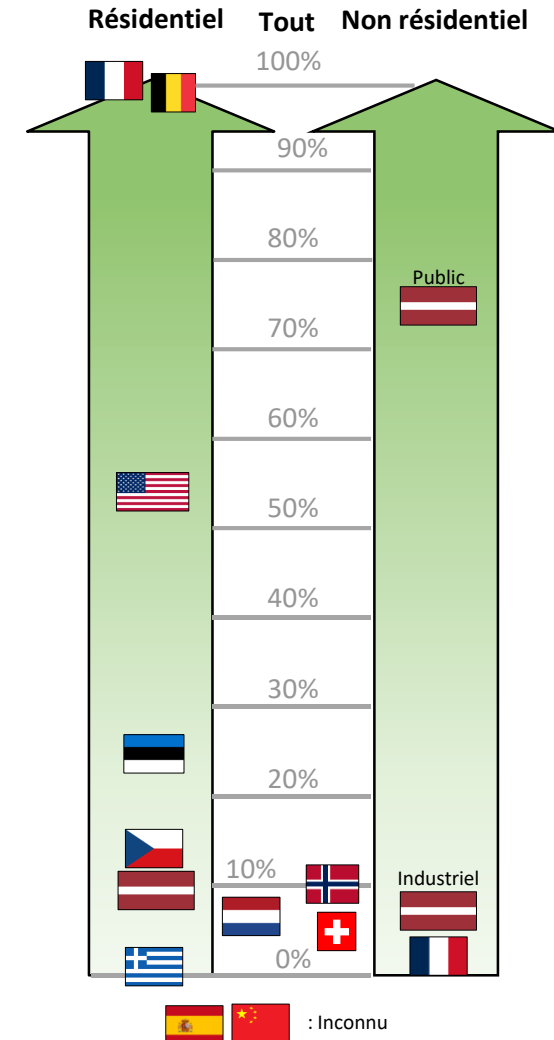
Building airtightness in EP calculations

- Constant value
- Tabulated values
- Leakage-infiltration ratio
- Simple infiltration model
- Equilibrium pressure model
- It depends
- No information reported



Perméabilité à l'air des bâtiments : tests réalisés

Pays	Bâtiments résidentiels	Bâtiments non-résidentiels	Base de données publiques		
			Existe?	Responsable ?	% de tests
BE	Neuf : quasi 100%	-	OUI	Flandre: VEKA	100%
	Rénovation lourde : ~ 25%			Cadre qualité (CQ) i.e. BCCA	Tous les tests CQ
CN	inconnu	-	NON	-	-
CZ	<15%	-	OUI	A.BD_CZ	~ 3%
EE	~ 25%	-	NON	-	-
FR	100%	Très few	OUI	Qualibat (depuis 2007)	100%
GR	Très peu	-	OUI	Aerosteganotita	?
LV	5-15%	public: 70-80%	NON	-	-
		industriel: 5-10%			
NL	5-10%		NON	Quelques données collectées (Retrotec's rCloud, SKH scheme, Uni. of Twente)	
NO	~ 10%		NON	-	-
ES	Inconnu		NON	400 tests réalisés dans le cadre du projet INFILES Project	
CH	~ 5%		NON	Enquête Minergie	
US	>50% (selon les Etats)	-	NON	Anicenne BDD du LBNL (150 000 tests)	





Les guides pour des bâtiments étanches



Pays	Guides pour construire des bâtiments étanches		
	Existe?	Intitulé	Details/Commentaires
BE	OUI	Guide technique sur l'étanchéité à l'air (par Buildwise)	Guide technique avec des recommandations pour construire des bâtiments étanches
CN	OUI	Guide T/CECS 826 (2021)	A utiliser pour la conception, la construction et le choix de matériaux pour le traitement de l'étanchéité à l'air
CZ	OUI	Norme ČSN 74 6077	Proposition de solutions techniques pour une conception étanche des liaisons mur-fenêtre
EE	En prép.		Norme nationale estonienne en cours de développement
FR	OUI	Carnets Minifil (2010)	Guide de conception et de mise en oeuvre pour les concepteurs, les artisans et les constructeurs
GR	NON	-	-
LV	NON	-	-
NL	NON	-	Certains constructeurs fournissent des guides
NO	NON	-	Les questions d'étanchéité à l'air sont importantes dans la BDD nationale sur le bâtiment
ES	OUI	Document pour les économies d'énergie dans les bât. (DB HE1)	Solutions de construction et d'exécution de l'enveloppe du bâtiment pour une bonne étanchéité à l'air
		UNE 8529:2016	Joints et discontinuités de l'enveloppe thermique
CH	OUI	SIA 180, SIA 4001,...	Normes relatives à des éléments spécifiques (toit, mur, fenêtre...)
		RiLuMi for Minergie	
US	OUI	Lignes directrices dans de nombreux programmes individuels, généralement sous la forme de listes de contrôle. Exemples : ENERGY STAR Qualified Homes, Version 3 (Rev. 04), Inspection Checklists for National Program Requirements ; IECC Air Barrier and Insulation Checklist ; BPI Technical Standards for Certified Shell Specialists.	



Contexte : AIVC VIPs



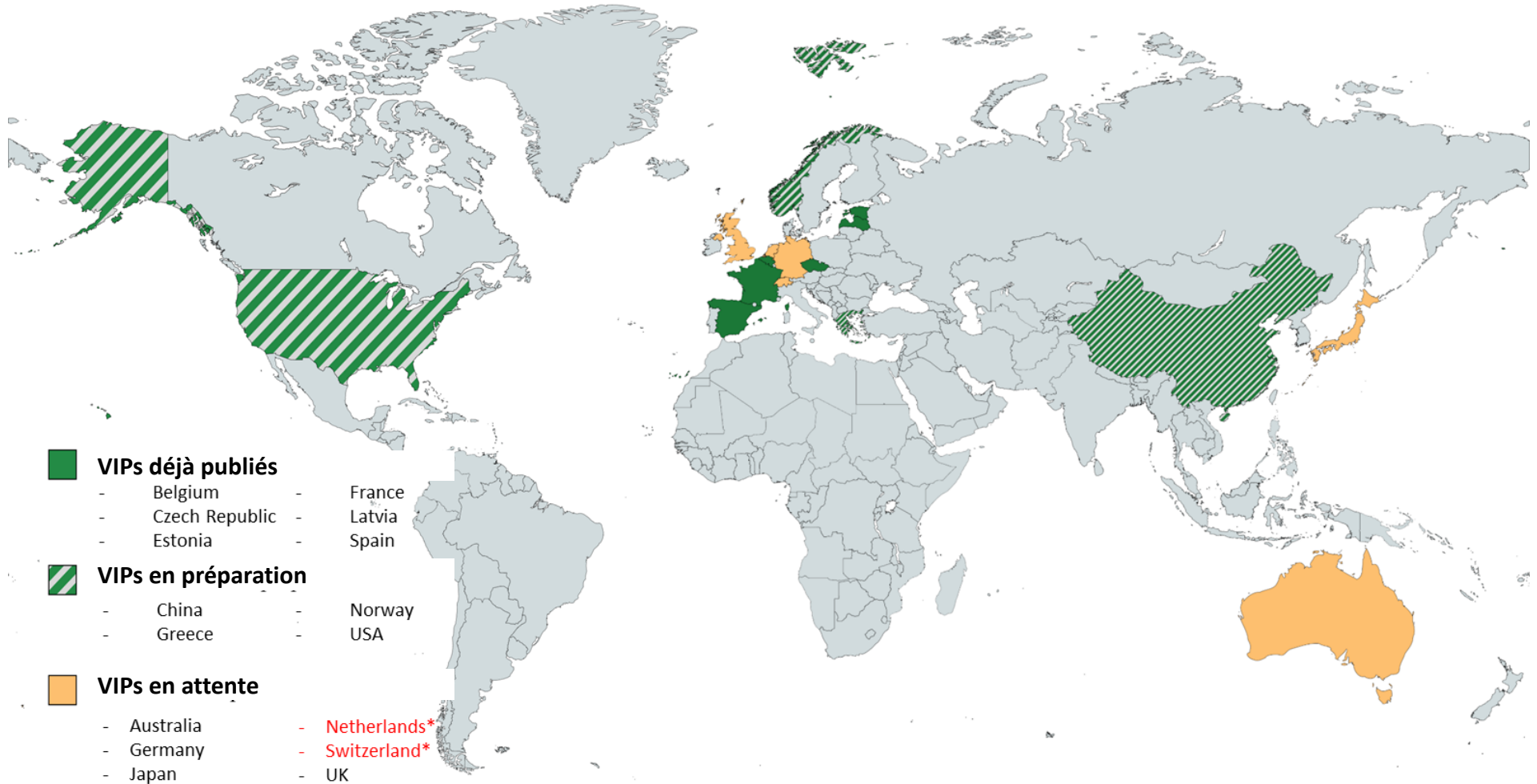
Etanchéité à l'air des bâtiments (12 pays)



Etanchéité à l'air des réseaux (10 pays)



10 pays inclus (ni NL ni CH)



**Uniquement sur l'étanchéité à l'air des bâtiments*



Perméabilité à l'air des réseaux : indicateurs

- **Pays européens** : f ($\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$)
débit d'air divisé par la surface des conduits

Utilisation des classes d'étanchéité →

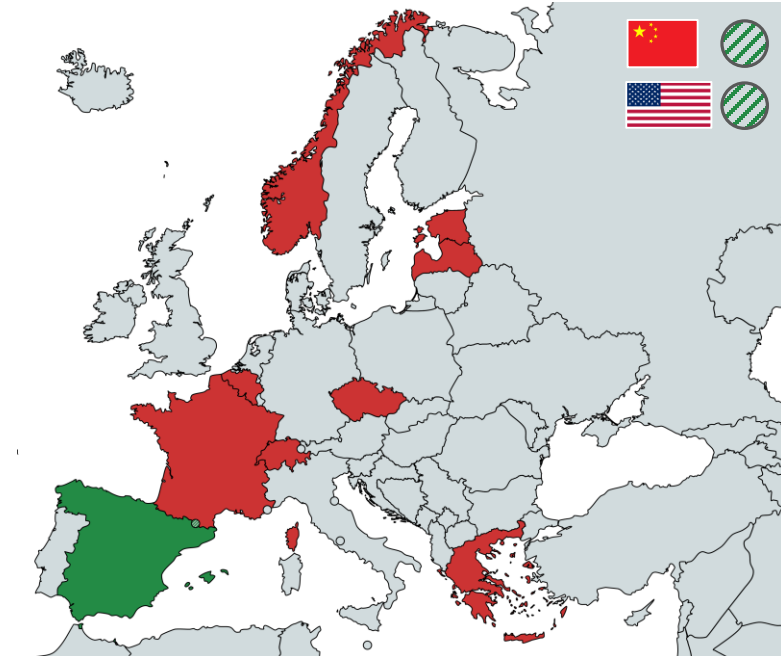
- **USA** : CFM25/ft²
Débit d'air à 25 Pa divisé par la surface des planchers
- **Chine** : Q ($\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)
débit d'air divisé par la surface des conduits (pression non précisée)

Classes d'étanchéité		Débit de fuite max (fmax) selon la pression du test (p_t) [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$]
Anciennes	Nouvelles	
	ATC 7	Hors classe
	ATC 6	$0,0675 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
A	ATC 5	$0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
B	ATC 4	$0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
C	ATC 3	$0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
D	ATC 2	$0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
	ATC 1	$0,00033 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$



Perméabilité à l'air des réseaux : exigences

Exigence obligatoire ?					
NON	OUI				
	Pays	Obligatoire pour :	Valeurs		Justification obligatoire ?
			Indic. (unité)	Valeur max.	
	ES	Bâtiments neufs et rénovés		Class B	OUI (par test depuis 2007 - UNE-EN 12599) mais en pratique pas toujours mesuré
	CN	Tous les bâtiments	Q (m³/h)	cf. tableau	NON
	US	Certains cas/Etats	CFM25 (CFM)	<u>ENERGY STAR & IECC:</u> Max (8/100 ft², 80) <u>California & ASHRAE 62.2:</u> 6% du système total <u>North Carolina:</u> 6/100 ft² <u>Kentucky:</u> 12/100 ft² ; ...	



Mandatory ductwork airtightness requirements?




- No
- Yes (in at least some cases) - no mandatory justification
- Yes (in at least some cases) - mandatory justification

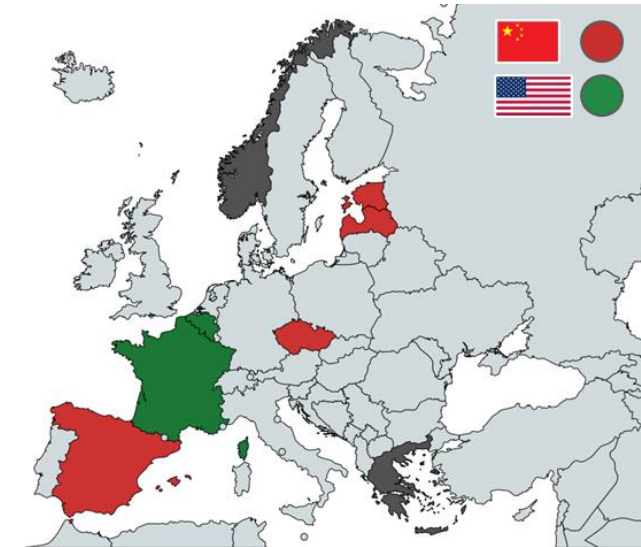
Pression de conception	Ratio de fuite autorisés m³/(m²·h)	
	Réseau mét. rect.	Réseau mét. circ.
≤ 500 Pa	≤ 0.1056P ^{0.65}	≤ 0.0528P ^{0.65}
500 - 1500 Pa	≤ 0.0352P ^{0.65}	≤ 0.0176P ^{0.65}
≥ 1500 Pa	≤ 0.0117P ^{0.65}	≤ 0.0117P ^{0.65}





Perméabilité à l'air des réseaux : calcul énergétique

Pays	Détails	Valeur par défaut		
		O/N	Valeur	Commentaires
BE 	<u>non-résidentiel</u> : NON <u>résidentiel</u> : peut être valorisé par une réduction du facteur m (valoriser la qualité d'exécution du système de vent.)		-	
FR 	L'étanchéité du réseau impact le taux de renouvellement d'air du bâtiment (intégré dans le calcul des débits d'air)	OUI	2.5 Class A	L'utilisation d'une meilleure classe doit être justifiée
USA (Califo.) 	Un modèle thermique et aéraulique multizone est utilisé pour calculer l'impact des fuites du réseau comme référence pour valider les autres logiciels de contrôle.	OUI (CA)	15% avant 2013; 5% depuis 2013 (introduction d'une exigence de performance en 2013)	Pas d'information pour les autres Etats



CN, CZ, EE, ES, LV: Non inclus dans le calcul énergétique
GR, NO: pas d'information

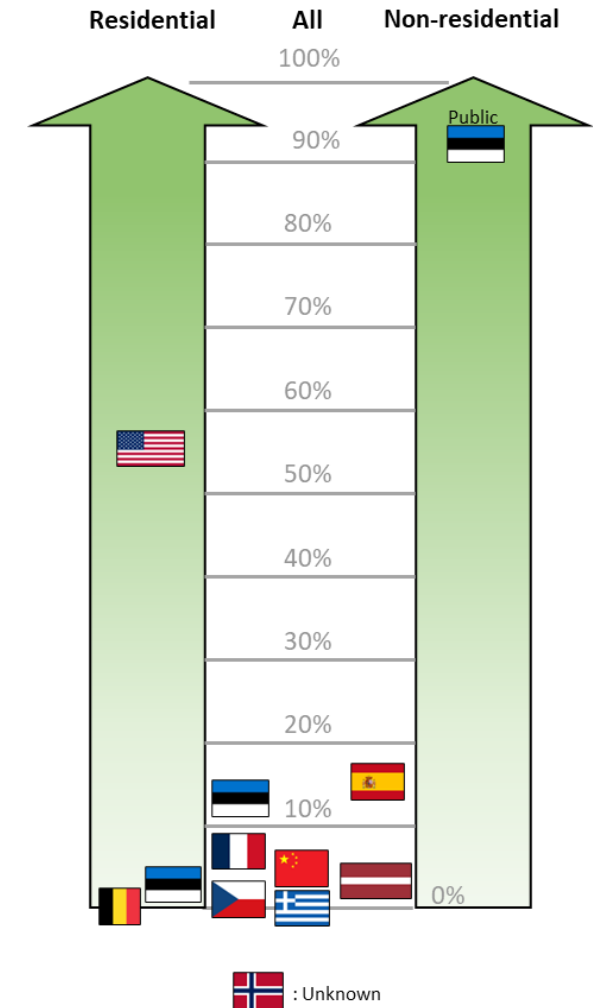
Ductwork airtightness in EP calculation ?

- Yes (in at least some cases)
- No
- No information provided



Perméabilité à l'air des réseaux : tests réalisés











Country	Residential buildings	Non-residential buildings	Public database		
			Existing?	In charge:	% of tests
BE	< 1%	-	No	(not public: VEKA in Flanders)	limited
CN	Very few		NO	-	-
CZ	Very limited for special installations		NO		
EE	Few (usually no test)	Public: almost 100%	YES	Estonian building registry	100% ?
	10-15%				
FR	Few (1323 tests in 2020)		YES	Cerema	100%
GR	Close to 0%		NO		
LV	Very few		NO	-	-
NO	N/A		NO	-	-
ES	Rather low		NO	-	
US	>50% (depends on the states)	-	NO	Old one from LBNL (150 000 entries)	





Les guides pour des réseaux étanches



Country	Guidelines to build airtight ductwork		
	Existing?	Name	Details/Comments
BE 	NO	-	-
CN 	YES	Standard GB 50738-2011 and JGJ 141-2017	Stipulated: material selection, production, installation and inspection, etc.
CZ 	NO	-	Every producer provides his product with installation description
EE 	YES	RKAS guideline	
FR 	YES	DTU 68.3 (national standard)	Rules for design and installation of ventilation systems in buildings. Widely required by building owner for insurance purposes
GR 	N/A	-	-
LV 	N/A	-	-
NO 	N/A	-	-
ES 	NO	-	-
US 	YES	California: California building standards include thorough instructions for duct and envelope sealing Many organizations provide training for testing and sealing ductwork:	<ul style="list-style-type: none">- US DOE Building America: BSC information on duct sealing for all climates- Energy Star duct sealing guidance for homeowners- SMACNA HVAC Duct Construction Standards - Metal and Flexible- ACCA Quality Installation Specification

Merci pour votre attention

Et merci pour les auteurs des VIPs:

-  BE: Liesje Van Gelder (BCCA), Maarten De Strycker (BCCA), Christophe Delmotte (Buildwise), Arnold Janssens (Ugent)
-  CH: Michael Wehrli (TheCH)
-  CN: Jie Hu, Guoqiang Zhang, Zhengtao Ai (Hunan University)
-  CZ: Jiří Novák (CTU), Daniel Adamovský (CTU, UCEEB), Jan Vitouš (CTU, UCEEB)
-  ES: Timo Hoek (airtest), Irene Poza-Casado (UVA), Sergio Melgosa (eBuilding)
-  ET: Targo Kalamees, Jaanus Hallik, Alo Mikola (Tallinn University of Technology)
-  FR: Bassam Moujalled, Adeline Mélois (Cerema, LOCIE)
-  GR: Theodoros Sotirios Tountas (F.U.V.)
-  LV: Andrejs Nitijevskis (IRBEST Ltd), Latvia Vladislavs Keviss (IRBEST Ltd), Nolwenn Hurel (PLEIAQ)
-  NL: Frans Dam, Rob Dam (Retrotec EU)
-  NO: Tormod Aurlien (NMBU)
-  US: Iain Walker (LBNL), Steve Emmerich (NIST)