

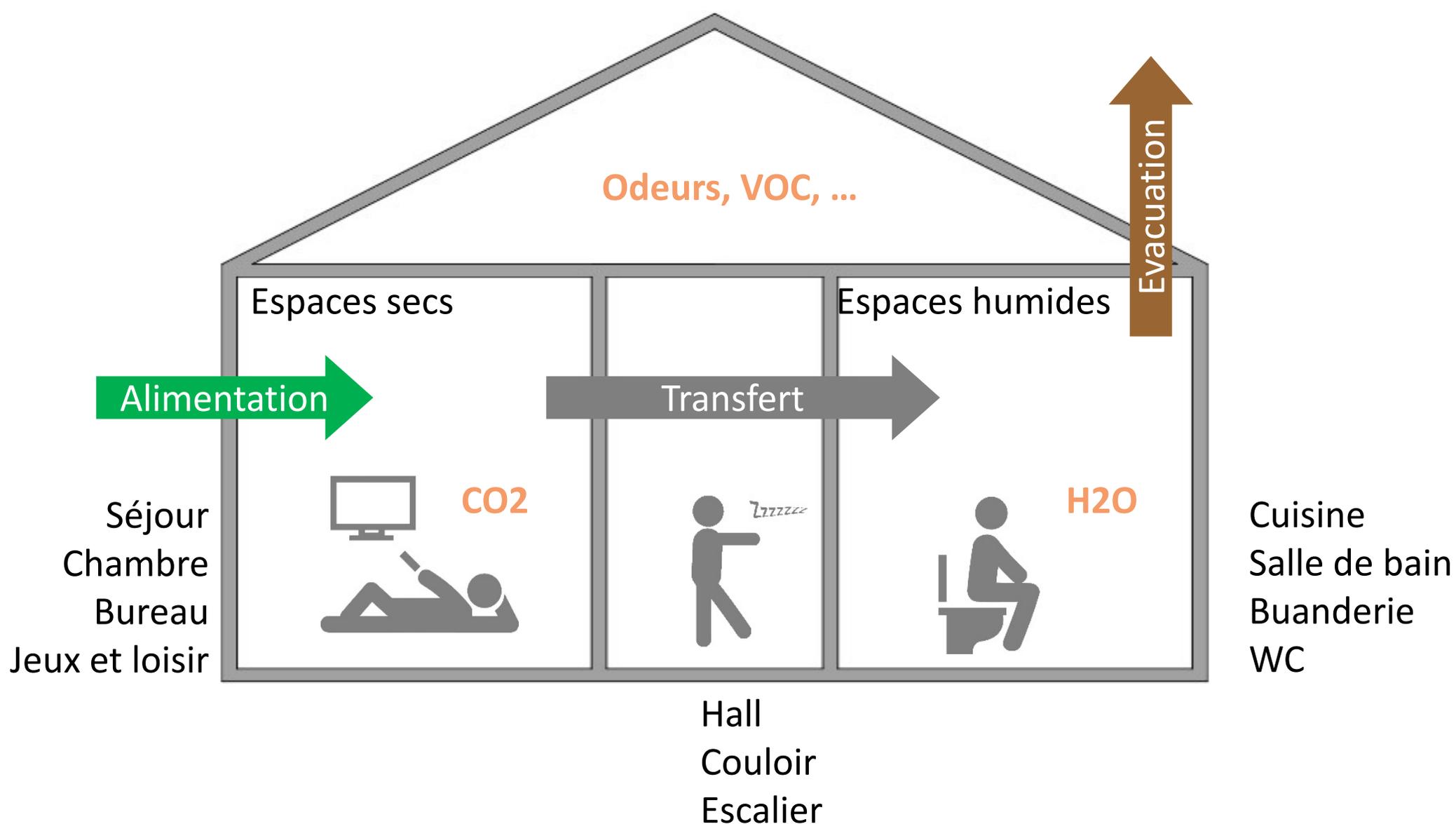
Ventilation : Principes, réglementations, et bonnes pratiques

Samuel Caillou

CSTC – Centre Scientifique et Technique de la Construction

Qu'est-ce que la ventilation?

La ventilation permet d'alimenter les espaces en air neuf et d'évacuer les polluants intérieurs



Les fuites dans l'enveloppe et l'ouverture des fenêtres ne sont absolument pas suffisants !

■ In- et exfiltrations dans l'enveloppe: incontrôlé

- Variation dans le temps
- Différences d'une pièce à l'autre
- Sens du flux
- Pertes d'énergies importantes

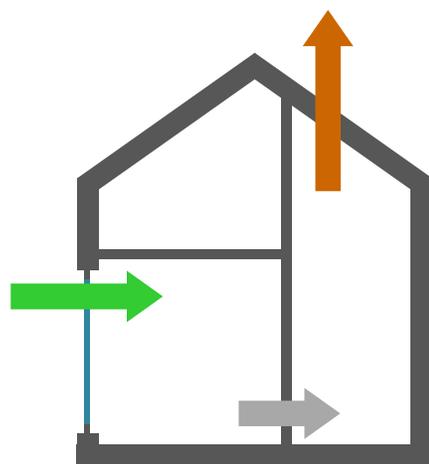


■ Ouverture des fenêtres

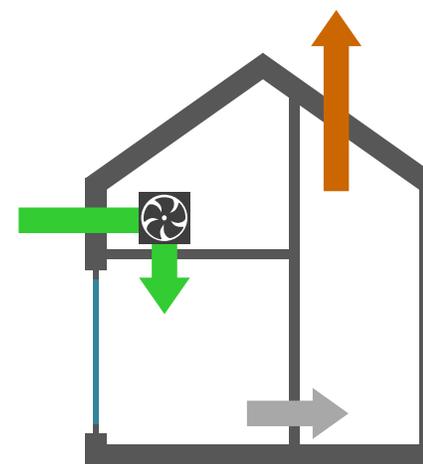
- Ouverture permanente → pertes d'énergie
- Ouverture ponctuelle → mauvais qualité de l'air
- Bruit, risque d'effraction, nuisibles, etc.

Selon que la ventilation est naturelle ou mécanique, on distingue 4 types de systèmes

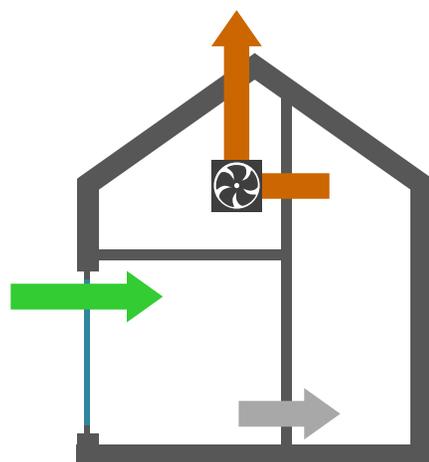
A: alimentation et évacuation naturelles



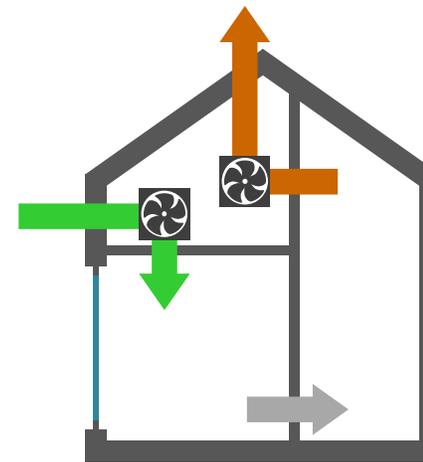
B: alimentation mécanique + évacuation naturelle



C: alimentation naturelle + évacuation mécanique



D: alimentation et évacuation mécaniques



La ventilation permet-elle de contrôler tous les polluants?

Principales sources de polluants intérieurs

■ Bioeffluents

- Emis par les personnes (CO₂ est un bon traceur)

■ Humidité (risque de moisissures) et odeurs

- Activités dans la cuisine, salle de bain, etc.

■ Emissions des matériaux

- Construction et mobilier

■ Autres polluants spécifiques

- Radon, CO, fumée de tabac, PM (cuisine, bougies, ...), etc.

Approche globale pour une bonne qualité de l'air (IAQ)

1) Limiter les sources

- Choix de matériaux peu émissifs
- Bonne conception (CO, Radon, ...)
- Rôle des occupants (fumée de tabac, bougies,...)

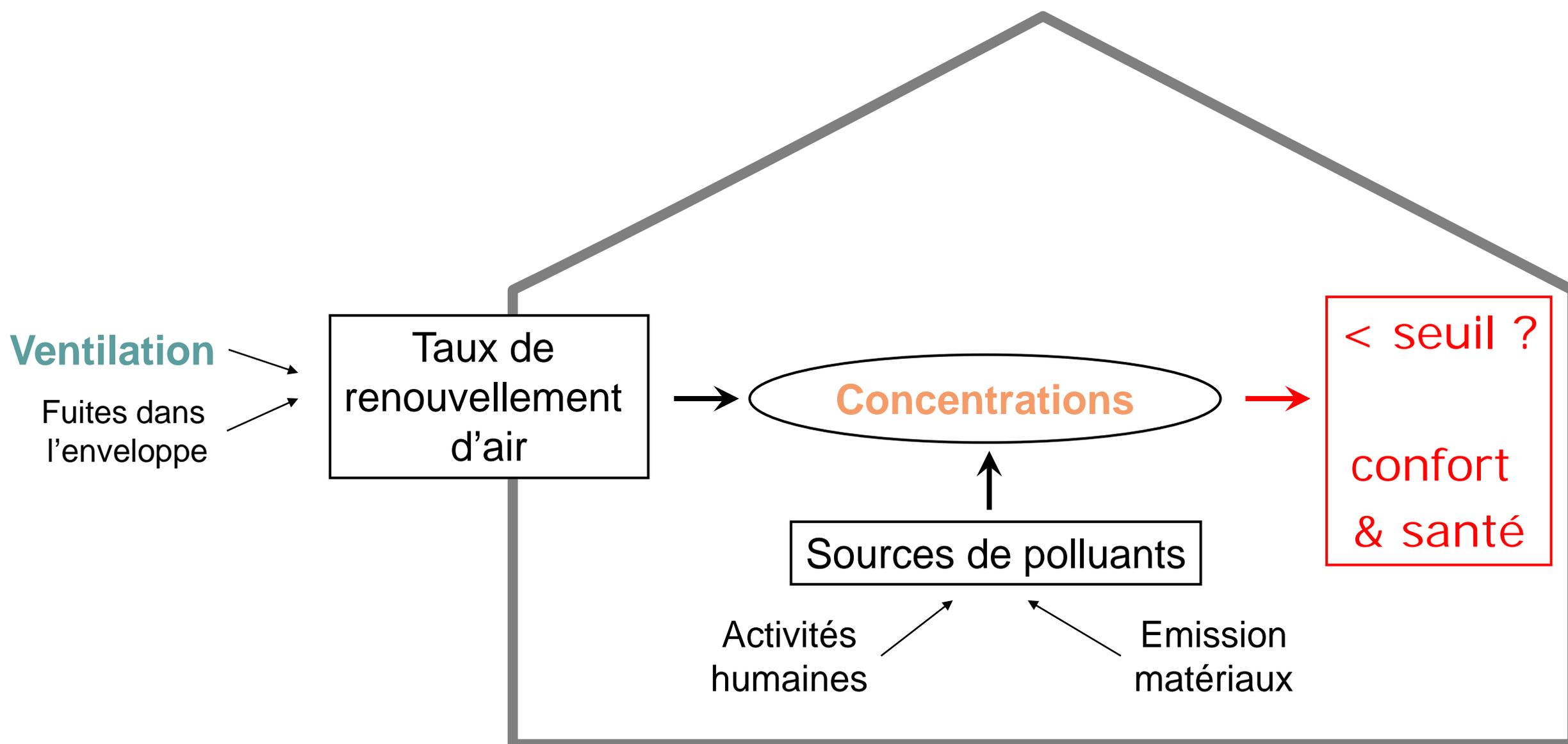
2) Evacuer les polluants à la source si possible

- Hotte de cuisine (PM, odeurs,...)
- Evacuation locale poste de travail

3) Ventiler

→ Evacuer les polluants → assurer un renouvellement d'air → **débits**

Le but de la ventilation est donc d'assurer un renouvellement d'air pour contrôler les polluants



Quelles sont les exigences réglementaires ?

La ventilation est obligatoire pour les bâtiments non-résidentiels neufs (PEB): débit par personne et taux d'occupation minimums

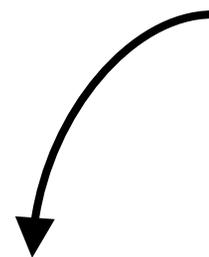
- Débit: 22 m³/h.pers.

- Exemples

Tableau 1 : Valeurs minimales à appliquer pour la détermination de l'occupation nécessaire au calcul du débit de conception minimal dans les espaces destinés à l'occupation humaine (voir texte)

	Surface au sol par personne (m ² /personne)
Boreca	
restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1,5
cuisines, kitchenettes	10
Hôtels, motels, centres de vacances	
chambres à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances, ...	10
Sortoirs de centres de vacances	5
lobby, hall d'entrée	2
salle de réunions, espace de rencontre, salle polyvalente	2
Immeubles de bureaux	
bureaux	15
locaux de réception, réception, salles de réunions	3,5
entrée principale	10
Lieux publics	
hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
Lieux de rassemblement publics	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2,5
Commerce de détail	
local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7
centre commercial	2,5
salon de coiffure, institut de beauté	4
magasins de meubles, tapis, textiles...	20
supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour enfants	10
Laverie automatique	5
Sports et loisirs	
hall de sports, stades (salle de jeu), salle de gymnastique	3,5
vestiaires	2
espace des spectateurs, tribunes	1
skatohèque / dancing	1
club sportif : salles d'aérobic, salle de fitness, club de bowling	10

Il y a également des exigences IAQ sur les lieux de travail (présentation matin)



Type d'espace	Exigence PEB	Exemples		
		Surface par personne (m ² /pers.)	Surface (m ²)	Nombre de personnes
Bureau	15	60	4	88
Salle de réunion (bureaux)	3,5	70	20	440
Salle d'attente	1	10	10	220
Salle de cours (écoles)	4	100	25	550

Tableau 1 : Valeurs minimales à appliquer pour la détermination de l'occupation nécessaire au calcul du débit de conception minimal dans les espaces destinés à l'occupation humaine (voir texte)

	Surface au sol par personne [m ² /personne]
Horeca	
restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1.5
cuisines, kitchenettes	10
Hôtels, motels, centres de vacances	
chambres à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances, ...	10
dortoirs de centres de vacances	5
lobby, hall d'entrée	2
salle de réunions, espace de rencontre, salle polyvalente	2
Immeubles de bureaux	
bureau	15
locaux de réception, réception, salles de réunions	3.5
entrée principale	10
Lieux publics	
hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
Lieux de rassemblement publics	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2.5
Commerce de détail	
local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7
centre commercial	2.5
salon de coiffure, institut de beauté	4
magasins de meubles, tapis, textiles...	20
supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour animaux	10
Laverie automatique	5
Sports et loisirs	
hall de sports, stades (salle de jeu), salle de gymnastique	3.5
vestiaires	2
espace des spectateurs, tribunes	1
discothèque / dancing	1
club sportif : salles d'aérobic, salle de fitness, club de bowling	10

Locaux de travail	
studio de photographie, chambre noire...	10
pharmacie (local de préparation)	10
salle des guichets dans les banques / salle des coffres destinée au public	20
local de photocopie / local des imprimantes	10
local informatique (sans local des imprimantes)	25
Etablissements d'enseignement	
salles de cours	4
salle polyvalente	1
Soins de santé	
salle commune	10
salles de traitement et d'examen	5
salles d'opération et d'accouchement, salle de réveil et soins intensifs, salle de kinésithérapie, de physiothérapie	5
Etablissements pénitentiaires	
cellules, salle commune	4
postes de surveillance	7
inscription / enregistrement / salle de garde	2
Autres espaces	
magasin de stockage	100
autres espaces	15

https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_fr.pdf

https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_nl.pdf

Le Code du bien-être au travail contient des exigences sur l'aération des locaux et la qualité de l'air

- I. Principes généraux
- II. Structures organisationnelles et concertation sociale
- **III. Lieux de travail**
 - **Titre 1^{er} Exigences de base relatives aux lieux de travail**
 - Chapitre IV. Aération**
 - IV. Equipements de travail
 - V. Facteurs d'environnement et agents physiques
 - VI. Agents chimiques, cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques
 - VII. Agents biologiques
 - VIII. Contraintes ergonomiques
 - IX. Protection collective et équipement individuel
 - X. Organisation du travail et catégories spécifiques de travailleurs

Les exigences sur l'aération ont changé en **2016** et en **2019**

■ Avant 2016

- **Aération 30 m³/h par travailleur**

Débit: pas facilement mesurable

Par travailleur! Ex. Salle de classe : 1 personne → 30 m³/h?

■ **2016**

- **Concentration en CO₂ maximum : 800ppm**

[CO₂]: facilement mesurable

Toutes les personnes présentes contribuent au CO₂ dans le local

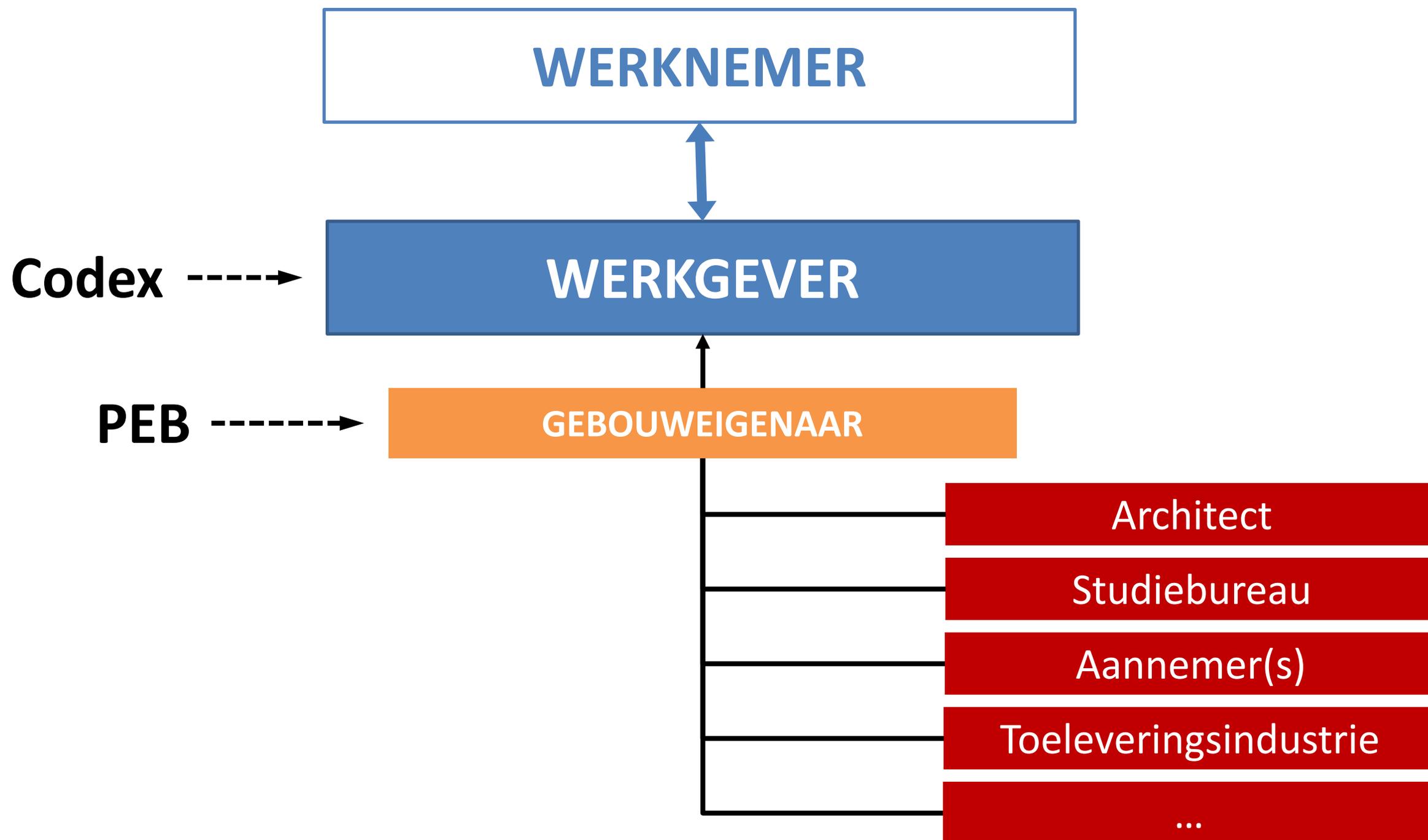
Concentration en valeur absolue: [CO₂] extérieur > 400 ppm

Débit correspondant : > 50 m³/h par personne!

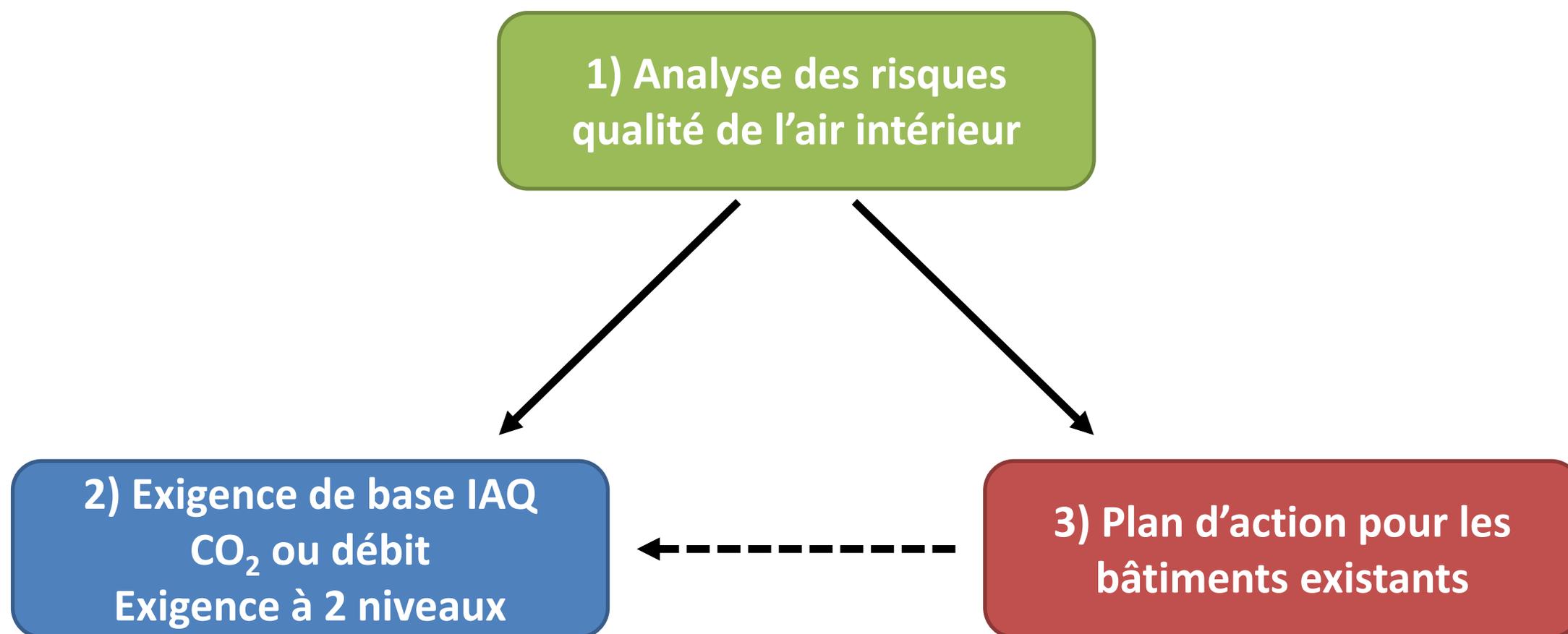
■ **2019**

- Révision du code: Arrêté royal du 2 mai 2019, publié le 21 mai 2019
- Directive pratique: document explicatif de 33 pages

Le code du bien-être au travail (Codex) s'adresse directement aux employeurs... mais indirectement à d'autres professionnels



Le nouveau code (2019) contient 3 volets d'exigences



L'analyse des risques se base sur un screening rapide et éventuellement des calculs et mesures (facultatifs)

Étape 1 - Screening

Collecte d'informations pertinentes

Inspection visuelle

Enquête auprès des travailleurs



Étape 2 - Calculs (facultatifs)



Étape 3 - Mesures (facultatifs)

L'exigence IAQ tient compte des bioeffluents et des émissions des matériaux

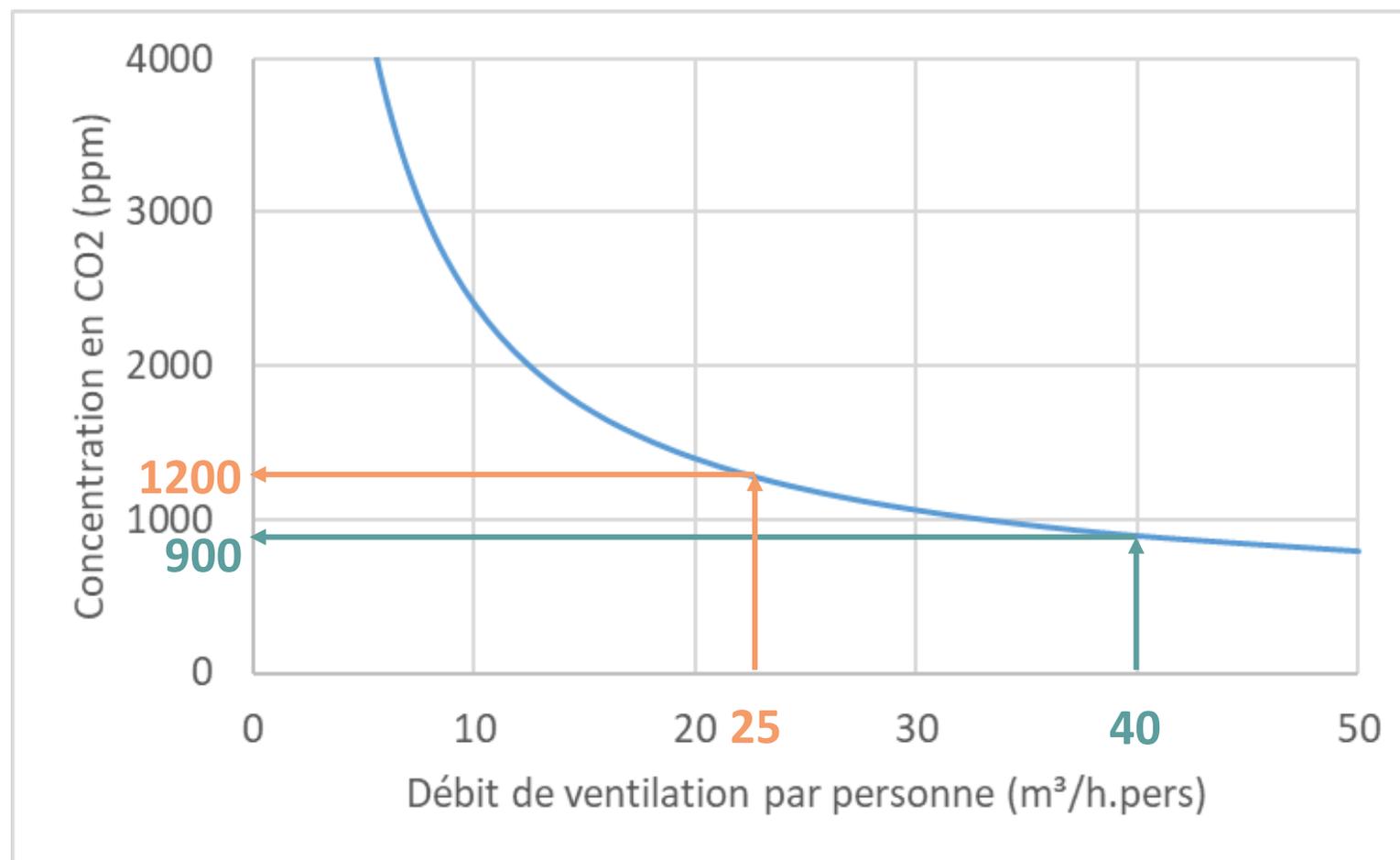
- Exigence de base IAQ, au choix
 - Maximum **900 ppm de CO₂**
 - Débit de ventilation minimum de **40 m³/h.pers**

- Dérogation, au choix
 - Maximum **1200 ppm de CO₂**
 - Débit de ventilation minimum de **25 m³/h.pers**

- Conditions
 - Analyse des risques montre que les sources de polluant sont réduites (ex. matériaux à faible émission)
 - Avis préalable du conseiller en prévention et du comité

Le CO₂ est utilisé comme traceur de IAQ: il correspond directement à un débit de ventilation / renouvellement d'air

- CO₂
 - Pas polluant toxique comme tel! (< 5000 ppm)
 - Traceur du renouvellement d'air en présence de personnes
- On considère qu'une personne émet 20 l/h.pers de CO₂



Valable pour:

- Taux émission CO₂ de 20 l/h.pers
- [CO₂] extérieure de 400 ppm

L'exigence de IAQ / ventilation dépend des autres sources de polluants

- Si autres sources sont réduites
 - Principale source = bioeffluents
 - Débit de 25 m³/h.pers = 1200 ppm CO₂

- Si pas d'attention particulière aux autres sources
 - Il faut ventiler plus pour éliminer ces autres polluants
 - Débit de ventilation plus élevé de 40 m³/h.pers.

- Approche concrète de la directive version 2019:
 - Sources: Seulement émissions des **revêtements de sol**
 - Cadre: Arrêté royal du 8 mai 2014 C-2014/24239

L'arrêté royal du 8 mai 2014 C-2014/24239 s'applique aux revêtement de sol et fixe des niveaux maximum d'émission

- Tous les revêtements de sol vendus en Belgique doivent y satisfaire

- Les matériaux suivants sont dispensés (non émissifs)
 - Pierre naturelle
 - Céramique
 - Verre non traité
 - Acier

Réaliser l'exigence IAQ dans les bâtiments existants reste un défi majeur!

- Pas de ventilation dans de nombreux bâtiments existants...
 - Ecoles
 - Petits immeubles de bureaux
 - Anciens bâtiments
- Alternatives à la ventilation?
 - In-/exfiltrations?
 - Ouverture des fenêtres?
- Contraintes
 - Économiques
 - Timing: Déménagement? Rénovation? Agrandissement? Etc.

→ **Approche pragmatique avec un plan d'action**

ANALYSE DES RISQUES

Étape 1 - Screening

Collecte de documents pertinents

Inspection visuelle

Enquête auprès des travailleurs

Étape 2 - Calculs (facultatif)

Étape 3 - Mesures (facultatif)



AU BESOIN : PLAN D'ACTION

Mesures organisationnelles

Mesures techniques

Etablissement
d'un plan
d'action

- Code du bien-être au travail

- <http://www.emploi.belgique.be/moduleDefault.aspx?id=46071>
- <http://www.werk.belgie.be/moduleDefault.aspx?id=46071>

- Arrêté royal aération des lieux de travail (2019)

- http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2019050226&table_name=loi
- http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2019050226&table_name=wet

- Arrêté royal revêtements de sol

- http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2014050877&table_name=loi
- http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2014050877&table_name=wet

- Directive pratique

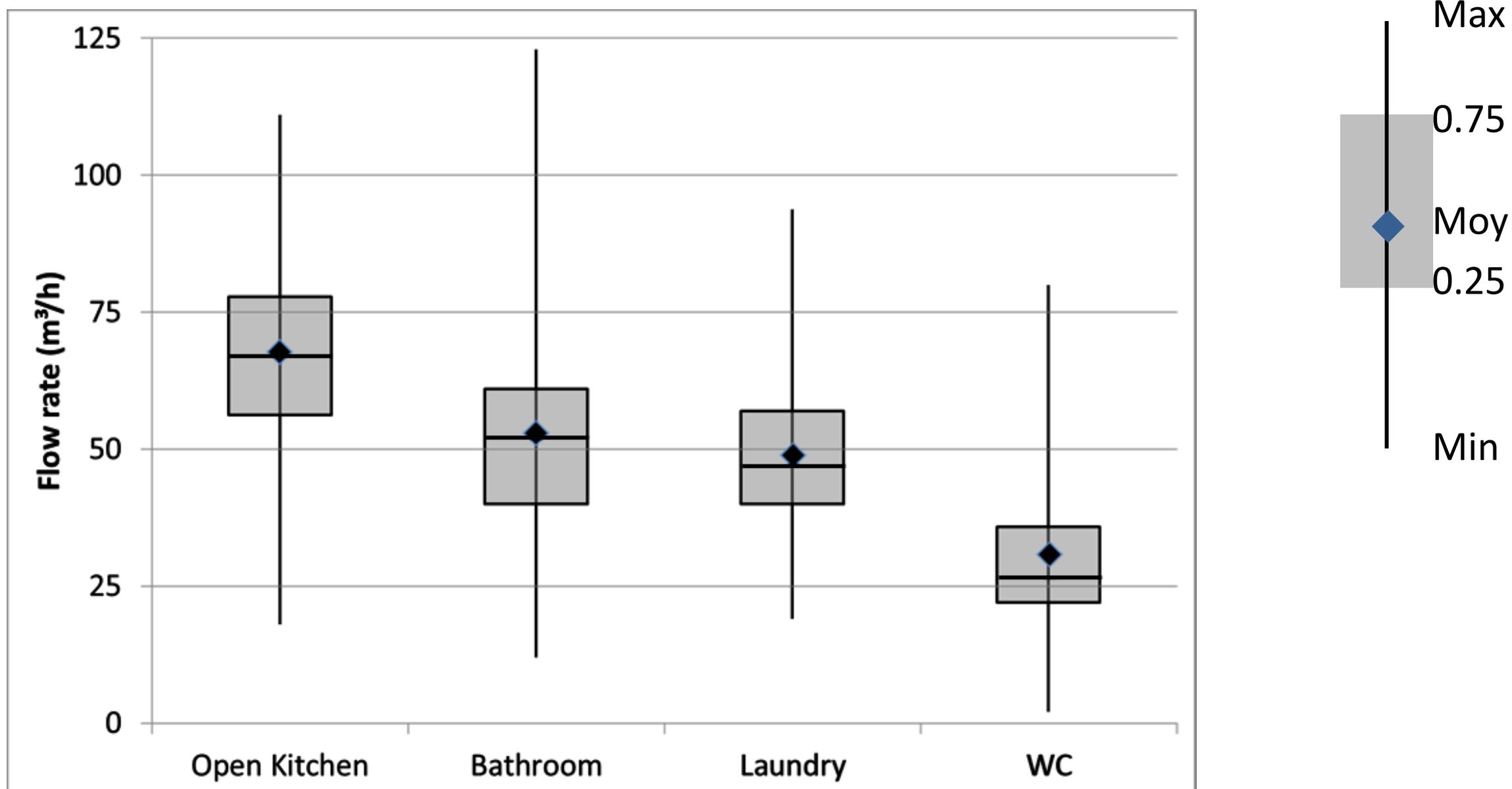
- <http://www.emploi.belgique.be/defaultNews.aspx?id=48360>
- <http://www.werk.belgie.be/defaultNews.aspx?id=48360>

Les systèmes et débits en pratique sont-ils conformes ?

Les débits mesurés in situ (système C et D) sont souvent inférieurs aux débits minimum exigés (PEB)

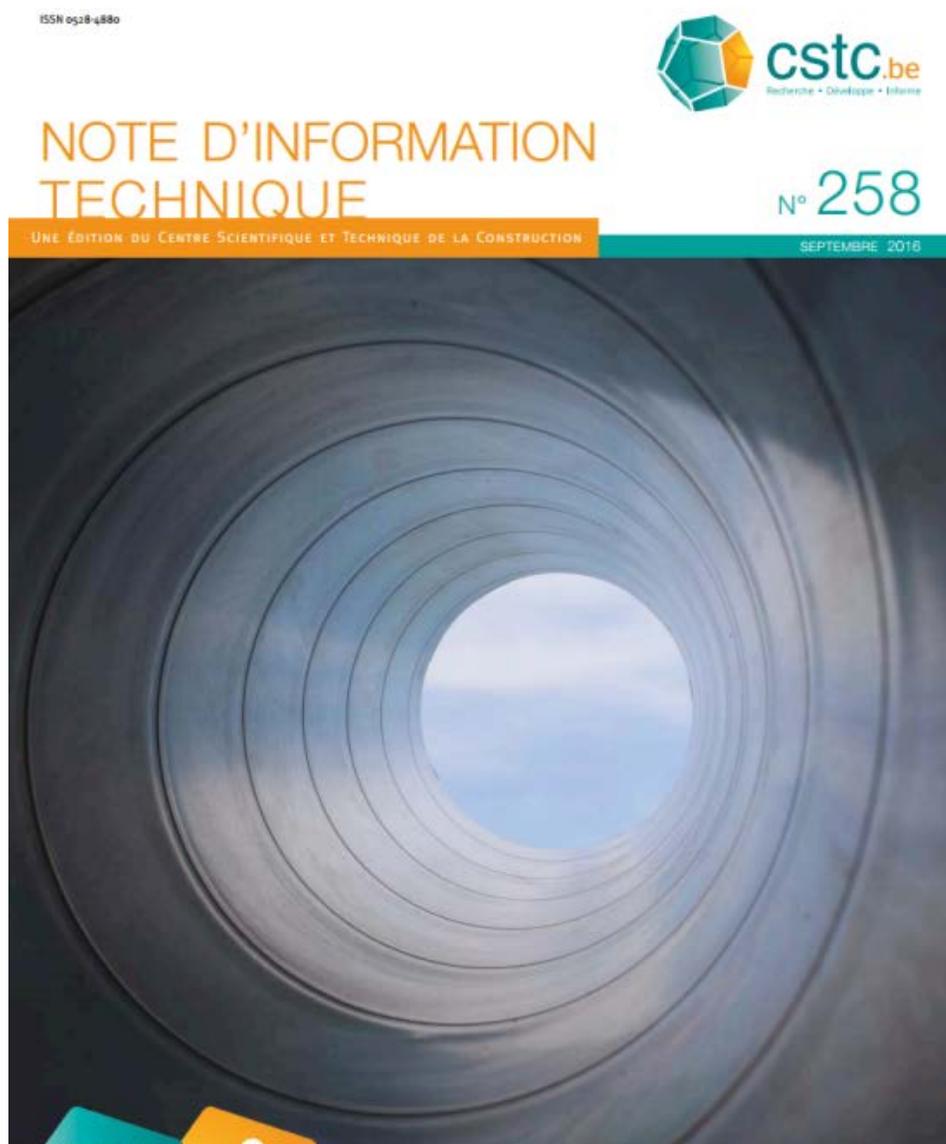


En regardant de plus près, la majorité des débits sont (presque) bons et quelques uns sont tout à fait insuffisants

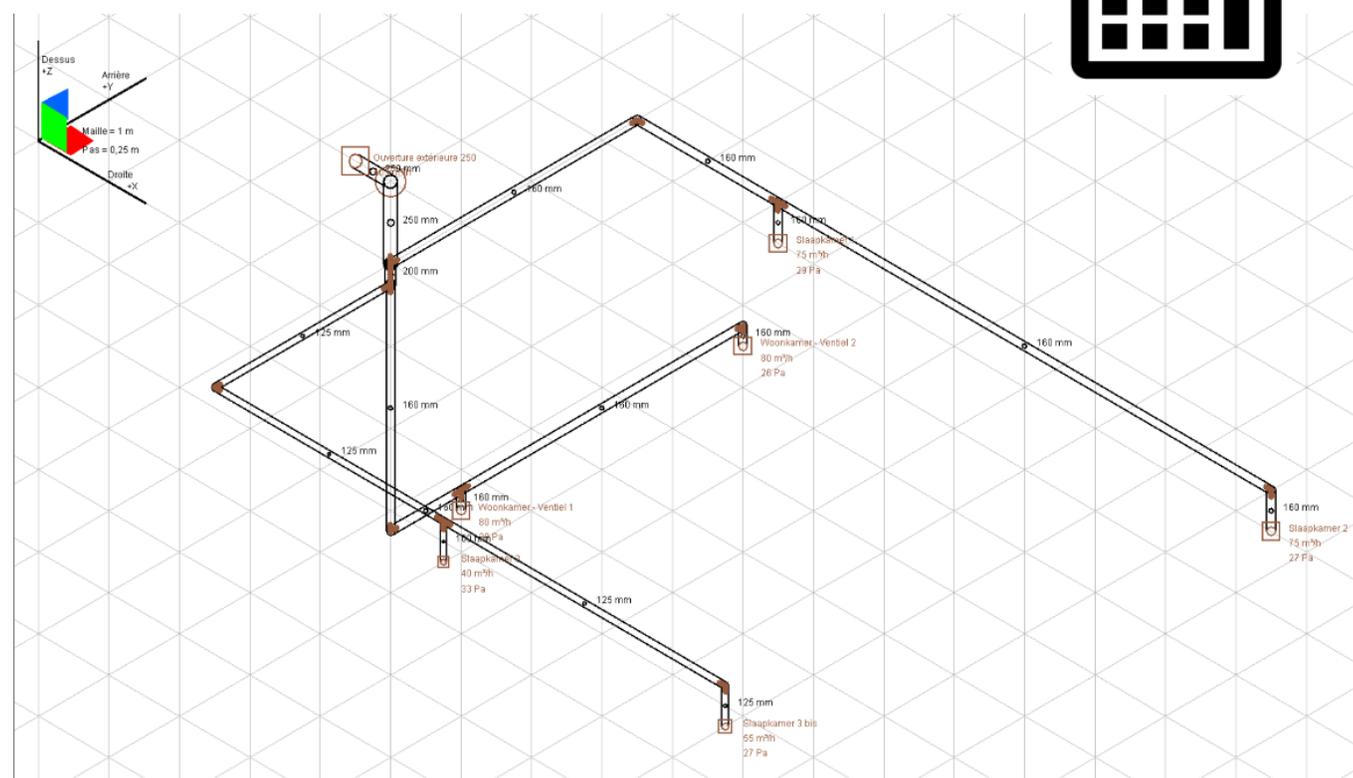


Projet CSTC OPTIVENT (IWT/VLAIO, Flandre)

Une bonne conception est le point de départ pour atteindre de bonnes performances in situ



Guide pratique des systèmes de ventilation de base des logements (remplace les NIT 192 et 203)

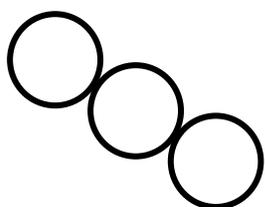


NIT 258 et outil de calcul OPTIVENT

Plusieurs conduits semi-flexibles en parallèle (chape) occasionnent plus de pertes de pression

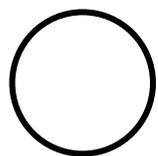
- 3 petits conduits rond lisses:

3 x \varnothing 50 mm, 75 m³/h (3.5 m/s) → **4.9 Pa/m**



- 1 conduit rond lisse:

1 x \varnothing 87 mm 75 m³/h (3.5 m/s) → **2.4 Pa/m**

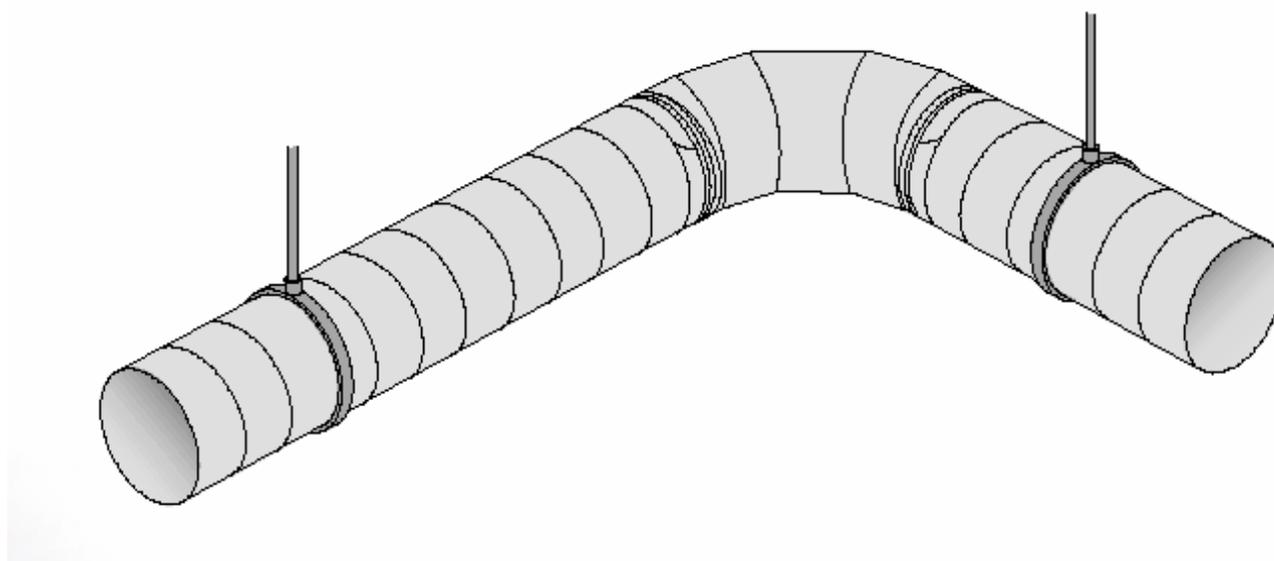
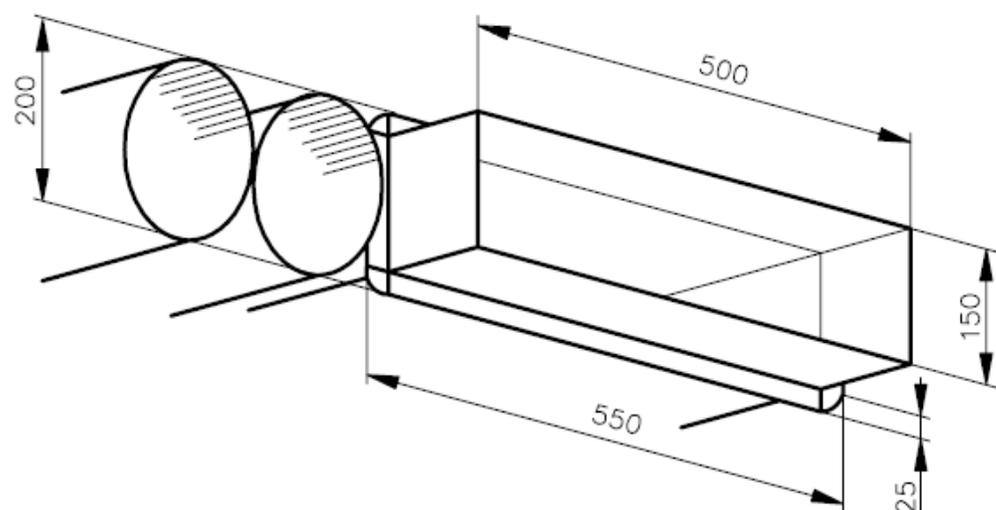
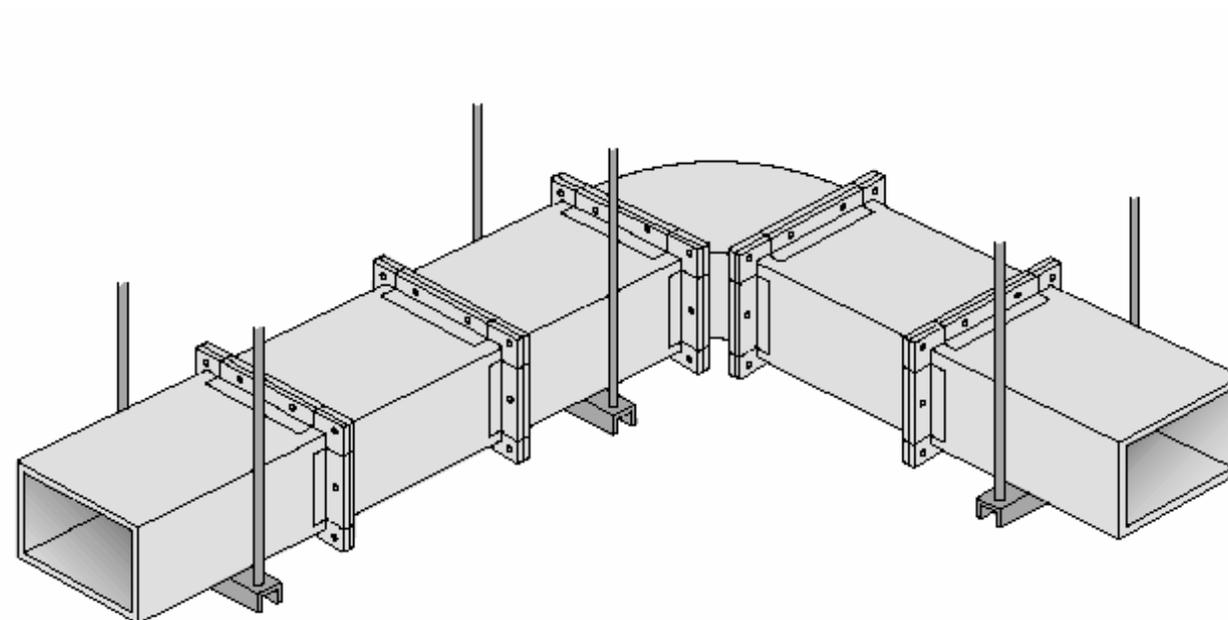
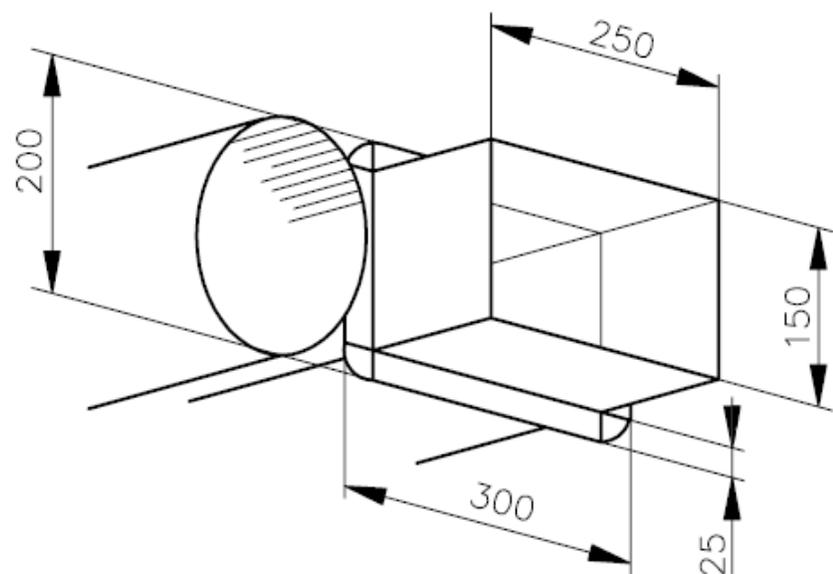


→ **Même vitesse, mais**

Pertes de pression 2 x plus élevées



Les conduits circulaires occasionnent moins de pertes de pression et sont plus faciles à monter que les rectangulaires



Le système lui-même n'est-il pas une source de pollution (microbiologique)?

Le système de ventilation peut-il être une source de polluants?

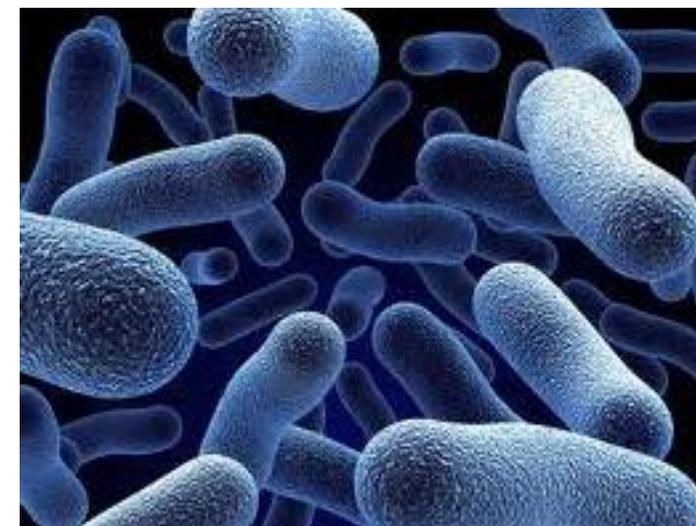
- Rappel but de la ventilation:
 - Evacuer les polluants intérieurs
 - Alimenter en air neuf/frais

- Conditions de réussite:
 - Eviter les sources de polluants dans le système lui-même
 - Limiter les polluants venant de l'extérieur



Moisissures et bactéries?

- Sources de moisissures
 - Principalement à l'extérieur (sol, végétation,...)
 - Normalement pas dans les bâtiments
- Sources de bactéries
 - Surtout intérieur: occupants, animaux, résidus alimentaires,...
- Grandes variations des sources extérieures
 - Environnement, saison, etc.
- Principale condition de développement microbiologique
 - Présence d'humidité > 70-80%



Systemes C et D: analyses microbiologiques in situ

■ Méthode

- Analyse des moisissures et bactéries
- Echantillons d'air

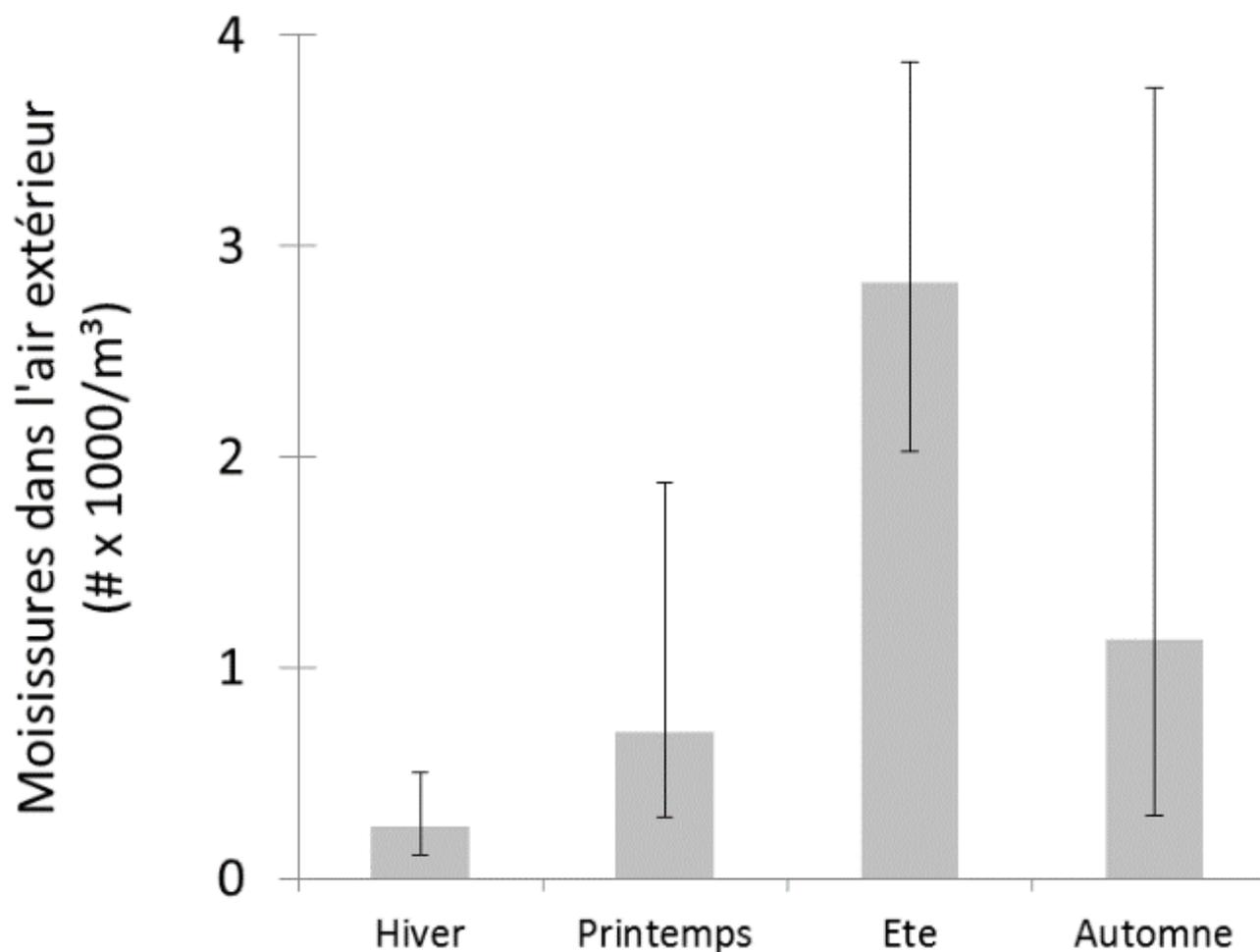
Air fourni

Toujours à comparer à l'air extérieur



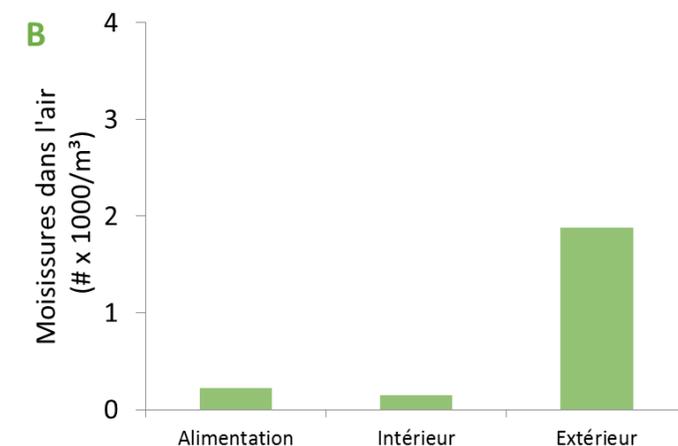
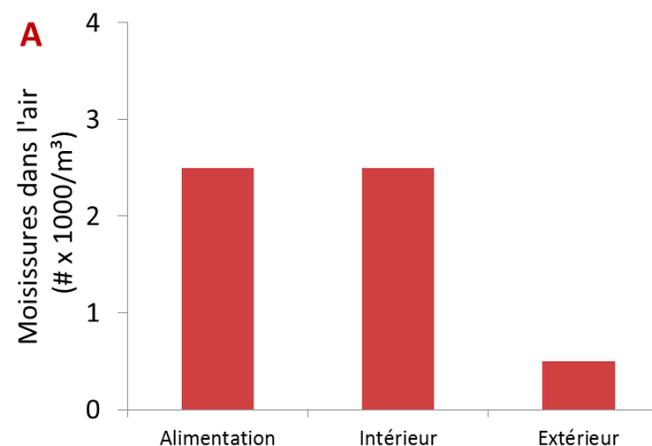
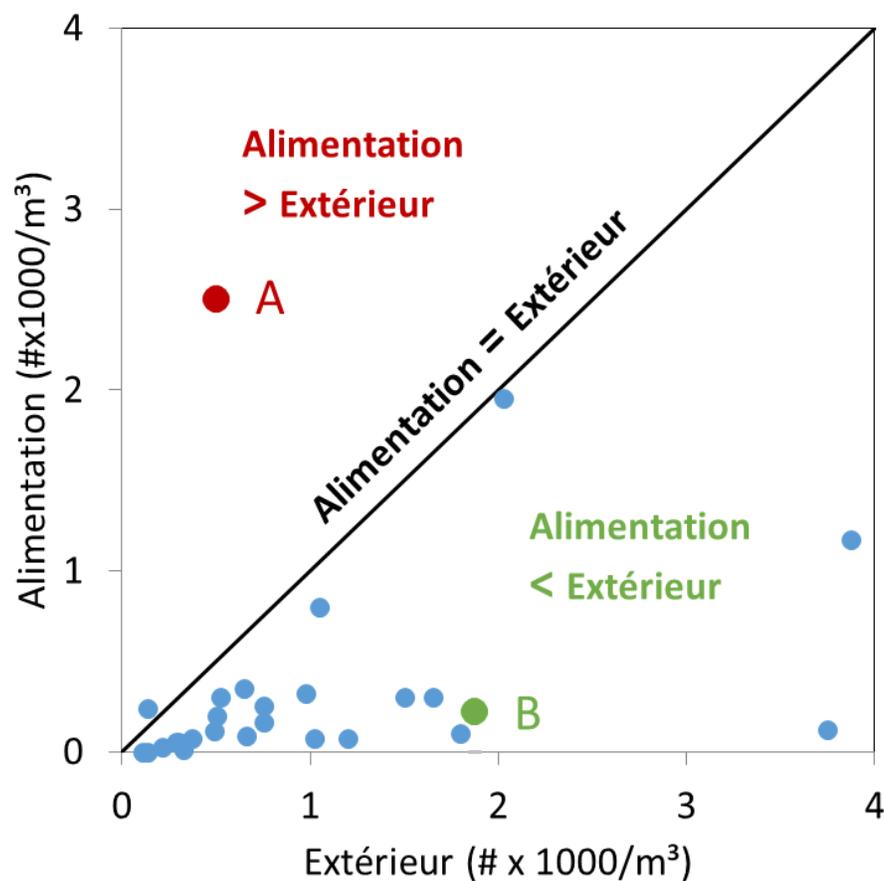
Projet CSTC OPTIVENT (IWT/VLAIO, Flandre)

Les moisissures dans l'air extérieur varient fortement en fonction des saisons



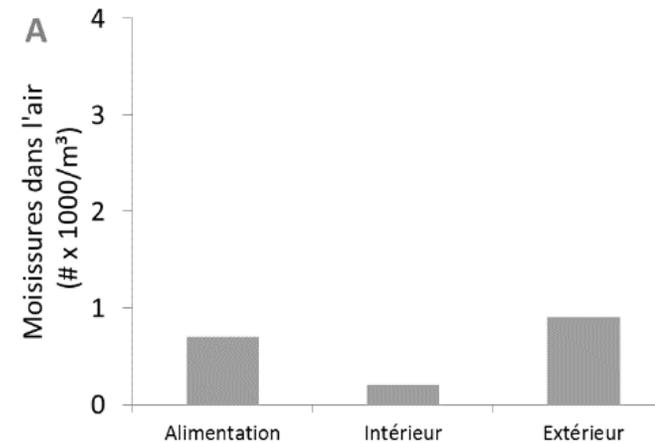
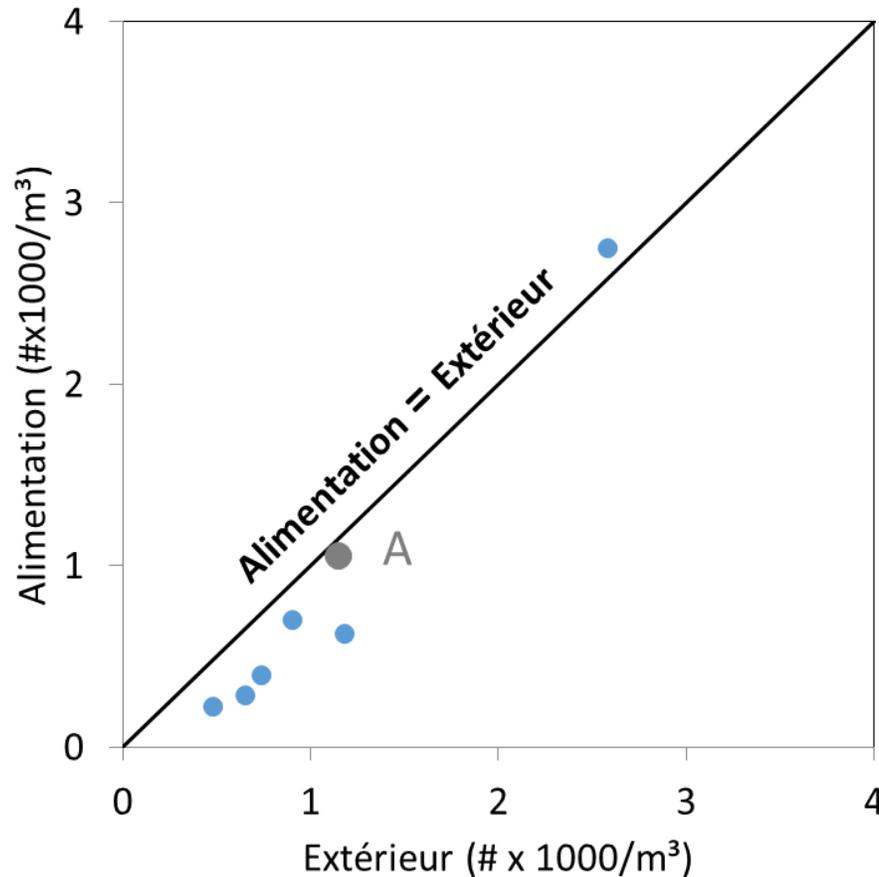
- Importance de la méthodologie: toujours comparer avec l'extérieur!

Systeme D: le nombre de moisissures dans l'air d'alimentation est généralement beaucoup plus faible que dans l'air extérieur



- Pour la majorité des cas
 - Pas de sources dans le système lui-même
 - Plutôt une diminution grâce aux filtres

Systeme C: le nombre de moisissures dans l'air d'alimentation est généralement très proche de l'air extérieur



- Pour la majorité des cas
 - Peu/pas de diminution dans l'air fourni (contrairement au système D)
 - Systèmes C: pas de filtres!

Exception 1 (système D): moisissures et odeurs dans une installation avec des manquements majeurs (rénovation)

- Conduits placés dans une ancienne toiture
 - Nombreux débris, probablement humides: isolants, végétaux,...
 - Conduits fortement encrassés



Exception 1 (système D): moisissures et odeurs dans une installation avec des manquements majeurs (rénovation)

- Distance trop courte entre prise d'air et rejet d'air
 - Recirculation d'air vicié plus que certaine



Exception 1 (système D): moisissures et odeurs dans une installation avec des manquements majeurs (rénovation)

- Clapets de réglage inaccessibles
 - Rendant le nettoyage des conduits impossible



Exception 2 (système D): un filtre trop ancien peut être source de micro-organismes

- Bactéries légèrement plus élevées dans l'air d'alimentation
- Filtres jamais remplacés ni nettoyés après 3 ans d'utilisation
 - Développement de bactéries dans le filtre?
 - Relargage de bactéries accumulées?

Résumé des analyses microbiologiques in situ

- Sources de moisissures
 - Air extérieur
 - Influence saisonnière
- Sources de bactéries
 - Principalement intérieur
- Système D
 - **Filtres**: diminution du nombre de moisissures et bactéries
 - Mais **exceptions!** → conception, entretien
- Système C
 - Pas de filtre: air d'alimentation = air extérieur

L'emplacement de la prise d'air est important pour éviter la recirculation d'air pollué

Rejet | Prise d'air | Aération des eaux usées

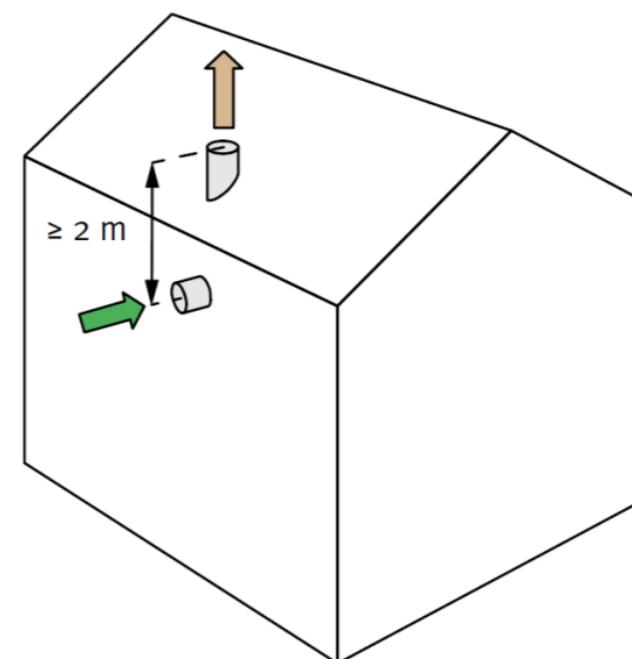


Prise d'air | Rejet | Cheminée



Pour les rejets de ventilation et de chaudière au gaz, une différence de hauteur de 2 m est généralement suffisante

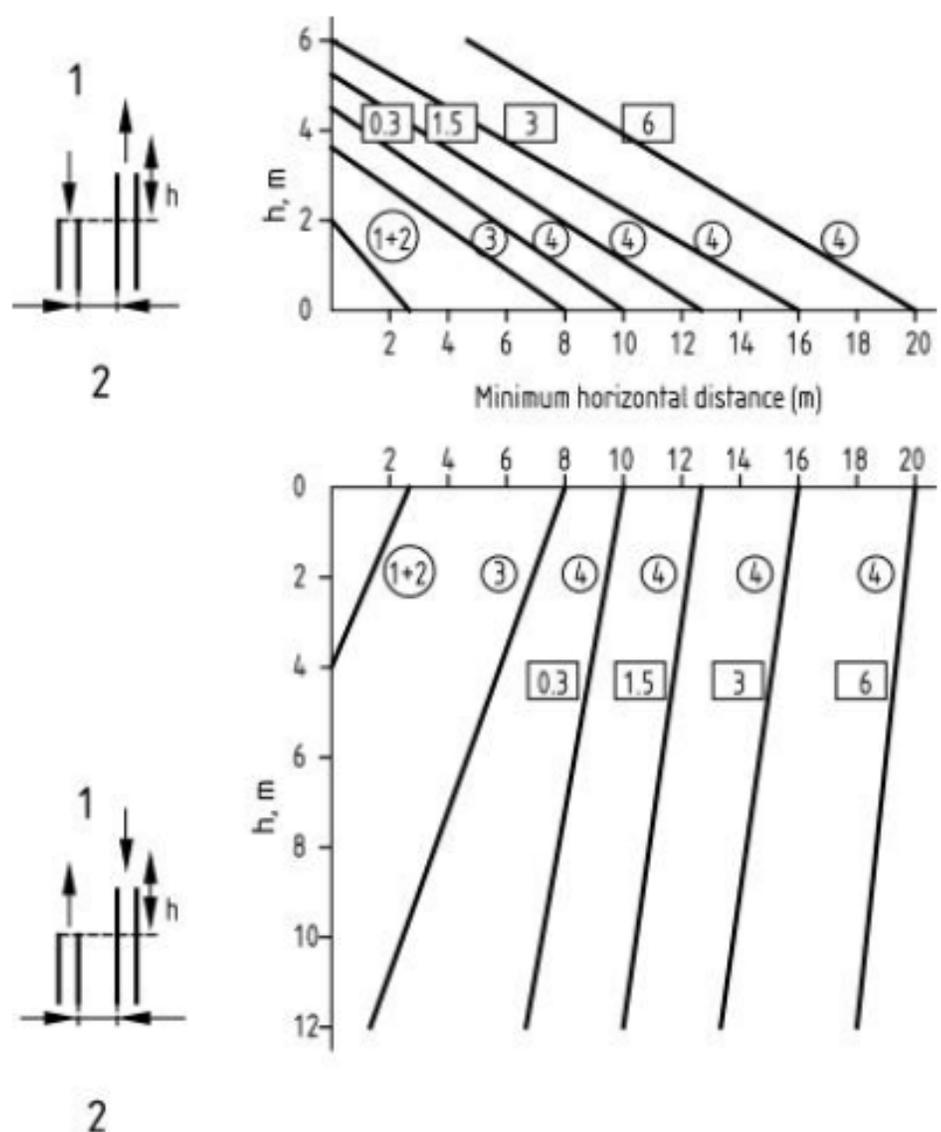
- Règle simplifiée
 - 2 m plus bas que tous les autres rejets (ventilation, hotte, chauffage gaz)
 - Sur une autre paroi si possible



- Exemples pratiques
 - Prise d'air dans une façade et rejets en toiture



Distance entre prise d'air et rejet d'air pour les grands débits: norme EN 13779



○ 3
 □ 4

Légende

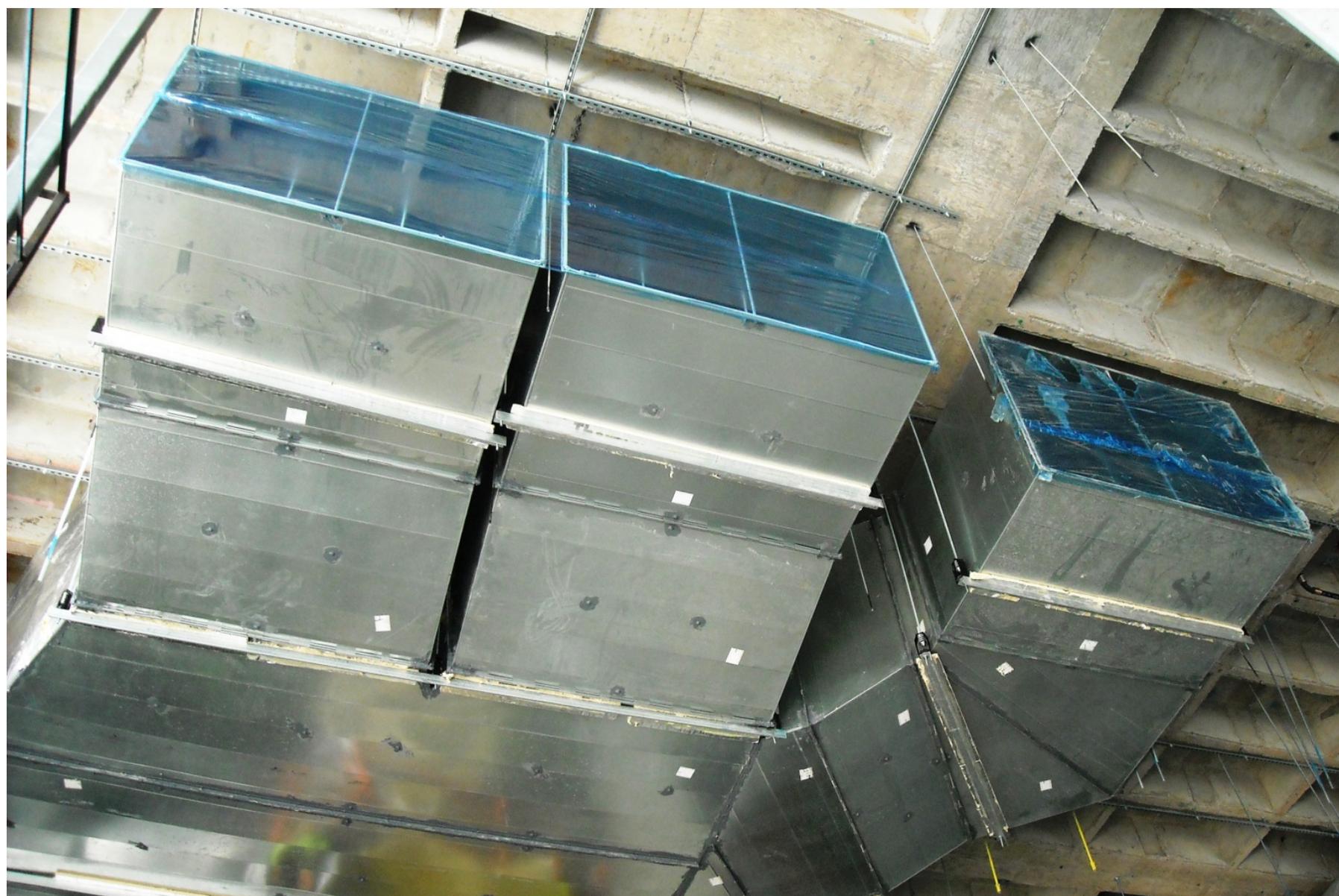
- 1 Distance verticale – Refoulement au dessus d'une prise d'air neuf (haut de la courbe)
- 2 Distance
- 3 Catégorie RJT
- 4 Débit dans l'orifice de refoulement en $m^3 \cdot s^{-1}$
- A Distance minimale horizontale (m)

Figure A.1 — Distances minimales recommandées entre les orifices de refoulement et les prises d'air neuf

Limiter l'encrassement pendant le chantier

- Protéger tous les composants
 - Pendant le stockage ET le transport
 - Pendant le montage et les travaux en cours
- Ne pas utiliser le système pour sécher le bâtiment





Principe du nettoyage des conduits

- Décrochage des poussières
 - Brosse rotative via une ouverture (bouche/diffuseur)
- Aspiration des poussières
 - Toutes les autres ouvertures sont scellées
 - Système d'aspiration + filtration spécifique



Local technique accessible pour l'entretien



Contacts

- Samuel CAILLOU (FR)
 - Chef du Laboratoire Chauffage et Ventilation, CSTC
 - 02/655 77 97
 - samuel.caillou@bbri.be

- Romy Van Gaever (NL)
 - Chef de projet, CSTC
 - 02/655 77 26
 - romy.van.gaever@bbri.be