



wtcb.be  
cstc

# Ventilation et covid : comment gérer mon installation de ventilation de manière optimale

Bruxeo – 28/06/2021

**Samuel Caillou**

Laboratoire chauffage et ventilation

# Qualité de l'air et ventilation

## Introduction

Pourquoi et comment ?

# Pourquoi la qualité de l'air (IAQ) est essentielle?

- Impact sur le **confort**
  - Percieved Indoor Air
  - Odeurs
- Impact sur les **performances cognitives**
  - Vitesse de travail
  - Concentration
- Impact sur la **santé**
  - Polluants toxiques à court terme (acute)
  - Polluants toxiques à long terme (chronic)
  - Polluants cancérigènes

# Principales sources de polluants intérieurs

+ Coronavirus

- Bioeffluents

- Emis par les personnes (CO<sub>2</sub> est un bon traceur)



- Humidité (risque de moisissures) et odeurs

- Personnes, activités, sanitaires, nettoyage, etc.



- Emissions des matériaux

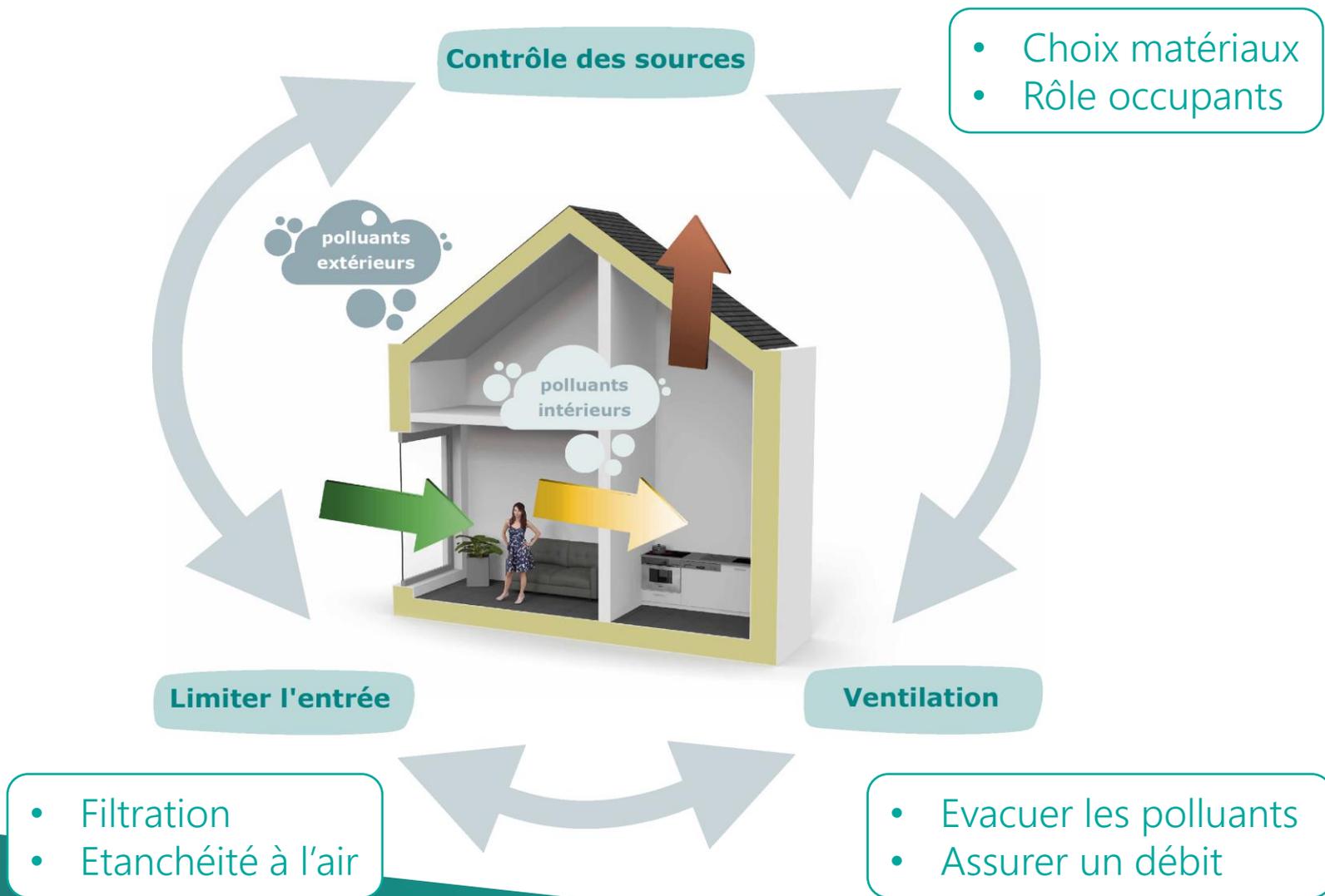
- Construction et mobilier



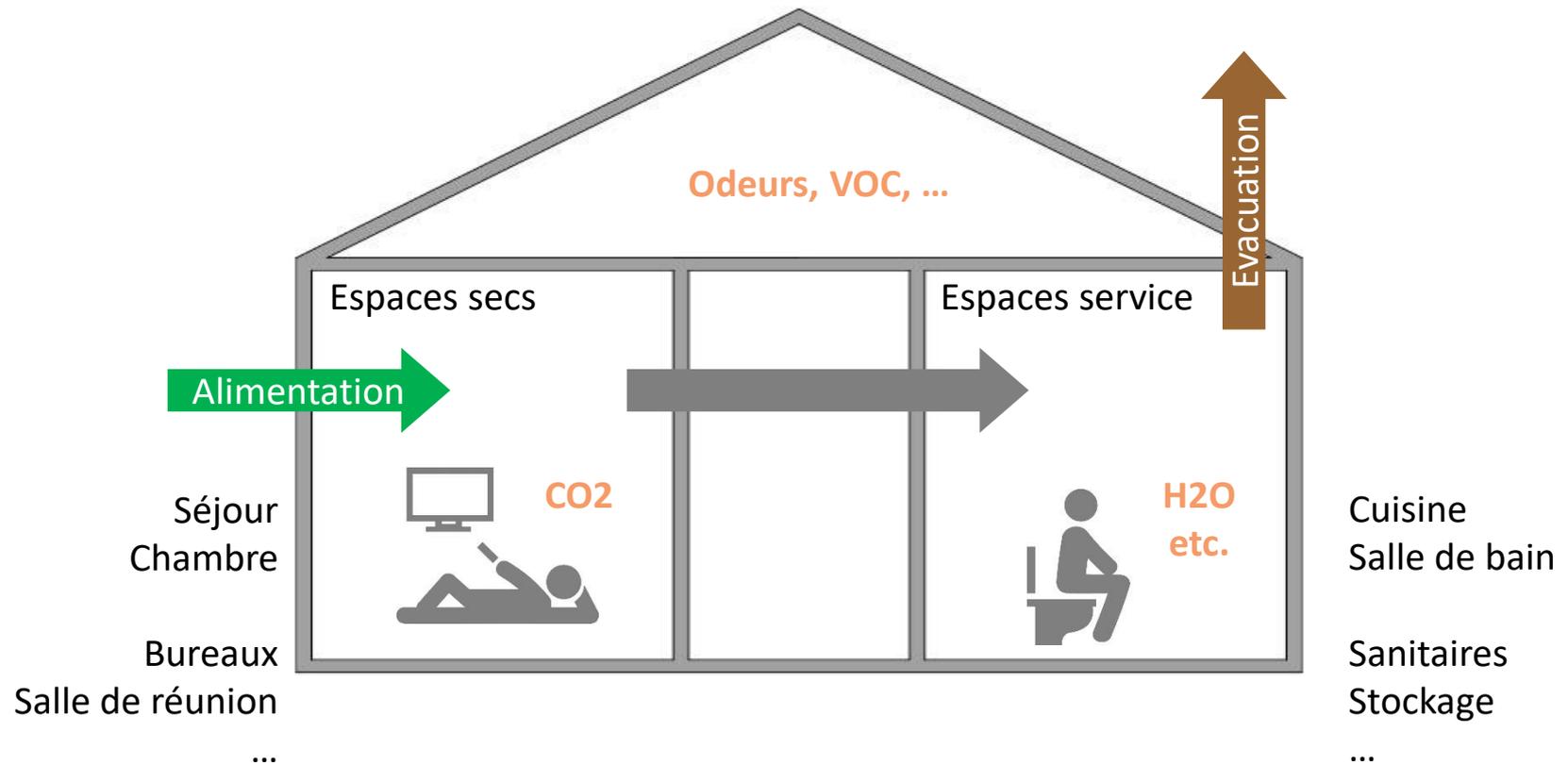
- Autres polluants spécifiques

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

# L'approche globale pour une bonne IAQ repose sur 3 piliers



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



# PEB: La ventilation est obligatoire pour les bâtiments neufs

- Débit par personne: 22 m<sup>3</sup>/h.pers.
  - Taux d'occupation minimum

## 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 <sup>2</sup> /personne)
<b>Restauration</b>	
restaurant, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1,5
Cuisines, kitchenettes	10
<b>Hôtels, motels, centres de vacances</b>	
chambre à coucher d'hôtel, de motel, de centre de vacances,	10
entree de centre de vacances	5
lobby, hall d'entrée	2
salle de réunions, espace de rencontre, salle polyvalente	2
<b>Immeubles de bureaux</b>	
bureau	10
locaux de réception, réception, salles de réunions	15
entrée principale	10
<b>Éléments publics</b>	
hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
<b>Éléments de rassemblement publics</b>	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2,5
<b>Commerce de détail</b>	
local de vente, magasin (sauf centres commerciaux)	7
centre commercial	2,5
salon de coiffure, institut de beauté	4
magasin de meubles, tapis, textiles,	20
supermarché, grand magasin, magasin spécialisé pour animaux	10
Laverie automatique	5
<b>Sports et loisirs</b>	
hall de sports, états de jeu, salle de gymnastique	3,5
muséums	2
espace des spectateurs, tribunes	1
stacochèque / dancing	1
club sportif : salles d'aérobic, salle de fitness, club de bowling	10

Type d'espace	Exigence PEB	Exemples		
		Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre de personnes	Débit (m <sup>3</sup> /h)
Bureau	15	60	4	88
Salle de réunion	3,5	70	20	440

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 <sup>2</sup> /personne]
<b>Horeca</b>	
restaurants, cafétéria, buffet rapide, cantine, bars, cocktail bars	1.5
cuisines, kitchenettes	10
<b>Hôtels, motels, centres de vacances</b>	
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
<b>Immeubles de bureaux</b>	
bureau	15
locaux de réception, réception, salles de réunions	3.5
entrée principale	10
<b>Lieux publics</b>	
hall des départs, salle d'attente	1
bibliothèque	10
<b>Lieux de rassemblement publics</b>	
églises et autres bâtiments religieux, bâtiments gouvernementaux, salles d'audience, musées et galeries	2.5
<b>Commerce de détail</b>	
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
<b>Sports et loisirs</b>	
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
<b>Etablissements d'enseignement</b>	
salles de cours	4
salle polyvalente	1
<b>Soins de santé</b>	
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
<b>Etablissements pénitentiaires</b>	
cellules, salle commune	4
postes de surveillance	7
inscription / enregistrement / salle de garde	2
<b>Autres espaces</b>	
magasin de stockage	100
autres espaces	15

[https://environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/annexe\\_xvi\\_fr.pdf](https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_fr.pdf)

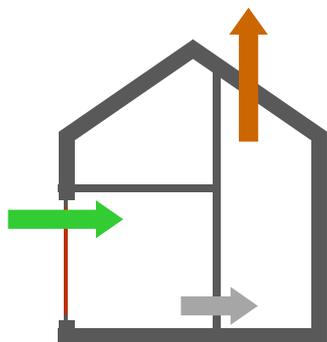
[https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user\\_files/annexe\\_xvi\\_nl.pdf](https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/annexe_xvi_nl.pdf)

# CODEX du bien-être au travail: exigences aération et qualité de l'air

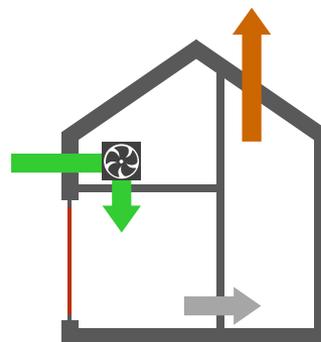
- I. Principes généraux
- II. Structures organisationnelles et concertation sociale
- **III. Lieux de travail**
  - Titre 1<sup>er</sup> Exigences de base relatives aux lieux de travail
    - **Chapitre IV. Aération**
- IV. Equipements de travail
- V. Facteurs d'environnement et agents physiques
- VI. 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

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

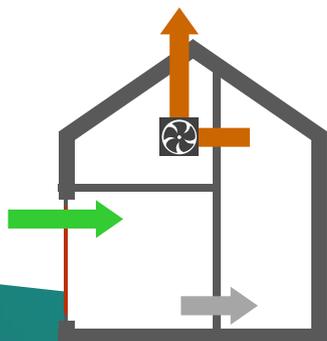
A: alimentation et évacuation naturelles



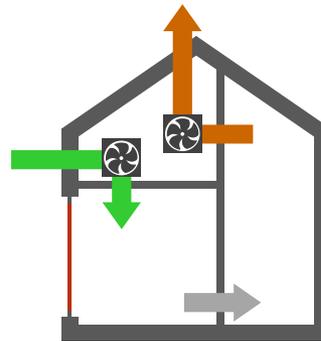
B: alimentation mécanique + évacuation naturelle



C: alimentation naturelle + évacuation mécanique



D: alimentation et évacuation mécaniques

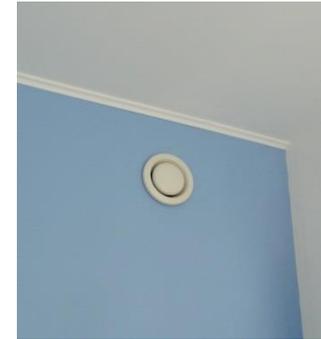


# Grande diversité de bâtiments...



# ... et diversité de systèmes de ventilation

- « Petites » installations
  - Similaires aux logements
  - Conception
    - par architecte
    - + installateur
  
- « Grandes » installations
  - Type tertiaire
  - Conception
    - par bureau d'étude HVAC

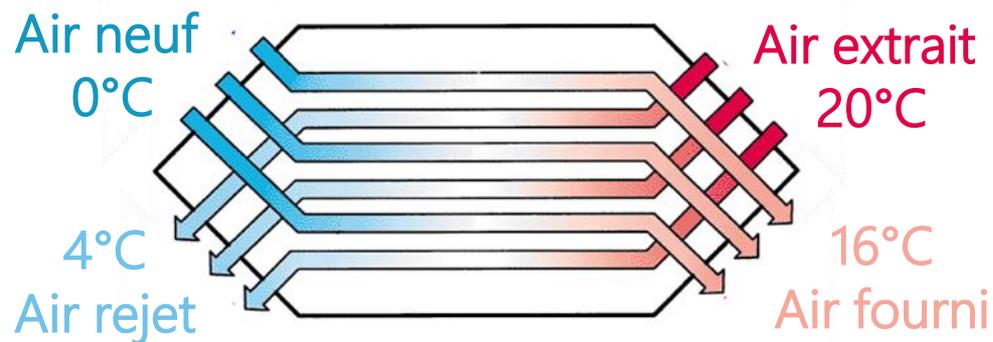


# La ventilation coûte de l'énergie, mais il est possible de limiter son impact

- Chauffage/cooling (pertes par ventilation)
  - Récupération de chaleur (système D)
  - Ventilation à la demande / régulation des débits
- Electricité (ventilation mécanique)
  - Conception du réseau (pertes de pression)
  - Choix du ventilateur

# Récupération de chaleur avec le système D

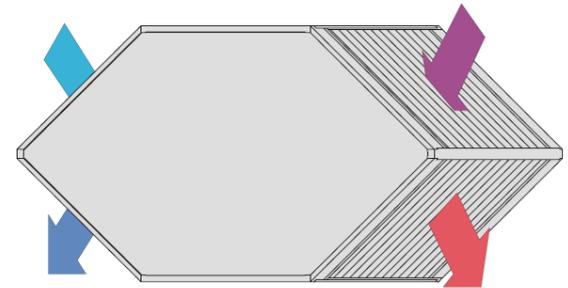
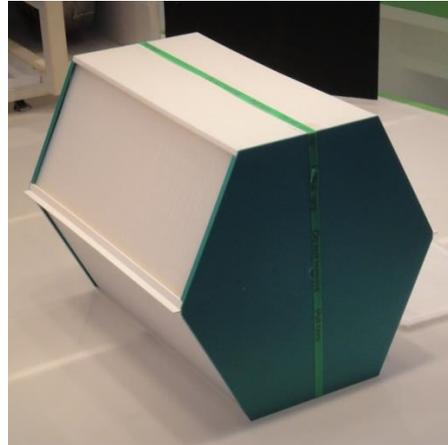
- Principe:
  - Récupération de chaleur sur l'air extrait
  - Pour préchauffer l'air fourni



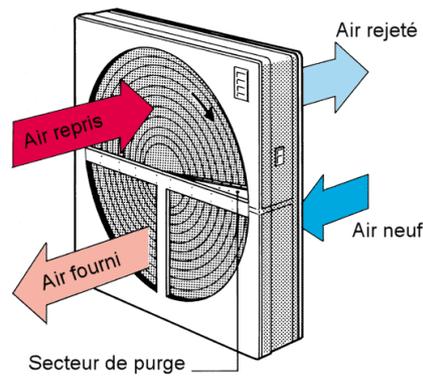
- Potentiel d'économie réel dépend de:
  - Besoins nets en chauffage
  - Efficacité du système de chauffage

# Différents types d'échangeurs de chaleur

- A plaques



- A roue



# Ventilation à la demande: détection des besoins

- (programmation horloge)
- Espaces destinés à l'occupation des personnes
  - Capteurs CO<sub>2</sub>
  - Détecteur de présence
- Potentiel d'économie réel dépend de:
  - Profils d'occupation: variable ou pas
  - Efficacité du système de chauffage

# Ventilation à la demande: la régulation des débits

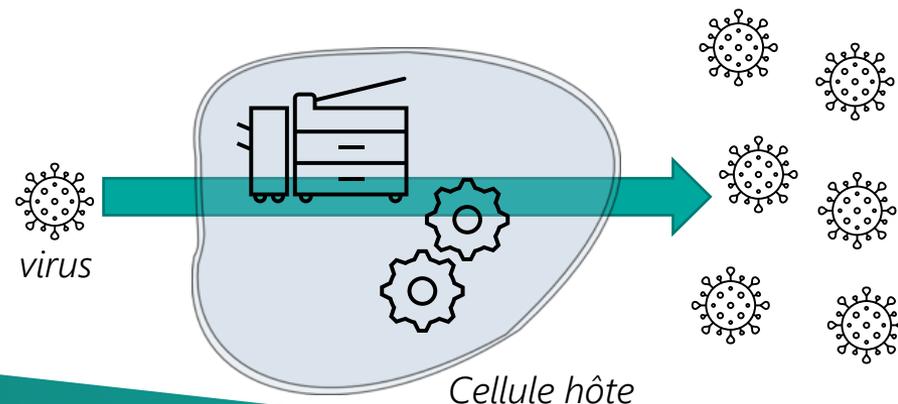
- Systèmes décentralisés:
  - Régulation indépendante local par local
- Régulation centrale
  - Tous les locaux en même temps
  - Variation de la vitesse du ventilateur du groupe
  - Ex. sur base horaire, ou capteurs
- Régulation locale (système centralisé)
  - Nécessite des clapets pour les différents locaux



# Ventilation dans le contexte Covid-19

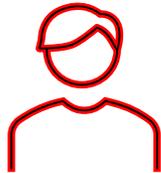
# Qu'est-ce qu'un virus?

- Organisme pathogène très petit (20nm-400nm)
- Son but = se reproduire
- Mais il ne peut pas le faire tout seul
  - Besoin d'un hôte
  - Utilise la "machinerie" de l'hôte pour "se recopier"
  - **Jamais de reproduction du virus en dehors de l'hôte!**
- Les virus produits sont ensuite libérés par l'hôte
  - Ils peuvent infecter d'autres hôtes
  - **Progressivement, ils sont inactivés: en fonction des conditions de l'environnement**



# Le processus d'infection d'un virus

Personne infectée



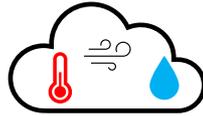
Production

Copie des virus

Emission

Libération dans l'environnement

Environnement



Transmission

Une ou plusieurs routes spécifiques à chaque virus

Personne pas encore infectée



Contact

Contact entre le virus et les cellules sensibles

Infection

Contact = infection?  
Dépend de:

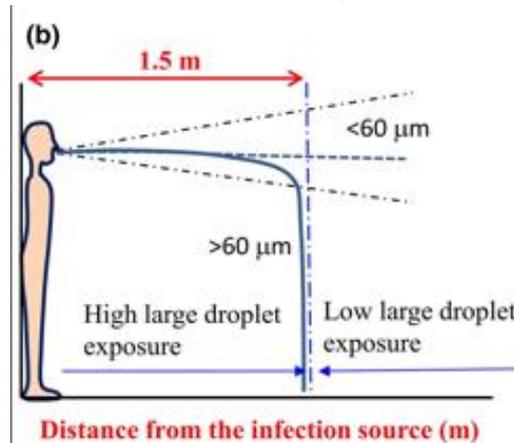
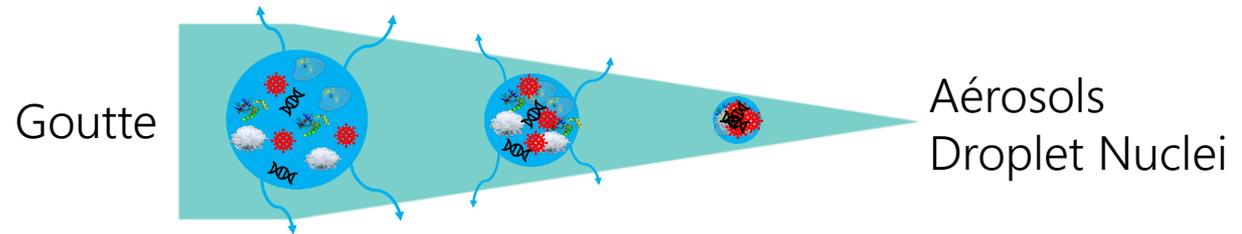
- Dose
- Santé
- Vaccination
- ...

# Les voies de transmission du covid



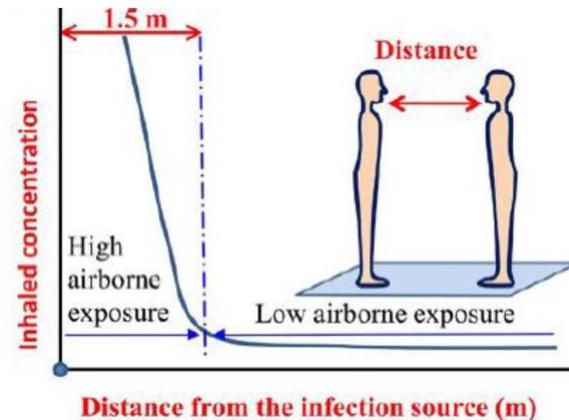
Libération de gouttes:

- Éternuer
- Tousser
- Chanter
- Crier
- Parler
- Respirer



Courte distance (< 1.5 m):

- Transmission par grosses gouttes et aérosols
- Grosses gouttes tombent au sol



Longue distance (> 1.5 m):

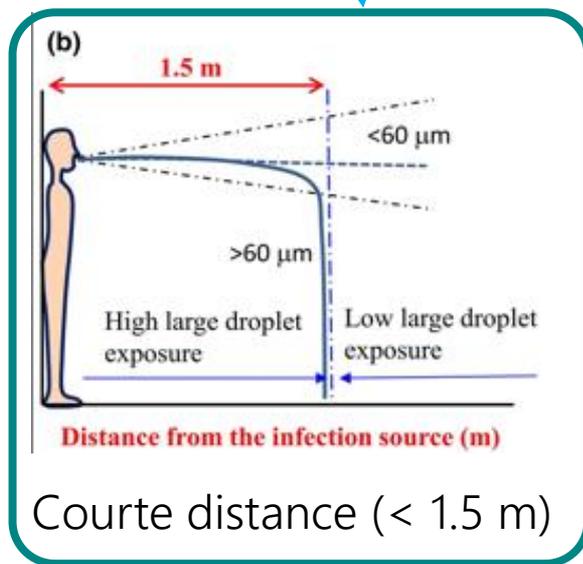
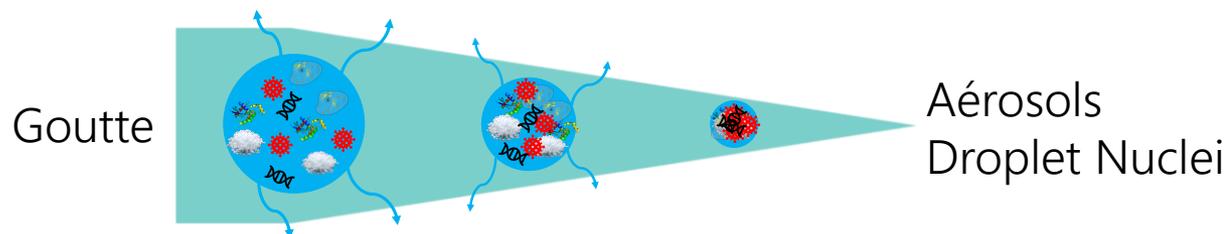
- Gouttelettes s'évaporent
- Droplet Nuclei
- Aérosols

# Les voies de transmission du covid

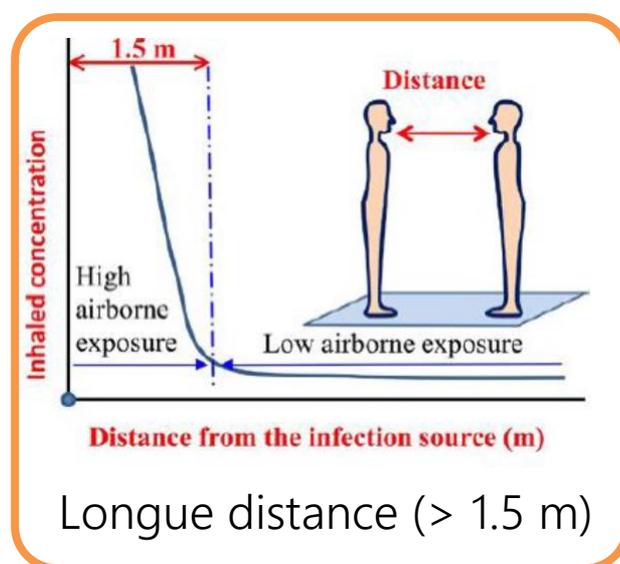


Libération de gouttes:

- Éternuer
- Tousser
- Chanter
- Crier
- Parler
- Respirer



- Distanciation
- Masques



- Ventilation
- Purification d'air

Autres voies de transmission:

- Fomites: contact des mains → désinfection
- Fécale – orale

# Aujourd'hui, la transmission par aérosols et rôle de la ventilation sont reconnus

## Protect yourself and others from COVID-19



If COVID-19 is spreading in your community, stay safe by taking some simple precautions, such as physical distancing, wearing a mask, keeping rooms well ventilated, avoiding crowds, cleaning your hands, and coughing into a bent elbow or tissue. Check local advice where you live and work. **Do it all!**

**REHVA COVID-19 GUIDANCE SCHOOL BUILDINGS**

In many European countries ventilation of school buildings is a challenge. In times of COVID-19 the importance of a good indoor air quality is once more emphasized.

**TRANSMISSION ROUTES**

- #1 via microdroplets staying airborne for hours and can be transported long distances
- #2 via droplets (when sneezing, coughing or talking)
- #3 via surface contact (hand-hand, hand-surface etc.)
- #4 via the faecal-oral route

**VENTILATION**

- Secure ventilation of spaces with outdoor air
- Switch air handling units with central recirculation to 100% outdoor air
- Ensure CO<sub>2</sub>-controlled ventilation runs at maximum capacity during occupancy
- Switch on ventilation at least 2 hours before & after occupancy

**SANITARY FACILITIES**

- Instructions to flush toilets with sensor for closed lid
- Install water taps with sensor for no touch use
- All water taps must be in operating condition with facilities to disinfect hands
- Flush all toilets, water taps and showers frequently
- Ensure that floor drains do not run dry to avoid open connection to the sewer

**Install a CO<sub>2</sub> monitor with traffic light indication**

**Instruct teachers & staff on proper use of ventilation facilities**

**Open windows as much as possible during school hours & ensure closing during breaks**

**Keep toilet ventilation 24/7 in operation (and/or keep windows open)**

**Vlaanderen**  
is zorg

## HET CORONAVIRUS

Hoe kan je een besmetting voorkomen?

**Was je handen regelmatig en grondig met water en zeep.**  
Reken zo'n 40 à 60 seconden per wasbeurt.

**Hoest of nies in een papieren zakdoekje of in de binnenkant van je elleboog.**

**Gebruik papieren zakdoekjes en gooi ze weg in een afsluitbare vuilbak.**

**Blijf zo veel mogelijk thuis. Ziek? Blijf dan in isolatie.**

**Ventileer. Zorg voor een constante luchtdoorstroming door je huis.**

**Raak je gezicht zo weinig mogelijk aan met je handen.**

**Vermijd handen geven.**

**Vermijd nauw contact. Hou voldoende afstand (1,5 m).**

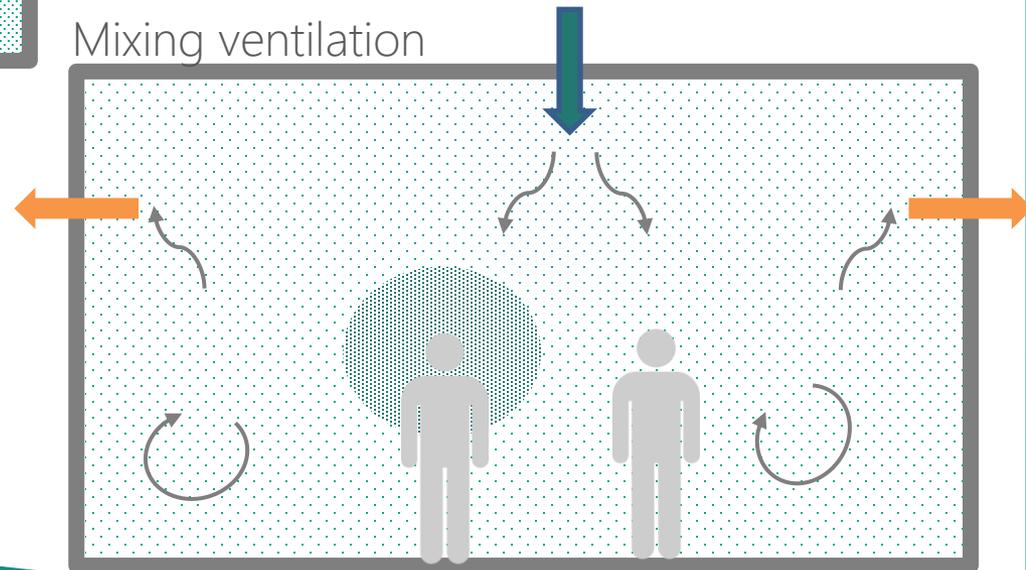
DRAAG ZORG VOOR JEZELF EN ZO OOK VOOR ANDEREN.

# La ventilation permet de diminuer la concentration en aérosols

No ventilation



Mixing ventilation

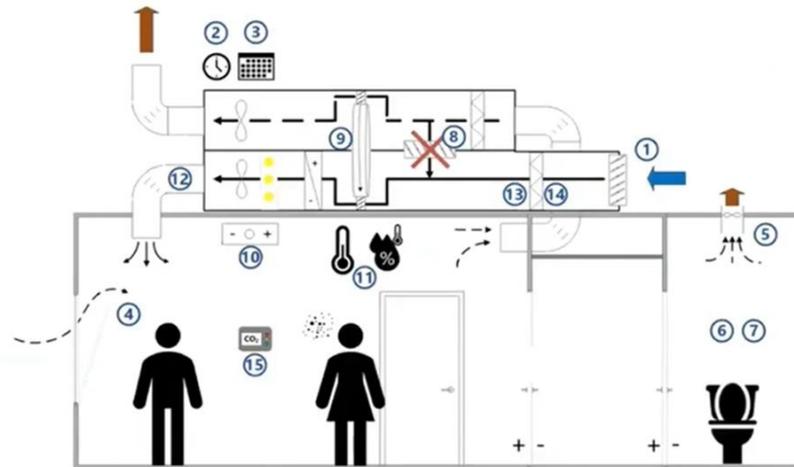


# Guidance du Rehva sur la ventilation et la transmission par aérosols

9

## Control of airborne transmission

1. Ventilation rates
2. Ventilation operation times
3. Continuous operation of ventilation
4. Window opening
5. Toilet ventilation
6. Windows in toilets
7. Flushing toilets
8. Recirculation
9. Heat recovery equipment
10. Fan coils and induction units
11. Heating, cooling and possible humidification setpoints
12. Duct cleaning
13. Outdoor air and extract air filters
14. Maintenance works
15. IAQ monitoring



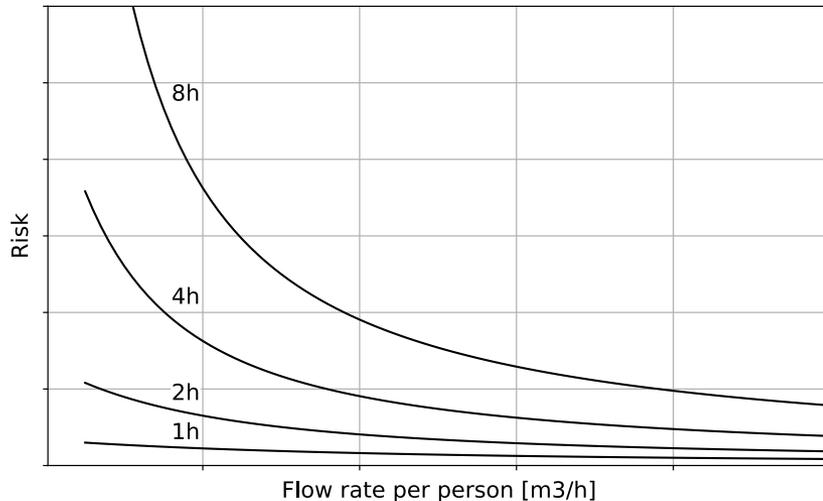
Ventilation solutions may be complemented with room air cleaners and UVGI in specific situations

# A côté de la ventilation, d'autres facteurs ont un impact sur le risque

- Il existe des modèles qui permettent de comparer le risque de différentes situations
- Exemples:

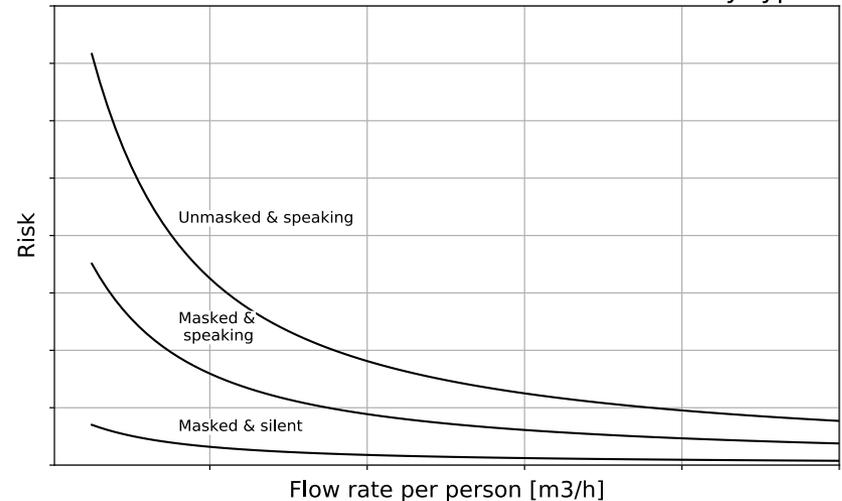
## Durée d'exposition

Risk as a function of ventilation flow and event duration



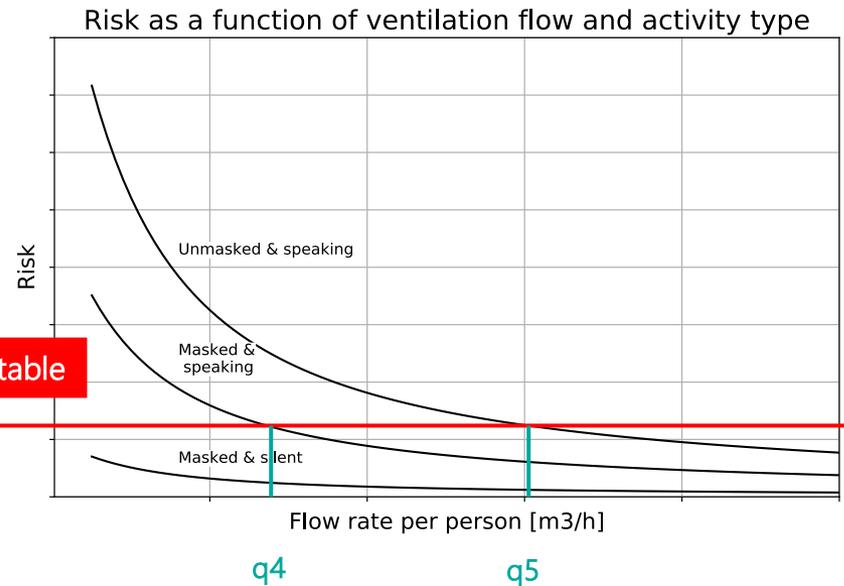
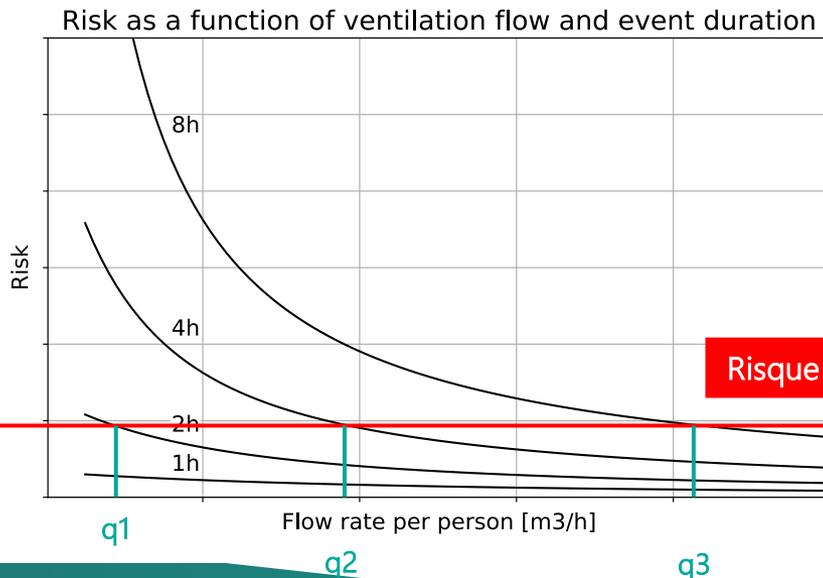
## Activité et masque

Risk as a function of ventilation flow and activity type



# Quel est le débit qui réduit le risque à un niveau acceptable ?

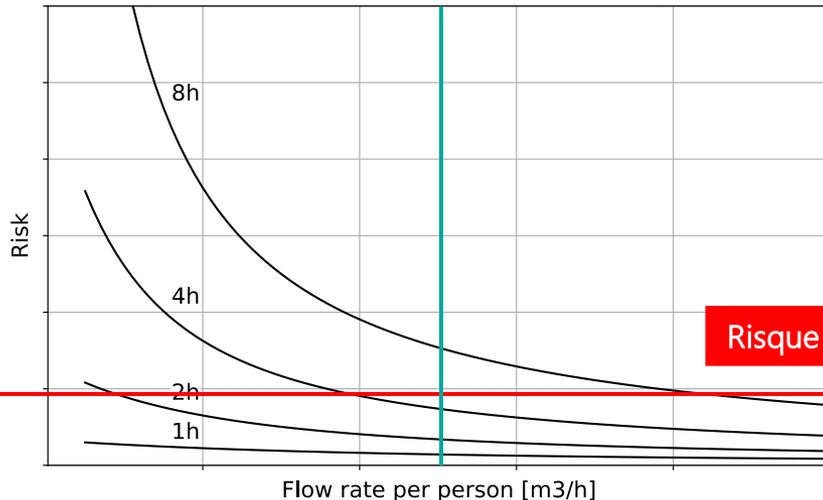
- Le risque diminue inversement avec le débit
- Différentes situations → différents débits?
- Jamais risque 0!



# Quel est le débit nécessaire ?

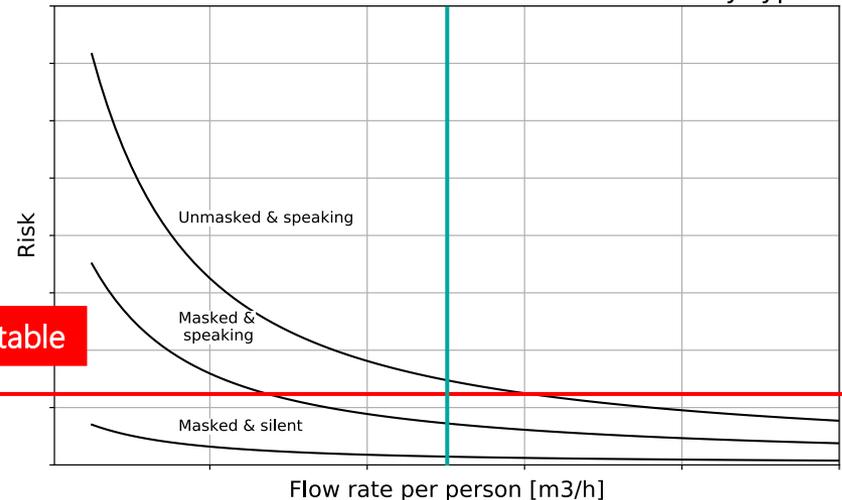
- Manque de ventilation / débit faible → toujours risque (beaucoup) plus élevé
- $40 \text{ m}^3/\text{h.pers}$  (900 ppm de  $\text{CO}_2$ ) = compromis / consensus
- Augmenter le débit davantage
  - a moins d'impact
  - mais peut être utile pour compenser d'autres paramètres

Risk as a function of ventilation flow and event duration



$40 \text{ m}^3/\text{h}$

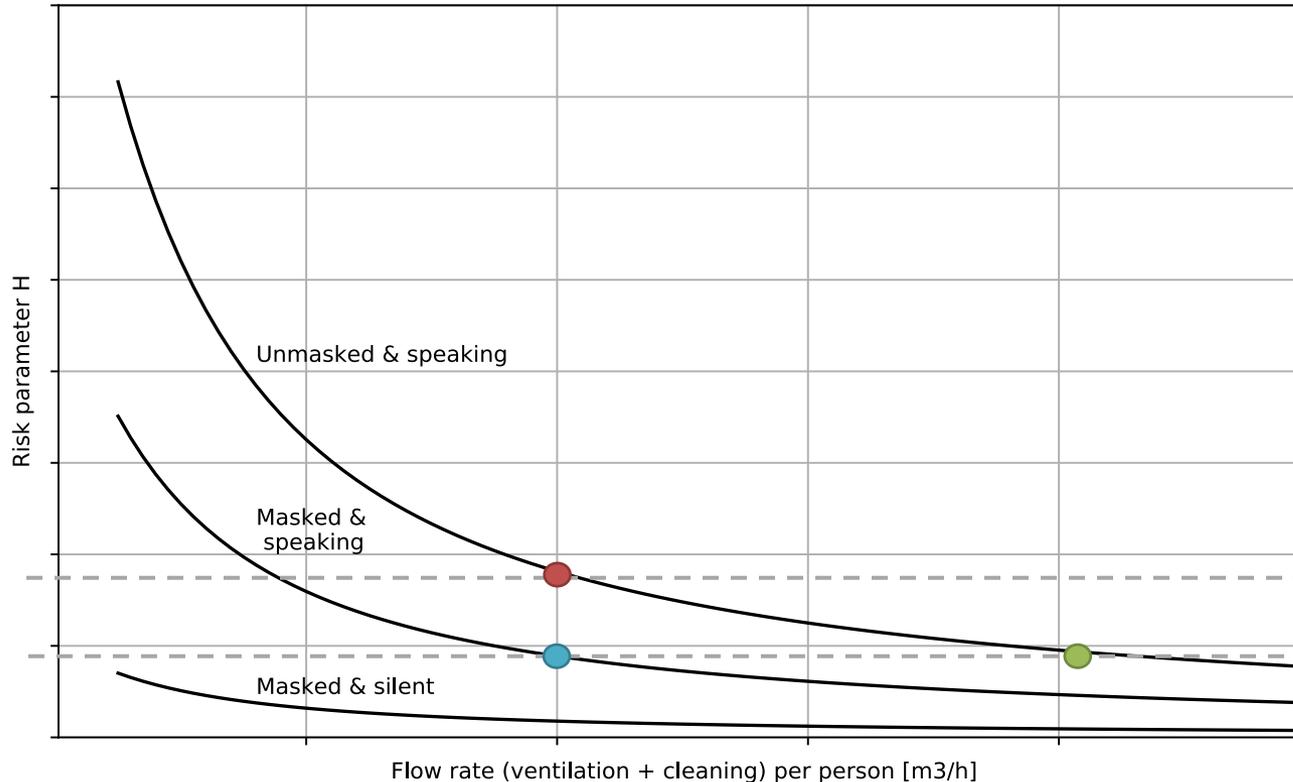
Risk as a function of ventilation flow and activity type



$40 \text{ m}^3/\text{h}$

# Exemple de compensation

Risk as a function of ventilation flow and activity type



- Situation initiale avec un certain niveau de risque
- Mesure possible 1: port du masque (avec efficacité supposée de 50%)
- Mesure possible 2: doubler le débit de ventilation

# Quels autres paramètres sont importants pour la transmission par aérosols?

- Source
  - Nombre de personnes contaminées / incidence
  - Activité: chanter (30x) > crier > parler (6x) > respirer
  - Port du masque (personne infectée)
- Durée d'exposition
  - Risque directement proportionnel:  $x^2 \rightarrow x^2$
- Nombre de personnes exposées
  - Attention grandes salles, grands événements!
- Port du masque par tous

# En résumé...

- La ventilation est **nécessaire** pour limiter la transmission par aérosols
- Débit de  $40 \text{ m}^3/\text{h.pers}$  est un compromis
- **Attention**: autres paramètres sur aérosols
  - Incidence, activité, masques, durée, nombre pers.
- **Attention**: autres voies de transmission
  - Courte distance: gouttes + aérosols
  - Ventilation inefficace → masque / distance

# Dernières remarques

- Air extérieur / air neuf
  - Considéré comme non contaminé
  - Inactivation du virus (UV du soleil, temps, etc.)
- Ventilation
  - ≠ Source
  - = Solution

# CODEX bien-être au travail Qualité de l'air

Analyse de risque et exigence flexible

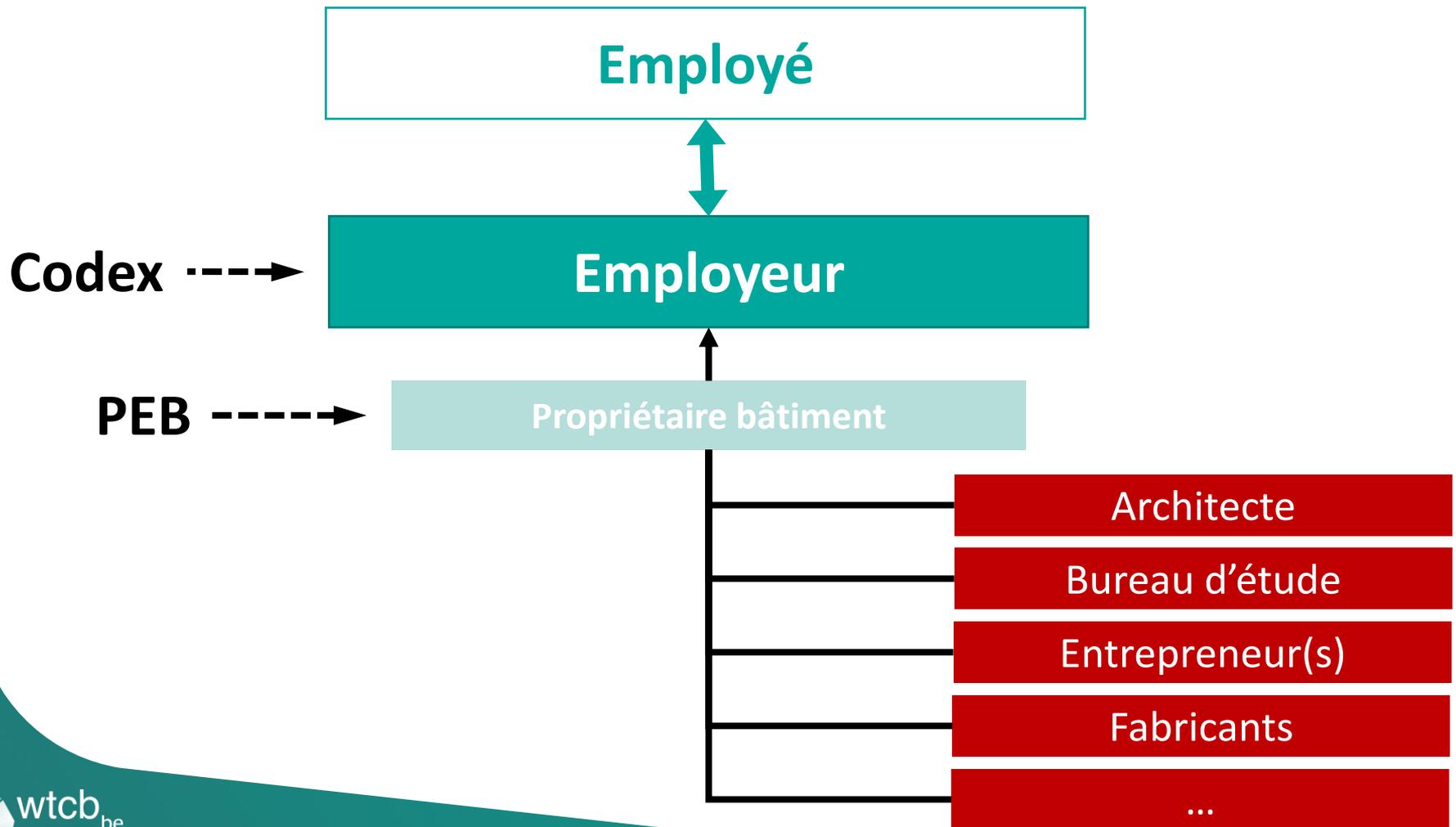
# CODEX du bien-être au travail: exigences aération et qualité de l'air

- I. Principes généraux
- II. Structures organisationnelles et concertation sociale
- **III. Lieux de travail**
  - Titre 1<sup>er</sup> 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
- X. Organisation du travail et catégories de travailleurs

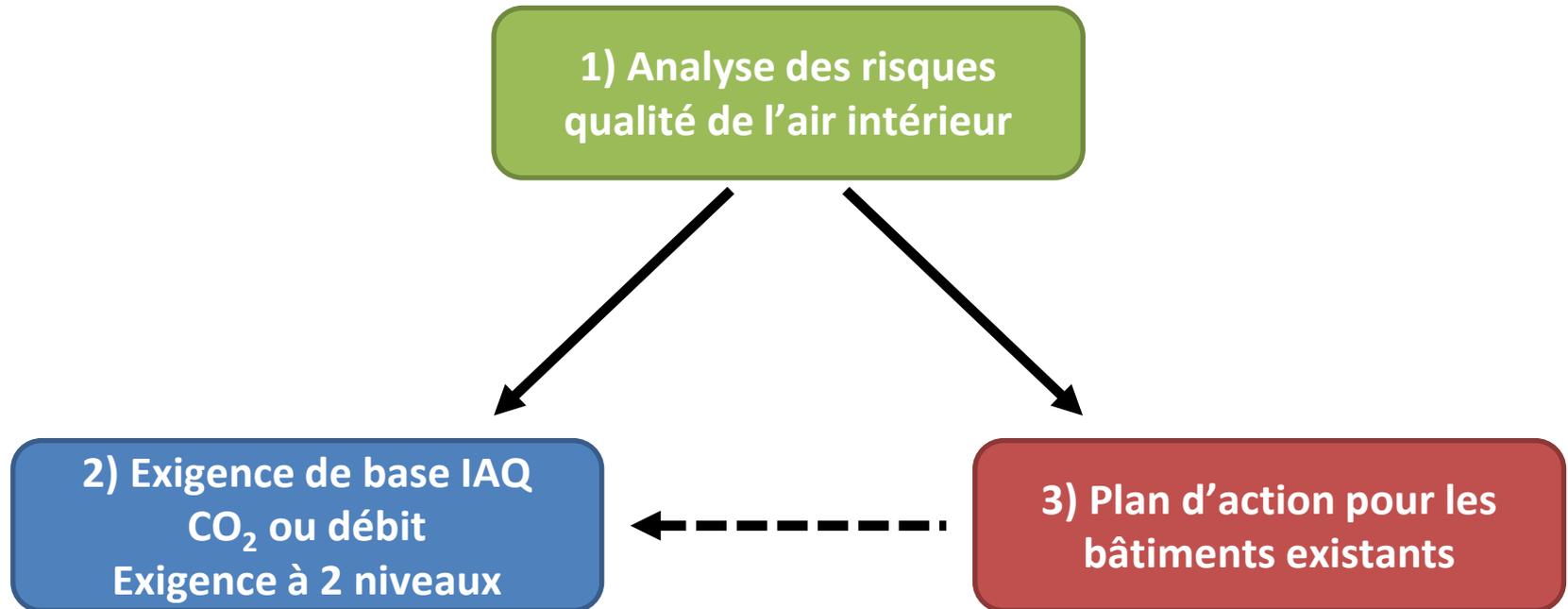
<http://www.emploi.belgique.be/moduleDefault.aspx?id=46071>

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

Le codex s'adresse directement aux employeurs... mais indirectement à d'autres professionnels



# Le nouveau CODEX (2019) contient 3 volets d'exigences sur IAQ



# Analyse des risques: identifier les risques liés à IAQ dans les locaux de travail

- Sources de polluants à analyser
  - Présence, activité des personnes (bioeffluents, CO<sub>2</sub>)
  - Produits et matériaux (construction, mobilier, ...)
  - Entretien, réparation et nettoyage des locaux
  - Impact infiltration et ventilation (air extérieur, entretien HVAC, ...)
- Remarque:
  - Analyse de risque aussi obligatoire pour les agents
    - Physiques (rayonnements, ...)
    - Chimiques (produits utilisés, ...)
    - Biologiques

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

## Étape 1 - Screening

Collecte d'informations pertinentes

Inspection visuelle

Enquête auprès des travailleurs



## Étape 2 - Calculs (facultatifs)

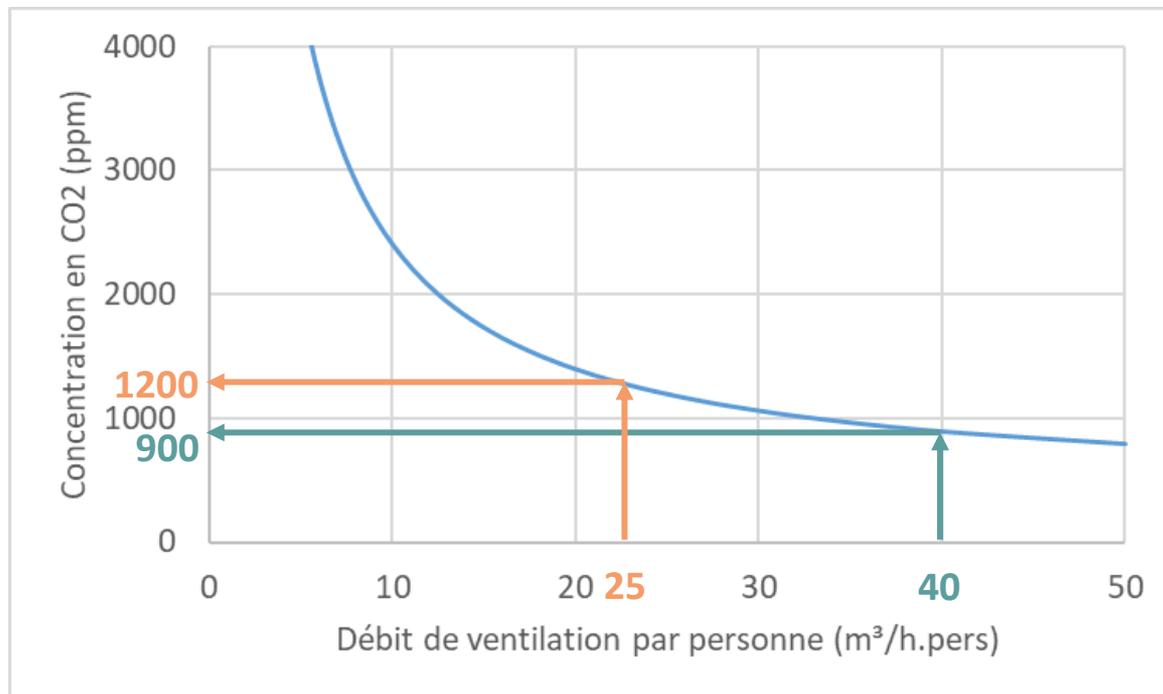


## Étape 3 - Mesures (facultatifs)

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

- Exigence de base IAQ
  - Soit maximum **900 ppm de CO<sub>2</sub>**
  - Soit débit de ventilation minimum de **40 m<sup>3</sup>/h.pers**
- Dérogation
  - Soit maximum **1200 ppm de CO<sub>2</sub>**
  - Soit débit de ventilation minimum de **25 m<sup>3</sup>/h.pers**
- Conditions
  - Analyse des risques montre que les sources de polluant sont réduites (matériaux à faible émission)
  - Avis préalable du conseiller en prévention et du comité

# CO<sub>2</sub> = traceur de IAQ: il correspond directement à un débit de ventilation



Valable pour:

- Taux émission CO<sub>2</sub> de 20 l/h.pers
- [CO<sub>2</sub>] extérieure de 400 ppm

# Dérogation: si le local est peu émissif, l'exigence est plus souple

- Principe
  - Si peu émissif → débit 25 m<sup>3</sup>/h.pers (bioeffluents)
  - Sinon → débit plus élevé pour évacuer ces autres polluants
- Condition actuelle (directive 2019)
  - Revêtements de sol peu émissifs
    - Conforme Arrêté royal du 8 mai 2014 C-2014/24239
    - Ou pierre naturelle, céramique, verre non traité, acier
- Evolution de la directive dans le futur
  - Prise en compte d'autres polluants
    - Autres matériaux, mobilier, équipements, ...

# Etapes de conception d'un nouveau bâtiment / système

Occupation nominale par local

Type de local, aire,...

Conformité à la condition de faible émissivité des locaux

Quel revêtement de sol est/sera présent

Conception d'une installation permettant d'atteindre les débits exigés

Débit par personne  
→ Débit total  
→ Dimensionnement

Réception de l'installation

Mesure des débits

En cas de modifications importantes  
→ Nouvelle analyse des risques

Voir la procédure pour les bâtiments existants

# Cas des bâtiments existants

- Réaliser l'exigence IAQ est un défi
  - Pas de ventilation dans certains bâtiments
  - Contraintes économiques, timing rénovation,...

→ Approche pragmatique avec plan d'action

- L'employeur doit établir un plan d'action
  - Concertation: conseiller en prévention, comité
  - Dispositions: techniques et organisationnelles
  - Calendrier: court, moyen et long terme

## 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

Dispositions organisationnelles

Dispositions techniques

Etablissement  
d'un plan  
d'action

# Dispositions techniques: plus efficaces mais implémentation dans le temps

- Dispositions techniques = bâtiment + installations techniques
- Limiter les sources de polluants
  - Remplacement de certains matériaux de finition
- Améliorer le système de ventilation existant
  - Adapter l'occupation nominale du local
  - Contrôle et réparations
  - Réglage des débits
  - Entretien
- Installation d'un nouveau système de ventilation
  - Lors d'une rénovation ou en fin de période d'occupation
  - Idem conception bâtiment neuf

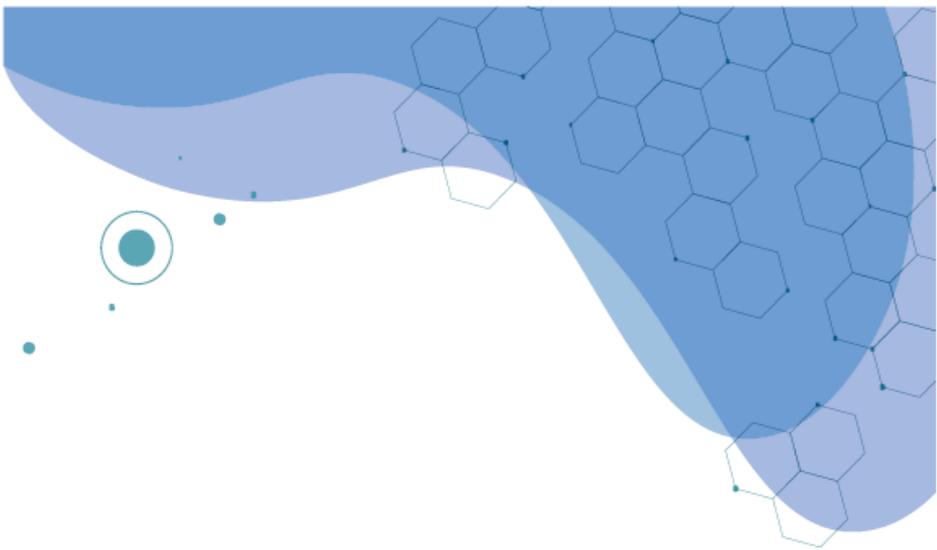
# Dispositions organisationnelles: moins efficaces mais amélioration IAQ à court terme

- Dispositions organisationnelles permanentes
  - Limiter les polluants:
    - mobilier, produits d'entretien, imprimantes, etc.
  - Respecter le taux d'occupation nominal d'un espace
  - Utilisation correcte des installations techniques
- Dispositions organisationnelles correctives
  - Limiter le nombre de personnes présentes
  - Aération via les fenêtres
    - En dehors des périodes de chauffe: +/- OK
    - En période de chauffe: compromis à trouver
      - Capteurs CO<sub>2</sub> portatifs
      - Aérer pendant les pauses

# Références

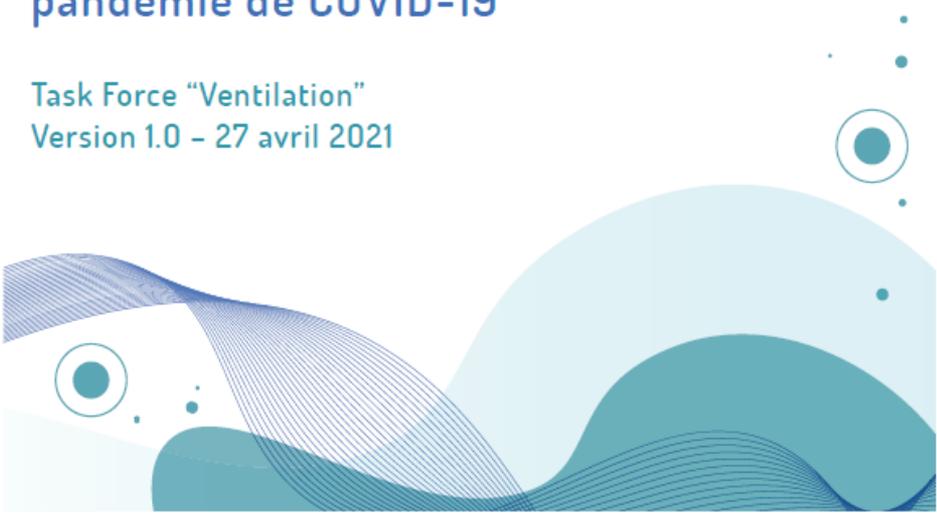
- Code du bien-être au travail
  - <http://www.emploi.belgique.be/moduleDefault.aspx?id=46071>
  - <http://www.werk.belgie.be/moduleDefault.aspx?id=46071>
- Arrêté royal aération des lieux de travail (2019)
  - [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2019050226&table\\_name=loi](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=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](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=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](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>
- Outil de calcul CO2 (BSOH)
  - <https://www.bsoh.be/?q=nl/node/384>
- Mesure des débits de ventilation (CSTC)
  - <https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=543>
  - <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=543>

# Implémentation et mesures: présence d'un système de ventilation



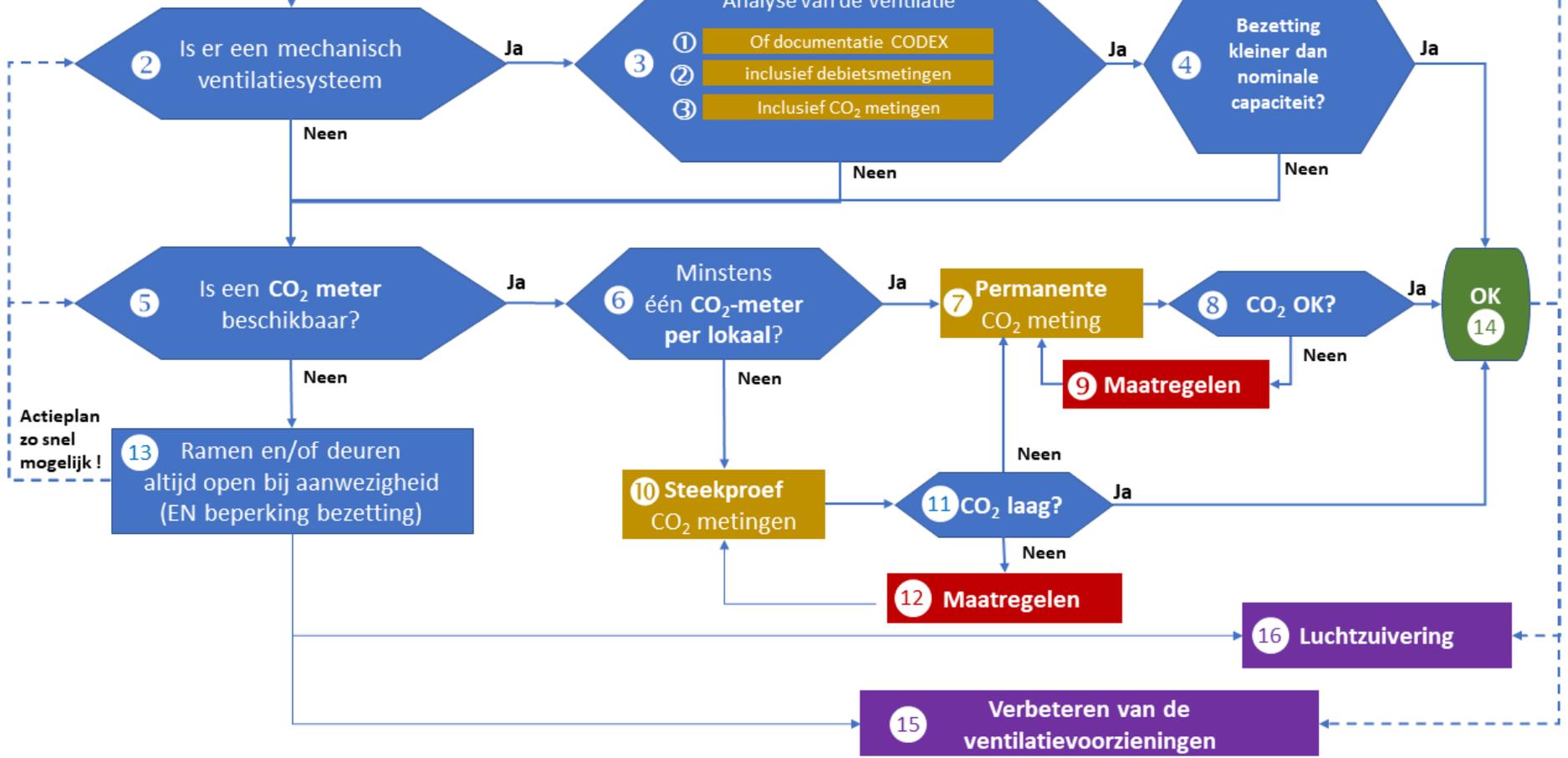
**Recommandations pour la mise  
en pratique et le contrôle de la  
ventilation et de la qualité de l'air  
intérieur dans le contexte de la  
pandémie de COVID-19**

Task Force "Ventilation"  
Version 1.0 - 27 avril 2021



0 Ramen bij voorkeur openen wanneer geen hinder

1 Informatie over de activiteiten



Actieplan zo snel mogelijk!

15 Verbeteren van de ventilatievoorzieningen

16 Luchtzuivering

12 Maatregelen

9 Maatregelen

13 Ramen en/of deuren altijd open bij aanwezigheid (EN beperking bezetting)

10 Steekproef CO2 metingen

11 CO2 laag?

7 Permanente CO2 meting

8 CO2 OK?

6 Minstens één CO2-meter per lokaal?

OK 14

2 Is er een mechanisch ventilatiesysteem

3 Analyse van de ventilatie  
1 Of documentatie CODEX  
2 inclusief debietsmetingen  
3 Inclusief CO2 metingen

4 Bezetting kleiner dan nominale capaciteit?

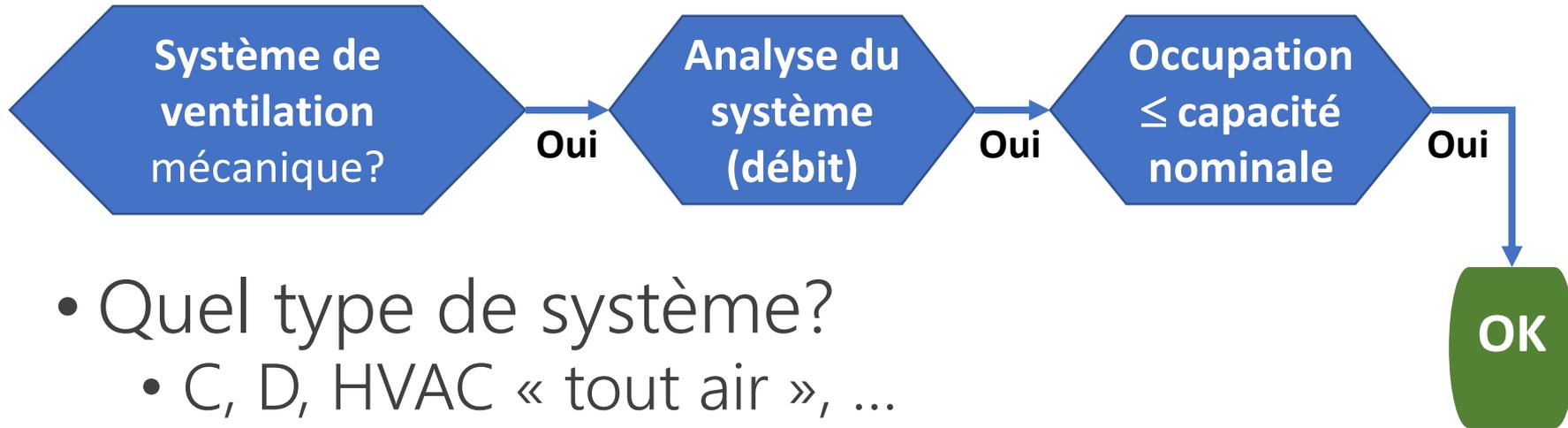
# Le type d'activité détermine le débit nécessaire par personne

- Activité standard: position assise et calme
  - $40 \text{ m}^3/\text{h.pers} \rightarrow 900 \text{ ppm de CO}_2$
- Activité plus lourde: sport, travail physique, ...
  - Débit par pers. plus élevé
  - Voir plan d'implémentation

Klasse	Met	CO <sub>2</sub> -productie(*) (l/h)	V <sub>900</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>1200</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Voorbeelden
Rustig zittend	1.5	18	37	23	Bioscoop, theater, concertzaal, toeschouwer in sporthal, leslokaal (**), religieuze dienst
Standaard	1.65	20	40	25	Minimum standaard voor werklokalen (Codex), secretariaats- en kantoorwerk
Licht	1.8	22	44	28	Werklokalen voor licht zittend handwerk, restaurant, café, haar- of schoonheids-salon, museum
Middelmatig	3.0	37	74	46	Gestadig werken met armen en handen, winkelen, indoor bowling
Zwaar	4.1	50	101	63	Intense arbeid met de armen en de romp
Zeer zwaar	5.2	64	128	80	Zeer intense en snelle arbeid, sportlokaal (badminton, turnen), fitness, zwembadhal, klimzaal
Intensief	7.3	90	180	112	Schaatshal, boksklub, discotheek, cyclinglokaal, squashzaal, tennisal

- Rappel: CODEX, deux débits:  $40$  ou  $25 \text{ m}^3/\text{h}$

# Systeme present: l'analyse du systeme permet de determiner la capacite



- Quel type de systeme?
  - C, D, HVAC « tout air », ...
- Débit du local & débit / pers. → capacite
  - Documentation (CODEX, ...)?
  - Nouvelle mesure de débit?
  - Estimation sur base du CO<sub>2</sub>

# Débits: méthodes de mesure

## Norme NBN EN 16211

- Mesure en conduit
  - Conduit secondaire délivrant le local
- Mesure au niveau des bouches et diffuseurs
  - "petites" installations
- Mesure via un organe déprimogène
- Estimation au niveau du groupe
  - Si groupe pour un seul local



# Mesure en conduit



- + Fiable (10-15% erreur)
- Accessibilité, longueur droite, calcul, ...  
Plusieurs points de mesure (voir norme)

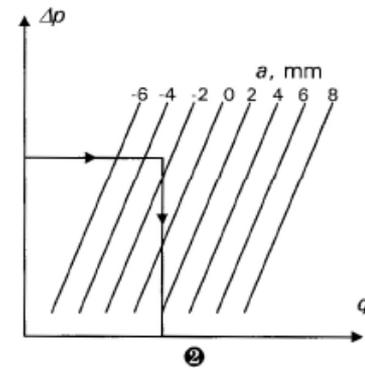
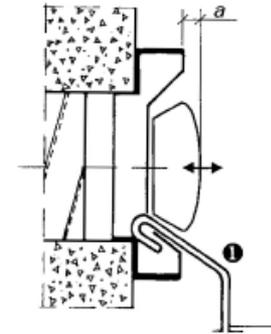
# Au niveau des bouches et diffuseurs



- + Pratique et répandue
  - Risque d'erreur dans certaines conditions
- Diffuseurs mesurables

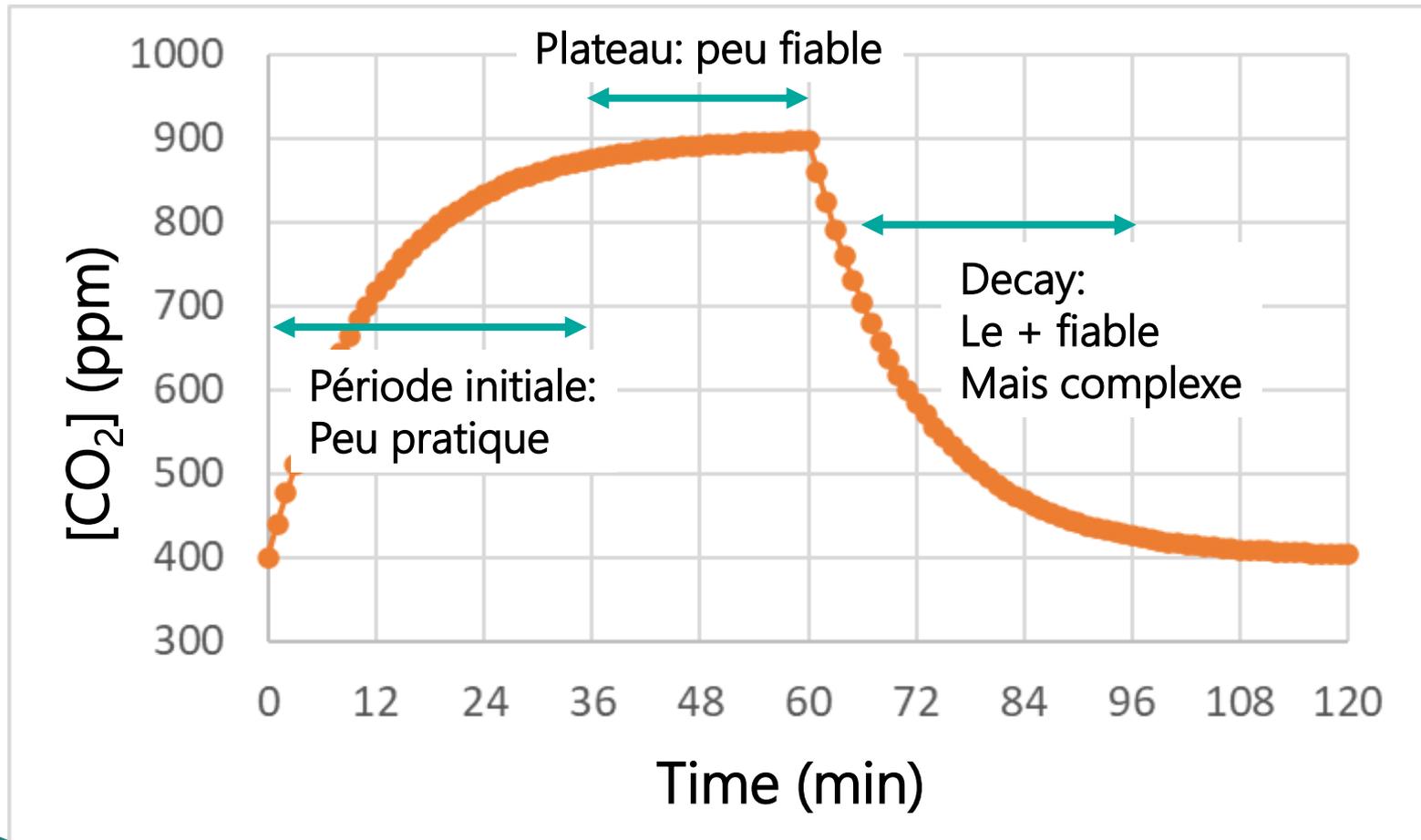


# Différence de pression sur un composant déprimogène permanent



- + Prometteuse et fiable en théorie
- Fiabilité dépend des abaques  
Nécessite organe permanent

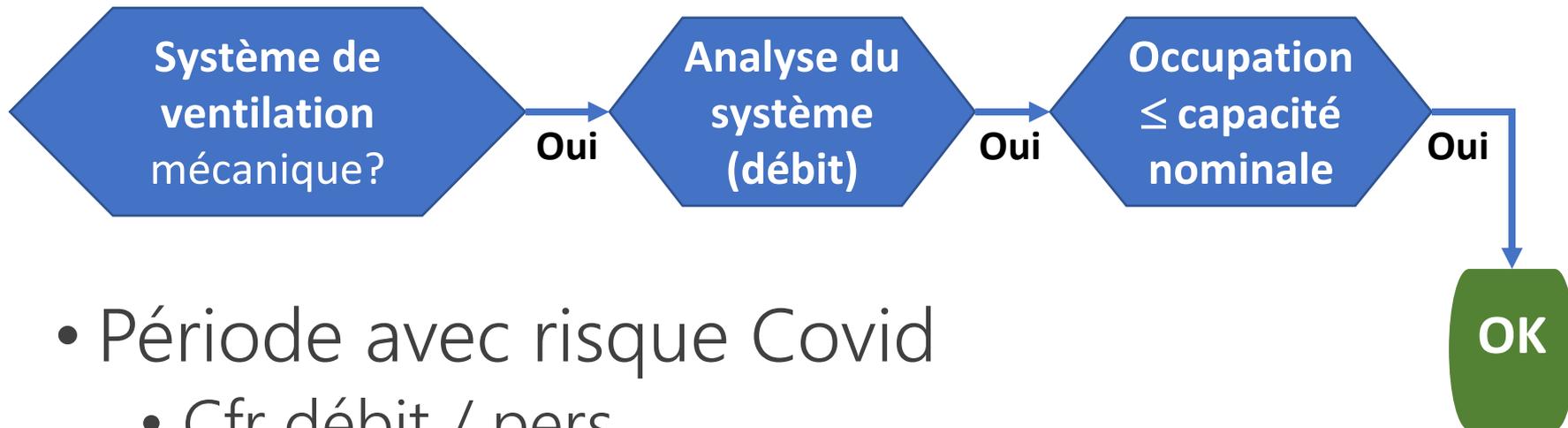
# Estimation de débit sur base d'une mesure de CO<sub>2</sub>



# Estimation de débit sur base d'une mesure de CO<sub>2</sub>: méthode Decay

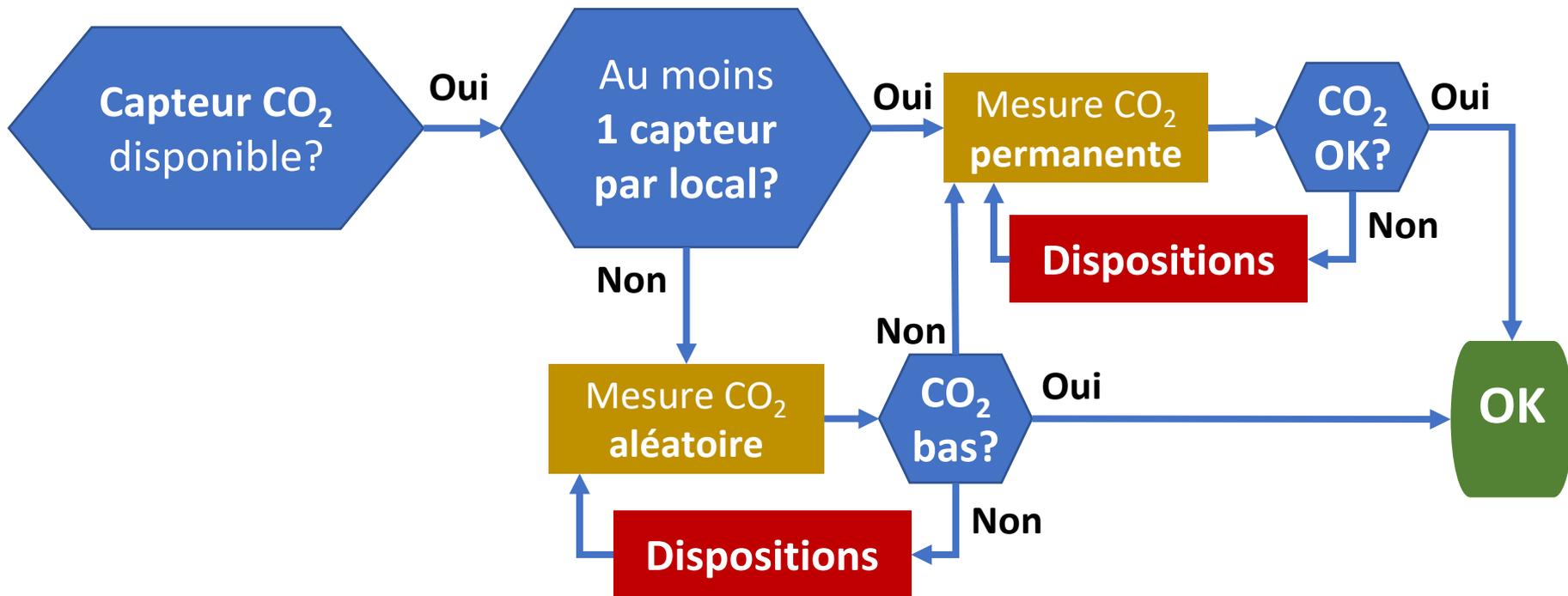
- Conditions
    - Local complètement innocupé
    - Fenêtres et portes fermées
  - Formule → taux de ventilation
  - & volume du local → débit total
- 
- Outil BSOH
    - <https://www.bsoh.be/?q=nl/co2ana>

# Quel débit? A quel moment?



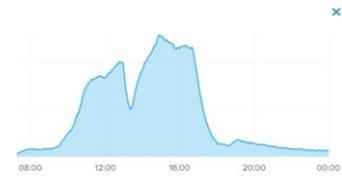
- Période avec risque Covid
  - Cfr débit / pers.
  - Débit le + élevé possible? Fenêtres, etc.
  - Périodes d'absences: débit réduit ok
    - Soit bien connues → programmation horloge
    - Soit mesure CO<sub>2</sub>
    - Soit fonctionnement en continu

# En cours d'utilisation, la mesure de CO<sub>2</sub> permet de vérifier la ventilation

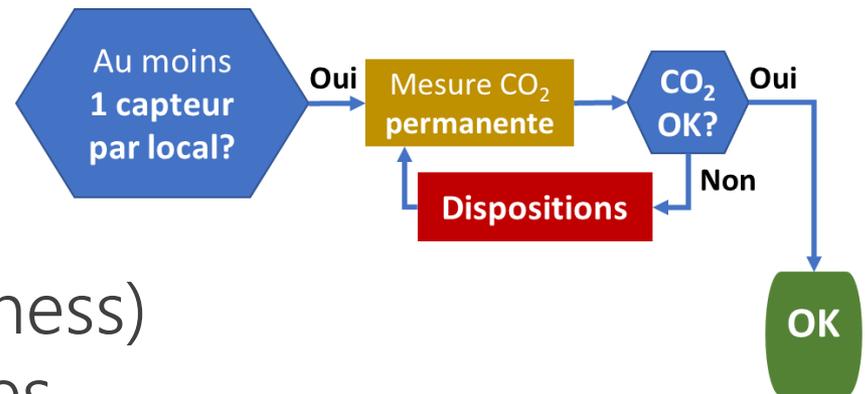


# Les capteurs CO<sub>2</sub> peuvent avoir différentes fonctionnalités

- Affichage directe
  - Mesure instantanée
  - Information des occupants
- Enregistrement de données
  - Visualiser et interpréter l'évolution
  - Adapter les dispositions
- Indicateur couleur ou alarme
  - Informer d'un dépassement
  - Dispositions immédiates



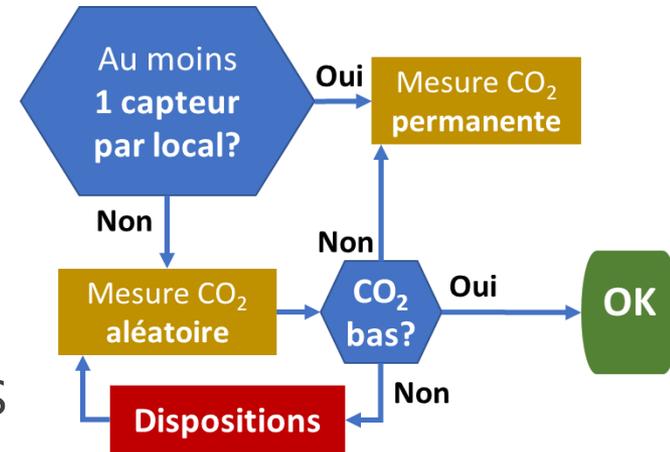
# Mesure permanente de CO<sub>2</sub>



- Quand
  - Si obligatoire (ex. fitness)
  - Si capteurs disponibles
  - Si occupation ou conditions variables
- Quelles fonctionnalités
  - Affichage ou alarme
  - Enregistrement → suivi
- Dispositions
  - Adapter ventilation ou occupation
  - Ouverture fenêtres, purification d'air

# Mesure aléatoire de CO<sub>2</sub>

- Quand
  - Si capteurs PAS disponibles en suffisance
  - Occupation et conditions fixes
- Quelles fonctionnalités
  - Mesure courte → affichage
  - Mesure longue → enregistrement
- Dispositions
  - Adapter ventilation ou occupation
  - Mesure permanente de CO<sub>2</sub>
  - Ouverture fenêtres, purification d'air



Rappel: il n'y a pas de valeur de débit sûre à 100%!



- Autres paramètres: durée, masques, ...
- Autres dispositions: distances, masques, vaccination, ...

# Purification de l'air et ventilation

# Pourquoi la purification de l'air dans le contexte covid?

- La purification de l'air permet de diminuer la quantité de virus dans l'air d'un local
- Avantages des purificateurs d'air
  - Appareils mobiles
  - Plug & Play
  - Pas de conduits, pas de prise d'air extérieure
  - Plus facile à installer que ventilation

# Deux catégories de purificateurs d'air ont un effet sur le covid

- Captation / filtration
  - Les particules (contenant du virus) sont retenues dans l'appareil et éliminées de l'air
    - Ex. Filtres HEPA, précipitation électrostatique
- Inactivation
  - Les particules de virus sont endommagées et ne peuvent plus transmettre la maladie
    - Ex. UV-C, plasma froid

# L'efficacité globale d'un purificateur d'air est donnée par le CADR

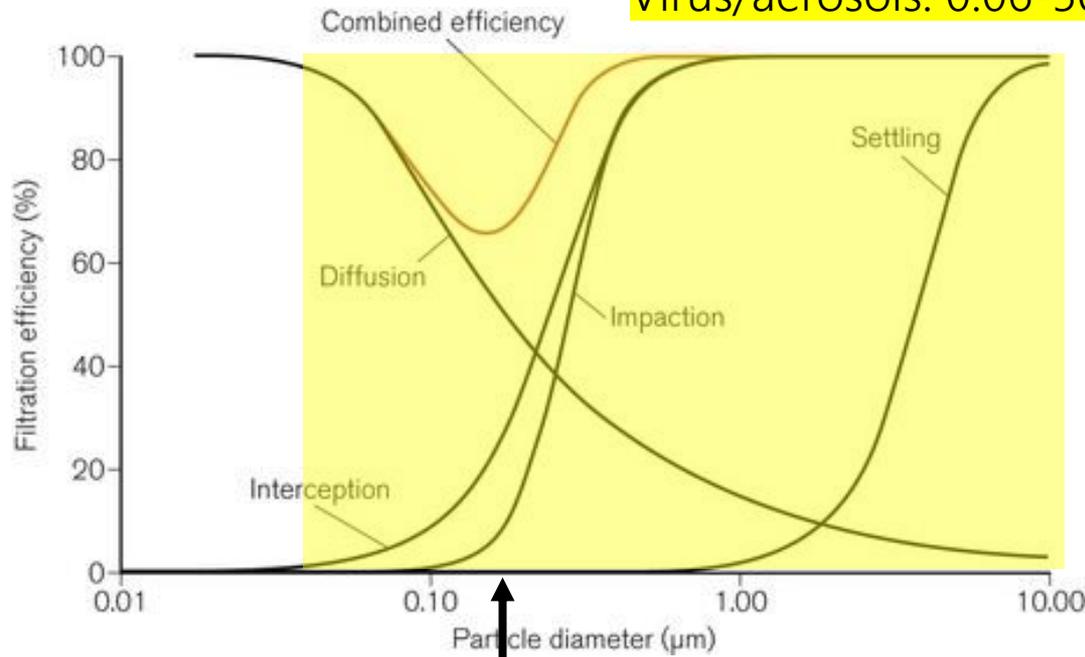
- CADR = Clean Air Deelivery Rate
  - Débit d'air x efficacité (pour un polluant donné)  
= quantité d'air purifié délivré par l'appareil ( $m^3/h$ ) en tenant compte de son efficacité
- Pas de méthode d'essai normalisée au niveau international (ISO ou EN)
  - Méthode USA: **ANSI/AHAM AC-1-2015**
    - Cigarette (0.1-1 $\mu m$ ), poussière (0.5-3 $\mu m$ ), pollen (5-11 $\mu m$ )
  - Méthode France: **NF-B44-200:2016**
    - 5 Gaz, 1 bactérie + 1 moisissure, allergène, PM 0.3-5 $\mu m$

# Mesurer l'efficacité de la purification par captation?

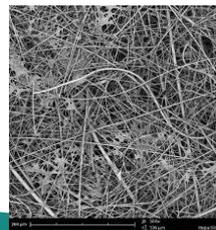
- Principe
  - Le virus est présent dans des aérosols
  - Si on capte les aérosols alors on capte le virus
- Mesure directe du CADR
  - En principe possible (méthode USA ou France)
  - Mais besoin d'adapter et uniformiser les tailles des particules testées (virus/aérosols: 0.06-5 $\mu$ m)
- Mesure indirecte de l'efficacité de filtration
  - Norme EN 1822-1:2019
  - Filtres de classe HEPA: H13 ou H14

# Captation: filtres HEPA

Virus/aérosols: 0.06-50 $\mu$ m

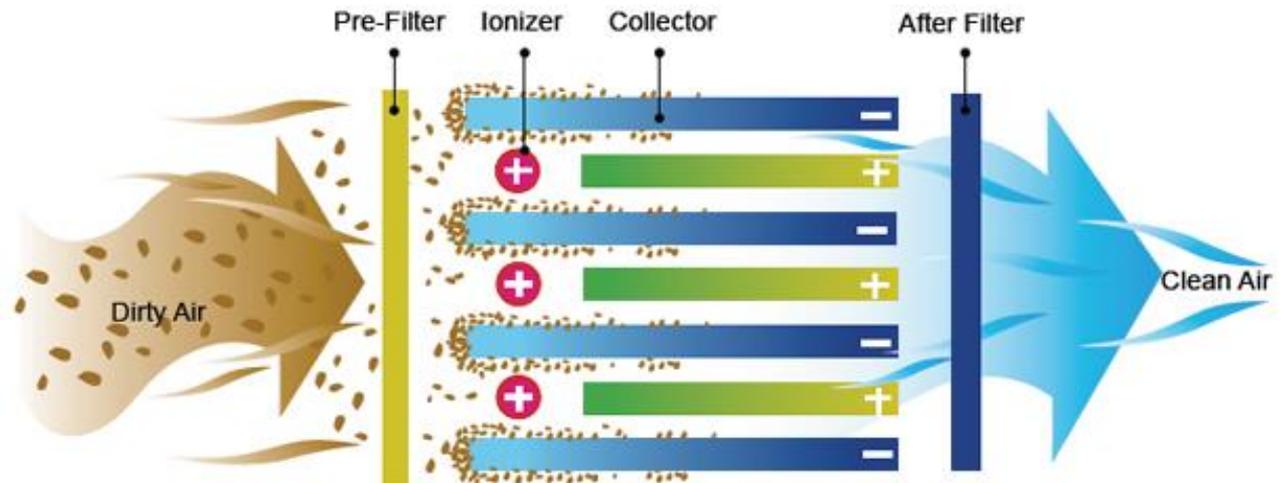


Most Penetrating Particle Size (MPPS): 0.2 $\mu$ m



# Captation: précipitation électrostatique

- Principe
  - Etape 1: Ionisation de l'air → particules chargées +
  - Etape 2: particules chargées sont retenues sur un collecteur
- Performance  $\approx$  filtration HEPA



# Mesurer l'efficacité de la purification par **inactivation**?

- Défi
  - Mesurer l'inactivation de matériel biologique
  - Spécifiquement pour le virus covid (différent d'un organisme à l'autre!)
- Pas de méthode d'efficacité normalisée pour l'inactivation
- En théorie, mesure du CADR possible, mais **besoin d'une mesure d'efficacité**

# Inactivation: Ultraviolet UV-C

- Principe
  - Les UV endommagent le matériel génétique (ARN)
- Points d'attention
  - Protection des personnes contre les UV
  - Dose
  - Temps de contact
  - ...

# La purification de l'air est spécifique à un (groupe de) polluant(s)

- Covid: captation aérosols ou inactivation
- Différentes techniques de purification
  - Gaz: charbon actif, oxydation, photocatalyse,...
  - Particules: filtration, précipitation électrostatique
  - Microbiologique: UV, ...
- IAQ en général
  - Polluants: bio-effluents, humidité, émissions matériaux, particules, etc.
  - Purification: combinaison de techniques nécessaire!
  - Ventilation: tous les polluants sont dilués

# La purification présente encore des défis supplémentaires

- Mesure de l'efficacité
- Spécifique à un seul polluant
- Acoustique
- Appareils mobiles
  - Nombre et répartition dans une pièce
  - Occupation de l'espace au sol
- Entretien
  - Filtres, lampes UV, ...
  - Coût
  - Risque: pire si circulation d'air non traité!

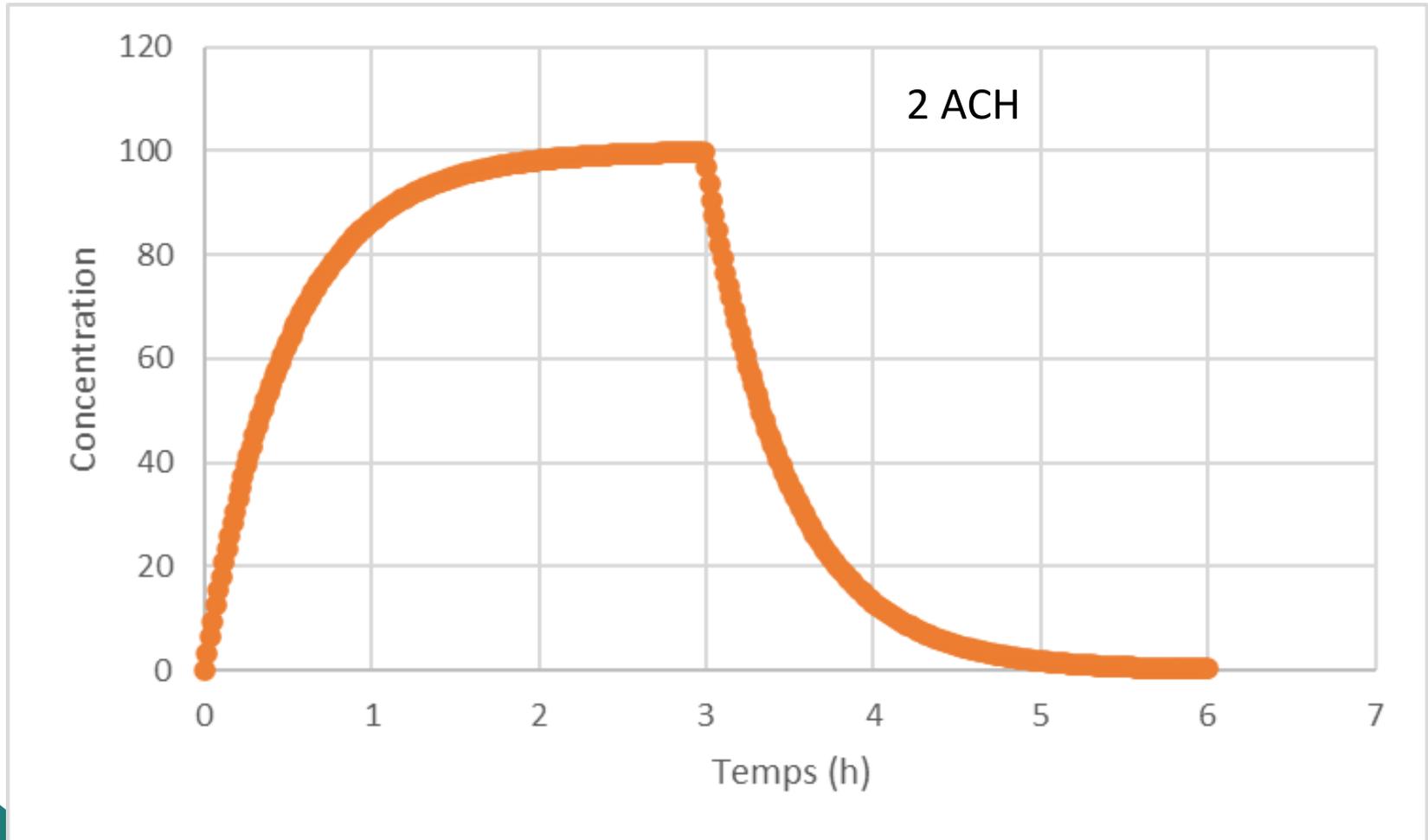


# Ventilation ou purification d'air?

	Ventilation	Purification de l'air
Quels polluants?	Tous	Particules (captation) Biologiques (inactivation)
Obligatoire?	PEB + CODEX	/
Efficacité?	Débit	CADR (machine): <b>Efficacité</b> x débit
Risques secondaires?	En principe non	By-products?
Entretien?	Régulier: filtres Long terme: conduits, groupes	Très régulier: filtres, lampes UV, etc.
Facilité de mise en oeuvre?	Ampleur des travaux variable	Plug & Play
Investissement?	A long terme Durable	Si pas d'autres solutions?

→ Solutions complémentaires selon les cas!

# Ventilation et purification = dilution!



# Entretien de la ventilation en période covid

# Faut-il adapter le plan d'entretien en période covid?

- Pas vraiment d'adaptations nécessaires
- Filtres
  - Fréquence de remplacement habituelle
  - Air neuf: rappel, air extérieur considéré non contaminé
  - Air repris: présence de virus possible → précautions
  - Recirculation: voir cas particulier
- Conduits
  - Fréquence de nettoyage habituelle
  - Rappel : le virus ne se développe pas
- Purification de l'air → Entretien spécifique

# Précautions lors de l'entretien, y compris remplacement des filtres

- Personnes à risque?
  - Avis du médecin conseil
- Equipements de protection
  - Masque
  - Gants
  - Blouse de protection
- Jeter les filtres
  - Sac fermé

# Principe du nettoyage des conduits

Locaux inoccupés et ouverture des fenêtres

- 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



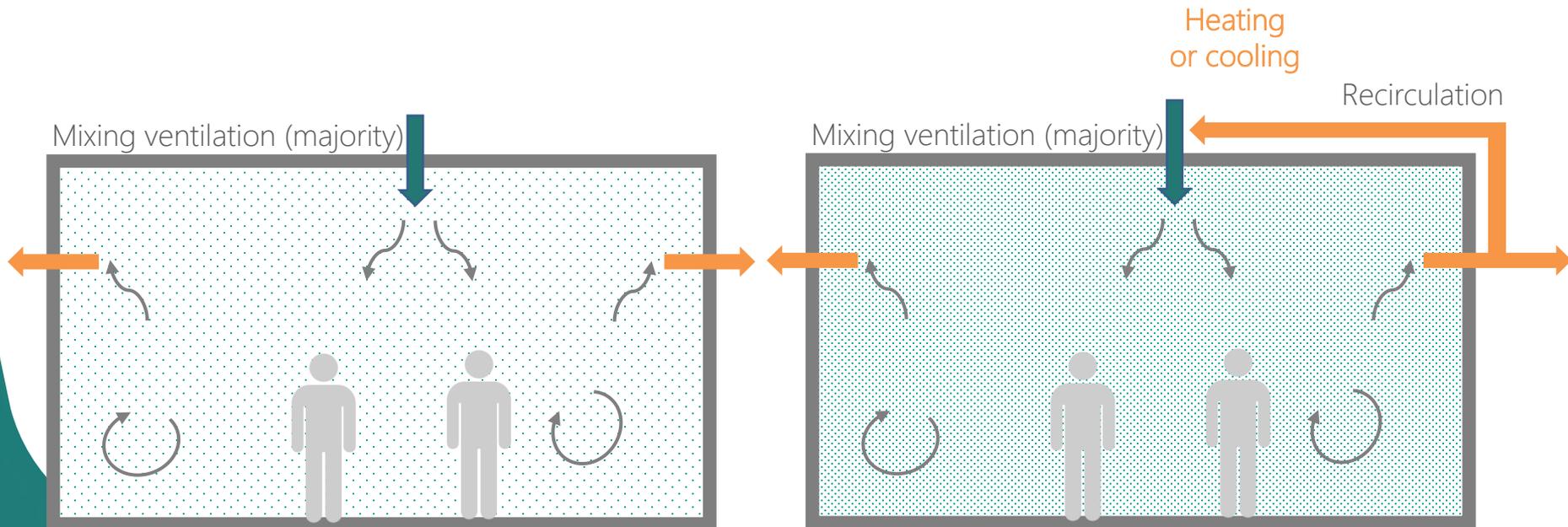
# Cas particulier: HVAC avec recirculation et autres systèmes

# Systeme de ventilation = source de risque covid?

- Rappel
  - Air neuf : considéré non contaminé
  - Ventilation est essentielle pour diluer polluants
- Risques spécifiques avec certains systèmes HVAC
  - Systeme avec recirculation centrale
  - Roues thermiques
  - Autres systemes de circulation d'air

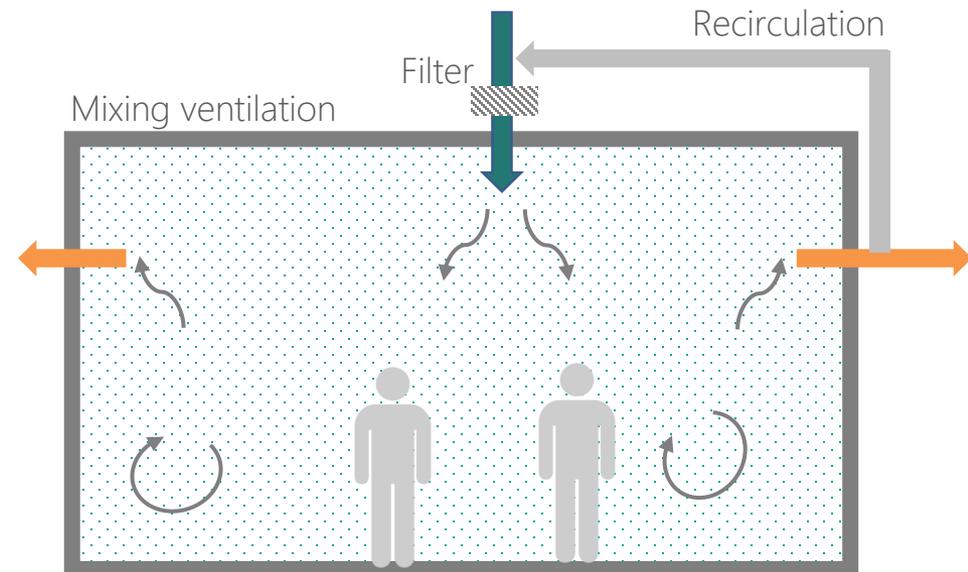
# Quand y-a-t-il recirculation d'air dans un système HVAC?

- Uniquement certains systèmes HVAC
  - Systèmes « tout air »
  - Nécessaire pour chauffage ou refroidissement

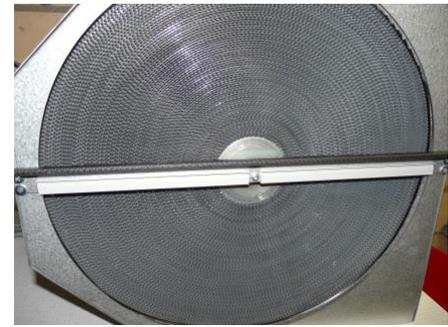


# Recirculation: dispositions à prendre

- Si possible, stopper recirculation (100% air neuf)
- Si puissance (H ou C) insuffisante
  - Augmenter air neuf au maximum
  - Remplacer filtre:
    - min ePM1 (ou F8)
    - HEPA
    - Précipitation électrostatique
    - UV?
  - Ventilateur en plus?



# Echangeurs de chaleur à roue thermique



- Risque de recirculation d'air extrait vers l'air neuf
  - Uniquement si fuite interne non maîtrisée
  - Risque en principe très faible
- Limiter la fuite interne de la roue
  - Position des ventilateurs: après la roue
  - Surpression ( $\geq 20$  Pa) du côté air neuf vs. air repris
    - Peut être mesuré sur le groupe
  - Purge sector réglé selon prescription du fabricant
  - Joints selon prescription du fabricant
- Rehva:
  - [https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_specific\\_guidance\\_document\\_-\\_Limiting\\_internal\\_air\\_leakages\\_across\\_the\\_rotary\\_heat\\_exchanger\\_.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_specific_guidance_document_-_Limiting_internal_air_leakages_across_the_rotary_heat_exchanger_.pdf)

# Autres systèmes de circulation d'air dans les locaux

- Exemples

- Ventilo-convecteur
- Unités de climatisation locales
- Climatisation air/air



- Recirculation dans un seul local

- Pas d'effet sur la concentration en virus
- Mais risque de flux d'air contaminé



- **Disposition: ventilation suffisante!**

