



Quand l'Air Intérieur est (et rend) malade

Prévention, outil diagnostic et traitement

28/11/2024

Home Sweet Home!



Introduction

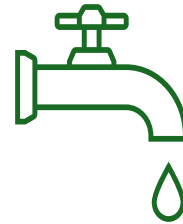


Apports caloriques

1500 à 2500 Cal / j

Qualité et sécurité alimentaire
réglementée et contrôlée

Etiquetage des produits pour
informer le consommateur

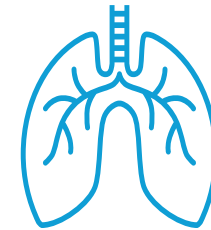


Apports hydriques

2 à 2.5 l/j

composition connue
qualité surveillée et règlementée

« L'eau que vous buvez est aussi
importante que l'air que vous
respirez » (Slogan Evian)



Apport en oxygène

par l'air inspiré : 14m³/j au repos

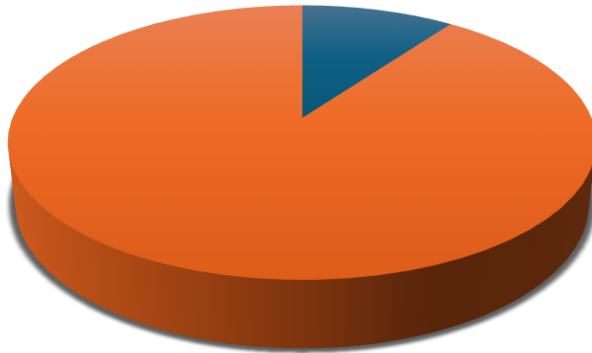
Quelles sont les normes?

Quelle qualité?

Air Frais, Air Neuf Vs Air Vicié/ Contaminé/malsain

Air Inspiré, 14m³/24h

- Temps passé à l'extérieur, Air Neuf, Surveillance ATMO
- Temps passé à l'intérieur, 12,5 m³ /j



Pollution de l'air est classée comme cancérogène – CIRC 2013

Pandémie Covid: Transmission aéroportée (Airborne) par aérosols dans les espaces clos plutôt qu'à l'air libre-Clusters!

L'air Intérieur: 90% de notre temps, Pas de Normes, seulement des Recos, davantage pollué que l'air extérieur



QAI: Lieux concernés



Cabinets, salles d'attentes, hôpitaux et lieux
soins



Etablissements scolaires et crèches



Domicile

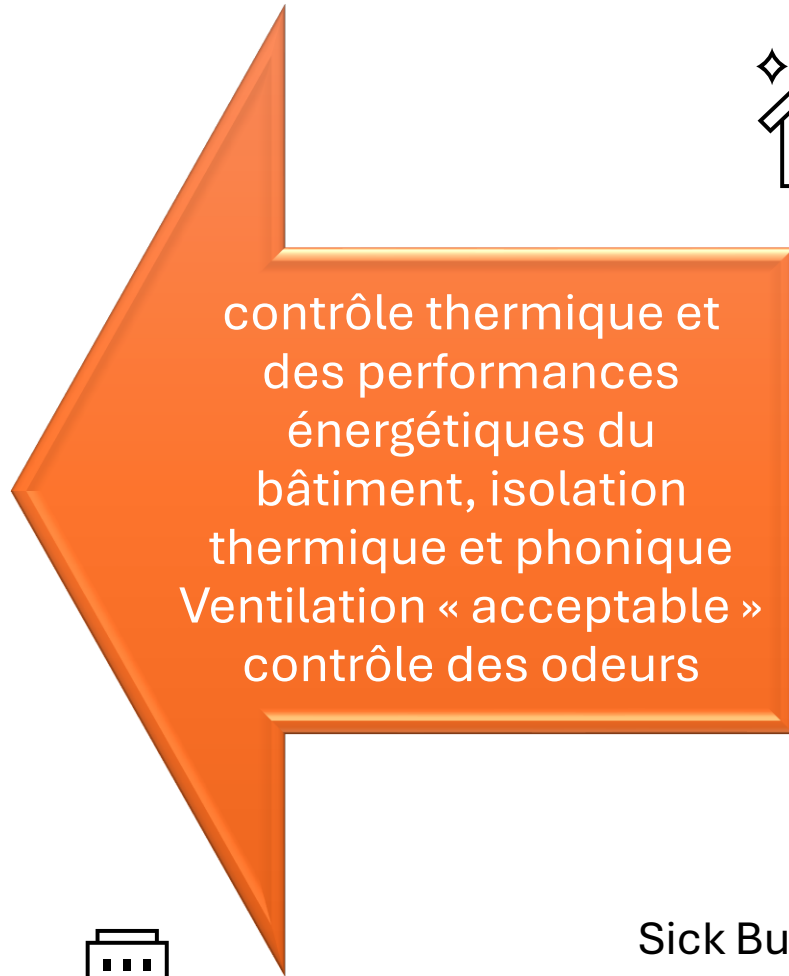


Bureaux, magasins...

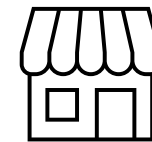
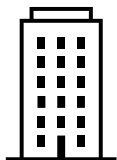


Véhicules privés et transports publics

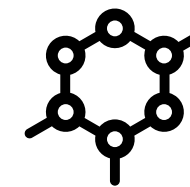
Qualité de l'Environnement Intérieur



Sick Building Era



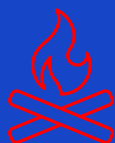
Paramètres de QAI, et ses contaminants



Gaz: CO, CO₂, CoV,
formaldéhydes, Benzene
Radon



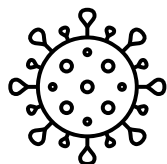
Particules chimiques:
PM₁₀ + PM_{2,5}...



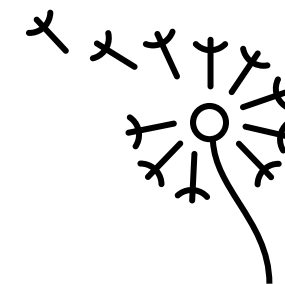
Facteurs physiques: T°,
humidité, courants d'air,
luminosité



Particules organiques:
virus, bactéries,
moisissures, acariens
pollens...



Odeurs!



L'air malade et qui rend malade: Historique

- L'humanité est aux prises avec le mystère de la transmission des maladies depuis plus de deux millénaires
- La transmission par l'air est particulièrement difficile à localiser avec précision, étant donné que les particules sont invisibles et que l'air se déplace avec moins de restrictions, par rapport, par exemple, à la transmission par l'eau, la nourriture, les mains ou les moustiques

L'air malade et qui rend malade

- Hippocrate: « Miasme » à transmission aérienne de maladies :
 - « Chaque fois que de nombreux hommes sont atteints par une maladie en même temps, la cause devrait être attribuée à celle qui est la plus courante et que nous utilisons tous le plus. C'est ce que nous respirons »
- La croyance a persisté que les maladies se transmettaient par l'air. Pendant des siècles, des explications ont été données en termes généraux tels que « miasmes » ou « mauvais air » Illustré par la racine étymologique du terme paludisme (de "mala aria", italien médiéval pour "mauvais air").

L'air malade et qui rend malade

- Le médecin persan Ibn Sina (Avicenne) dans son *Canon de la médecine* en 1025 a résumé la théorie classique du miasme gréco-romain, mais a également mélangé avec elle l'idée que les gens pouvaient transmettre la maladie aux autres par le souffle
- La théorie de la transmission de la maladie de personne à personne par infection proposée par le médecin italien Girolamo Fracastoro (Fracastorius) en 1546. La contagion à distance était, a-t-il suggéré, la plus forte, voire plus forte que la contagion directe.

19^e et 20^e Siècles: Théories, démonstrations, et dogmes!

- Florence Nightingale (1820-1910), comme la plupart des Victoriens, a été élevée pour croire que les maladies étaient causées par le « miasma » ou l'air mauvais. Elle a réduit les taux d'infection grâce à l'hygiène, à la ventilation, à l'augmentation de la distance entre les lits dans les hôpitaux et à la création d'un « service d'isolement » pour les patients atteints de tuberculose

Absence de preuve= preuve d'absence?!

« *Aucune maladie naturelle n'est aéroportée* »

Carl Flugge et Cornet: travaux sur les gouttelettes, aérosolisation lors de la respiration, et la Tuberculose, inquiétude sur le rôle sociale joué par l'air infecté, de l'environnement

1890

Notoriété de Charles Chapin , défenseur de la « transmission par contact » physique ou à proximité, « contredisant » le rôle de l'environnement

1910

Pandémie de Covid19, acceptation du rôle prédominant des aérosols dans la transmission des infections, tergiversations de l'OMS

2020

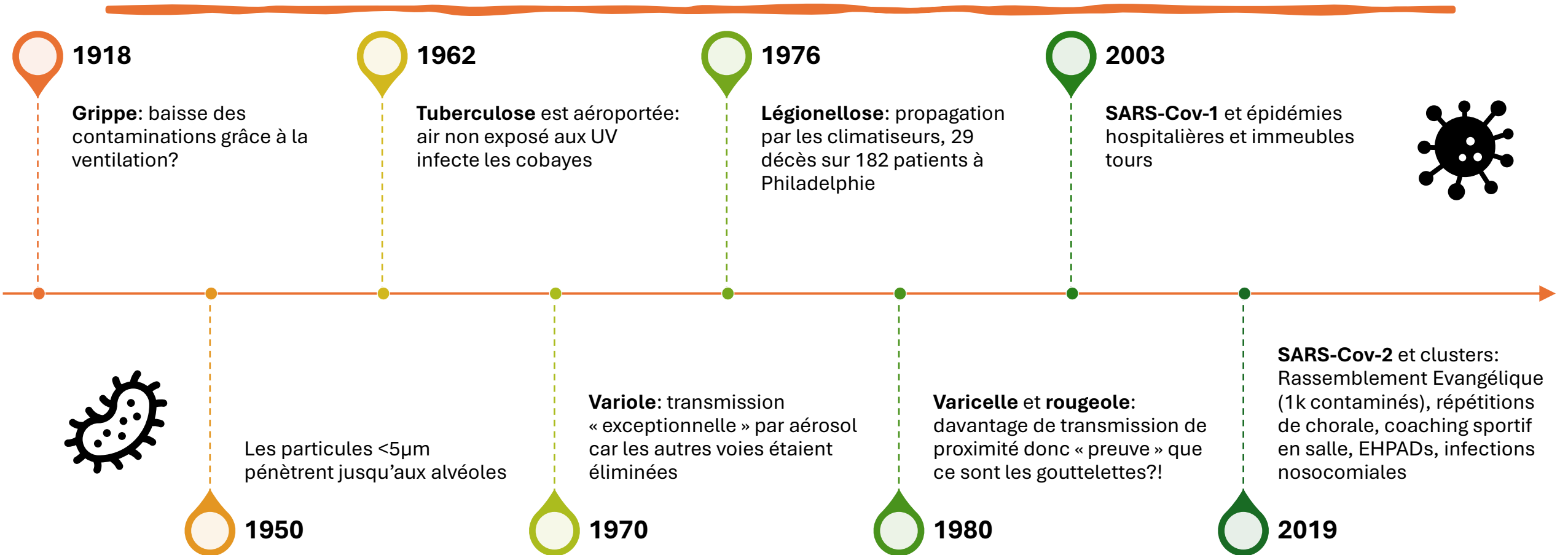
1893

John Shaw Billings, motivé par la tuberculose, propose le premier taux de ventilation ciblé sur la santé, calculé à partir du CO₂ expiré: 1m³/min/pers

1930

Wells mari et femme: exploration expérimentale de la transmission aéroportée. Limite de 100µm (Aérosol/Gouttelette), Approche décriée « rétrograde »

Les contaminants biologiques de l'air



Exemple de la transmission aérienne de SarsCov2 dans une pièce: en air intérieur

- Transmission principalement par aérosols en suspension(distance >1m)
- Persistance de la contamination démontrée >4h après l'émission en milieu de soins (AJIC 07/2024 CHARNESS AL.)

Risque varie selon la densité virale:

- ✓ Le temps d'émission(présence du patient)
- ✓ La quantité émise(diminuée par un masque): 1 pers ou plus
- ✓ Le volume de la pièce (salle, WC, Ascenseur...)
- ✓ L'apport de l'air frais et la désactivation
- ✓ Dépend aussi de la durée d'exposition & présence dans la pièce, du statut vaccinal et susceptibilité, et du variant (demi-vie dans aérosols de +/- 3h)

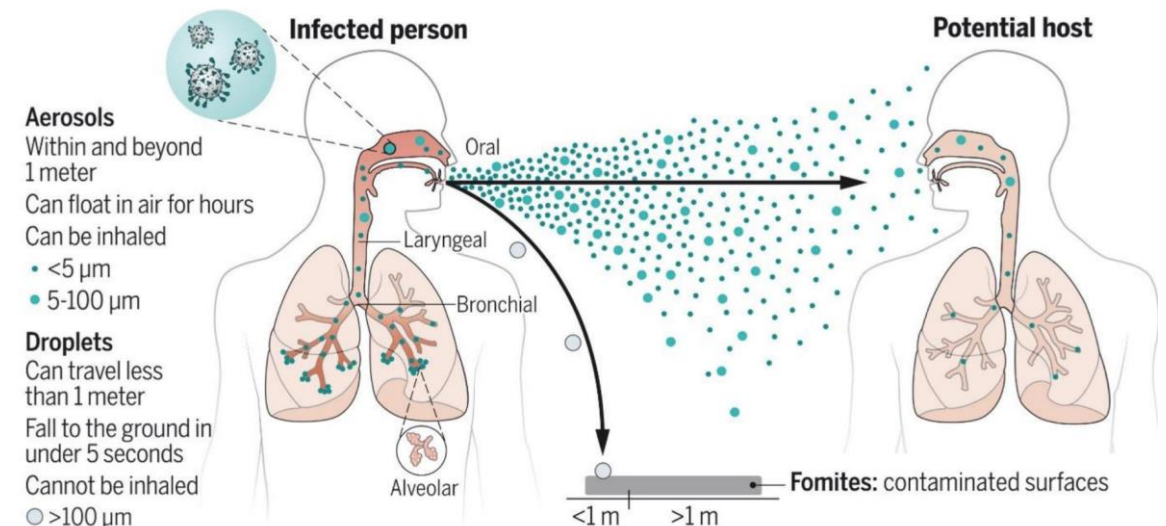


Figure 1. Phases involved in transmission of respiratory viruses. Virus-laden aerosols

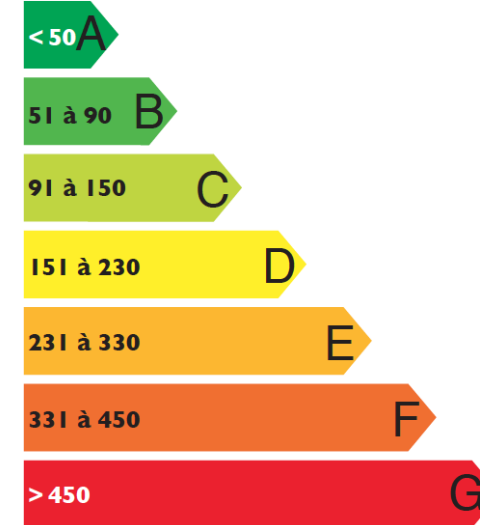
Prof. Clive BEGGS the impact of the Covid-19 pandemic on the healthcare systems of the UK

Etat des lieux: Absence de Normes Sanitaires

- Résultat depuis 50 ans: « l'ère des bâtiments malsains », niveau de qualité de l'air ciblé: « acceptable »
- Confinement de l'air à des fins d'économie d'énergie, mais coût en maladie! Arrêts de travail, absences scolaires, décès.
- Altération de la QAI -> santé physique et psychique, baisse de la productivité, des capacités cognitives (élèves)

Consommation
énergétique
en kWh/m².an en énergie primaire

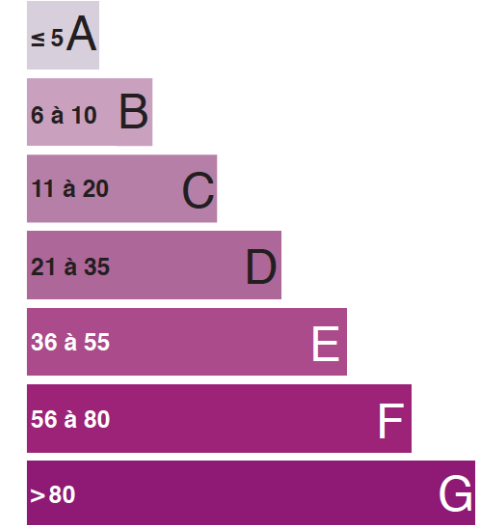
Logement économe



Logement énergivore

Émissions de gaz
à effet de serre
en kg eq CO₂/m².an

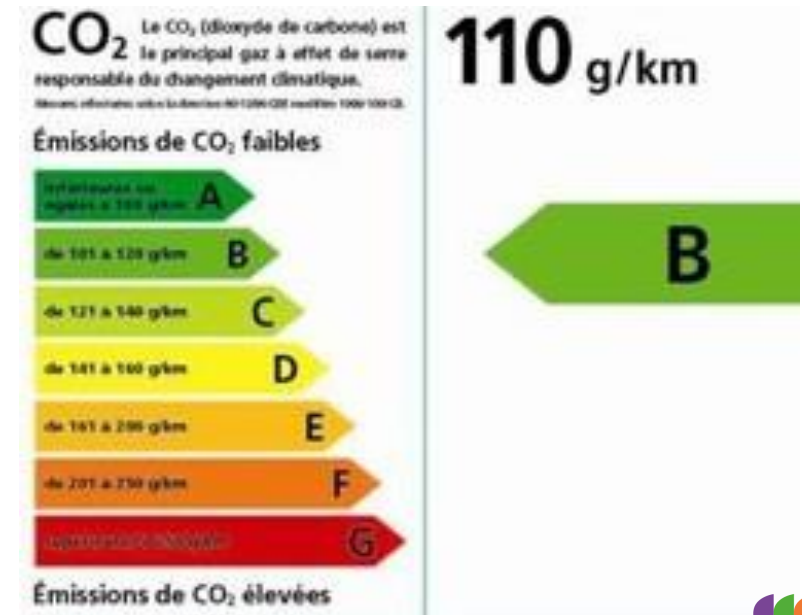
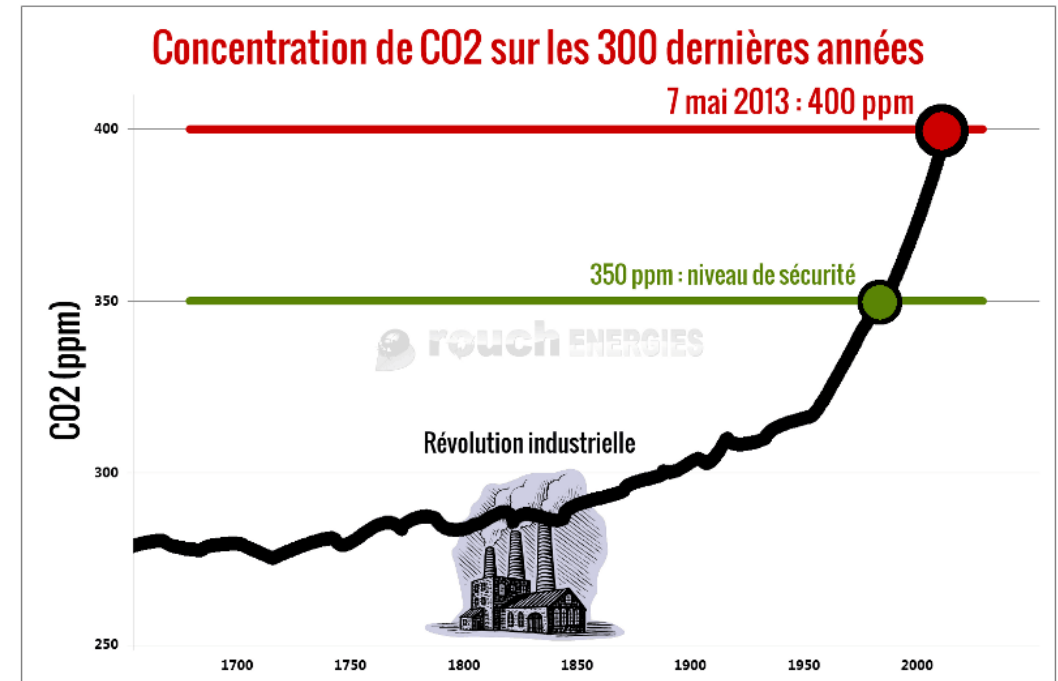
Faibles émissions



Fortes émissions

Le Dioxyde de Carbone= CO2:

- Gaz, invisible, inodore, molécules de 0,2nm
- Naturellement présent dans l'air
- Nécessaire pour la photosynthèse!
- Taux en augmentation : 410ppm en 2024
- Détermine le malus selon barème lors de l'achat de nos véhicules!





Issu de combustion et la **respiration cellulaire**

Fait partie des rejets organiques expirés comme les gouttelettes et aérosols

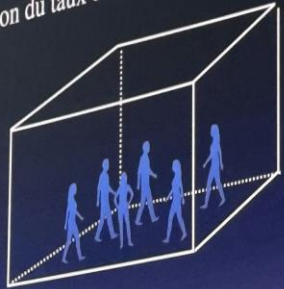
Son élévation est Indicateur de confinement de l'air des locaux, est donc une substance chimique **MARQUEUR de la QAI** (SPF 2024)

Et en présence de personnes sources, est associé à l'augmentation de la concentration d'agents infectieux aéroportés. (HCSP 2022)

Est associé à une diminution des performances cognitives: mémoire, attention, langage etc. (SPF, COGfx J ALLEN...)

Contribue à l'acidification des aérosols, améliorant l'aérostabilité de SARS-Cov2 de 500 à 800ppm! (Nature 04/2024)

2) Modéliser l'évolution du taux de CO₂



V : volume de la pièce

$c \in [0, 1]$ fraction de CO₂ dans l'air

RV = Taux de renouvellement horaire, en $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$

N : nombre de personnes

F : production de CO₂ par personne (~20 L par heure)

Effet de la concentration de CO2 sur l'organisme humain :

400 ppm	• niveau dans l'environnement extérieur
800 ppm	• niveau recommandé de CO2 à l'intérieur
1200-1500 ppm	• niveau maximal recommandé de CO2 à l'intérieur
1000-2000 ppm	• signes de fatigue et concentration réduite
2000-5000 ppm	• maux de tête potentiels
5000 ppm	• concentration maximale sans risque pour la santé
> 5000 ppm	• nausées et rythme cardiaque accéléré
> 15000 ppm	• problèmes respiratoires
> 40000 ppm	• perte de conscience potentielle

Pour chaque palier de 400ppm, 1% de l'air qu'on inspire a été expiré, soit chaque 9 minutes! (calcul mathématique) indépendamment de la ventilation et le volume des locaux

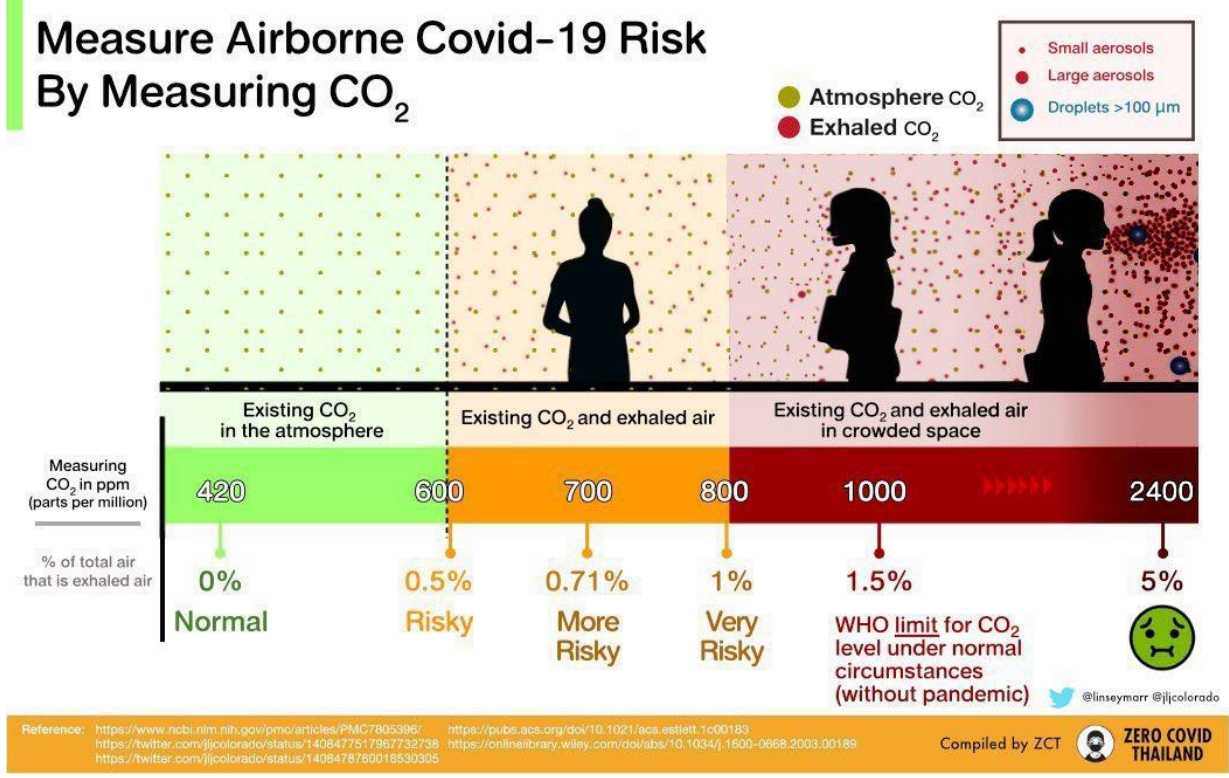
Rebreathed CO₂

Breath approximately 40,000 ppm
Outdoors 400 ppm

For every +400 ppm rebreathed fraction +1%

800 ppm = 1%	1 in 100 breaths
1200 ppm = 2%	1 in 50 breaths
2400 ppm = 5%	1 in 20 breaths
5000 ppm = 12%	1 in 8 breaths

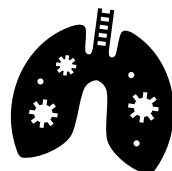
Credit: [David Elfstrom](#)



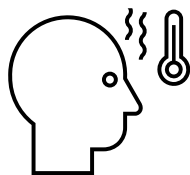
Qu'en est-il des autres polluants de l'AI?

- Campagne nationale « Logements », conduite entre 2003 et 2005 par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)
- Prélèvement de différents composés gazeux et particulaires (PM10 PM2.5)
- Quel que soit le polluant, et pour la majorité des logements, les concentrations intérieures sont supérieures aux concentrations extérieures. le ratio intérieur/extérieur médian varie entre 1,3 et 2,4 selon le polluant
- Maths: 90% de temps à l'intérieur, (ext: $5\mu\text{g}/\text{m}^3$) Int: $10\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- **l'exposition aux polluants ext a principalement eu lieu à l'intérieur: x18 (135 VS $7,5\mu\text{g}$)**

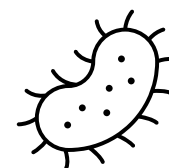
Coût de la pollution et des contaminations



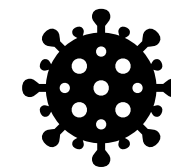
- 6,5 millions de **décès** prématurés par an selon OMS
- 40000 **décès** prématurés /an en France, -8 mois d'Esperance de Vie
- Covid : >150k **décès**, 2M de **CovidLong**
5^e cause de mortalité pour la France,
20% de décès si Covid nosocomial!
- Grippe: 10-15k **décès**/an



LA POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR DES SOURCES MULTIPLES

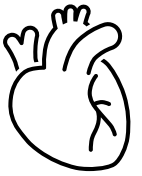


Grippe
VRS
Coqueluche
COVID
CO2



Coût de la pollution et des contaminations

- PM: maladies, respiratoires, neurologiques et CV
- Maladies chroniques compliquant les maladies infectieuses
- Absentéisme des élèves et arrêts de travail!
- CO2: Altération des fonctions cognitives et rapidité de prise de décisions: coût économique



Coût de la pollution et des contaminations

- SPF: Premier confinement du 16 mars 2020:
 - **2 300 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition aux particules**, dont les sources sont multiples et qui représentent la pollution de fond,
 - **1 200 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂)**, liée principalement au trafic routier.



Des économies grâce à la prévention

Etude « Instruments économiques et construction durable » (février 2004)
réalisée à la demande de l'ARENE Ile-de-France:

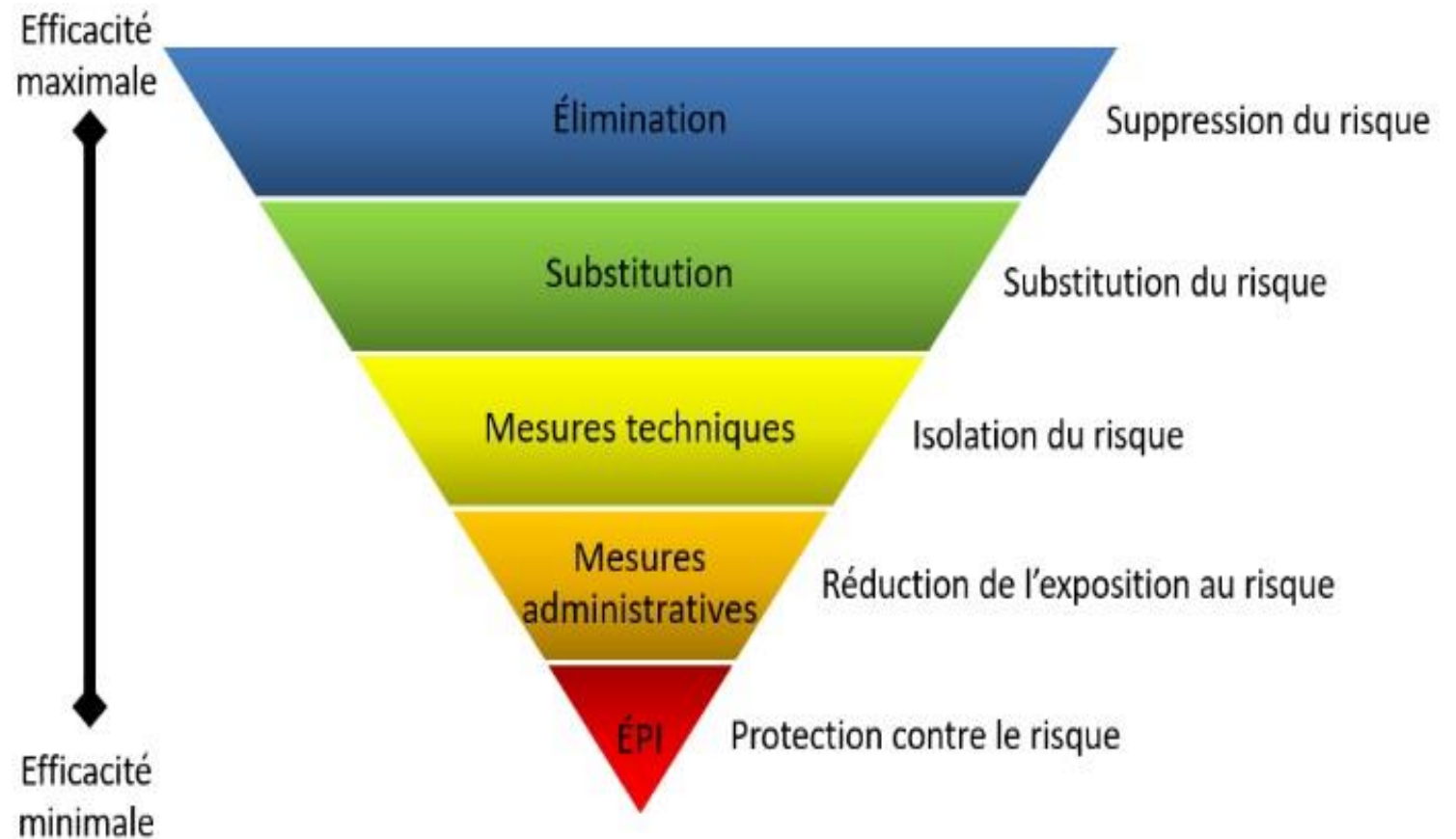
GISEMENT ANNUEL D'ÉCONOMIES RELATIVES AUX DÉPENSES DE SANTÉ

Si l'on transpose les données estimées pour les Etats-Unis dans le cas français, le gisement global annuel d'économies relatives aux dépenses de santé, grâce à une meilleure qualité de l'air intérieur des locaux, pourrait être – en première approximation – d'un ordre de grandeur de 2 à 7 milliards d'Euros :

Réduction des maladies respiratoires (4 à 9 millions de rhumes et gripes évités)	1 à 2 Md€
Réduction allergies et asthme (diminution de 8 à 25% des symptômes des populations concernées)	0,1 à 0,5 Md€
Réduction de 20 à 50% des symptômes associés au "syndrome du bâtiment malsain" (irritations yeux et nez, maux de tête, etc)	1,2 à 4,5 Md€
Total des Economies relatives à la santé	2,3 à 7,0 Md€

Source : d'après W.Fisk "Health and productivity gains from better indoor air environments - Summary of prior publications" Lawrence Berkeley National Laboratory 2003 (Données transposées au prorata de la population et en appliquant un abattement de 45% pour tenir compte du différentiel de dépenses de santé/habitant entre les deux pays).

Prévention: diminution des risques



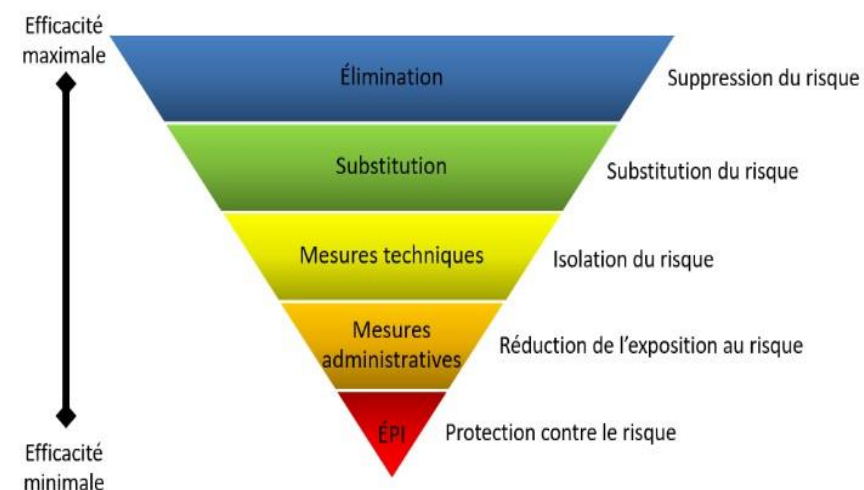
Hiérarchie des mesures de maîtrise du risque (contre les dangers sur le lieu de travail)

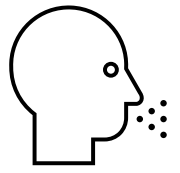


Prévention: Agents chimiques et polluants

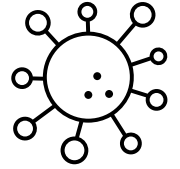


- E: Eviter le tabac, les tapis, le mobilier “traités” ou peintures, produits de ménage et parfums, moins de voitures, moins de plantes d’intérieur
- S: fumer et bricoler à l’extérieur, sport à l’air libre, utiliser des produits labélisés et testés, réemployer!
- T: **Vérifier la ventilation (VMC) et aérer souvent (VN), utiliser un purificateur d’air**, détecteurs de pollution et PM
- A: Imposer des contrôles et normes QAI, zones d’exclusion du trafic automobile, P de Précaution
- PPE: APR

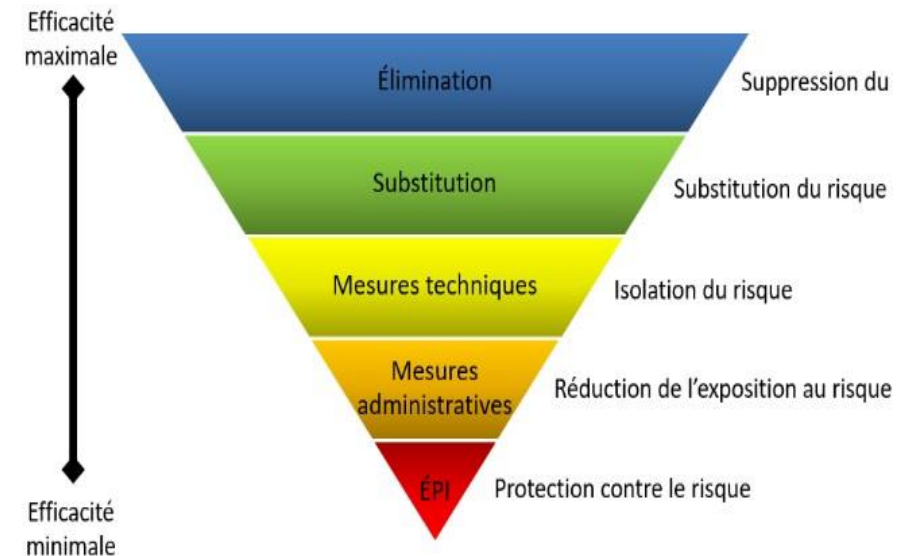
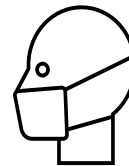




Prévention: Agents biologiques aéroportés

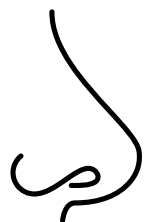


- E: tester et isoler, arrêter le travail, confinement, éviter les lieux bondés
- S: privilégier les espaces ouverts et extérieurs
- T: **Améliorer la ventilation, purificateur d'air, surveiller le confinement de l'air**, utiliser un masque (contrôle de la source), lavage des mains et détertion?
- A: imposer un taux de renouvellement d'air dans les logements et lieux de soin notamment selon l'occupation (4-6ACH ou 1m³/p/h), distanciation +masque
- EPI: FFP2, FFP3(vaccination!)



« *Tout ce qui est simple est faux, mais tout ce qui ne l'est pas est inutilisable* »

Paul Valéry



IA: l'air intérieur que nous respirons est plus pollué que l'eau que nous buvons , il faut donc aérer



Identifier et contrôler le risque lié au confinement de l'air par le soignant: Calculer Mathématiquement?

$$P_y = \frac{C}{S} = 1 - \exp\left(-\sum_{x=1}^n SFIF(x, y) \bullet I(x) \bullet \theta(x) \bullet q \bullet t\right)$$

Superficie du local en m² :

Hauteur sous plafond en m :

Nombre d'adultes :

Nombre d'enfants :

Ventilation mécanique du local :

aucune ou faible (TRH = 0.5)

moyenne (TRH = 3)

bonne (TRH = 6)

excellente (TRH = 12)

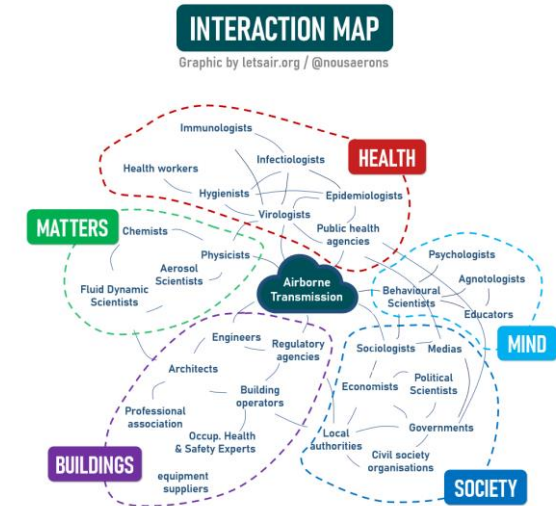
Lancer le calcul

Délai préconisé entre deux aérations quand le port du masque est impossible

C'est notamment le cas lors des repas, dans les bars, les restaurants...

Ce délai permet de garder un taux de CO₂ dans le local inférieur à 600 ppm (voir ci-dessous)

nousaerons.fr



Quel rôle pour le soignant?



Ne pas nuire: diminuer les risques de transmissions croisées, *Soins Propres et Soins Sûrs*



Informier et éduquer dans un but de prévention de maladies évitables ET selon les nouvelles données acquises



Appliquer le principe de précaution, champs de la santé publique

Diagnostic de la qualité de l'air intérieur (QAI)

En deux étapes:

1. S'équiper d'un instrument diagnostique simple et fiable
2. Utiliser un score pour prendre une décision « thérapeutique »

Outil diagnostique: 1/2

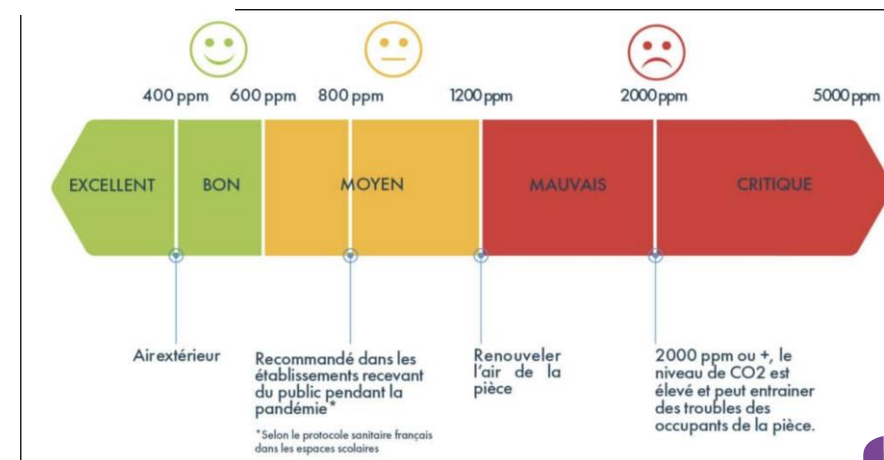
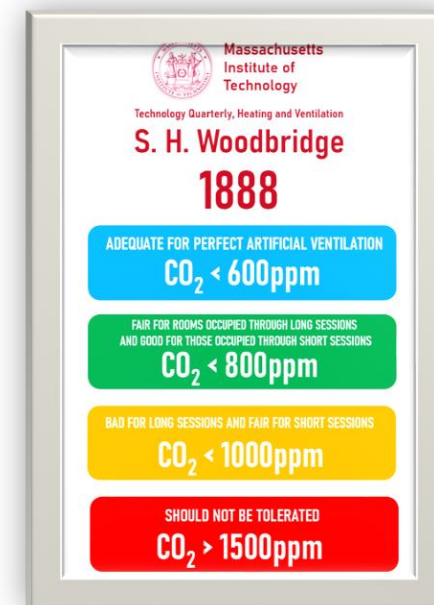


- Un instrument pour des soins sains, simple et portatif
- Moniteur de niveau de CO2 mesure directe (NDIR)
- Valeur entre 120 et 220€ selon fonctions (DIY...)



Outil diagnostique: 2/2

- Un Score : Aéroscore (NousAérons)
- Limite pour intervenir: 800ppm



Traitement

Pour des soins plus sûrs

Traiter l'air
par
Les Trois « R » !

Retirer



Réduire



Remédier



Retirer les sources

- Eliminer les polluants : Tabac, parfums, encens, peintures, produits ménagers
- Demander aux patients de se tester avant de se rendre au cabinet, faire de la TCs

Réduire les sources

- Utiliser des produits certifiés, labélisés et testés
- Demander aux patients de porter un masque surtout en périodes de forte circulation virale ou selon la saison(transmission possible par patients asymptomatiques)
- Réduire le nombre de patients présents simultanément

Remédier aux sources

- Ventiler: Apporter de l'air neuf= de l'extérieur, dilue et évacue les particules et gaz
- Purifier: Retirer les particules et certains gaz avec filtre HEPA, désactiver avec des UV
- Porter un APR : masque FFP2 ou FFP3
- Être à jour des vaccins contre le Covid, la grippe, le VRS, Coqueluche

Remédier aux sources:

Ventiler

- Faire rentrer l'air extérieur, dès 800ppm de CO₂, (Plus le niveau du CO₂ est bas, plus le risque infectieux sera bas) entraîne brassage et dilution des particules et gaz
- Ventilation mécanique : la VMC(lutte contre odeurs à 0,5 CAH!), préférer le *double flux*
- Ventilation naturelle: en ouvrant les fenêtres éloignées (V traversante) en continue , débit varie selon T° en journée et donc selon la saison , jusqu'à 6 à 10 CAH en nocturne

Utiliser un purificateur d'air

- Les filtres HEPA agissent sur les particules >0,3µm mais pas seulement
- Si filtre à Charbon Actif: agissent sur les odeurs et certaines substances chimiques
- Ne fait pas baisser le niveau de CO₂, mais effet de brassage et de retrait de polluants
- Utilisation d'UV désactive les virus et bactéries, mais éviter "OZONE"

Utiliser un masque

- APR =FFP2 ou FFP3, efficaces contre les aérosols et particules >0,6µm (pas seulement!)

Ventiler naturellement

- Pendant la consultation et/ou entre deux patients
- Viser 5 CAH (Avions 20 à 30 dont ½ recyclé et filtré!)
- Cible: CO2 <800 ppm



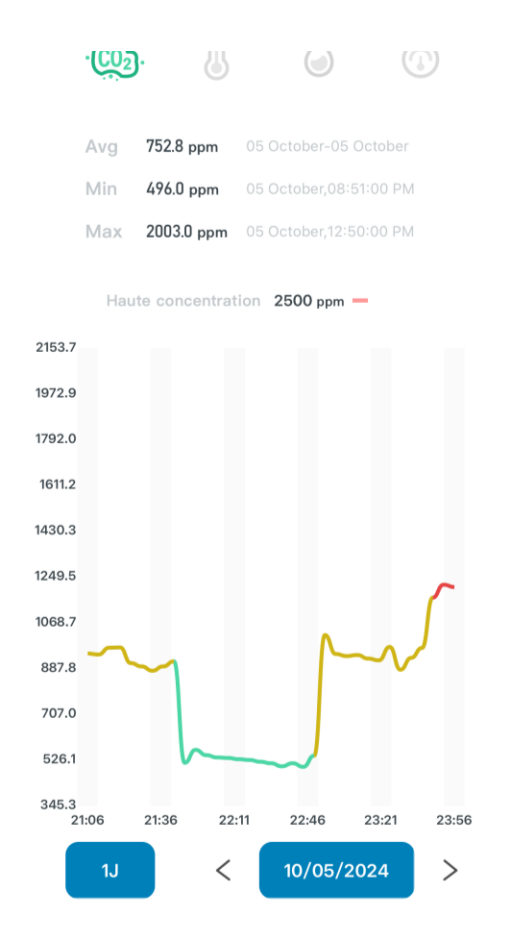
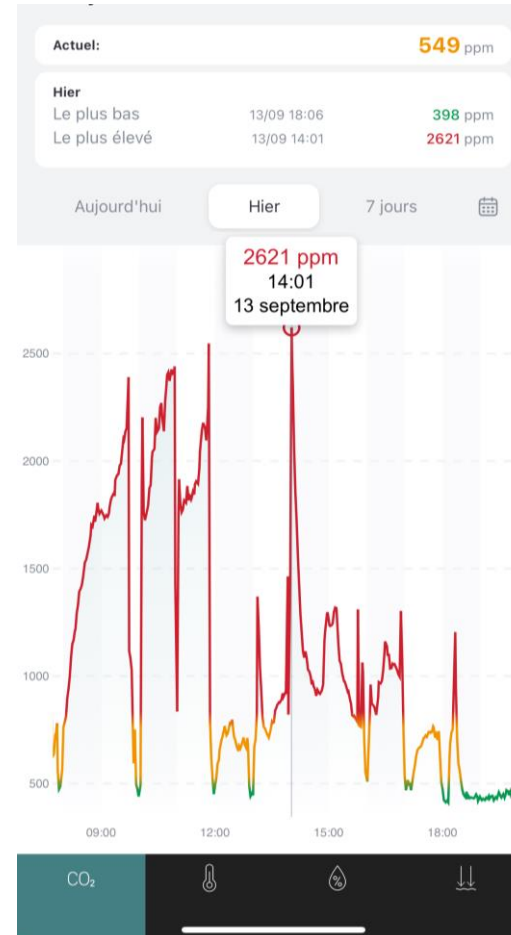
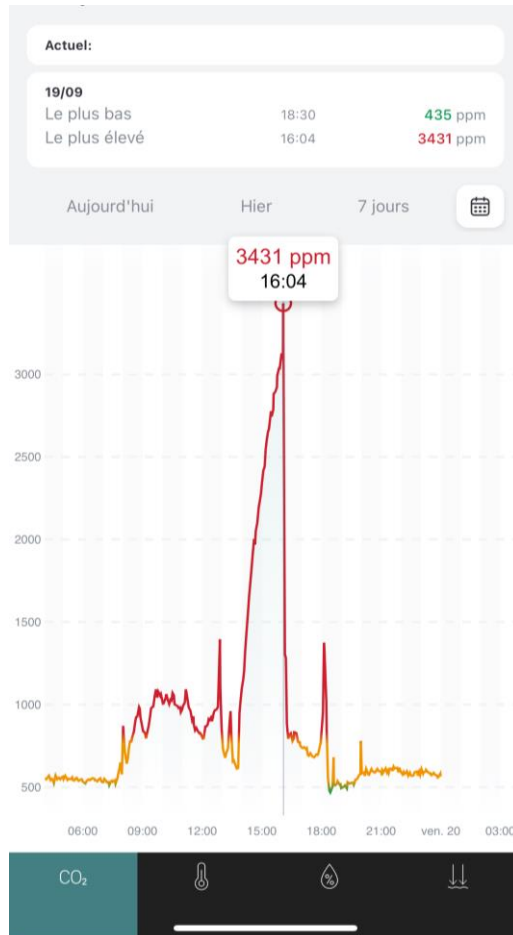
CO2 en lieu clos: Cabinet



CO2 en lieu clos: Cabinet



CO2 en lieu clos: Lycée et cinéma



Purificateurs

=Filtre HEPA+ Ventilateur !

<https://smartairfilters.com/en/blog/how-to-make-diy-air-purifier/>





Purificateurs

Particulièrement utiles si l'air atmosphérique est très pollué

Mécanismes d'action:

- Filtre HEPA: piège à particules
- Filtre à Charbon actif
- Désinfection à UV: pourquoi pas (MAXVAC Medi8)
- Ioniseur: Eteindre! (TROTEC AirgoClean 150e)



Cible des filtres HEPA:

Les Particules

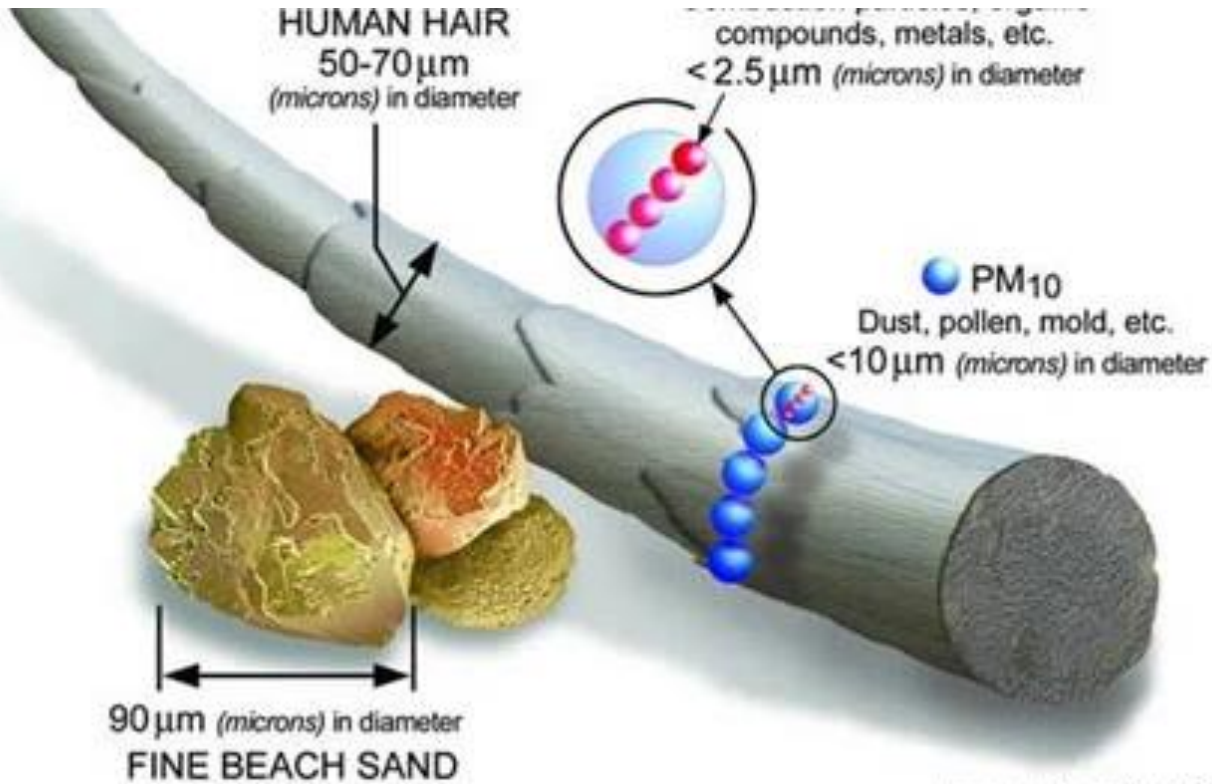
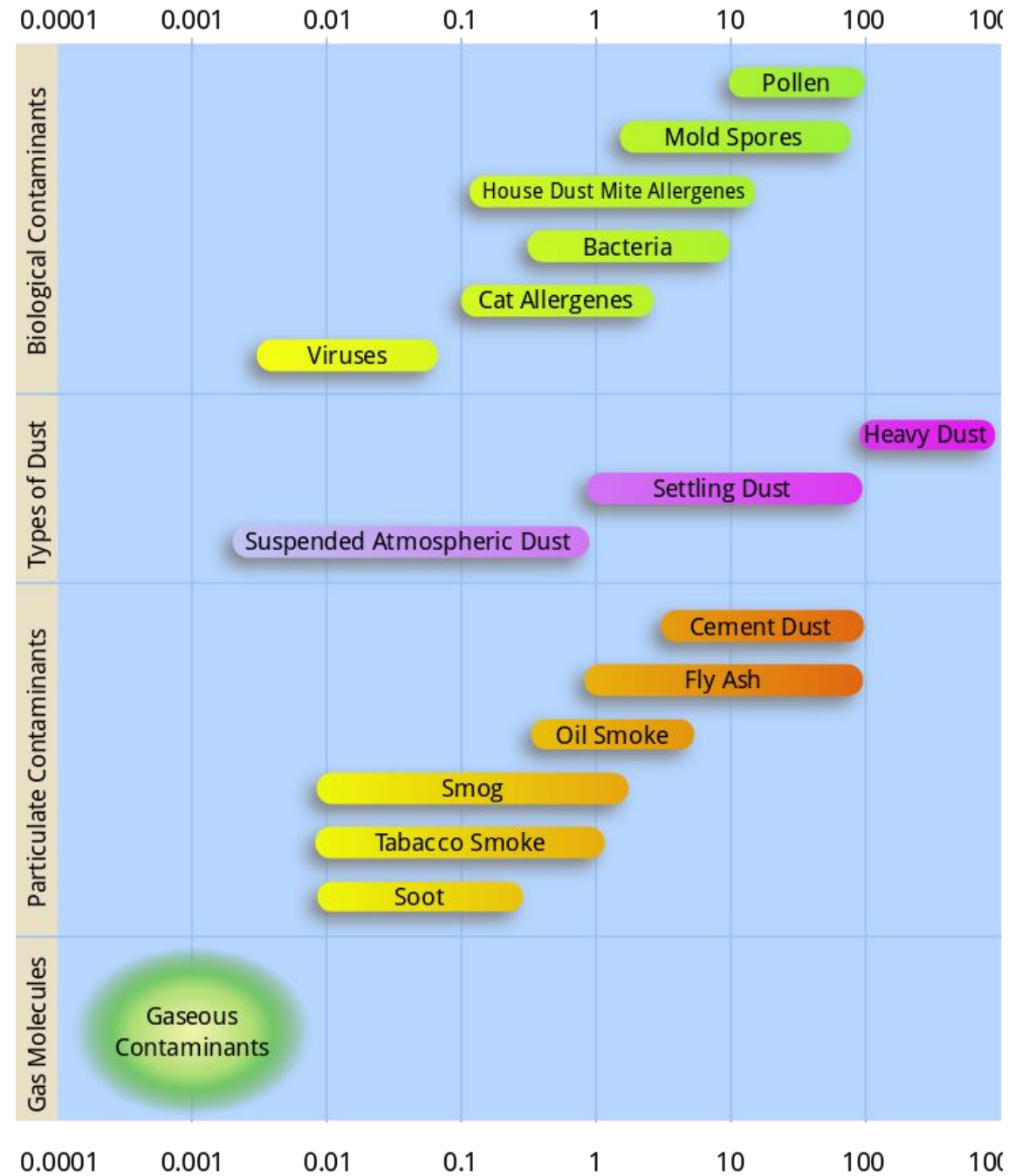


Image courtesy of the U.S. EPA



Comment fonctionnent les filtres HEPA?

- Par Impaction: Effet Tamis $>10\mu\text{m}$
 - Par inertie: $>0,3\mu\text{m}$
 - Par diffusion: mvmt « brownien », $<0,3\mu\text{m}$
 - Interception par forces électrostatiques
- creux d'efficacité à $0,3\mu\text{m}$: 99,97%

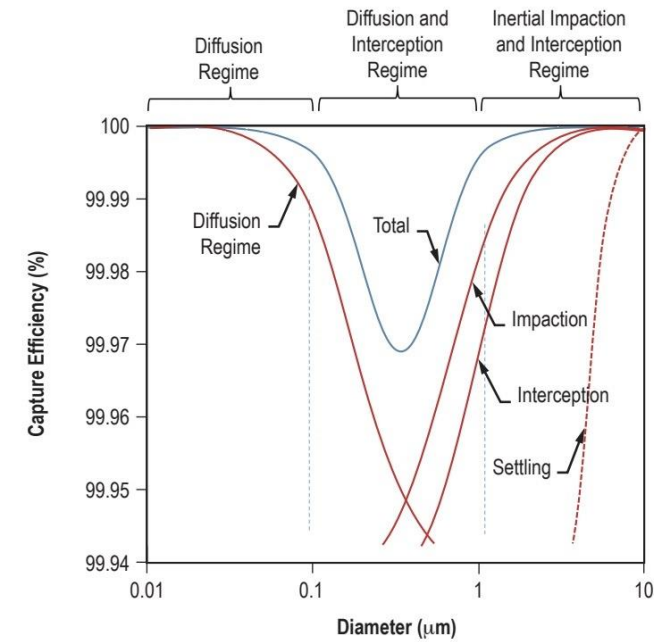
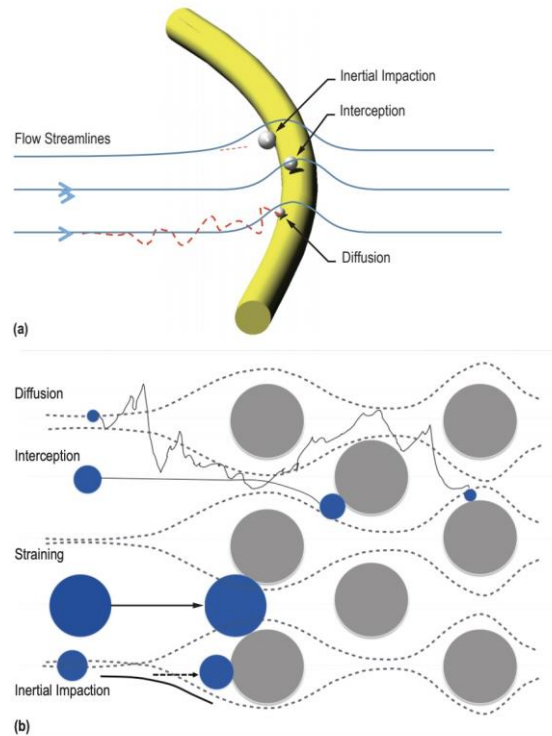
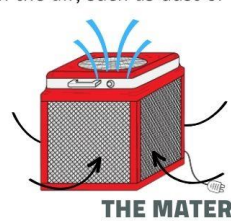
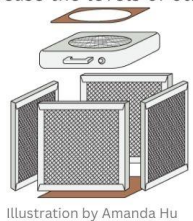


Figure 3. Filter efficiency as a function of particle diameter.

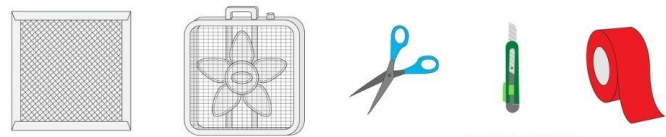
HOW TO BUILD A CORSI-ROSENTHAL BOX

The Corsi-Rosenthal Box is an affordable DIY air-cleaning system made with a box fan. The box fan pulls air through the filters on the sides and blows out clean air. This reduces exposure to airborne particles, including those containing the virus that causes COVID-19. It also decreases the levels of other particles in the air, such as dust or wildfire smoke.



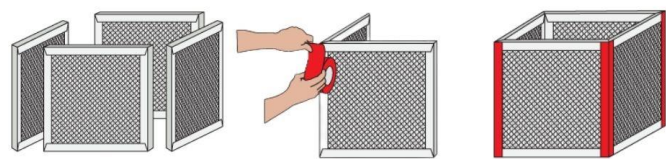
- Filters can be replaced
- Keep away from heat

THE MATERIALS



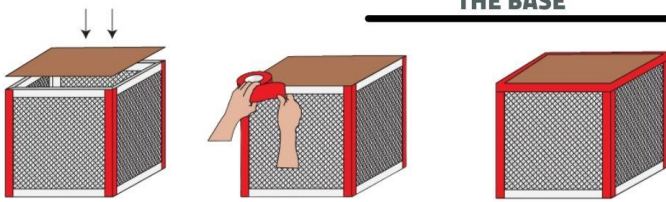
- 4 Filters: 3M MPF (or 20" x 25" x 1") or 20" x 2" or 20" x 20" x 1" or 20" x 25" x 1" [2-inc.]
- Lasko or Mainstays box fan
- Scissors, Utility Knife

THE CUBE



- Arrange the filters to create a symmetrical structure
- Ensure the arrows are pointing inwards
- Duct tape the four edges
- Vertical orientation of the pleats is preferred

THE BASE



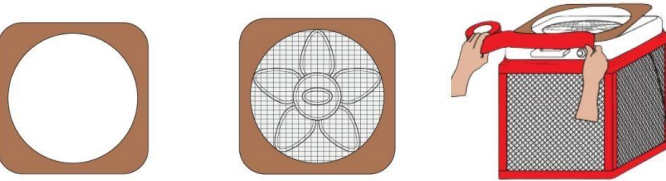
- Use one side of the fan's cardboard box
- Cut the cardboard to fit the cube
- Duct tape it on all four sides

THE FAN



- Place the fan on top of the cube (must blow upward)
- Seal all sides, including the top
- Ensure any holes on the top are sealed off with duct tape

THE SHROUD



- Cut the other cardboard box to fit the top of the fan
- Cut a circular hole in the cardboard (Lasko and 16" for Mainstays)
- Place the shroud on top of the fan and seal it on all four sides
- The shroud decreases the air flow

Illustrator: Marissa

This work is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Liens utiles:

- NousAerons.fr
- ItsAirborne.com
- Projetco2.fr
- Atmo-France.org
- [Corsi-Rosenthal Box](#)

Conflits d'intérêt:

Aucun!



Flyer grand public sur la qualité de l'air intérieur

VRAI OU FAUX ?



Testez vos connaissances sur la qualité de l'air.

1. Il est recommandé de boucher les grilles d'aération des fenêtres
2. Les appareils de chauffage et VMC doivent être entretenus
3. En hiver, mieux vaut de grands flux d'air ponctuels qu'une aération continue
4. Les plantes dites « dépolluantes » et les huiles essentielles permettent de dépolluer l'air
5. Moniteurs de CO2 et purificateurs d'air peuvent aider à contrôler la qualité de l'air intérieur
6. Je ferme les fenêtres pour limiter la pollution générée par les voitures.

1. Faux, elles sont nécessaires à l'aération de votre logement
2. Vrai, Appareils de chauffage une fois par an et VMC tous les 3 ans
3. Vrai, l'aération continue refroidit les murs et gaspille de l'énergie
4. Faux 5. Vrai 6. Faux

UNE MEILLEURE SANTÉ PAR L'AIR QUE NOUS RESPIRONS

Le saviez-vous ?

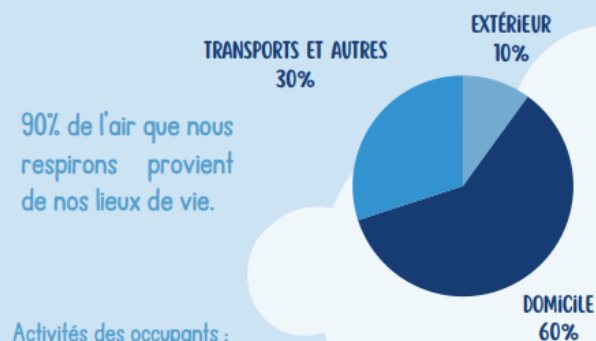
L'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur.

Une exposition répétée et durable, même pour des doses de polluants parfois très faibles, peut aggraver ou être à l'origine de pathologies chroniques ou de maladies graves.

Pour diminuer les risques en matière de santé, la solution, c'est d'aérer !



LES POLLUANTS INTÉRIEURS



Activités des occupants :
respiration, tabac, vapoteuse,
aspirateur, bougies, parfums,
produits d'entretien et
bricolage, animaux, plantes,
moisissures...

Equipements : poêle,
cheminée, chaudière et
ventilation mal
entretenus



Matériaux : meubles, peinture et revêtements aux murs, textiles...



COMMENT AÉRER ?

COMBIEN ?

Si le temps le permet, aérez en continu. Sinon, 10 min le matin et 10 min le soir.

Aérez d'autant plus que le lieu est petit et qu'il y a de personnes dans la pièce (repas en famille/amis...).

COMMENT ?

Ouvrez portes et fenêtres, au mieux des capacités d'ouverture. Favorisez les flux d'air traversants.

Aérez davantage lorsque vous faites le ménage ou bricolez, prenez une douche/bain.

OÙ ?

En tous lieux : logement, classes, bureaux, couloirs, commerces, voitures, transports en commun...

Pour plus de précision, vous pouvez utiliser un moniteur qui mesure le taux de concentration de CO2 dans l'air. Au dessus de 800 ppm : il faut aérer !

< 800 PPM

800 - 1000 PPM

> 1000 PPM

Informations complémentaires...



- **Présentation du webinaire**
- **Flyer grand public sur la qualité de l'air intérieur**
- **Protocole de gestion de l'air intérieur en cabinet**