



Microorganismes et polluants de l'air : quelle place pour les systèmes d'épuration de l'air

Fabien Squinazi

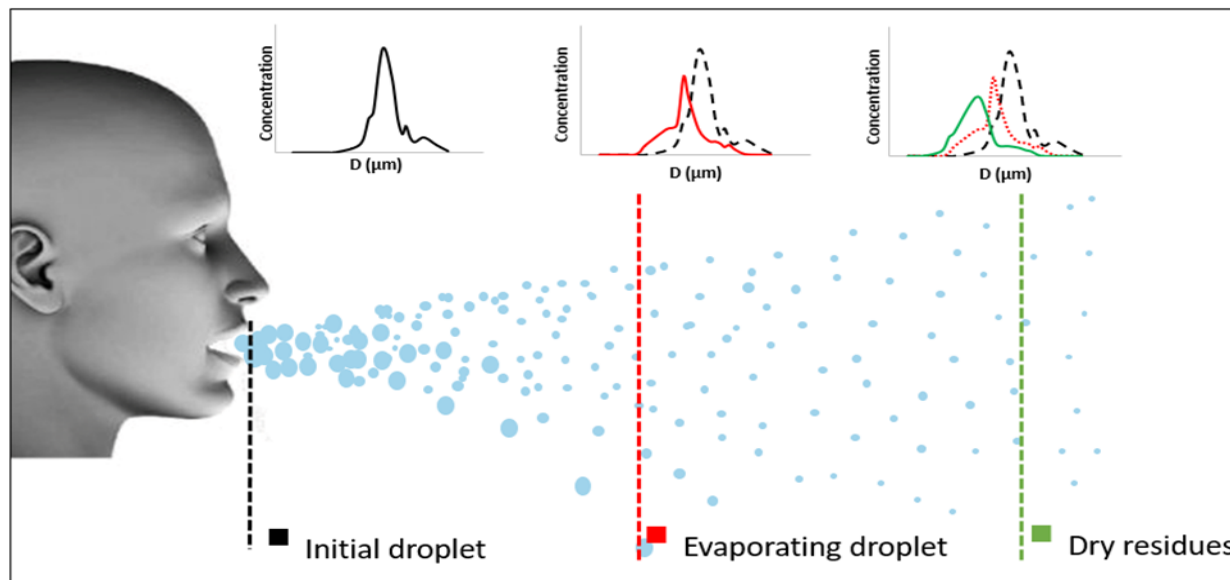
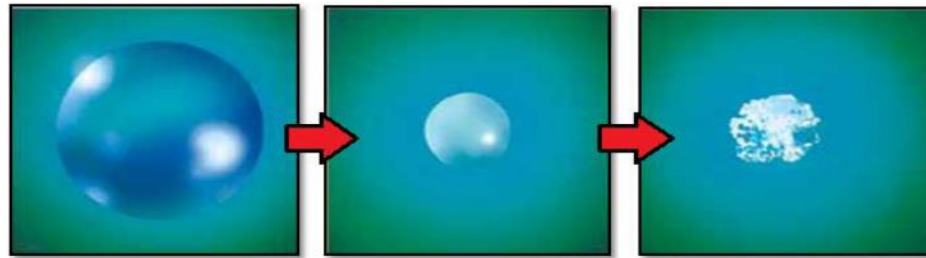
Médecin biologiste

Membre du Haut Conseil de la santé publique

Par évaporation (HR = 50 %), une goutte d'eau de $10\text{ }\mu\text{m}$ devient un résidu sec en une seconde

Une goutte d'eau de $40\text{ }\mu\text{m}$ donne un résidu sec de $6,7\text{ }\mu\text{m}$

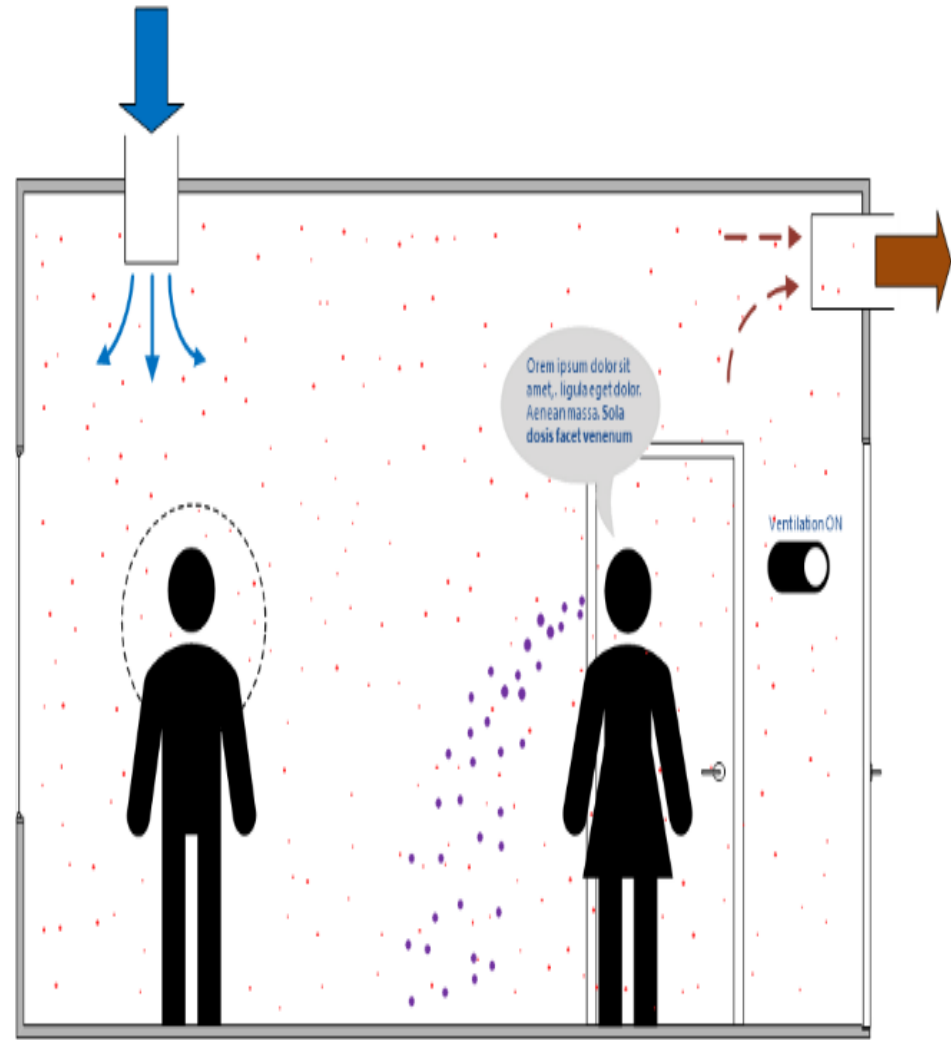
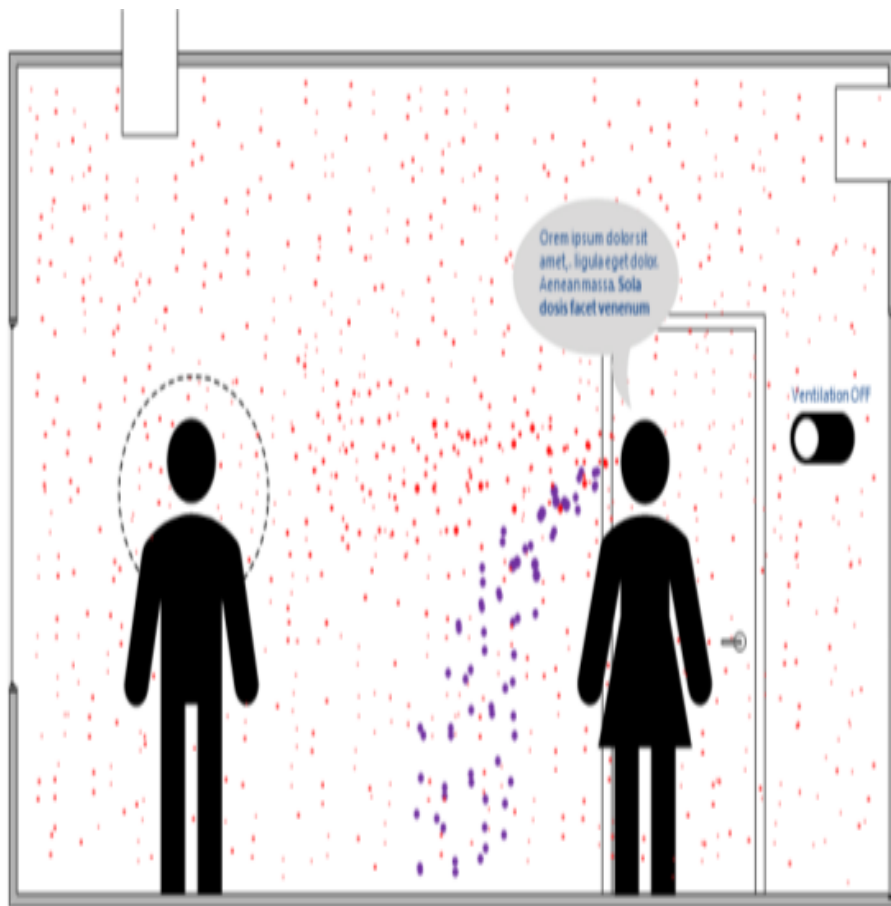
Une goutte d'eau de $2\text{ }\mu\text{m}$ devient un résidu sec de $0,3\text{ }\mu\text{m}$



Source : Mahjoub et al Indoor Air 2021 31 : 7-25.

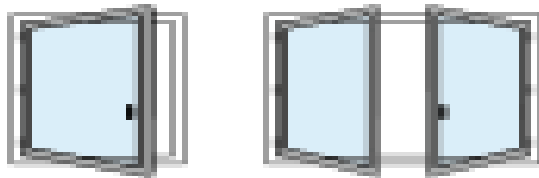
Le renouvellement d'air des locaux par apport d'air neuf extérieur

- apporte un air neuf et pourvoit aux besoins d'oxygène des occupants
- dilue et évacue les odeurs, les microorganismes et les polluants qui s'accumulent
- élimine l'excès d'humidité
- fournit aux appareils à combustion l'oxygène nécessaire pour leur bon fonctionnement



Aération par ouverture des fenêtres et des portes (balayage du local)

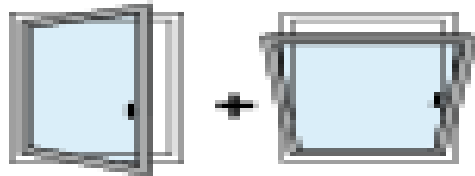
TYPE D'OUVERTURE



Fenêtre à la française

S'ouvre vers l'intérieur avec axe d'ouverture vertical.

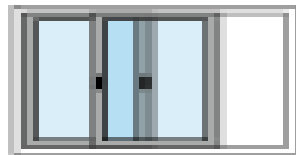
La plus courante dans les écoles (48% des cas).



Fenêtre oscillo/battante

Cumule l'ouverture à la française et l'ouverture à scullet.

Type courant dans les écoles (22% des cas).

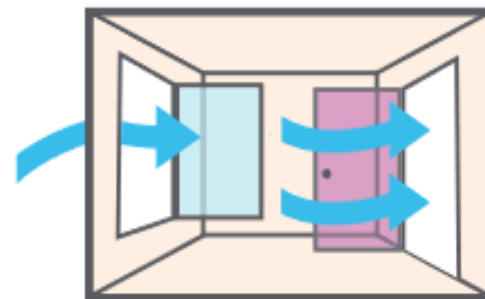


Fenêtre coulissante

S'ouvre par translation d'un vantail sur l'autre. Type courant (21% des cas).

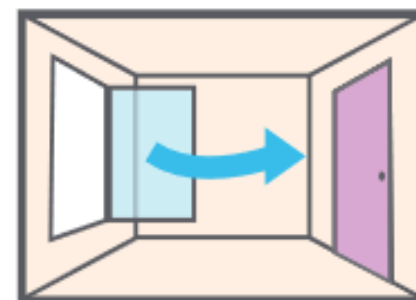
L'aération transversale

L'aération transversale permet un échange de l'air très rapide. L'air ambiant est complètement renouvelé en 2 à 4 minutes seulement. Pour cela, toutes les portes et fenêtres doivent être ouvertes afin de générer un courant d'air.



L'aération en grand

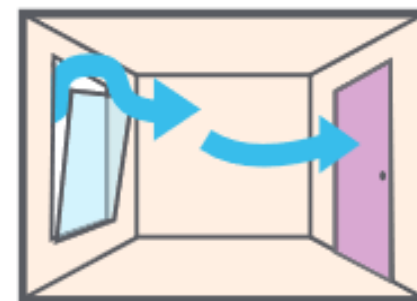
Une manière efficace de renouveler l'air ambiant est d'aérer en grand. Le battant de la fenêtre est entièrement ouvert et l'air est renouvelé en l'espace de 4 à 10 minutes. Aérer en grand permet également de minimiser les pertes d'énergie. Du fait du renouvellement très rapide de l'air, les composants ne refroidissent pas.



L'aération par entrebâillement

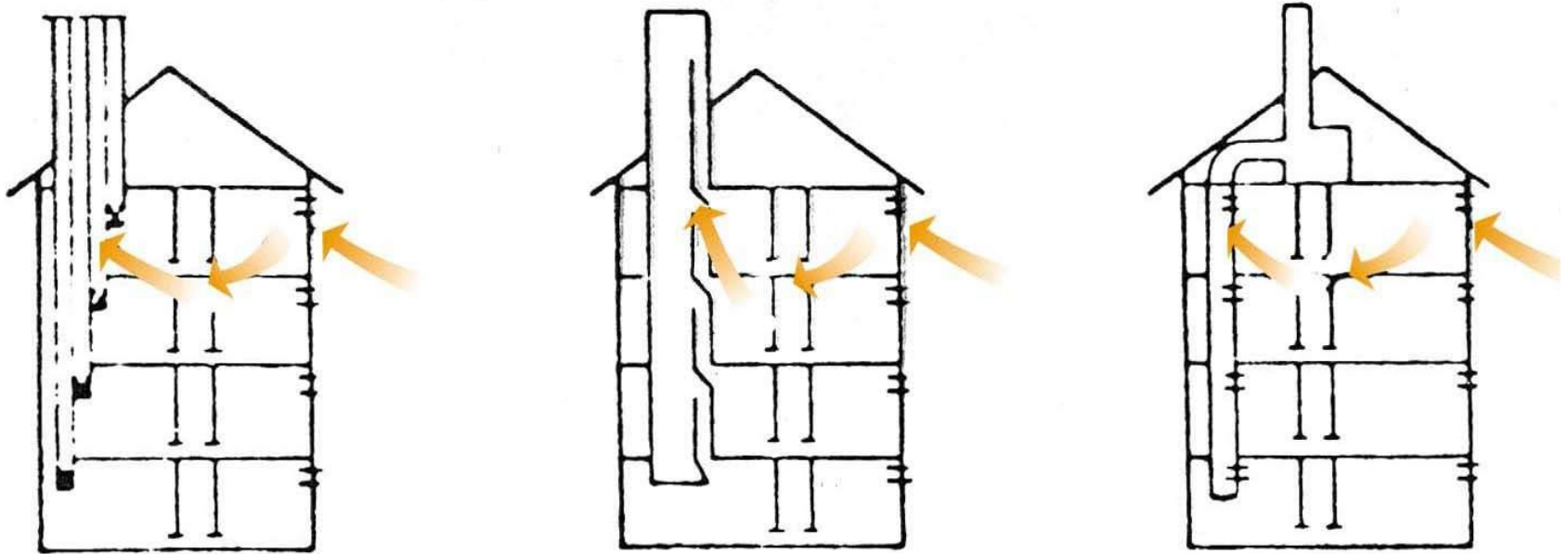
Lors de l'aération par entrebâillement, la fenêtre n'est ouverte qu'en partie. Dans le cas de fenêtres oscillo-battantes standards, le battant est généralement ouvert par le haut.

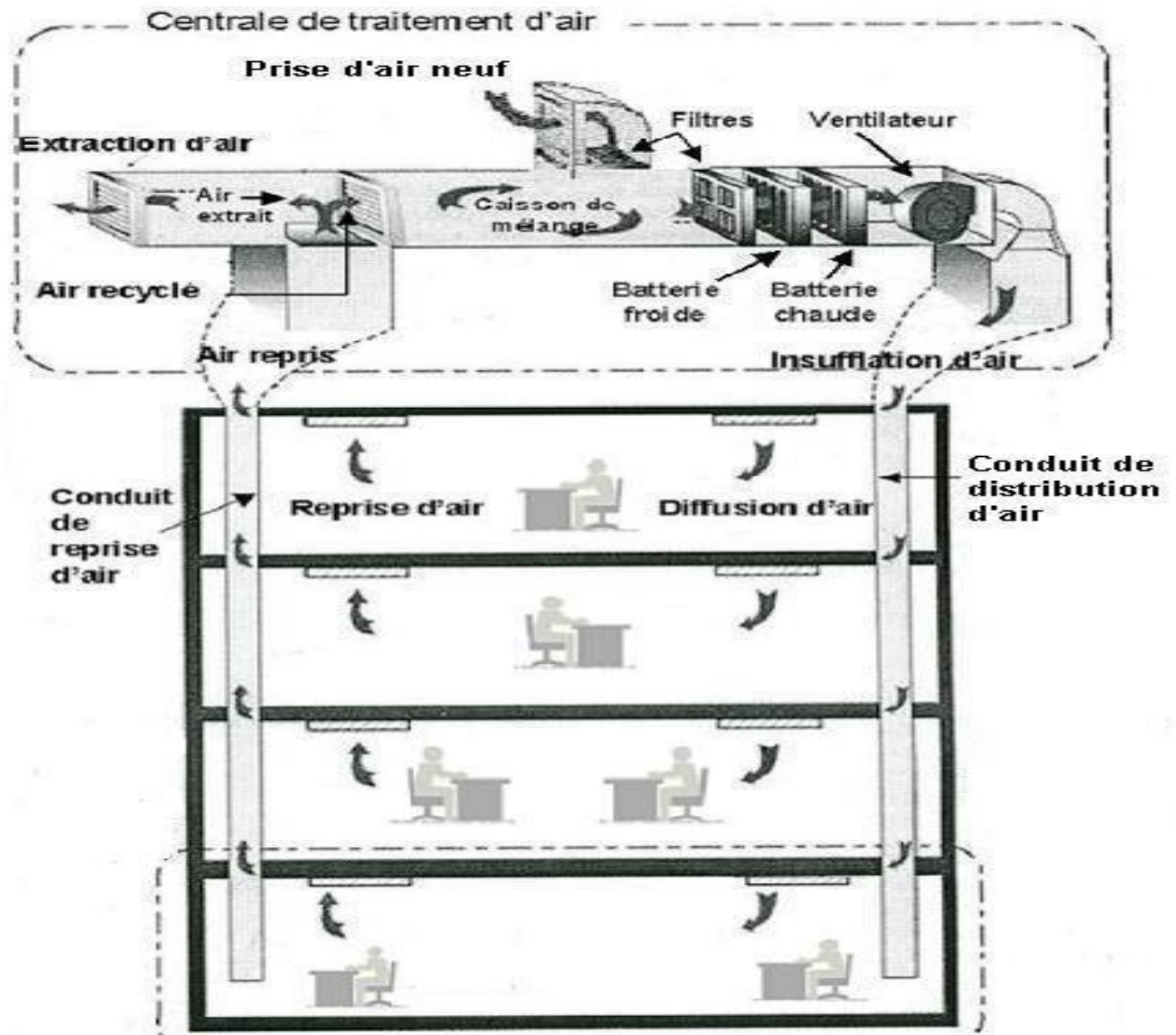
L'aération par entrebâillement ne permet qu'un échange d'air limité, ce qui fait que la fenêtre reste ouverte longtemps. Le refroidissement plus important de l'encadrement de la fenêtre augmente le risque de dommages dus à l'eau de condensation.



Les systèmes de ventilation

Ventilation naturelle individuelle et collective - VMC





Haut Conseil de la santé publique

AVIS

Relatif à l'adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans les établissements recevant du public (ERP) pour maîtriser la transmission du SARS-CoV-2

28 avril 2021

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) s'est autosaisi afin de synthétiser les données scientifiques et adapter ses recommandations précédentes relatives à l'aération et la ventilation pour prévenir la diffusion du virus SARS-CoV-2 dans le cadre de la réouverture progressive des établissements recevant du public (ERP) (**Annexe 1**).

Pour cela, le HCSP a sollicité le sous-groupe de travail (GT) « Hygiène/Prévention/Environnement » (**Annexe 2**) du groupe de travail permanent Covid-19 du HCSP.

Haut Conseil de la santé publique

AVIS

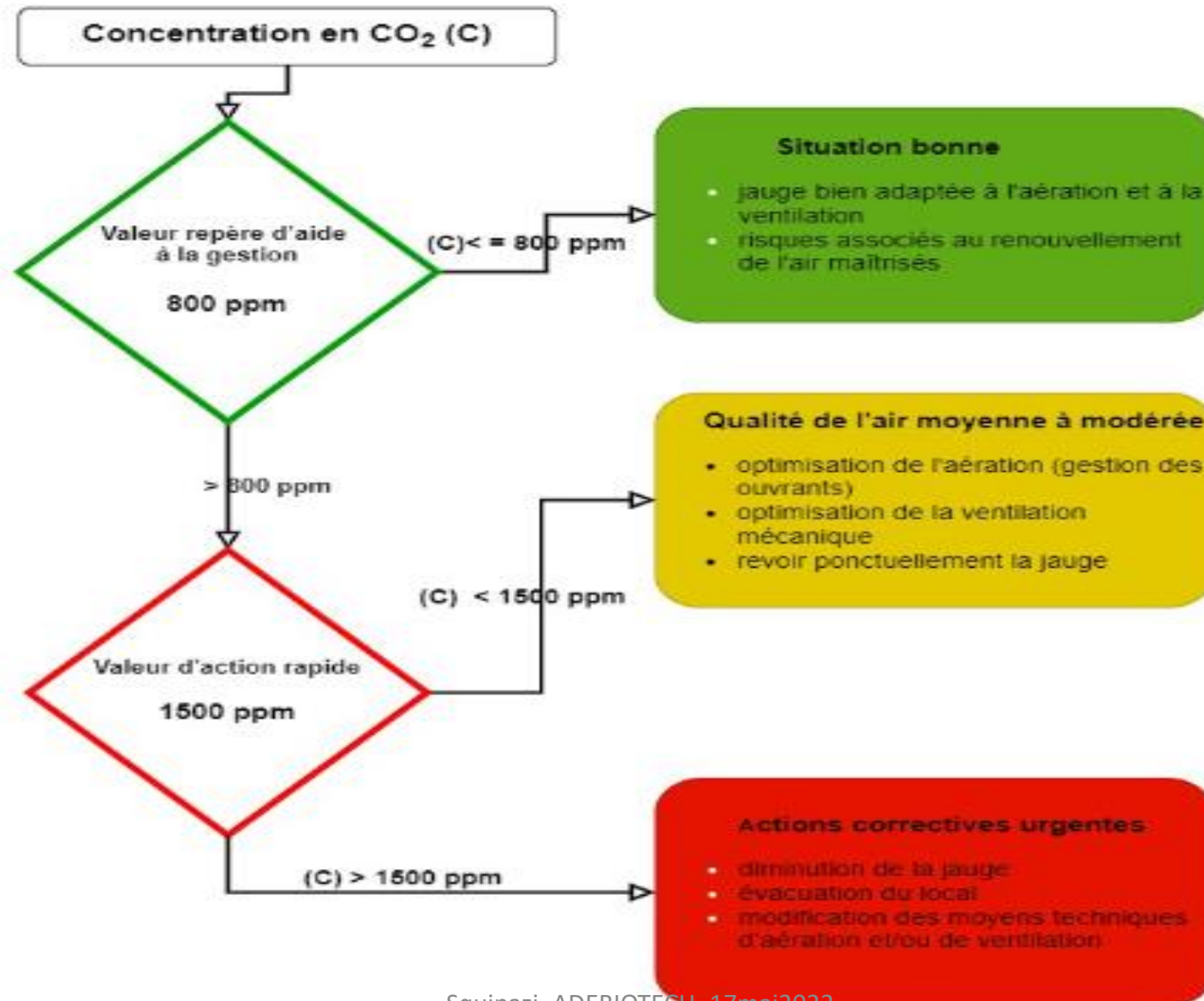
relatif à la mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air intérieur des établissements recevant du public (ERP)

21 janvier 2022

La Direction générale de la santé a saisi le Haut Conseil de la santé publique le 24 novembre 2021 afin d'évaluer la pertinence de construire des valeurs d'aide à la gestion pour le CO₂ dans l'air des espaces clos des ERP, et le cas échéant de formuler des propositions de valeurs d'actions rapides, ainsi que des recommandations de stratégies de prélèvement et de mesure. La saisine porte sur :

- la fréquence de mesure du CO₂ et l'obligation prévue par le Plan national santé-environnement 2021-2025 (PNSE 4) de mesure à certains moments clés de la vie du

Annexe 5 – Logigramme proposé par le HCSP pour l'aide à la gestion



Les systèmes d'épuration d'air

Systèmes aérauliques

- ❑ **Systèmes ventilation**
 - passifs (filtres)
 - actifs
- ❑ **Systèmes autonomes**
 - plafonnier
 - console murale
 - unité mobile

Matériaux fonctionnalisés

- ❑ **Composants réseau**
- ❑ **Matériaux d'ambiance**
 - photo-actifs
 - adsorbants physiques ou chimiques

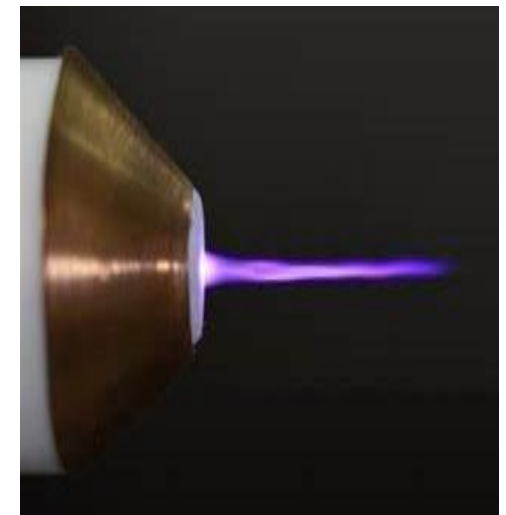
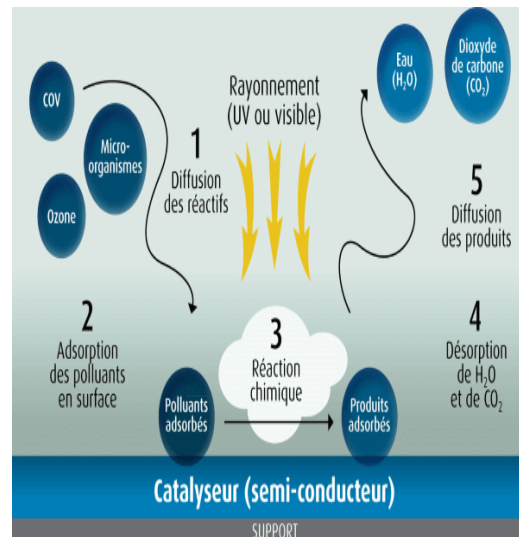
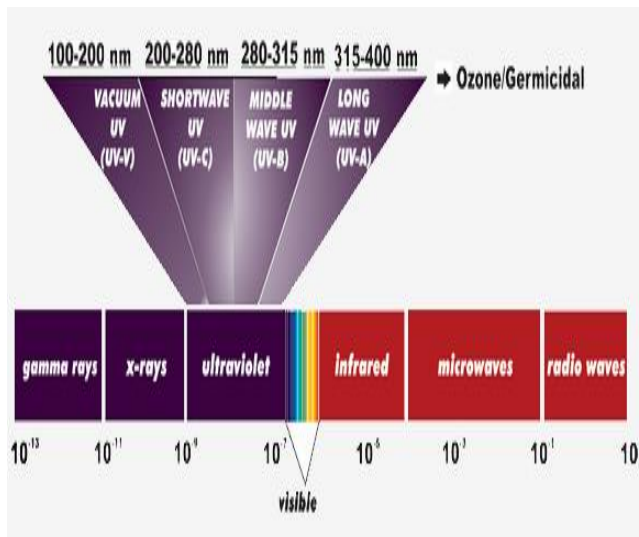
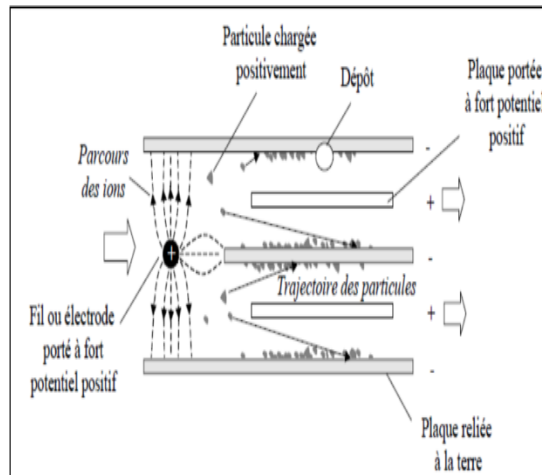
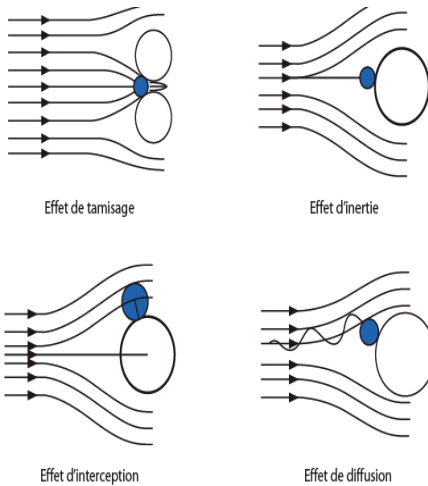
Technologies d'épuration d'air

❑ **Techniques de captage ou de piégeage**

- filtration mécanique
- ionisation de l'air et filtration électronique
- adsorption sur charbons actifs et zéolithes

❑ **Techniques destructives**

- filtres mécaniques biocides
- rayonnement ultraviolet
- plasma froid
- photocatalyse



CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE France

SECTION DES MILIEUX DE VIE

Séance du 5 mars 2002

AVIS RELATIF A L'UTILISATION D'APPAREILS DITS EPURATEURS D'AIR AUTONOMES VIS-A-VIS DES RISQUES INFECTIEUX ET ALLERGIQUE

Vu l'avis du 25 novembre 1992 du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Section Evaluation des Risques liés à l'Environnement, qui estimait qu'aucun bénéfice pour la santé n'avait été démontré en l'état des connaissances lors de l'utilisation des appareils dits épurateurs d'air autonomes et aéro- ioniseurs et que des effets nocifs potentiels étaient à craindre en cas d'émission d'ozone,

**Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, section des milieux de vie,
sur la proposition du groupe permanent « Bâtiment- Santé »,**

- estime qu'en l'état actuel des connaissances, les appareils dits épurateurs d'air autonomes n'ont pas apporté au cours de leur utilisation habituelle la preuve d'un bénéfice réel pour la santé et, qu'en conséquence, ils ne peuvent être recommandés pour lutter contre un risque infectieux ou allergique,
- souligne que ces appareils n'ont pas pour vocation de renouveler l'air des locaux et de remplacer les mesures d'hygiène générale, en particulier celles appliquées à la lutte

antiaspergillaire, et attire l'attention sur le fait qu'ils peuvent représenter une fausse sécurité, notamment en milieu hospitalier,

- constatant que les études cliniques disponibles concernent de petits effectifs de malades et sont peu nombreuses, recommande de les poursuivre et souhaite que le groupe permanent « Bâtiment- Santé » assure une veille bibliographique sur ce thème,
- observant que les études métrologiques montrent que dans certaines conditions ces appareils ont diminué les concentrations atmosphériques de divers aérosols, demande au groupe permanent « Bâtiment- Santé » de proposer des protocoles d'évaluation de l'efficacité intrinsèque de ces dispositifs et leur nocivité éventuelle dans les trois principales indications proposées : la diminution des concentrations atmosphériques de micro-organismes, de pneumallergènes macromoléculaires et d'aérosols micro-particulaires ou de fumées.

Vers une méthode d'essais des épurateurs d'air autonomes...

- Contexte des années 2000
 - Des épurateurs d'air sont disponibles sur le marché
 - Généralement pas testés, performances inconnues
 - Pas de méthodes d'essais normalisées, ni en France ni en Europe
- Objectif
 - Développer une méthode d'essais des épurateurs d'air
- Programme
 - Validation d'un protocole d'essais des épurateurs d'air
 - Travaux de normalisation au niveau français

Le développement d'une méthode d'essai (septembre 2009)

- Programme (expérimental)
 - Montage et validation d'un banc d'essais
 - Essais de 2 appareils du marché
- Partenaires
 - ADEME et DGS (financeurs)
 - EDF
 - GRA (Hôpitaux de Strasbourg)
 - LEPTIAB (Université La Rochelle)
 - LHVP (Mairie de Paris)
 - TERA Environnement

ADEME

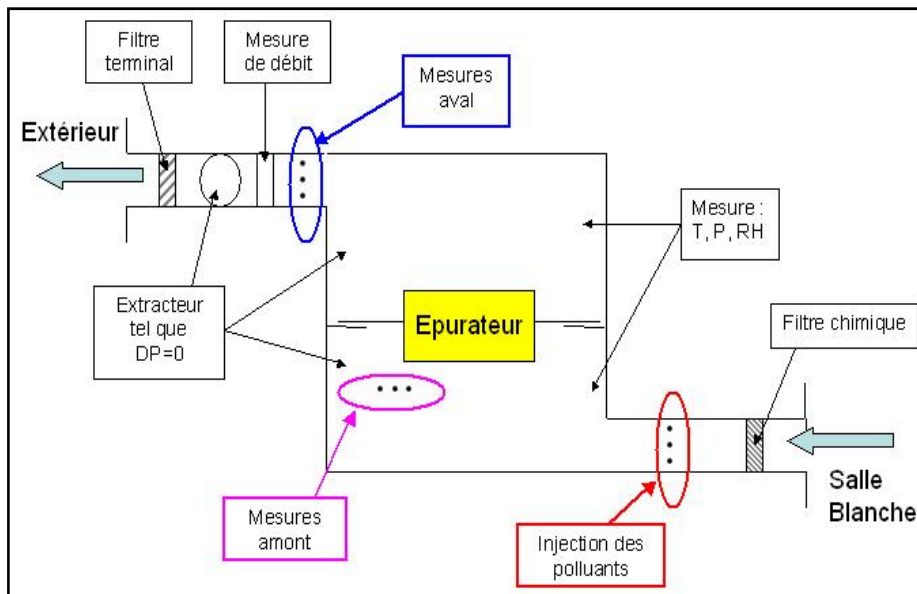


MAIRIE DE PARIS



Banc d'essais

- Principe, fonctionnement
 - Banc de type conduit



Méthodes

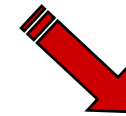
- Paramètres mesurés
 - Débit d'air de l'épurateur (Q)
 - Concentrations en polluants amont (C_{am}) et aval (C_{av})
 - Produits de réaction (ozone, formaldéhyde, etc.)
- Performances calculées
 - Efficacité d'épuration (E)

$$E = \left(\frac{C_{am} - C_{av}}{C_{am}} \right)$$
 - Débit d'air épuré (CADR)

$$CADR = E \times Q$$

Travaux de normalisation

- Objectif : développer une norme d'essais des épurateurs d'air, sur la base du protocole validé, pour la mesure des performances intrinsèques et le calcul du débit d'air épuré
- Création du groupe de travail "Epurateurs d'air" commun aux commissions AFNOR :
 - B44A "Photocatalyse"
 - X43i "Air intérieur"
 - X43c "Air des lieux de travail"



CETIAT
animateur

Norme XP B 44-200 (2011) Norme B44-200 (2016)

Épurateurs d'air autonomes pour applications tertiaires et résidentielles - Méthode d'essais – Performances intrinsèques

❑ **Mesure du débit d'air**

❑ **Mesure de l'efficacité d'épuration vis-à-vis des**

Particules inertes : DEHS (EN 779 et EN 1822)

Gaz : mélange acétone, acétaldéhyde, heptane, toluène

Microorganismes : *Staphylococcus epidermidis* et *Aspergillus brasiliensis - niger* (Annexe informative)

Allergènes de chat

❑ **Mesure des produits intermédiaires de réaction**

❑ **Calcul du débit d'air épuré**

❑ **Mesure de la puissance acoustique**

[Aéraulique des épurateurs d'air]

Qualification énergétique et sanitaire des systèmes d'épuration
intégrés aux réseaux de ventilation
- étude ADEME (28 janvier 2015)

Appareil	Bactéries	Champignons	Ozone
Filtration particulaire et moléculaire	83 %	99 %	-
Electrofiltration /ionisation négative/plasma	80 -100 %	100 %	80 mg/h
Filtre + photocatalyse lampes allumées lampes éteintes	100 % 100 %	60 – 80 % 60 – 80 %	-
UVC / plasma froid	0	0	
Electrofiltration	80 -100 %	100 %	60 mg/h
Ionisation négative / plasma	0	0	-

Caractérisation de l'efficacité chimique et particulaire d'un épurateur d'air photocatalytique autonome

SANDRA TOKAREK¹

NATHALIE BARREAU¹

SANDRA CAPELA¹

MÉLANIE NICOLAS²

FRANÇOIS MAUPETIT²

SÉBASTIEN RITOUX²

FABIEN SQUINAZI³

GAËLLE GUILLOSSOU⁴

VÉRONIQUE EZRATTY⁴

ÉLISABETH ROBERT-GNANSIA⁵

¹ GDF SUEZ

Direction de la recherche

et de l'innovation

361, avenue Président

Wilson

93211 Saint Denis La

Plaine cedex France

<sandra.tokarek@gdfsuez.

com>

<nathalie.

barreau@gdfsuez.com>

<sandra.capela@gdfsuez.

com>

² CSTB

Division Santé

24, rue Joseph Fourier

38400 Saint-Martin d'Hères

France

<melanie.nicolas@cstb.fr>

Résumé. Dans le contexte énergétique actuel, avec un renforcement de l'isolation des logements et un taux de renouvellement d'air de plus en plus maîtrisé, l'épuration de l'air intérieur pourrait représenter une méthode efficace pour améliorer la qualité de l'air intérieur. L'objectif de la présente étude était de tester dans un premier temps cinq épurateurs autonomes disponibles sur le marché sur la base de leurs émissions d'ozone et d'oxydes d'azote (NOx) en l'absence de polluants intérieurs à traiter, puis, dans un second temps de sélectionner l'épurateur le moins émetteur d'ozone et de NOx pour une étude détaillée de son efficacité chimique et particulaire avant et après vieillissement. Une production d'ozone et/ou de NOx a été observée pour trois des cinq appareils testés. L'un des deux appareils qui n'ont présenté aucune émission d'ozone et de NOx a été sélectionné pour l'étude détaillée de sa capacité d'épuration chimique et particulaire. Cet épurateur doté de la technologie de photocatalyse a été testé afin de déterminer son efficacité de filtration et d'évaluer le rendement chimique d'épuration après génération simultanée des polluants représentatifs de l'air intérieur – toluène, limonène, formaldéhyde et oxydes d'azote – dans une chambre d'essai. Cet appareil a montré de très bonnes performances pour l'épuration particulaire, cette efficacité étant d'autant plus élevée que la vitesse d'épuration est grande. L'appareil diminue notablement les concentrations en limonène. Testé à l'état neuf et à l'état vieilli, ce système ne semble pas efficace pour l'épuration du toluène et des NOx. De plus, non seulement les niveaux de formaldéhyde (classé comme cancérigène certain par le Centre international de recherche contre le cancer [CIRC]) ne sont pas réduits, mais on observe à l'état neuf, comme à l'état vieilli, une augmentation des concentrations de ce polluant dès la mise en route de l'appareil. Cette augmentation pourrait être liée à une émission provenant des matériaux constitutifs de l'appareil et/ou à la conversion du limonène.

Squinazi_ADEBIOTECH_17mai2022

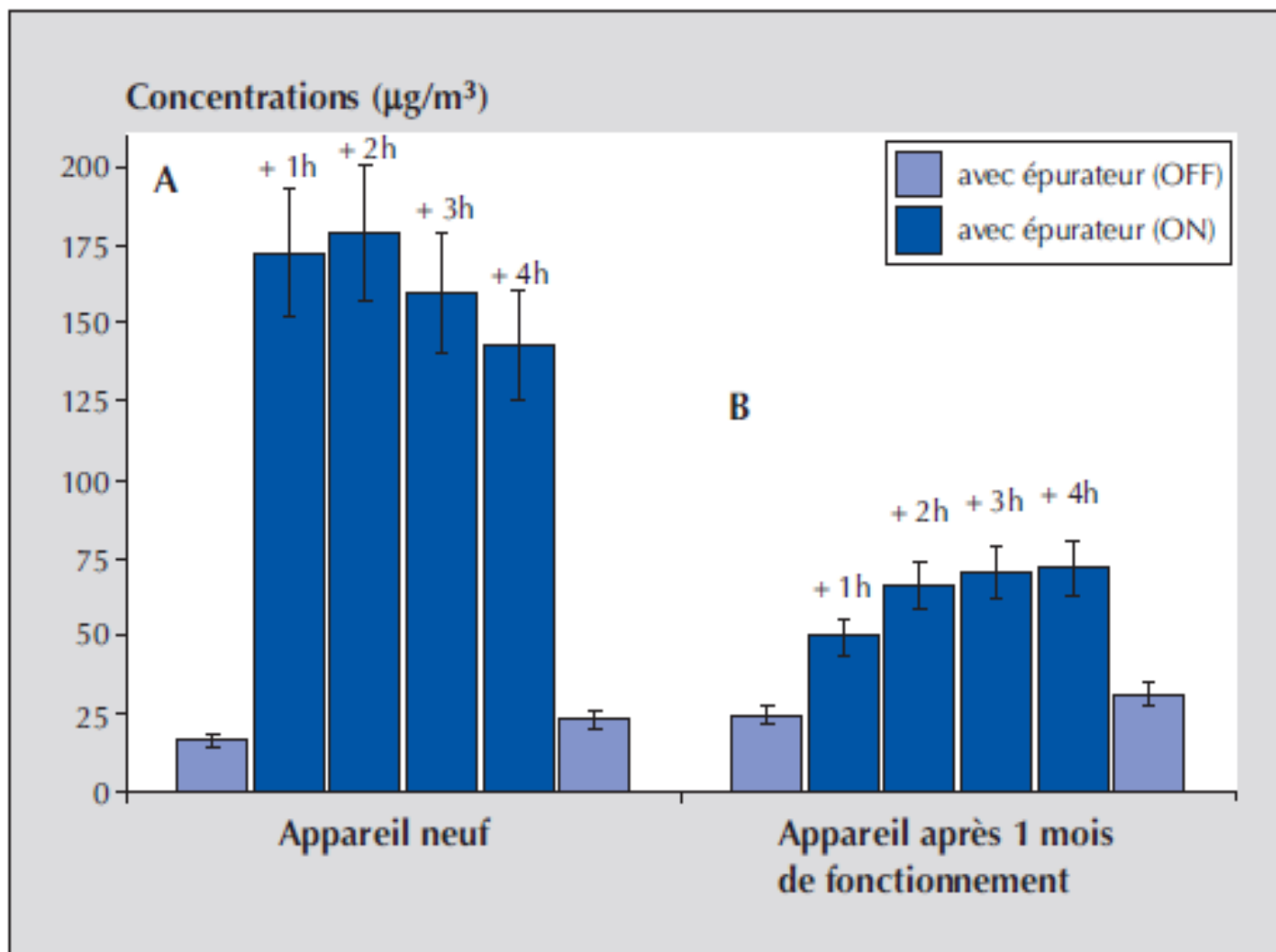


Figure 4. Concentrations de formaldéhyde à la sortie de la chambre d'essai à un débit de $220 \text{ m}^3/\text{h}$.

Identification et analyse des différentes techniques d'épuration d'air intérieur émergentes

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Septembre 2017

Édition scientifique

Evaluation des dispositifs d'épuration d'air intérieur

(Anses, 2017)

- Mise en place d'une **certification de chaque dispositif**, selon les essais suivants :
 - l'efficacité du dispositif à réduire le ou les polluant(s) visé(s)
 - les émissions de polluants liées au fonctionnement du dispositif
 - les émissions de sous-produits, issues de la dégradation incomplète de polluants
 - les réactions des émissions du dispositif avec des polluants présents dans l'environnement intérieur
 - les effets du vieillissement du dispositif sur l'efficacité et l'émission de polluants et de sous-produits de dégradation
- Les essais devront être conduits **dans les conditions les plus proches possibles de conditions d'utilisation** du produit, dans différents environnements ciblés.

Identification et analyse des différentes techniques d'épuration d'air intérieur émergentes

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Septembre 2017 Édition scientifique



Haut Conseil de la santé publique

AVIS

Relatif au recours à des unités mobiles de purification de l'air dans le cadre de la maîtrise de la diffusion du SARS-CoV-2 dans les espaces clos

14 mai 2021 et 21 mai 2021

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a été saisi le 5 mai 2021 par la Direction générale de la santé (DGS) sur l'opportunité du recours aux purificateurs d'air en intérieur, notamment dans les situations où une ventilation naturelle ou mécanique ne permet pas un taux de renouvellement de l'air intérieur suffisant, en prenant en considération les dangers identifiés pour la santé humaine et en précisant la place de ces dispositifs vis-à-vis des mesures barrières déjà définies.

Dans le cas où les données scientifiques disponibles s'avèreraient insuffisantes pour répondre à ces questions, il est également demandé de bien vouloir fournir des lignes directrices en vue d'établir un protocole permettant d'évaluer l'intérêt de recourir à ces dispositifs dans le contexte

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Paris, le 19 novembre 2020

Covid-19 et prévention en entreprise

**L'INRS met en garde contre
certains dispositifs dits « anti-Covid-19 »**



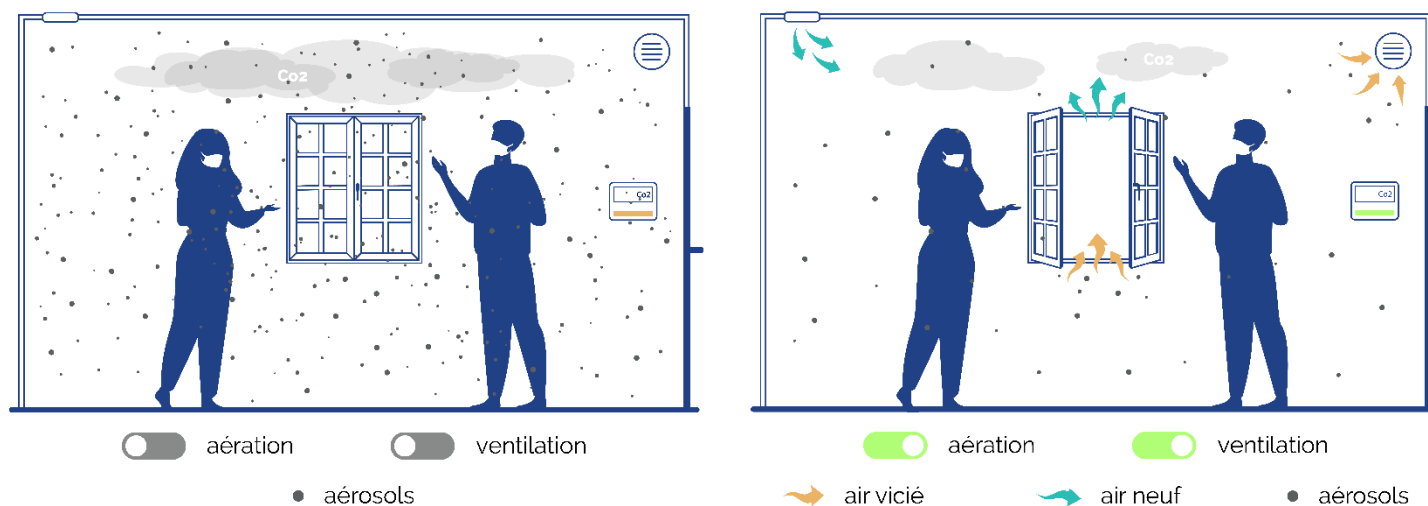
POSITIONNEMENT DE L'APPA

Quelle place donner aux dispositifs mobiles d'épuration de l'air intérieur dans le cadre de la lutte contre la propagation du virus SARS-CoV-2 dans les espaces clos ?

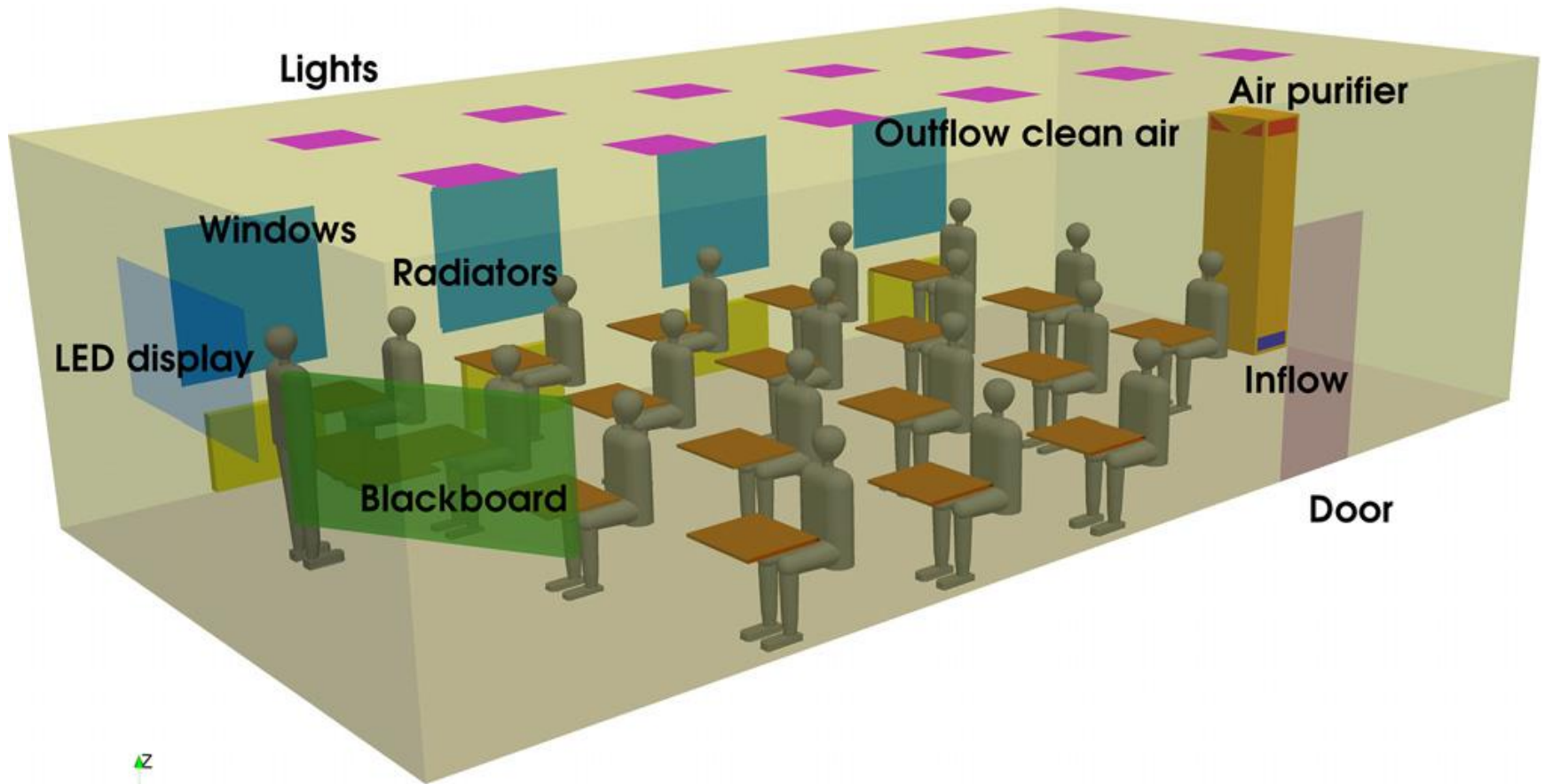
juin 2021

L'APPA RAPPELLE :

- **Qu'un dispositif mobile d'épuration de l'air intérieur ne permettra pas l'apport d'air neuf extérieur nécessaire** pour renouveler l'air du local où il est installé (donc de réduire les concentrations de CO₂, indicateur du renouvellement de l'air en période d'occupation par apport d'air extérieur)
- **Que l'aération et la ventilation restent les règles de base fondamentales** pour renouveler l'air des locaux.



Etude de l'efficacité de l'épuration de l'air dans des conditions réelles d'utilisation



L'efficacité d'un purificateur d'air dans des conditions réelles d'utilisation : de nombreux facteurs d'influence

1. La configuration de la salle
2. Le nombre et le positionnement des personnes
3. Les activités des personnes dans la salle
4. Les modalités d'aération et de ventilation
5. Le nombre et l'emplacement des dispositifs dans la salle
6. Les possibilités aérauliques du dispositif
7. Les interférences des flux d'air

L'évaluation d'un purificateur d'air à filtre HEPA en conditions réelles d'occupation des locaux

- Etude de l'évolution spatio-temporelle du nombre de particules de tailles comprises entre $0,3\ \mu\text{m}$ et $10\ \mu\text{m}$
 - par un maillage de capteurs à hauteur des voies respiratoires, selon la surface de la salle
 - avec des sessions alternées de fonctionnement des purificateurs d'air
- Etude des flux d'air générés par l'appareil
- Mesure du bruit et de la consommation énergétique
- Prise en compte de la maintenance et des déchets générés au cours et au terme de son cycle de vie

Haut Conseil de la santé publique

AVIS

Relatif au recours à des unités mobiles de purification de l'air dans le cadre de la maîtrise de la diffusion du SARS-CoV-2 dans les espaces clos

14 mai 2021 et 21 mai 2021

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a été saisi le 5 mai 2021 par la Direction générale de la santé (DGS) sur l'opportunité du recours aux purificateurs d'air en intérieur, notamment dans les situations où une ventilation naturelle ou mécanique ne permet pas un taux de renouvellement de l'air intérieur suffisant, en prenant en considération les dangers identifiés pour la santé humaine et en précisant la place de ces dispositifs vis-à-vis des mesures barrières déjà définies.

Recommandations du HCSP (mai 2021)

- En premier lieu, mettre en place une stratégie environnementale de maîtrise de la qualité de l'air par l'aération/ventilation (capteur CO2)
- Si ventilation fonctionnelle et suffisante et aération possible, utilisation non nécessaire de purificateurs d'air
- En cas de ventilation insuffisante (ou non existante) ou d'aération impossible ou insuffisante,
 - revoir l'organisation et la jauge d'accueil des locaux jusqu'à envisager la non-utilisation du local
 - en cas d'impossibilité, envisager l'utilisation de purificateurs d'air après une étude technique préalable démontrant son impact positif potentiel
 - actions permettant de revenir à un renouvellement d'air suffisant

En cas d'utilisation d'unités mobiles de purification de l'air

- Continuer à **mesurer le taux du CO₂**, la purification de l'air ne permet pas d'améliorer le renouvellement de l'air du local.
- N'implanter que des **unités de filtration HEPA H13 ou H14** ou taux de filtration équivalent, respectant les normes relatives aux filtres et aux performances intrinsèques de l'appareil
- Assurer une **maintenance régulière des filtres** et appareils suivant les préconisations du fournisseur, avec EPI du personnel technique et en l'absence du public, et remise en route en l'absence du public
- **Ne pas avoir recours à des appareils utilisant des traitements physico-chimiques de l'air** (formation de sous-produits selon la QAI du local)
- S'assurer de la **position adéquate de l'appareil** afin de ne pas générer de flux d'air vers les visages
- Prévoir une **étude technique préalable par une personne qualifiée** ou par le fournisseur industriel, afin de préciser le volume du local à traiter et sa forme géométrique, les flux d'air naturels ou forcés, le débit d'air filtré (5 Vol/h), le nombre d'appareils pour assurer une filtration suffisante de l'air du local, leur disposition compte tenu des obstacles à la circulation de l'air, le niveau sonore, la consommation électrique

Systèmes d'épuration d'air : une longue histoire...

- 1992 : CSHPF : utilisation des appareils dits épurateurs d'air autonomes et aéro-ioniseurs
- 2002 : CSHPF : utilisation des épurateurs d'air vis-à-vis des risques infectieux et allergiques
- 2009 : développement d'une nouvelle méthode de test standardisée des épurateurs d'air (Consortium /ADEME)
- 2011 - 2016 : norme AFNOR B 44-200 pour la mesure des performances intrinsèques et de l'innocuité des épurateurs d'air
- 2017 : Anses : identification et analyse des différentes techniques d'épuration de l'air intérieur émergentes
- 2020 – 2021 : épurateurs d'air et Covid-19 (INRS, HCSP, APPA...)
- 2022 : vers un protocole standardisé de tests *in situ*...