

Épurateurs d'air intérieur

Etat de l'art et recommandations d'utilisation

F. Gérardin

Département Ingénierie des Procédés, INRS

 Notre métier,
 rendre le vôtre plus sûr

www.inrs.fr

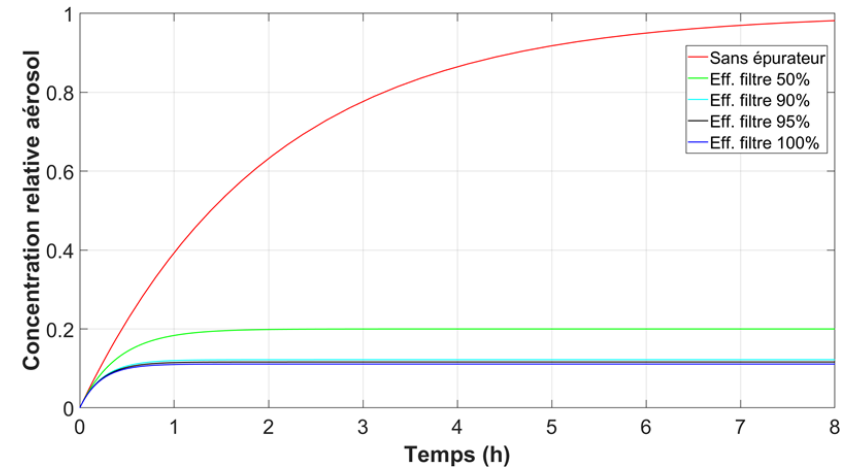
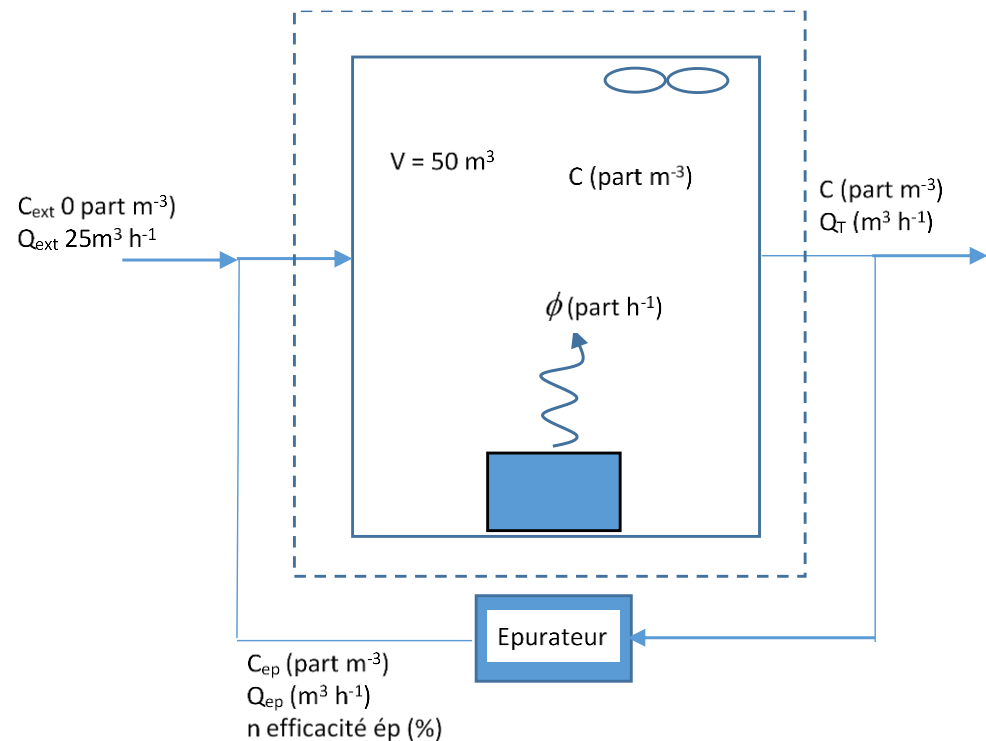
Quelques éléments de contexte

- Face à la pandémie actuelle, forte promotion de nouveaux dispositifs ou procédés dits «anti-Covid-19 »
- Dispositifs très divers: des revêtements de surface biocides aux dispositifs de génération de composés germicides gazeux dans les espaces de travail
- Arrivée massive sur le marché de systèmes qualifiés d'épurateurs autonomes

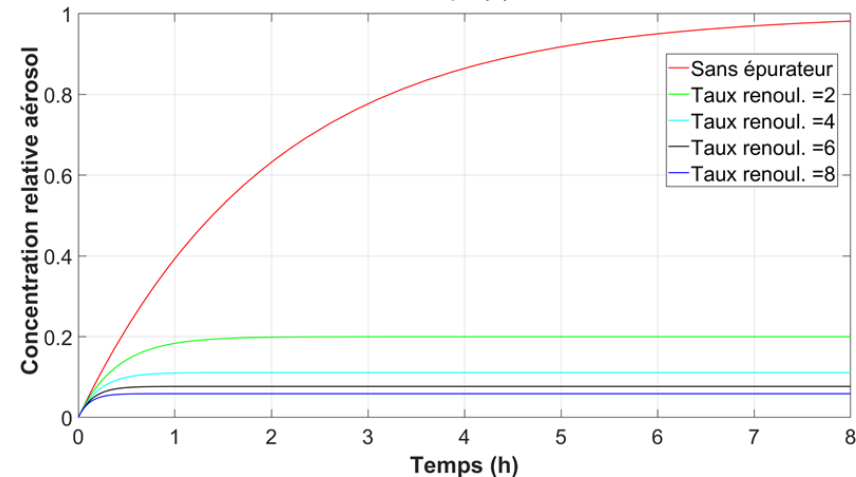


Quelques éléments de contexte

- Focus sur les épurateurs autonomes considérés comme des « puits de matière »
- Dispositifs pouvant être mis en œuvre en complément de la ventilation des locaux



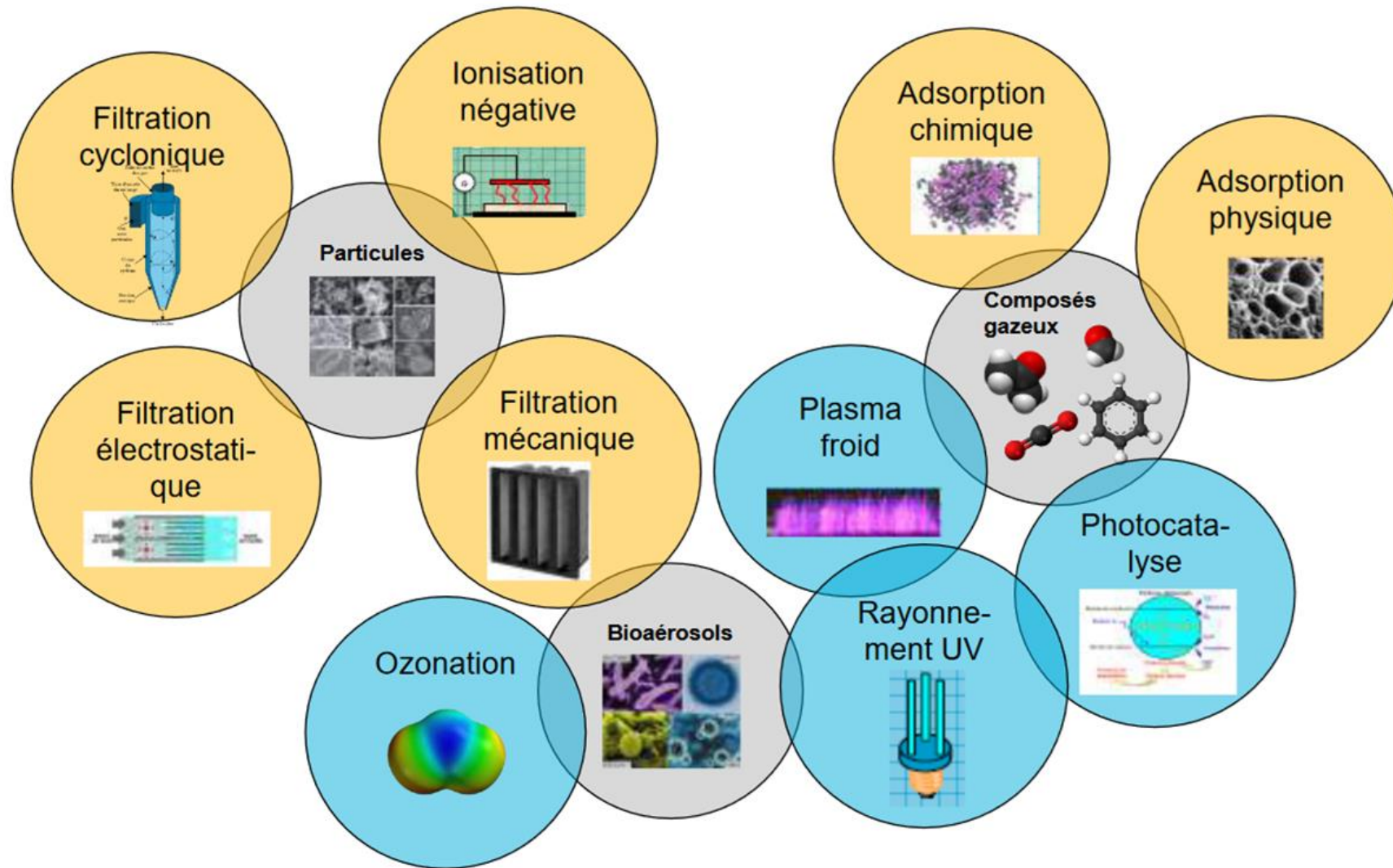
Pour différentes efficacités de filtration, taux renouvel. 4 vol/h



Pour différents taux de renouvellement, eff. filtre 100%

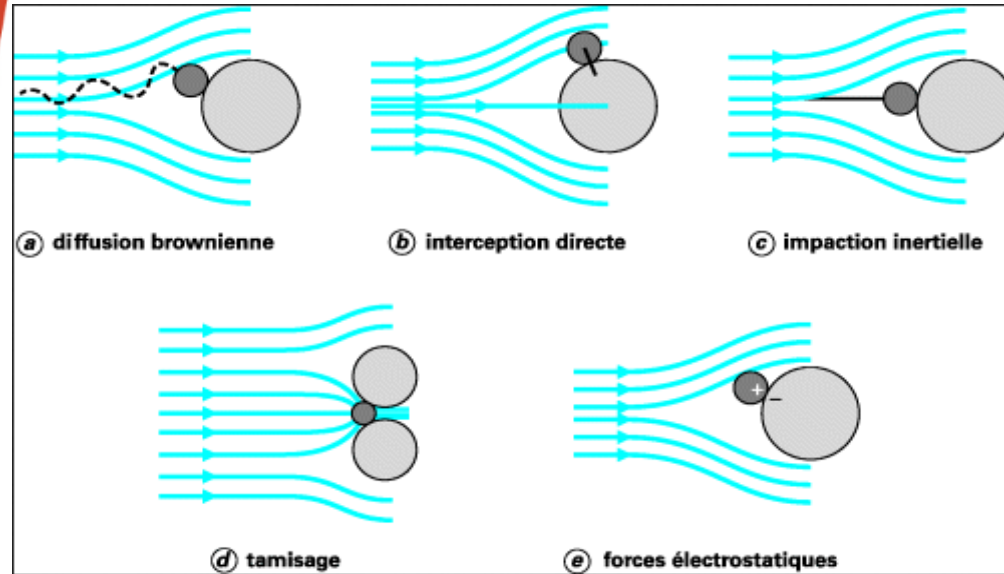
Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

Différentes technologies

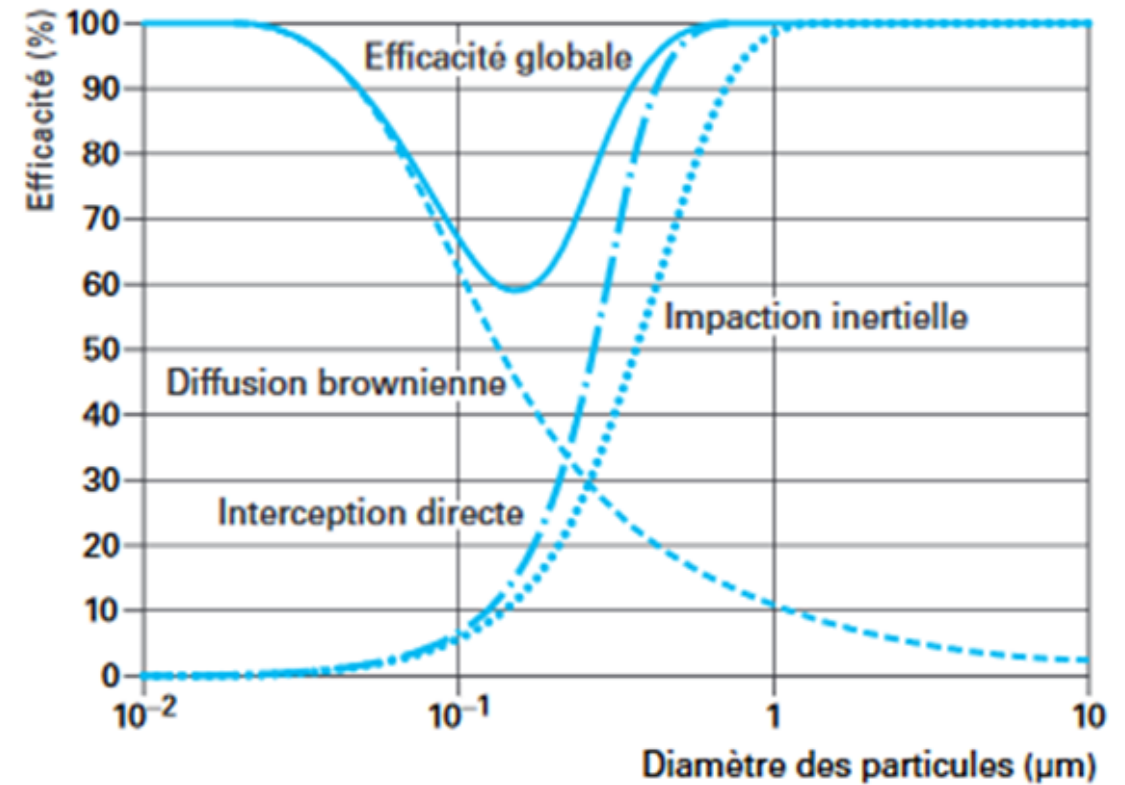


Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- **Filtration mécanique**



Mécanismes de capture impliqués dans la filtration (Lecoq 2006)



Efficacités unitaires d'un média fibreux en fonction de la taille des particules (Lecoq 2006)

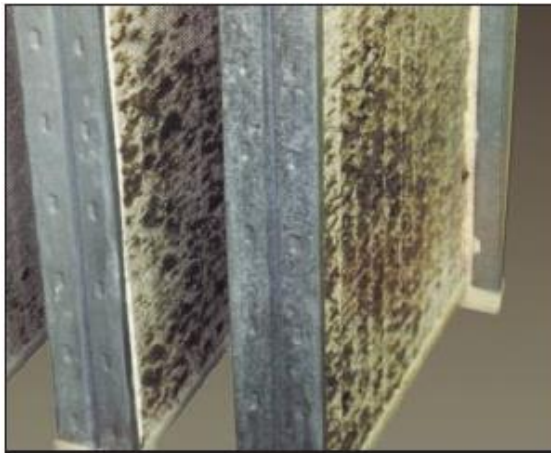
Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Filtration mécanique + traitement antimicrobien du filtre par imprégnation

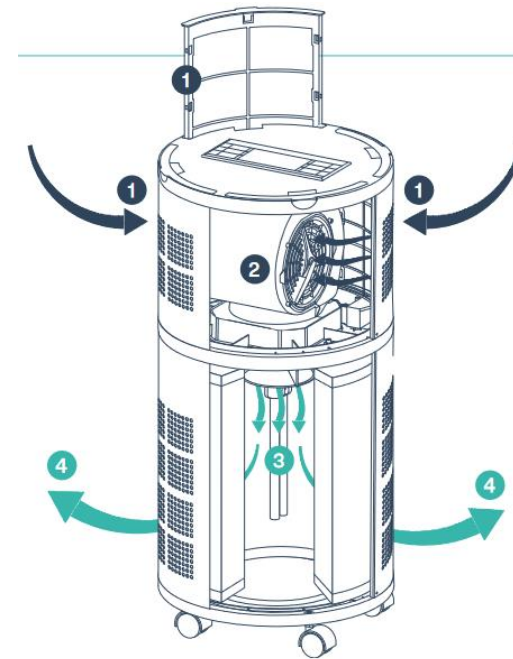
Filtre	Traitement	Remarque
HEPA Fiber glass	Polylysine, Natamycin	<i>Staphylococcus aureus</i> : filtration efficiency = 99.998%; antibacterial efficiency = 99.996%;
Fibres Polyuréthane	Particules argent, CNT	<i>E. Coli</i> filtration efficiency = ~95%; relative microbial viability <0.2%;
Fibres polyester	Particules argent	<i>S. aureus</i> : reduction rate = 92.2%
Fibres coton	Particules argent, fer, zinc	Escherichia coli : Relative survival fraction de 0,81 sans traitement à 0,0063
Fibres Polyuréthane	<i>Euscaphis japonica</i>	<i>M. luteus</i> : antimicrobial efficiency = ~82%; filtration efficiency = ~95%;
Fibres PET	Propolis	Penetration levels of bioaerosols = 1.4–2.0%; Inactivation rates= 54.4–75.5%;
Fibres Polyuréthane	<i>Sophora flavescens</i>	<i>S. epidermidis</i> : Relative microbial viability = ~0%;
Fibres polypropylène	Melaleuca alternifolia	Escherichia coli : normalized microbial decay = 0.01% après 30 min
Fibres PET	Grapefruit seed extract	<i>S. aureus</i> : inactivation rate = >98%;
HEPA Fiber glass	QAC dans résine PU	8 variétés de bactéries y compris drug-resistant
Fibres polypropylène	NaCl	influenza virus : tests d'infection de souris
Fibres polypropylène	N-halamine	Staphylococcus aureus, Escherichia coli : bacterial reduction jusqu'à 6 log
Nanofibres PVA/sericin	Sericine	<i>E. Coli</i> : Antibacterial activity = 98.3%;
Nanofibres PA/chitosane	Chitosane	Staphylococcus aureus, Escherichia coli : bacterial reduction rate 3 log après 3h

Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Filtration mécanique + traitement physique germicide
 - Traitement thermique par rayonnements infra-rouges ou par micro-ondes
 - Traitement par rayonnements UV-C

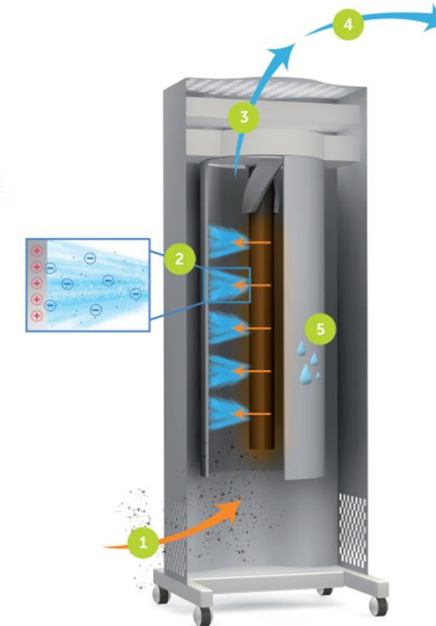
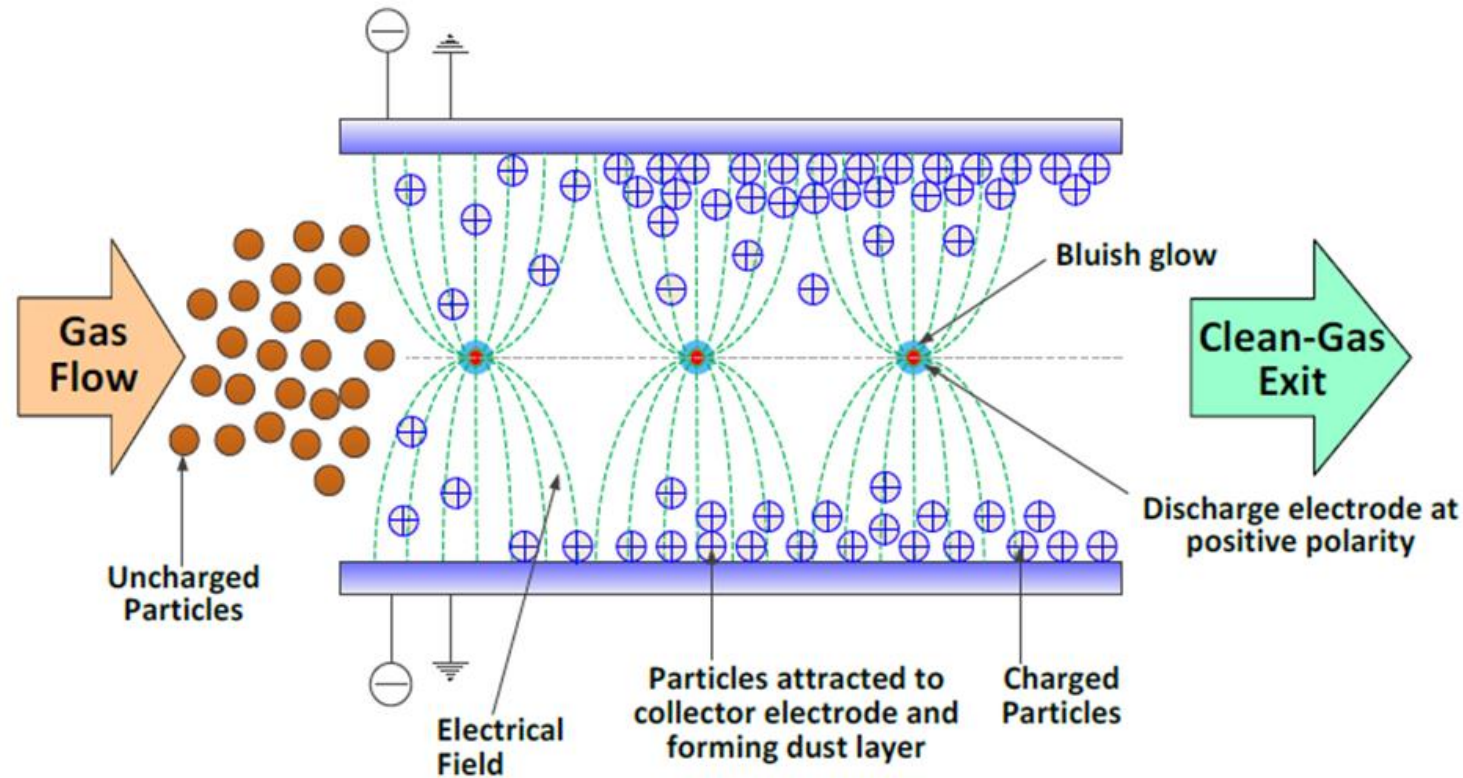


Croissance microbienne sur des filtres non traités (à gauche), filtres irradiés par des UV (à droite) (HPAC Engineering 2000)



Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Filtration par précipitation électrostatique



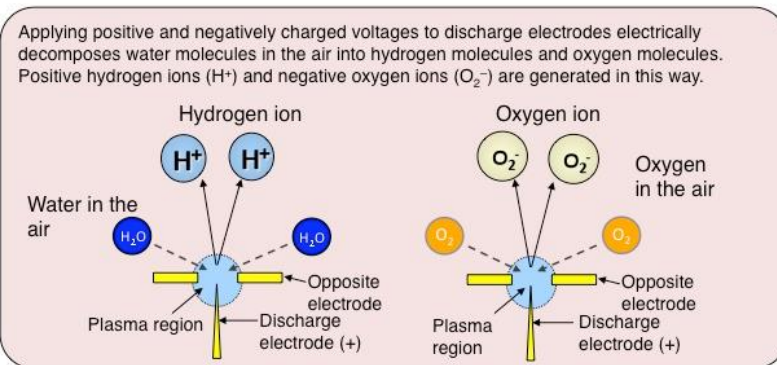
- 1 Contaminated air is led inside the unit.
- 2 Particles are charged negatively in a powerful corona discharge.
The negatively charged particles are attached to the positive collection chamber. Organic microbes are destroyed with electrical shocks.
- 3 Finally, the air is lead to active carbon collector which effectively removes VOC gases and odors.
- 4 Outcoming ultra pure air is completely free from particles of all sizes, microbes, and harmful gases and chemicals.
- 5 The units have automatic washing function which reduced the need for maintenance and keep the cleaning efficiency high at all times.

Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- **Technique d'émission d'ions**

Cette technique consiste à émettre dans l'air des ions négatifs (émission unipolaire) ou à la fois des ions négatifs et des ions positifs (émission bipolaire).

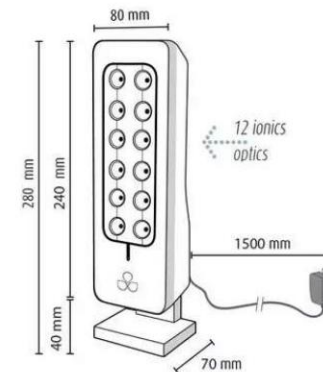
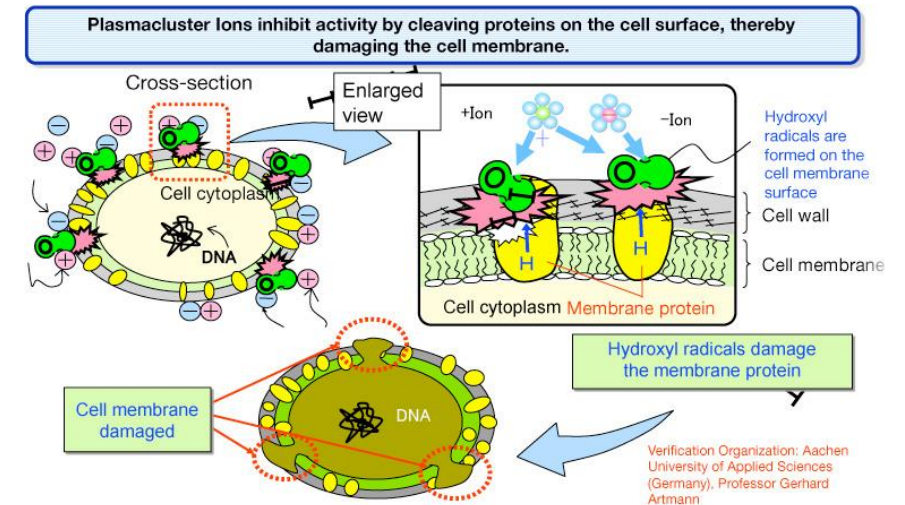
Plasmacluster Ion Generation



Water molecules in the air cluster around the ions like a bunch of grapes. Each ion forms part of a stable "bunch of grapes" or ion cluster.

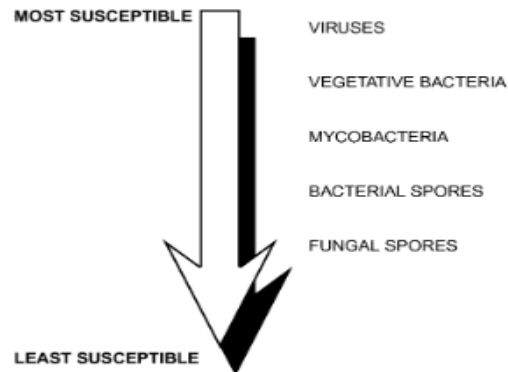
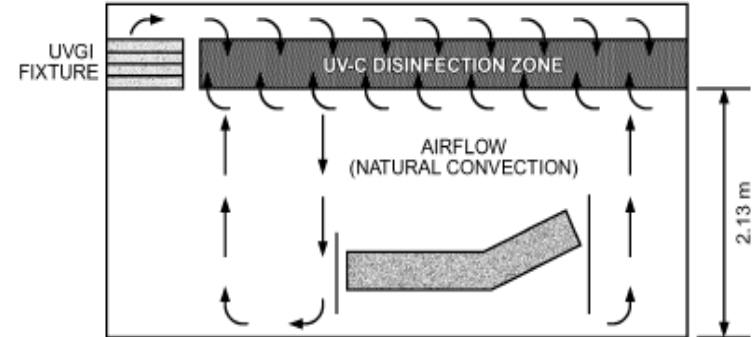
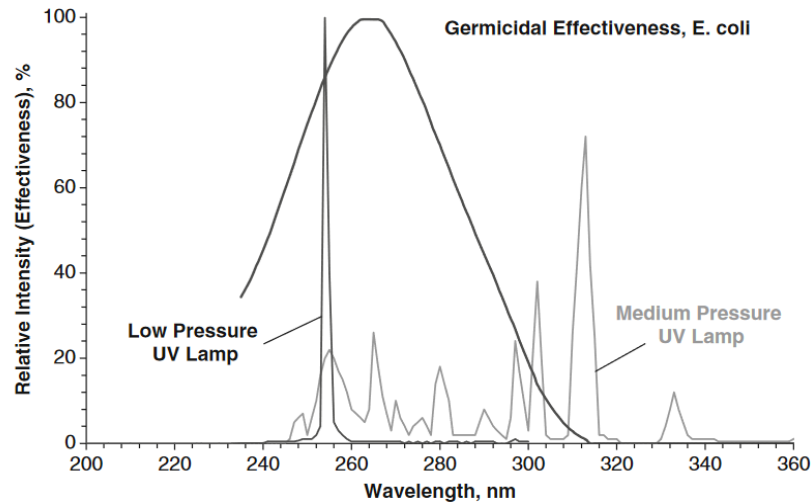


Les autres molécules pourraient être de type $(H_3O)^+(H_2O)_n$, $O_2^+(H_2O)_n$, $NO^+(H_2O)_n$, $NO_2^+(H_2O)_n$ ($n=4-6$) ou $O_2^-(H_2O)_n$, $O_3^-(H_2O)_n$, $OH^-(H_2O)_n$, $NO_2^-(H_2O)_n$, $NO_x \cdot HNO_y(H_2O)_n$, $HCO_3^- \cdot HNO_y(H_2O)_n$ ($n=1-2$).

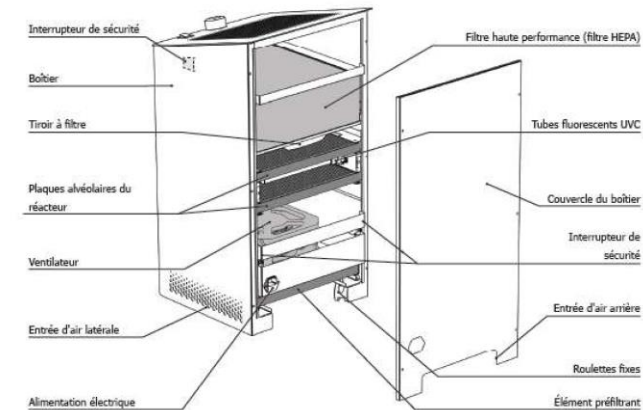
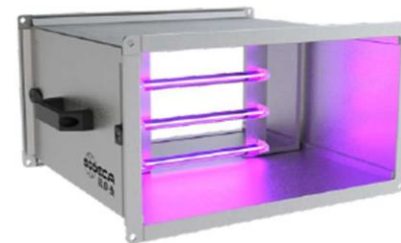


Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Techniques par rayonnements ultraviolet



General Ranking of Susceptibility to UVC Inactivation of Microorganisms by Group

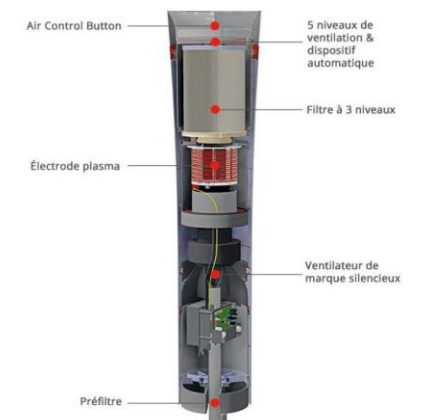
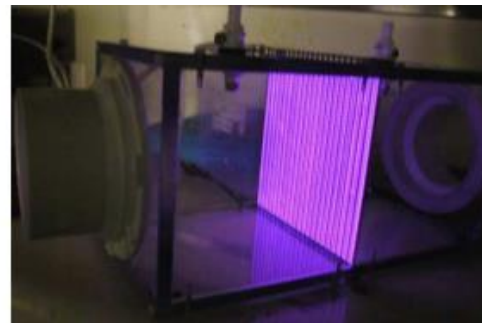
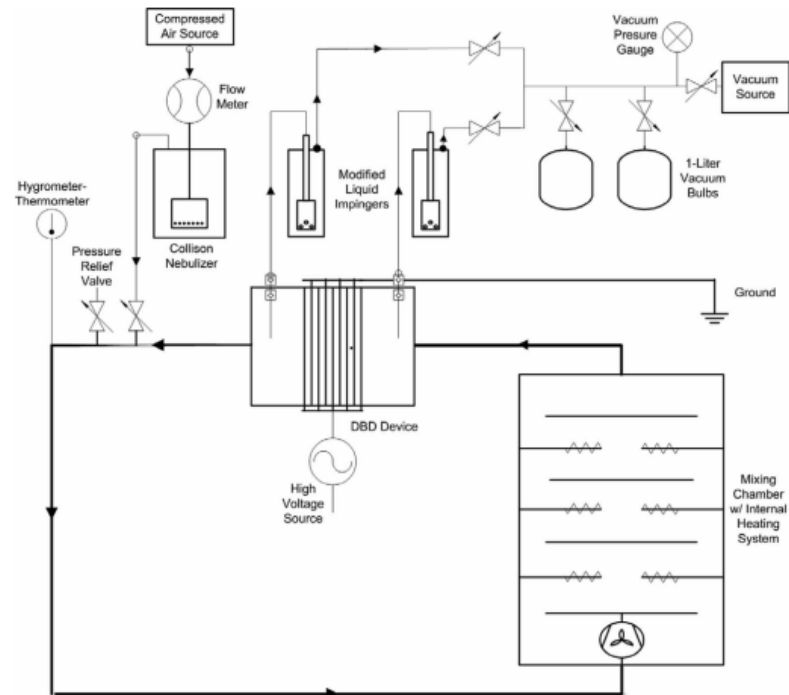


Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Techniques par plasma

Le plasma est un gaz fortement ionisé résultant de l'application de fortes décharges électriques. Il peut être généré par des décharges couronnes ou par des décharges à barrière diélectrique.

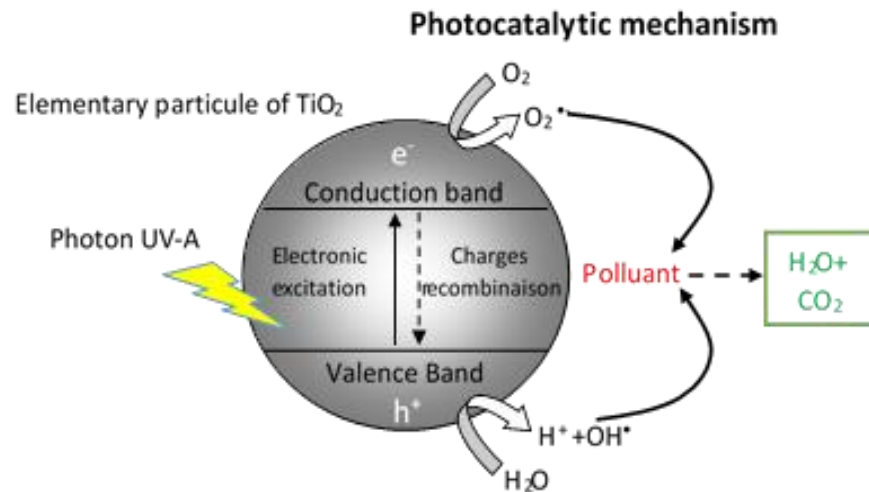
=> génération d'espèces réactives (O_3 , NO , NO_2 , N_2O_5 , HNO_2 , HNO_3 , $ONOO^-$, H_2O_2 , radical hydroxyle) ;



Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- Techniques par photocatalyse

Excitation d'un matériau photosensible par l'absorption d'un rayonnement, le plus souvent ultra-violet. Les modifications de la structure électronique de ce catalyseur conduisent à la formation de radicaux ($O_2^{\bullet-}$, HO_2^{\bullet} , OH^{\bullet}) responsables de la dégradation de molécules adsorbées à sa surface.



Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

- **Techniques de désinfection gazeuse**

Utilisation de gaz ou de vapeurs pour la désinfection de l'air est une pratique commune dans les environnements médicaux et pharmaceutiques. Les produits les plus répandus pour cet usage sont l'ozone, le dioxyde de chlore, le formaldéhyde ou les vapeurs de peroxyde d'hydrogène.



Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

Total	53
Filtration mécanique	46
Traitement antimicrobien	12
Filtration charbon actif	29
Précipitation électrostatique	4
Ionisation	15
Plasma froid	10
Ozonation	4
Photocatalyse	21
Traitement thermique	2
Ultraviolets	28

Nombre de techniques	Nombre d'appareils
1	7
2	9
3	15
4	11
5	9
6	2

Etat de l'art des épurateurs disponibles sur le marché

	Technique	Principe	Avantages	Inconvénients
Piégeage	Filtration mécanique / Charbon actif	Rétention aérosols au moyen d'un média filtrant	Technologie éprouvée et simple	Pas de destruction des microorganismes, risque de relargage Perte de charge
	Précipitation électrostatique	Collecte des aérosols préalablement chargés	Technologie éprouvée	Pas de destruction des microorganismes, difficultés de nettoyage
	Ionisation	Diffusion d'ions dans l'air pour agréger/détruire les aérosols	Possibilité de traiter tout le volume d'une pièce sans recirculation d'air	Pas de destruction de microorganisme/Mécanisme de l'action non élucidé Accumulation de charges électrostatiques
Destruction	Plasma froid	Oxydation des molécules organiques	Alliance de plusieurs effets (électrostatique, UV, espèces oxydantes)	Exposition à l'ozone et à des polluants secondaires
	Ozonation	Oxydation des molécules organiques par l'ozone	Efficacité élevée	Concentrations d'ozone élevées nécessaire, formation de polluants secondaires
	Photocatalyse	Activation d'un catalyseur hétérogène par un rayonnement	Minéralisation complète théoriquement possible	Produits d'oxydation incomplète, ozone, exposition aux UV, TiO ₂
	Traitement thermique	Air aspiré, chauffé et renvoyé dans la pièce	Décontamination des surfaces	Consommation énergétique, nécessité de quitter la pièce
	Ultraviolets	Domages à l'ADN empêchant la survie des microorganismes	Technologie éprouvée	Exposition aux UV, lampes au mercure, efficacité variable, ozone
	Traitement antimicrobien sur filtre	Détruit les microorganismes déposés sur un filtre	Empêche la prolifération sur filtre, couplage aisé	Durée de vie faible



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

En quoi consistent les purificateurs d'air intérieur ?

Ces dispositifs aspirent l'air d'un local de travail et le rejettent dans ce même local après l'avoir traité par différents procédés. Basés sur une filtration HEPA², ils peuvent diminuer la concentration de virus susceptibles d'être présents dans l'air mais ne peuvent en aucun cas se substituer aux apports d'air extérieur définis par le code du travail. Qu'ils fonctionnent en mode continu ou en mode séquentiel, ces dispositifs ne doivent donc être utilisés que **comme compléments aux systèmes de ventilation** (et pour maintenir des conditions de travail acceptables, notamment en situation hivernale).

Seuls les dispositifs équipés de **filtres HEPA de classe minimale H13 selon la norme EN 1822-1** et installés de manière parfaitement étanche permettent d'arrêter efficacement les aérosols susceptibles de véhiculer le virus, à condition d'un entretien régulier suivant les préconisations du fournisseur. Il est également nécessaire de s'assurer que ces purificateurs d'air intérieur sont adaptés au volume des locaux dans lesquels ils sont disposés et qu'ils n'entraînent pas des vitesses trop élevées pour limiter la dispersion des gouttelettes.

Il est **fortement déconseillé de choisir des appareils utilisant un traitement physico-chimique de l'air** (catalyse, photocatalyse, plasma, ozonation, charbons actifs...). Non seulement leur efficacité vis-à-vis des virus n'est pas prouvée mais suite à une dégradation de polluants parfois incomplète, ils peuvent impacter négativement la qualité de l'air intérieur par la formation de composés potentiellement dangereux pour la santé, y compris des agents chimiques CMR³.

Quelles sont les précautions à prendre en cas de désinfection par UV ?

Les lampes dites « germicides », rayonnement UV-C sont largement utilisées en milieu hospitalier, dans les laboratoires mais aussi pour le traitement de l'air, de l'eau ainsi que dans l'industrie agro-alimentaire. S'agissant de la désinfection des locaux, ce système nécessite que toutes les surfaces soient **exposées au rayonnement direct** (aucun effet derrière une paroi ou en dessous d'un meuble par exemple) et **nettoyées préalablement** (le virus pouvant être protégé des rayons par les salissures).

Attention, certains produits de désinfection comme les produits chlorés peuvent se décomposer sous l'action des UV en produits secondaires susceptibles d'être nocifs pour la santé. Pour les personnels exposés au rayonnement UV-C, les risques pour la santé peuvent être importants : au **niveau de la peau** avec des « coups de soleil » pouvant aller du simple érythème à **des lésions plus graves** ainsi qu'au **niveau des yeux** avec inflammation de la cornée et conjonctive. Certaines lampes fortement énergétiques émettent un rayonnement dans le domaine UV lointain avec pour conséquence **la production d'ozone** dans des proportions non négligeables.

Le code du travail fixe des **valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP)** pour protéger les salariés. Pour exemple, une exposition de quelques minutes de la peau ou des yeux à 1,5m d'une lampe standard⁴ amènerait à un dépassement de la VLEP journalière. En conséquence, l'acheteur doit s'assurer de **la conformité CE de l'appareil émettant des UV-C** qui ne doit jamais fonctionner en présence des salariés et toujours être mis en service par des personnels avertis.

La désinfection des surfaces par l'ozone gazeux est-elle sans risque ?

Quant à l'utilisation de l'ozone gazeux en tant que biocide pour la désinfection de surfaces, si plusieurs études ~~présentent de bons résultats sur diverses bactéries, moisissures et levures,~~ la recherche bibliographique n'a pas permis de trouver d'études sur des virus « enveloppés » comme le SARS-CoV-2.

Rappelons que l'ozone est un gaz irritant pour la peau et surtout **les yeux et les muqueuses**. Suivant la dose inhalée, des troubles, allant d'une légère irritation ~~des muqueuses et d'une~~ sécheresse buccale à des lésions pulmonaires, peuvent apparaître. Ils peuvent également s'accompagner d'atteintes neurologiques (maux de têtes, fatigue, troubles de coordination...). Par ailleurs, bien que l'ozone soit ininflammable, il peut aussi entraîner l'inflammation de matières combustibles et être à l'origine d'explosions, sous certaines conditions.

Actuellement, en France, des sociétés proposent le recours à des générateurs d'ozone pour la désodorisation, voire la désinfection des locaux. D'après la documentation mise à disposition par ces sociétés, ~~les équipements proposés~~ génèrent des concentrations en ozone jusqu'à **plus de 100 fois supérieures à la VLEP journalière**. Dans ces conditions, le protocole de traitement des locaux par l'ozone gazeux doit permettre de garantir l'absence de personnes

Avis et recommandations ANSES



Connaître, évaluer, protéger

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

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Septembre 2017 Édition scientifique



Accueil > Toutes les actualités > Épurateurs d'air intérieur : une efficacité encore à démontrer

Épurateurs d'air intérieur : une efficacité encore à démontrer



Actualité du 17/10/2017



<https://www.anses.fr/fr/content/%C3%A9purateurs-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-une-efficacit%C3%A9-encore-%C3%A0-d%C3%A9montrer>

Avis et recommandations HCSP



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

- **En cas d'utilisation des unités mobiles de purification de l'air, il est recommandé :**
 - De n'implanter que des unités mobiles de purification d'air **par 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 équipement de protection individuelle adéquate du personnel technique, et en l'absence du public. La remise en route des unités mobiles de filtration d'air se fera en blanc en l'absence de public.
 - De s'assurer de la position adéquate de la, ou des, unité(s) mobile(s) de purification d'air intérieur dans un local donné afin de ne pas engendrer d'impact négatif par la propagation du virus à partir de personnes infectées. En effet, les flux d'air générés ne doivent pas conduire à des transferts vers ou entre les visages.
 - De prévoir, pour chaque implantation d'unités mobiles de purification de l'air dans un lieu donné, **une étude technique préalable** par une personne qualifiée ou par le fournisseur industriel.
- **En premier lieu, mettre en place une stratégie environnementale de maîtrise de la qualité de l'air** par l'aération/ventilation dans chaque ERP pour réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 (cf. Avis du HCSP du 28 avril 2021 [5]). Cette maîtrise du renouvellement d'air
- **En cas de ventilation (VMC) insuffisante (ou non existante) ou d'aération impossible ou insuffisante dans un local**, il est recommandé de réaliser les actions chronologiques suivantes :
 - Revoir l'organisation et la jauge d'accueil des locaux accueillant du public jusqu'à envisager la non-utilisation d'un local,
 - Si cela est impossible, envisager l'utilisation d'unités mobiles de purification d'air **après une étude technique préalable démontrant son impact positif potentiel.**
 - De ne pas avoir recours à des appareils utilisant des traitements physico-chimiques de l'air (catalyse, photocatalyse, désinfection par UV, plasma, ozonation, charbons actifs) du fait de l'impossibilité en utilisation réelle d'analyser la qualité de l'air intérieur et de détecter les problèmes de dégradation incomplète possible de polluants conduisant à la formation de composés potentiellement dangereux pour la santé.
 - De continuer la mesure du taux de CO₂. Dans le cas d'un seuil > 800 ppm, la jauge de personnes doit être réduite pour revenir au seuil, l'ajout d'unités mobiles de purification de l'air ne permettant pas d'améliorer la ventilation et le renouvellement d'air.
- le volume du local à traiter,
- les aération/ventilation existantes en identifiant les flux d'air naturels ou forcés,
- le nombre d'appareils à prévoir pour assurer une filtration suffisante de l'air de la pièce à traiter (en prévoyant au minimum de filtrer chaque heure 5 fois le volume du local),
- la disposition des appareils compte tenu des obstacles éventuels à la circulation de l'air et du besoin d'éviter les flux vers les visages des personnes.

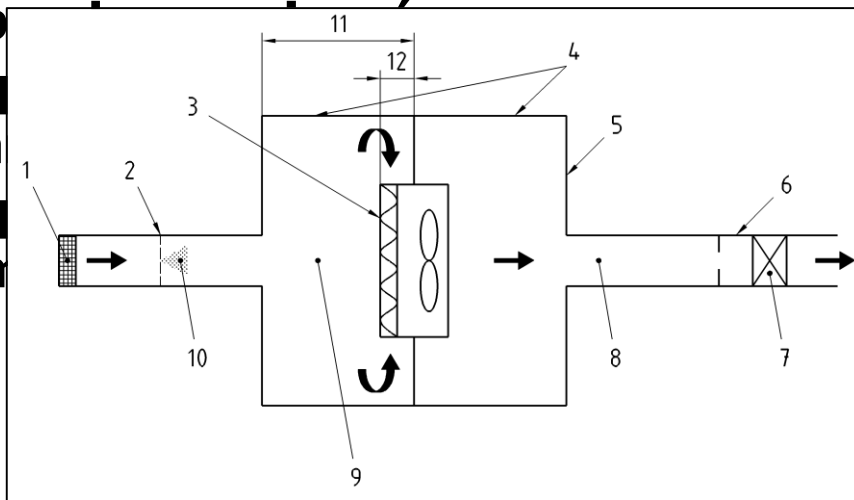
Objectifs de l'étude de l'INRS et méthodologie

- Nombreuses interrogations sur les performances de ces épurateurs vis-à-vis des bioaérosols (virus, bactéries, spores, champignons) et leurs conditions d'utilisation (positionnement, débit, maintenance)
- Attention particulière sur certains appareils équipés de moyens de décontamination des éléments de filtration (thermiques, UV)
- Recensement des différents appareils mis sur le marché

=> Evaluation des performances de ces appareils : capacité à décontaminer l'air d'un local et efficacité des dispositifs de décontamination des filtres et des structures internes

Deux app

- méthod d'un ba
- méthod expérim



insér
on de
ce d



teur au sein
la cabine

Objectifs de l'étude et méthodologie

- Volet microbiologique de l'étude (laboratoire Métrologie des Aérosols, INRS), instruction des aspects suivants:
 - Les modèles microbiens et les protocoles / moyens de génération de bioaérosols expérimentaux à mettre en œuvre.
 - Les dispositifs de prélèvement et méthodes d'analyses de bioaérosols à employer.
 - Les méthodes de mesure des agents biologiques déposés sur des surfaces à développer ou adapter.
 - Les moyens d'essais à mettre en œuvre pour l'évaluation de la décontamination / désinfection des surfaces de collecte internes des épurateurs (filtres HEPA dans un contexte de maintenance par exemple).



Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention



www.inrs.fr

YouTube

