

Mise en place de protocoles de qualification des appareils d'épuration d'air

- Bénédicte RIBOT, Didier FROCHOT (EDF R&D)
- Patrice BLONDEAU (LEPTAB – Université de La Rochelle)
- Alain GINESTET (CETIAT – Centre Techniques des Industries Aérodynamiques et Thermiques)
- Dr Fabien SQUINAZI (LHVP – Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris)
- Martine OTT, Pr. Frédéric DEBLAY (Laboratoire de Pneumo-Allergologie – Hôpital Lyautey - Hôpitaux Universitaires de Strasbourg)

Objectifs

- La réalisation d'un état des connaissances sur les épurateurs d'air avec une analyse du marché des épurateurs, une analyse et description des technologies et phénomènes physico-chimiques mis en œuvre, et une analyse des méthodes existantes pour l'évaluation de l'efficacité de ces appareils.
- La définition d'un protocole permettant d'évaluer et qualifier l'efficacité des appareils d'épuration vis-à-vis de toutes les familles de polluants et d'évaluer les produits secondaires générés

Méthodologie

Ce travail a été réalisé par un groupe d'experts pluridisciplinaires composé de médecins, de praticiens, d'industriels, d'ingénieurs et de chercheurs universitaires.

Principaux résultats

Marché des Appareils d'épuration d'air :

	France	USA	Europe du Nord	Japon
Classement d'épurateurs recensés	750	113	24	37
Type (%)				
Filtre	10,4	3,5	4,2	5,1
Ionique	67,5	77,9	67,5	85,6
Mural	31,2	12,4	6,3	19,6
Plafondier	20,6	17,7	12,5	7,2
Secteur (%)				
Résidentiel	45,4	65,5	45,8	85,5
Tertiaire	75,3	70,6	83,3	96,6
Classes des Technologies (%)				
Filtration mécanique	31,2	47,9	66,7	78,3
Ionisation et filtration électrostatique	63,1	35,4	54,2	73,2
Adsorbants	41,5	20,5	29,2	64,9
Photocatalyse	2,4	1,7	6,3	12,4
Rayonnement UV	0	20,3	4,2	5,1
Oxydation	6,5	0,8	0	0
Ozonation	6,5	28,3	4,2	0
Classes de Polluants (%)				
Biologique	63,6	75,2	91,7	96,9
Chimique	77,7	86,6	52,3	61,8
Physico-chimique	80,5	63,2	70,6	95,9
Odeur	33,9	52,2	2,5	63,5
Aérosol	35,1	16,6	20,8	0

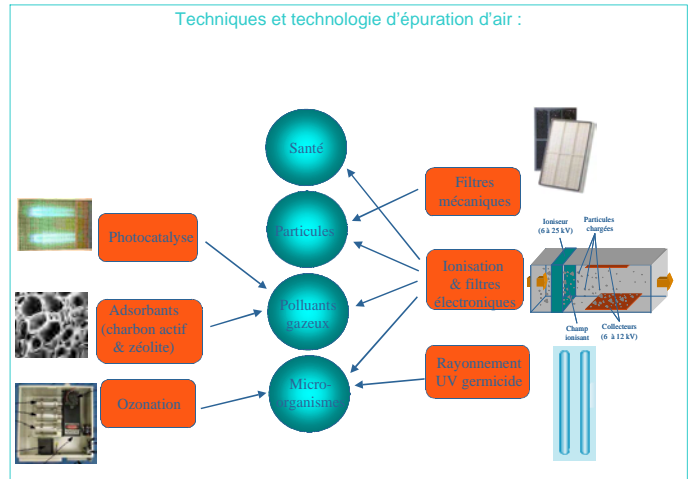
Conclusion et Perspectives

Le projet a permis :

- de recenser les différents types d'épurateurs d'air présents sur le marché français et international (américain, Europe du Nord et japonais),
- de recenser et de décrire les différentes technologies d'épuration d'air,
- de recenser et d'analyser les différentes méthodes de qualification des épurateurs en France, en Europe et au niveau international.

- Ce projet a aussi surtout permis de réfléchir à un protocole permettant d'évaluer la performance des appareils d'épuration d'air dans des **conditions les plus proches de celles de leur fonctionnement usuel**. L'originalité de ce protocole réside dans le fait qu'il permet d'évaluer les performances des épurateurs d'air vis-à-vis des principales familles de polluants : les particules inertes, les polluants gazeux, les allergènes et les micro-organismes. Ces performances sont toutes exprimées à partir d'un même paramètre : Le CADR - Clean Air Delivery Rate ou débit d'air épuré qui correspond au débit d'air propre avec lequel il faudrait ventiler la pièce pour obtenir le même niveau de pollution intérieure. Ce protocole permet également de caractériser l'efficacité des épurateurs indépendamment des technologies mises en œuvre. La question des espèces secondaires générées par certains épurateurs, souvent tue par les fabricants d'épurateurs d'air, a été prise en compte dans les travaux de ce projet. Le protocole proposé inclut leur recherche et dosage.

La mise en œuvre du protocole va être réalisée en 2007.



Protocoles de qualification des appareils d'épuration d'air :

<p>1-Principe :</p> <p>L'efficacité des épurateurs d'air est définie par le débit d'air épuré par l'appareil ou Clean Air Delivery Rate (CADR) :</p> $CADR = Q \times E \text{ (m}^3\text{/h)}$ <p>Avec Q le débit d'air de l'appareil et E l'efficacité de l'appareil</p>	<p>2-Bancs d'Essais :</p> <p>Chambre environnementale (20 à 50 m³) : Principe : placer l'épurateur dans la chambre étanche et propre, contaminer l'air et mesurer l'aptitude de l'épurateur à faire décroître la concentration des pollutant. Chambre en matériaux non poreux, brassage de l'air, alimenté par de l'air propre (filtres), garde thermique. Conduit aéralucique : Le banc est constitué d'une enceinte expérimentale divisée en 2 parties dans laquelle l'épurateur d'air est placé et d'un circuit d'insufflation. L'efficacité de l'épurateur est alors déterminé par comparaison entre concentrations amont et aval.</p>	<p>3-Polluants testés :</p> <ul style="list-style-type: none"> *Particules : Aérosol de particules de latex (0.2 à 5 µm) *Allergène : Allergène de chat Feld 1 (Felis domesticus 1) *Micro-organismes : une bactérie <i>Bacillus subtilis</i> var. niger et un champignon <i>Aspergillus niger</i> *Gaz : Toluène <p>Produits secondaires dosés et recherchés :</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ozone *Formaldéhyde 	<p>4-Déroulement des essais :</p> <p>Pour la chambre et le conduit aéralucique est décrit en détail dans le rapport disponible auprès de l'Ademe le mode opératoire à suivre étape par étape. Les concentrations générées sont également spécifiées.</p>																																											
<p>7-Expression des Résultats :</p> <p>Les épurateurs d'air sont soumis à tous les essais soit en chambre soit en conduit. Leur CADR est alors exprimé vis-à-vis des :</p> <ul style="list-style-type: none"> *Particules *Allergènes *Micro-organismes *Toluène. <p>Quelque soit le banc utilisé, le CADR doit être identique.</p> <p>Le débit maximal des produits intermédiaires de réaction générées par l'épurateur est spécifié (µg/h)</p>	<p>6-Interprétation des Résultats :</p> <table border="1"> <tr> <th>Chambre</th> <th>Particules inertes, allergènes et micro-organismes</th> <th>Toluène</th> </tr> <tr> <td>Chambre</td> <td>Mesure de la décroissance naturelle : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t}$ Mesure de la décroissance Epurateur : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t - k_e t}$ CADR = V (K_d-k_e)</td> <td>$C_t = C_0 \cdot (1 - CADR \frac{t}{V + k_e t})^{1/k_e} \cdot e^{-k_d t}$ CADR = S/C.</td> </tr> <tr> <td>conduit</td> <td>Particules inertes : CADR = QxK (pour chaque tranche granulométrique) Allergènes et micro-organismes : CADR = QxK E = (1/n)ΣE_i E_i = 100 (1 - n_i / n) (2)</td> <td>CADR = QxK</td> </tr> </table>	Chambre	Particules inertes, allergènes et micro-organismes	Toluène	Chambre	Mesure de la décroissance naturelle : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t}$ Mesure de la décroissance Epurateur : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t - k_e t}$ CADR = V (K _d -k _e)	$C_t = C_0 \cdot (1 - CADR \frac{t}{V + k_e t})^{1/k_e} \cdot e^{-k_d t}$ CADR = S/C.	conduit	Particules inertes : CADR = QxK (pour chaque tranche granulométrique) Allergènes et micro-organismes : CADR = QxK E = (1/n)ΣE _i E _i = 100 (1 - n _i / n) (2)	CADR = QxK	<p>5-Génération et Mesurage :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Injection Chambre</th> <th>Injection Conduit</th> <th>Génération</th> <th>Mesurage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aérosol</td> <td>Avant fonctionnement Epurateur</td> <td>continue</td> <td>Générateur type Collision ou autres</td> <td>Compteur optique de particules étalonné (certificat d'étalonnage)</td> </tr> <tr> <td>Allergène</td> <td>CI ci-dessus</td> <td>continue</td> <td>Nébulisation d'une solution d'extrait allergénique lyophilisé de chat</td> <td>Prélèvements sur filtres en fibre de verre par des cassettes en PVC</td> </tr> <tr> <td>Micro-organisme</td> <td>CI ci-dessus</td> <td>continue</td> <td>Générateur d'aérosol à disque ou à têtes rotatif</td> <td>Biocollecteurs</td> </tr> <tr> <td>Toluène</td> <td>continue</td> <td>continue</td> <td>Système mécanique de seringues motorisées, four thermo-régulé ou autre système (injection continue)</td> <td>Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : chromatographie en phase gazeuse)</td> </tr> <tr> <td>Ozone</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : Absorption UV)</td> </tr> <tr> <td>Formaldéhyde</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Chromatographie liquide haute performance en phase inversée équipé d'un détecteur UV.</td> </tr> </tbody> </table>		Injection Chambre	Injection Conduit	Génération	Mesurage	Aérosol	Avant fonctionnement Epurateur	continue	Générateur type Collision ou autres	Compteur optique de particules étalonné (certificat d'étalonnage)	Allergène	CI ci-dessus	continue	Nébulisation d'une solution d'extrait allergénique lyophilisé de chat	Prélèvements sur filtres en fibre de verre par des cassettes en PVC	Micro-organisme	CI ci-dessus	continue	Générateur d'aérosol à disque ou à têtes rotatif	Biocollecteurs	Toluène	continue	continue	Système mécanique de seringues motorisées, four thermo-régulé ou autre système (injection continue)	Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : chromatographie en phase gazeuse)	Ozone	-	-	-	Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : Absorption UV)	Formaldéhyde	-	-	-	Chromatographie liquide haute performance en phase inversée équipé d'un détecteur UV.
Chambre	Particules inertes, allergènes et micro-organismes	Toluène																																												
Chambre	Mesure de la décroissance naturelle : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t}$ Mesure de la décroissance Epurateur : $C_t = C_0 \cdot e^{-k_d t - k_e t}$ CADR = V (K _d -k _e)	$C_t = C_0 \cdot (1 - CADR \frac{t}{V + k_e t})^{1/k_e} \cdot e^{-k_d t}$ CADR = S/C.																																												
conduit	Particules inertes : CADR = QxK (pour chaque tranche granulométrique) Allergènes et micro-organismes : CADR = QxK E = (1/n)ΣE _i E _i = 100 (1 - n _i / n) (2)	CADR = QxK																																												
	Injection Chambre	Injection Conduit	Génération	Mesurage																																										
Aérosol	Avant fonctionnement Epurateur	continue	Générateur type Collision ou autres	Compteur optique de particules étalonné (certificat d'étalonnage)																																										
Allergène	CI ci-dessus	continue	Nébulisation d'une solution d'extrait allergénique lyophilisé de chat	Prélèvements sur filtres en fibre de verre par des cassettes en PVC																																										
Micro-organisme	CI ci-dessus	continue	Générateur d'aérosol à disque ou à têtes rotatif	Biocollecteurs																																										
Toluène	continue	continue	Système mécanique de seringues motorisées, four thermo-régulé ou autre système (injection continue)	Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : chromatographie en phase gazeuse)																																										
Ozone	-	-	-	Analyseur automatique compatible avec les concentrations mesurées (ex : Absorption UV)																																										
Formaldéhyde	-	-	-	Chromatographie liquide haute performance en phase inversée équipé d'un détecteur UV.																																										