



## Projet Vaicteur AIR²



## raison d'être du projet

L'être Humain passe plus de 85% de son temps dans des ambiances intérieures.

Comment envisager des solutions efficaces pour garantir son confort et sa santé au sein de ces espaces, tout en diminuant la consommation énergétique des systèmes CVC

C'est le défi relevé par CIAT et ses partenaires grâce au Projet Vaicteur Air²





**Amélioration** de la Qualité des ambiances intérieures



**Diminution** de la consommation d'énergie liée à CVC

Un AIR SAIN

Un AIR CONFORTABLE

Un AIR Energétiquement Econome



## Les partenaires du projet





## La qualité de L'AIR, c'est quoi ?

### 3 Contributions de partenaires du projet pour progresser sur le sujet



Francis Allard:

Contamination aéroportée : transport et diffusion des polluants:



Christian Cochet:

Traitements des polluants microbiologiques



Claude Vauchier

mesure sur la qualité biologique de l'air : le capteur biologique



du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles



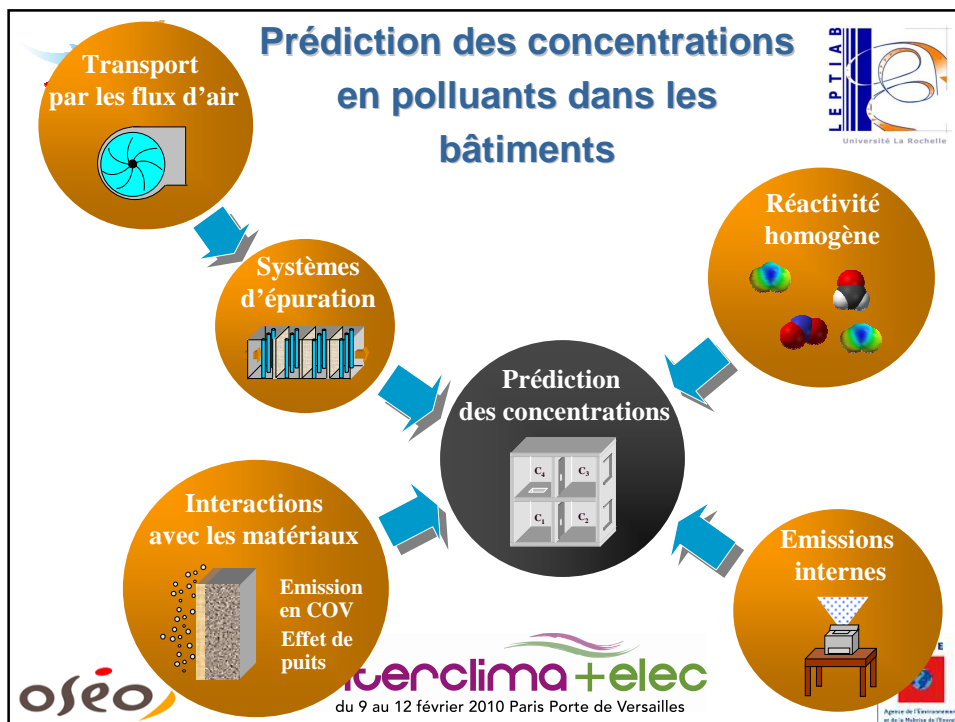
## Contamination aéroportée : transport et diffusion des polluants

Francis Allard

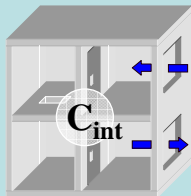


du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles



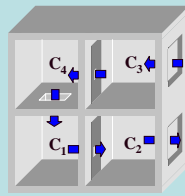


## Approche nodale (monozone)



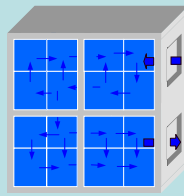
- Ventilation globale et/ou infiltrations

## Approche nodale (multizone)



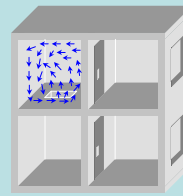
- Ventilation/infiltrations dans chaque zone
- Débits interzones

## Modélisation zonale



- Débits entre chaque cellule élémentaire

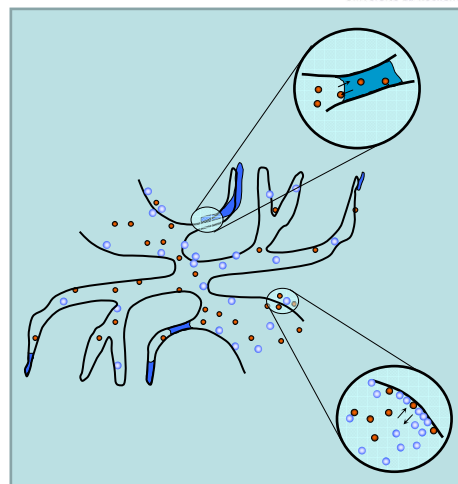
## Approche CFD



- Champ de vitesse instantanée ou tout autre variables dans le volume.

### Analyse Physique: Influence de l'humidité

- Compétition pour l'adsorption à la surface des pores
- Condensation capillaire:
  - Absorption/désorption
  - Modification du phénomène de diffusion

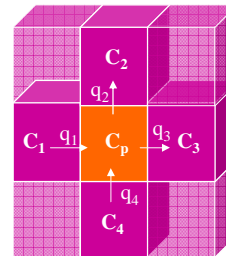


$$\rho_{air} V \frac{dC_p}{dt} = \underbrace{\sum_{l=1}^{n^+} q_l^+ C_{l,p}}_{\text{Transport advectif}} - \underbrace{\sum_{l=1}^n q_l^- C_p}_{\text{Source}} + S_p + \sum_{i=1}^{n_c} \left( K_{ip} \prod_{j=1}^{n_j} C_j \right)_{\text{Cinétiques chimiques}}$$

■ Difficulté numérique due au comportement non linéaires et aux constantes de temps très différentes

Laboratoire d'Environnement  
Université de La Rochelle

■ Difficulté liée au choix des réactions à prendre en compte?

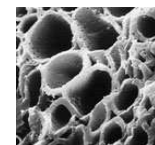


■ **Modélisation dynamique du comportement des filtres en charbon actif dans des conditions représentatives de celles rencontrées dans les bâtiments**

- ▷ Polluants en faible concentration mais en mélange dans l'air
- ▷ Température, humidité et concentrations variables dans le temps

■ **Développement des modèles suivant une démarche graduelle**

- 1- Polluants isolés } Conditions sèches et isothermes
- 2- Polluants en mélange } et isothermes
- 3- Polluants en mélange / Conditions hygrothermiques variables dans le temps



■ **Evaluation du potentiel de ces systèmes d'épuration par la simulation dynamique couplée des transports de polluants entre l'ambiance et le filtre**





## Caractérisation du traitement des polluants microbiologiques

Christian Cochet  
Stéphane Delaby



### Une approche globale pour l'évaluation et gestion du risque microbiologique dans les bâtiments

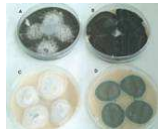
- ❑ **Exposition aux aérosols biologiques (moisissures, bactéries, virus)**  
Métrologie des entités biologiques aéroportées  
Bactérie (*Legionellae*), Micromycètes (Ergostérol, Mycotoxine, COVm), Virus...
- ❑ **Caractérisation des sources (air, surfaces, eau)**  
Evaluation de la qualité hygiénique des produits et des systèmes dans le domaine de la construction,  
Emissions anthropiques ,  
Bases de données de la microflore des environnements intérieurs...
- ❑ **Etude des traitements préventifs/curatifs**  
Assistance dans le développement de nouveaux produits « hygiéniques »,  
Bionettoyage et systèmes de ventilation/climatisation,  
Caractérisation de l'efficacité des épurateurs d'air...





## Caractérisation du traitement des polluants microbiologiques

**CSTB**  
le futur en construction



### Moisissures (Niveau de sécurité P2)

- Etude des conditions régissant le développement des moisissures dans les environnements intérieurs
- Aptitude des matériaux de construction à favoriser le développement de différents microorganismes
- Scénarii spécifiques d'aérobiocontamination par les micromycètes
- Procédures de dosage biochimique adaptées à l'évaluation de la contamination fongique de l'air et des matériaux (ergostérol, mycotoxines, etc.)

### Bactéries (Niveau de sécurité P2)

- Mesure et identification des bactéries environnementales
- Etude des phénomènes de développement microbien sur les produits de construction
- Scénarii d'aérobiocontamination des surfaces par un aérosol bactérien contrôlé
- Microscopie à épifluorescence couplée à des systèmes d'analyse d'images, etc.



**interclima+elec**  
du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles



## Caractérisation du traitement des polluants microbiologiques

**CSTB**  
le futur en construction

### Virus (Niveau de sécurité P3)

- Etude du comportement des aérosols viraux : virus respiratoire syncytial, virus *Influenza* ...
- Evaluation des performances des épurateurs d'air
- Etude de la transmission des virus grippaux dans les espaces clos: rôle des supports.

### Biologie moléculaire (Niveau de sécurité P2)

- Technique de détection et de quantification (PCR, PCR temps réel)
- Etude de la diversité microbienne, dans l'air et sur les surfaces, dans différents environnements : sites de compostage, hôpitaux, musées ... par polymorphisme de conformation simple brin (SSCP)



**interclima+elec**  
du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles





### Micro détection des polluants chimiques et biologiques

- Développement d'une méthode de détection des contaminations fongiques cachées et/ou précoces
- Développement de micro détecteurs appliqués au contrôle de la qualité microbiologique de l'air intérieur
- Elaboration de couches actives de polymères
- Mesure des métabolites fongiques aéroportés (COVs, mycotoxines)



### Aérobiologie (Niveau de sécurité P3)

Etude du comportement des aérosols bactériens (adhésion, persistance, développement) sur les matériaux et dans l'air (étude d'aérosols bactériens de classe 3: *Pseudomonas*, *Legionella*, etc.) par la mise en place et l'optimisation de techniques de collecte et de détection biologique

### Approche expérimentale intrinsèque

ce qui entre = ce qui sort - ce qui apparaît + ce qui s'accumule



### Chambres expérimentales

- Evaluation des performances de divers systèmes
- Chambre d'essais dont les paramètres aérauliques et les conditions environnementales sont contrôlés
- Evaluation de l'efficacité intrinsèque des systèmes de traitement de l'air



Génération d'aérosol biologique



Evaluation de l'innocuité (p. ex : chimique)





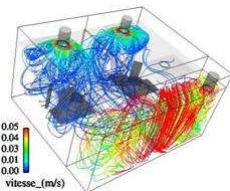
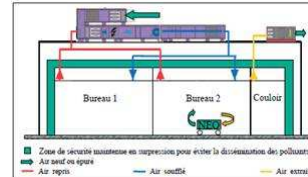
## Caractérisation du traitement des polluants microbiologiques



### Approche expérimentale échelle 1

#### Environnement réaliste (200 m<sup>3</sup>)

- Simulation, à l'échelle 1, de différents environnements : hôpital, école, bureaux, crèche... avec une maîtrise des conditions thermo aérauliques
- Production, dans des conditions de sécurité optimales, de nombreux types d'aérosols microbiologiques
- Modélisation du transport particulaire selon différentes conditions d'aération
- Etude de l'efficacité des systèmes de traitement d'air autonomes et de stratégies d'application sur le niveau d'exposition des occupants



**interclima+elec**

du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles



## mesure sur la qualité biologique de l'air : le capteur biologique

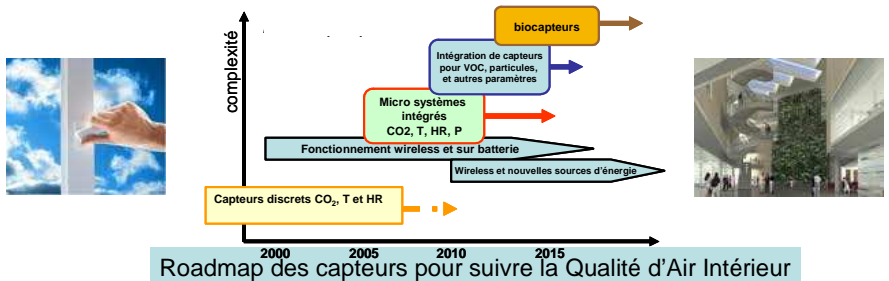
Claude Vauchier **leti**



**interclima+elec**

du 9 au 12 février 2010 Paris Porte de Versailles





## 1ère génération de capteurs

- Principaux paramètres QAI:**
- Température
  - Concentration en dioxyde carbone
  - Humidité relative
  - Variations de pression

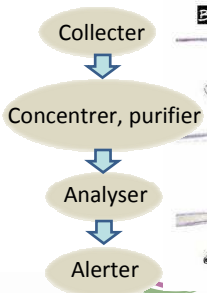
## 2ème génération de capteurs

- Prochaine étape:**
- Particules (poussière, pollen ...)
  - Composés organiques volatiles (VOC)
  - autre gaz
  - analyse biologique (bactérie, virus)

Première application dans le domaine de la santé

**LE BESOIN:** Lutter contre les maladies nosocomiales à l'hôpital

**L'OBJECTIF:** détecter bactéries et virus en continu dans l'air  
→ un véritable laboratoire intégré de la collecte à l'analyse

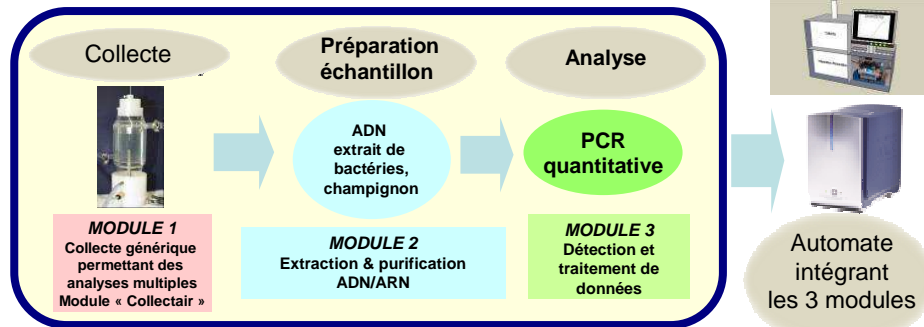


BAISSE DES INFECTIONS NOSOCOMIALES



Conception et réalisation d'un système intégré pour l'évaluation du risque biologique

**Principe:** analyse de séquences ADN caractéristiques du génome d'une bactérie ou d'un champignon par PCR\* quantitative



\* Polymerase Chain Reaction



1<sup>ère</sup> version du démonstrateur début 2011



# Perspectives

Ce 'volet' du projet Vaicteur Air² illustre 'en partie' les enjeux auxquels nous devons faire face pour traiter la qualité de l'air dans le bâtiment:

- Comprendre les mécanismes de transport des polluants
- Comprendre et caractériser les systèmes d'épuration
- Le rôle essentiel des capteurs pour piloter les systèmes de traitement d'air

Pour



- **Efficacité énergétique sans concession sur la qualité de l'air**

