



**HAL**  
open science

## Un logiciel pour prédire la qualité de l'air dans les bâtiments

Nadège Blond, Corentin Berger, Didier Hauglustaine, Alice Micolier, Maxence  
Mendez

► **To cite this version:**

Nadège Blond, Corentin Berger, Didier Hauglustaine, Alice Micolier, Maxence Mendez. Un logiciel pour prédire la qualité de l'air dans les bâtiments. Explorer l'environnement. Des solutions pour innover, 2024. hal-04796754

**HAL Id: hal-04796754**

**<https://hal.science/hal-04796754v1>**

Submitted on 21 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Un logiciel pour prédire la qualité de l'air dans les bâtiments

Nadège Blond, Corentin Berger, Didier Hauglustaine, Alice Micolier, Maxence Mendez

## Comment prédire la qualité de l'air intérieur en tenant compte des usages d'un bâtiment?

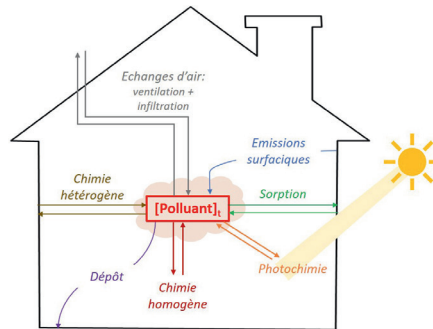
Nous passons environ 90 % de notre temps dans des environnements intérieurs : à la maison, dans les transports, au travail, dans les lieux de loisirs et de commerces, etc. Nous y sommes exposés à une grande diversité de polluants nocifs pour notre santé, principalement issus des matériaux de construction et de décoration. Ils peuvent avoir été transportés de l'extérieur vers l'intérieur *via* la ventilation, les aérations ou infiltrations du bâtiment ou formés à l'intérieur par des réactions chimiques. Ils peuvent également être issus des occupants, de leurs parfums et de leurs activités (cuisine, ménage, etc.). L'air est ainsi parfois plus pollué à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. Or la qualité de l'air intérieur peut être prédite en amont de la conception ou de la rénovation d'un bâtiment pour choisir les matériaux de construction et le système de ventilation adéquat pour réduire l'exposition future des occupants. Pourtant rien ne garantit que la qualité de l'air soit bonne quand le bâtiment sera occupé. L'enjeu est d'anticiper de fortes expositions dues à des variations dans l'occupation du bâtiment, et des changements d'activités au sein et autour du bâtiment. Des solutions de réduction des risques d'exposition à la pollution de l'air pourront ensuite être proposées.

## Une simulation des gaz et des particules présents dans l'air intérieur

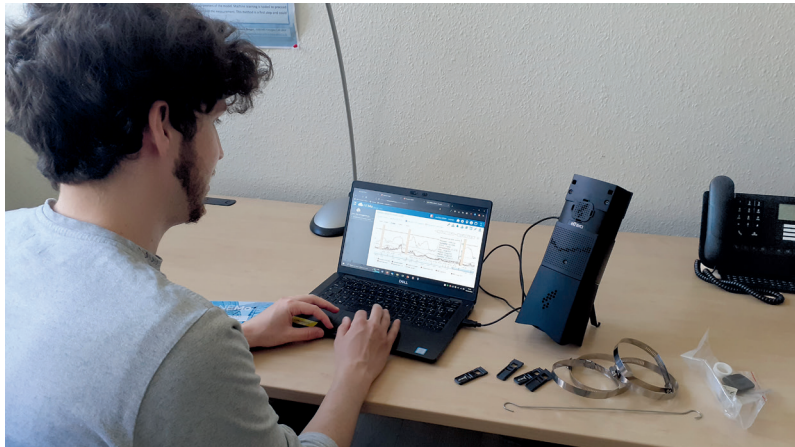
Le logiciel INCA-Indoor a été développé afin de simuler un millier de réactions chimiques, et les concentrations d'environ 900 espèces chimiques (gaz ou aérosols) au sein d'un bâtiment à partir de ses caractéristiques (volume, surface, type de matériaux, ventilation, température et humidité intérieur), de son occupation, des activités qui s'y déroulent, et de son environnement (pollution de l'air extérieur). Il détaille les phénomènes physico-chimiques et quantifie leur contribution à la pollution de l'air intérieur. Les interactions entre les polluants gazeux, les aérosols (particules liquides ou solides) et les surfaces des matériaux sont simulées. Le logiciel prend par exemple en compte l'utilisation d'un produit ménager qui émet un gaz (comme le d-limonène) qui peut réagir avec l'ozone de l'air ambiant (importé de l'extérieur) et conduire à la formation de très petites particules dans l'air. Plus les particules sont petites, plus elles pénètrent profondément dans le système respiratoire et sont dangereuses pour la santé. Dans l'air, les particules soit se regroupent pour former des particules plus grosses, soit grossissent car des gaz de l'air ambiant se condensent à leur surface. Avec INCA-Indoor, il est ainsi possible de comprendre toutes les voies de production et de destruction de la pollution de l'air depuis une émission de polluant, de quantifier l'exposition des occupants du bâtiment, et donc ses impacts sur la santé.

### Vers un outil de diagnostics

Le logiciel INCA-Indoor est un outil unique au monde. Ses performances ont été testées avec succès, c'est-à-dire que ses prévisions coïncident parfaitement avec les valeurs de pollutions mesurées en laboratoire et dans un bâtiment. Le logiciel est maintenant utilisé pour les prévisions de la qualité de l'air en situation d'occupation du bâtiment. Son utilisation en complément d'observations de la qualité de l'air intérieur à l'aide de micro-capteurs permet d'envisager des



Processus physico-chimiques simulés par le logiciel INCA-Indoor. Par la ventilation et les infiltrations d'air, les polluants passent de l'intérieur à l'extérieur. Les surfaces émettent des polluants (gaz ou particules) qui peuvent réagir ensemble ou avec les surfaces; le rayonnement solaire peut modifier également la nature des polluants. Les polluants peuvent définitivement se déposer et être détruit sur une surface.



Analyse des mesures d'un capteur de la qualité de l'air intérieur et comparaisons de la mesure avec INCA-Indoor.

stratégies de réduction de l'exposition des occupants à la pollution de l'air. Les recherches en cours portent sur la réalisation de diagnostics qui tiennent compte de l'environnement extérieur du bâtiment (possiblement urbain et donc complexe du point de vue climatique) et de l'évolution des conditions environnementales futures liées au changement climatique.

## Pour la construction et la rénovation de bâtiments et le suivi de la qualité de l'air intérieur

Initialement, le logiciel INCA-Indoor devait se limiter à un outil de recherche pour étudier la chimie de l'air intérieur. Vu son intérêt pour aider la construction ou la rénovation durable de bâtiments et trouver des solutions pour réduire l'exposition à la pollution de l'air et ses risques pour la santé (notamment dans les établissements recevant du public, ERP, réglementés), il a été transféré à la start-up OCTOPUS Lab qui l'exploite depuis 2017 dans sa suite de logiciel INDALO®. Le logiciel est couplé à un modèle mathématique qui permet de simuler les flux d'air entre plusieurs pièces d'un bâtiment et à une base de données qui répertorie tous les facteurs d'émissions des matériaux usuellement utilisés dans la construction. INDALO® est en constante évolution pour répondre à des demandes diverses de la part des constructeurs, architectes, ERP, etc. Il a par exemple été mobilisé dans le cadre de la réduction des risques d'infection à la COVID-19. Il est actuellement cours de couplage avec d'autres modèles mathématiques qui permettent de simuler les besoins en énergie d'un bâtiment.



Application INDALO® utilisée par Octopus Lab pour la surveillance de la qualité de l'air intérieur.