



## 15 TÉMOIGNAGES SUR LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR



Anne-Sophie  
PERRISSIN-FABERT  
Directrice de  
l'Alliance HQE-GBC



## QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR : PASSONS À UNE PRATIQUE COURANTE !

La qualité de l'air intérieur semble prendre une place de plus en plus prégnante dans les préoccupations des acteurs du bâtiment. Une bonne nouvelle pour tous ceux qui militent depuis de nombreuses années sur ce sujet, comme l'Alliance HQE-GBC. Si les bonnes pratiques nourries par des connaissances accrues sont de plus en plus nombreuses sur l'ensemble de la chaîne de l'acte de construire, nous sommes encore loin d'une pratique courante généralisée mais l'innovation et la réglementation pourraient y apporter leur concours.

Grâce aux travaux de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur et à ses campagnes de mesure notamment, nous connaissons mieux aujourd'hui les polluants des environnements intérieurs et leur impact sanitaire et économique. Ces recherches ont nourri l'information publique et largement contribué à la sensibilisation des acteurs qui se sont alors interrogés sur la qualité de l'air intérieur de leurs espaces de vie.

Mais, quelles mesures faire, quels sont les polluants à mesurer, quelles sont les valeurs guides de référence... ? Telles ont été les questions auxquelles il a fallu apporter des réponses opérationnelles à coût maîtrisé avec la première version en 2013 des Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur à la réception d'un bâtiment neuf ou rénové. Des règles que l'Alliance HQE-GBC élargit aujourd'hui avec sa publication pour les bâtiments en exploitation publiée en mars 2018.

La qualité de l'air intérieur dépend de trois sources principales de pollution : l'environnement extérieur, les produits de construction, de décoration et d'ameublement ainsi que les occupants et leurs activités. Il en découle trois leviers d'actions à l'échelle du bâtiment neuf ou rénové pour les professionnels : l'implantation, le choix des produits et la ventilation.

Tous les retours d'expérience le montrent, les résultats des mesures de qualité de l'air intérieur sont plus sou-

vent mauvais que bons et nécessitent des plans d'actions correctifs. Il s'agit le plus souvent de traiter les dysfonctionnements de ventilation, traitement de l'air et de filtration. C'est pour anticiper ces problèmes dès l'acte de construire que des guides de bonnes pratiques et auto-contrôles à destination des professionnels ont été développés pour souligner, expliquer, les gestes à faire et ne pas faire. L'idée d'une attestation de prise en compte de la réglementation sur l'aération pour les bâtiments neufs et rénovations lourdes fait également son chemin auprès des pouvoirs publics. Sa mise en place permettrait certainement de réduire à la source ces dysfonctionnements et ainsi améliorer la qualité de l'air intérieur de chaque lieu.

Concernant le choix des produits, les acteurs peuvent s'appuyer sur l'étiquette des émissions dans l'air, mise en place par les pouvoirs publics. Ils peuvent également utiliser le volet sanitaire des FDES (fiche de déclaration environnementale et sanitaire) qui apporte des informations sur un scope plus large de polluants. Si choisir des produits moins émissifs est toujours un bon choix, le concepteur, l'exploitant... ne peuvent pas aujourd'hui savoir quelle sera l'influence réelle de cette décision sur la qualité de l'air du bâtiment. C'est tout l'enjeu du développement des outils prédictifs dopés par l'existence de plus en plus de données numériques disponibles pour caractériser le bâtiment et ses constituants.

La vague numérique ne s'arrête pas là. Les objets connectés et le développement de capteurs de mesure des polluants à bas coût constituent également des innovations majeures qui permettraient de mesurer et piloter au quotidien la qualité de l'air intérieur. Nous ne sommes qu'au début de l'aventure avec pour l'instant de gros effort de recherche sur la caractérisation de ces capteurs et leur expérimentation. Mais nul doute, le numérique va contribuer à la démocratisation d'une bonne qualité de l'air intérieur pour tous et aider les professionnels à passer à une pratique courante.





# SOMMAIRE

## CONNAISSANCE 4

- [OQAI](#) : L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur : un outil unique pour décrire et comprendre la pollution de l'air des lieux de vie 4
- [Dr Fabien Squinazi](#) : Les polluants de l'air intérieur 6



## QAI, PRODUITS ET ÉQUIPEMENTS 11

- [NOBATEK/INEF4](#) : Vers une adéquation entre QAI prévisionnelle et QAI réelle 11
- [UNICLIMA](#) : Les industriels de l'aérotechnique investis dans le challenge de la QAI 13
- [INIES](#) : Les FDES indispensables pour E+C- mais aussi pour la QAI 15

## QAI, RETOURS D'EXPÉRIENCE 17

- [Médiéco](#) : L'amélioration de la qualité des installations de ventilation et de l'air intérieur : une urgence ! 17
- [Seureca-Véolia](#) : L'évaluation de la qualité de l'air intérieur : une nécessité au regard des résultats 21
- [G-ON](#) (BET Référent HQE) : Mesurer la qualité de l'air intérieur, une condition nécessaire mais pas suffisante 23

## QAI ET NUMÉRIQUE 25

- [Octopus Lab](#) (start-up) : La transition numérique du bâtiment au service de la santé des occupants ? 25
- [ICADE](#) : Expérimentation QAI in situ : un souffle nouveau dans les bâtiments 27
- [IGNES](#) : De nouvelles solutions pour un pilotage continu de la QAI 29
- [NanoSense](#) : Des sondes multi-capteurs au service de la QAI 32
- [UrbanLab de Paris&Co](#) : 10 projets innovants pour contribuer à une meilleure qualité de l'air à Paris 40

## PERSPECTIVES INTERNATIONALES ET AU-DELÀ DU BÂTIMENT 42

- [ADEME/Nomadeis](#) : Quelles actions exemplaires intéressantes en France et à l'international pour la qualité de l'air intérieur ? 42
- [Dr Fabien Squinazi/Alliance HQE-GBC](#) : La QAI dans le bâtiment durable pour tous. Positionnement au regard des autres dispositifs et référentiels à l'international. 44



## L'OBSERVATOIRE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR : UN OUTIL UNIQUE POUR DÉCRIRE ET COMPRENDRE LA POLLUTION DE L'AIR DES LIEUX DE VIE

*L'enjeu sanitaire que représente la qualité de l'air intérieur n'est aujourd'hui plus à démontrer. En 2014, l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) et l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) ont chiffré à environ 28 000 le nombre de nouveaux cas de maladies et à plus de 20 000 le nombre des décès liés à six polluants de l'air intérieur en France annuellement, soit un coût d'environ 19 milliards d'euros. Aussi, les recherches se poursuivent pour approfondir les connaissances sur les polluants présents dans les environnements intérieurs.*

L'OQAI a été créé en 2001 pour documenter la qualité de l'air et le confort dans les lieux de vie. Il est placé sous la tutelle des ministères en charge du Logement, de l'Environnement et de la Santé, dans le cadre d'une convention entre ces trois ministères, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et le Centre scientifique et technique du bâ-

timent (CSTB), opérateur scientifique et technique. Ses travaux sont financés par ces trois ministères, l'ADEME et l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses).

Premier environnement intérieur en termes de temps passé, le logement a fait l'objet de la première campagne nationale de l'OQAI en 2003-2005. Plus d'une centaine de paramètres chimiques, physiques et biologiques ont été mesurés dans un échantillon de 567 logements tirés au sort et représentatifs du parc des résidences principales de France métropolitaine. Cette campagne a montré que certains polluants étaient systématiquement présents dans les logements français comme le formaldéhyde, les particules, ainsi que certains phtalates et hydrocarbures aromatiques polycycliques. La pollution de l'air des logements n'est cependant pas homogène et différents profils de pollution ont été identifiés. Ainsi, 10 % des logements sont multipol-

lués : ils présentent simultanément plusieurs polluants chimiques à de très fortes concentrations. En revanche, 40 % des logements sont considérés faiblement pollués car ils présentent des concentrations inférieures ou égales aux niveaux médians de l'échantillon pour quasiment l'ensemble des composés recherchés. Depuis cette première campagne, de nombreuses politiques publiques ont été mises en place, notamment l'étiquetage des matériaux de construction et de décoration vis-à-vis des émissions en composés organiques volatils les plus fréquemment retrouvés dans l'air des logements. Parallèlement, des questionnements se sont fait jour sur les expositions de la population à certaines substances chimiques. Ainsi, afin de déterminer l'évolution de la pollution intérieure au cours des quinze dernières années et d'acquérir de nouvelles connaissances utiles à l'action, une deuxième campagne nationale « logements » est en préparation.



En parallèle, l'OQAI a élargi son champ de recherche aux lieux de vie accueillant des enfants (crèches, lieux d'enseignement et de loisirs) et aux immeubles à usage de bureaux. Deux campagnes nationales se sont ainsi achevées en 2017, d'une part dans un échantillon de 308 écoles représentatif du parc des écoles maternelles et élémentaires de France métropolitaine, et d'autre part, dans un échantillon de 130 immeubles de bureaux. Les données collectées sont en cours d'exploitation. Dans les écoles, les mesures de qualité de l'air intérieur ont été complétées par des mesures dans les poussières déposées au sol, des mesures de plomb dans les revêtements muraux, de champs électromagnétiques, ainsi que des niveaux de bruit et d'éclairage. Dans les bureaux, les premiers résultats disponibles montrent des concentrations intérieures globalement faibles pour les substances recherchées. Cependant, certains espaces apparaissent multipollués ; l'exploitation se poursuit pour en identifier les causes.

À l'heure où les enjeux du bâtiment s'inscrivent dans des priorités d'économie d'énergie et de développement durable, l'OQAI porte une attention particulière à la qualité de l'air et au confort des bâtiments neufs et réhabilités. En effet, l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments, qui passe notamment par le renforcement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, ne doit pas se faire au détriment de la qualité de l'air intérieur. Ainsi, l'OQAI a engagé en 2012 un programme dédié à l'étude de la qualité de l'air intérieur et du confort dans les bâtiments neufs ou récemment rénovés. Les résultats portent à ce jour sur 72 logements et montrent des concentrations inférieures ou équivalentes à celles observées dans les logements français en 2003-2005 à l'exception de trois substances chimiques : l'hexaldéhyde, l' -pinène et le limonène. De plus, un développement fongique actif est présent dans 47 % des logements contre 37 % en 2003-2005,

soit près d'un logement sur deux contaminé par des moisissures, le plus souvent non visibles.

Enfin, alors que la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur est en place dans les crèches et les écoles, il convient de préparer les prochaines échéances et d'identifier les paramètres pertinents pour la surveillance à mener dans les autres lieux recevant du public. L'OQAI a ainsi été missionné par les pouvoirs publics pour réaliser des mesures dans trois types d'établissement spécifiquement ciblés pour l'échéance de 2023 : les établissements d'hébergement



de personnes âgées, les unités de soin de longue durée et les établissements d'accueil d'enfants et d'adultes handicapés. Une centaine de ces établissements seront prochainement instrumentés afin d'obtenir de premières données relatives à la qualité de l'air intérieur et au confort.

L'observation à l'échelle des parcs de bâtiments en situation d'occupation est un outil unique pour élaborer et ajuster les politiques publiques, engager les professionnels et sensibiliser le grand public. Les connaissances sur les polluants présents dans l'air intérieur ont largement progressé ces dernières années et des avancées majeures ont été réalisées pour réduire les expositions à certaines substances chimiques et intégrer la qualité de l'air intérieur dans l'acte de construire et l'exploitation des bâtiments. Des recherches sont encore nécessaires et ce d'autant que le bâtiment est en constante évolution et que de nouvelles interrogations sont soulevées, en lien par exemple avec l'utilisation croissante des nanomatériaux, la présence de perturbateurs endocriniens dans certains matériaux et produits ou encore la réémergence des problématiques d'amiante à l'occasion des programmes de rénovation énergétique des bâtiments. La qualité de l'air intérieur est au cœur des préoccupations et des attentes sociétales en matière de protection de la santé.

**Corinne MANDIN**



**Corinne Mandin** - [corinne.mandin@cstb.fr](mailto:corinne.mandin@cstb.fr)

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) – Université Paris-Est – Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), 84 Avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, 77447 Marne-La-Vallée Cedex 2.

• <http://www.oqai.fr>

• L'ouvrage « Qualité d'air intérieur, qualité de vie : 10 ans de recherche pour mieux respirer » publié en 2011 à l'occasion des 10 ans de l'OQAI aux Éditions CSTB

• Les deux derniers bulletins de l'OQAI :

[http://www.oqai.fr/userdata/documents/490\\_Bulletin\\_OQAI9\\_COSV.pdf](http://www.oqai.fr/userdata/documents/490_Bulletin_OQAI9_COSV.pdf)

[http://www.oqai.fr/userdata/documents/513\\_CSTB\\_BulletinOQAI\\_N10\\_FR.pdf](http://www.oqai.fr/userdata/documents/513_CSTB_BulletinOQAI_N10_FR.pdf)

**POUR EN SAVOIR PLUS**



## LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR

*Face aux enjeux sanitaires, environnementaux et économiques de la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments, la maîtrise d'une bonne qualité de l'air intérieur s'impose aux acteurs de la construction, de la rénovation et de l'exploitation d'un bâtiment.*

### LES SOURCES ET POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR

La qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment dépend de trois sources principales de pollution (1) l'environnement extérieur (2) les produits de construction, de décoration et d'ameublement (3) les occupants et leurs activités.

#### 1/ L'environnement extérieur.

La qualité de l'air intérieur est impactée, de manière variable selon l'implantation et l'orientation du bâtiment, par les pollutions de proximité, telles que les pollutions d'origine automobile (densité du trafic, type de véhicules, parkings...), les installations classées pour la protection de l'environnement (stations d'essence, pressings, industries...) ou les pollutions du sous-sol (radon, anciens sites industriels ou d'activités de

services...).

Afin de connaître l'évolution de la pollution extérieure et d'en mesurer l'impact sur la qualité de l'air du bâtiment, puis d'y apporter des réponses adaptées par rapport à l'emplacement des prises d'air neuf et/ou au système de traitement d'air, des informations peuvent être obtenues auprès des Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) par les stations de mesure des polluants atmosphériques, associées à des cartographies ou modélisations. De même, des informations peuvent être obtenues sur l'historique industriel d'une région grâce aux inventaires régionaux des anciens sites industriels et d'activités de service (base de données BASIAS : <http://basias.brgm.fr>). Concernant le radon, trois zones

à potentiel radon ont été définies : (1) zones à potentiel radon faible (2) zone à potentiel radon faible pouvant présenter ponctuellement des potentiels plus élevés du fait de la présence de cavités ou ouvrages souterrains (3) zone à potentiel radon moyen à élevé (IRSN 2017).

Le protocole HQE a retenu plusieurs polluants d'origine principalement extérieure, comme le dioxyde d'azote, le benzène, les particules fines PM10 et PM2,5, le radon. Un point de prélèvement extérieur, à proximité du bâtiment, réalisé en parallèle avec ceux effectués en intérieur durant la même période et selon la même méthodologie, permettra de déterminer les contributions extérieures.





**Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** a pour origines la pollution urbaine, dont le trafic automobile de proximité, ou une prise d'air à proximité du trafic, d'un parc de stationnement ou d'un garage. Ses sources intérieures sont liées à diverses combustions, dont la combustion gaz, et à une mauvaise étanchéité des conduits d'évacuation des fumées. Le dioxyde d'azote est responsable de symptômes respiratoires, d'une modification de la réactivité bronchique, d'une inflammation des voies aériennes ainsi que d'une baisse des défenses immunitaires à l'origine d'une susceptibilité accrue aux infections respiratoires. Ces effets sont plus sévères chez des personnes atteintes de maladies respiratoires, les enfants et les adultes de plus de 65 ans (Anses, 2013).

**Le radon** est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches. Il pénètre par les fissures, les joints, les passages de canalisations ou la porosité du sol. Il peut aussi provenir des matériaux de construction. Le radon est classé par le Centre international de la recherche sur le cancer comme cancérigène certain pour l'homme depuis 1987. Il serait la seconde cause de cancer du poumon, après le tabac et devant l'amiante : sur les 25 000 décès constatés chaque année, 1 200 à 3 000 lui seraient attribuables. Le risque de développer un cancer du poumon est nettement plus élevé pour un fumeur que pour un non-fumeur : environ 20 fois plus à exposition au radon égale (IRSN, 2017)

**Le benzène** a pour origines les carburants et la pollution de proximité d'une station-service ou d'un parc de stationnement. Ses sources intérieures sont liées à des processus de combustion, comme le chauffage par combustion et le tabagisme. Les effets critiques du benzène à faibles doses sont principalement des effets hématologiques : toxicité sur les lymphocytes lors d'expositions aiguës ou intermédiaires (jusqu'à une année), diminution du nombre de cellules sanguines, anémie aplasique et leucémie dans le cas d'expositions chroniques (Anses 2008).

**Les particules fines** ont pour origines la pollution urbaine, dont le trafic automobile, la proximité d'industries ou d'un chantier, les pollens. Leurs sources intérieures sont liées des processus de combustion, comme le tabagisme et le chauffage par combustion, ou à un réseau aéraulique encrassé. Les effets sanitaires lors d'expositions court terme aux particules fines concernent majoritairement le système cardio-vasculaire (infarctus du myocarde, altérations du rythme cardiaque et de sa variabilité, accidents vasculaires cérébraux...) et le système respiratoire (exacerbations de l'asthme et des bronchites chroniques, altération de la fonction respiratoire). Lors d'expositions chroniques, l'augmentation des particules fines est associée à un risque plus élevé de cancer du poumon, de maladie vasculaire athérosclérotique ou de maladie d'Alzheimer (HCSP, 2013).

## 2/ Les produits de construction, de décoration et d'ameublement.

La qualité de l'air intérieur est impactée, de manière plus ou moins importante, par les revêtements de sol, mur ou plafond, les cloisons et plafonds suspendus, les produits d'isolation, les portes et fenêtres, les produits destinés à la pose ou à la préparation de ces produits, les peintures et vernis, le mobilier,...

Le choix des produits et équipements doit prendre en compte leurs émissions en substances volatiles polluantes pour limiter cette source de pollution intérieure. Dans cette perspective, il est important de privilégier l'étiquetage A+ (produits à faible émission de composés organiques volatils, selon le décret n°2011-321 du 23 mars 2011 et l'arrêté du 19 avril 2011), voire des éco-labels

(NF Environnement, Nature plus, Ecolabel européen, Ange bleu, Nordic Environnement Label...). Des informations sur les produits peuvent aussi être obtenues dans les fiches de données sécurité, les fiches techniques ou les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) de la base INIES. Le protocole HQE pour l'évaluation de la QAI a retenu plusieurs polluants liés principalement au

**Le formaldéhyde** est présent dans de nombreux produits de construction (bois brut et panneaux dérivés du bois avec liant à base de formol – panneaux de particules, de fibres, OSB, etc. -) et de consommation d'usage courant (peintures à solvant, produits de bricolage, meubles, produits d'entretien et de traitement, cosmétiques...). Il résulte également de phénomènes de combustion incomplète, comme pour la fumée de tabac, les bougies parfumées et encens, les feux de cheminée...

Le formaldéhyde est un irritant du nez, de la gorge et des yeux. Depuis 2004, il est classé « substance cancérigène avérée pour l'homme » (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer, pour les cancers du nasopharynx par inhalation sur la base d'études épidémiologiques en milieu de travail (Anses, 2007)

**Les composés organiques volatils (COV)** ont de nombreuses sources intérieures. Les émissions peuvent être ponctuelles, lors de l'utilisation d'un produit ou d'une activité particulière (produit d'entretien, combustion du bois ou du charbon,

tabagisme, nettoyage à sec, etc.) ou à plus long terme, de plusieurs mois voire quelques années, comme le relavage de produits de construction, de décoration et d'ameublement : panneaux de bois reconstitués (agglomérés), bois de charpente et planchers, produits de pose (primaires, ragréages, colles), peintures, vernis, mousses isolantes, moquettes, revêtements de sol, de mur et de plafond, etc. Ils ont également des sources extérieures : la pollution urbaine dont le trafic automobile (carburants, station-service, parcs de stationnement), la proximité d'industries et d'incinérateurs, la pollution éventuelle du sol selon l'historique du site, l'asphalte ou le bitume.

Les principaux effets sur la santé humaine des COV peuvent aller des irritations de la peau (exemple du toluène), des maux de tête jusqu'à des cancers (exemple du benzène). Toutefois, si les effets de certains COV étudiés individuellement sont connus, leurs effets combinés dans le cas d'une exposition simultanée restent souvent méconnus (Anses 2009). **7**



### 3/ Les occupants et leurs activités

La qualité de l'air intérieur est impactée, de manière plus ou importante, par la présence humaine ou d'animaux domestiques et les activités menées par les occupants (utilisation d'appareils de combustion, de produits domestiques pour le ménage, le bricolage ou la

désodorisation, de cosmétiques, tabagisme, production d'humidité), ainsi que par leurs comportements en matière d'aération et de ventilation/climatisation (fonctionnement et entretien).

Le protocole HQE pour l'évaluation de la QAI a retenu plusieurs paramètres liés aux occupants, à

leurs activités et leurs comportements, comme le dioxyde de carbone, l'indice de contamination particulaire, les flores bactérienne et fongique, le monoxyde de carbone, le formaldéhyde, l'indice COV et les composés organiques volatils majoritaires.

## Point Molécules



**Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)** est une molécule endogène produite par la respiration. Sa concentration dans l'air est liée à l'occupation humaine et au renouvellement d'air. Les effets sur la santé (diverses nuisances), la perception de confort ou la performance sont observés, dans des conditions normales d'occupation, au-delà du seuil de 1000 ppm de CO<sub>2</sub> pris en tant qu'indicateur de confinement d'air.

Le comptage des **particules en suspension dans l'air** des locaux permet de vérifier une éventuelle émission de contaminants particulaires en provenance des installations de ventilation/climatisation. Il se réfère à une classe de propreté particulaire ISO 9 de la norme relative aux salles propres et environnements maîtrisés apparentés, pour des particules de diamètre aérodynamique supérieur ou égal à 0,5 µm et 1 µm. L'accroissement des concentrations des particules traduit un dysfonctionnement des installations de ventilation/climatisation et justifie de réaliser une mesure gravimétrique en PM<sub>2,5</sub>.

Le dénombrement de la **flore bactérienne** revivifiable est un indicateur environnemental qui témoigne principalement de l'occupation et de l'activité récente dans les locaux. En effet, l'homme émet de façon naturelle une importante quantité de bactéries dans l'air, essentiellement par desquamation de la peau et par la parole, la toux ou les éternuements. L'activité dans le local peut elle aussi conduire à la remise en suspension dans l'air de particules portant des bactéries. L'accroissement des numérations bactérienne justifie de vérifier le bon renouvellement d'air des locaux, ainsi que l'état de propreté de la prise d'air neuf et de la centrale de traitement d'air. De même, il est recommandé de vérifier l'état des conduits aérauliques, des grilles, des diffuseurs et des ventilo-convecteurs dans les locaux et de s'assurer de l'absence de toute autre source de contamination (empoussièrement important, eau stagnante, etc.).

Le dénombrement de la **flore fongique** revivifiable est un indicateur de la qualité de la filtration de l'air des installations

de traitement d'air. Il permet de vérifier l'efficacité du système en s'assurant du piégeage de la flore fongique extérieure. Il permet aussi de mettre en évidence la présence de spores fongiques provenant d'une source intérieure d'humidité (dégâts des eaux, infiltrations, condensations) ou de développement de moisissures.

L'accroissement des numérations fongiques justifie de vérifier le niveau d'empoussièrement et l'étanchéité des filtres des centrales de traitement d'air distribuant l'air dans le bâtiment. Il est également important de noter la présence éventuelle de plantes d'intérieur, d'un empoussièrement important des locaux (stockage de papiers, etc.) ou de l'ouverture possible des fenêtres qui pourrait être une source d'apport direct extérieur de spores fongiques.

Le **monoxyde de carbone (CO)** provient, en milieu intérieur, essentiellement de la fumée de tabac ou de l'utilisation d'un appareil non raccordé à un conduit de fumée, par exemple, cuisinières, chauffe-eau, barbecues, braseros, groupes électrogènes, chauffages mobiles d'appoint, panneaux radiants, véhicules à moteur, utilisant un combustible fossile (gaz naturel, GPL, fioul, bois, charbon, pétrole désaromatisé...). Une production importante de CO peut être également générée dans les logements et leurs annexes par les appareils de chauffage et de production d'eau chaude défectueux, vétustes, raccordés à un conduit de fumée non conforme ou non entretenu (tuyau de raccordement débouchant directement à l'extérieur, conduit de fumée fissuré, obstrué par les suies...). D'une manière générale, une ventilation insuffisante constitue une circonstance aggravante (chauffage d'appoint utilisé en continu, moteur thermique...). A l'extérieur, les transports routiers (moteurs à combustion interne) interviennent dans la pollution oxycarbonée des voies urbaines.

Le monoxyde de carbone est en France l'une des principales causes d'intoxication accidentelle (domestiques, professionnelles, émanations d'incendie, de véhicules à moteur, suicides...). Maux de tête, nausées, vomissements sont les symptômes qui doivent alerter (Anses,2007).



Guide pratique pour favoriser les mesures de QAI des bâtiments neufs ou rénovés à réception



Protocole HQE de mesures de QAI des bâtiments neufs ou rénovés à réception



Protocole HQE de mesures de QAI des bâtiments en exploitation



Paramètre retenu	Protocole à réception	Protocole en exploitation	Prélèvement de courte durée	Prélèvement de longue durée	Valeur de référence
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	✓	✓*		5 jours	20 µg/m <sup>3</sup> VGAI Anses 2013
Benzène	✓	✓*		5 jours	2 µg/m <sup>3</sup> VRAI HCSP 2009
Particules PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub>	✓	✓*		5 jours	27 µg/m <sup>3</sup> 18 µg/m <sup>3</sup> VRAI HCSP 2013
Radon	✓			60 jours	100 Bq/m <sup>3</sup> VG OMS 2009
Formaldéhyde	✓	✓		5 jours	10 µg/m <sup>3</sup> VGAI Anses 2007
Indice COV	✓	✓		5 jours	≤ 300 µg/m <sup>3</sup> Agence fédérale allemande pour l'environnement 2007  VGAI Anses ou VG OMS ou valeurs OQAI (Campagne Logements)
Composés organiques majoritaires	✓	✓		5 jours	
Courbe de dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )		✓		5 jours	< 1000 ppm RSD type
Monoxyde de carbone (CO) si source de combustion	✓	✓		5 jours	10 mg/m <sup>3</sup> (8 heures) 30 mg/m <sup>3</sup> (une heure) 60 mg/m <sup>3</sup> (30 mn) 100 mg/m <sup>3</sup> (15 mn) VGAI Anses (2007)
Indice de contamination particulaire		✓	✓		D ≥ 0,5 µm : 35 200 000 /m <sup>3</sup>  D ≥ 1 µm : 8 320 000 /m <sup>3</sup> NF EN ISO 14644-1 : 2016
Dénombrement des flores bactérienne et fongique		✓	✓		< 1 000 UFC/m <sup>3</sup> (bactéries) < 100 UFC/m <sup>3</sup> (spores fongiques) XP X 43-401 : 1998
Température et hygrométrie	✓	✓		5 jours	22°C (19-26°C) 40 – 60 % XP X 43-401 : 1998

**Tableau I :** Paramètres retenus pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové à réception et d'un bâtiment en exploitation

Le tableau I présente les paramètres retenus dans les protocoles HQE pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments neufs ou rénovés à réception et dans les bâtiments en exploitation. Il précise les types de prélèvement, courte et longue durée, et les valeurs de référence associées à ces paramètres

\*paramètres optionnels, à réaliser si sources potentielles de pollution.

## L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

L'Alliance HQE-GBC met à disposition plusieurs documents pour aider les acteurs à évaluer la qualité de l'air intérieur des bâtiments neufs, rénovés ou en exploitation.

L'Alliance HQE-GBC propose depuis septembre 2013, fruit de son programme d'innovation de référence HQE Performance, des règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur à la réception d'un bâtiment neuf ou rénové, c'est-à-dire au moment du transfert de propriété au maître d'ouvrage. L'objectif de ce protocole de mesure est de déterminer une qualité de l'air intérieur en se fondant sur des polluants et des valeurs de référence sanitaires, avant que les occupants n'intègrent le bâtiment. Le guide pratique, publié en juin 2017, présente les 5 étapes clés pour intégrer, réaliser et valoriser des mesures de qualité de l'air intérieur à réception : programme, conception, dossier de consultation des entreprises, réalisation et livraison.

L'Alliance HQE-GBC propose également des règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation, dans le contexte particulier d'une surveillance régulière des bâtiments de toutes typologies durant leur phase de vie. Ce document méthodologique qui vient de paraître s'inscrit dans l'engagement pour la qualité de vie du cadre de référence du bâtiment durable de l'association. Les paramètres mesurés, de nature physique, chimique et microbiologique, sont associés à des valeurs de référence permettant de détecter d'éventuels dysfonctionnements techniques du bâtiment en exploitation.

Le protocole de base à réception ou les paramètres prioritaires en exploitation pourront être complétés par d'autres paramètres, si l'enquête préalable aux prélèvements révèle d'autres sources potentielles de pollution : problèmes d'humidité, site potentiellement pollué, évolution de l'environnement extérieur, par exemple lors de nouvelles constructions de grandes hauteurs ou de changement de flux de circulation...

### Légende du tableau :

VGAI Anses : Valeur guide de qualité d'air intérieur, définie par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail  
VRAI HCSP : Valeur repère d'aide à la gestion dans l'air intérieur, définie par le Haut Conseil de la santé publique  
VG OMS : Valeur guide, définie par l'Organisation Mondiale de la Santé  
RSD : Règlement sanitaire départemental type  
Valeurs OQAI : valeurs mesurées lors de la campagne Logements (2003-2005)  
NF EN ISO 14 644-1 : 2016 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Partie 1 : classification de la propreté particulière de l'air  
XP X 43-401 : 1998 Qualité de l'air - Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels - Bâtiments à usage de bureaux et locaux similaires.

Les protocoles à réception et en exploitation définissent les méthodes de prélèvement et d'analyse, les stratégies d'échantillonnage et les valeurs de référence recommandées. Ces protocoles se veulent les plus simples possibles pour être opérationnels, reproductibles, admissibles économiquement et être une aide à la décision.

En conclusion, les règles d'application proposées par l'Alliance HQE-GBC pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur de bâtiments de toutes typologies, au moment de leur réception et en exploitation, s'adressent à tous les acteurs qui souhaitent, de manière volontaire, évaluer les performances de leurs bâtiments, avec l'objectif de lieux de vie plus sûrs et qui favorisent la santé des occupants.

**Fabien SQUINAZI**

### Références

- Alliance HQE-GBC. Protocole HQE PERFORMANCE : Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové à réception, 25 pages. Version de Juin 2015.
- Alliance HQE-GBC France. Guide pratique « Mesurer la qualité de l'air intérieur des bâtiments neufs ou rénovés : 5 étapes clés pour intégrer, réaliser et valoriser des mesures à réception, 36 pages. Juin 2017
- Alliance HQE-GBC France. Le bâtiment durable pour tous. Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation, 29 pages (à paraître)
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le dioxyde d'azote. Février 2013
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le benzène. Mai 2008
- Haut Conseil de la Santé Publique. Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos. Les particules. Juillet 2013
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. Le risque radon dans les habitations en 10 questions. Novembre 2017
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldéhyde. Juillet 2007
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur.
- Composés organiques volatils et environnement intérieur. Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration. Octobre 2009
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur.
- Concentrations de CO2 dans l'air intérieur et effets sur la santé. Juillet 2013.
- NF EN ISO 14 644-1 : 2016 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Partie 1 : classification de la propreté particulière de l'air.
- Norme XP X 43-401 : 1998 Qualité de l'air - Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels - Bâtiments à usage de bureaux et locaux similaires.
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur.



**Docteur Fabien Squinazi** - [fabien.squinazi@gmail.com](mailto:fabien.squinazi@gmail.com)

Membre d'honneur de l'Alliance HQE-GBC

Animateur du groupe de travail « Qualité de l'air intérieur »  
du programme d'innovation collaborative HQE Performance

Médecin biologiste, ancien biologiste des hôpitaux (1975-1983), ancien Directeur adjoint du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) (1984-1993), ancien Directeur du LHVP (1994-2012) et ancien Chef du Bureau de la Santé Environnementale et de l'Hygiène à la Mairie de Paris (2009 – 2012).

**POUR EN SAVOIR PLUS**





## VERS UNE ADÉQUATION ENTRE QAI PRÉVISIONNELLE ET QAI RÉELLE

10 fois plus élevées. Les concentrations de certains polluants sont environ 10 fois plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur de nos bâtiments. Un constat d'autant plus alarmant que nous passons près de 80 à 90% de notre temps à l'intérieur. La qualité de l'air intérieur (QAI) a donc été identifiée comme une priorité des lois Grenelle (2009-2010) et des 2° (2009-2013) et 3° (2015-2019) plans nationaux Santé-Environnement.

### RÉDUIRE LE GAP DE PERFORMANCES ENTRE QAI PRÉVISIONNELLE ET QAI RÉELLE

Afin d'améliorer les performances énergétiques et de qualité de l'air intérieur des bâtiments, le différentiel entre performance prévisionnelle et réelle doit être pris en compte lors des trois phases clés de la construction : la conception, la réalisation, et l'exploitation. L'impact de chacune de ces phases sur le gap de performance énergétique a été chiffré<sup>1</sup> :

- 10% à 20% pour la phase de conception
- 10 à 30% pour la phase de construction
- 30 à 120% pour la phase d'exploitation.

Parallèlement, il a été démontré que mêmes conçus pour être exemplaires sur le plan de la QAI, certains bâtiments présentaient malgré

tout, au réel, une QAI non satisfaisante 1 (apparition de moisissures) 2.

La réduction du gap de performance entre prévisionnel et réel, est donc un enjeu national et européen sur lequel s'implique notamment NOBATEK/INEF4, Institut national pour la transition énergétique et environnementale du bâtiment via de nombreux projets collaboratifs.

### UNE BASE DE DONNÉES DES ÉMISSIONS POLLUANTES EN CONDITIONS RÉELLES.

Les équipes du centre de recherche développent notamment des méthodes alternatives pour la mesure des émissions de polluants<sup>3</sup>. L'objectif est de constituer une base de données des émissions de polluants des produits de construction en conditions réelles (et sur site)

adaptée aux modèles de prédiction de la QAI à l'attention des maîtres d'œuvres et les maîtres d'ouvrage.

### DE NOUVEAUX OUTILS DE CONTRÔLE EN TEMPS RÉEL DE LA QAI SUR CHANTIER

Si en 2017, l'Alliance HQE-GBC a publié, en France, un guide pratique de mesure de la qualité de l'air intérieur, l'Europe a dès 2015 lancé un appel à projet pour la réduction de l'impact de la phase de construction sur les performances des bâtiments tant sur le plan énergétique que sur le plan de la QAI (EeB-03).

Ainsi, le projet BUILT2SPEC4, coordonné par NOBATEK/INEF4, regroupe 20 partenaires<sup>5</sup> représentatifs de toute la chaîne de valeur de la construction.

Les outils de contrôle de performance du bâtiment actuels, sont très peu adaptés aux vérifications rapides et régulières sur chantier. L'objectif de BUILT2SPEC est de proposer des outils de contrôle alternatifs, portatifs, ergonomiques et faciles d'utilisation, notamment un analyseur en temps réel de la QAI, permettant de corriger les problèmes détectés au fur et à mesure de la construction.

#### UNE PLATEFORME NUMÉRIQUE POUR AMÉLIORER LE SUIVI DES TESTS

Parallèlement, VRM Technology a développé une plateforme virtuelle « Virtual Construction Management Platform » (VCMP), accessible depuis tablette ou smartphone, connectée à ces nouveaux outils de contrôle.

Le but principal de cette nouvelle plateforme est de permettre aux responsables des tests et du suivi de chantier (maître d'œuvre, experts, maître d'ouvrage,...) de suivre les résultats en temps réel et mettre en place les actions correctives directement sur chantier notamment grâce aux fonctions suivantes :

- La planification des différents tests de contrôle de performance à effectuer,
- L'envoi de notifications pour réaliser les tests au bon moment,
- La centralisation des documents nécessaires à la réalisation des essais (plans, protocoles de mesure, guide d'utilisation des outils,...)
- La centralisation des résultats obtenus,
- L'envoi en temps réel des résultats pour analyse,
- L'envoi de notifications de réussite ou d'échec aux tests et les mesures correctives à réaliser

Afin de garantir l'obtention d'une QAI conforme à celle prévue initialement, la liste des tests à réaliser a été définie et intégrée à la plateforme VCMP. Ces tests intègrent des mesures de concentration de polluants, mais également d'autres éléments tels que la vérification des codes-barres des matériaux réceptionnés et

des conditions du stockage des matériaux.

#### UNE CHECK-LIST ET DES INDICATEURS POUR S'ASSURER DES RÉSULTATS OBTENUS

La plateforme VCMP intègre une liste de points de contrôle de la QAI, basée sur le protocole HQE pour l'évaluation de la QAI, à réaliser lors des mesures de concentrations de polluants. L'opérateur peut adjoindre à cette check-list des photos des opérations de mesure, qui lui permettront d'une part un auto-contrôle des conditions requises à l'obtention de résultats fiables et d'autre part à l'expert de s'assurer que le test a été réalisé dans les conditions ad-hoc.

Des indicateurs, définis par NOBATEK/INEF4, permettent de statuer sur la réussite ou non des tests relatifs aux mesures de concentration de polluants. Le projet ayant une dimension européenne, ils ont été définis en tenant compte des polluants cibles prioritaires et de leurs valeurs guides associées publiées par les organismes de chaque pays impliqués dans le projet (ex : ANSES pour la France) et par les organismes de santé internationaux (ex : OMS).

Le développement des outils est actuellement terminé. Une première phase concluante de tests de ces outils a été réalisée pour comparer leurs performances à celles des méthodes normalisées en conditions réelles et les outils ont été connectés à la VCMP. Les tests par les utilisateurs finaux (les maîtres d'ouvrage) en conditions réelles sont en cours et s'achèveront fin 2018. Chaque technologie associée à la VCMP sera testée par 5 maîtres d'ouvrage situés dans 5 pays différents dont le bailleur social LogiRep pour la France.

Aujourd'hui, les premiers retours des maîtres d'ouvrage impliqués dans le projet permettent d'être confiants sur l'utilisation de la plateforme VCMP dans de futurs projets de construction de bâtiment et des outils associés. Sa mise à disposition est prévue pour 2019.

**Natacha KINADJIAN CAPLAT**

1 : Green Construction Board

2: Bulletin n°10 de l'OQAI sur le programme OQAI-BPE

3 : DOSEC outil de mesures In situ des émissions des matériaux, QAI&Co, plateforme de tests en conditions réelles des matériaux à l'échelle 1

4: Built to Specifications: Self-Inspection, 3D Modelling, Management and Quality-Check Tools for the 21st Century Construction Worksite

5 NOBATEK/INEF4 (FR), CEREMA (FR), ENSAN (FR), I2M-Université de Bordeaux (FR), Blue Industry and Science (FR), LogiRep (FR), Passive House Institute (DE), VRM Technology (GB), Lakehouse Contracts Ltd (GB), Nottingham University (UK), BSRIA Ltd (UK), Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (NL), ETH Zurich (Su), Obrascón Huarte Lain (ES), EURECAT (ES), LaSalle University (ES), DeCinque Construction Group (IT), R2M Solution (IT), EcoFix Ltd (IRL), Oran Pre-Cast Ltd (IRL), National University of Ireland in Galway (IRL)

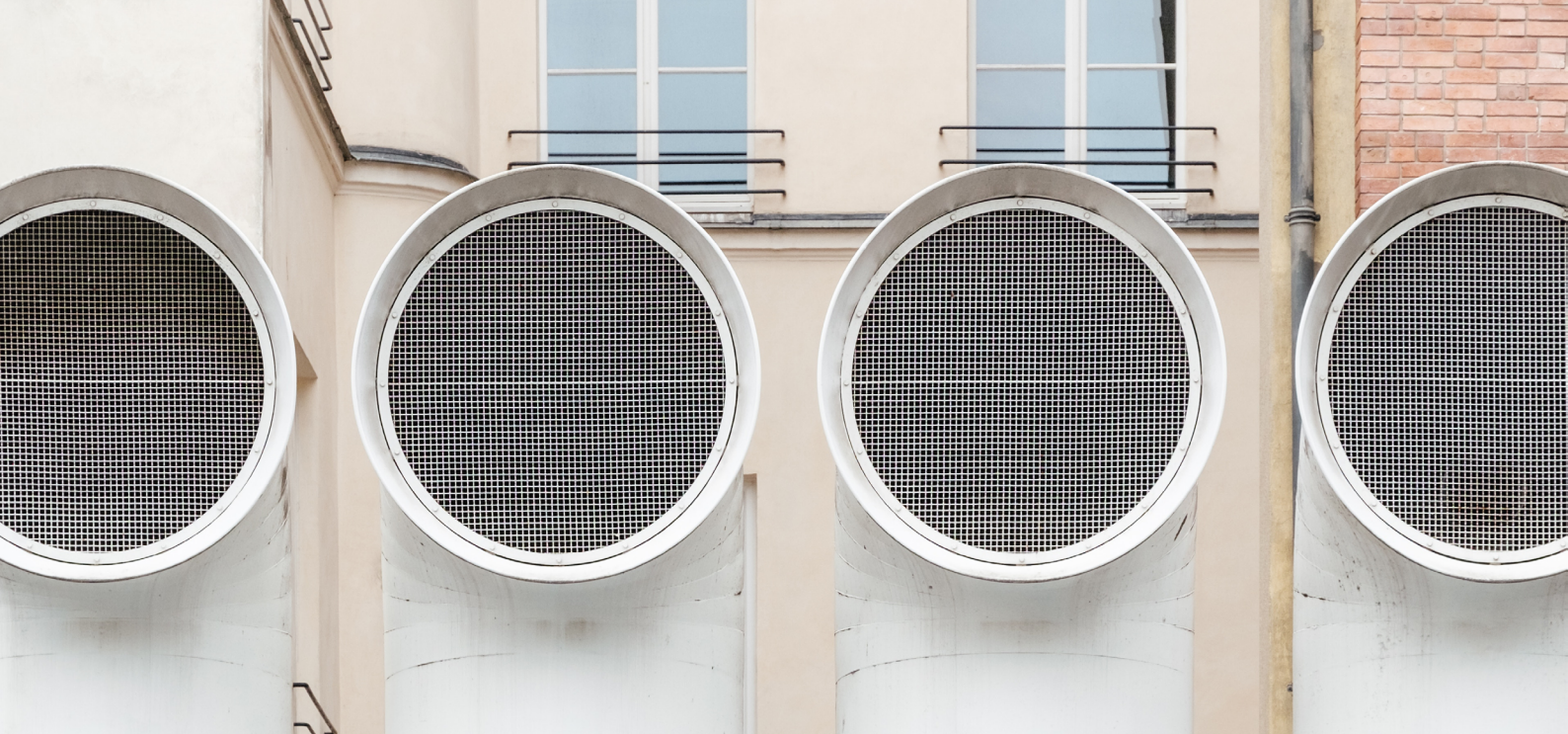


**Natacha KINADJIAN CAPLAT** - [ncaplat@nobatek.inef4.com](mailto:ncaplat@nobatek.inef4.com)  
Ingénieur Matériaux et Technologies de Construction

Twitter : [@NobatekInef4](https://twitter.com/NobatekInef4)  
<https://www.nobatek.inef4.com/>

**POUR EN SAVOIR PLUS**





## LES INDUSTRIELS DE L'AÉRAULIQUE INVESTIS DANS LE CHALLENGE DE LA QAI

*La qualité de l'air dans les bâtiments est au cœur des métiers des fabricants de systèmes de ventilation et de filtration de l'air. Pour être en mesure d'apporter des solutions adaptées aux besoins, il est indispensable que le critère QAI soit pris en compte dès la conception du projet, que ce soit pour un bâtiment neuf ou dans le cadre d'une rénovation. L'aéraulique est impacté par de nombreux facteurs qu'il vaut mieux maîtriser au plus tôt dans la conception pour éviter les désordres.*

### Des avancées sur la Ventilation et Traitement d'Air

Depuis le 1er janvier 2018, les centrales de traitement d'air double flux, régies par le règlement Eco-design 1253/2014, sont toutes équipées d'un indicateur d'encrassement de filtre, ce qui permet d'informer l'utilisateur de l'état de son filtre et de l'accompagner dans la maintenance de l'équipement.

S'agissant des réseaux aérauliques, nous nous félicitons du développement des accessoires à joint qui représentent désormais 36% du marché des accessoires. Ceci étant accompagné par une dynamique de mesure d'étanchéité de réseaux aérauliques. Les systèmes comportent de plus en plus d'intelligence ce qui permet d'adapter et de réguler le débit de ventilation en fonction des besoins réels et mesurés : on parle de modulation des débits.

Pour accompagner la profession, le Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques (CE-TIAT) réalise des études collectives de recherche et de mesure au service de l'amélioration des produits et des installations. On peut citer une étude en cours sur la caractérisation des capteurs de QAI à bas coût. A noter également le congrès de l'AIVC qui se déroulera le 18-19 septembre à Juan-les-Pins sur la thématique suivant : [smart ventilation for buildings](#).

### Vers une Filtration selon les besoins

Les fabricants de filtres s'impliquent dans les travaux de normalisation au niveau international afin de partager et faire émerger des solutions qui puissent répondre à la recherche d'une filtration selon les besoins. Ainsi la nouvelle norme NF EN ISO 16890 (2017) : Filtres à air de ventilation générale déjà en vigueur sera l'unique référence à

partir du 1er juillet 2018 puisqu'elle remplacera définitivement la NF EN 779 : 2012.

L'objectif de cette nouvelle approche est de mieux prendre en compte les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en matière de qualité de l'air et de santé. L'efficacité des filtres est évaluée en fonction de sa performance de filtration sur des particules de différentes tailles (PM1, PM2.5, PM10,...) présentes dans l'atmosphère et en fonction de leur type d'utilisation.

Ce basculement normatif impacte les méthodes de tests effectués sur les filtres et non la conception du filtre. A noter du fait des changements notables dans cette nouvelle norme, il n'existe pas d'équivalence évidente entre l'ancienne et la nouvelle norme.

Ce changement va entraîner une prise en compte des attentes du client final afin que toute la chaîne des acteurs puisse répondre aux enjeux sanitaires (fabricants de systèmes de ventilation, bureaux d'études, maintenance,...). En 2018, Uniclimate s'attachera à accompagner la filière dans cette transition où l'on présentera un pourcentage d'efficacité de filtration sur des tailles de particules (ex : 70% ePM2,5 ; 50% ePM1).

### Une filière industrielle engagée, à travers Uniclimate, dans des travaux collectifs

- Révision de la norme EN13779 qui définit les différents paramètres à prendre en compte dans la conception de système de ventilation pour les bâtiments tertiaires. La nouvelle norme NF EN 16798-3 publiée en 2017 donne des recommandations de conception et notamment des niveaux de filtration pour un couple bâtiment-environnement extérieur.
- Un livret QAI Tertiaire d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages est en cours de rédaction et a pour objectif de guider les décideurs dans les choix techniques des installations de traitement d'air en fonction des projets.

- En ventilation résidentielle, Uniclimate a édité en 2013 un guide pratique « NECESS'AIR®, l'air et la manière » sur la ventilation qui est à disposition sur demande sur le site d'Uniclimate.



- Un projet de livre blanc pour la qualité des installations de ventilation : Les professionnels membres du Club Ventilation de la DHUP ont pour projet la rédaction d'un livre blanc de la ventilation pour améliorer la qualité des installations de ventilation des bâtiments afin de contribuer à offrir à nos concitoyens un environnement intérieur sain et confortable. L'objectif premier est de sensibiliser les pouvoirs publics sur la récurrente non-conformité des installations de ventilation et des désordres que cela engendre. La proposition phare du document concerne la mise en place d'une attestation de prise en compte de la réglementation sur l'aération pour les opérations de construction neuve et pour les rénovations lourdes avec des installations de ventilation neuves

- Publications de l'Alliance HQE-GBC : Grâce à un réseau fort de partenaires impliqués, l'Alliance HQE-GBC a édité plusieurs publications pouvant accompagner les projets afin d'effectuer des mesures de qualité d'air intérieur à réception dans le neuf ou rénové ainsi que dans le cadre d'un suivi pour les bâtiments existants. Uniclimate, en tant que membre de l'Alliance poursuivra ses engagements pour apporter des pistes d'amélioration de la qualité de l'air dans les bâtiments.

- Conférences : Uniclimate anime des conférences et intervient dans toutes sortes d'ateliers afin d'apporter un éclairage sur les techniques et les développements de la Profession. On peut citer les ateliers de la qualité de l'air sur le dernier salon Interclima+elec.

### PERSPECTIVES & CONCLUSION

Les nouvelles règles de construction et de rénovation sont essentiellement encadrées par une recherche de la baisse des consommations énergétiques. Si notre industrie soutient et accompagne cet effort, nous alertons tous les acteurs pour leur dire que la qualité de l'air est l'enjeu à prendre en considération au plus vite par le plus grand nombre. C'est un challenge pour les futures décennies.

### POUR EN SAVOIR PLUS



**Uniclimate** est le syndicat professionnel des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques.

Il rassemble 87 adhérents qui réalisent un chiffre d'affaires de près de 6,5 milliards d'euros, dont 1,8 à l'export, pour près de 23 000 emplois en France.

Uniclimate représente les domaines d'activité suivants : la chaleur, y compris la chaleur renouvelable, la qualité de l'air et le froid, pour des applications dans les secteurs résidentiels, tertiaires et industriels.





## LES FDES : INDISPENSABLES POUR E+C- MAIS AUSSI POUR LA QAI !

Comment choisir ses produits de construction afin d'avoir une bonne qualité de l'air intérieur ? Où trouver cette information ? Les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) sont disponibles dans la Base INIES pour vous aider.

Vous connaissez le volet environnemental des FDES avec E+C- et la pratique de l'Analyse du cycle de vie qui se développe, mais ces déclarations ont aussi un volet sanitaire qui est une exigence demandée depuis le début dans la norme française et reprise dans le complément national de la norme EN 15804. Nous avons donc des HEPD « Health and Environmental Product Declaration » si l'on veut faire un lien avec le jargon international. Propriété de l'Alliance HQE-GBC, la Base INIES regroupe les déclarations environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction disponible sur le marché français. Elle peut ainsi être un outil d'aide à la décision pour le choix d'un produit en fonction de son impact sur la qualité de l'air intérieur de nos bâtiments.

- **Côté E (environnemental) des FDES**

L'indicateur « pollution de l'air »

issu de l'analyse de cycle de vie est une évaluation des impacts des émissions de polluants dans l'air extérieur générés tout au long de la vie du produit (du berceau à la tombe). Exprimé en m<sup>3</sup>, cet indicateur calcule le volume d'air qui serait nécessaire pour diluer la pollution générée afin que celle-ci soit sans risque pour l'environnement, l'Homme inclus.

Cet indicateur ne représente pas une évaluation des risques sanitaires de l'air intérieur des bâtiments liés aux émissions durant la phase d'utilisation du produit dans le bâtiment

- **Côté S (sanitaire) des FDES**

On distingue deux types d'informations à déclarer dans les impacts sanitaires : celles contribuant à l'évaluation des risques sanitaires et celles contribuant à l'évaluation du confort (hygrothermique, visuel, acoustique et olfactif). Pour la qualité de l'air intérieur, ceux sont les in-

formations sur les risques sanitaires qui sont pertinentes.

L'annexe D du complément national NF EN 15804/CN dresse une liste des émissions ou sources de pollutions indicatives et non exhaustives sur laquelle reporter pour les FDES. Il s'agit :

- Monoxyde de carbone (CO)
- Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
- Oxyde d'azote et de soufre (Nox, SOx)
- Hydrocarbures
- Radon et rayonnements,
- Composés Organiques Volatils (COV)
- Poussières
- Les particules viables y compris les micro-organismes tels que les petits insectes, les protozoaires, les moisissures, les bactéries et les virus
- Les particules non viables, telles les fibres et les particules en suspension respirables et non-respirables
- ...

L'annexe E du complément national NF EN 15804/CN, quant à elle, précise les normes à respecter pour l'évaluation sanitaire.

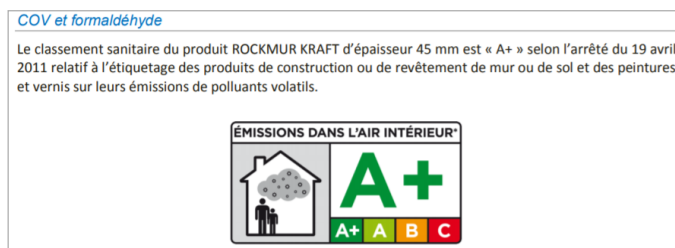
Les résultats de cette caractérisation sanitaire du produit sont inclus dans la vérification par tierce partie indépendante de la FDES.

## Exemples issus de différentes FDES présentes sur la base INIES

Plusieurs informations sont présentes dans ce volet :

- COV et formaldéhyde

Figure 1 : Isolant de laine de roche de 45 mm : ROCKMUR KRAFT 45mm (INIES id: 7435)



- Comportement face à la croissance fongique et bactérienne

### Comportement face aux micro-organismes

Aucun développement de micro-organismes n'a été observé à la surface des ouvrages en plaques de plâtre, dans les conditions normales de conception et d'utilisation des bâtiments.

Figure 2 : Pladur® H1 25 (INIES id : 4315)

- Emissions de fibres et particules

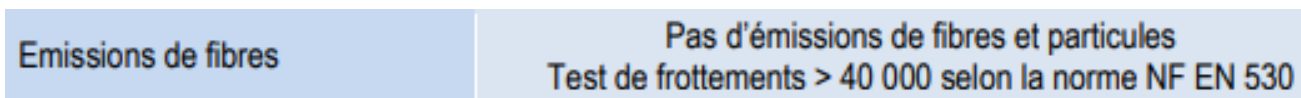


Figure 3 : Revêtement acoustique Vibrasto 10 (INIES id : 4844)

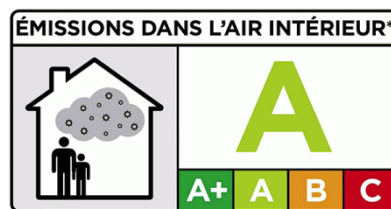
- Recherche des produits en fonction de la classe d'étiquette COV choisie

Depuis le 1er septembre 2013, tous les produits de construction et de décoration mis à disposition sur le marché doivent être munis d'une étiquette reflétant le niveau d'émissions de COV. Celle-ci, prévue par le décret du 23 mars 2011, indique de manière lisible et simple le niveau d'émission du produit en polluants volatils. Ce niveau d'émission est indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions). Les produits concernés par l'étiquetage obligatoire sont :

- Les produits de construction ou de revêtements de murs, sols ou plafonds employés à l'intérieur des locaux (cloisons, panneaux, parquets, moquettes, papiers peints, peintures...)
- Les produits utilisés pour leur incorporation ou application (isolants sous couches, vernis, colles, adhésifs, etc.).

Cette étiquette est numérisée dans la Base INIES ce

qui permet aujourd'hui aux utilisateurs de rechercher leurs produits en fonction d'une classe choisie. Cela pourrait aussi permettre à des logiciels souhaitant calculer la performance sanitaire des bâtiments de se connecter au webservice d'INIES pour avoir toutes ces données en format numérisées ou de les connecter aux maquettes BIM via leur identifiant unique (id) INIES. On peut donc en conclure que la Base INIES ne sert pas qu'à l'expérimentation E+C-, elle a d'autres trésors qui peuvent servir pour la qualité de l'air intérieur !



## POUR EN SAVOIR PLUS



La base INIES met à disposition des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) de produits de construction, des Profils Environnementaux Produits (PEP) d'Equipements, des données de services (énergie, eau...) et des inventaires de cycle de vie des matériaux. Toutes ces informations sont fournies de façon volontaire par les fabricants ou syndicats professionnels sur la base d'une Analyse du Cycle de Vie (ACV) conforme aux exigences réglementaires

françaises qui prennent appui sur les normes françaises et européennes, référentiels adaptés aux produits et équipements de la construction.

Contact : Nadège OURY - [noury@hqegbc.org](mailto:noury@hqegbc.org)





## L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DES INSTALLATIONS DE VENTILATION ET DE L'AIR INTÉRIEUR : UNE URGENCE !

*Pour maintenir une bonne qualité de l'air intérieur et maîtriser le taux d'humidité relative dans les bâtiments, un renouvellement d'air suffisant est essentiel. Pourtant, en raison de son impact sur la consommation d'énergie des bâtiments et des désordres régulièrement constatés sur les chantiers, le simple respect des débits d'air réglementaires relève trop souvent du parcours du combattant. Les retours de terrain montrent que la qualité finale des systèmes de ventilation reste quasi-systématiquement négligée en raison de défauts soit de conception, de mise en œuvre ou de maintenance. Les logements individuels neufs ayant fait l'objet d'un contrôle réglementaire de la rubrique « aération » accusent un taux plutôt alarmant de 68 % de non-conformité contre 44 % pour les logements collectifs (Jobert, 2012).*

Les bâtiments à basse consommation représentent une cible particulièrement sensible. Avec la réglementation thermique et les labels qui tendent à imposer des enveloppes de plus en plus étanches à l'air, le risque est donc grand de construire une génération de logements individuels, performants énergétiquement sur le papier, mais vecteurs d'un air intérieur malsain dans les faits.

### **VIA-qualité, vers des systèmes de ventilation et un air intérieur de qualité en logements individuels**

Face à ce constat, le projet VIA Qualité propose des démarches qualité (ISO 9001) qui, appliquées par des constructeurs de maisons individuelles, permettront d'améliorer fortement les performances de la ventilation et la qualité de l'air intérieur de ce type de logements.

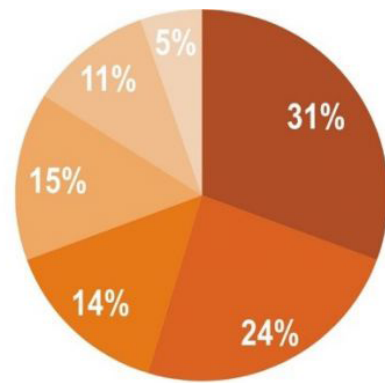
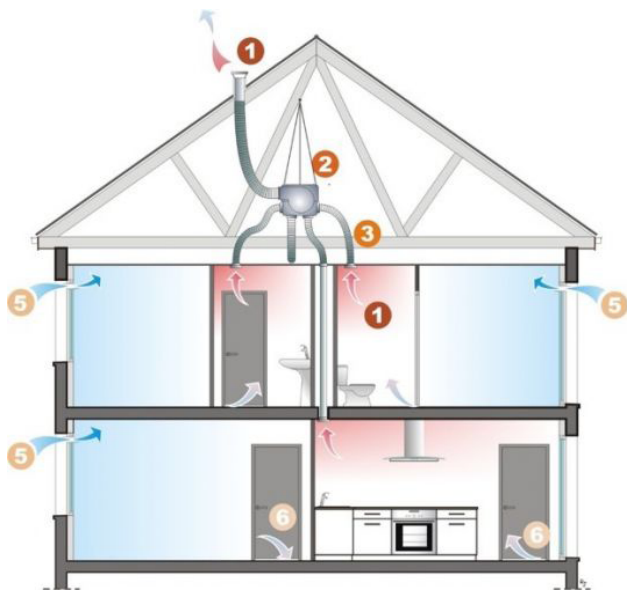
La première phase du projet a permis l'évaluation du fonctionnement des systèmes de ventilation et la perméabilité à l'air de 21 maisons à basse consommation d'énergie, sélectionnées essentiellement en région Rhône-Alpes. Parmi elles, 10 maisons ont bénéficié d'une évaluation de la qualité de l'air intérieur. Cet état des lieux a permis de mettre en évidence à la fois l'ensemble des dysfonctionnements des systèmes de ventilation couramment rencontrés dans les maisons BBC

et les interactions probables entre les performances des systèmes de ventilation et la qualité d'air intérieur.

### **100 % de l'échantillon VIA-qualité non conformes à la réglementation ventilation en vigueur**

Les résultats des mesures de ventilation ont montré qu'aucune maison ne satisfait entièrement à la réglementation actuelle en matière de ventilation. Deux de ces maisons présentaient néanmoins des non-conformités mineures. De façon générale, 81 % des maisons n'atteignent pas les débits d'air totaux requis dont 82 % sont en sous-ventilation et 18 % en sur-ventilation. 50 % des conduits, y compris les conduits d'évacuation et d'alimentation en air neuf, ont une classe de fuite supérieure ou égale à 3 fois la classe A, qui est la plus mauvaise selon la norme EN 14239 (CEN, 2004).





- ❶ Sortie d'air vicié
- ❷ Ventilateur
- ❸ Conduits
- ❹ Configuration du système
- ❺ Admission d'air neuf
- ❻ Passage de transit

Figure 1. Répartition des défauts constatés dans les 21 maisons BBC

Les non-conformités constatées sont assez récurrentes entre les projets alors que des solutions faciles pourraient être mises en œuvre :

- Le seul diagnostic visuel, comme le montre les figures 2, 3 et 4, repère les non-conformités de l'installation de ventilation ;
- Le contrôle des débits à réception permet de vérifier l'apport d'air suffisant dans les logements ;
- La garantie de l'étanchéité à l'air des conduits limite les chutes de pression et la réduction des débits d'air ;
- La bonne mise en œuvre du système et notamment des connexions entre les éléments des réseaux évite les pertes de charge trop importantes.

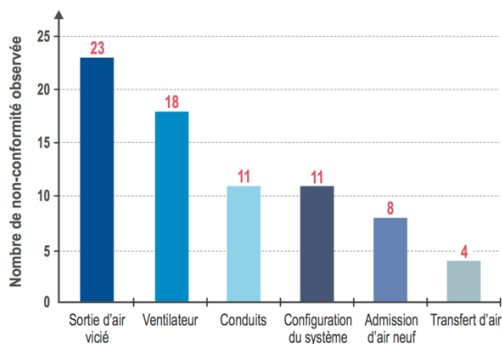


Figure 2. Non-conformités observées lors des diagnostics visuels de ventilation des 21 maisons de la campagne.



Figure 3. Conduits percés Maison n°14



Figure 4. Réseau d'extraction non raccordé et sortie d'air obstruée Maison n°18

## La QAI sous influence du renouvellement d'air, mais aussi des produits et équipements

Une deuxième campagne de mesures a analysé le lien entre les diagnostics de ventilation et les concentrations de polluants dans l'air intérieur dans 10 maisons. Le protocole d'évaluation de la qualité de l'air intérieur suivi a été celui de la campagne OQAI

Bâtiments Performants en Énergie. Les données récoltées par VIA-qualité ont enrichi la base de données de cette campagne.

Pour le formaldéhyde, la valeur médiane sur les 20 points de mesure est de 17,4 µg/m<sup>3</sup>, soit légèrement inférieure à 19,6 µg/m<sup>3</sup>, valeur mesurée durant la campagne nationale sur les logements (OQAI, 2003-2005).

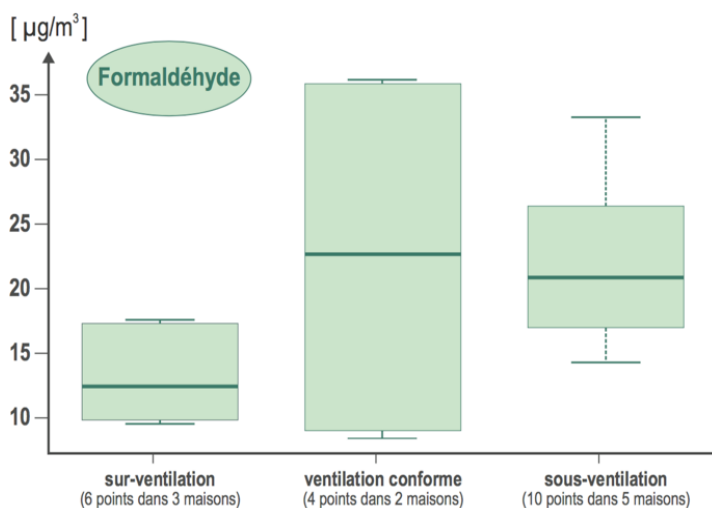


Figure 5. Impact de la ventilation sur les concentrations en formaldéhyde mesurée dans les 10 maisons de la campagne QAI.

L'analyse des liens entre le niveau de ventilation et les concentrations en composés organiques volatils (COV) et en aldéhydes dont le formaldéhyde (Figure 5) montre que les trois maisons surventilées ont des concentrations plus faibles que dans les autres maisons où les résultats varient en fonction des produits de construction et de décoration mis en œuvre, de l'ameublement, de l'environnement extérieur et des comportements des occupants.

La présence d'un garage communiquant avec l'espace de vie a été corrélée à des concentrations intérieures élevées en BTEX (Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) tout particulièrement dans une des maisons où la voiture était garée en marche arrière.

Dans un autre cas, la contribution du garage a été masquée par le dysfonctionnement majeur du poêle à bois couplé à une sous-ventilation

du logement de 83 % par rapport au débit de base réglementaire. Le défaut d'étanchéité du joint de la porte du foyer et le fréquent fonctionnement au ralenti avec une importante charge de bois ont entraîné des concentrations en benzène de 14 µg/m<sup>3</sup> dans le salon où était situé le poêle qui chauffait toute la maison, et de 22 µg/m<sup>3</sup> dans la chambre à l'étage, des teneurs en CO dépassant pendant plusieurs heures la valeur guide de 9 ppm/8 h avec des pics à 30 ppm, des concentrations en PM<sub>2,5</sub> de 27 µg/m<sup>3</sup> dépassant la valeur repère 2015.

## Le CO<sub>2</sub> sous haute surveillance dans les chambres

L'analyse des concentrations en dioxyde de carbone s'est basée sur le nombre d'heures dans une semaine où les teneurs en CO<sub>2</sub> ont été supérieures à 1 000 ppm dans la chambre et sur un indicateur construit à partir de la moyenne des soixante valeurs les plus élevées (OQAI, 2006) dans chaque pièce. Elle montre clairement qu'un confinement apparaît dans les chambres

lorsque les débits d'air sont insuffisants. Mais même lorsque les débits sont conformes (maison n°2), l'absence de détalonnage des portes, empêchant le transfert d'air des pièces de vie dans les pièces humides, est également responsable de teneurs élevées en CO<sub>2</sub> (figure 6).

N° maison	CO <sub>2</sub> (ppm)		Nombre d'heures/sem. > 1 000 ppm dans la chambre	Performance de la ventilation			
	Moyenne 60 valeurs plus élevées Salon	Moyenne 60 valeurs plus élevées Chambre		Débits de base % du seuil réglementaire	Détalonnage des portes	Etanchéité réseaux (selon NF EN 12237)	Équilibrage réseaux (DF)
1	1 442	2 210	12,5 h	moins 35 %	Conforme	3A	0,40 %
2	1 130	2 177	85 h	Conforme	Non conforme	Non mesurée	Non concerné
3	717	1 062	15,5 h	moins 50 %	Conforme	3A	13 %
4	1 111	2 351	47 h	moins 40 %	Conforme	Non mesurée	Non concerné
5	642			plus 37 %	Non conforme	3A	23,10 %
6	734	728	0 h	plus 39 %	Conforme	3A	Non mesuré
7	875	1 503	22 h	moins 74 %	Conforme	3A	48 %
8	979	1 666	57 h	moins 13 %	Conforme	A	26 %
9	661	993	1 h	Plus 59 %	Conforme	A	5 %
10	563	1 044	5 h	Conforme	Conforme	3A	0,30 %

Figure 6. Lien entre les résultats en CO<sub>2</sub> et les performances de la ventilation



## Du constat des désordres aux bonnes pratiques : les Ateliers AIRBAT®

Les désordres constatés dans l'état des lieux de VIA-qualité, confirmant les données des campagnes du contrôle réglementaire de la construction (CRC) rubrique « Aération », mettent en lumière l'urgence d'une meilleure organisation de la filière « ventilation » et l'impérieuse nécessité d'une sensibilisation de tous les corps de métiers aux différentes bonnes pratiques pour assurer un renouvellement d'air adapté et une qualité de l'air maîtrisée dans les bâtiments livrés.

Dans cet objectif, MEDIECO et le cluster BATEKO ont développé, avec l'ADEME, les Ateliers AIRBAT® pour sensibiliser les entreprises et artisans aux pratiques adaptées pour la protection de la qualité de l'air intérieur et les aider à monter en compétences. Ces ateliers courts et pragmatiques sont réalisés directement sur chantier et regroupent tous les représentants des différents lots. Ils s'appuient sur des supports pédagogiques innovants. À partir des désordres identifiés, les bonnes pratiques QAI ont été filmées sur plusieurs chantiers.

La qualité de l'air intérieur doit maintenant se construire sur le chantier.

<sup>1</sup> JOBERT Romuald. La ventilation mécanique des bâtiments résidentiels neufs : État de l'art général, Analyse qualitative et technique des dysfonctionnements. CETE de Lyon. 2012

<sup>2</sup> VIA QUALITE, Projet CORTEA ADEME, coordonné par le CEREMA, « Ventilation en logement Individuel et qualité de l'Air - En route pour des systèmes de ventilation et un air intérieur de qualité ». Gaëlle Guyot<sup>1,\*</sup>, Adeline Bailly<sup>1</sup>, Anne-Marie Bernard<sup>2</sup>, Gabrielle Perez<sup>2</sup>, Claire-Sophie Coeudevez<sup>3</sup>, Suzanne Déoux<sup>3</sup>, Sandra Berlin<sup>3</sup>, Enora Parent<sup>1</sup>, Alexis Huet<sup>1</sup>, Sylvain Berthault<sup>1</sup>, Romuald Jobert<sup>1</sup>, Damien Labaume<sup>4</sup>, Guillaume Ferrier<sup>5</sup>, Sandrine Justet<sup>5</sup>

<sup>1</sup> CEREMA, <sup>2</sup> Allie'Air, <sup>3</sup> MEDIECO, <sup>4</sup> ALDES, <sup>5</sup> SGS Multilab.

<sup>3</sup> Observatoire de la Qualité de l'air intérieur

<sup>4</sup> <https://www.cerema.fr/fr/actualites/qualite-ameliorer-qualite-installations-ventilation-air-0>



## POUR EN SAVOIR PLUS

[www.medieco.fr](http://www.medieco.fr)

[@MEDIECO69](https://twitter.com/MEDIECO69)  
(compte twitter)

**Docteur Suzanne DEOUX** (à gauche) est diplômée d'Environnement et Cancers, d'Environnement et Santé Publique, de Réparation du Dommage Corporel, d'Hydrologie et Climatologie Médicales. Elle est, de plus, spécialiste en Oto-Rhino-Laryngologie.

**Claire-Sophie COEUDEVEZ** (à droite) est Directrice associée de MEDIECO Conseil & Formation, une société de conseil en stratégies de santé dans le cadre bâti et urbain, qui accompagne les professionnels de la construction à concevoir des bâtiments respectueux de la santé des occupants.





## L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR : UNE NÉCESSITÉ AU REGARD DES RÉSULTATS.

*La pollution de l'air intérieur, longtemps négligée, est devenue une préoccupation essentielle dont les enjeux sont à la fois sanitaires et économiques. Il s'agit d'une pollution complexe qui se caractérise par un cocktail de polluants dont les sources sont multiples. Basée sur un savoir-faire et une expertise spécifiques, OFIS a développé une méthodologie pour évaluer la qualité de l'air et proposer des plans de prévention.*

La pollution de l'air est reconnue comme le 1er risque sanitaire environnemental au niveau mondial par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Nos environnements intérieurs y contribuent largement : dans les zones urbaines, nous y passons en moyenne 22 heures par jour, dont près de 50% du temps sur nos lieux de travail.

Les sources de pollution inhérentes aux bâtiments sont nombreuses. D'une part, l'être humain contribue à l'enrichissement en polluants de l'air intérieur, en produisant naturellement du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de la flore bactérienne et des particules. D'autre part, le bâti et les matériaux de construction employés, les opérations d'entretien mises en œuvre, les systèmes de ventilation mal conçus ou mal entretenus sont autant de facteurs pouvant être à l'origine de contamination microbienne (bactéries, moisissures, etc.) et chimique (com-

posés organiques volatiles (COV), formaldéhyde, etc.).

Ces problématiques sont régulièrement au cœur de l'actualité. Les études se multiplient pour souligner le coût socio-économique colossal d'une mauvaise qualité de l'air intérieur. De nouvelles réglementations se mettent en place sur la surveillance de la QAI dans les établissements recevant du public (ERP). Les travaux d'évaluation des impacts sanitaires sur la population se multiplient.

OFIS audite depuis plus de 10 ans la qualité de l'air dans les bâtiments. Nous réalisons pour nos clients des campagnes régulières de contrôles de la QAI qui permettent de surveiller, d'anticiper les dysfonctionnements des installations de ventilation et optimiser leur exploitation. Ces diagnostics portent principalement sur l'évaluation des systèmes de ventilation et la surveillance de

paramètres physiques, chimiques et microbiologiques.

Le constat est flagrant : sur près de 400 sites audités annuellement par OFIS, plus de 80% nécessitent des actions correctives (conception, exploitation des systèmes de ventilation, etc.). Nous rencontrons couramment des problématiques liées au confinement, à l'empoussièrem<sup>2</sup>nt, à l'empoussièrem<sup>2</sup>nt ou encore aux polluants chimiques dans l'air intérieur.

Les concentrations excessives en CO<sub>2</sub> que nous enregistrons, et qui sont à l'origine du confinement, sont essentiellement liées à des centrales de traitement d'air (CTA) sous-dimensionnées ou délivrant un pourcentage d'air recyclé trop élevé. Par exemple, dans de nombreux locaux à activité de bureau, l'apport d'air neuf minimal de 25 m<sup>3</sup> par heure et par occupant imposé par le Code du Travail n'est pas respecté.



L'empoussièrément dans les locaux est lié, dans la plupart des cas, à un dysfonctionnement des systèmes de filtration d'air qui ne permettent pas de retenir efficacement les particules fines (PM1 et PM2.5). Les filtres ne sont pas systématiquement adaptés aux niveaux de pollution de l'air extérieur et leur fréquence de remplacement n'est pas toujours optimale.

Quant à la pollution chimique, nous observons régulièrement des concentrations supérieures aux valeurs guides du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), en particulier lors de mesures dans des bâtiments neufs ou en rénovation (émissivité du mobilier, des matériaux de construction, etc.). De tels cas sont également mis en évidence dans des bâtiments situés à proximité immédiate d'une

source de pollution (station-service, pressing, etc.).

Face à ces résultats la démarche consiste systématiquement à présenter des réponses adaptées ou actions correctives en fonction de l'identification des origines et sources de pollution. De l'évaluation de l'efficacité de la filtration, à celle du taux de renouvellement d'air ou de l'émissivité des matériaux, proposer des solutions d'optimisation sur-mesure font partie des missions réalisées chaque jour pour les clients visant à réduire l'exposition des occupants aux polluants de l'air.

Les campagnes de mesures ponctuelles sont en effet indispensables pour évaluer la qualité d'air intérieur, ainsi que la qualité d'air extérieur et les sources de pol-

lution avoisinantes. Ces mesures sont réalisées à tous les niveaux de la chaîne de traitement d'air (CTA, gaine de soufflage, ambiance dans les locaux), afin de localiser précisément les éventuelles dégradations de qualité d'air. Elles caractérisent la QAI à un instant donné, avec des mesures et des résultats normés, mais en revanche elles ne suffisent pas à évaluer en permanence l'exposition des usagers du bâtiment. C'est pourquoi, en complément de ces campagnes ponctuelles un suivi en continu de l'évolution des indicateurs clés de la qualité de l'air est indispensable. OFIS a développé un savoir-faire depuis plus de 5 ans dans le suivi des indicateurs clés de la surveillance, la sélection des capteurs innovants associés et dans l'interprétation des données.



**Jean-Charles PONELLE**  
Responsable Qualité de l'Air  
Direction du Développement chez OFIS/Seureca-Véolia

## POUR EN SAVOIR PLUS

**Seureca** est le pôle d'ingénierie conseil du groupe Veolia, référence mondiale de la gestion optimisée des ressources. Nous concevons pour les industriels, les collectivités et le secteur tertiaire des solutions d'expert pour la gestion de l'eau, des déchets et de l'énergie.

**OFIS CONSEIL** est la composante ingénierie sanitaire de Seureca, le pôle d'ingénierie conseil de Véolia



## MESURER LA QUALITÉ DE L'AIR : UNE CONDITION NÉCESSAIRE MAIS PAS SUFFISANTE.

*Fort de l'expérience de terrain acquise au travers la réalisation de nos nombreuses missions, nous avons pu établir un retour d'expérience dans la mise en œuvre opérationnelle d'évaluations de la qualité de l'air sur des bâtiments en exploitation !*

### **Premier retour d'expérience, des cadres d'évaluations de mieux en mieux définis mais pas toujours facile à mettre en œuvre...**

Un des enjeux de la prise en compte de la qualité de l'air dans nos cadres de vie et d'assurer la santé à tous les occupants, utilisateurs, visiteurs, etc.

Il est donc normal que le processus d'évaluation soit cadré par des protocoles, normes et certifications qui fournissent des cadres d'intervention crédible et représentative sur le plan de l'échantillonnage, des paramètres à mesurer, des procédures de prélèvements, des seuils à respecter, etc. ...

La mise en œuvre opérationnelle se heurte encore à des difficultés. On notera notamment :

- Le coût de ces mesures qui nécessitent d'une part, de réaliser des prélèvements de longue durée, d'autre part, de réaliser de nombreux blancs et répliques. L'échantillonnage par locaux types est donc essentiel pour maîtriser ces dépenses, afin de les intégrer dans les limites économiques de l'opération.
- Des difficultés opérationnelles liées aux contraintes de mises en œuvre sur site en particulier pour des bâtiments occupés compte tenu des périmètres de responsabilités et des craintes de certains locataires. Les évaluations de la qualité de l'air étant le plus souvent portées par le propriétaire ou l'exploitant du site, il n'est pas rare de ne pas disposer d'autorisation d'entrée dans les espaces privatifs. Également, il

n'est pas toujours facile de disposer de l'autorisation des entreprises pour installer le matériel en raison des craintes possibles de leurs collaborateurs ou de saisie par le CHSCT (Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail).

### **Second retour d'expérience, de nombreux préalables à la mesure de qualité de l'air**

De nombreux facteurs, interagissent et influencent la Qualité de l'Air Intérieur :

- les sources des polluants de l'air intérieur et de l'environnement extérieur ;
- la structure du bâtiment, en lien avec les systèmes de CVC ;
- la diffusion des polluants, éventuellement leur transformation ;
- les occupants ;
- l'entretien et la maintenance du bâtiment.

L'analyse de ces interactions est souvent complexe sans compétence sur le sujet et pourtant indispensable pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur. Réaliser une campagne de mesure sans avoir au préalable travaillé ce sujet ou à posteriori de prévoir des actions correctives, ou recommandations n'a donc aucun sens. C'est d'ailleurs, des points repris dans les étapes clés du guide pratique « Mesurer la qualité de l'air intérieur des bâtiments neufs et rénovés » de l'Alliance HQE-GBC.



Il est donc indispensable d'accompagner les commanditaires en proposant des rapports d'évaluation de la qualité de l'air allant au-delà de la compilation des résultats des différents paramètres et leur simple comparaison aux valeurs de référence.

Nous préconisons donc systématiquement chez G-ON des rapports qui permettent un accès clair et lisible :

- d'une part, à l'identification des causes possibles,
- d'autre part, à des préconisations permettant de mettre en œuvre les solutions adaptées aux éventuelles problématiques de qualité de l'air.

### Troisième retour d'expérience, communiquer et impliquer...

La qualité de l'air intérieur nous concerne tous. Le bon sens voudrait donc que nous nous y intéressions tous et pas seulement le propriétaire, l'exploitant et ses prestataires !

Par exemple, il est de plus en plus fréquent que, des plantes d'intérieur soient installées par les collaborateurs eux-mêmes. Il faut cependant ne pas oublier que :

- les plantes peuvent être sources de phénomènes allergiques.
- les substrats sur lesquels poussent les végétaux sont favorables au développement de moisissures qui peuvent générer des phénomènes de type allergique notamment.

Il s'agira donc d'informer et d'impliquer aussi les locataires et usagers à l'amélioration de la qualité de l'air. Cet accompagnement pourra être réalisé par la mise en place de documents ludiques et pédagogiques expliquant les causes et impacts d'une mauvaise qualité de l'air mais aussi apportant des solutions. On pourra également organiser des réunions de présentation durant lesquelles sera expliqué en quoi chacun peut devenir acteur de la bonne qualité de l'air.



### POUR EN SAVOIR PLUS

La création de G-ON est fondée sur la conviction qu'il fallait aller au-delà du traitement des enjeux environnementaux de nos cadres de vie (logements, le bureau, la ville, ...). Aussi, les missions de G-ON intègrent en plus les enjeux relatifs à la santé et au confort du cadre de vie.

Sur le plan de la santé et du confort notamment, G-ON intervient donc dans le cadre du suivi des certifications (HQE BD 2016, HQE Exploitation, OsmoZ) et d'expertise des sujets de qualité de l'air (Vérification de fonctionnement des systèmes d'air, caractérisation de la performance des systèmes de filtration, Prise en compte de plaintes locataires, etc.) en appuie aux maîtres d'ouvrages, propriétaires, utilisateurs et sociétés de services.

## QAI & NUMÉRIQUE : LA TRANSITION NUMÉRIQUE DU BÂTIMENT AU SERVICE DE LA SANTÉ DES OCCUPANTS

*La qualité de l'air comme enjeu de santé majeur souffre d'un problème d'attribution des responsabilités qui limite la prise en charge de son amélioration par une profession en particulier tant les sources de pollution sont diverses. Par ailleurs, la numérisation du BTP permet de centraliser de nombreuses informations utiles à la prise en compte de la QAI dès la conception. La simulation de qualité de l'air permet désormais de tenir compte de l'ensemble des sources de pollution et d'évaluer l'impact de chaque choix de conception sur la qualité de l'air intérieur.*

### IDENTIFIER LES RESPONSABILITÉS ET LES ACTEURS DÉCISIONNAIRES DE LA QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR.

La qualité de l'air intérieur est, comme chacun le sait, un enjeu sanitaire majeur. Celui-ci est traité comme un problème car, au-delà du coût sociétal estimé à 19 milliards d'euros par an en France payé par le régime de sécurité sociale et donc par tout le monde et personne à la fois, la question centrale de la responsabilité de cette pollution n'a pas été tranchée.

La pollution/qualité de l'air résulte d'un ensemble d'éléments ayant des contributions variables (l'air extérieur, les produits, la ventilation et sa mise en œuvre, les occupants et leurs activités, et l'évolution de chacun de ces composantes). Face à cette diversité la question du responsable s'ouvre à autant des réponses possibles : concepteur, constructeur, fabricants, les pouvoirs publics en charge de l'air extérieur, le propriétaire du bâtiment, ses occupants, etc.

Combien de solutions existent actuellement pour traiter le sujet de la QAI ? Globalement, assez peu :

1 – sur les bâtiments achevés, il est possible de mesurer la pollution via des prélèvements ou par des balises de suivi de la QAI. Cela permet de poser un diagnostic, mais rarement de proposer un moyen de remédiation. Quand bien même une source de pollution est identifiée, le budget pour réaliser des travaux d'amélioration est-il disponible ?

2 - en phase conception, il est conseillé de suivre les recommandations d'usage : une ventilation d'au moins  $x \text{ m}^3/\text{h.occupant}$  et le choix de matériaux étiquetés A+. Qu'en est-il des apports de l'air extérieur ? Quels polluants sont formés dans la pièce lorsque les oxydants de l'air extérieur (oxydes d'azote et ozone) rencontrent les polluants intérieurs ?

Qui doit prendre les décisions pour cette thématique ? Comment décider ? Cet ensemble de questions et le manque d'outil d'aide à la décision opérationnel empêchent d'appréhender la qualité de l'air intérieur comme n'importe quel autre défi technique qui s'est présenté au secteur du BTP.



### COMMENT PROFITER DE LA NUMÉRISATION DU BÂTIMENT POUR AMÉLIORER LA SANTÉ DES OCCUPANTS ?

Par ailleurs la numérisation du secteur immobilier prenant son essor, de plus en plus de données sont disponibles pour caractériser le bâtiment et ses constituants. En parallèle, l'open data est de plus en plus omniprésente, il est par exemple possible d'obtenir des données sur la qualité de l'air extérieur, la météorologie partout en France, en Europe ou dans le monde.

De plus, la vision BIM d'un projet de conception met en exergue la collaboration, le partage de données et la réunion de toutes les données du bâtiment sur un espace commun. Chez Octopus Lab, nous développons des outils pour profiter de toutes les informations disponibles et nous proposons les services d'INDALO, premier outil de prévision de la qualité de l'air intérieur qui sera déployé en BIM courant 2018.

Nous avons pensé INDALO comme le crash test du bâtiment : simuler la qualité de l'air intérieur telle qu'elle serait à la livraison ou pendant la vie du bâtiment en utilisant toutes les données à notre disposition.

La numérisation du bâtiment permet de mettre en commun des données transverses mais nécessite des

compétences spécifiques. Octopus Lab est une société d'édition de logiciel qui code des équations mathématiques pour simuler la physico-chimie des polluants dans le but d'améliorer les connaissances et les outils disponible pour in fine favoriser la santé des occupants d'un bâtiment. La clé de la numérisation du bâtiment et la solution pour une meilleure qualité d'air est de réunir des compétences transverses comme c'est déjà le cas s'agissant de l'énergétique du bâtiment ou de la qualité d'air extérieur.

### CONTRIBUTEUR DU BIM = ACTEUR DE LA SANTÉ.

Puisqu'au cours de la conception du bâtiment, chaque décision a un impact potentiel sur la QAI finale, nous avons imaginé INDALO pour qu'il soit un outil d'aide à la décision utilisable tout au long du projet. Plutôt que de mettre un logiciel expert dans les mains du bureau d'étude, nous pensons qu'il fait sens de distribuer un logiciel simple d'accès qui puisse être appréhendé par le bureau d'étude qui conçoit, l'assistant à maîtrise d'ouvrage qui vérifie les choix, l'architecte qui réalise le suivi de projet, etc. Pour que chaque décision puisse être évaluée en fonction de son impact sur la santé.

## POUR EN SAVOIR PLUS



**Octopus Lab** réalise des études de prévision de la qualité de l'air intérieur pour construire des bâtiments sains.

Par l'emploi d'outils exclusifs, Octopus Lab peut simuler numériquement la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment à construire ou à rénover en fonction du bâtiment, ses matériaux de constructions, son usage, son environnement.

Octopus Lab accompagne les acteurs de la construction :

- en phase opérationnelle lors de la conception d'un bâtiment
- en phase R&D pour amplifier les innovations via la thématique santé





## EXPERIMENTATION QAI IN SITU : UN SOUFFLE NOUVEAU POUR LES BÂTIMENTS

*Tester des solutions pour améliorer la mesure et le pilotage de la qualité de l'air intérieur, et enrichir la communication avec les utilisateurs.*

*Veolia et Icade, accompagnés par Airparif, expérimentent une nouvelle génération de capteurs, pour mesurer et améliorer en continu la qualité de l'air intérieur des immeubles de bureaux.*

L'émergence des bâtiments à haute performance environnementale et haute qualité de vie pose un double défi : diminuer les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, notamment en rendant les bâtiments de moins en moins perméables et en limitant les déperditions liées à la ventilation, tout en maintenant une bonne qualité de l'air intérieur. Cette dernière prend de plus en plus d'importance au regard du temps que nous passons à l'intérieur (entre 80% et 90%) et de son lien avec la qualité de l'air extérieur.

La qualité de l'air est devenue une source de préoccupation croissante des occupants. Le boom des capteurs

individuels accessibles par le grand public fait émerger un nouveau besoin : celui des chefs d'établissement et exploitants de pouvoir objectiver l'information restituée par ces nouveaux capteurs individuels pour fournir une information fiable aux utilisateurs.

Le développement actuel de capteurs low-cost gaz et particules sur le marché, fournissant des valeurs en continu, présentent une solution permettant une surveillance spatio-temporelle d'un bâtiment de façon moins coûteuse et moins intrusive que les mesures d'air tra-

ditionnelles pour piloter l'installation de ventilation. Leur faible coût permettrait d'équiper un bâtiment sur de nombreux points en prenant en compte la typologie de l'ensemble des locaux du bâtiment (expositions, activité, matériaux, ventilation, temps d'occupation).



Face à ces enjeux, Icade et Veolia se sont associés dans le cadre de l'IRLAB, accélérateur de solutions innovantes sur la qualité de l'air piloté par Airparif, pour tester et exploiter les solutions innovantes de mesure en continu de la qualité de l'air dans les bâtiments tertiaires, afin d'installer un dialogue de confiance sur la qualité de l'air intérieur entre :

- les occupants d'un bâtiment, demandeurs légitimes d'information sur la qualité de l'air,
- les Directeurs Environnement au Travail souhaitant s'assurer de la bonne qualité de l'air dans les locaux dont ils ont la responsabilité
- les exploitants à qui est confié le pilotage des installations de ventilation en fonction de la qualité de l'air intérieur et extérieur.

Le partenariat se concrétise par une expérimentation qui consistera à équiper un bâtiment de capteurs en

continu (CO2, COV, T°, humidité, particules fines...) efficaces et accessibles en termes de coûts, permettant le pilotage de la ventilation, l'identification de sources de polluants, l'information des occupants, une meilleure connaissance de l'interaction entre la qualité de l'air intérieur et la qualité de l'air extérieur, et la constitution d'une base de données ouverte.

Un Appel à Manifestation d'Intérêt sera lancé prochainement à l'ensemble des acteurs de solutions techniques de mesure en continu de la qualité de l'air intérieur & services associés (communication, pilotage, alertes, ...). Les capteurs présélectionnés sur dossier seront évalués par le laboratoire d'Airparif durant l'été avant la sélection finale et le lancement de l'expérimentation.

Le lancement de l'AMI sera annoncé sur le site de l'Irlab.



## POUR EN SAVOIR PLUS



**Josephine BRUNE** – Responsable projets transitions environnementales chez ICADE

Foncière, développeur et promoteur, Icade est un opérateur immobilier intégré, qui conçoit des produits et des services immobiliers innovants pour répondre aux nouveaux usages et modes de vie urbains. Plaçant la RSE et l'innovation au cœur de sa stratégie, Icade est au plus près des acteurs et des utilisateurs qui font la ville -collectivités et habitants, entreprises et salariés, institutions et associations.

Icade développe des projets de bureaux, de logements, de grands équipements publics et d'établissements de santé, et déploie également des expertises en aménagement urbain.





## DE NOUVELLES SOLUTIONS POUR UN PILOTAGE CONTINU DE LA QAI

*Le bâtiment « connecté et communicant » est en pleine expansion. Grâce aux réseaux de communication et aux équipements communicants, les logements et les lieux de travail deviennent « intelligents », pour répondre aux besoins des utilisateurs et également pour leur meilleure gestion.*

*Conçus à l'origine pour une meilleure efficacité énergétique et ainsi économiser de l'énergie, ces bâtiments simplifient aujourd'hui la vie des occupants et améliorent leur confort. Dans ce contexte, la qualité de l'air intérieur impactant sur la santé et le confort des usagers, celle-ci devient pilotable à distance au même titre que la gestion de l'énergie, le pilotage des occultants ou le contrôle d'accès.*

### LA PAROLE À DELTA DORE

Vivre dans un logement neuf RT 2012 et demain dans un logement RE 2020 peut-il provoquer des risques pour la santé de ses occupants ? Les exigences de perméabilité pour un meilleur confort thermique et un besoin énergétique faible ne vont-elles pas imposer des solutions nouvelles pour assurer aux occupants un lieu sain et confortable ?

Depuis les premières réglementations qui imposent une Ventilation Mécanique Contrôlée, les bâtiments sont ventilés avec des systèmes de plus en plus performants. Ces systèmes ne sont pas jusqu'à ce jour très « communicants ». En effet, les informations des capteurs embarqués dans ces systèmes sont rarement transmises aux occupants des bâtiments via des afficheurs

déportés.

Il est par conséquent difficile de savoir si la VMC fonctionne ou même si le débit d'air est suffisant. Le numérique devrait offrir davantage de possibilités d'information sur la qualité de l'air que nous respirons. La baisse des coûts des capteurs d'hygrométrie, de CO<sub>2</sub>, de COV permet d'intégrer des capteurs dans des équipements comme la VMC, les PAC Multi Services mais aussi les Objets connectés (exemple la station connecté SOWEE de Delta Dore).

L'enjeu maintenant est de transmettre ces informations vers l'occupant en évitant le côté anxiogène de l'information. Un tableau de bord de synthèse tel que celui décrit sur la photo ci-dessous permettra d'avoir un état des lieux de son confort voire de ses confort.

Ces informations peuvent provenir de capteurs spécifiques

mais aussi de capteurs embarqués par partage de données, soit via des accords entre industriels, soit par l'Open Data Cloud to Cloud.

Il ne faudra pas malgré tout s'arrêter là. Une fois l'information donnée, il s'agira de proposer des actions si la mesure donne une information alarmante et surtout si cela dure dans le temps. La donnée pour la donnée n'a de sens que si elle doit entraîner un conseil d'usage ou de comportement même si c'est cela se résume à ouvrir une fenêtre. Cela obligera les industriels à faire évoluer leurs offres sur les ouvrants (comme le fait le groupe VELUX par exemple) en autorisant une sur ventilation pilotée pour évacuer les polluants.



Dans les actions proposées il faudra aussi tenir compte de la qualité de l'air extérieur pour éviter de faire entrer d'autres polluants extérieurs risquant d'être plus nuisibles que ceux de l'intérieur (particules fines par exemple). La gestion de la qualité de l'air intérieur passera obligatoirement par une connaissance de l'air extérieur.

Nous pensons qu'en parallèle la réglementation de 1982 devra suivre et donc évoluer. Les bâtiments de 2018 ne ressemblent en rien aux constructions de 1982 !

• Capteur de QAI E4000 (T°, %HR, CO2, COV T)



• Capteur de confort hygrothermique (T° et HR) piles



### Tableau de bord de synthèse



Indication de la QAI

Ventilation naturelle



**DELTA DORE** est une des entreprises françaises, pionnière et leader du marché des solutions pour la maison et le bâtiment connectés.

DELTA DORE est aujourd'hui le spécialiste des produits & services permettant aux particuliers et aux professionnels d'améliorer leur confort de vie dans les maisons et les bâtiments, et d'optimiser leur consommation énergétique.

Delta Dore affiche un CA de 145 M€ dont un tiers à l'international. Le groupe emploie 870 personnes en France et via ses filiales en Espagne, Allemagne, Pologne, Chine, Italie, Royaume-Uni, Singapour et aux Philippines. En 2017, Delta Dore a fabriqué plus de 4,5 millions sur ses 2 sites de production en France.

[www.deltadore.fr](http://www.deltadore.fr)

### LA PAROLE À HAGER GROUP

La qualité de l'air, la température, l'humidité ont un impact direct sur le vieillissement des bâtiments. Une gestion optimisée de l'air peut préserver la valeur de votre patrimoine immobilier.

A cet effet, Hager group, à travers son entité Hager Services et Hager France a mis sur le marché en 2017 une solution inédite pour le monitoring de la qualité de l'air et l'automatisation d'un purificateur d'air. Cette solution incluant des technologies de mesure et purification connectées est principalement destinée à des usages en milieu tertiaire. Nous avons focalisé une des premières déclinaisons commerciales sur la cible des hôtels, mais cette solution

sert également tous types de démarches.

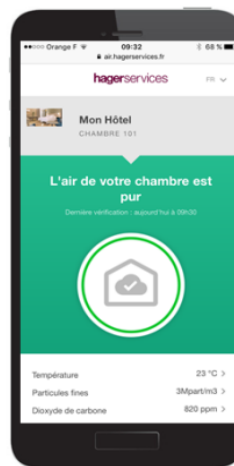
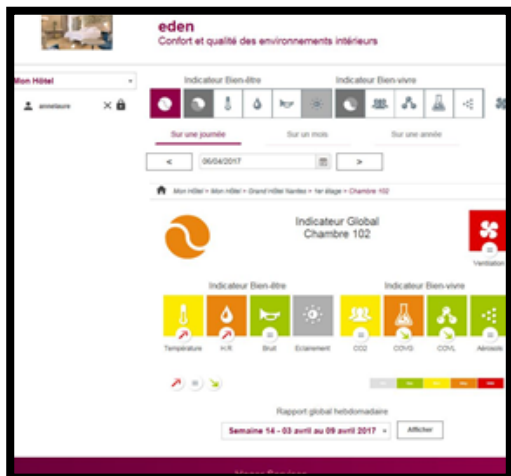
En phase de construction ou de rénovation, les matériaux, peintures et colles peuvent émettre des polluants. Les solutions Hager permettent d'aller plus loin qu'un choix raisonné des produits : vous visualisez l'état global dans le bâtiment et agissez sur la qualité de l'air pendant et après les travaux.

En phase d'exploitation, vous limitez les risques de détérioration et vous identifiez mieux les interventions prioritaires. La purification automatisée complète les dispositifs de ventilation ou traitement de l'air par une action locale et ciblée.

### Mesure connectée et purification commandée

Une station de mesure contrôle et automatise l'activation et la vitesse d'un purificateur, selon l'état de la qualité de l'air.





Un site dédié permet de communiquer sur l'air et le confort dans les chambres et délivre des informations et des conseils pour sensibiliser les clients.

# hagergroup

**Hager Group** est l'un des principaux fournisseurs leaders en matière de solutions et de services pour les installations électriques dans les bâtiments résidentiels, tertiaires et industriels.

Entreprise indépendante gérée par les membres de la famille Hager, nous représentons l'un des groupes majeurs en matière d'innovation dans le secteur électrique. 11 400 collaborateurs réalisent un chiffre d'affaires de 1,9 milliard d'euros. Nos composants et nos solutions sont produits sur 25 sites répartis dans le monde entier, et des clients leur font confiance dans plus de 136 pays.

[www.hagergroup.com](http://www.hagergroup.com)

Hager Services est une entité de Hager group qui développe une offre de services autour des produits du groupe pour la maison et les bâtiments professionnels intelligents.

## POUR EN SAVOIR PLUS



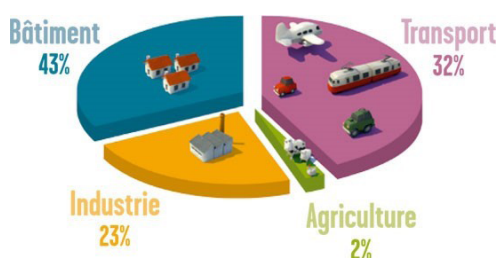
Des solutions pour un bâtiment plus sûr, plus accessible et confortable, plus sobre. Les industries du génie numérique, énergétique et sécuritaire (IGNES) rassemblent 60 entreprises qui fournissent des produits et des solutions pour les bâtiments résidentiels et tertiaires. Ces entreprises de toutes tailles, grands groupes, ETI et PME, représentent 15 000 emplois directs, 80 000 emplois induits et réalisent plus de 2 milliards d'euros de chiffre d'affaires en France.

## NANOSense : DES SONDES MULTI-CAPTEURS AU SERVICE DE LA QAI

NanoSense est une PME francilienne impliquée depuis 2002 dans la qualité de l'air intérieur (QAI dans la suite du texte). La société conçoit et produit différentes sondes QAI Multi-capteurs (CO<sub>2</sub>, COV, T°, RH, Radon, PM) avec des algorithmes de contrôle (de ventilations) et sont compatibles avec les principales interfaces des grands standards du bâtiment intelligent. Le but de cet article est de partager ici son expertise en Qualité de l'Air Intérieur ainsi que d'étudier différents moyens de l'améliorer.

Son expertise s'étend aussi aux systèmes autonomes dits à «Energy Harvesting» (à récupération d'énergie) ainsi qu'à la représentation de la QAI sous forme d'impacts humains et comme tout savoir, celui-ci est fait pour être partagé.

Sachant que les bâtiments sont les plus gros consommateurs d'énergie du pays, le législateur a mis en place différents instruments : Incitations fiscales à la rénovation pour les bâtiments anciens (les plus énergivores), réglementation thermique pour les bâtiments neufs (la dernière en vigueur étant la RT2012) et pour la première fois une réglementation pour les plus gros bâtiments tertiaires existants obligeant ainsi à les rénover.



La consommation d'énergie en France par secteur d'activité  
Source : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Les différentes réglementations thermiques successives ont d'abord privilégié l'isolation de l'enveloppe puis son étanchéité à l'air en passant par le chauffage à rendement amélioré (condensation et pompes à chaleur). Depuis la RT 2012 les bâtiments neufs sont donc « étanches à l'air » ce qui nécessite une ventilation mécanique ou naturelle contrôlée.

En effet un bâtiment bien isolé perd principalement des calories par le rejet d'air chaud l'hiver ou d'air frais l'été lié à la ventilation. La consommation de chauffage et de climatisation devient alors majoritairement liée au débit d'air renouvelé.

Il est donc nécessaire de contrôler à bon escient le renouvellement de d'air pour minimiser la consommation énergétique mais il faut tout d'abord se poser la question principale : Pourquoi avons-nous besoin de renouveler l'air des bâtiments ?

Nos fonctions cérébrales nous distinguent des autres mammifères, le cerveau est notre patrimoine le plus précieux. Celui-ci, même s'il ne représente que 2% du poids de notre corps consomme à lui seul 20% de l'oxygène de l'air respiré via le flux sanguin. Et le sang fournit également d'autres aliments au cerveau dont il se nourrit avec frugalité.

La respiration est similaire à une combustion : nous inhalons de l'oxygène que nos poumons assimilent et qui est transporté grâce à l'hémoglobine mais ils rejettent également celui qui a été consommé (oxydation) sous forme de CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O). Le volume respiré en une seule journée représente un volume de 15m<sup>3</sup> d'air. La surface développée de nos poumons représente environ celle d'un court de tennis.



Cette surface gigantesque est très poreuse et absorbe outre de l'Oxygène des Composés Organiques Volatiles (COV) et des particules fines contenues dans l'air. Si ces éléments n'étaient pas absorbés, le fond de nos poumons seraient aussi encrassés en une journée que le dessous de notre lit au bout d'un mois. C'est ainsi qu'en respirant des vapeurs d'alcool (un COV parmi d'autres) on peut rapidement devenir ivre sans parler des drogues inhalées.

Tous ces éléments absorbés par respiration sont véhiculés par le sang pour nourrir principalement notre cerveau.

C'est pour cette raison que la mauvaise qualité de l'air intérieur altère les fonctions cognitives et la productivité.

Par exemple, une concentration de 1000ppm de CO2 (l'air que nous expirons), c'est-à-dire le seuil réglementaire pour une salle de classe, correspond à une réduction des fonctions cognitive de plus de 23%. Quand on sait que dans une salle de classe on arrive couramment à plus de 3000ppm après une heure de cours, il ne faut pas s'étonner des résultats médiocres des élèves. On atteint également des taux de CO2 élevés dans une chambre à coucher dont la porte est fermée ce qui altère la qualité du sommeil.

Si le CO2 n'a pas d'impact sanitaire (sauf à atteindre des taux extrêmement élevés) les COV et les particules fines affectent la santé. Les particules fines sont à elles seules responsables de plus de 48 000 morts par an en France. Les COV

sont globalement néfastes mais certains font désormais l'objet d'une réglementation spécifiques aux établissements recevant du public (ERP) car reconnus comme cancérigènes avérés : Le formaldéhyde et le benzène. On trouve du formaldéhyde dans le bois (naturel) mais surtout dans les colles (bois agglomérés). On trouve du benzène dans certains plastiques et dans les vapeurs d'essence (remplaçant du plomb). Les cas où le benzène est le plus important concernent les parkings reliés à l'habitation.

Pour ces différentes raisons il est donc indispensable de ventiler les bâtiments, mais la dilution avec l'air extérieur n'est pas toujours la solution optimale tant sur le plan énergétique que qualitatif comme on le verra plus loin.

### Etat de l'art du pilotage de ventilation

Jusqu'à présent les fuites d'air des bâtiments suffisaient à assurer une ventilation incontrôlée mais suffisante au prix d'une dépense énergétique significative. Les efforts de réduction de consommation énergétique ont commencé à créer une prise de conscience de l'importance de la qualité de l'air intérieur. Les premiers concernés ont été le tertiaire avec les salles de réunion. On y trouve généralement une sonde de CO2 qui pilote le renouvellement d'air. Le tertiaire a été le premier à s'équiper de récupérateur de chaleur avec des ventilations à double flux. Mais ces échangeurs s'encrassent rapidement et leur efficacité diminue significative-

ment en seulement quelques mois, ce qui nécessite une maintenance régulière peu compatible avec le résidentiel.

Dans le résidentiel, pour des raisons de coût et de maintenance, certains industriels ont fait la promotion de la VMC simple flux hygro-réglable ou autoréglable.

Le débit d'air est fonction du niveau d'humidité ambiante, principalement pour des raisons d'économie d'énergie. Le système est constitué d'un extracteur d'air, relié par des gaines à des bouches d'extraction situées dans les pièces humides: cuisine, SDB, WC.

Une bouche autoréglable ne tient pas compte de la qualité de l'air et ventile H24 à débit constant et coûtant.

Une bouche hygro-réglable ajuste son débit à l'humidité ambiante au prétexte que la respiration émet de l'humidité. Malheureusement, l'hiver, l'air ambiant est sec et l'humidité apportée par la respiration est trop faible pour engendrer une ventilation suffisante alors que le taux de CO2 est élevé.

La VMI (air insufflé et filtré) apporte une solution en termes de particule fines même si le rendement énergétique est similaire à celui de la VMC. Les VMI sont généralement contrôlées sur la base du CO2 ou de la présence.

Les VMC double flux, du fait de leur coût et de leur contrainte de maintenance, risquent de ne jamais percer dans le domaine résidentiel c'est pourquoi les VMC et les VMI dont la récupération de chaleur est inexistante doivent plus que toutes autres être contrôlées en fonction des besoins avec des sondes QAI (Qualité de l'Air Intérieur).

### Solution NanoSense: la QAI pilotée par multi-polluants

Comme on l'a vu précédemment il faut garantir un taux de CO2 suffisamment bas pour que les fonctions cognitives ne soient pas affectées. Mais il ne faut pas négliger le confort olfactif et la productivité. Malgré une sonde CO2 dans une salle de réunion, combien d'entre nous ont ressenti une gêne olfactive après une pause-café en revenant dans la salle ! Le corps humain régule sa température par sudation. C'est l'évaporation de la sueur qui crée un rafraîchissement. C'est cette sudation qui exhale de l'acide valérique et que nous percevons. Mais l'acide valérique comme la plupart des autres COV sont assimilés dans le sang lors de la respiration et affectent, comme le CO2, les fonctions cognitives. C'est une découverte récente mais dont les conséquences sont considérables.

NanoSense a été le premier fabricant de sondes QAI à intégrer des capteurs de COV. Cela permet une ventilation qui assure un confort olfactif, une meilleure productivité (fonctions cognitives) et une meilleure santé sur le long terme.



Mais une bonne régulation de la ventilation doit également tenir compte de l'humidité intérieure. Un air trop humide engendre des dégradations dans le bâtiment (peintures tachées ou qui pèlent, moisissures, parquets qui gondolent). alors qu'un air trop sec génère des fissures dans les meubles, les menuiseries et les parquets mais il peut également affecter les occupants : produire des phénomènes d'électricité statique, dessécher la peau, les lèvres et irriter les muqueuses et les voies respiratoires.

Idéalement, une sonde QAI devrait pouvoir tenir compte de l'humidité de l'air extérieur. En effet si l'humidité absolue de l'air extérieur est supérieure à celle de l'air intérieur que l'on cherche à réduire, il n'est pas opportun d'utiliser la dilution. L'assèchement doit alors être obtenu par d'autres moyens

comme par exemple la climatisation.

Les sondes QAI NanoSense peuvent être connectées à une sonde extérieure de température et d'humidité à cet effet. De surcroît, la température extérieure est utilisée pour la régulation du « free cooling » (rafraîchissement en été lorsque l'air extérieur est plus frais, typiquement la nuit).

Naturellement, les sondes QAI NanoSense intègrent des commandes de ventilations sur dépassement de seuils multi-polluants CO2, COV, Humidité, PM1, PM2.5 et PM10, Radon. Le contrôle en Température s'effectue avec un algorithme auto adaptatif (utilisant un PID Proportionnel Intégrale Dérivé très précis dont les paramètres se remplissent par apprentissage).



## Ecosystème EnOcean et/ou KNX ...

Mais optimiser la ventilation, c'est aussi s'intégrer dans l'écosystème du bâtiment. En effet les capteurs de présence généralement utilisés pour allumer ou éteindre automatiquement les éclairages peuvent être utilisés pour ajuster les exigences de QAI à l'occupation. De même des capteurs d'ouverture de fenêtre peuvent être utilisés pour couper le chauffage et la ventilation en cas d'ouverture de fenêtres.

Ces éléments font de la gestion de la QAI un acteur encore plus impliqué dans l'efficacité énergétique du bâtiment.

Les écosystèmes utilisent généralement un moyen de communication standardisé qui permet une interopérabilité entre les équipements de différents fabricants. Un même capteur de présence pourra ainsi être utilisé, pour le chauffage, la climatisation, la ventilation, l'éclairage, voire les volets roulants. Les standards les plus courants sont le KNX (bus numérique filaire) et EnOcean (radio pour capteurs sans pile et sans fil).

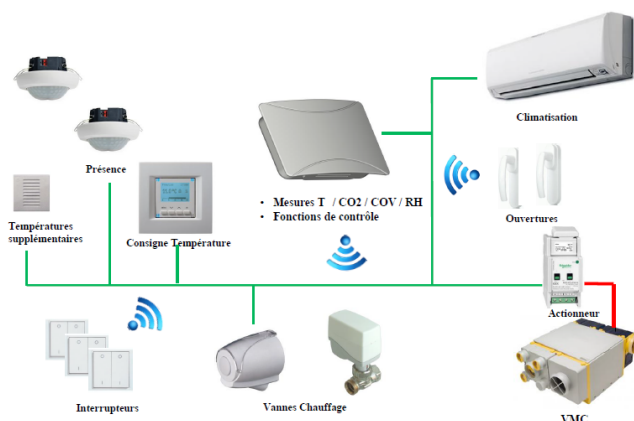
Le protocole KNX est le plus sophistiqué et permet un paramétrage très fin. Il est principalement utilisé dans le tertiaire et l'hôtellerie. L'équivalent du KNX sur le marché Nord-Américain est le standard LON parfois utilisé dans les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) en Europe.

Le protocole radio EnOcean est simple à déployer mais en contrepartie limité en terme de paramétrage. C'est le standard radio de référence en matière de capteurs et d'actionneurs sans pile et sans fil car c'est un standard ISO international. Il utilise une fréquence de 868 Mhz ce qui lui confère une grande portée à l'intérieur des bâtiments. L'énergie radio mise en œuvre est particulièrement faible

(100 fois moins que celle générée par l'étincelle à l'intérieur d'un interrupteur traditionnel) ce qui fait de cette technologie la solution idéale pour les crèches et les écoles où les rayonnements électromagnétiques ne sont pas les bienvenus.

Il existe également un standard hérité des installations industrielles dénommé Modbus. C'est un bus numérique filaire très peu cher permettant d'atteindre de grandes distances (1,2Km) mais qui ne dispose pas d'un langage standardisé et qui nécessite un automate centralisé rendant l'architecture plus vulnérable comparé aux standards précédents à « intelligence » distribuée et donc, par nature, plus résilientes en cas de panne.

## Ecosystème KNX/LON + EnOcean



Il n'existe pas de standard idéal, c'est pourquoi NanoSense propose des sondes QAI répondant à tous ces différents standards. Comme il est parfois judicieux de mixer plusieurs standards il existe même une fonction passerelle intégrée aux sondes QAI. Typiquement une sonde QAI KNX avec des poignées de fenêtres sans pile sans fil EnOcean.

## Solution Optimale: Prise en compte des effets Cocktail

Un système de mesure et de contrôle multi-polluants est comme nous venons de le voir bien plus pertinent que les systèmes «aveugles» ou de ventilation sur CO2 et/ou Humidité.

Cependant si l'on veut être réellement pertinent il faut regarder l'image dans son ensemble! N'y a-t'il pas plusieurs polluants de l'air intérieur néfastes? Bien qu'il existe pour chacun un seuil qu'il n'est pas conseillé de dépasser, si tous ces seuils atteignent ou dépassent leur limite en même temps, ne serait-il pas plus dangereux de respirer cet air plutôt qu'un air ou un seul des polluants serait à la concentration limite?

## Démocratisation et vulgarisation de la Qualité de l'Air

Les réglementations thermiques actuelles et futures concernent toute la population et il n'est pas envisageable de démocratiser des systèmes de remédiation basés sur la mesure de la QAI sans donner une certaine visibilité comme on le fait avec un thermostat qui affiche la température de consigne et la tem-

pérature ambiante.

Il serait déraisonnable de penser pouvoir éduquer toute une population à la QAI au point qu'elle puisse comprendre et interpréter des ppm, des ppb et des  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il est donc indispensable de trouver une manière simple et intuitive de représenter le QAI.

L'usage de sondes QAI actuelles pour contrôler les systèmes de

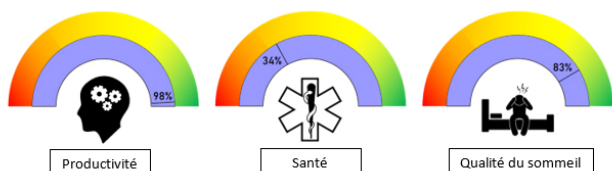
Dans les médicaments sans ordonnance par exemple, il est écrit «ne pas dépasser X comprimés par jour» mais si vous prenez 10 boîtes de médicaments différents et que vous ingérez la dose limite conseillée à chaque fois... L'impact sur votre corps en sera décuplé et il en va de même pour l'impact sur votre cerveau qui est la partie la plus irriguée du corps.

C'est dans cette optique que NanoSense quantifie et intègre dans ses calculs d'impacts physiologiques les effets cocktail des différents polluants de l'air intérieur.

En effet, avec l'algorithme Smart QAI, une ventilation peut être déclenchée sans qu'aucun des seuils de polluants ne soient dépassés si l'impact global est supérieur à la consigne souhaitée.

ventilation se heurte également à la difficulté de paramétrage par les intégrateurs. De surcroit les seuils réglementaires, lorsqu'ils existent, sont plus guidés par les aspects sanitaires que par leurs effets physiologiques immédiats.

Une nouvelle manière d'exprimer la QAI est de la faire par ses effets physiologiques induits plutôt que par des mesures.



Le tableau ci-contre résume les différents effets physiologiques et les éléments de la QAI qui y contribuent.

	CO2	COVt	PM	Formaldéhyde, Benzène	Radon	Bruit	Odeurs	T°	HR	NOX O3
Cognitif / Productivité	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
Santé		✓	✓	✓	✓	✓		✓		
Qualité du sommeil	✓					✓		✓		
Confort Olfactif		✓					✓			
Confort Thermique								✓		
Confort Sonore						✓				
Confort air sec									✓	
Irritations			✓						✓	✓
Développement de moisissure, de spores et d'acariens									✓	

## Productivité

La problématique de productivité concerne principalement le tertiaire mais concerne également les établissements scolaires ou les fonctions cognitives sont au centre de la mission de l'éducation Nationale.

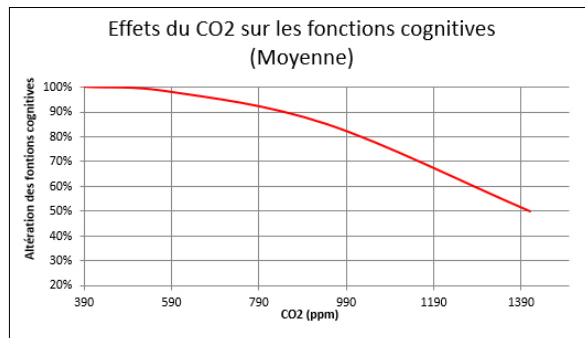
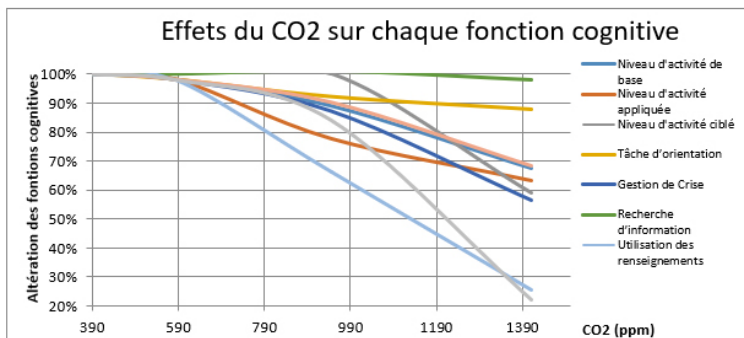
Les sondes actuelles du marché contrôlent la remédiation à partir de seuils individuels (CO2 principalement, voir humidité et COV dans le meilleur de cas) sans se soucier des effets physiologiques ni de la combinaison des différents constituants.

Le tableau ci-dessus montre que la productivité est liée aux concentrations de CO2, de COV, des Particules Fines et à la Température (voir le bruit).

Grace à la puissance des microprocesseurs embarqués dans les sondes QAI, il est désormais possible de mettre en œuvre des algorithmes qui permettent de déterminer automatiquement des seuils de régulation de la ventilation, en fonction de la température ambiante et des objectifs de productivité. Si un seuil est dépassé par un des éléments, les seuils des autres contributeurs peuvent être automatiquement ajustés afin de pouvoir tenir l'objectif de productivité défini sur la moyenne des polluants contributeurs.



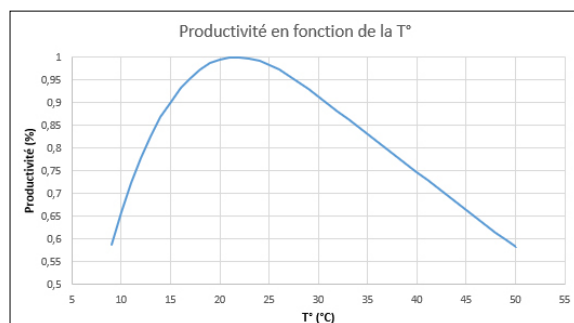
L'impact du CO2 sur les fonctions cognitives est connu depuis longtemps. Il a été récemment quantifié par le NIH (National Institute of Environmental Health Science) aux USA vis à vis de différentes activités ce qui correspond aux graphiques suivants :



De façon plus surprenante cet institut a démontré dans cette même étude, l'impact des COV totaux.

Dans une autre étude menée sur des emballagers de poires payés à la tâche, il a été possible de démontrer et quantifier l'impact des particules PM2.5 sur la productivité :

Source: PARTICULATE POLLUTION AND THE PRODUCTIVITY OF PEAR PACKERS (NBER WORKING PAPER SERIES)



L'impact de la température a lui aussi été modélisé sur la base d'une moyenne de plus de 20 études et synthétisé de la façon suivante

Source : <https://iaqscience.lbl.gov/si/performance-temp-office>

Il semble en effet évident que s'il fait trop chaud ou trop froid, il est difficile de se concentrer sur une tâche mais encore fallait-il modéliser cet impact de façon mathématique.

On peut également modéliser l'impact du bruit ambiant sur la concentration.

Le confort olfactif peut également altérer la productivité mais le phénomène est plus complexe qu'il peut paraître au premier abord. En effet, la notion de bonne ou mauvaise odeur est très subjective et très liée à la culture culinaire (œuf de cent ans par ex.) et à la mémoire olfactive de la petite enfance qui associe certaines odeurs à des sentiments de bien-être et d'autres à des souffrances passées. De surcroît, le cerveau adapte le seuil olfactif pour chaque odeur (système lié à l'acceptation des odeurs corporelles personnelles).

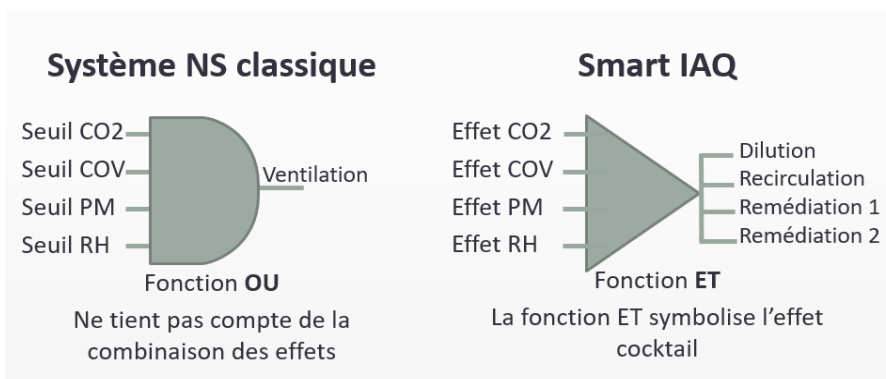
La prise en compte du confort olfactif sera donc basée sur des variations rapides des niveaux de COV. Il existe donc, pour les fonctions cognitives, des modèles mathématiques

simples pour chaque contributeur (voir graphiques précédents) issues de différentes recherches académiques.

Toutefois, dans la vie réelle, tous ces effets étudiés et quantifiés individuellement en laboratoire se combinent (effet cocktail) et il convient de pouvoir établir un impact global.

Il n'existe pas encore d'études sur l'effet cocktail des contributeurs à l'altération des fonctions cognitives mais NanoSense a développé un modèle mathématique qui est en cours d'expérimentation.

Lorsqu'un bâtiment est équipé de moyens de remédiation comme la recirculation à travers un filtre PM il est possible de réduire les PM sans procéder au renouvellement de l'air ce qui est plus efficace et plus économique que la dilution. La dilution peut être équipée ou pas d'un système de filtrage de l'air entrant. Le contrôle



des différents moyens de remédiation nécessite donc de prendre en compte leurs caractéristiques et d'optimiser leur engagement en fonction de leur efficacité et de leur impact économique.

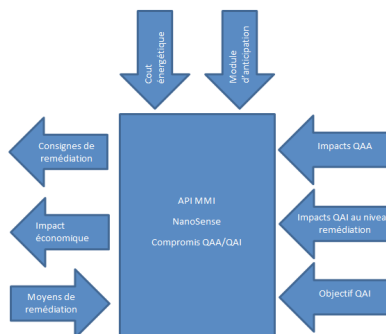
## Prise en compte de l'air Extérieur (QAA: Qualité de l'Air Atmosphérique)

Une politique de remédiation optimale est le compromis entre la pollution intérieure, la pollution de l'air extérieur dit neuf, les consommations énergétiques (différentes en fonction de moyens de remédiation) et les consignes utilisateur.

Le cas le plus courant est une exposition forte au CO2 qui affecte principalement les fonctions cognitives avec un air extérieur chargé en particules fines (PM2.5) et une VMC sans filtre. Les particules affectent également les fonctions cognitives mais elles affectent surtout la santé sur le long terme. Le compromis concerne donc des conséquences de nature totalement différentes pour des temps d'exposition également très différents.



Le coût énergétique de la dilution et des autres moyens de remédiation contribue à la politique de remédiation.



Le but de cette solution est de déterminer les consignes de remédiation à appliquer qu'elles soient manuelles et /ou automatiques.

Début 2018, la Ville de Paris et l'Urban Lab de Paris&Co ont décidé de faire de l'enjeu majeur qu'est la qualité de l'air, la thématique de leur nouveau programme d'expérimentations, en s'accompagnant pour cela de l'expertise technique d'Airparif.

La solution SmartQAI de NanoSense fait partie des 5 projets de Qualité de de l'Air intérieur à avoir été sélectionné, aux côtés d' « Air4kids », une solution proposée par VentilairSec qui met en œuvre des sondes QAI NanoSense pour contrôler un système de VMI Ventilair-Sec innovant.

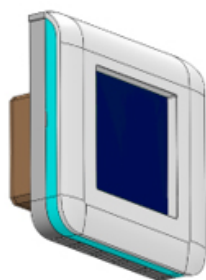
## Emergence produits Autonomes dans le bâtiment

Dans ces politiques d'efficacité énergétique des bâtiments, les installations (l'enveloppe, le chauffage...) ne doivent pas être les seules contributrices, les automatismes du bâtiment peuvent contribuer pour 30% d'économie d'énergie. On doit donc pouvoir multiplier les capteurs pour automatismes (Sondes de présences, d'ouvertures de fenêtre, de QAI, de T°, ...) à moindre coût.

L'installation d'une sonde câblée coûte presque autant que la sonde elle-même. L'utilisation de sondes autonomes en énergie est donc un moyen économe de déployer des automatismes dans le bâtiment. De surcroît, ce déploiement est rapide et pas invasif (continuité de l'activité dans le tertiaire).

C'est pour cela que NanoSense investit depuis plusieurs années pour créer des produits autonomes au service du bâtiment et de leurs utilisateurs!

NanoSense a développé une sonde QAI (CO2, COV, T°, RH) entièrement alimentée par la lumière ambiante. Elle communique en radio selon différents standards basse consommation notamment EnOcean.



Ces produits sont conçus pour une durée de vie supérieure à 10 ans mais elle est théoriquement infinie! De plus ils continuent de fonctionner, même lors d'une absence prolongée, pendant 60 jours dans le noir.

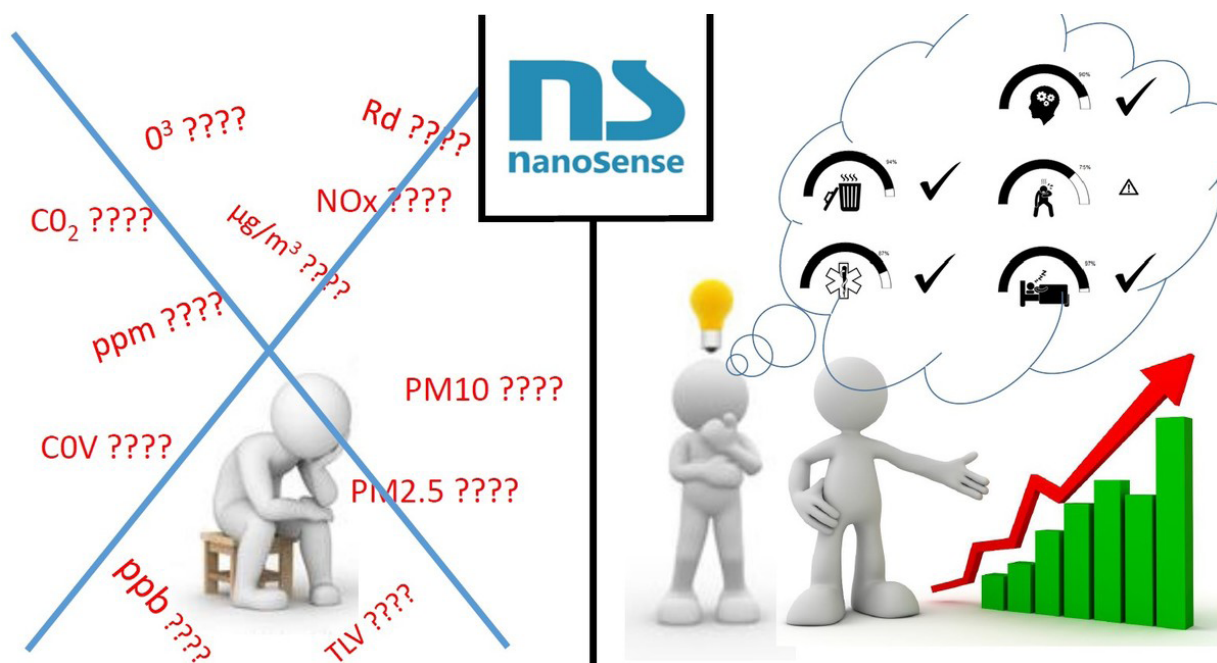
## Synthèse

Nous avons vu ici le besoin de piloter les différents moyens de ventilation dû principalement à l'étanchéité accrue des bâtiments dans une optique d'efficacité énergétique. Cependant l'efficacité énergétique recherchée ne doit pas se faire au détriment d'une bonne Qualité de l'air. Il serait judicieux, dans cette optique, de ne pas sur-ventiler en permanence de peur d'intoxiquer les occupants. Nous avons vu que l'existant, en terme de pilotage de ventilation, se contentait dans le meilleur des cas de piloter en Humidité ou en CO2.

Ce pilotage est loin d'être optimal et c'est pourquoi il est préférable d'utiliser des solutions de pilotage de ventilation par détection multi-polluant (CO2 + COV + PM) et une intelligence de contrôle intégrée dans les sondes.

Pour que ces solutions soient démocratisées, il est important de prendre plusieurs facteurs en compte, les capteurs ainsi que leur déploiement doivent être à moindre coût, l'accès aux données de QAI en termes intelligibles doit se démocratiser grâce à un accès simple et direct. Afin que les occupants soient des acteurs éclairés de leur QAI il semble nécessaire d'utiliser une visualisation des données de la Qualité de l'Air en impacts physiologiques sur smartphones ou tablettes.

L'intégration de la Qualité de l'Air Extérieur, des effets cocktails et d'une considération énergétique nous semble être l'avenir en termes de représentation et de gestion de la Qualité de l'Air Intérieur.



POUR EN SAVOIR PLUS

Yann POISSON (à gauche) - poisson@nano-sense.com - Recherche & Développement  
Olivier MARTIMORT (à droite) - martimort@nano-sense.com - CEO

NanoSense est une PME spécialisée en efficacité énergétique des bâtiments par l'immoTique et la gestion de la qualité de l'air intérieur

Notre objectif : Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments sans compromettre le confort et la santé grâce aux technologies émergentes.





## 10 PROJETS INNOVANTS POUR CONTRIBUER À UNE MEILLEURE QUALITÉ DE L'AIR À PARIS.

L'Urban Lab de Paris&Co, Airparif et la Ville de Paris ont dévoilé, le 26 mars dernier, les 10 projets lauréats de l'appel à expérimentations « Qualité de l'Air ».

L'amélioration de la qualité de l'air est un enjeu majeur pour la Ville de Paris. Anne Hidalgo et son équipe en ont fait une priorité depuis le début de leur mandature en 2014. Le monde industriel et le monde de la recherche sont également fortement impliqués sur cette question et peuvent contribuer à développer des solutions pertinentes.

Ainsi, l'Urban Lab de Paris&Co, Airparif et la Ville de Paris ont décidé de mobiliser l'ensemble de l'écosystème intéressé par la qualité de l'air pour essayer d'avancer sur ce sujet : un appel à expérimentations a été lancé en décembre 2017. Les partenaires ont répondu présents : organismes de recherche, grands groupes industriels, start-up... Quarante-six propositions ont été reçues, démontrant le dynamisme autour de ce sujet. L'appel à projets offre aux porteurs de projets retenus l'opportunité de tester leurs solutions innovantes en situation réelle. Un jury composé de représentants de la Ville de Paris, de l'Urban Lab, d'Airparif et d'experts de

la qualité de l'air, a sélectionné 10 projets pilotes de mesure, de dépollution et d'accompagnement au changement des comportements.

« Cet appel à projets est une nouvelle étape importante pour faire avancer les connaissances et tester des solutions en faveur de l'amélioration de la qualité de l'air à Paris. Il témoigne de notre volonté de faire travailler ensemble toutes les bonnes volontés, toutes celles et tous ceux qui ont une expertise et des idées à apporter. C'est par cette démarche résolument collective et concertée que nous relèverons ce défi majeur de santé publique et de cadre de vie » salue Anne Hidalgo.

Ces 10 projets seront accompagnés dans la mise en place et l'évaluation de leur preuve de concept en conditions réelles par les experts de l'Urban Lab avec l'appui scientifique d'AirParif. L'objectif est de démarrer les tests de ces pilotes d'ici l'été, une fois identifiés les territoires les plus appropriés.

« Ces 10 projets prometteurs seront testés sur une durée allant de 6 mois à un an, ce qui permettra d'analyser dans le détail différents facteurs d'influence sur leur pertinence : capacités techniques, appropriation par les usagers, freins éventuels, causes de réussites, efforts de déploiement nécessaires... » précise Albane Godard, directrice de l'Urban Lab.

« Airparif accompagnera ces expérimentations afin d'évaluer leur efficacité pour améliorer la qualité de l'air et leur reproductibilité sur d'autres territoires. Les 10 lauréats proposent des projets intéressants : ils répondent à des enjeux tant pour l'air en extérieur qu'à l'intérieur de bâtiments et ils visent donc à permettre, in fine, de réduire l'exposition de la population à la pollution ! » ajoute Frédéric Bouvier, Directeur Général d'Airparif.

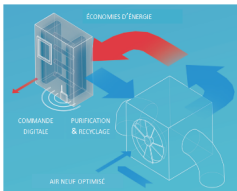
Un dossier de presse est téléchargeable via le lien suivant : <https://bit.ly/2l2zall>

## Amélioration de la qualité de l'air intérieur

### **Air4Kids par VentilairSec**

Améliorer la qualité de l'air dans les Etablissement d'Accueil du Jeune Enfant via un système de ventilation innovant, qui filtre les polluants extérieurs entrants, ventile les locaux pour maîtriser le renouvellement d'air et chasser l'air vicié.

©Freepik\_VentilairSec\_GroupVF



©AirLiquide

Technologie de filtration par adsorption des COVs et du formaldéhyde, dérivée d'un procédé industriel d'AirLiquide sur la purification de l'air

### **UMPAI par AirLiquide**

### **Smart QAI par NanoSense**

Test d'algorithmes de contrôle automatique et de régulation du triptyque ventilation, chauffage, climatisation selon des objectifs de productivité basés sur la qualité de l'air intérieur.



### **Moanho par Blue Industry and Science**

Solution de mesure de concentrations d'anesthésiants dans l'air ambiant des salles d'opération, via un spectromètre largement accordable (équivalent de 400 lasers).



©Blue Industry

### **Monitoring QAI par Zaack**

Etude de l'impact du monitoring précis et continu de la pollution de l'air intérieur en crèches.

©Zaack



## Amélioration de la qualité de l'air extérieur



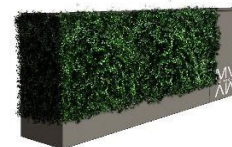
### **Vignette connectée pour sensibilisation des conducteurs par l'IFPEN**

Sensibilisation des conducteurs sur leur capacité à réduire leur empreinte polluante au travers d'une vignette connectée et de l'application GecoAir (calcul des émissions polluantes par type de véhicule), créant un lien entre conduite et qualité de l'air.

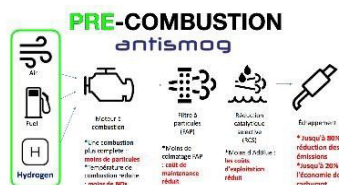
©IFPEN

## Un air sain dans une ville verte par MVAW

Solution de dépollution de l'air par biofiltration végétale à travers l'action de substrat, des végétaux et des microorganismes.



©MVAW



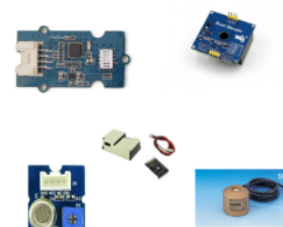
## AntiSmog par Net SAS

Solution de réduction des émissions polluantes à la source des véhicules, via l'optimisation de la combustion du carburant.

©Net SAS

## Stations de mesure multi-physiques par SimEngineering

Evaluation en conditions réelles de stations de mesure multi-physiques : station air/bruit/circulation et station bruit/poussière, notamment à destination des chantiers.



©SimEngineering



## Réseau de microcapteurs par Clarity & Citeos

Système de surveillance de la qualité de l'air, basée sur des capteurs low-cost, installés sur les mâts d'éclairage public, couplé à un portail cloud.

©Clarity & Citeos

POUR EN SAVOIR PLUS

PARIS&CO

MAIRIE DE PARIS

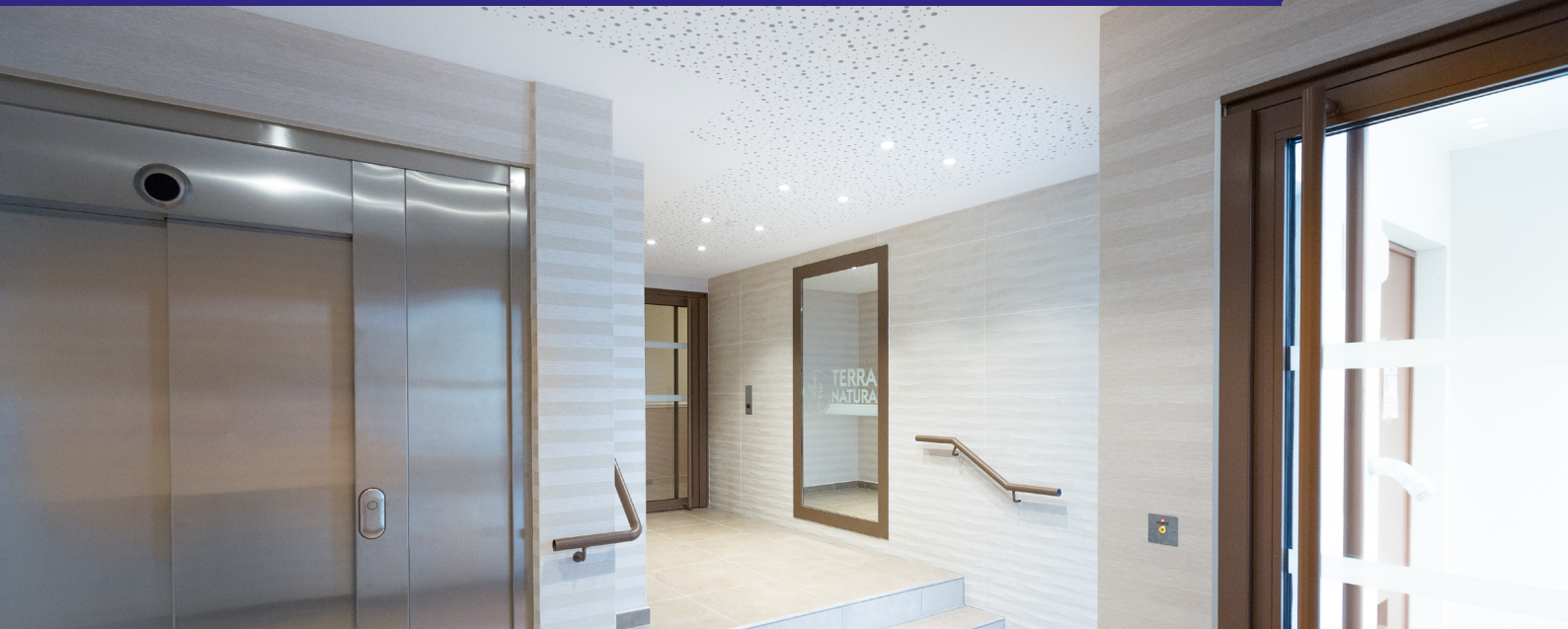


Ville de Paris / Chloe Humpich – 01 42 76 49 61 - [presse@paris.fr](mailto:presse@paris.fr)

Paris & Co / [urbanlab@parisandco.com](mailto:urbanlab@parisandco.com)

Airparif / Amélie Fritz – [amelie.fritz@airparif.fr](mailto:amelie.fritz@airparif.fr)





## QUELLES SONT LES ACTIONS EXEMPLAIRES INTÉRESSANTES MISES EN PLACE À L'INTERNATIONAL POUR PRÉSERVER ET AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR EN FRANCE ?

La qualité de l'air intérieur apparaît depuis une quinzaine d'années comme une préoccupation sanitaire de premier ordre en France. Cet enjeu a notamment été abordé dans le cadre de l'application du Plan National Santé Environnement PNSE II (2009-2013) et de la loi Grenelle 2 (2010). Il en résulte des politiques publiques françaises de soutien à l'accroissement de la connaissance de l'exposition à la pollution de l'air intérieur (création de l'OQAI) et à l'amélioration de la qualité de l'air de natures diverses, allant des dispositifs réglementaires aux dispositifs de recherche et de sensibilisation auprès de nombreux acteurs.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'action des pouvoirs publics dans le domaine de l'air intérieur est beaucoup plus récente que dans celui de l'air extérieur. Il n'existe d'ailleurs pas à ce jour de cadre européen pour la qualité de l'air intérieur en miroir des Directives existantes sur la qualité de l'air extérieur. Sur les aspects réglementaires, la France est toutefois pionnière en Europe dans ce domaine. Ce sujet constitue aujourd'hui un axe fort de progrès en matière de santé environnement qui se traduit notamment par le développement de connaissances grâce à une mobilisation de l'expertise mais également l'établissement de réglementations (étiquetage des matériaux de construction, surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du

public) et de plans.

Afin d'identifier d'éventuelles mesures applicables à la France et d'alimenter les réflexions pour définir les actions les plus pertinentes à engager dans le cadre de l'application des PNSE / PRSE III, une étude a été confiée à Nomadéis par l'Ademe qui vise à réaliser un benchmark des politiques publiques mises en œuvre à l'international pour préserver et améliorer la qualité de l'air intérieur.

Elle porte sur neuf pays prioritaires qui sont les suivants : le Japon, la Corée du Sud, les Etats-Unis, le Canada, le Danemark, la Finlande, la Belgique, le Royaume-Uni et le Portugal. Au-delà de ces pays ciblés prioritairement, les recherches bibliographiques et les experts consultés ont permis de recenser des mesures mises en place dans

24 pays.

### LA FRANCE BONNE ÉLÈVE EN MATIÈRE D'ACTI-ONS POUR L'AMÉLIORATION DE LA QAI

Ce recensement, nécessairement non exhaustif, a permis d'identifier 265 programmes et dispositifs de natures variées (outils d'information et de sensibilisation, politiques et réglementations dans le secteur du bâtiment, schémas de labellisation pour les ouvrages ou les produits, dispositifs d'étiquetage, mesures de surveillance obligatoire de la qualité de l'air, mesures de contrôle obligatoire des systèmes de ventilation, etc.). La majorité des actions recensées correspond à des initiatives des autorités publiques centrales, déployées sur l'ensemble du pays ou de l'Etat (Etats-Unis / Canada).

L'analyse de ces différents programmes et dispositifs identifiés à l'international permet d'affirmer qu'à travers l'ensemble des actions déployées, la France figure parmi les pays leaders en matière d'actions pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

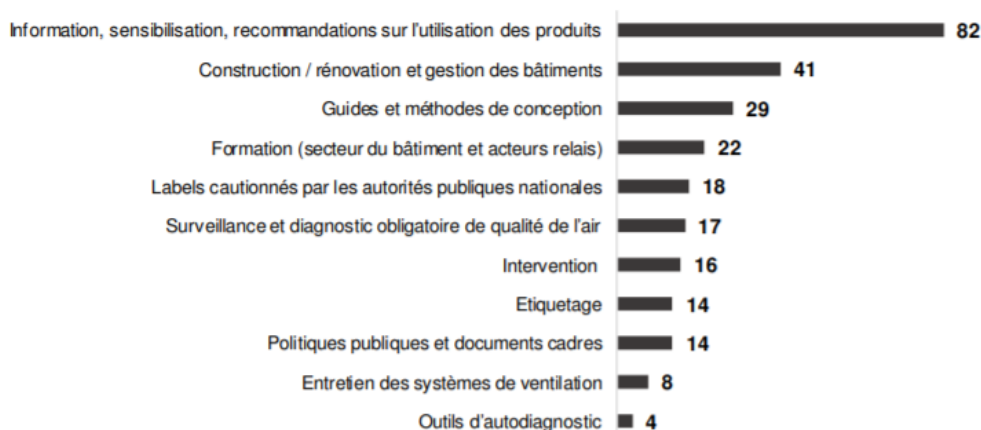


Figure 1. Dénombrement des mesures identifiées par catégories sur un total de 265 mesures

### Vers des recommandations pour une application en France ?

Dix mesures et dispositifs ont été retenus pour leur caractère d'exemplarité, qui se veulent représentatifs des différentes catégories d'actions observées, pour faire l'objet d'une analyse approfondie quant à leur potentiel de transférabilité et d'adaptabilité au contexte français notamment en concertation avec un panel d'experts. Des dispositifs similaires à certains dispositifs existants (ou en cours de développement en France, par exemple : surveillance de la qualité de l'air, services d'intervention au domicile des particuliers, etc.) ont également été retenus dans ce cadre, afin

de bénéficier de premiers retours d'expérience et d'alimenter les réflexions pour définir les actions les plus pertinentes susceptibles d'être engagées dans le cadre de l'application du Plan National Santé Environnement III (PNSE III), et des plans régions (PRSE) qui viendront le décliner localement.

Il est à noter que l'étude du potentiel de transférabilité et d'adaptabilité au contexte français nécessite d'être abordée avec prudence, la présente étude n'ayant pas vocation à formuler des recommandations à proprement parler, mais à alimenter une réflexion globale sur la base d'éléments objectifs. L'analyse d'applicabilité requiert égale-

ment de prendre en considération la pertinence technique du déploiement des mesures (certaines caractéristiques des dispositifs étudiés à l'international sont liées à des contextes géographiques ou climatiques particuliers), mais également des critères culturels et conjoncturels. Si certains dispositifs analysés à l'international peuvent apparaître très complets, la question de leur déclinaison en France est susceptible de soulever de nombreux défis (définition d'un ratio acceptable entre le coût et la facilité de mise en œuvre, interactions avec les dispositifs existants, ambition, etc.).

## POUR EN SAVOIR PLUS



[Site internet de Nomadéis](#) / [@NOMADEIS](#)

[Site internet de l'ademe](#) / [@ademe](#)

Découvrez le Benchmark international des politiques publiques pour préserver et améliorer la qualité de l'air intérieur et sa synthèse

Auteur(s) : BAECHER Cédric, PIANU Barbara, UNGERER Aurore, BRENGUIER Agathe, ALLARD Francis, BLONDEAU Patrice, SÉRAFIN Guillaume

Co-auteur(s) : NOMADEIS, URL Valor

Organisme : ADEME

Description : septembre 2017 - 16 p. - 246 p.

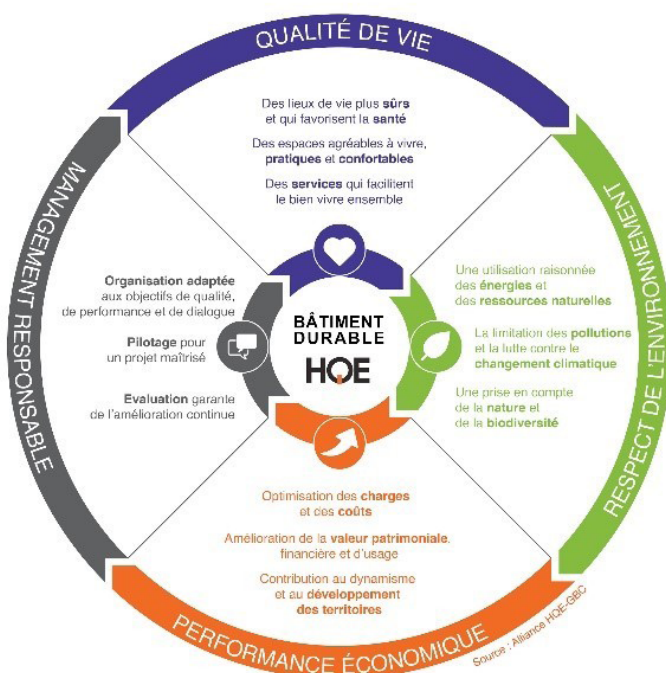




## LA QAI DANS LE BÂTIMENT DURABLE POUR TOUS. POSITIONNEMENT AU REGARD DES AUTRES DISPOSITIFS ET RÉFÉRENTIELS À L'INTERNATIONAL.

L'Alliance HQE-GBC a publié tout récemment un protocole HQE Performance pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur des bâtiments en exploitation. Cette nouvelle publication vient s'ajouter aux documents déjà élaborés par le Groupe de travail Santé et mis à disposition du plus grand nombre pour favoriser une meilleure prise en compte de cette thématique dans le secteur du bâtiment. Mais qu'en est-il de ces recommandations et de leur niveau d'exigence au regard des référentiels et autres dispositifs existants à l'international ?

### LA QAI UN THÈME INCONTOURNABLE DANS LE CADRE DE RÉFÉRENCE DU BÂTIMENT DURABLE POUR TOUS ET DANS LES RÉFÉRENTIELS DE CERTIFICATION HQE



Depuis son origine, la démarche HQE prend en compte la qualité de l'air intérieur. Ancienne cible, elle est désormais un des thèmes de l'engagement qualité de vie et fait pleinement parti du bâtiment durable.

Les référentiels de certification HQE, développés par les partenaires de l'Alliance HQE-GBC, intègrent donc tous logiquement des exigences sur la qualité de l'air intérieur, notamment les dispositions constructives pour limiter les sources de pollution internes ou externes, les contrôles de bon fonctionnement et d'entretien de la ventilation, ainsi que la mesure de la qualité de l'air intérieur. Ils concernent la maison individuelle (CEQUAMI), les logements collectifs, maisons groupées, résidences services, établissements médico-sociaux (CERQUAL Qualitel), les bâtiments non résidentiels, tels que les bâtiments tertiaires, les équipements sportifs ou les établissements de santé (CERTIVEA) et tous les bâtiments hors France (CERWAY).



## LE PROTOCOLE HQE PERFORMANCE AU REGARD DES AUTRES RÉFÉRENTIELS DÉDIÉS AUX BÂTIMENTS NEUFS

En septembre 2013, l'Alliance HQE-GBC publiait, dans le cadre de HQE Performance, des règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur à la réception d'un bâtiment neuf ou rénové, c'est-à-dire au moment du transfert de propriété au maître d'ouvrage. L'objectif de ce protocole de mesure est de déterminer une qualité de l'air intérieur en se fondant sur des valeurs de référence sanitaires, avant que les occupants n'intègrent le bâtiment. Les polluants choisis sont pour certains d'origine extérieure et pour d'autres d'origine intérieure pour lesquels le protocole définit les méthodes de prélèvement et d'analyse, les stratégies d'échantillonnage et les valeurs de référence sanitaires. Ce protocole de base pouvant être complété par d'autres

paramètres, si l'enquête préalable aux prélèvements révèle d'autres sources potentielles de pollution, il se veut le plus simple possible pour être opérationnel, reproductible, admissible économiquement et être une aide à la décision.

Le guide pratique de l'Alliance HQE-GBC, publié en juin 2017, présente les 5 étapes clés pour intégrer, réaliser et valoriser des mesures de qualité de l'air intérieur à réception : programme, conception, dossier de consultation des entreprises, réalisation et livraison.

L'examen d'une cinquantaine de référentiels internationaux qui définissent pour les bâtiments neufs des objectifs de performances de qualité d'air intérieur révèle que ces cahiers des charges mettent plutôt l'accent sur la réduction des sources de pollution dès la conception, la faible émission des produits

de construction et le renouvellement et la filtration de l'air des bâtiments. Un petit nombre d'entre eux (treize recensés) recommandent la réalisation de mesures de la qualité d'air intérieur à la réception des bâtiments.

Ces treize référentiels de différents pays (Allemagne, Autriche, Suisse, Etats-Unis, Canada, Emirats Arabes Unis, Malaisie, Indonésie, Hong-Kong) sont comparés au protocole HQE Performance pour les bâtiments à réception. Cette comparaison montre que les paramètres les plus souvent mesurés sont les composés organiques volatils et le formaldéhyde, suivis des particules, du dioxyde de carbone et du monoxyde de carbone alors que le dioxyde d'azote, le benzène ou le radon sont moins souvent mesurés. Les valeurs de référence sont globalement plus basses dans le protocole HQE Performance.

Figure 2  
Les valeurs de référence dans les principaux référentiels internationaux et européens pour les bâtiments neufs ou rénovés

	Protocole de l'Alliance HQE-GBC (France)	GSBC - German Sustainable Building Certificate (Allemagne)	Minergie (Suisse)	LEED (USA)	REAP (Canada)	BEAM (Hong-Kong)
Indice COV ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	300	500	1 000	500	500	200 (600)
FA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	10	60	60	33	60	30 (100)
PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20			50	150 (respirables)	20 (180)
PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	10					
CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	10			9		2 (10)
NO2 ( $\mu\text{g}:\text{m}^3$ )	20					40 (150)
Radon ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	100					150 (200)
Benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2					
CO2 (ppm)			1 000		530	800 (1 000)
Ozone ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						50 (120)
Flore bactérienne (ufc/ $\text{m}^3$ )						500 (1 000)
4 phényl cyclo hexane ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				6,5	6,5	

## LE PROTOCOLE HQE PERFORMANCE AU REGARD DES AUTRES RÉFÉRENTIELS DÉDIÉS AUX BÂTIMENTS EN EXPLOITATION

L'alliance HQE-GBC France propose également des règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation, dans le contexte particulier d'une surveillance régulière des bâtiments de toutes typologies durant leur phase de vie. Ce document méthodologique s'inscrit

dans l'engagement pour la qualité de vie du cadre de référence du bâtiment durable de l'Alliance. Les paramètres prioritaires choisis correspondent à des émissions de sources de pollution intérieure et au renouvellement d'air des locaux : monoxyde de carbone (si source de combustion), indice COV, composés organiques volatils majeurs et formaldéhyde, courbe de dioxyde de carbone, indice de contamination particulaire, dénom-

brement des flores bactériennes et fongiques. Ils sont associés à des valeurs de référence permettant de détecter d'éventuels dysfonctionnements techniques du bâtiment en exploitation. D'autres paramètres optionnels, d'origine extérieure au bâtiment et associés à des valeurs de référence sanitaire, sont uniquement requis si la situation environnementale du bâtiment a évolué : dioxyde d'azote, benzène, particules fines PM2,5.

Ce protocole HQE Performance de mesure de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation a lui aussi été comparé à d'autres référentiels utilisant également plusieurs paramètres pour la surveillance de la qualité de l'air intérieur (Portugal, Corée du Sud, Taiwan). Les mêmes paramètres, comme le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, les particules fines, les bactéries et champignons, les composés organiques vola-

tils, le formaldéhyde, sont retrouvés dans ces différents référentiels. Il faut noter la recherche d'ozone dans les référentiels de Corée du Sud et de Taiwan, et le dosage de radon au Portugal, en Corée du Sud, dans plusieurs états aux Etats-Unis (Connecticut, New Jersey, Hampshire, Illinois, Colorado) ou en Europe. Les critères de la qualité de l'air intérieur sont globalement plus performants pour le protocole HQE-GBC France.

	Protocole de l'Alliance HQE-GBC (France)	Portugal	Taiwan	Corée du Sud
CO2 (ppm)	1000	1250	1000	1000
CO (ppm)	10		9	10
Flore bactérienne (ufc/m3)	1000	350	1500	800
Flore fongique (ufc/m3)	100	350	1000	
Indice COV (µg/m3)	300	600	560	500 (400)
COV(µg/m3)				
Trichloroéthylène		25		
Toluène		250	307	
Styrène		260		
Tétrachloroéthylène		250		
FA (µg/m3)	30	100		100
Particules/m3				
> 0,5 µm	35 200 000			
> 1 µm	8 320 000			
Benzène	2	5		
NO2 (µg/m3)	20			94
PM10		50		150 (100)
PM2,5	18	25		
Radon (Bq/m3)		400		148
Ozone (µg/m3)			120	120
Amiante (fibre/cm3)				0,01

Figure 3 :  
Les valeurs de référence dans les référentiels pour les bâtiments en exploitation

En conclusion, les règles d'application proposées par l'Alliance HQE-GBC pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur de bâtiments de toutes typologies, au moment de leur réception et en exploitation, affichent un niveau d'ambition plutôt élevé au regard de ce qui se fait dans d'autres pays. Elles s'adressent à tous les acteurs qui souhaitent, de manière volontaire, évaluer les performances de leurs bâtiments, avec l'objectif de lieux de vie plus sûrs et qui favorisent la santé des occupants.

#### Références

- ADEME - Baecher C., Pianu B, Ungerer A., Brenguier, A. Allard F, Blondeau P., Séraphin G. 2017. Benchmark international des politiques publiques de la qualité de l'air, 243 pages.
- Coeudevez C.S. et Déoux S. 2011. Bâtiments, Santé, le tour des labels, Médiéco Editions, Andorra, 173 pages
- Association HQE. Protocole HQE PERFORMANCE : Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové à réception, 25 pages. Version de Juin 2015.
- Alliance HQE-GBC France. Guide pratique « Mesurer la qualité de l'air intérieur des bâtiments neufs ou rénovés : 5 étapes clés pour intégrer, réaliser et valoriser des mesures à réception, 36 pages. Juin 2017
- Alliance HQE-GBC France. Le bâtiment durable pour tous. Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation, 29 pages. Version Mars 2018



**Docteur Fabien Squinazi** - [fabien.squinazi@gmail.com](mailto:fabien.squinazi@gmail.com)

Membre d'honneur de l'Alliance HQE-GBC

Médecin biologiste, ancien biologiste des hôpitaux (1975-1983), ancien Directeur adjoint du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) (1984-1993), ancien Directeur du LHVP (1994-2012) et ancien Chef du Bureau de la Santé Environnementale et de l'Hygiène à la Mairie de Paris (2009 - 2012).

**POUR EN SAVOIR PLUS**

# A PROPOS

Ce dossier thématique a été coordonné par l'Alliance HQE-GBC et publié par Construction 21 sur leur site internet.

[Retrouvez tous les articles de nos contributeurs](#)

La QAI étant un des sujets majeurs de l'[Alliance HQE-GBC](#), ce dossier a été élaboré dans le cadre d'un groupe de travail dédié, qui conduit des travaux pour que la mesure de la qualité de l'air intérieur devienne pratique courante.

L'Alliance HQE-GBC a également publié un [protocole](#) pour évaluer la qualité de l'air intérieur pour les bâtiments neufs ou rénovés avant que les occupants ne prennent – ou reprennent – possession du bâtiment. Le protocole précise pour chaque polluant, les méthodes de prélèvement et d'analyse, les stratégies d'échantillonnage et les valeurs sanitaires de référence.

## Dossiers thématiques: votre expertise à la une

Depuis mai 2017, vous pouvez proposer des dossiers thématiques sur [Construction21](#). Ils sont destinés à mettre en avant un sujet dont vous êtes expert, à faire avancer les débats et les connaissances des professionnels du secteur.



L'[Alliance HQE-GBC](#) est l'alliance des professionnels pour un cadre de vie durable. Par les démarches volontaires qu'elle suscite en France et à l'international, l'Alliance HQE-GBC agit dans l'intérêt général pour anticiper, innover, améliorer les connaissances, diffuser les bonnes pratiques et représenter le secteur des bâtiments, aménagements et infrastructures durables. L'Alliance HQE-GBC est le membre français du World GBC. Reconnue d'utilité publique, elle est à l'écoute de toutes les parties prenantes. Elle privilégie le travail collaboratif en réseau pour démultiplier son action et favoriser les échanges de proximité avec les acteurs.



[Construction21](#) est à la fois une plateforme collaborative et un portail d'information à la disposition des professionnels de la construction et de la ville durables. Elle a été conçue pour aider à développer de nouvelles façons de construire et de rénover, accélérant ainsi la transition vers une économie verte du bâtiment. Lancée dans 6 pays en mars 2012 par 9 partenaires européens, elle vise à couvrir 50 pays dans le monde d'ici 2020.



Le rédactrice en chef, Anne-Sophie PERRISSIN-FABERT, directrice de l'Alliance HQE-GBC, tient à remercier chaleureusement tous les contributeurs ainsi que l'équipe de Construction 21.

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie



## CONTACTS

**Rédactrice en chef** - Anne-Sophie PERRISSIN-FABERT - [aperrissin@hqegbc.org](mailto:aperrissin@hqegbc.org)

**Relations Presse Alliance HQE-GBC** - Agence Oxygen - Vanessa MARLIER - [vanessa@oxygen-rp.com](mailto:vanessa@oxygen-rp.com)

**Communication** - Mary KIEFFER - [communication@hqegbc.org](mailto:communication@hqegbc.org)

**Chargée de mission QAI** - Nathalie SEMENT - [nsement@hqegbc.org](mailto:nsement@hqegbc.org)

**Coordinateur Construction21** - Sylvain BOSQUET - [sylvain.bosquet@construction21.fr](mailto:sylvain.bosquet@construction21.fr)

**Presse Construction21** - Alexia ROBIN - [alexia.robin@construction21.fr](mailto:alexia.robin@construction21.fr)