

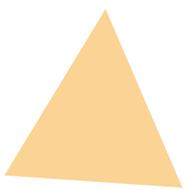


**LA QUALITÉ DE L'AIR,
COMPRENDRE ET AGIR.**

**SANTÉ, BIEN-ÊTRE ET
PRODUCTIVITÉ DANS LES
BÂTIMENTS**

SOMMAIRE

La Responsabilité Sociale et Environnementale	5
Pourquoi la prise en compte de l'environnement intérieur est-elle importante ?	6
Comment la qualité de l'air intérieur est-elle devenue une nouvelle préoccupation ?	8
Comment bien mesurer votre QAI et exploiter les résultats	9
La température	9
L'humidité	9
Les COV et le Formaldéhyde	10
Le Benzène	10
Les Particules fines	10
Le CO2	11
Quels sont les impacts de la Qualité de l'air en fonction des usages ?	13
Dans les écoles	13
Dans les bureaux	13
Dans les hôtels et restaurants	15
Les outils indispensables	16
Comment nous vous aidons à interpréter et améliorer votre QAI ?	17



LA RESPONSABILITÉ SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

De nombreuses études convergent sur le fait que les entreprises pratiquant la Responsabilité Sociale et Environnementale, plus communément appelée RSE, sont plus efficaces. Plus récemment, selon le site monethic.fr, parmi les entreprises qui ont mieux résisté à la crise sanitaire en 2020, beaucoup d'entre elles avaient mis en place une démarche avancée de responsabilité sociétale. Cela démontre une capacité de résilience supplémentaire qui va se faire de plus en plus indispensable.

Dans une étude de l'institut Viavoice, la prise en compte du bien-être des salariés dans l'entreprise arrive ainsi en tête des citations (51%) parmi les enjeux prioritaires de la RSE. Dans cette même étude une majorité de décideurs (55 %) considèrent ainsi la RSE comme une « opportunité économique » source d'« avantage concurrentiel » (et seuls 21 % sont d'un avis contraire, considérant la RSE comme une contrainte). Il est donc essentiel de protéger les collaborateurs et d'améliorer leur qualité de vie au travail.

Plus récemment, le BPI France Lab a publié une étude réalisée auprès de 61 000 dirigeants de PME. Elle montre qu'offrir les meilleures conditions de travail » est l'aspiration de loin la plus citée par les dirigeants de PME. En effet, 35 % la placent en première position, 83 % dans leur top 3.

Il y a donc une convergence entre les objectifs d'une organisation en termes de vente, de productivité, d'apprentissage de satisfaction client et les attentes des collaborateurs.

La gestion immobilière implique une approche particulière. Ces spécificités expliquent les initiatives prises par l'Observatoire de l'Immobilier Durable depuis 2018 traitant des aspects, ESG dans ce secteur. Plus récemment une déclinaison immobilière du Label ISR a été retenue par 12 fonds immobiliers pour une valeur totale de près de 12 milliards d'euros. L'obtention du Label ISR repose sur une grille d'évaluation à partir de laquelle sont fixées les notes. Elle se structure autour de trois piliers : Environnement, Social et Gouvernance. La santé et le confort des occupants font partie des thématiques obligatoires et sont en tête du classement des enjeux sociaux. Elles portent sur la qualité de l'air et la qualité de l'eau entre autres.

Pour les acteurs de l'immobilier comme des foncières ou des grandes entreprises pour lesquelles le bâtiment est un élément majeur de leurs activités, il devient donc essentiel de prendre en compte ces enjeux parmi lesquels la Santé et le confort qui occupent une place de choix. Cette prise de conscience est non seulement renforcée par les évolutions réglementaires mais aussi par les attentes des occupants.

Dans ce document, à partir d'une étude sur le phénomène des bâtiments malsains, nous cernerons le sujet de la qualité de l'air et ses effets.



POURQUOI LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR EST-ELLE IMPORTANTE ?

Des chercheurs du Harvard T.H. Chan School of Public Health ont élaboré un guide pour l'amélioration de la santé dans les bâtiments commerciaux ; ils cherchent à s'attaquer aux causes du « syndrome des bâtiments malsains » (SBS), un terme inventé en 1982 par l'Organisation mondiale de la santé. Les facteurs qu'ils ont abordés sont l'aboutissement d'un effort visant à simplifier une question complexe : comment rendre nos bâtiments plus sains ?

Le SBS réside dans une exposition prolongée à un problème minime. Les qualités inhérentes à un bâtiment sale ou relativement pollué peuvent ne pas affecter la santé et la productivité d'un occupant en quelques heures. Cependant, au fil des mois, divers facteurs se sont avérés préjudiciables au bien-être des occupants et 9 principaux sujets ont été étudiés

● Qualité de l'air intérieur (QAI) :

Les avantages pour la santé et la productivité d'une bonne qualité de l'air intérieur (QAI) sont bien établis. Cela peut être indiqué par de faibles concentrations de CO₂ et de polluants, et un taux de ventilation. Il serait imprudent de suggérer que les résultats d'études individuelles, même les méta-analyses, sont automatiquement répliquables pour n'importe quelle organisation. Cependant, tout en prenant en compte cette précaution, des recherches suggèrent qu'une amélioration de la productivité de 8 à 11% n'est pas rare grâce à une meilleure qualité de l'air.

● Confort thermique :

Ceci est très étroitement lié à la QAI et la séparation des avantages est difficile. Cependant, la relation est claire, des recherches démontrent que le confort thermique a un impact significatif sur la satisfaction au travail. Suggérer une règle générale sur la taille des gains de productivité n'est pas un exercice simple en raison de l'importance des circonstances spécifiques et de manque de

comparabilité entre les études. Cependant, des études montrent systématiquement que même à des degrés modestes de contrôle personnel sur le confort thermique peuvent engendrer des améliorations à un chiffre de la productivité.

● Lumière du jour et éclairage :

Un bon éclairage est crucial pour la satisfaction des occupants, et la compréhension des bienfaits de la lumière pour la santé et le bien-être augmente constamment. Il peut être difficile de distinguer les avantages de la lumière du jour - plus près d'une fenêtre bien sûr. Plusieurs études au cours de la dernière décennie ont estimé des gains de productivité en raison de la proximité des fenêtres. Des experts pensent que les opinions sont probablement affectées lorsque la vue offre un lien avec la nature.

● Moisissure :

Le plus gros problème posé par les niveaux élevés d'humidité dans un bâtiment est le potentiel de croissance de moisissures. Une grande partie des habitations souffrent de moisissure ou de dégâts des eaux, ce nombre ayant plus que doublé (85%) pour les bâtiments commerciaux. La moisissure et le mildiou deviennent progressivement plus irritants pour le corps lors d'une exposition prolongée - il est donc important de remédier rapidement aux fuites. L'humidité peut être combattue par des inspections fréquentes des systèmes de CVC et d'autres systèmes du bâtiment.



● **Poussière et nuisibles :**

Un problème permanent dans de nombreux bâtiments, l'accumulation de poussière n'est pas intrinsèquement mauvaise. Cependant, la poussière agit souvent comme un dépôt de composés organiques volatils (COV) et peut se mêler aux allergènes et aux toxines des nuisibles. Une accumulation de poussière contenant des allergènes d'insectes et de rongeurs peut devenir une cause d'irritation, voire un motif de recours hospitalier.

● **Biophilie :**

L'hypothèse que nous avons un lien instinctif avec la nature, est un thème croissant de la recherche. La compréhension scientifique croissante de l'impact positif des espaces verts et de la nature sur (en particulier) la santé mentale, est bénéfique pour les personnes impliquées dans la conception et l'aménagement de bureaux, les développeurs et les urbanistes.

● **Bruit :**

Il peut être une cause majeure d'insatisfaction parmi les occupants. Dépendant en grande partie des influences environnementales, le bruit a des répercussions qui vont au-delà des dommages auditifs de source ponctuelle. Un bruit excessif (35bd) a été lié à l'hypertension, et la nécessité d'élever la voix au-dessus du bruit extérieur est associée à un enrrouement, une gêne et une communication moins efficace. Un environnement ambiant excessif a la plus grande influence sur les enfants de moins de 15 ans, qui développent encore des capacités d'écoute.

● **Sûreté et sécurité :**

Le manque de sécurité affecte la santé et la productivité globales d'une personne dans un espace donné, parce que le corps s'engage dans une réponse de « combat ou de fuite » à petite échelle. Il faut donc prendre des mesures pour assurer sa propre sécurité avant que la réaction de combat ou de fuite ne s'enclenche. Les suggestions pour améliorer la sécurité comprennent le remplacement des avertisseurs d'incendie et de monoxyde de carbone, ainsi que l'installation d'une caméra de surveillance extérieure et la mise en place d'un plan d'urgence bien rodé.

La même chose pourrait être dite à propos de la recherche sur le «look and feel» du bureau, ce qui est considéré comme superficiel par certains, et pourtant devrait être pris au sérieux comme ayant un impact potentiel sur le bien-être et l'état d'esprit - à la fois pour les occupants, les clients et les visiteurs.



COMMENT LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR EST-ELLE DEVENUE UNE NOUVELLE PRÉOCCUPATION ?

À la différence de la pollution de l'air extérieur, plus médiatisée, celle de l'air intérieur est restée relativement méconnue jusqu'au début des années 2000. Pourtant, nous passons en moyenne, en climat tempéré, 85 % de notre temps dans des environnements clos, et une majorité de ce temps dans l'habitat : domicile, locaux de travail ou destinés à recevoir du public, moyens de transport, dans lesquels nous pouvons être exposés à de nombreux polluants. La nature de ces polluants dépend notamment des caractéristiques du bâti, des activités et des comportements (tabac, bricolage, peinture, etc.) et ces polluants peuvent avoir des effets sur la santé et le bien-être. La qualité de l'air intérieur fait donc l'objet de préoccupations depuis plusieurs années et apparaît aujourd'hui comme un enjeu majeur de santé publique. Les principaux composants identifiés sont :

- Polluants chimiques : composés organiques volatils (COV), oxydes d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), phtalates, etc.
- Bio contaminants : moisissures, allergènes domestiques provenant d'acariens, d'animaux domestiques et de blattes, pollens, etc.
- Polluants physiques : particules et fibres (amiante, fibres minérales artificielles), etc.

La qualité de l'air peut limiter ou favoriser la transmission virale et l'émergence de symptômes (maux de tête, de la fatigue, une irritation des yeux, du nez, de la gorge ou de la peau, des vertiges, des manifestations allergiques ou de l'asthme).

Elle peut également avoir un effet sur le taux d'absentéisme, le bien-être des occupants, l'apprentissage des enfants et l'effi-

cacité dans les entreprises.

Dans son étude sur la hiérarchisation des paramètres sanitaires dans le bâtiment, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) a sélectionné 17 substances individuelles, parmi les 70 étudiées. Sont considérées comme des paramètres « hautement prioritaires » le formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, particules, radon et dichlore, comme « très prioritaires » le dioxyde d'azote, allergènes de chien, allergènes d'acariens, toluène, trichloréthylène, plomb, tétrachloroéthylène, dieldrine, allergènes de chat, aldrine et monoxyde de carbone. Les autres substances se trouvent classées dans des catégories de priorité inférieures.



COMMENT BIEN MESURER VOTRE QAI ET EXPLOITER LES RÉSULTATS

Les effets de la pollution de l'air intérieur peuvent être difficiles à détecter. Une explication partielle est que l'effet des polluants de l'air intérieur n'est pas toujours évident. Certains types de détérioration, comme la corrosion, sont facilement reconnaissables. Mais d'autres processus de dégradation sont plus difficiles à détecter, comme la perte de résistance des fibres dans un matériau. Et comme un polluant est rarement le seul facteur d'un processus de détérioration, mais interagit avec l'humidité relative, la température et même d'autres composés polluants, la situation est complexe. De plus, la pollution de l'air intérieur n'est pas uniforme d'un endroit à l'autre et l'air intérieur contient généralement des centaines de composés considérés comme des « polluants ».

Sur la base des études préalablement citées, nous considérons les 6 critères suivants méritent une attention particulière.

LA TEMPÉRATURE

La norme internationale X35-203 présente des méthodes de prévision de la sensation thermique générale et du degré d'inconfort (insatisfaction thermique) général des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées. Elle permet de déterminer analytiquement et interpréter le confort thermique. Spécifiquement développée pour les environnements de travail, elle peut cependant être appliquée à d'autres types d'environnements. Cette norme préconise des échelles de températures à respecter :

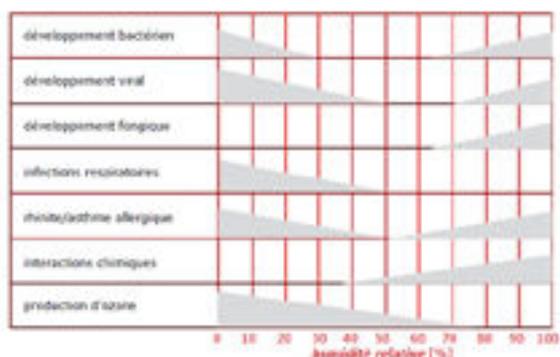
- Dans les bureaux de 20 à 22°C.
- Dans les espaces avec faible activité physique de 16 à 18°C.
- Dans les espaces avec forte activité physique de 14 à 16°C.

L'HUMIDITÉ

L'humidité relative de l'air est égale au rapport entre la pression de vapeur partielle dans l'air et la pression partielle de vapeur d'eau dans l'air saturé à la même température. Des humidités relatives faibles (inférieures à environ 30%) peuvent donner lieu à une gêne respiratoire et à une nuisance résultant des effets électrostatiques. Des humidités relatives élevées (supérieures à environ 70%) entraînent un risque de condensation et de formation de moisissure sur des surfaces dont les températures sont proches ou inférieures à la température du point de rosée dans l'air »



Le schéma ci-dessous indique, pour chaque catégorie de phénomène, le rôle joué par l'humidité, les zones grisées (plus ou moins importantes) indiquant les domaines dans lesquels l'humidité joue un rôle négatif.



LES COV ET LE FORMALDÉHYDE

Parmi les nombreux polluants de l'air intérieur il y a les aldéhydes, parmi lesquels le formaldéhyde. Ce dernier est connu comme étant un polluant majeur de l'air intérieur, il fait partie de la famille des COV (Composés Organiques Volatiles) et se retrouve quasiment partout dans les bâtiments, car il est très présent dans les colles. Ainsi, il y a du formaldéhyde dans les colles, les bois agglomérés, les peintures, la fumée de cigarette, etc. qui représentent une concentration cancérogène.

Les principaux effets liés à l'exposition chronique au formaldéhyde par inhalation sont des irritations des yeux, de la gorge et des voies respiratoires. Ce sont les effets « critiques », c'est-à-dire les effets apparaissant aux doses d'exposition les plus faibles. Le formaldéhyde a été classé « cancérogène certain chez l'homme » par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 2004, sur la base d'études relatives au cancer du nasopharynx en milieu professionnel. Les connaissances sur le mécanisme d'action du formaldéhyde indiquent une dose seuil pour les effets cancérogènes (en dessous de laquelle les effets cancérogènes ne sont pas susceptibles de survenir). En fait, le formaldéhyde serait cancérogène à des doses plus fortes que celles qui entraînent les effets irritatifs locaux, effets considérés comme précurseurs de la transformation en processus cancérogène.

LE BENZÈNE

La présence de benzène dans les lieux clos résulte à la fois des sources intérieures et des apports d'air extérieur. Les sources propres aux environnements intérieurs sont variées :

- Combustions domestiques : tabagisme, cuisson des aliments, chauffage (sauf électrique), utilisation de bougies et d'encens...
- Matériaux de construction et d'ameublement : certains revêtements, meubles plastifiés, peints ou vernis,
- Produits de bricolage et d'entretien : colles, solvants, peintures, désodorisants...

- Objets et produits de la vie courante : matières plastiques, caoutchouc synthétique, cosmétiques...

Le benzène est l'un des plus dangereux polluants de l'air intérieur, il a été classé par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) comme « cancérogène avéré pour l'homme ». Ses effets sur la santé sont particulièrement nocifs. Selon la dose, il peut provoquer divers symptômes neurologiques tels que les maux de tête, nausées, vertiges, somnolence, confusion, convulsions, coma, voire mort. Il peut affecter les cellules sanguines (leucémies, benzolisme), attaquer la moelle osseuse et le système immunitaire.



LES PARTICULES FINES

Les particules en suspension (ou « Particulate Matter » en anglais) sont constituées d'un ensemble très hétérogène de composés : sels (nitrates, sulfates, carbonates, chlorures...), composés carbonés organiques (HAP, oxydes, matière organique...), éléments traces (métaux lourds...) ou encore carbone élémentaire. Dans les lieux clos, la présence de particules résulte à la fois des sources intérieures et de transferts avec l'extérieur. On retrouve les combustions : cigarette, cheminée, poêle à bois ou à gaz, gazinière, chauffe-eau à gaz, cuisson des aliments (friture, sautés, rôtis), bougies, bâtonnets d'encens... Certaines activités sont contributrices (bricolage, ménage) ainsi que les éléments de construction, d'ameublement et de décoration.

Selon leur taille, les poussières pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire : les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures, les plus fines atteignent les voies inférieures et peuvent altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules diminuent l'efficacité des mécanismes de défense contre les infections et interagissent avec les pollens pour accroître la sensibilité aux allergènes. Certaines servent aussi de vecteurs à différentes substances toxiques voire cancérogènes ou mutagènes (métaux, HAP...), qui sont alors susceptibles de pénétrer dans le sang.

LE CO2

« Naturellement présent dans l'air à un niveau d'approximativement 380 ppm (0.038%) son augmentation dans les espaces intérieurs résulte des échanges gazeux pulmonaires. Un occupant d'un local dégage en moyenne 16,2 l/h de CO₂, selon son activité.

Le graphique démontre les variations constatées dans une salle de réunion et établit donc un lien direct entre le niveau de CO₂ d'un espace, le nombre d'occupants et la ventilation.

Plusieurs organismes à travers le monde ont fixé des seuils d'alerte à partir de 1000ppm. Afin de faciliter la lecture des concentrations de CO₂, le CSTB en France à quant à lui créé un indicateur, l'indice ICONNE, sur une échelle de 1 à 5.

• **L'impact sur la transmission virale**

Le contexte sanitaire lié à l'épidémie du COVID 19 souligne avec force l'importance de la qualité de l'air dans la transmission virale. La transmission du virus SRAS-CoV-2 se produit à l'intérieur, principalement par inhalation de particules. Alors comment savoir si la pièce dans laquelle vous vous trouvez dispose d'un renouvellement d'air suffisant ? Une mesure en temps réel du niveau de CO₂ permet de savoir si la pièce se remplit d'exhalaisons potentiellement infectieuses. Ce confinement de l'air, pouvant faciliter ou non la transmission du virus. »



- **L'impact cognitif**

Une étude de l'université de l'état de New York calcule les performances des mesures sous forme de scores bruts, basés sur les actions prises par les participants, leur plan de travail, leurs réponses aux informations entrantes, et leur utilisation de l'expérience et résultats antérieurs. Les mesures de la performance des tâches couvrent des compétences relativement simples comme la vitesse de réponse, activité et orientation des tâches, grâce à des capacités de niveau intermédiaire comme l'initiative, la réactivité aux urgences, et l'utilisation de l'information, à des processus de pensée et d'action tels que l'approche des problèmes, la capacité de planification et de stratégie.

Les neuf principaux facteurs et combinaisons de facteurs qui prédisent le succès dans le monde réel sont : le **niveau d'activité de base** (nombre d'actions prises), l'**activité appliquée** (actions opportunistes), l'**activité ciblée** (actions dans un effort restreint), l'**orientation des tâches** (se concentrer sur les demandes de tâches simultanées), l'**initiative** (dévelop-

pement d'activités nouvelles / créatives), la **recherche d'informations** (ouverture et recherche), l'**utilisation de l'information**, l'**ampleur de l'approche** (flexibilité dans l'approche de la tâche), et la stratégie (nombre d'actions stratégiques).

On constate que l'augmentation des concentrations de CO₂ à l'intérieur, avec tous les autres facteurs maintenus constants, ont été statistiquement associés avec une significative réduction des performances décisionnelles. À 1000 ppm de CO₂, contre 600 ppm, les performances ont été considérablement diminuées sur six des neuf mesures de la performance décisionnelle. À 2500 ppm de CO₂, comparé à 600 ppm, les performances étaient significativement réduites dans sept des neuf mesures de performance, avec des rangs en centile pour certaines mesures de performance diminuant aux niveaux associés avec des performances marginales ou dysfonctionnelles. Les impacts directs du CO₂ sur la performance indiquée par nos résultats peuvent être économiquement importants et désavantager certaines personnes.



QUELS SONT LES IMPACTS DE LA QUALITÉ DE L'AIR EN FONCTION DES USAGES ?

DANS LES ÉCOLES

Les enfants sont particulièrement vulnérables aux contaminants atmosphériques toxiques. Non seulement leur rythme respiratoire est plus élevé par rapport à leur poids corporel, mais leur développement pulmonaire est directement affecté par la pollution de l'air. L'exposition à l'air pollué au cours de ces années de développement entraîne une diminution de la fonction respiratoire plus tard dans la vie. L'augmentation des cas d'asthme, qui est l'une des principales causes d'absentéisme chez les enfants d'âge scolaire, a été directement liée à une exposition élevée à la pollution atmosphérique.

« Les données disponibles mettent en évidence des concentrations de CO₂ mesurées dans l'air des salles de classes d'écoles plus élevées que dans d'autres environnements intérieurs étudiés (logements, bureaux, crèches), et dans certaines études, une association entre ces concentrations et des effets sur la santé des élèves (symptômes de l'asthme), la performance et la perception de confort.

Lors de mesures prises dans les salles de classe par Hxperience, la moyenne des concentrations de CO₂ étaient supérieures à 1000 ppm et une proportion substantielle dépassait 2000 ppm.

Comme mentionné dans les articles précédents, des données récentes suggèrent également qu'une mauvaise qualité de l'air intérieur peut directement réduire la capacité d'une personne à effectuer des tâches mentales spécifiques nécessitant de la concentration, du calcul ou de la mémoire. L'éventualité qu'une exposition au CO₂ causant une diminution de la prise de décision et de l'apprentissage des élèves ne peut pas être exclue. De la même manière, les espaces dans lesquels les étudiants passent des tests liés à l'admission à l'université ont souvent une densité

d'occupants élevée, et donc pourraient avoir des niveaux de CO₂ élevés.

Compte tenu de ces concentrations, il faut envisager la possibilité que certains élèves des classes à haute teneur en CO₂ soient désavantagés pour apprendre ou passer des tests. »

Seuil de CO₂ pour les bâtiments scolaires
Récapitulatif des valeurs réglementaires ou recommandées pour les bâtiments solaires (CSTB, 2011)

Pays	Textes	Concentration limite en CO ₂
France - 1978	Circulaires du 9 août 1978	1 000 ppm
Royaume-Uni - 2006	Building Bulletin 101	1 000 ppm (moyenne sur une journée d'enseignement) 5 000 ppm max.
Belgique, région flamande - 2004	Arrêté du gouvernement flamand	500 ppm
Allemagne - 1983	Norme DIN 1946	1 500 ppm
Autriche - non précisée	AIVC 2000	1 000 ou 1 500 ppm (sous discussion)
Hollande - 1986	Norme NEN 1089	1 200 ppm
Danemark - non précisée	AIVC 2000	1 000 ppm avec une limite supérieure de 2 000 ppm
Norvège - 2003	Regulations for environmental health protection in schools	1 000 ppm
Finlande - 2003	D2 National Building code	1 200 ppm
Portugal - 2006	Règlement RSECE	1 000 ppm
Canada - 1989	Norme ASHRAE 62.1989	1 000 ppm
États-Unis - 2007	Norme ASHRAE 62.1.2007	700 ppm au dessus du niveau extérieur
Bésil - 2000	Resolução n°176	1 000 ppm
Chine continentale - 2002	Norme GB/T 18883	1 000 ppm comme valeur moyenne journalière
Japon - non précisée	Building standard law	1 000 ppm
Corée - non précisée	Health act in school	1 000 ppm
Nouvelle Zélande - non précisée	Mechanical ventilation standard	1 000 ppm

Sources : Rapport d'impact du CO₂ établi par l'ANSES

DANS LES BUREAUX

Dans les espaces de bureaux généraux aux États-Unis, les concentrations de CO₂ ont tendance à être plus basse que dans les écoles. Dans une enquête représentative de 100 bureaux aux États-Unis (Perrily et Gorfain 2008), seulement 5% du CO₂ intérieur maximal mesuré affichait des concentrations dépassant 1000 ppm, en supposant une concentration extérieure de 400 ppm. Une étude suggère que les salles de réunion dans les bureaux, où des décisions importantes sont parfois prises, peuvent avoir des concentrations de CO₂ élevées, par exemple jusqu'à 1 900 ppm pendant les réunions de 30 à 90 minutes (Fisk et al. 2010).

Une analyse complète de l'University Carnegie Mellon de Pittsburgh a conclu que la ventilation naturelle ou en mode mixte pouvait permettre de réaliser 0,8 à 1,3% d'économies sur les coûts de santé, 3 à 18% de gains de productivité et 47 à 79% d'économies d'énergie CVC, pour un retour sur investissement moyen d'au moins 120%. La qualité de l'air dans les immeubles de bureaux est

souvent compromise par une combinaison de sources de pollution intérieures et extérieures. Les sources de pollution extérieures peuvent inclure les rues animées, les gares routières, les parkings adjacents, les gares, les aéroports, la fabrication, l'industrie, l'agriculture et plus encore. Les systèmes CVC, les matériaux de bureau et de construction, les photocopieurs et les imprimantes laser mal entretenus peuvent être une source intérieure de polluants particuliers et gazeux.

Des problèmes de qualité de l'air intérieur surviennent dans jusqu'à 30 % de tous les bâtiments commerciaux, selon l'Organisation mondiale de la santé. Un rapport du Lawrence Berkeley National Laboratory a rapporté que 23% des employés de bureau américains présentent des symptômes liés au syndrome des bâtiments malsains, diminuant la productivité globale à l'échelle nationale de 2%. Le coût ? **60 milliards de dollars par an.**



Seuil de CO2 pour les bureaux
Récapitulatif des valeurs réglementaires ou recommandées pour les bureaux (CSTB, 2011)

Pays	Textes	Concentration limite en CO2
France - 1978	Circulaires du 9 août 1978	1 000 ppm
Belgique, région flamande - 2004	Arrêté du gouvernement flamand	500 ppm
Finlande - 2003	D2 National Building code	1 200 ppm
Portugal - 2006	Règlement RSECE	1 000 ppm
Etats-Unis - 2007	Norme ASHRAE 62.1.2007	700 ppm au dessus de la concentration extérieure
Brésil - 2000	Resolução n°176	1 000 ppm
Chine continentale - 2002	Norme GB/T 18883	1 000 ppm comme valeur moyenne journalière
Japon - non précisée	Building standard law	1 000 ppm
Corée - 2003	Ministry of Labor	Moyenne de 1 000 ppm sur 8 heures

Sources : Rapport d'impact du CO2 établi par l'ANSES

Les tableaux suivants sont communément admis par la communauté des spécialistes des COVt :

Habitation et bureaux vides

Niveaux en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Signification
< 200	Idéal
200 - 300	Bon
300 - 400	Acceptable
400 - 500	Marginal
> 500	Mauvais

Lieu de production

Niveaux en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Signification
< 500	Idéal
500 - 700	Bon
700 - 1000	Acceptable
1000 - 1500	Marginal
> 1500	Mauvais, plainte probable des employés
1500 - 3000	Effets possibles liée à l'exposition
3000 - 25000	Effets possibles liée à l'exposition
> 2500	Niveau toxique, effets neurologiques potentiels



DANS LES HÔTELS ET RESTAURANTS

Ces dernières années, l'industrie hôtelière a considérablement amélioré sa prise de conscience des problèmes de qualité de l'air qui ont un impact direct sur le confort et la santé des clients. De plus en plus de clients sont aujourd'hui sensibles à la mauvaise qualité de l'air dans les hôtels. Souvent, les premières causes de préoccupation sont les odeurs d'agents de nettoyage, la fumée de tabac ou les dégâts des eaux ou de rénovation. En outre, un nombre croissant de clients recherchent des chambres d'hôtel qui répondent à leur besoin d'un environnement respectueux des allergies ou de l'asthme.

Les promoteurs et les gestionnaires d'hôtels réalisent que la qualité de l'air peut être un facteur important pour les clients, en particulier pour décider de retourner ou non dans la propriété pour de futurs voyages ou réunions. Un nombre croissant de voyageurs, en particulier ceux

parmi les 40 millions d'Américains qui souffrent d'allergies, ne séjourneront plus dans les hôtels à moins que les chambres ne disposent d'options et de rendez-vous adaptés aux allergies. Jusqu'à 38 % des hôtels proposent désormais des chambres adaptées aux personnes allergiques, et au moins 25 % des hôtels proposent des purificateurs d'air dans les chambres (malheureusement, bon nombre de ces purificateurs d'air produisent des ions et de l'ozone qui peuvent nuire à la santé). Les chambres d'hôtel équipées pour les clients allergiques sont vendues à un prix plus élevé, selon les analystes du secteur. Les mêmes clients qui sont prêts à payer un supplément pour des chambres à coucher sensibles aux allergies s'attendent également au même niveau élevé de qualité de l'air dans les halls, les salles de conférence et même les grandes salles de bal.

Seuil de CO2 pour les bâtiments résidentiels (type de bâtiment dont l'usage est le plus proche des hôtels pour lesquels il n'existe pas de référentiel)
Récapitulatif des valeurs réglementaires ou recommandées pour les bâtiments résidentiels (CSTB, 2011)

Pays	Textes	Concentration limite en CO2
Belgique, région flamande - 2004	Arrêté du gouvernement flamand	500 ppm
Hollande - 1981	Norme NEN 1087	1 000 - 1 500 ppm
Finlande - 2003	D2 National Building code	1 200 ppm
Chine continentale - 2002	Norme GB/T 18883	1 000 ppm comme valeur moyenne journalière
Corée - 2006	Réglementation KMOCT	1 000 ppm

Sources : Rapport d'impact de CO2 établi par l'ANSES



LES OUTILS INDISPENSABLES

Il existe sur le marché de nombreuses solutions de mesure de qualité de l'air pour chacun des polluants ciblés. Depuis quelques années, des micro-capteurs de mesure de la qualité de l'air se développent et sont commercialisés. Ces instruments sont particulièrement intéressants, car ils permettraient une surveillance continue et spatialisée des bâtiments à moindre coût.

Ils apportent une alternative aux mesures réalisées par des enquêteurs spécialisés et permettent à chacun de mesurer la qualité de son air sans faire appel à des équipements complexes, lourds et coûteux.

Ils permettent un suivi en temps réel avec une résolution spatiale et temporelle fine, à un coût suffisamment faible pour envisager de les distribuer en nombre, par exemple pour une qualification pièce par pièce d'un bâtiment.

Les micro-capteurs, s'ils sont associés à un logiciel d'analyse des données, offrent un potentiel pour que les exploitants et occupants deviennent des acteurs du recueil de données. En effet, les plateformes de collecte et d'analyse de données permettent non seulement de centraliser les données collectées afin de constituer un historique mais surtout de vulgariser les résultats en produisant des indicateurs combinant plusieurs polluants et en prodiguant des recommandations. Ces solutions permettent de percevoir simplement la qualité de l'air dans son environnement immédiat, elles permettent l'identification des sources de pollution, de déclencher des actions correctives et d'en appréhender les conséquences. Ils constituent donc un mode d'intervention prometteur pour le changement de comportement.



COMMENT NOUS VOUS AIDONS À INTERPRÉTER ET AMÉLIORER VOTRE QAI ?

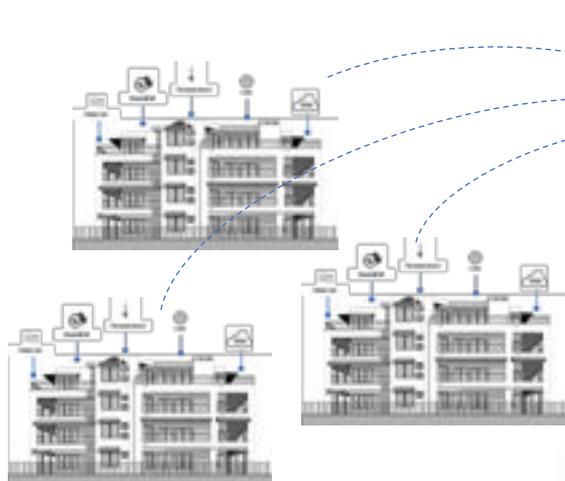
Hxperience est spécialiste de la transformation numérique des métiers de l'exploitation et de l'usage des bâtiments. Nous collectons, analysons les données issues du bâtiment et la qualité de l'air est une des solutions proposées. Toute nos solutions sont basées sur une application pour le bâtiment connecté SMATI.

Hxperience propose une approche flexible de la gestion de la qualité de l'air.

COMPRENDRE ET AGIR

En complément des capteurs de qualité de l'air et de l'analyse de données, l'application SMATI contrôle la production et la distribution de l'air en fonction des besoins espace par espace.

L'offre de Gestion de la Qualité de l'Air Intérieure d'Hxperience est basée sur une solution de base, QAI CO2, à laquelle de nombreuses options, QAI Plus, peuvent être ajoutées permettant ainsi d'ajuster le périmètre aux besoins et usages.

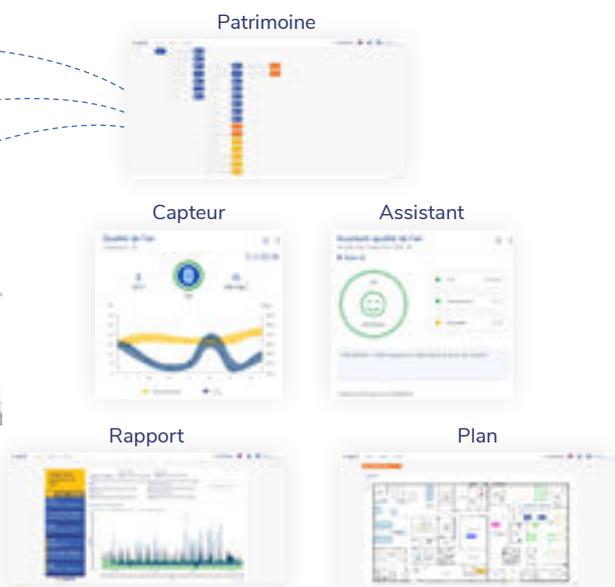
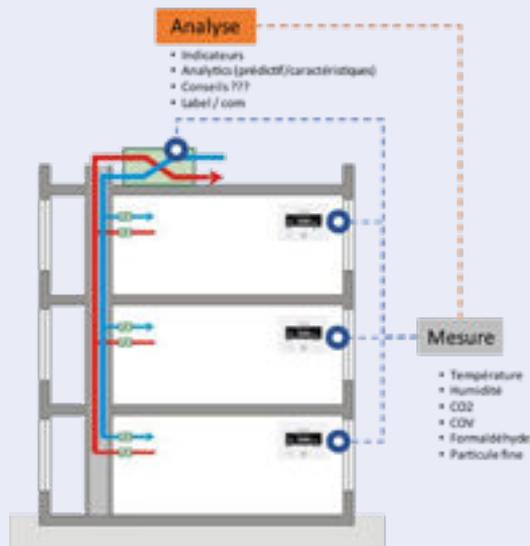


Architecture centralisée flexible, permet de couvrir l'ensemble du patrimoine immobilier et s'adapte à l'environnement technique existant des bâtiments.

MESURER POUR COMPRENDRE

Des capteurs de qualité de l'air mesurent divers polluants selon le périmètre souhaité

L'application SMATI collecte les données, calcule des indicateurs agrégés et prodigue des conseils sur l'impact sur les occupants et l'infrastructure du bâtiment



Les principaux éléments de la solution sont :

	QAI CO2	Options QAI plus
Mesures et analyse		
Une sélection de capteurs température, humidité et CO2 du marché adapté à vos objectifs et votre budget,	✓	✓
Acquisition des données centralisées,	✓	✓
Positionnement des données dans votre patrimoine particulièrement utile pour des patrimoines complexes et multi sites,	✓	✓
Visualisation simple de vos données sous plusieurs interfaces (widget, grapheur, plan),	✓	✓
Indices de qualité de l'air par famille de mesure et combiné	✓	✓
Restez alerté en cas de dysfonctionnement,	✓	✓
Assistant automatique afin de vous prodiguer les conseils en fonction des mesures et ainsi faciliter l'interprétation des données	✓	✓
Prédiction pièce par pièce sur l'évolution des paramètres	✓	✓
Historique des données et calcul des caractéristiques de l'espace	✓	✓
Edition automatique de vos rapports personnalisés,	✓	✓
Sélection de capteurs Composés Organiques Volatiles (COV)		option
Sélection de capteurs Formaldéhyde		option
Sélection de capteurs Particules fines		option
Campagne Benzène		option
Services		
Conseil sur le choix des capteurs	✓	✓
Conseil sur la solution réseau adaptée au périmètre projet	✓	✓
Installation capteurs & Gestion de projet		option
Paramétrage application		option
Formation application		option
Rapport personnalisés		option
Diagnostic QAI		option
Recommandations		option
Supervision du bon fonctionnement du système de ventilation		option
Asservisseur de la CTA via la GTB		option
Gestion dynamique du traitement de l'air (Voir solution maintenance)		option



L'ASSISTANT QAI

Afin de faciliter la lecture et interprétation de la qualité de l'air intérieur en temps réel, nous avons créé un assistant. Ce widget permet de remonter une interprétation des mesures de CO₂, COVs, température et humidité prélevées et comparées aux seuils réglementaires. Ce score est calculé à l'arrivée de chaque nouvelle donnée mesurée.



Dans cet exemple, la mesure du taux de COV est bonne, la température moyenne et l'humidité ainsi que le CO₂ sont mauvaises. Le score total de cette mesure est donné par l'icône et la barre horizontale en dessous.

Un texte explique les raisons de ce score général. Pour plus de détails, il est alors possible de cliquer sur une des mesures pour accéder au même widget mais avec des explications beaucoup plus détaillées. L'assistant peut donc fournir plusieurs explications en fonction des seuils individuels et combinés des mesures.

Cet assistant propose une visualisation simple et rapidement compréhensive des résultats et accompagne l'utilisateur avec des explications concrètes sur le résultat général ainsi que sur chacune des mesures en particulier.

QUE POUVEZ-VOUS ATTENDRE DE LA SOLUTION GESTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEURE D'HXPERIENCE ?

Un impact majeur sur les occupants et l'efficacité des organisations

- Une meilleure santé.
- Une meilleure rétention du personnel et réduction des coûts de rotation du personnel.
- Un gain en qualité et productivité : Une analyse complète de l'University Carnegie Mellon de Pittsburgh a conclu qu'une meilleure gestion de la ventilation pouvait permettre de réaliser 0,8 à 1,3% d'économies sur les coûts de santé, 3 à 18% de gains de productivité et 47 à 79% d'économies d'énergie CVC, pour un retour sur investissement moyen d'au moins 120% ».
- Une efficacité de l'enseignement optimisé.
- Une plus grande facilité de recrutement de haute qualité, réduisant les coûts de recrutement et ajouter de la valeur.

La solution Hxperience de Gestion de la Qualité de L'Air Intérieure offre retour sur investissement maximisé (évaluation financière basée sur le cycle de vie / coût capital et opérationnel).

