

AVIS

Relatif aux adaptations envisageables en matière d'aération et de ventilation des locaux, autres que ceux d'habitation ou d'hébergement, dans un contexte de sobriété énergétique

08 février 2024¹

Par la saisine du 28 avril 2023, la Direction générale de la santé (DGS) et la Direction générale du travail (DGT) ont sollicité l'avis du Haut Conseil de la santé publique (HCSP) sur l'hygiène, l'aération et la ventilation des locaux autres que ceux à usage d'habitation ou d'hébergement dans un contexte de sobriété énergétique, de changement climatique et d'évolution de la situation sanitaire (Annexe I).

Trois questions ont été posées au HCSP. Le HCSP a répondu par son avis du 12 octobre 2023 [1] à la première question qui était d'indiquer quelles recommandations de la période pandémique concernant l'aération, la ventilation, l'hygiène et l'utilisation des locaux précités, notamment les établissements recevant du public (ERP) et les bâtiments à usage professionnel, restent valables en toutes circonstances, ou doivent être réactivées, et en fonction de quelles situations.

Le présent avis vise à répondre à la deuxième question qui est d'établir, en tenant compte de l'usage des locaux et de la réponse à la première question, quelles adaptations, notamment en matière d'aération et de ventilation (arrêts ponctuels ou partiels de systèmes de ventilation, optimisation des températures, recyclage d'air...), pourraient être envisagées dans un contexte de sobriété énergétique tout en préservant le confort, la santé et l'hygiène des occupants et des usagers.

Pour répondre à cette question, le HCSP a mobilisé un groupe de travail constitué de membres issus des Commissions spécialisées « Risques liés à l'environnement » (Cs-RE) et « Système de santé et Sécurité des patients » (Cs-3SP) du HCSP (Annexe II).

La liste des membres et des structures auditionnées est précisée en Annexe III.

1 Périmètre de la saisine

Le présent avis vise à donner des recommandations en matière d'aération et de ventilation des ERP ou des locaux à usage professionnel dans un contexte de sobriété énergétique. Les situations épidémiques exceptionnelles ne sont pas traitées dans cet avis (voir avis du 12 octobre 2023 du HCSP [1]). Parmi les ERP, les établissements de santé et les établissements

¹ Des modifications rédactionnelles ont été apportées et validées lors de la réunion plénière de la Cs-RE du 30 mai 2024

médico-sociaux qui font l'objet de recommandations et normalisations spécifiques ne sont pas traités dans cet avis. Parmi les établissements professionnels, les locaux à pollution spécifique qui font l'objet d'une réglementation particulière ne sont pas non plus traités dans cet avis.

Le sujet du radon n'est pas non plus traité dans cet avis. Il ne peut pas être traité de manière générale, mais de manière spécifique, notamment en lien avec le « guide de recommandations pour la protection des bâtiments neufs et existants vis-à-vis du radon » de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [2] et le guide du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) « Radon et sols pollués : protection des bâtiments » [3].

2 Le HCSP a pris en considération les éléments suivants

Qualité de l'air intérieur et santé

La qualité de l'air intérieur (QAI) dans les espaces clos dépend de la présence de sources internes d'émission de polluants et du transfert de polluants provenant de l'air extérieur. Ces polluants ont tendance à s'accumuler et cela explique pourquoi l'air des espaces clos est souvent plus pollué que l'air extérieur. Les occupants sont exposés par voie d'inhalation à ces polluants qui sont responsables à court et moyen termes de troubles et maladies diverses, respiratoires, cardiovasculaires, allergiques et plus généralement de multiples problèmes de santé pouvant conduire dans le cas de salariés ou d'élèves/étudiants à de l'absentéisme [4-8]. L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a actualisé en 2021 les valeurs guides d'air intérieur (VGAI) fondées sur des critères sanitaires et qui concernent treize polluants d'intérêt [9]. L'OMS a également publié des valeurs de référence *WHO guideline for indoor air quality* [10] (Annexe IV). À partir de ces valeurs guides, le HCSP a défini des valeurs repères d'aide à la gestion (VRAI) pour plusieurs polluants de l'air intérieur [11-14].

Qualité de l'air intérieur et coût socioéconomique

Une étude, associant l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), le CSTB, l'Université Paris 1 et l'Anses a évalué, en 2014, à 19 milliards d'euros par an le coût socio-économique associé aux concentrations de six polluants de l'air intérieur - benzène, trichloréthylène, radon, monoxyde de carbone, particules fines et fumée de tabac -, mesurés lors de la première campagne logements [15]. Cette étude ne prend pas en compte les agents infectieux aéroportés (virus, bactéries) ainsi que les pollens et les moisissures ce qui pourrait conduire à une forte sous-estimation des coûts socioéconomiques associés.

Qualité de l'air intérieur et ventilation/aération

Outre la réduction des émissions des sources internes de pollution (choix de matériaux et de produits peu émissifs, interdiction de fumer, contrôle de l'humidité pour éviter le développement de moisissures...), les systèmes de ventilation et l'ouverture des ouvrants (aération) jouent un rôle essentiel pour l'amélioration de la qualité de l'air dans les environnements intérieurs. Les apports d'air neuf (air provenant de l'extérieur du bâtiment) permettent de diminuer la concentration dans l'air des polluants émis par les différentes sources présentes dans le bâtiment. La ventilation et l'aération permettent également de réduire la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) et l'humidité de l'air associées à la présence et aux activités des personnes. La ventilation a un impact positif significatif sur les maladies respiratoires transmissibles, le syndrome du bâtiment malsain, la performance et la productivité, la qualité de l'air et sa perception, les allergies respiratoires et l'asthme [16]. Une revue de la littérature réalisée en 2019 sur des bâtiments non résidentiels et non industriels [17] a montré qu'un débit de ventilation inférieur à 10 L s⁻¹ et par occupant

(< 36 m³ h⁻¹ par occupant) est associé de manière significative à une aggravation d'un ou plusieurs problèmes de santé ou à une mauvaise perception de la qualité de l'air dans le bâtiment.

Une étude de l'OQAI [18,19] conduite de 2013 à 2017 sur plus de 300 écoles représentatives des écoles françaises a montré que certains composés organiques semi-volatils (COSV), parmi lesquels des phtalates, des hydrocarbures aromatiques polycycliques et le lindane sont présents dans l'air de 100 % des écoles. De plus, 50 % des écoles élémentaires avaient au moins une classe avec un indice de confinement très élevé ou extrême (indice ICONE 4 ou 5). Ces valeurs sont à rapprocher du fait que lors de cette campagne, il a été relevé que seules 30 % des écoles avaient au moins une classe avec VMC (ventilation mécanique contrôlée) ce qui implique que la qualité de l'air intérieur de 70 % de ces établissements est essentiellement pilotée par les pratiques d'aération des occupants. Dans cette étude il a également été relevé que les classes disposant d'une VMC sont moins susceptibles d'être multipolluées.

Une étude de l'OQAI conduite de 2013 à 2017 sur 129 bâtiments de bureaux a montré que pour la plupart des polluants, la VGAI n'est dépassée que dans un nombre très restreint de bâtiments [20]. En revanche, 7 % d'espaces de bureaux sont multipollués.

Règlementation concernant la ventilation/aération en France

Les standards actuels en France pour la ventilation des ERP et des locaux professionnels sans pollution spécifique (Code du Travail (CT) et Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT)) ont été établis afin de contrôler l'impact des occupants sur la qualité de l'air en introduisant un débit minimal d'air neuf par occupant sans tenir compte des autres polluants de l'air intérieur. Les débits minimums d'air neuf réglementaires varient d'un pays à l'autre en Europe. L'étude de Brelih (2011) qui a comparé les débits de ventilation pour différents scénarii (bureaux, école, logement...) en appliquant les réglementations de seize pays montre que la France se classe parmi les moins exigeants des pays européens [21,22].

Ainsi, d'après Brelih *et al.* [21] dans le cas d'une salle de classe type, la France préconise un débit minimum de 4,2 L s⁻¹ par occupant (environ 15 m³ h⁻¹ par occupant) qui est le débit le plus faible parmi les seize pays testés. Sept pays préconisent un débit supérieur à deux fois le débit calculé dans le cas français. Dans le cas d'un bureau type, le débit minimum préconisé en France est de 7 L s⁻¹ par occupant (environ 25 m³ h⁻¹ par occupant) alors que douze autres pays proposent des débits plus élevés.

Pour les bâtiments ne disposant pas de système de ventilation mécanique et dont le renouvellement de l'air des locaux par apport d'air neuf se fait par des ouvrants donnant directement sur l'extérieur ou par une ventilation naturelle par tirage thermique, le Code du travail (articles R. 4222-3 à R. 4222-5 [23]) indique le volume à respecter par occupant : égal ou supérieur à 15 m³ pour des bureaux ou locaux avec travail physique léger, égal ou supérieur à 24 m³ pour les autres locaux professionnels.

Dans les bâtiments ne disposant pas de ventilation mécanique, la QAI dépend très fortement des pratiques d'aération des occupants. Le projet AER'AIX [24] réalisé en 2017-2018 par la ville d'Aix-les-Bains en collaboration avec le CSTB, a testé l'efficacité de deux stratégies d'aération (plannings d'ouverture des fenêtres ou indicateur lumineux du confinement) dans les écoles élémentaires et maternelles de la ville d'Aix-les-Bains non équipées de VMC. Une des conclusions principales de cette étude concerne la diminution significative du niveau de confinement quelle que soit la stratégie mise en œuvre.

Norme NF EN 16798-1 :2019 [25] versus CT et RSDT

La norme NF EN 16798-1 [25] précise les données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique. Elle définit quatre catégories de qualité de l'air intérieur (Figure 1) fondée sur la méthode de qualité de l'air perçue par les occupants :

Catégorie	Niveau attendu
QAI _I	Haute
QAI _{II}	Moyenne
QAI _{III}	Modérée
QAI _{IV}	Faible

Figure 1 : Catégories de qualité d'ambiance intérieure (NF EN 16798-1 [25])

Le niveau QAI_{II} (catégorie moyenne) est considéré comme « normal » et le niveau QAI_I (catégorie haute) peut être préconisé pour des occupants ayant des besoins spéciaux (enfants, personnes âgées).

La norme NF EN 16798-1 [25] définit également trois catégories de bâtiment :

B1 : bâtiment très peu polluant : matériaux et équipements à très faible émission principalement utilisés, activités à émission de polluants interdites.

B2 : bâtiment peu polluant : matériaux à faible émission principalement utilisés, matériaux et activités à émission de polluants limités

B3 : bâtiment non peu polluant : aucun effort n'a été fait pour sélectionner des matériaux à faible émission et où les activités à émission de polluants ne sont pas limitées ou interdites.

La catégorie B1 « très peu polluant » requiert que la majorité des matériaux utilisés respecte les critères nationaux ou internationaux pour les matériaux très peu polluants. Les valeurs par défaut sont données dans la norme NF EN 16798-1 [25] (Figure 2).

SOURCE	Produits à faible émission pour bâtiments peu pollués	Produits à très faible émission pour bâtiments très peu pollués
COV totaux (COVT) (comme dans l'EN 16516)	< 1,000 µg/m ³	< 300 µg/m ³
Formaldéhyde	< 100 µg/m ³	< 30 µg/m ³
Tout COV cancérogène classé C1A ou C1B	< 5 µg/m ³	< 5 µg/m ³
Valeur R (comme dans l'EN 16516)	< 1,0	< 1,0

Figure 3 : Critères d'émission des matériaux de construction (NF EN 16798-1 [25])

Nota : l'étiquetage environnemental français des matériaux de construction et des produits de décoration définit la catégorie A+ (très faiblement émissif) pour une concentration d'émission de formaldéhyde inférieure à 10 µg/m³ et de COV totaux (COVT) inférieure à 1000 µg/m³.

La norme NF EN 16798-1:2019 [25] propose des débits d'air de dimensionnement par défaut qui supposent un brassage complet dans la pièce (concentrations homogènes dans la pièce). Si le brassage n'est pas complet les débits de ventilation doivent être ajustés en fonction de l'efficacité de ventilation (norme NF EN 16798-3 :2017 [26]).

La méthode 1 proposée par la norme NF EN 16798-1 [25] en annexe B3 (méthode basée sur la qualité de l'air perçue) prend en compte un débit d'air neuf (q_p) dépendant du nombre de personnes (N) dans la pièce mais également un débit d'air neuf (q_B) dépendant de la surface au sol (A) et de la classification du bâtiment (B1 à B3). Le débit total (q_T) préconisé correspond alors à la somme des deux débits calculés pour une pièce donnée (équation 1) :

$$q_T = Nq_p + A q_B \quad \text{Équation 1}$$

Le tableau 1 donne les valeurs de débits q_p et q_B proposées par la norme NF EN 16798-1 [25] pour les différentes qualités de l'air perçues (QAI1 à QAI4) et pour les différents types de bâtiments (B1 à B3).

Catégorie QAI	q_p (L/S.Pers)	B1 q_B (L/s.m2)	B2 q_B (L/s.m2)	B3 q_B (L/s.m2)
1	10	0,5	1	2
2	7	0,35	0,7	1,4
3	4	0,2	0,4	0,8
4	2,5	0,15	0,3	0,6

Tableau 1 : Débits q_p et q_B proposés par la norme pour les différentes qualités de l'air perçues et pour les différents types de bâtiments. Le débit total q_T doit être calculé à l'aide de l'équation 1.

En prenant l'exemple d'un bureau individuel de 10 m² dans un bâtiment peu polluant, le calcul de débit d'air neuf selon la norme EN 16798-1 [25] pour une qualité de l'air « moyenne » (QAI_{II}) conduit par calcul à un débit d'environ 50 m³ h⁻¹ tandis que le code du travail impose un débit de 25 m³h⁻¹ ce qui conduit à une catégorie de QAI classifiée comme « faible ». Par comparaison, en application du RSDT, dans le cas d'un local équivalent dans un ERP, ce débit est de 18 m³/h (QAI « faible »).

Le débit total d'air neuf par occupant peut être suivi par une mesure de concentration en CO₂ à l'équilibre (en ppm) tel que décrit par l'INRS ([Ventilation et CO₂ : outil de calcul - Outil - INRS](#) [27]) :

$$C_{pièce} = C_{ext} + \left(\frac{q_{CO_2}}{q_T} \times 10^6 \right) \quad \text{Équation 2}$$

Avec :

- $C_{pièce}$ et C_{ext} respectivement concentrations en CO₂ dans la pièce et à l'extérieur (par défaut 0,04% soit 400 ppm),
- q_{CO_2} la concentration émise par un occupant (par défaut 0,02 m³/h.occupant)
- q_T le débit total (en m³/h.occupant).

Le tableau 2 présente ces calculs pour différents types d'ERP.

	CT (m3/h.occ.)	RSDT (m3/h.occ.)	qT norme QAI2 batiment B1 (m3/h.occ.)	qT norme QAI2 batiment B2 (m3/h.occ.)	qT norme QAI2 batiment B3 (m3/h.occ.)
Bureaux individuels (10 m ² , 1 occupant)	25	18	37,8	50,4	75,6
CO ₂ (ppm)	1200,0	1511,1	929,1	796,8	664,6
Bureaux collectifs (25 m ² , 4 occupants)	25	18	33,1	41,0	56,7
CO ₂ (ppm)	1200,0	1511,1	1004,7	888,4	752,7
Salle de réunion (10 pers., 30 m ²)	25	18	29,0	32,8	40,3
CO ₂ (ppm)	1200,0	1511,1	1090,1	1010,5	896,0

Tableau 2 : Débits q_T (en m³/h.occupant) selon la méthode 1 de la norme pour un niveau de qualité de l'air QAI2 selon les différents types de bâtiments. Les concentrations en CO₂ associées à ces débits sont calculées selon l'équation 2 en prenant un débit d'émission de CO₂ par occupant de 20L/h et une concentration en CO₂ extérieure de 400 ppm.

Pour les écoles disposant d'un système de ventilation, le HCSP propose de considérer un niveau QAI1. Le tableau 3 présente les calculs associés.

	CT (m3/h.occ.)	RSDT (m3/h.occ.)	qT norme QAI1 batiment B1 (m3/h.occ.)	qT norme QAI1 batiment B2 (m3/h.occ.)	qT norme QAI1 batiment B3 (m3/h.occ.)
Salle de classe primaire (30 élèves, 1 prof., 50m ²)	25	15	39,0	42,0	48,0
CO ₂ (ppm)	1200,0	1733,3	912,8	876,2	816,7
Salle de classe lycée (30 élèves, 1 prof., 50m ²)	25	18	39,0	42,0	48,0
CO ₂ (ppm)	1200,0	1511,1	912,8	876,2	816,7

Tableau 3 : Débits q_T (en m³/h.occupant) et concentrations en CO₂ associées calculés selon la méthode 1 de la norme pour un niveau de qualité de l'air QAI1 selon les différents types de bâtiments.

Le fascicule de documentation FD CEN/TR 16798-2 d'août 2019 [28] donne les explications et informations permettant d'assurer la compréhension, l'utilisation et l'adaptation correcte de la NF EN 16798-1 :2019 [25]. De nombreux exemples de calculs complémentaires de débits de ventilation sont présents au sein du fascicule de documentation FD CEN/TR 16798-2 [28] et présentés à l'Annexe V.

Lorsque des polluants sont émis dans la pièce, le débit de ventilation nécessaire pour que les concentrations restent inférieures aux VGAI ou valeurs de l'OMS [10] doit être calculé selon la méthode 2 de la norme EN 16798-1 [25] (non présentée dans cet avis). Dans ce cas, le débit le plus élevé entre celui calculé par la méthode 1 et ceux calculés par la méthode 2 doit être retenu.

Critère global pour la qualité de l'environnement intérieur d'un bâtiment

Wargocki *et al.* ont proposé en 2019 [29] une approche globale de la qualité des environnements intérieurs (QEI) dans laquelle il est pris en compte l'environnement thermique (T), l'environnement acoustique (A), la qualité de l'air intérieur (I pour *Indoor air quality*) et l'environnement lumineux (L). Cette démarche permet de calculer un indice TAIL pour chacun des critères et un indice global de 1 à 4 (vert = 1, jaune = 2, orange = 3, rouge = 4). Les paramètres utilisés pour la mesure de la qualité de l'air intérieur sont le débit de ventilation, la concentration en CO₂, l'humidité relative, la présence de moisissures, les concentrations en benzène, formaldéhyde, PM_{2,5} et radon. Les valeurs limites pour la concentration en CO₂ et les débits de ventilation ont été déterminés grâce à la norme EN 16798-1 [25], les concentrations des autres polluants grâce au WHO « Guideline for Indoor air quality » et des valeurs limites données au niveau européen. D'après les auteurs, ce système de classement qui a été initialement conçu

pour comparer les bâtiments avant et après rénovation pourrait également servir pour évaluer la QEI des bâtiments existants.

Une autre méthode pour l'évaluation de la performance globale « énergie-santé-confort » en rénovation a également été proposée par le CSTB dans le cadre du programme PROFEEL [30]. Dans cette méthode, l'indicateur de qualité de l'air prend en compte cinq paramètres (CO₂, NO₂, formaldéhyde, PM_{2,5} et radon).

Sobriété énergétique et ventilation/aération

L'augmentation des débits de ventilation ou de la fréquence et de la durée de l'aération pour améliorer la qualité de l'air intérieur fait craindre une augmentation des dépenses énergétiques (fonctionnement du ventilateur, actions correctives pour lutter contre les déperditions de chaleur en période de chauffe ou augmentation de la température en période hors chauffe) difficilement compatible avec les plans actuels de sobriété énergétique. En 1996, l'AIVC [31] avait noté que 30 % de l'énergie apportée aux bâtiments est dissipée dans les flux d'air sortants du fait de la ventilation ou des fuites d'air. Dans les bâtiments construits selon les nouvelles normes énergétiques, cette proportion peut être beaucoup plus élevée. Afin de réduire ces pertes d'énergie, il est important que les débits de ventilation ou les modalités d'aération soient mieux ajustés tout en préservant la qualité de l'air intérieur et la santé des occupants. En 2001, le Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques (CETIAT) [32] a édité un guide pratique pour la modulation des débits de ventilation qui indique que les gains sont d'autant plus importants que les locaux présentent des variations importantes du nombre d'occupants en fonction des horaires. Le rapport indique dans un exemple que la modulation salle par salle dans un bâtiment tertiaire constitué de bureaux, d'une salle de réunion et d'une salle de conférence a permis d'obtenir un gain énergétique de 70 % sur le renouvellement d'air (gain calculé uniquement sur la période d'occupation, à savoir dès qu'une personne est présente).

Le plan de sobriété énergétique, entre autres mesures, prévoit une modulation de la ventilation mécanique dans les bâtiments lorsque cela est possible [33] :

« Arrêter, lorsque cela est possible, la ventilation dans les bureaux, salles de réunion, bâtiments d'entreprise ou tertiaires inoccupés. Lorsque cela est techniquement possible durant les périodes d'inoccupation (soirs, week-ends, périodes de fermeture), la diminution ou l'arrêt de la ventilation permet de faire des économies d'électricité et de chauffage. Cette action est programmable notamment par les systèmes de gestion des bâtiments. Cette mesure peut permettre de réduire de 50 % la consommation d'énergie liée à la ventilation (électricité et chaleur) ».

Toutefois ces arrêts ou diminutions de la ventilation mécanique ne doivent pas se faire au détriment de la QAI en période d'occupation. En effet, la réduction de ventilation permet aux polluants émis par le bâtiment de s'accumuler et une élévation des concentrations moyennes en période d'occupation peut être observée [34]. Cependant, des stratégies peuvent être mises en place pour éviter cet inconvénient. Ainsi Rack (2013) montre que l'effet de l'arrêt de la ventilation peut être effacé par une ventilation au niveau de deux fois le débit préconisé par m² de surface pendant 1 heure. Une étude récente réalisée en Finlande [35] dans douze écoles compare la QAI avec réduction ou l'arrêt total de la ventilation en période d'inoccupation (avec ventilation remise en marche 2 h avant l'occupation). Les auteurs indiquent qu'il n'y a pas d'effets significatifs sur la QAI ; en revanche notent une réduction de la consommation d'énergie de 26 %.

Norme NF EN 16798-1 :2019 [25] et modulation de la ventilation

La norme NF EN 16798-1 [25] prévoit la possibilité de réduction de la ventilation mécanique en période d'inoccupation des locaux et préconise :

- Lorsque la ventilation est arrêtée, la quantité minimum d'air neuf à fournir avant l'occupation est de 1 volume de la zone à ventiler en 2h.
- Lorsque la ventilation est réduite en période d'inoccupation, le débit total d'air neuf doit être au minimum de $0,15 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (dans ce cas, la norme ne précise pas s'il est nécessaire de réaliser une ventilation plus élevée avant la période d'occupation).

3 Recommandations

Ces recommandations s'appliquent hors épisode épidémique exceptionnel (voir avis du 12 octobre 2023 du HCSP [1]).

- Le HCSP recommande d'intervenir en amont, avant d'aborder la problématique de la ventilation et de l'aération, afin de réduire au maximum les émissions de polluants dans les locaux (guide INRS [36]). Il s'agit en particulier de :
 - Privilégier les meubles peu émissifs, les matériaux de construction et produits de décoration avec l'étiquetage A+ de faible émission
 - Identifier et traiter les zones d'humidité afin d'éviter le développement de moisissures
 - Utiliser des produits (produits d'entretien, etc.) peu émissifs et réduire l'exposition durant les périodes de nettoyage en aérant si possible
 - Placer les équipements polluants dans des pièces dédiées avec une ventilation adaptée (imprimantes, photocopieuses...)
 - Poursuivre une politique d'information sur les mesures barrières pour limiter la transmission des agents infectieux aéroportés notamment hygiène des mains et port de masques si nécessaire, surtout en période hivernale.
- Le HCSP recommande de privilégier une approche globale de la prise en compte de la QEI permettant de s'assurer que les apports d'air neuf dans les pièces sont suffisants pour que les concentrations en polluants au niveau des voies respiratoires des personnes ne dépassent pas les valeurs réglementaires ou les VGAI ou, à défaut, les valeurs repères d'aide à la gestion recommandées par le HCSP (VRAI). Une approche par indice pourrait être utilisée comme par exemple pour l'indicateur QEI dans le *TAIL rating* [29] ou l'indice QAI proposé par la méthode QSE [37]. Le HCSP recommande également, compte tenu de la multiplicité des critères actuels pour la caractérisation de la QEI, de conduire des études au niveau national, européen ou international afin de produire un indice qui pourrait servir de référence en France. Des études devraient également être menées afin de proposer des méthodes adaptées pour la vérification (modélisation, mesures...) de cet indice pour les bâtiments neufs, en rénovation ou existants.
- Le HCSP recommande en période d'occupation de mettre en cohérence les débits de ventilation préconisés par le Code du travail et le Règlement Sanitaire Départemental Type avec les débits préconisés par la méthode 1 de la norme NF EN 16798-1 [25] en recherchant une qualité de l'air intérieur au minimum de catégorie QAI_{II} (catégorie moyenne). Si le brassage dans la pièce n'est pas complet, outre l'ajustement des débits de ventilation en fonction de l'efficacité de ventilation (NF EN 16798-3 :2017 [26]), la disposition des entrées et sorties d'air peut également être revue afin d'améliorer la

circulation de l'air dans la pièce. Dans certains cas et pour des catégories de personnes dites « sensibles » le niveau minimum devrait être de niveau QAI_I (catégorie haute). Si des polluants sont émis dans la pièce, le débit de ventilation nécessaire pour que les concentrations des polluants respectent les valeurs réglementaires ou les VGAI (à défaut les VRAI) ou les valeurs de l'OMS [10], doit être calculé selon la méthode 2 de la norme EN 16798-1 [25]. Le débit le plus élevé entre celui calculé par la méthode 1 et ceux calculés par la méthode 2 doit être retenu. Cette recommandation s'applique quel que soit le type de renouvellement d'air, à savoir un apport d'air neuf par des systèmes de ventilation naturelle, mécanique ou hybride (association ventilation naturelle et ventilation mécanique).

- Pour les bâtiments existants, si les débits ne peuvent pas être atteints, le HCSP recommande une mise à niveau des systèmes de ventilation par des entreprises qualifiées et, dans cette attente, de favoriser les apports d'air neuf par aération.
- Le HCSP recommande, lorsque l'apport d'air neuf se fait par ventilation naturelle, hybride ou par aération, de procéder à une vérification régulière de la qualité de l'air intérieur et/ou des apports d'air neuf dans les pièces en conditions normales d'utilisation, afin d'atteindre un niveau QAI_I ou QAI_{II} de qualité de l'air [25] ou de mettre en place des systèmes performants de renouvellement d'air par apport d'air neuf extérieur. Les détails de la vérification et la temporalité associée pourraient se faire sur les mêmes bases que celles données par les guides existants [38,39] pour certains ERP tels que ceux ciblés par le décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022 [40].
- Le HCSP recommande, dans le cadre du plan de sobriété énergétique, d'utiliser une stratégie de modulation de la ventilation, sans mise à l'arrêt en période d'inoccupation, en suivant les recommandations de la norme NF EN 16798-1 [25]. Lorsque cela est possible, une modulation pièce par pièce en fonction du taux d'occupation pourrait également réduire la consommation d'énergie tout en conservant la QAI attendue.

La Commission spécialisée « Risques liés à l'environnement » a tenu sa réunion plénière de validation de cet avis le 08 février 2024 : 14 participants sur 24 personnes qualifiées, aucun conflit d'intérêt, 14 votes pour, 0 abstention, 0 vote contre.

Des modifications rédactionnelles ont été apportées le 30 mai 2024.

Références

1. Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'aération, à la ventilation, à l'hygiène et à l'usage des locaux pour prévenir les risques infectieux en situation épidémique exceptionnelle. 12 oct 2023; Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1368>
2. Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Guide de recommandations pour la protection des bâtiments neufs et existants vis-à-vis du radon [Internet]. 2023. Disponible sur: <https://www.asn.fr/l-asn-informe/dossiers-pedagogiques/le-radon-et-les-professionnels/guides-sur-la-gestion-du-risque-du-radon/guide-de-recommandations-pour-la-protection-des-batiments-neufs-et-existants-vis-a-vis-du-radon>
3. Collignan B. Radon et sols pollués: protection des bâtiments guide pour la protection des bâtiments vis-à-vis des polluants gazeux du sol. Marne-la-Vallée: CSTB éditions; 2021. (Guide technique).
4. Hulin M, Simoni M, Viegj G, Annesi-Maesano I. Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur Respir J.* oct 2012;40(4):1033-45.
5. Annesi-Maesano I, Hulin M, Lavaud F, Raherison C, Kopferschmitt C, De Blay F, et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study. *Thorax.* août 2012;67(8):682-8.
6. Mendell MJ, Eliseeva EA, Davies MM, Spears M, Lobscheid A, Fisk WJ, et al. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air.* 2013;23(6):515-28.
7. Sadrizadeh S, Yao R, Yuan F, Awbi H, Bahnfleth W, Bi Y, et al. Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *Journal of Building Engineering.* oct 2022;57:104908.
8. Santé publique France. Évaluation quantitative d'impact sur la santé de la pollution de l'air dans et autour des établissements scolaires. Pertinence, faisabilité et première application au niveau national. 2024; Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/import/evaluation-quantitative-d-impact-sur-la-sante-eqis-de-la-qualite-de-l-air-dans-et-autour-des-etablissements-scolaires.-pertinence-faisabilite-et>
9. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Liste des Valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) de l'Anses. 1 avr 2021; Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/liste-des-valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai-de-l%E2%80%99anses>
10. World Health Organization, éditeur. Who guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: WHO; 2010. 454 p.
11. Haut Conseil de la santé publique. Qualité de l'air intérieur: valeurs repères pour le trichloroéthylène. Rapport de l'HCSP [Internet]. 9 juill 2020; Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=900>
12. Haut Conseil de la santé publique. Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur - le formaldéhyde. Rapport de l'HCSP [Internet]. 2 mai 2019; Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=732>

13. Haut Conseil de la santé publique. Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur pour l'acétaldéhyde. Rapport de l'HCSP [Internet]. 12 déc 2019; Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1321>
14. Haut Conseil de la santé publique. Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur pour l'acroléine. 11 janv 2024; Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1371>
15. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Première étude en France sur l'estimation du coût de la pollution de l'air intérieur. 9 avr 2014; Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/premi%C3%A8re-%C3%A9tude-en-france-sur-l%E2%80%99estimation-du-co%C3%BBt-de-la-pollution-de-l%E2%80%99air-int%C3%A9rieur>
16. Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*. 2004;14(s7):102-18.
17. Seppänen OA, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air*. 1999;9(4):226-52.
18. Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). Qualité de l'air intérieur dans les écoles : résultats, avancées et perspectives. juin 2013; Disponible sur: <https://www.oqai.fr/fr/ateliers/qualite-de-l-air-interieur-dans-les-ecoles-resultats-avancees-et-perspectives>
19. Mandin C. Renouvellement de l'air insuffisant dans les écoles : un constat établi de longue date / Insufficient ventilation of classrooms: A well-established fact. 2022;
20. Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). La campagne nationale « Bureaux » : état du parc immobilier français et perception de la qualité de l'air intérieur par les occupants. Disponible sur: <https://www.oqai.fr/fr/campagnes/la-campagne-nationale-bureaux>
21. Brelih N. Ventilation rates and IAQ in national regulations. janv 2012; Disponible sur: https://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/01-2012/ventilation-rates-and-iaq-in-national-regulations_rj1201.pdf
22. Guichard R, Gérardin F. Améliorer la ventilation des locaux de travail du tertiaire, pendant et après la pandémie de covid-19 - Article de revue - INRS. oct 2021; Disponible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2092>
23. Articles 54222-3 à R4222-5 - Code du travail - Légifrance.
24. REY G, SIVANANTHAM S, FAUCONNET C, SCHNEIDER I, MANDIN C. Stratégies d'aération dans les écoles de la Ville d'Aix-les-Bains – AERAIX [Internet]. 2018 p. 40. Disponible sur: www.ademe.fr/mediatheque
25. NF EN 16798-1:2019 Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 1 : données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique (Module M1-6).
26. NF EN 16798-3:2017 Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 3 : pour bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation (Modules M5-1, M5-4).
27. Ventilation et CO2 : outil de calcul - Outil - INRS [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil97>

28. FD CEN/TR 16798-2:2019 Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 2 : interprétation des exigences de l'EN 16798-1 - Données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique (Module M1-6).
29. Wargocki P, Wei W, Bendžalová J, Espigares-Correa C, Gerard C, Greslou O, et al. TAIL, a new scheme for rating indoor environmental quality in offices and hotels undergoing deep energy renovation (EU ALDREN project). *Energy and Buildings*. août 2021;244:111029.
30. PROFEEL : des solutions innovantes pour la rénovation énergétique des bâtiments [Internet]. Profeel. [cité 2 févr 2024]. Disponible sur: <https://programmeprofeel.fr/>
31. Liddament MW. *A guide to energy efficient ventilation*. Coventry: Air Infiltration and Ventilation Centre; 1996. 254 p. (Technical note / AIC).
32. CETIAT (Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques). *Guide pratique de modulation des débits de ventilation*. 2001; Disponible sur: <https://www.cetiat.fr/fr/guide-pratique-de-modulation-des-debits-de-ventilation>
33. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. *Sobriété énergétique : un plan pour réduire notre consommation d'énergie*. oct 2022; Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/sobriete-energetique-plan-reduire-notre-consommation-denergie>
34. Rackes A, Waring MS. Modeling impacts of dynamic ventilation strategies on indoor air quality of offices in six US cities. *Building and Environment*. 1 févr 2013;60:243-53.
35. Kurnitski J, Kiil M, Wargocki P, Boerstra A, Seppänen O, Olesen B, et al. Respiratory infection risk-based ventilation design method. *Building and Environment*. déc 2021;206:108387.
36. Améliorer la qualité de l'air dans les locaux de travail du tertiaire - Fiche - INRS. oct 2022; Disponible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206497>
37. PROFEEL, CSTB. *Méthode QSE - guide méthodologique - Pro'Réno* [Internet]. 2022. Disponible sur: <https://www.proreno.fr/documents/methode-qse-guide-methodologique>
38. Cerema. *Guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public* [Internet]. 2023. Disponible sur: https://www.cerema.fr/system/files/documents/2023/03/guide_qai.pdf
39. CSTB. *Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air* [Internet]. 2023. Disponible sur: <https://www.oqai.fr/fr/actualites/guide-d-application-pour-la-surveillance-du-confinement-de-l-air>
40. Décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public - Légifrance [Internet]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046829352>

Annexe I : Saisine de la Direction générale de la santé et de la Direction générale du travail en date du 28 avril 2023



Direction générale de
la santé

Direction générale du
travail

SOUS-DIRECTION PREVENTION DES RISQUES LIES
A L'ENVIRONNEMENT ET A L'ALIMENTATION
BUREAU ENVIRONNEMENT INTERIEUR, MILIEUX DU TRAVAIL
ET ACCIDENTS DE LA VIE COURANTE
Affaire suivie par
Maria AQALLAL
Tél. 01 40 56 60 02
maria.aqallal@sante.gouv.fr

SOUS-DIRECTION DES CONDITIONS DE TRAVAIL,
DE LA SANTE ET DE LA SECURITE AU TRAVAIL
BUREAU DES EQUIPEMENTS ET DES LIEUX DE TRAVAIL
Peggy MATHIEU
Tél : 01 44 38 21 86
peggy.mathieu@travail.gouv.fr
n° D-23-009194

28 AVR. 2023

Paris, le

Le Directeur général adjoint de la santé

Le Directeur général du travail

A

Monsieur le professeur
Didier LEPELLETIER
Président
Haut conseil de la santé publique

Objet : Saisine relative à l'hygiène, l'aération et la ventilation des locaux autres que ceux à usage d'habitation ou d'hébergement dans un contexte de sobriété énergétique, de changement climatique et d'évolution de la situation sanitaire.

Les avis destinés à concourir à la prévention de la transmission du SARS-CoV-2 dans les locaux autres que ceux à usage d'habitation, en particulier ceux des établissements recevant du public et des bâtiments à usage professionnel, que vous avez émis lors de la pandémie, nécessitent désormais de faire l'objet d'un bilan afin de déterminer les recommandations à mettre en oeuvre en fonction des différentes situations : période épidémique, période de transmission récurrente d'agents infectieux quel que soit leur mode de transmission (période hivernale par exemple) ou en période à moindre risque.

En outre, le contexte actuel lié au changement climatique et à la sobriété énergétique nécessite de s'interroger sur les adaptations des locaux, de leur fonctionnement, de leur utilisation et de leurs usages, notamment en termes de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'aération ou de mise à disposition d'autres services (par exemple eau chaude sanitaire).

Enfin, le code de la santé publique requiert la codification du titre III des règlements sanitaires départementaux relatifs aux dispositions applicables aux bâtiments autres que ceux à usage d'habitation et assimilés, en particulier en matière de ventilation et d'aération ainsi que d'équipements sanitaires qu'il conviendra d'articuler en cohérence avec les dispositions du code du travail applicables sur ces mêmes champs techniques pour les bâtiments concernés.

Aussi, nous vous saurions gré :

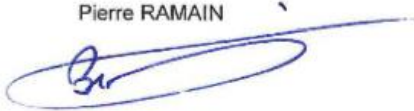
- d'indiquer quelles recommandations relatives à l'aération, à la ventilation, à l'hygiène et à l'usage des locaux précités, issues de la période pandémique, restent d'actualité en toutes circonstances ou doivent être réactivées, et selon quelles situations ;

14 AVENUE DUQUESNE – 75350 PARIS 07 SP
TÉL. 01 40 56 60 00 • WWW.SOCIAL-SANTE.GOUV.FR

- d'établir, en tenant compte de l'usage des locaux et de la réponse à la première question, quelles adaptations, notamment en matière d'aération et de ventilation (arrêts ponctuels ou partiels de systèmes de ventilation, optimisation des températures, recyclage d'air...), pourraient être envisagées dans un contexte de sobriété énergétique tout en préservant le confort, la santé et l'hygiène des occupants et des usagers ;
- de formuler des recommandations en vue de la refonte du titre III des règlements sanitaires départementaux en tenant compte de l'application concomitante du code du travail.

Nous souhaitons disposer de votre avis à ces questions dans les délais suivants : fin septembre 2023 pour la première, fin décembre 2023 pour la seconde et en février 2024 pour la troisième.

Pierre RAMAIN



Grégory EMERY



Annexe II – Composition du groupe de travail (GT)

François GAIE-LEVREL, membre de la Cs-RE du HCSP, copilote du GT

Evelyne GEHIN, membre de la CsRE du HCSP, copilote du GT

Ludwig Serge AHO GLÉLÉ, membre de la Cs3SP du HCSP

Luc FERRARI, membre de la CsRE du HCSP

Jean-Louis SEVEQUE, membre de la CsRE du HCSP

Fabien SQUINAZI, Président de la CsRE du HCSP

France WALLET, membre de la CsRE du HCSP

Secrétariat général du HCSP

Muriel SALLENBRE, coordinatrice scientifique

Soizic URBAN-BOUDJELAB, coordinatrice scientifique

Annexe III – Liste des personnes et structures auditionnées

Le 23 juin 2023

- **Francis ALLARD**
Professeur émérite, Président du comité Enseignement et du comité International de l'Association des ingénieurs et techniciens en climatique, ventilation et froid (AICFV)
- **Priscilla PETINGA**
Ingénieure recherche experte qualité de l'air intérieur et ventilation

Le 12 septembre 2023

- **Valérie LEPRINCE**
Directrice de projet Confort des environnements intérieurs et ventilation, DTecTV/DBD, Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA)

Le 20 septembre 2023

- **Romain GUICHARD**
Responsable de laboratoire, Laboratoire d'Ingénierie Aéraulique – Département d'Ingénierie des Procédés – Institut national de recherche et de sécurité (INRS)
- **Etienne MARX**
Ingénieur Bâtiment, Service Bâtiment (SB), Direction Ville et Territoires Durables (DVTD) – Agence de la transition écologique (ADEME)

Le 26 septembre 2023

- **Julien PIRIOU**
Ingénieur, DIVISION VENT, AERAULIQUE, CONFORT, Direction Opérationnelle C2A - Climatologie, Aérodynamique et Aéraulique pour les ouvrages et les transports, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)
- **Enric ROBINE**
Directeur de programme « Pandémie et Environnements bâtis », Direction de la Recherche et du Développement, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

Le 15 décembre 2023

Direction générale de la santé

- **Didier OLLANDINI**
Chef du bureau environnement intérieur, milieux de travail et accidents vie courante (EA2)
- **Muriel COHEN**
Adjointe au chef du bureau EA2
- **Maria AQALLAL**

Chargée de dossiers Accidents de la vie courante, Qualité de l'air intérieur, Appui amiante, bureau EA2

- **Anne GIGUELAY**

Chargée de dossiers Bruit, Qualité de l'air intérieur, bureau EA2

- **Marie-Hélène METZGER**

Chargée de dossiers Saturnisme, Monoxyde de carbone, Santé-Travail (médical), bureau EA2

- **Jean-Michel THIOLET**

Appui expertise médicale, bureau EA2

Direction générale du travail

- **Jérémy DE SAINT-JORES**

Chef du pôle risques chimiques et agents biologiques au bureau des risques chimiques, physiques et biologiques (CT2)

- **Gilbert DE STEFANO**

Chef du bureau des équipements et des lieux de travail (CT3)

Le 20 décembre 2023

- **Isabella ANNESI-MAESANO**

Directrice de recherche à l'INSERM, professeur d'épidémiologie environnementale, directrice adjointe de l'Institut Desbrest d'épidémiologie et de santé publique, unité de recherche mixte (UMR1318) INSERM et université de Montpellier, Département de Pneumologie, Allergologie et Oncologie Thoracique, CHU Montpellier

Le 23 janvier 2024

- **Corinne MANDIN**

Cheffe du Laboratoire d'épidémiologie des rayonnements ionisants (LEPID) de l'IRSN et anciennement coordinatrice de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) au CSTB

Le 30 janvier 2024

Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages

- **Céline BONHOMME**

Adjointe au sous-directeur " Qualité et développement durable dans la construction"

- **Coralie RUFFENACH**

Adjointe au sous-directeur de la qualité et du développement durable dans la construction

- **Quentin DESLOT**

Chef du bureau de la qualité technique et de la réglementation technique de la construction

Annexe IV : Valeurs guides de l'OMS pour les polluants de l'air intérieur et extérieur (NF EN 16798-1)

Polluant	Lignes directrices 2010 de l'OMS relatives à la qualité de l'air intérieur	Lignes directrices 2005 de l'OMS relatives à la qualité de l'air
Benzène	Aucun niveau de sécurité ne peut être déterminé	-
Monoxyde de carbone	Moyenne sur 15 min : 100 mg/m ³ Moyenne sur 1 h : 35 mg/m ³ Moyenne sur 8 h : 10 mg/m ³ Moyenne sur 24 h : 7 mg/m ³	-
Formaldéhyde	Moyenne sur 30 min : 100 µg/m ³	-
Naphtalène	Moyenne annuelle : 10 µg/m ³	-
Dioxyde d'azote	Moyenne sur 1 h : 200 µg/m ³ Moyenne annuelle : 20 µg/m ³	-
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (par exemple, benzopyrène A B[a]P)	Aucun niveau de sécurité ne peut être déterminé	-
Radon	100 Bq/m ³ (parfois 300 mg/m ³ , selon le pays)	-
Trichloréthylène	Aucun niveau de sécurité ne peut être déterminé	-
Tétrachloroéthylène	Moyenne annuelle : 250 µg/m ³	
Dioxyde de soufre	-	Moyenne sur 10 min : 500 µg/m ³ Moyenne sur 24 h : 20 µg/m ³
Ozone	-	Moyenne sur 8 h : 100 µg/m ³
Particules en suspension PM 2,5	-	Moyenne sur 24 h : 25 µg/m ³ Moyenne annuelle : 10 µg/m ³
Particules en suspension PM 10	-	Moyenne sur 24 h : 50 µg/m ³ Moyenne annuelle : 20 µg/m ³

Annexe V : Exemples de débits de ventilation et d'augmentation équivalente des concentrations intérieures en CO₂ - selon le fascicule de documentation FD CEN/TR 16798-2 (2019)

Type de bâtiment ou d'espace	Catégorie		Bâtiment très peu polluant B1	Bâtiment peu polluant B2	Bâtiment non faiblement polluant B3
Bureau individuel (Surface au sol 10 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	15	20	30
		Δ CO ₂ [ppm]	370	278	185
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	11	14	21
		Δ CO ₂ [ppm]	529	397	265
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	6	8	12
		Δ CO ₂ [ppm]	926	694	463
	IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	5,5	9
		Δ CO ₂ [ppm]	1 389	1 010	654
Bureau paysagé (Surface au sol 15 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	18	25	40
		Δ CO ₂ [ppm]	317	222	139
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	12	17,5	28
		Δ CO ₂ [ppm]	454	317	198
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	7	10	16
		Δ CO ₂ [ppm]	741	556	347
	IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	5	7	12
		Δ CO ₂ [ppm]	1 235	794	483
Salle de conférence (Surface au sol 2 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	11	12	14
		Δ CO ₂ [ppm]	505	463	397
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	8	8,4	10
		Δ CO ₂ [ppm]	722	661	567
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4,8	6
		Δ CO ₂ [ppm]	1 263	1 157	992
	IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4	4
		Δ CO ₂ [ppm]	1 462	1 389	1 502
Auditorium (Surface au sol 0,75 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	10	10,8	12
		Δ CO ₂ [ppm]	535	517	483
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	7	7,5	8
		Δ CO ₂ [ppm]	765	738	690
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4,3	5
		Δ CO ₂ [ppm]	1 347	1 300	1 208
	IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4	4
		Δ CO ₂ [ppm]	1 576	1 398	1 576

Type de bâtiment ou d'espace	Catégorie		Bâtiment très peu polluant B1	Bâtiment peu polluant B2	Bâtiment non faiblement polluant B3
Restaurant (Surface au sol 1,5 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	11	11,5	13
		ΔCO_2 [ppm]	517	483	427
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	8	8,1	9
		ΔCO_2 [ppm]	738	690	611
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4,6	5
		ΔCO_2 [ppm]	1 277	1 195	1 068
IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4	4	
	ΔCO_2 [ppm]	1 543	1 372	1 543	
Salle de classe (Surface au sol 2 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	11	12	14
		ΔCO_2 [ppm]	505	463	397
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	8	8,4	10
		ΔCO_2 [ppm]	722	661	567
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4,8	6
		ΔCO_2 [ppm]	1 263	1 157	992
IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4	4	
	ΔCO_2 [ppm]	1 543	1 389	1 502	
École maternelle (Surface au sol 2 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	11	12	14
		ΔCO_2 [ppm]	588	539	462
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	8	8,4	10
		ΔCO_2 [ppm]	841	771	660
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4,8	6
		ΔCO_2 [ppm]	1 471	1 348	1 156
IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	4	4	4	
	ΔCO_2 [ppm]	1 798	1 618	1 749	
Grand magasin (Surface au sol 7 m ² /occupant)	I (haute qualité)	q_{tot} [l/s, pers]	17	24	31
		ΔCO_2 [ppm]	435	308	238
	II (qualité moyenne)	q_{tot} [l/s, pers]	12	16,8	22
		ΔCO_2 [ppm]	621	440	341
	III (qualité modérée)	q_{tot} [l/s, pers]	5	9,6	12
		ΔCO_2 [ppm]	1 087	770	596
IV (qualité faible)	q_{tot} [l/s, pers]	7	6,7	9	
	ΔCO_2 [ppm]	1 606	1 103	840	

Avis produit par la Commission Spécialisée « Risques liés à l'environnement »

Le 08 février 2024

Haut Conseil de la santé publique

14 avenue Duquesne

75350 Paris 07 SP

www.hcsp.fr