



Notice

VENTILATION ET QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

La qualité de l'air intérieur influe directement sur la santé et la qualité des apprentissages au sein des écoles et établissements scolaires. La conception des dispositifs de renouvellement de l'air intègre également des enjeux de transition énergétique.

*“Une ouverture régulière des fenêtres durant 10 à 15 minutes permet d'améliorer significativement la qualité de l'air intérieur sans induire une dégradation du confort thermique (l'hiver comme l'été).” À DIRES D'EXPERTS...**

En tant qu'établissements recevant du public, les écoles, collèges et lycées garantissent, des conditions favorables à la santé de leurs occupants.

Un air intérieur de qualité préserve la **santé** des occupants, concourt au **confort** et favorise la **réussite scolaire** des élèves. Des concentrations intérieures élevées en dioxyde de carbone, particules, composés organiques volatils et semi-volatils, etc. impactent les capacités de **concentration** voire provoquent des **maux de tête** et des **difficultés respiratoires**, ainsi que des pathologies à long terme. La qualité de l'air intérieur est donc **observée** attentivement pour favoriser la réussite des élèves et garantir de bonnes conditions de travail.

L'enjeu du renouvellement de l'air fait appel à une **conception** attentive à l'environnement de l'école ou l'établissement scolaire permettant de maximiser les bienfaits d'une **architecture bioclimatique** et de minimiser les consommations énergétiques.

Une vérification régulière des bonnes conditions de fonctionnement des différents systèmes de ventilation et des moyens d'aération, permet de maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Les équipements et installations sont donc **continuellement entretenus**.

LE CONFINEMENT DES ESPACES

La campagne de mesures menée par l'OQAI

Une campagne nationale a été menée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) entre 2013 et 2017 dans 301 écoles maternelles et élémentaires de France métropolitaine.

Les données de cette campagne d'envergure apportent de précieuses connaissances sur la qualité des environnements intérieurs des écoles de France métropolitaine. Elles montrent que la qualité de l'air dans les écoles françaises est globalement assez satisfaisante. Des améliorations possibles sont toutefois identifiées concernant les particules, les composés organiques semi-volatils dans l'air, le plomb dans les peintures et le confinement de l'air.

<https://www.oqai.fr/fr>

* Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'École».

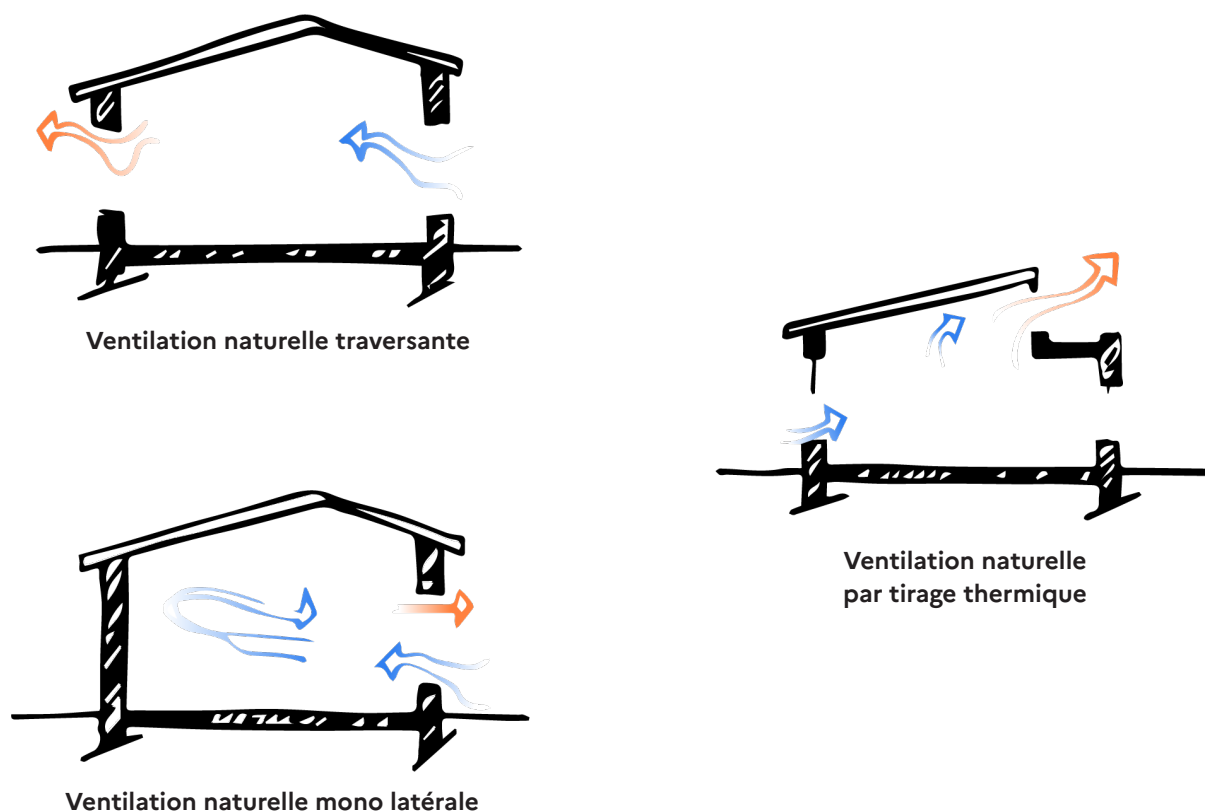
1. LES ATTENDUS, LES SOLUTIONS À PRIVILÉGIER

■ Maximiser la ventilation naturelle au regard du contexte

Au sein des bâtiments, le renouvellement de l'air qui permet l'évacuation des pollutions (chimiques, biologiques...) et de l'humidité sont assurés par différents dispositifs. L'efficacité d'une installation par rapport à une autre dépend en grande partie de l'**environnement de l'école ou l'établissement scolaire** (disposition et aménagement des salles de classes), **des pratiques des occupants** (ouvrants rendus inaccessibles par la présence de meubles devant les ouvrants, de piles de livres, ...) et des **facteurs extérieurs** tels que **le climat, l'orientation des vents, et les sources de bruit et de pollution** qui peuvent contraindre l'ouverture des baies.

La **ventilation naturelle (ou aération)** s'appuie sur deux phénomènes qui génèrent des mouvements d'air, à savoir le **vent et le tirage thermique** provoqué par des différences de température. Une conception qui maximise la ventilation naturelle développe classiquement trois stratégies :

LES 3 STRATÉGIES DE LA VENTILATION NATURELLE



La conception en ventilation naturelle nécessite de définir le cheminement de l'air au sein du bâtiment à travers :

- **l'orientation des bâtiments par rapport au vent dominant** pour maximiser la prise d'air et faciliter l'écoulement de l'air du bas vers le haut, de la pression la plus haute vers la plus basse, et si besoin augmenter l'effet de surpression en positionnant des obstacles sur les ouvertures. Sur ce sujet, les obstacles en amont que sont la végétation et les constructions avoisinantes sont à prendre en compte ;
- le dimensionnement et le positionnement des entrées et sorties d'air de façon à assurer **le meilleur balayage possible de l'air** dans l'espace, avec des ouvertures d'entrée d'air plus réduites que celles de sortie et une distance de 8 m minimum entre une prise d'air et un rejet d'air vicié ;
- le dessin des ouvertures et des sections de gaines sur un format carré ou circulaire plutôt qu'en fentes pour **maximiser les débits d'air**.



© Emilie Rocha Soares, TRIBU.

Mise en œuvre de cheminées thermiques pour maximiser la ventilation naturelle

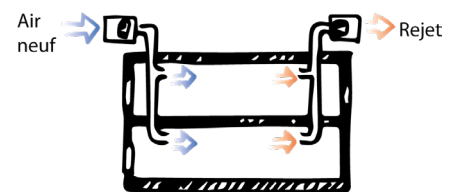


© Atelier 4 Architectes Associés

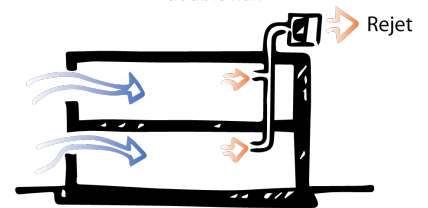
Grilles de ventilation en partie basse des circulations

Lorsque la ventilation naturelle ne permet pas de répondre aux exigences en termes de renouvellement d'air, ou que le milieu extérieur est sujet à de fortes pollutions, la ventilation mécanique s'impose. Il existe un grand nombre de solutions techniques pour atteindre les objectifs sanitaires en y associant un traitement de l'air (filtration, préchauffage, refroidissement, humidification, etc.). Les installations les plus couramment mises en œuvre pour les bâtiments scolaires sont :

- **une ventilation simple flux** avec extraction dans les sanitaires et autres locaux à pollution, avec une prise d'air neuf en façade, un cheminement de l'air au moyen de grilles et une extraction par ventilateur ;
- **une ventilation double flux** avec une pulsion d'air et une extraction gérées mécaniquement, avec une distribution de l'air neuf par des conduits souvent placés en plafond. Cette installation ne dépend donc pas des conditions extérieures.



Surventilation double flux



Surventilation extraction

DÉFINITIONS

Ventilation : ensemble des systèmes, passifs ou actifs, mécaniques ou non, ayant pour but de renouveler l'air intérieur en insufflant de l'air neuf dans le bâtiment, le faisant circuler dans les espaces pour enfin extraire l'air vicié en le rejetant à l'extérieur. Ce cycle de l'air peut être effectué pièce à pièce ou par balayage des espaces en faisant circuler l'air des zones les plus propres vers les zones soumises à pollutions spécifiques (sanitaires, cuisine, espaces sportifs...) La ventilation est parfois utilisée pour améliorer le confort thermique d'été ou d'hiver suivant les solutions retenues.

Ventilation mécanique : une installation de ventilation mécanique comprend les entrées d'air, le système mécanique pour traiter l'air (le filtrer, le réchauffer, le refroidir), les conduits, les bouches de soufflage et les bouches d'extraction.

VMC (ventilation mécanique contrôlée) : dispositif de ventilation motorisé permettant un renouvellement d'air permanent. Il existe différents types de VMC suivant que le renouvellement d'air se fait par insufflation d'air neuf (qui doit être filtré, préchauffé en saison froide et éventuellement refroidi en saison chaude), par extraction d'air vicié, ou bien par une combinaison des deux.

À DIRES D'EXPERTS...*

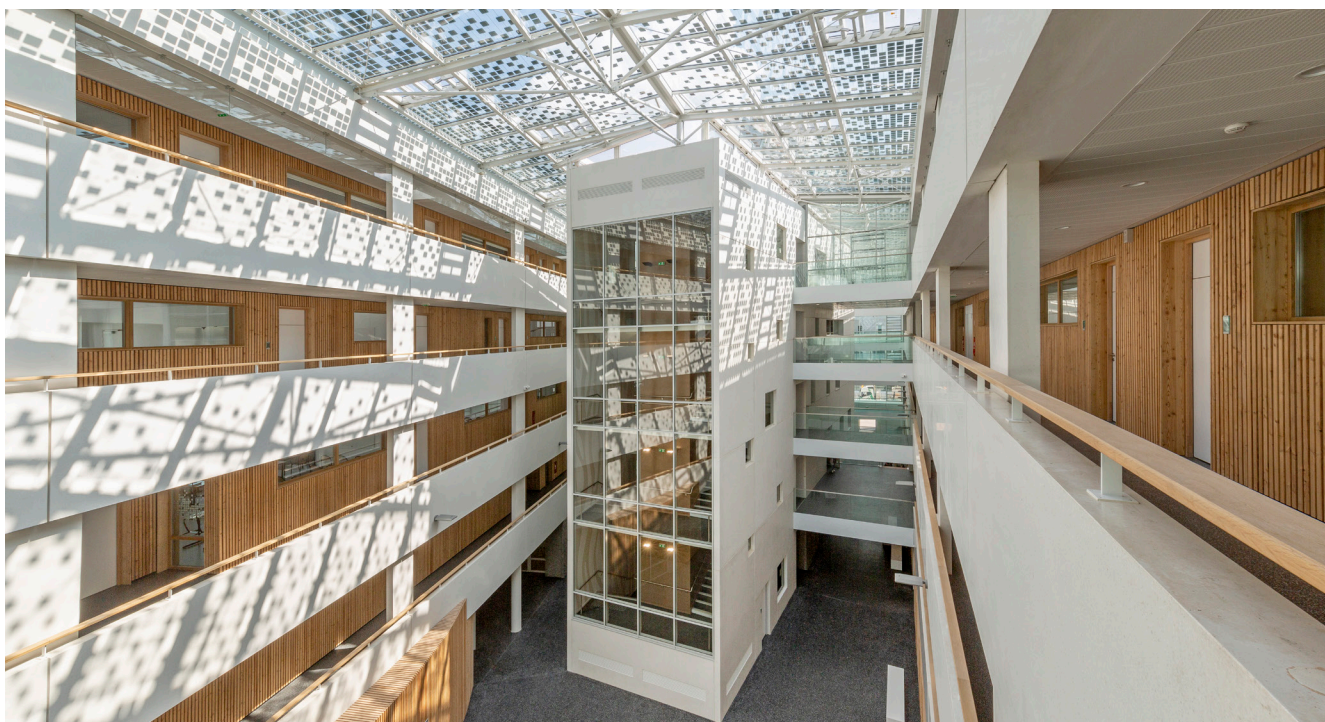
Quel que soit le système de ventilation choisi, il nécessite d'étudier le **cheminement de l'air**. Des obstacles tels que des cloisons, retombées de poutres, portes ou mobiliers peuvent venir l'entraver et/ou générer des nuisances sonores.

Le mode de ventilation est choisi en fonction des modalités et des ressources disponibles pour l'**entretien** et la **maintenance des équipements**. Le **bon fonctionnement des entrées/sorties et des conduits d'air** est régulièrement vérifié (grâce au test de la feuille de papier accolée à une sortie d'air, par exemple) ainsi que l'accessibilité et la maniabilité des ouvrants. Les procédés de vérification du bon fonctionnement des systèmes de ventilation mécaniques sont plus complexes, c'est pourquoi tout prestataire procédant à l'installation de ces systèmes s'assure de rencontrer des membres de l'équipe d'entretien du bâtiment scolaire et de leur transmettre les informations nécessaires à leur maintenance des systèmes. L'entretien et le changement des filtres est effectué deux à trois fois par an dans le cas d'une installation mécanique.

■ Privilégier les solutions techniques à faible consommation d'énergie pour rafraîchir les espaces

Une protection extérieure (stores, volets, auvents, casquettes...) sur les vitrages exposés au soleil évite une grande partie de l'échauffement de l'air intérieur. A défaut ou en complément, d'autres solutions peuvent être envisagées. Provoquer une **surventilation** est recommandé si l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur. Le but est de renouveler le plus rapidement possible l'air intérieur, d'évacuer les surchauffes et d'améliorer la qualité de l'air et le confort thermique à coût modéré. Ce cas de figure est fréquent en été ou à mi-saison, mais aussi lorsque l'occupation des locaux est importante et génère de forts apports internes. Si elle est déclenchée le jour, on parle de **surventilation directe ou de free cooling**. Si elle est générée la nuit, on parle de **surventilation nocturne**. Dans ce second cas de figure, les ouvrants doivent alors faire l'objet d'une attention particulière de façon à éviter les intrusions (oiseaux, pluie,...). Les oscillo-battants et les ouvrants de toiture sont les dispositifs les plus adaptés. L'inertie thermique de la structure du bâti est alors mise à contribution pour stocker la fraîcheur et la restituer une douzaine d'heures plus tard, pendant la journée de cours. Cette solution demande toutefois de réfléchir aux moyens financiers et humains d'un tel fonctionnement : qui s'occupe de l'ouverture/fermeture des ouvrants ? si l'ouverture/fermeture est automatisée, à quel coût se fait cette automatisation, avec quelles modalités d'exploitation ? Cette réflexion est à effectuer sur la base d'un coût global, à estimer sur une période significative (durée de vie de l'équipement, par exemple).

LYCÉE LUCIE AUBRAC DE COURBEVOIE (92)



© EPICURIA Architectes

L'atrium du lycée Lucie Aubrac de Courbevoie (92) dispose de battants en toiture et de ventelles en façade, permettant de ventiler l'été pendant la nuit. L'hiver, l'air chaud sous la verrière est capté et ré-insufflé en partie basse de la rue intérieure.



À DIRES D'EXPERTS...*

Que la **ventilation** soit naturelle ou mécanique, elle **doit pouvoir être obstruée en cas d'accident chimique ou radiologique extérieur**, par une commande immédiatement accessible.



En été et à mi-saison, les phénomènes de surchauffe peuvent être importants et générer de l'inconfort. **Des brasseurs d'air** peuvent alors être installés en complément pour amplifier les mouvements d'air et ainsi proposer une alternative à la climatisation très consommatrice d'énergie. Ces brasseurs d'air peuvent être équipés de moteurs basse consommation qui les amènent à une performance énergétique 4 fois inférieure aux systèmes de climatisation. Ils peuvent viser une vitesse d'air de 1 m/s pour créer un abaissement de la température ressentie de l'ordre de 4°C.

Les systèmes de **puits canadiens ou puits provençaux** utilisent **les constantes de température du sol** pour tempérer l'air entrant dans le bâtiment. En effet, à 2 m de profondeur, la température du sol se stabilise autour de 15°C en été et de 5°C en hiver. Ce système de géothermie simple consiste à faire transiter l'air hygiénique entrant du bâtiment par un circuit enterré pour l'insuffler ensuite dans les locaux. La circulation de l'air peut être réalisée naturellement ou au moyen d'un ventilateur, ce qui génère peu de consommation d'énergie. A noter que ce système peut aussi être mis à contribution en hiver pour réduire les besoins en chauffage. Cependant, la mise au point de ce type d'installation peut être délicate pour un équipement scolaire, car elle dépend de la nature du terrain, de son pouvoir calorifique et de la possibilité de déployer ou non les longueurs de tuyaux suffisantes. Le positionnement de l'entrée d'air est étudié de manière à éviter d'aspirer poussières et pollutions. Elle est aussi équipée de systèmes pour éviter qu'animaux ou feuilles mortes n'y pénètrent.

LYCÉE ROBERT SCHUMAN À CHARENTON (94)



© EPICURIA Architectes

Les 51 tubes de 27 cm de diamètre pour 36 m de longueur du puits canadien sont enfouis dans la cour de récréation entre 1 et 7 mètres de profondeur. Cet énorme échangeur thermique air/sol permet de répondre à environ 70 % des besoins énergétiques de l'établissement.

En accompagnement d'une conception en ventilation naturelle, la **ventilation hybride** consiste à compenser le manque de tirage thermique pour atteindre les débits attendus en termes de renouvellement d'air. Le système est géré par un automate qui analyse la vitesse du vent et la température extérieure pour provoquer une dépression plus forte et accélérer l'extraction.

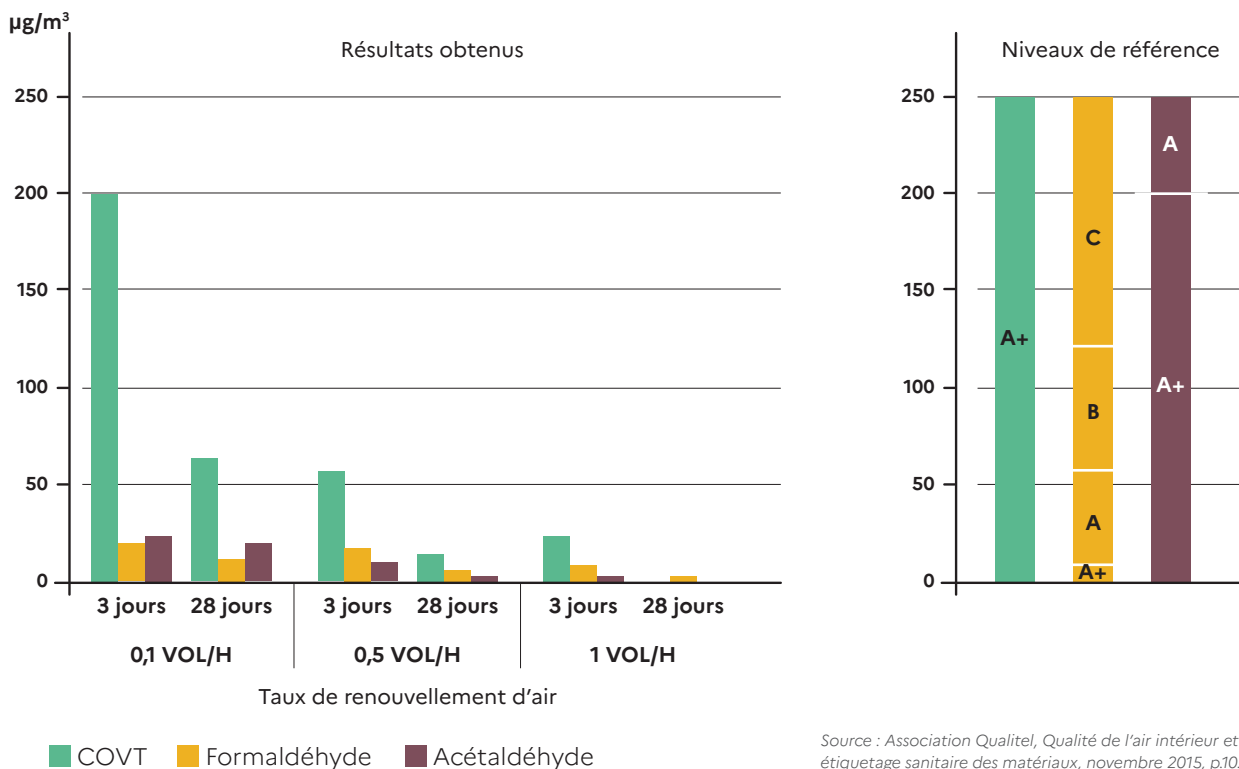
Lorsque l'équipement scolaire bénéficie d'une ventilation mécanique, un refroidissement de l'air par **humidification ou refroidissement adiabatique** peut être envisagé pour améliorer le confort d'été. Ce système consiste à injecter une humidification massive de l'air extrait au niveau de la CTA (centrale de traitement de l'air) pour déclencher un refroidissement de l'air soufflé via un échangeur. A partir d'une situation initiale avec un air à 32°C et avec 30% d'humidité relative, il est possible d'atteindre 25°C en montant à 60% d'humidité relative. Ce dispositif est inopérant dans les zones tropicales.

En ce qui concerne les opérations de réhabilitation, les actions peuvent être phasées, en privilégiant les opérations les plus efficaces en premier lieu. Par exemple, un système de **VMC simple ou double flux thermodynamique** mobilisant une pompe à chaleur permet d'obtenir de très bons rendements et de réinjecter de l'énergie dans le chauffage ou l'eau chaude sanitaire, moyennant un investissement supplémentaire pouvant être significatif et exigeant une qualification spécifique de l'équipe d'exploitation.

■ Garantir la qualité de l'air intérieur pour la santé des occupants

La campagne nationale de la qualité de l'air intérieur menée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) entre 2013 et 2017 dans 301 écoles maternelles et élémentaires de France métropolitaine a montré que la qualité de l'air dans les écoles françaises est globalement assez satisfaisante, les enfants étant moins exposés, ou en situation équivalente, à l'école que dans leur logement. Toutefois, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur identifie de possibles améliorations en matière de **pollution de l'air intérieur** (poussières fines, pollution aux particules fines PM2.5, composés organiques semi-volatils, indice ICONE 4 ou 5, etc) ou d'**humidité** qui peut avoir pour conséquence l'apparition de **moisissures**. Une **ventilation efficace** permet de traiter ces **enjeux de pollution** et de préserver ainsi la **santé des élèves** et **des personnels**.

CONCENTRATION DE COV SELON LE TAUX DE RENOUELEMENT D'AIR ET ÉTIQUETTES CORRESPONDANTES



Les dispositifs préventifs (comme les dispositifs mesurant la qualité de l'air) sont mobilisés en complément de dispositifs correctifs. Quelques recommandations peuvent être formulées.

- **Augmenter les volumes** : l'augmentation des volumes (hauteur sous plafond) combinée à l'installation d'ouvrants en parties hautes permet d'améliorer le tirage thermique et donc la qualité de l'air. A noter que les locaux bénéficient alors d'un éclairage naturel plus généreux et multidirectionnel.
- **Aérer régulièrement** au moyen des ouvrants disponibles (adapté lorsque l'environnement n'est pas sujet à pollution ou nuisances sonores) : une simple ouverture de 5 min par heure est recommandée. Les personnels sont régulièrement sensibilisés à cette pratique pour qu'elle soit bien mise en œuvre. L'ouverture des ouvrants doit être rendue possible (non obstruée par la présence de meubles, de piles de livres, ...) et doit être également compatible avec les dispositifs d'occultation lumineuse.
- **Mesurer la qualité de l'air intérieur**, par exemple au moyen de **capteurs en concentration de CO₂**. La mesure réalisée en conditions normales d'occupation des locaux permet d'évaluer objectivement sur la qualité du renouvellement de l'air. L'étalonnage de ces appareils doit être vérifié avant de cibler les points et périodes stratégiques pour effectuer les mesures. Les capteurs infrarouges, plus fiables, sont à privilégier. Compte tenu de la diversité des polluants de l'air intérieur (plusieurs milliers), la mesure du CO₂ n'est qu'une indication et ne permet pas de décrire dans toute sa complexité la qualité de l'air intérieur.

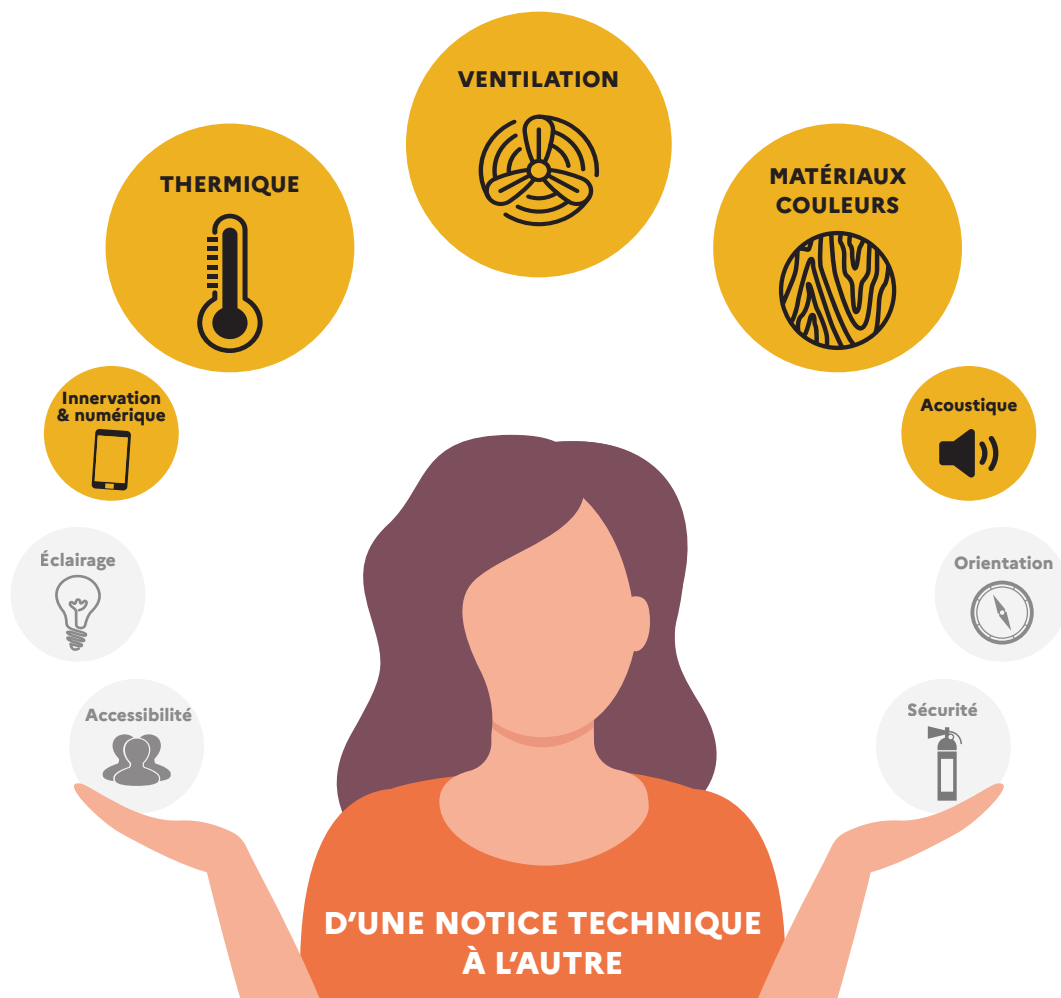
- **Installer des purificateurs mobiles** dans les locaux où le renouvellement de l'air n'est pas assuré ou difficile. Ce système peut s'envisager comme palliatif temporaire et non pas en remplacement d'une installation de ventilation. Il est alors recommandé de réaliser une étude technique préalable démontrant l'impact positif de l'épurateur d'air.
- **Choisir des matériaux de construction et d'entretien adaptés** par exemple en privilégiant les matériaux étiquetés A+.



© Camélia Alex Letanneur architecte, Guillaume Jouet, photographe.

GRUPE SCOLAIRE DES TROIS CHÊNES À AUVERS (50)

Les classes ont été conçues avec des ouvrants à grande hauteur permettant d'évacuer simplement l'air vicié.



La conception des systèmes de ventilation est à rapprocher de celle de la thermique et notamment du chauffage pour mettre en relation, à chaque fois que possible, la question des apports internes et des consommations énergétiques. Source et vecteur de bruit, sa conception fait l'objet d'une attention sur le sujet de l'acoustique. Certains systèmes peuvent être contrôlés par des outils numériques.

2. LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES À PRENDRE EN COMPTE

Dans le cas du renouvellement de l'air, les établissements scolaires suivent la **réglementation sanitaire départementale type** (RSDT), et le **code du travail**. Ces deux textes fixent chacun un débit minimal hygiénique de **renouvellement de l'air intérieur** à respecter durant les périodes d'occupation des locaux. Si la **concentration en CO₂** d'une pièce dépasse les 800 ppm, une action en faveur d'un renouvellement de l'air est nécessaire.

D'autre part, le **décret 2011-1728 du 2 décembre 2011** relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public concerne les écoles et établissements scolaires. Cette réglementation implique de réaliser une surveillance régulière de la QAI à travers l'évaluation des moyens d'aération et la réalisation de campagnes de mesure des polluants réglementaires

ou d'autodiagnostic visant à prévenir leur présence. Le **4^{ème} Plan National Santé Environnement (PNSE4)** prévoit de renforcer ce dispositif de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public dont les écoles, collèges et lycées.

La **réglementation de sécurité contre l'incendie** prévoit le désenfumage des locaux en cas d'incendie, et la non-propagation du feu et des fumées par les installations de ventilation. La réglementation est définie par l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) et l'arrêté du 14 février 2000 qui complète et modifie le même règlement.

3. INDICATEURS CIBLES SOUHAITABLES POUR QUELQUES ESPACES

	CODE DU TRAVAIL	RÈGLEMENT SANITAIRE DÉPARTEMENTAL TYPE*
Salle de classe	-	Salles de classe au premier degré : 15m ³ /h par occupant Salles d'enseignement du second degré : 18 m ³ /h par occupant
Salle de restauration	30 m ³ /h par occupant	22 m ³ /h par occupant
Salle de motricité, installation sportive	-	25 m ³ /h par occupant (pour un gymnase)
Sanitaires	-	30 m ³ /h par local
Salle polyvalente		18 m ³ /h par occupant
Espace de travail administratif	25 m ³ /h par personne	18 m ³ /h par occupant

Il est recommandé de viser un renouvellement d'air de 30 m³/h par occupant et d'un vol/h hors occupation. Afin d'améliorer le confort pendant les vagues de chaleur, un renouvellement de 5 à 10 vol/h est recommandé.

AVANT DE SE LANCER

- L'environnement dans lequel s'inscrivent les bâtiments scolaires contraint-il la conception de la ventilation?
- Comment maximiser la ventilation naturelle et ses apports ? Comment favoriser l'aération des locaux scolaires ?
- De quelle manière réconcilier renouvellement de l'air et limitation des déperditions de chaleur/entrée de calories dans les locaux scolaires ?
- Par quels procédés mesurer, encadrer et limiter la présence d'agents polluants dans l'air intérieur des établissements scolaires ?
- Quels moyens sont alloués à la maintenance, l'entretien et des systèmes de ventilation et de rafraîchissement
- Comment associer et responsabiliser les usagers aux bonnes pratiques de surveillance, de contrôle et de signalement de la qualité de l'air intérieur ?

D'autres informations disponibles sur le site <https://batiscolaire.education.gouv.fr/>

* Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'Ecole».