

CVF

CHAUFFAGE
VENTILATION
CONDITIONNEMENT D'AIR

LA REVUE DES CLIMATICIENS
www.aicvf.org

Trimestriel - N°919 - Mars-avril 2023

DOSSIER
**Conception
des installations
de ventilation
dans les bâtiments
tertiaires post covid**



QUESTIONS À
➤ Anne-Lise Deloron-
Rocard, directrice
du marché rénovation
du groupe La Poste

AVIS D'EXPERTS
➤ L'opposabilité
du DPE
logement

DOSSIER
➤ Sobriété,
efficacité
énergétique
et bas carbone

Bonnes pratiques et retours d'expérience pour le dimensionnement de la ventilation dans les établissements d'enseignement en rénovation

➤ Dans le contexte du lancement du 4^{ème} plan national santé environnement (PNSE4), le ministère de la Transition écologique pose une ambition appuyée sur la qualité d'air, notamment dans les établissements scolaires. En effet, le bien-être, la santé et les enjeux d'apprentissage sont attendus, ces lieux étant les plus fréquentés par les enfants après le logement.

Les polluants et sources potentielles de substances polluantes émises dans l'air intérieur sont de nature physique (matériaux de construction, décoration et ameublement), chimique (matériel utilisé pour les activités, environnement du bâtiment, appareils à combustion) ou biologique (allergènes des plantes, acariens, ou animaux).

La thématique est depuis quelques années identifiée et les mesures de suivi réglementaires rendues obligatoires depuis la loi Grenelle 2 ainsi que les plans d'action pour la qualité d'air et guide du Ministère pour des constructions plus saines sont déployés.

Cependant, les derniers reporting de surveillance (source 1) confirment que 41 % des écoles ont au moins une salle de classe très confinée en termes de concentration de CO₂. Les rapports de surveillance de ces polluants sont par ailleurs unanimes quant aux dangers pour la santé d'une exposition trop longue ou importante : bon apprentissage et réduction de l'absentéisme (Source 2).

Choisir le système de ventilation adapté...

D'un point de vue réglementaire, aucun texte n'impose la mise en œuvre d'une ventilation mécanique dans les établissements scolaires. L'Association Française de la Ventilation souligne que 15 % des établissements scolaires sont équipés d'un système de ventilation mécanique en 2017 sur un échantillon de 301 écoles recensées (source 3).

L'aération peut être réalisée par tirage thermique en évacuant l'air chaud en partie haute, par ventilation traversante

via un positionnement des entrées d'air face au vent opposées aux sorties d'air ou hybride via une assistance mécanique. Ces modes de ventilation dits naturels sont souvent tributaires des personnes ouvrant les fenêtres, des conditions météorologiques et permettent un contrôle limité du débit. Ils peuvent provoquer des problématiques de condensation et humidité. S'ajoutent à cela les enjeux de qualité d'air extérieur et d'acoustique pouvant être sensibles à adresser suivant les contextes des sites. En rénovation, s'adosser à une ventilation naturelle est à considérer sur les opérations où le contexte architectural, de site et technique s'y prête.

Cela induit pour les décideurs de trouver le **bon équilibre entre qualité d'air intérieur et limitation de l'impact carbone / réduction des consommations énergétiques**, et ce d'autant plus sur les programmes de rénovation où les contraintes techniques, architecturales et économiques sont fortes.

Dimensionner les débits d'air neuf

La réalisation de **simulations de concentration de CO₂** (sur laquelle est déduit le confinement de l'air - cf. encadré) permet d'optimiser les débits de ventilation dans les volumes de salles de classe. Ces évaluations permettent également de confirmer la mise en œuvre de simple ou double flux suivant l'encombrement des systèmes, notamment dans les opérations de rénovation. Elles permettent enfin de préciser finement le dimensionnement des centrales et limiter leur encombrement et celui des réseaux.

>>>

>>> Les logiciels de modélisation permettent en effet de mieux apprécier l'impact des variations d'occupation des salles de classe dans le calcul prédictif de concentration de CO₂ et donc vis-à-vis des débits d'air neuf à proposer dans différents volumes.

On s'adosse par ce calcul prédictif à l'indice de confinement ICONÉ (Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles) déployé dans le guide d'application du CSTB pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement (source mai 2012) permettant d'exprimer le niveau de confinement d'une pièce sur une échelle de 0 à 5.

Comment évaluer le confinement de l'air ?

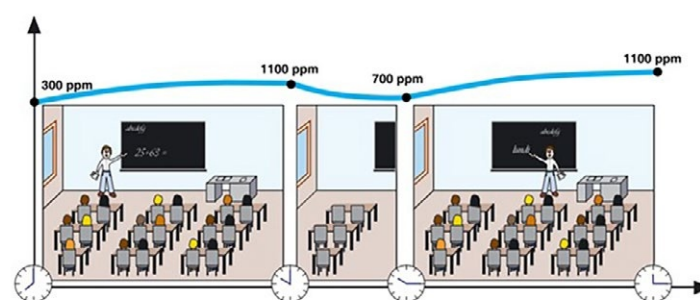
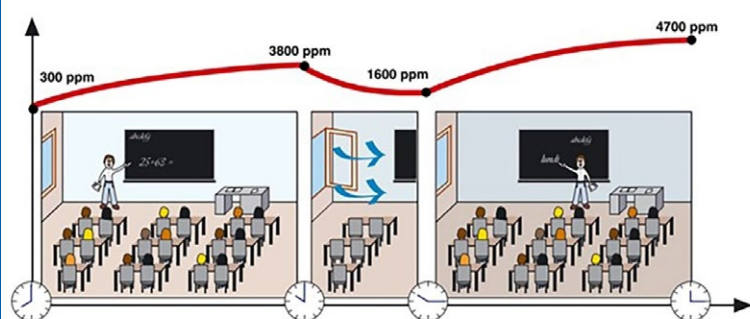
L'indice ICONÉ est basé sur la fréquence et l'intensité des concentrations de CO₂ et défini par la formule suivante :

$N = 2,5 / \log 2 * \log(1 + f1 + 3 * f2)$ avec :

- $f1 [0 : 1]$ = fraction du temps d'occupation où taux de CO₂ compris entre 1000 et 1700 ppm
- $f2 [0 : 1]$ = fraction du temps d'occupation où taux de CO₂ supérieur à 1700 ppm

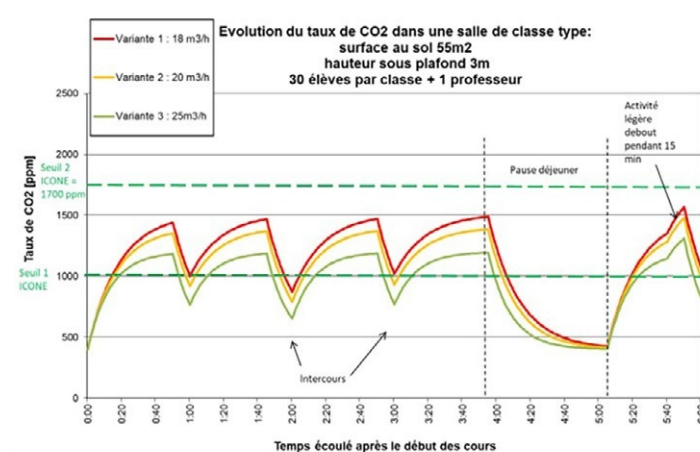
Aborder le sujet de la qualité d'air intérieur par le biais du traitement du confinement de l'air intérieur induit de prendre en considération la concentration de CO₂ dans le volume complet d'une pièce résultant de la respiration des personnes présentes induite par leur âge et leur activité. Il est souvent requis de justifier d'un indice de confinement de 0 soit un taux de CO₂ qui reste inférieur à 1000 ppm. Cela nécessite des débits de l'ordre de 30 m³/h/personne en fonction du volume de la pièce, du nombre d'élèves et de leur âge. Ce niveau peut paraître élevé et lorsqu'il n'y a pas de souhait spécifique de la maîtrise d'ouvrage, nous proposons d'atteindre plutôt le niveau 2, qui demande de ne pas dépasser 1000 ppm pendant 50 % du temps d'occupation.

Ci-dessous, il est présenté un exemple de suivi de deux salles de cours en concentration de CO₂, variable suivant l'occupation. (Extrait du Guide CETIAT « Ventilation Performante dans les Ecoles ».)



Cas " avec ventilation " : 18m³/h/pers->2.6Vol/h (en permanence)

Ci-après un exemple de simulation de concentration de ppm avec variation des temps de pause et variation de débit d'air neuf.



Cet outil permet de calculer l'évolution de la teneur en CO₂ dans la classe sur la journée selon le débit d'air neuf, la densité des élèves, les intercourses, l'activité des élèves, etc. Il permet également de calculer l'indice de confinement (voir encadré).

Réguler les apports d'air neuf

En vue d'affiner la conception du poste de ventilation mécanique, **la question de la régulation des systèmes de ventilation est aussi à considérer** afin de corréler les débits minimums attendus avec les scénarios d'occupation et d'activité des différents types d'occupants. Différents systèmes s'envisagent :

- Détection d'activité avec modulation de débit ou adressage sur horloge : pour les salles de classes et l'administration
- Détection de CO₂ ou présence : adaptée aux locaux à activité variable dont la source majoritaire de pollution est l'occupant, dans des zones type restauration, motricité et amphithéâtre. La détection permet de piloter un registre « tout ou peu » qui fait passer d'un débit de base hors occupation à un débit nominal.

Travailler la qualité de diffusion

Un bon dimensionnement du débit d'air neuf est à associer à une bonne qualité de diffusion d'air. Il s'agit de s'attacher au

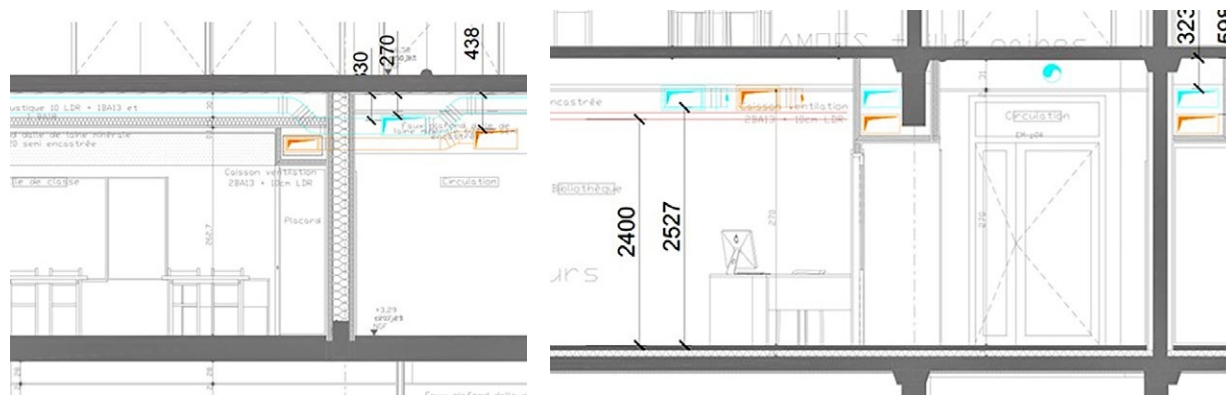
Retours d'expériences sur des projets scolaires rénovés

VENTILATION DOUBLE-FLUX DANS UN GROUPE SCOLAIRE EXISTANT : ON FAIT AVEC LA PLACE QU'ON A !

Groupe scolaire Jean Moulin à Brignais (69) – Architecte TEKNE et BET Fluides et Environnement AMOES. En chantier – livraison prévue en 2023

Contexte travaux : 25 m³/h par élève – très peu de hauteur sous plafond, carottages conséquents dans certains voiles. Simplification au maximum du réseau et de la régulation, gros travail sur l'acoustique. CTA Gold RX de Swegon (échangeur rotatif). Mise en place d'une solution de rafraîchissement adiabatique.

L'encombrement est sans doute l'un des points les plus problématiques pour la mise en œuvre d'un système de ventilation double-flux centralisé dans un bâtiment existant. Pour un groupe scolaire, cela demande du temps de conception, accepter d'abaisser les hauteurs sous plafond dans certaines zones telles que les circulations et trouver des astuces d'aménagement pour intégrer au mieux les réseaux (placard par exemple).



Exemples de coupes permettant de voir l'emprise des réseaux dans les circulations et les salles tout en gérant les croisements, les retombées de poutres et les hauteurs sous plafond à conserver.

MISE EN PLACE D'UNE VENTILATION NATURELLE DANS UNE ÉCOLE EXISTANTE – UNE SOLUTION SÉDUISANTE MAIS PAS TOUJOURS POSSIBLE

Rénovation de l'école Jules Ferry à Montmorency (95) – Architecte Méandre et BET Fluides Environnement AMOES. Projet en conception

Contexte travaux : Conception Lowtech et simplification du poste de ventilation

Sur cette opération il a été étudié la possibilité de ventiler naturellement les salles de classe par mise en place de tourelles spécifiques et de bouches d'entrée d'air à faibles pertes de charge. Cette solution s'est avérée impossible à mettre en œuvre du fait de la double contrainte acoustique/encombrement en rénovation. Le site étant fortement impacté par des sources de bruits (trafic routier et aérien), la restitution de l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur n'était pas compatible avec la mise en œuvre des larges bouches d'entrées d'air et des tourelles. Il était également nécessaire que les vitesses d'air dans les gaines et plénum soient très faibles (pour avoir très peu de pertes de charges), et pour cela, les sections devaient être très importantes créant un encombrement impossible à gérer pour ce cas.

choix de diffuseurs sélectionnés en cohérence avec les volumes à desservir afin de s'assurer l'absence de zones mortes. Les enjeux acoustiques des bruits d'équipements et de confort thermique sans créer de sensation de froid pour les élèves et enseignants sont également à anticiper. La qualité des diffuseurs est *in fine* souvent le point faible des installations.

Concevoir pour limiter les pertes de charge et les fuites des réseaux

Un autre axe de conception est de **chasser toutes les pertes de charges** du poste de ventilation.

Premièrement par le **positionnement des locaux techniques** :

- Dans une enveloppe isolée (éviter en toiture),

- Au plus près des besoins en privilégiant la mise en œuvre de plusieurs centrales de traitement d'air par usage. Les équipements sont à positionner au centre du bâtiment afin de tisser un réseau en étoile qui limite les linéaires. En rénovation, envisager des centrales de traitement d'air décentralisées pour chaque salle de classe peut permettre d'assurer la mise en œuvre de ventilation mécanique en réduisant les contraintes de tirage de réseau.

- Proche d'une paroi extérieure afin de limiter la présence de conduites froides dans l'enveloppe thermique et en traitant avec soin la traversée de la barrière d'étanchéité

Deuxièmement, en **dimensionnant correctement les sections des réseaux** en limitant la vitesse d'air à 1 m/s >>>

>>> dans les réseaux secondaires et 3 m/s dans les réseaux primaires.

Enfin, **limiter les coudes à 90°** et préférer les piquages à 45°, privilégier les gaines circulaires, mettre en œuvre des accessoires à joints tout en limitant le nombre, prévoir suffisamment de trappes de visite, etc.

En chantier, avoir recours à la préfabrication en usine pour les jonctions, utiliser de l'adhésif d'étanchéité au niveau des vis de fixation, soigner l'étanchéité des têtes et pieds de colonnes afin d'assurer une **bonne étanchéité des réseaux en vue de limiter les fuites impactant sur les consommations électriques et le contrôle de la qualité de l'air**.

Il convient de plus de **sélectionner des filtres adaptés à chaque opération** (les filtres F7 - permettant de traiter les particules > 2.5 µm : le pollen et les champignons notamment - sont utiles dans certains cas si la maintenance de ces filtres est connue et acceptée pour les services de maintenance. S'il n'y a pas d'enjeu spécifique, les filtres G4 sont à privilégier car ils engagent des coûts de maintenance bien inférieurs, d'en prendre soin durant le chantier, et en exploitation de les remplacer régulièrement afin de limiter les consommations énergétiques et maintenir une bonne qualité d'air intérieure.

Assurer une maintenance aisée

Le positionnement et le dimensionnement des locaux techniques doivent prendre en compte l'ensemble des opérations d'entretien et de maintenance des centrales de traitement d'air. Assurer le bon nettoyage des moteurs, remplacement des courroies et maintenance des systèmes de filtrage est un gage de maintien des performances énergétiques et débits d'air neuf souhaités (et donc de qualité d'air intérieur).

Déconstruire les usages sur le préchauffage de l'air

Reste également à déconstruire un usage sur le poste

de ventilation : **supprimer les batteries de préchauffage post-échangeur**, qui permettent de souffler dans les pièces un air à une température donnée (proche de la température de consigne souhaitée), plutôt que la température de sortie d'échangeur. C'est une conception qui répond à la crainte d'un inconfort thermique lié à une température de soufflage trop fraîche. Elle est souvent liée à des retours d'expérience malheureux résidant *in fine* dans une mauvaise sélection de bouches de soufflage, un balayage de l'air non maîtrisé ou un réglage non réalisé en fin de travaux et non à la température ambiante.

NB. Proposer la mise en œuvre de batterie chaude sur le soufflage d'air neuf est adapté en conception passive car on peut chauffer le bâtiment sans surdimensionner les débits soufflés au-delà du débit de renouvellement hygiénique du bâtiment. L'idée dans ce contexte est de se passer de la distribution terminale et des émetteurs (type radiateurs). Le gain « carbone matériaux » est alors important avec ce fonctionnement en chauffage par l'air.

En dehors de ce contexte de construction passive, la régulation du préchauffage de l'air n'étant pas possible, ou bien trop imprécise, elle occasionne des surchauffes dans les salles de classe, des surconsommations de chaleur tout en augmentant les pertes de charge et consommations d'auxiliaires.

Source 1 - Rapport annuel 2018 de l'Observatoire national de la sécurité et de l'accessibilité des établissements d'enseignement

Source 2- Shendell et al: *Associations Between Classroom CO2 Concentrations and Student Attendance in Washington and Idaho, Indoor Air, 2004*.

Source 3 - Interview Pascal Housset de l'Association Française de la Ventilation <https://www.larpf.fr/actualite/14591/umc-a-l-ecole%E2%80%89l-association-francaise-de-la-ventilation-interpelle-les-candidats-a-la-presidentielle>

**Oriane Dugrosprez, cheffe de projets
Performance Environnementale - AMOES**



**Vincent Coste, responsable
technique - AMOES**

