

Les rendez-vous du développement durable au SIPAL

Conférence-débat du 26 février 2009

Climat et qualité de l'air intérieur

Claude-Alain Roulet, professeur titulaire EPFL-LESO

M. Yves Roulet

M. Roulet introduit le conférencier qui a longtemps dirigé au LESO (Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment de l'EPFL) un groupe de recherches sur la qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments et les stratégies de rénovation. Si on peut rester trois semaines sans manger et trois jours sans boire on ne survit pas plus que 3 minutes sans respirer. C'est dire si la qualité de l'air est une donnée essentielle. Or nous passons la plupart de notre temps à l'intérieur. L'essentiel de l'air que nous respirons est donc de l'air intérieur.

M. Claude-Alain Roulet

L'air que nous respirons *doit être sans risques pour la santé*. Or nous sommes constamment environnés de polluants. Nous respirons $1/2 \text{ m}^3$ d'air par heure, mais pour évacuer nos polluants, il faut $10 \text{ à } 40 \text{ m}^3$ d'air par heure, voire beaucoup plus en présence d'autres sources de contaminants que les occupants. Les *polluants majeurs* sont les *odeurs corporelles*, *l'humidité* et ses conséquences, notamment la prolifération de moisissures, le CO_2 qui n'est pas un toxique en soi, mais qui est le rejet de notre métabolisme, *divers gaz* présents à l'intérieur (comme des COV). En été on a aussi besoin d'évacuer la *chaleur*. Le débit d'air nécessaire est d'abord défini par les polluants en présence. Plus il y a de sources de pollution, plus il faudra augmenter le débit d'air. Naturellement cela ne joue que si l'air extérieur est moins pollué que l'air intérieur.

Le polluant le plus exigeant commande la quantité d'air à laquelle il faudra faire appel. Il s'agit de définir *une concentration acceptable*. Certains polluants sont réputés nocifs à partir de la plus petite dose, (c'est notamment le cas du radon), d'autres seulement à partir de certains seuils, en dessous duquel l'organisme répare les effets. Le seuil est naturellement pris comme limite dans le second cas, mais dans le premier les valeurs tolérées varient selon les pays et ce qu'on considère comme acceptable (composante culturelle). La question est aussi économique, car le coût peut augmenter exponentiellement pour les concentrations très faibles.

Deux sources majeures

L'air vicié est d'une part le fait des *occupants* eux-mêmes. Une personne génère principalement des odeurs corporelles (environ 3'000 composants chimique distincts), de la vapeur d'eau (70-200 g/h), de la chaleur (100 – 300 W), du gaz carbonique (20-60 l/h). Une variable est la saison, l'élimination des odeurs pouvant dominer en hiver, l'humidité en mi-saison et la chaleur en été. Le débit d'air doit être constamment adapté aux circonstances, être suffisant, ni trop faible, ni trop fort. Il est fonction du niveau de qualité d'air recherché.

L'autre source de polluants de l'air est dans les *matériaux*: amiante, solvants, odeurs, formaldéhyde (substances pas interdites partout!). Mais des polluants peuvent aussi provenir de *l'air extérieur* (transports, chauffage): poussières, plomb, ozone, oxydes d'azote; de la *fumée du tabac* (poussières, aldéhydes, suies); des activités (odeurs de papier, d'encre, de cuisine); d'*animaux* (poils, micro-organismes); du *sous-sol* (humidité, radon).

Notre système respiratoire filtre les particules que nous absorbons, mais les *plus petites parviennent dans les poumons* et s'y incrustent. Un cas particulier est le *radon*. C'est un gaz inerte, sous-produit de la désintégration radioactive de l'uranium contenu dans certaines roches (en particulier le granit) ; il est radioactif lui-même et se désintègre donc en permanence. Il peut entrer dans les maisons par les fissures ou le sous-sol ; les teneurs les plus fortes se rencontrent dans les Grisons, au Tessin et dans le Jura. 40% de l'exposition radioactive en Suisse est due au radon, soit 240 décès prématurés par an (dix fois moins que le tabac ou cinq fois moins que la voiture, mais dix fois plus que l'amiante). Une dalle étanche ou un vide sanitaire ventilé constituent une bonne protection. Par contre, il est illusoire de vouloir réduire une concentration excessive de radon d'une zone habitée par la seule aération, car il faudrait aérer dix fois plus que d'habitude. Il est donc essentiel d'éviter que le

radon pénètre dans les zones habitées. Une très bonne information est donnée sur www.ch-radon.ch

Quant à l'humidité absolue maximale (quantité de vapeur d'eau maximale par mètre cube) est fonction de la température, plus celle-ci est basse, plus vite l'air va condenser et donc décharger son humidité sur les parois, objets etc. L'humidité peut résulter de remontées capillaires ou d'un manque d'étanchéité, mais aussi et surtout des occupants et de leurs activités. Les remontées capillaires et les fuites peuvent créer des efflorescences sur les parois intérieures, faisant cloquer le crépi. L'humidité permet aussi le développement de moisissures (dès un taux d'humidité de l'air de 80%, donc avant le point de rosée) qui peuvent être graves pour les personnes allergiques comme pour les matériaux (toutefois la majorité des allergies en Suisse sont dues aux acariens). La mûre, moisissure bien connue, qui décompose les structures en bois a aussi besoin d'humidité.

Selon SIA 180, les constructions *doivent être réalisées de manière à ce qu'il n'y ait ni condensation ni moisissures*. Il faut donc éviter en tout endroit que l'humidité dépasse environ 80%, valeur à partir de laquelle les moisissures se développent bien à température ambiante.. Deux facteurs peuvent être la cause de ces phénomènes, un bâtiment trop froid et/ou mal isolé, des occupants qui produisent trop de vapeur par leurs activités ou aèrent trop peu. Des ponts thermiques peuvent susciter de la condensation et des moisissures, tout comme une aération insuffisante d'une douche par exemple, les murs restant mouillés.

Le remède aux moisissures est en premier lieu une isolation thermique suffisante partout (donc absence de ponts thermiques graves), une ventilation adaptée à la production de vapeur d'eau: plus il y a d'humidité, plus il y a de risques de moisissures, et plus il faut aérer. Donc contrairement à ce qu'on croit souvent, *quand c'est mieux isolé, on peut aérer moins*. Pour notre bien-être, une humidité de 30% suffit.

Agir à la source

Moins il y a de polluants présents dans l'air intérieur, moins il y a besoin de débit d'air. Réduire ce dernier c'est donc réduire les polluants à la source: ne pas fumer, pas de matériaux polluants, pas d'appareils émetteurs d'ozone (photocopieurs, par exemple), lutter contre l'humidité. Il convient de limiter l'apport d'air frais aux secteurs concernés (les espaces occupés, et à hauteur d'homme); n'aérer que s'il y a une activité dégageant des polluants et enfin contrôler les débits.

Souvent l'aération se fait empiriquement à travers les fuites, qui n'offrent aucun contrôle du débit qui est dès lors soit trop faible, soit trop fort. L'approche juste est de *tout isoler et de ne laisser entrer l'air que par les entrées prévues pour cela*. Or jusque dans les années 80, on considérait que l'aération devait se faire par les interstices et fentes du bâtiment. Quand on affirme qu'un bâtiment est trop isolé, trop étanche, les fenêtres trop isolées, cela est faux, les bâtiments doivent être étanches mais il doit y avoir des possibilités de les ventiler et donc des entrées prévues pour l'air.

Les entrées d'air peuvent être des prises d'air pour de la ventilation, des fenêtres et des tirettes. Pour une ventilation automatique, mécanique, on peut installer des capteurs, de CO₂, d'humidité, ou d'autres polluants; de tels capteurs sont aussi utilisés pour mesurer les teneurs en gaz réactifs, pour des motifs de sécurité. Mettre un bâtiment sous atmosphère pressurisée est une excellente façon de mesurer son étanchéité. Les performances dépendent de la forme et de la compacité du bâtiment.

Travailler en amont

La norme SIA 180 déjà évoquée prévoira dès 2010 que l'architecte devra établir dès l'avant-projet le *concept de ventilation* du bâtiment. Le double flux de Minergie® est un tel concept. Sur une fiche relativement brève il s'agira de dire si la ventilation est naturelle, mécanique ou une combinaison des deux, comment elle est contrôlée et où on prévoit de faire entrer et sortir l'air, enfin comment est garanti le suivi du processus dans l'exploitation.

Il convient aussi de définir les modalités de distribution de l'air dans la pièce, en piston horizontal (plutôt rare), en piston verticale ou par mélange (on homogénéise la composition de l'air). Les *avantages de la ventilation mécanique* sont la capacité de ventiler de grands volumes, le contrôle des débits et des températures, le fait de ne pas s'exposer au bruit ou à la pollution extérieurs, la possibilité de récupérer la chaleur. Mais il faut bien la connaître et

l'entretenir. Ses inconvénients sont la mauvaise acceptation par les usagers qui se sentent dépossédés de la maîtrise de leur environnement (surtout si on a scellé les fenêtres), le coût et l'emprise de l'installation, la consommation d'électricité (de 0,1 à 1 W/m²/h) ; elle peut faire du bruit et tomber en panne.

Il existe diverses modalités : par extraction (toilettes, salles de bains, cuisine, espaces borgnes), il faut prévoir les entrées et les sorties de l'air ; par ventilation (on peut pulser l'air, le refroidir, l'humidifier...) ; le double flux permet de récupérer la chaleur. Pour climatiser il faut nettement plus d'air. Anciennement on recyclait l'air, car, étant déjà à la bonne température cela économisait l'énergie, mais cela n'évacue évidemment pas les polluants... si bien que la ventilation devenait elle-même une source importante de contamination.

Souvent les filtres sont mal entretenus, pas changés assez souvent. Les échangeurs de chaleur rotatifs peuvent aussi transmettre une partie des odeurs de l'air vicié évacué à l'air frais entrant. Des humidificateurs mal entretenus sont des nids de bactéries,. De toute manière ils créent plus de problèmes qu'ils n'en évitent. Il peut y avoir des restes d'huile de fabrication dans les conduites. Les filtres enfin sont plus efficaces contre les bactéries que contre les odeurs.

Il est toutefois possible de fournir de l'air de bonne qualité avec une ventilation mécanique. Pour cela, il est essentiel que cette installation soit bien conçue, bien construite, mise en service avec sérieux en vérifiant que les performances demandées sont bien atteintes, et enfin entretenues avec soin.

Mettre la nature à contribution

Quant à *la ventilation naturelle*, ses avantages sont qu'elle est mieux acceptée, les coûts sont très faibles, on n'a pas besoin d'apport d'énergie pour transporter l'air, le différentiel de température et le vent provoquant le mouvement d'air désiré, les débits sont nettement plus importants si c'est nécessaire, les pannes inconnues. Côté inconvénients, on notera l'impossibilité de récupérer la chaleur, le débit aléatoire, la difficulté d'y recourir en cas d'environnement pollué, une moindre capacité de diffusion (on n'aère pas partout de la même façon). Des règles empiriques peuvent être données pour les surfaces d'ouvertures : pour la lumière, 10% de la SBP, pour la ventilation 5%. Pour la surface ventilée latéralement, on compte 2,5 fois la hauteur de l'ouverture, pour une ventilation traversante, 5 fois. Des grilles réglables représentant 4 cm² par m² de plancher suffisent pour une aération de base.

En saison froide, peu d'air suffit car l'air est froid et sec ; il y aura un fort tirage et il n'y a pas besoin d'aérer longtemps. L'aération naturelle est constituée par les fenêtres, dont il existe une multitude de types, des grilles réglables, des vantelles, toutes ces entrées étant réglables manuellement. Il y a aussi des clapets automatiques réglés par des hygromètres, donc tenant compte de la teneur en eau de l'air. Cela s'utilise beaucoup en France.

Dans certains pays, on a mis au point des systèmes de grandes cheminées appelées tours à vent (Iran, mais aussi dans des réalisations modernes, comme le parlement du Pays de Galles, le tribunal de Bordeaux, ou des locatifs modernes). Reste à bien définir la prise d'air. Pour le bâtiment de l'OFS à Neuchâtel, elle est à ras le trottoir (des filtres efficaces ont été placés, mais ce n'est pas optimal pour autant) Les immeubles de la Cité Solaire de Plan-les-Ouates (hneuf) ou des Libellules à Lausanne (rénovation) sont présentées comme exemples de réalisations où un soin particulière a été apporté à l'aération et la qualité de l'air.

En résumé, la ventilation dans une perspective de développement durable c'est définir d'abord si elle sera naturelle, mécanique ou un mélange des deux, situer au bon endroit les prises et débouchés d'air, avoir une enveloppe étanche, et des ouvertures permettant de contrôler les débits, (les fenêtres ne sont qu'un type d'ouverture parmi d'autres), et dans les locatifs une conduite par appartement si possible pour éviter le transport des polluants (et du bruit). Pour limiter les besoins d'aération, on luttera contre les polluants de l'air intérieur à la source, évitera de recycler l'air vicié, ou des échangeurs de chaleur susceptibles de faire recirculer les polluants, pour économiser l'énergie ne pulser que l'air vicié et limiter le débit, éviter de trop réchauffer ou refroidir.

Discussion

- Comment cela se passe-t-il avec les normes différentes pour les polluants intérieurs, selon les pays?

- *C'est une question de culture et de développement. Encore il y a 30 ans en Chine les poêles n'avaient pas de cheminées et beaucoup de gens étaient malades à cause de la fumée et des suies. De manière générale, on peut dire que pour des polluants à toxicité évidente et rapide, comme le monoxyde de carbone des mesures sont prises partout. Il en va autrement pour des polluants à faible dose et à long terme. Les calculs coûts-bénéfice jouent naturellement un grand rôle.*

- *Comment fait-on lorsque l'air extérieur est pollué (proximité d'une grande route)*

- *La ventilation mécanique devra aller chercher l'air vers le toit, on peut aussi placer des filtres (mais il faut les changer régulièrement), du charbon actif peut protéger des odeurs de kérosène par exemple aux abords des pistes d'aviation.*

- *Quelle est la définition de la ventilation naturelle?*

- *C'est une ventilation sans ventilateur mécanique Par extension, c'est aussi un système ou quelques petits ventilateurs n'assurent qu'une partie négligeable du débit total.*

- *A quel rythme faut-il renouveler l'air ?*

- *Ouvrir grandes les fenêtres mais pas longtemps suffit pour changer l'air , par exemple évacuer les fumées et odeurs de cuisine, 10 minutes suffisent, pendant ce temps la pièce a changé au moins deux fois d'air, sans que les parois aient eu le temps de se refroidir. Pour des odeurs moins persistantes deux minutes suffiront. Mais si on doit évacuer une odeur persistante émanant de matériaux, sécher le bâtiment, il faut ventiler de façon continue et cela passera par des petits clapets, déjà des impostes sont trop grands. Pour refroidir le bâtiment en été, il faut une forte aération (fenêtres ouvertes) pendant toute la nuit. Si les ouvertures sont traversantes, le courant d'air ne rencontre pas d'obstacle et à 1 m par seconde aura vite traversé la pièce, si ce n'est pas le cas il faudra plus de temps pour que les tourbillons pénètrent tout l'espace.*

Perspectives

Cet exposé très complet rappelle des réalités techniques de base qui s'imposent à tout bâtisseur. Il souligne surtout que contrairement à des idées reçues il n'y a aucune opposition entre isolation et étanchéité du bâtiment d'une part, et bonne ventilation de l'autre. Il rappelle également que le concepteur d'une construction doit prévoir les flux d'air, les entrées, les sorties, les méthodes et les dimensions dès le départ.