

La ventilation naturelle est-elle une solution pertinente pour répondre aux enjeux d'aujourd'hui ?

19 JANVIER 2023

https://conseils.xpair.com/actualite_experts/ventilation-naturelle-solution-enjeux.htm

Par Xavier LASSUDRIE DUCHENE et Arnaud NOUAILHAS de ARP Astrance

La ventilation des bâtiments, sujet relégué au second rang pendant longtemps, prend aujourd'hui une importance significative suite à la prise de conscience des problématiques de qualité de l'air intérieur, à la diminution des postes de consommations traditionnels comme le chauffage et à la nécessité de plus en plus prégnante de refroidir les bâtiments de manière passive.

Comment répondre à ces nouveaux enjeux, sans augmenter les consommations énergétiques ? La ventilation naturelle est une des options qui doit être explorée.

1) Les enjeux de la ventilation

Le Robert définit la ventilation comme une « Opération par laquelle l'air est brassé, renouvelé ou soufflé ». Elle peut être divisée en 2 catégories selon les objectifs qu'elle poursuit.

- **La ventilation hygiénique**
- **La ventilation de confort**

La ventilation hygiénique a pour but le renouvellement et l'assainissement de l'air intérieur des bâtiments nécessaire aux individus.

Le CO₂ dégagé par les occupants doit être évacué, et l'oxygène renouvelé afin de maintenir un taux de taux en CO₂ aussi proche que possible de la concentration extérieure, aux alentours de 400ppm. Différentes études ont prouvé un impact négatif de la concentration en CO₂ sur les fonctions cognitives (cf. figure 1).

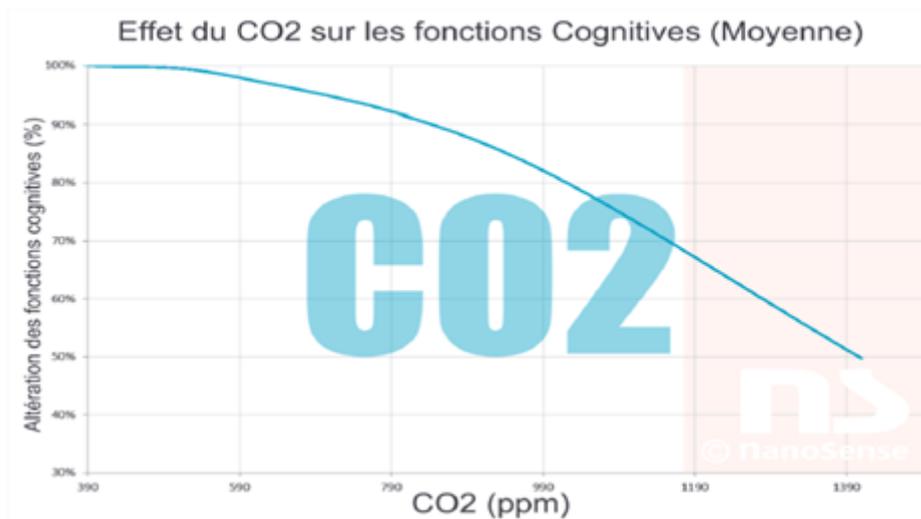


Figure 1 : Effet du CO2 sur les fonctions cognitives – Guide Nanosens de la QAI pour les écoles

C'est aussi le cas de la vapeur d'eau dégagée par les occupants et dans les pièces humides. Celle-ci doit être évacuée pour maintenir un taux d'humidité relative idéalement entre 40 et 60 %. En effet, au-delà de 60 % les risques de développement de champignons, de bactéries, et autres augmentent (cf. figure 2).

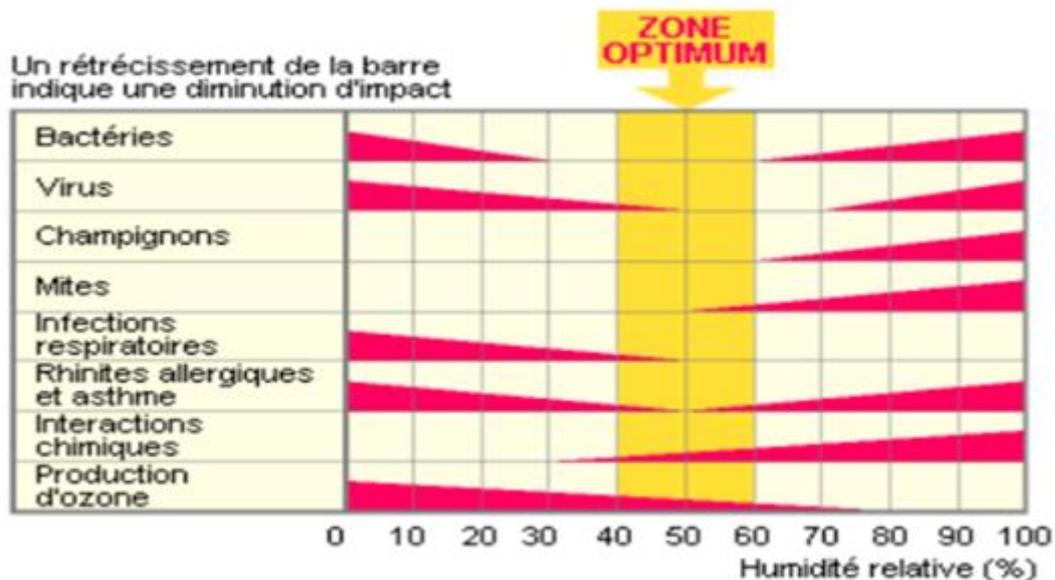


Figure 2 : Optimum Humidité relative – Scofield et Sterling, Doc.Dri-Steem/Pacare

Enfin, et c'est relativement nouveau, les polluants intérieurs, tel que les COV, les PM... néfastes pour la santé humaine, doivent également être évacués. Il a en effet été prouvé que ces polluants, dégagés entre autres par les matériaux intérieurs, le mobiliers, les produits de nettoyage..., sont présents à des concentrations 5 à 10 fois plus élevés en intérieur qu'en extérieur.

Les taux minimums de renouvellement hygiéniques sont fixés en France par différentes normes tel que l'arrêté du 24 mars 1982 pour les logements, le code du travail ou le règlement sanitaire

départemental type pour les bureaux et les ERP. Or, ces taux s'avèrent relativement faibles, et apparaissent aujourd'hui comme insuffisants face aux défis sanitaires posés par la qualité de l'air intérieur. La France est notamment classée parmi les derniers élèves en Europe concernant les taux minimums de renouvellement de l'air d'après le rapport « Qualité de l'air intérieur et performance énergétique des bâtiments en Europe » du Joint Research Centre commandé par la Commission Européenne en 2018.

Il est donc aujourd'hui nécessaire d'augmenter ces débits, tout en évitant d'augmenter les consommations énergétiques associées, qui tendent à prendre une place de plus en plus conséquente, tout particulièrement au regard de la baisse des besoins en chauffage. Pour les bâtiments neufs de type tertiaire ou ERP, la ventilation représente de plus en plus souvent le poste de consommation principal devant le chauffage, la climatisation, ou l'éclairage.

La ventilation de confort a pour objectif le rafraîchissement de l'ambiance intérieur ou directement des occupants en période chaude. Pour cela deux options sont possibles :

- Le déstockage du bâtiment par sur-ventilation lors de périodes plus fraîches, souvent la nuit. Ainsi les calories accumulées à l'intérieur et dans les éléments à inertie sont évacuées pour limiter la montée en température le lendemain. Cette solution fonctionne particulièrement bien pour des climats avec une différence de température jour/nuit importante. Un taux de renouvellement conséquent, de 4 à 10 volume/heure, est par contre nécessaire.
- La création d'une vitesse d'air, qui permet l'évaporation accélérée de la transpiration à la surface de la peau, ce qui contribue à diminuer la température corporelle. Ainsi pour une vitesse de 1m/s la température ressentie sera inférieure d'environ 3°C à la température ambiante. Cette solution est particulièrement pertinente lorsque les températures restent stables entre jour et nuit, c'est notamment une technique employée traditionnellement dans les climats tropicaux.

Dans le contexte du réchauffement climatique, où les besoins de rafraîchissement augmentent, ce type de solution prend toute son importance. Le défi étant ici aussi, de répondre à cet enjeu sans augmenter les consommations énergétiques du bâtiment.

2) La ventilation naturelle, pourquoi et comment ?

Ces enjeux une fois exposés, la ventilation naturelle apparaît comme un levier indispensable sinon majeur pour assurer à la fois, des débits hygiéniques plus importants, et un rafraîchissement plus conséquent, sans augmenter les consommations énergétiques.

Les forces motrices qui permettent de mettre l'air en mouvement en l'absence de ventilateur sont le tirage thermique et le vent (cf. figure 3).

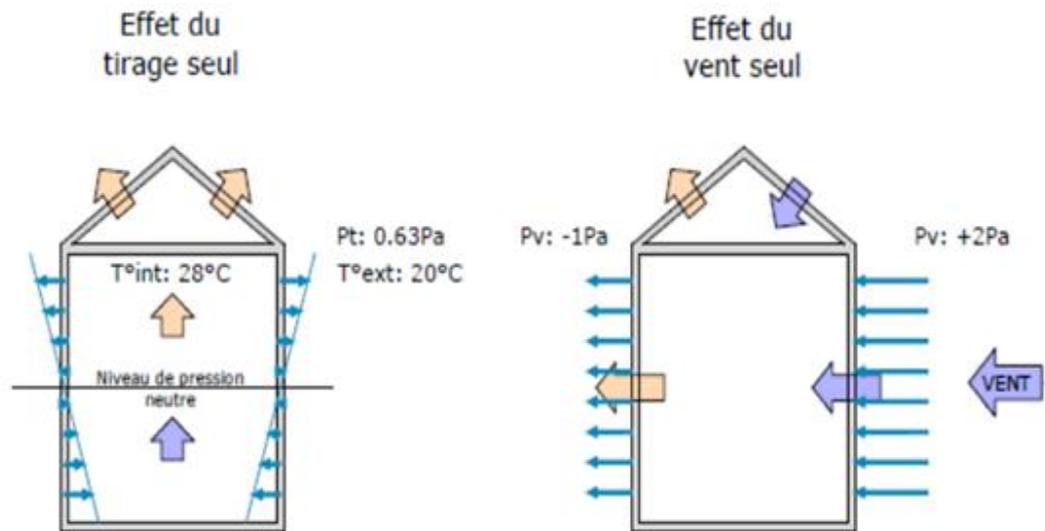


Figure 3 : Effets du vent et du tirage thermique – Surventilation et confort d'été, guide de conception, projet de recherche freevent mars 2018

Le tirage thermique repose sur le différentiel de densité entre l'air chaud et l'air froid. L'air chaud, de par son agitation moléculaire plus importante, est plus léger et va donc avoir une tendance à monter, au contraire de l'air froid. Cela crée un mouvement naturel basé sur une dépression en partie basse, favorisant l'entrée de l'air depuis l'extérieur, et au contraire une surpression en partie haute, favorisant la sortie de l'air vers l'extérieur.

Le vent crée quant à lui une surpression du côté au vent, et une dépression du côté sous le vent, ce qui crée naturellement un courant d'air des hautes aux basses pressions au travers du bâtiment.

Ce type de ventilation fonctionne à basse pression, avec des dépressions inférieures à 30Pa, contrairement à la ventilation mécanique qui crée des dépressions aux alentours de 100Pa. Les équipements associés, comme les entrées d'air ou les gaines sont ainsi dimensionnés en fonction, et propres à ce principe de ventilation.

La ventilation naturelle hygiénique est très présente en France dans le parc existant (près de 2/3 du parc de logement) mais totalement anecdotique dans le neuf. La France accuse ainsi un retard sur le sujet par rapport à des pays comme le Royaume-Uni, ou encore l'Australie, par manque de bureaux d'études compétents mais aussi d'industriels, dans un contexte réglementaire qui laisse peu de place à l'innovation.

La ventilation naturelle de confort tend quant à elle à se développer dans le neuf avec de plus en plus de projets publics et privés qui prennent en compte ce paramètre dans leur conception.

3) Quels types de ventilation naturelle ?

La ventilation mono-orientée permet de rafraîchir un bâtiment par déstockage. Elle fonctionne grâce au tirage thermique, qui crée une boucle convective dans la pièce concernée. Il suffit d'une ouverture en façade par laquelle l'air plus frais entre en partie basse, pendant que l'air plus chaud sort en partie haute. La hauteur de l'ouvrant a une importance marquée. Plus celle-ci est importante,

plus le brassage sera efficace, l'optimum étant de dépasser 1,5 m de haut. Pour aller plus loin, la création de deux ouvertures, une en partie basse et une en partie haute, permet de doubler l'efficacité du brassage, car la séparation physique entre les deux flux permet de réduire les perturbations. La profondeur de la pièce a également son importance, le brassage étant moins efficace à partir de 2 à 2,5 fois la hauteur sous plafond (cf. figure ci-dessous). Ce type de ventilation est simplement basé sur des ouvrants manuels ou automatiques en façade, mutualisables avec le désenfumage. L'atteinte des taux de brassages nécessaires pour un rafraîchissement efficace peut cependant s'avérer complexe selon les conditions, ce principe étant relativement limité en termes de renouvellement d'air par rapport à la ventilation traversante, ou par atrium.

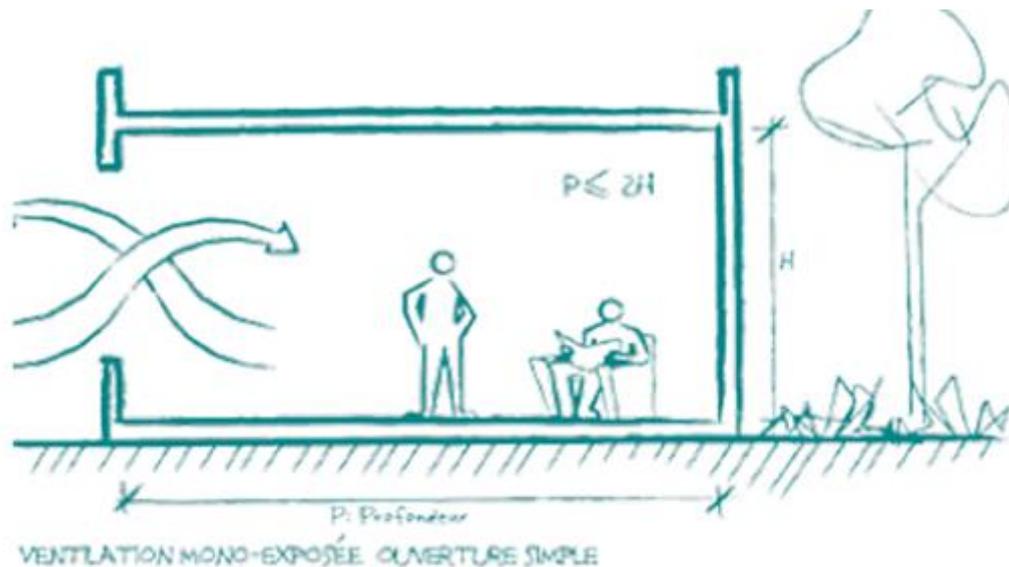


Figure 1 : Ventilation mono-exposée ouverture simple – source : « Natural ventilation in non domestic buildings ». Guide CIBSE, 2005.

Figure 4: Ventilation mono-exposée ouverture simple - Natural ventilation in non domestic buildings , Guide CIBSE, 2005

La ventilation traversante permet de rafraîchir un bâtiment par déstockage et de créer une vitesse d'air. Le vent constitue la force motrice de ce principe en créant une surpression sur la façade au vent, et par contraste une dépression au niveau de la façade opposée, dite sous le vent. L'air traverse ainsi le bâtiment d'une façade à l'autre, des hautes aux basses pressions. Ce système est particulièrement efficace, avec plusieurs 10aines de volumes/h de renouvellement pour seulement 1m/s de vent.

La création d'une vitesse d'air lui permet de plus de rafraîchir les occupants si les conditions d'un déstockage efficace ne sont pas réunies. Il est particulièrement adapté aux bâtiments hauts, linéaires, ou avec un patio.

Pour un fonctionnement efficient, la distance entre les deux façades ne doit pas dépasser 5 fois la hauteur sous plafond (cf. figure 5). Si ce principe est largement répandu pour le logement, il peut parfois être complexe à mettre en œuvre pour du tertiaire ou des ERP, car l'aménagement des espaces intérieurs n'est pas toujours propice au passage de l'air d'une façade à l'autre. Des salles de classe ou des bureaux cloisonnés donnant sur un couloir central peuvent par exemple poser des difficultés. Dans ce cas, il faut penser à un système de gestion de l'ouverture des portes, ou

aménager des ouvrants entre les pièces de travail et la circulation, mais cela pose souvent des problématiques d'intrusion, acoustiques, ou encore incendie. Enfin, la trame, la position, et le volume des bâtiments alentours sont à étudier finement dans un contexte urbain, car ils peuvent former des masques vis-à-vis du vent.

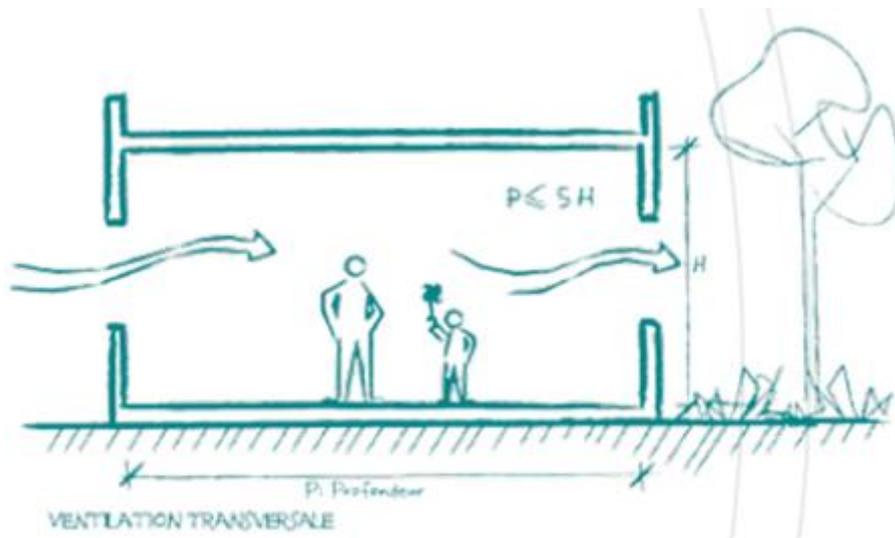


Figure 5 : Ventilation Traversante - Natural ventilation in non domestic buildings , Guide CIBSE, 2005

La ventilation par atrium permet de rafraîchir un bâtiment par déstockage et de créer des vitesses d'air. Le tirage thermique est ici utilisé en aménageant une ouverture en toiture d'un atrium tout hauteur (cf figure 6).

L'air chaud monte dans l'atrium, créant une dépression, qui permet à l'air neuf, plus frais, de pénétrer par des ouvertures en façade. L'air entre ici par toutes les façades contrairement à la ventilation traversante, ce qui renforce considérablement son efficacité. La hauteur de l'atrium est fondamentale pour favoriser le tirage. Les contraintes liées à ce type de ventilation sont le fort impact architectural, la nécessité, tout comme la ventilation traversante, d'aménager des passages d'air entre les zones de travail et l'atrium central, et une problématique possible de surchauffe des étages supérieures, exposés à l'air le plus chaud de l'atrium.

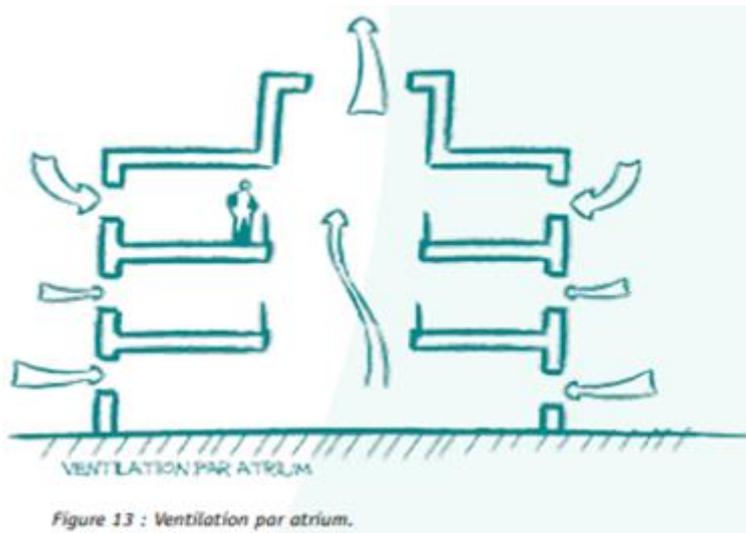


Figure 13 : Ventilation par atrium.

Figure 6 : Ventilation par atrium - Natural ventilation in non domestic buildings , Guide CIBSE, 2005

La ventilation par puits dépressionnaire permet de rafraîchir un bâtiment par déstockage et de créer une vitesse d'air. Ce concept aéraulique, contrairement à la ventilation traversante de façade à façade, utilise un patio ou un puits de désenfumage ou autre, prolongé par une émergence en toiture en forme de cheminée pour créer une forte dépression (cf. figure 7).

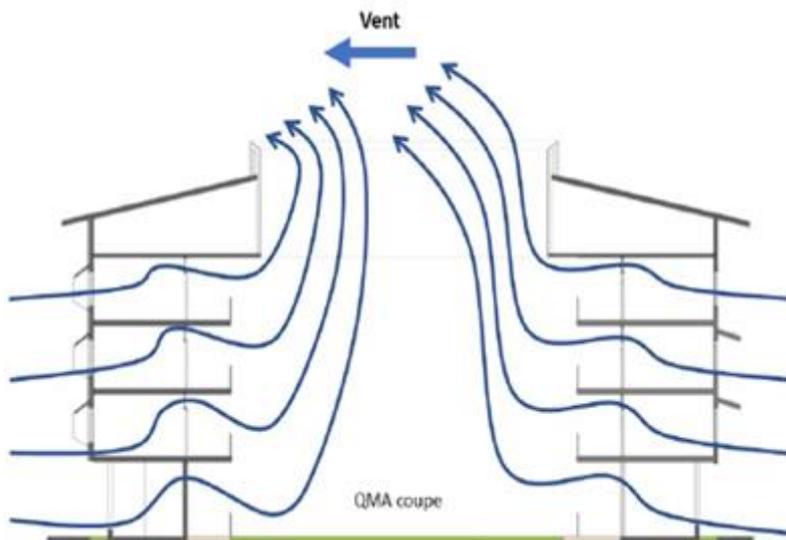


Figure 7 : Ventilation par puit dépressionnaire - QMA

Au faîtage du puits, la vitesse du vent est la plus importante et crée une forte dépression (cf. figure 8). Cette forte dépression est un moteur puissant pour générer des écoulements internes des façades vers le puits. Peut-être plus intéressant en milieu urbain dense que la ventilation traversante, qui nécessite du champ. Ici aussi, l'aménagement des passages d'air vers le puits peut être contraignant d'un point de vue acoustique, intrusion et incendie.

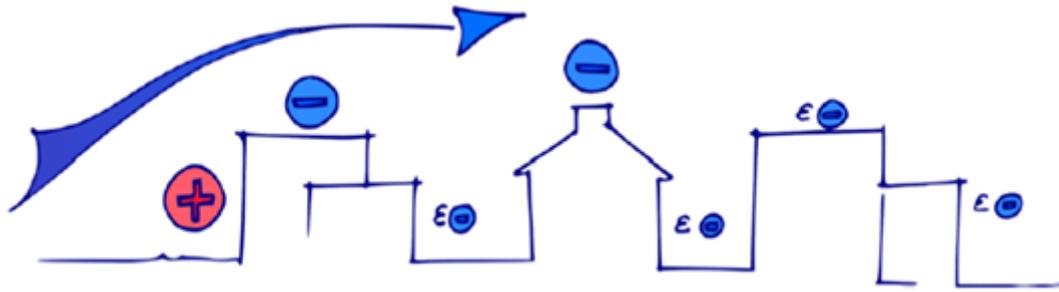


Figure 8: Ventilation par puit dépressionnaire - *Envirobotbdm comment ventiler les bâtiments dans un contexte de développement durable et de changement climatique, Robert Cellaire, 2022*

La ventilation par cheminée permet d'assurer le renouvellement hygiénique de l'air et de rafraîchir le bâtiment par déstockage. Le tirage thermique est la force principale qui permet la circulation de l'air depuis les ouvrants ou entrées d'air en façade vers la cheminée (cf. figure 9). Cet effet peut être décuplé par la mise en place d'un vitrage solaire au niveau de la cheminée. Orienté Sud, celui-ci permet en effet de capter les apports solaires qui vont réchauffer l'air dans la partie supérieure de la cheminée, augmentant ainsi le tirage thermique. C'est le principe de la cheminée solaire. Il est aussi possible d'utiliser en complément la force du vent pour augmenter le tirage en positionnant une tourelle à vent sur la cheminée. Le dessin ci-après de l'atelier Philippe Madec (cf. figure 10), montre très bien les deux principes, qui peuvent être combinés sur une même cheminée.

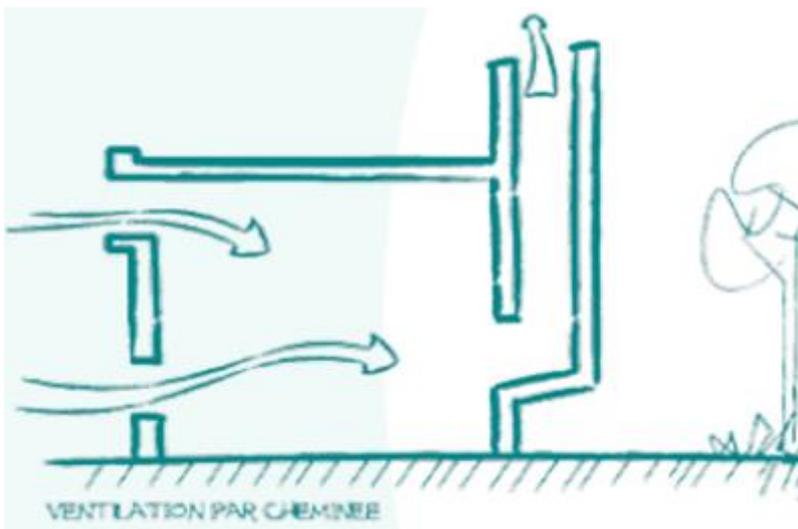


Figure 9: Ventilation par cheminée - *Natural ventilation in non domestic buildings, Guide CIBSE, 2005*

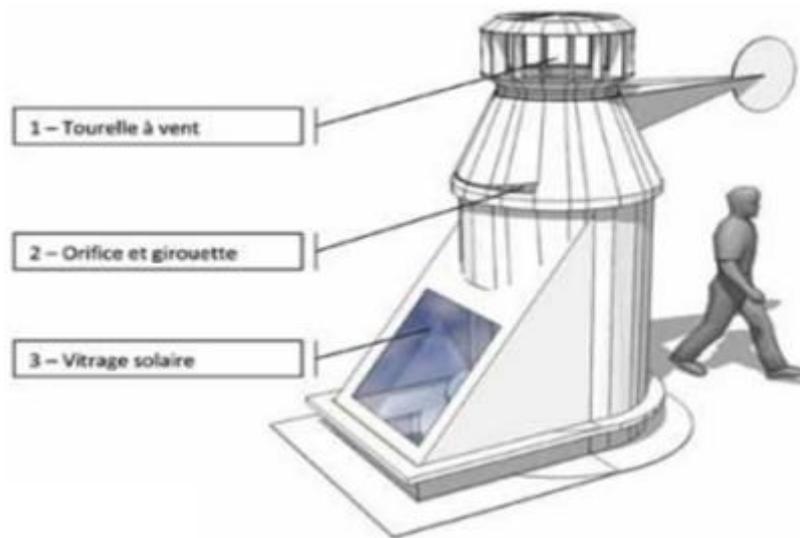


Figure 10 : Cheminée solaire et tourelle à vent - Atelier Philippe Madec

Ce principe permet de s'affranchir totalement de ventilation mécanique, mais pose certaines contraintes en termes de dimension des gaines, et pour y adapter un système d'échangeur sur l'air extrait.

La ventilation par capteur à vent permet d'assurer le renouvellement hygiénique de l'air et de rafraîchir le bâtiment par déstockage. Le vent est ici le moteur de la circulation de l'air. Celui-ci s'engouffre au niveau du capteur, créant une suppression localisée, et ressort en façade (cf. figure 11).

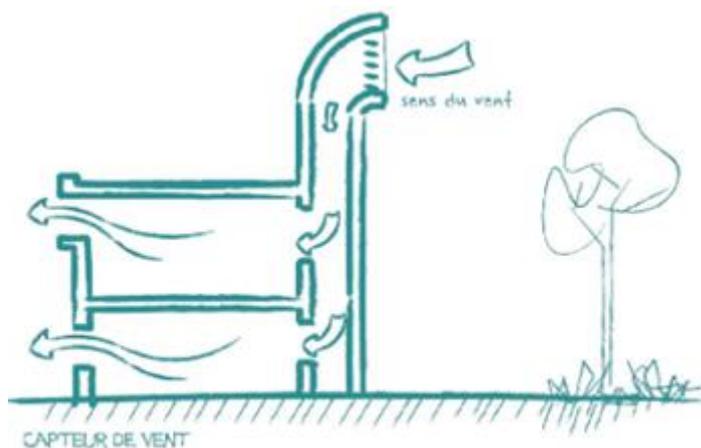


Figure 8 : Capteur de vent.

Figure 11: Ventilation par capteur à vent - *Natural ventilation in non domestic buildings*, Guide CIBSE, 2005

Ce principe était notamment utilisé traditionnellement en Iran et appelé *Bagdir* (cf. figure 13 droite). Il existe aujourd'hui des versions modernes sous la forme de cheminées qui captent le vent à 360° avec un côté au vent en suppression par lequel l'air s'engouffre, et un côté sous le vent, en dépression, par lequel l'air ressort (cf. figure 12 gauche).

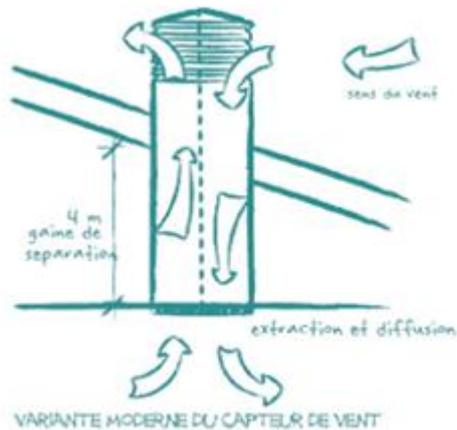


Figure 9 : Variante moderne du capteur de vent – source : « Natural ventilation in non domestic buildings ». Guide CIBSE, 2005.



Figure 12 : Variante moderne du capteur de vent - Natural ventilation in non domestic buildings , Guide CIBSE, 2005 & Figure 13 : Natural ventilation in non domestic buildings , Guide CIBSE,

Ce système permet lui aussi de se passer totalement de ventilation mécanique, avec l'avantage d'une entrée d'air en toiture par rapport au principe de la cheminée, donc moins exposée aux problématiques acoustiques et de pollution. D'autre part, entrée et sortie d'air se faisant au même endroit, il est assez aisé d'y adapter un échangeur. C'est notamment ce que propose windcatcheur avec son modèle ZÉRO qui intègre un échangeur, et une **VNAC (ventilation naturelle assistée contrôlée)**, qui prend le relai si le débit n'est pas assez fort. Outre les problématiques classiques sur l'absence de filtration de l'air, la taille des gaines... la contrainte principale de ce système est sa limite en termes de hauteur, et la multiplication nécessaire des capteurs. Le système Windcatcheur ne permet pas par exemple d'alimenter plus de 2 niveaux (RDC et R+1), et nécessite un capteur pour environ 30m².

4) Les limites de la ventilation naturelle ?

La première limite de ce type de ventilation est liée à la **météo, dont elle est tributaire**. Que ce soit le vent ou les températures. Les débits sont donc non maîtrisés, ce qui représente un défi, notamment pour la ventilation hygiénique et ses débits réglementaires minimaux. Le tirage peut s'avérer trop faible lorsque les températures extérieures sont égales voir supérieures aux températures intérieures. A l'inverse, celui-ci peut être trop important en hiver. Deux options semblent se dessiner pour répondre à cette problématique. La **VNAC (ventilation naturelle assistée contrôlée)** qui consiste à compléter le dispositif par un ensemble de capteurs reliés à un ventilateur qui prend le relai lorsque le tirage ou le vent n'est pas assez important, assurant ainsi en permanence le respect des débits minimums. La seconde possibilité est la mise en place de capteurs CO₂ dans les salles concernées afin de gérer, automatiquement ou manuellement, l'ouverture d'une ventilation largement dimensionnée, et qui va garantir des taux maximums de CO₂ plutôt qu'un débit minimum.

La seconde limite concerne **les systèmes d'échangeur double flux**, qui permettent de récupérer les calories de l'air extrait, principe aujourd'hui systématique en tertiaire et ERP. Avec des bâtiments de plus en plus isolés, les déperditions par renouvellement d'air dues à la ventilation émergent en effet au niveau du bilan énergétique. Or ce type de système s'adapte plus difficilement à la

ventilation naturelle, souvent en simple flux, et qui supporte mal les pertes de charge. Ainsi, le rapport entre l'augmentation des consommations de chauffage liée à l'absence d'échangeur, et la diminution des consommations de ventilation doit être étudié finement pour chaque projet et chaque climat. Certaines équipes et/ou industriels ont toutefois réussi à adapter des échangeurs en ventilation naturelle, mais cela nécessite souvent de multiplier leur nombre, un par pièce ou par zone. Ainsi l'école Simone Veille à Rosny-sous-Bois dispose d'un échangeur à plaque par salle de classe relié à un système de **ventilation par cheminée**. Le système de capteur à vent Windcatcheur dispose d'un échangeur, mais nécessite la mise en place d'un capteur par zone de 30m².

Une troisième problématique concerne la **filtration de l'air entrant**, pour le moment impossible avec la ventilation naturelle, car cela créerait des pertes de charges trop importantes. Il convient donc d'analyser les seuils de pollution dans la zone du projet pour savoir si une filtration est indispensable ou non.

La dimension des gaines peut également constituer une contrainte pour la mise en place de tourelles à vent, cheminées solaires, ou capteurs de vents. Ces systèmes fonctionnent tous en basse pression, ce qui nécessite des gaines beaucoup plus larges que les gaines classiques de ventilation mécanique. En effet, pour un même débit requis, la vitesse d'air sera beaucoup plus faible en ventilation naturelle, ce qui nécessite des sections plus importantes. On parle par exemple en logement de surface de gaine représentant au moins 0,2% de la surface au sol de celui-ci. Il faut de plus dans la plupart des cas une gaine par logement, ou par salle de classe, ou zone de bureau, pour des problématiques incendies, ce qui peut rapidement nécessiter une surface non négligeable dans le bâtiment. Cette problématique disparaît cependant en rénovation, pour les bâtiments de logements d'avant 1982, équipés de conduits shunt, dont les sections sont déjà adaptées à la ventilation naturelle.

Une réflexion fine doit enfin être menée sur le **choix des ouvrants et leur gestion**, qui peuvent représenter un surcoût non négligeable à l'investissement, mais aussi en termes d'entretien. S'il est par exemple possible d'utiliser les ouvrants de désenfumage pour faire de la ventilation, il faudra être très vigilant sur le nombre de cycles d'ouverture qu'ils peuvent supporter. Souvent dimensionnés pour 1 000 cycles, il conviendra ici de rechercher des produits dimensionnés pour plus de 10 000 cycles, au risque d'avoir à renouveler ses ouvrants tous les 5 à 10 ans. Également, il faudra être attentif aux risques d'intrusion et à la pluie, notamment pour faire du déstockage nocturne. Ainsi des systèmes anti-intrusion et anti-pluie devront être mis en place, soit sous la forme de grilles, soit par des principes d'ouvertures adaptés.

Enfin, le principe de gestion des ouvrants, s'il est manuel présente le risque d'être mal géré par les occupants, non optimisé. S'il est automatique, représente un coût important à l'investissement, et une complexité d'entretien et de gestion qui n'est pas à négliger. On pourra finir, dans le cas d'une ventilation traversante ou par atrium, sur la difficulté d'aménager des passages d'air entre pièces de travail et circulations sans dégrader le confort acoustique, créer des problématiques d'intrusion, tout en respectant la réglementation incendie.

5) La ventilation naturelle peut-elle être adaptée à tout type d'actifs ?

Deux tiers du parc de logements existants en France fonctionne en ventilation naturelle, souvent sur le principe de la cheminée, notamment pour les collectifs des années 60-70, qui ont

des conduits shunts adaptés à la ventilation basse pression, donc naturelle. Le rafraîchissement des logements par création de courants d'air et par déstockage est aussi un principe courant, facilité par la gestion individualisée de chaque logement.

Si le rafraîchissement, mono-orienté ou traversant est dans les mœurs, l'utilisation de la ventilation naturelle pour assurer le renouvellement hygiénique de l'air, en neuf ou lors de rénovation lourde, est aujourd'hui peu utilisée. Pourtant les principes de capteurs et de cheminée sont très bien adaptés aux logements, car il est rare qu'un échangeur sur air extrait soit prévu en base, il n'y a donc pas d'arbitrage à faire entre consommations de ventilation et de chauffage. D'autre part, la rénovation des bâtiments possédants des conduits shunt est parfaitement adaptée à la ventilation naturelle par la taille importante des gaines. La limite réside peut-être dans le gain énergétique possible, beaucoup plus réduit qu'en tertiaire ou en ERP, car les consommations de la ventilation en logement restent relativement réduites par rapport aux autres postes.

En tertiaire et pour les ERP la ventilation naturelle tend à se développer **pour des besoins de rafraîchissement**, mais reste anecdotique pour la partie hygiénique. Pour le rafraîchissement, la gestion des ouvertures constitue la première difficulté. Pour l'hygiénique, c'est l'arbitrage avec l'échangeur sur air extrait qui constitue le facteur limitant, même si des adaptations sont possibles.

*Par Xavier LASSUDRIE DUCHENE, Directeur de Projet et Arnaud NOUAILHAS, Directeur pôle ARP
Astrance*

Source et lien

