

# NANOSENSE

## LA QAI, UN PROBLÈME D'ÉNERGIE ?



Olivier Martimort



Yann Poisson

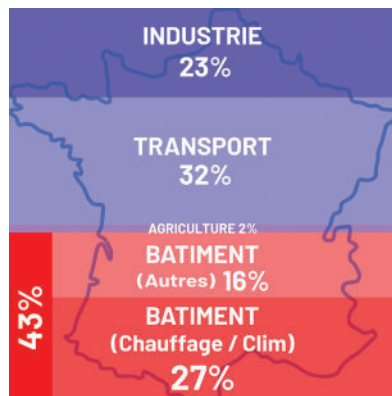
Les auteurs de cet article, Olivier Martimort, gérant et fondateur de NanoSense, et Yann Poisson, responsable produits chez NanoSense\*, se penchent sur la question des consommations d'énergie liées aux systèmes de ventilation. Ils s'attardent notamment sur les problématiques d'isolation et d'étanchéité puis traitent des différents systèmes de ventilation ainsi que de leur pilotage.

### ISOLATION & ÉTANCHÉITÉ : SOUVENT UN REMÈDE PIRE QUE LE MAL !

Depuis de nombreuses années, la France soutient une politique d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air des bâtiments avec notamment les réglementations thermiques successives (RT 2005, RT 2012...) et désormais les réglementations environnementales (RE 2020) pour les constructions neuves accompagnées par des incitations fiscales pour la rénovation. Mais quelles sont les conséquences invisibles de cette politique ?

### LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES EN FRANCE ET DANS LES BÂTIMENTS

Le secteur du bâtiment est le domaine prioritaire dans la lutte contre le réchauffement climatique et la transition énergétique du fait de sa contribution globale. Les consommations énergétiques, principalement générées par le chauffage représentent un quart des coûts d'exploitation d'un immeuble de bureaux (~664€ HT/m<sup>2</sup>.an - source : Cerema). C'est donc également une priorité économique et d'indépendance énergétique.



Répartition conso France 2012 et part chauffage/clim dans le total.  
Sources : MTEs & Cerema.

**Tous ces éléments poussent vers une conclusion : il faut étancher et isoler thermiquement les bâtiments. Cependant c'est une opération qui doit IMPÉRATIVEMENT être menée conjointement avec une ventilation performante.**

### ISOLATION THERMIQUE

Les pouvoirs publics ont poussé tous les bâtiments à être de plus en plus « étanches à l'air ». Même si le besoin d'isoler est évident, il existe d'autres moyens de réduire les consommations sans travaux lourds, et ce pour un coût bien inférieur à l'isolation. Par exemple, instrumenter, optimiser ou automatiser les réglages et modifier les comportements. Une venti-

lation maîtrisée peut jouer un rôle prépondérant et reste peu exploitée.

Les rénovations énergétiques sont donc une bonne opportunité pour intégrer la surveillance de la qualité de l'air intérieur au bâti pour optimiser son efficacité énergétique.

L'isolation et l'étanchéité augmentent grandement les risques liés à la qualité de l'air si elle n'est pas adressée simultanément. De plus, piloter les systèmes de ventilation à l'aide de la qualité de l'air permet de découpler à moindre frais l'efficacité énergétique du bâtiment tout en améliorant la santé, le confort et la productivité des occupants.

### UNE TRANSITION INÉVITABLE



Dans un bâtiment bien isolé, la consommation de chauffage et de climatisation est principalement liée au débit d'air renouvelé soit le rejet d'air chaud l'hiver ou d'air frais l'été. En termes purement énergétiques, les déperditions liées à la ventilation représentent jusqu'à 40 % des besoins de chauffage des bâtiments (Ademe).

Dans tous les cas, il est donc nécessaire de contrôler à bon escient le renouvellement d'air pour minimiser la consommation énergétique.

L'application de la réglementation vis-à-vis de l'étanchéité à l'air des bâtiments nécessite une nouvelle stratégie de ventilation : transformer les « fuites d'air incontrôlées » en flux contrôlés (et si possible filtrés).

### ÉTAT DE L'ART DE LA VENTILATION & DU PILOTAGE DE VENTILATION

#### LES DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES DE VENTILATION

La qualité de l'air et l'efficacité énergétique d'un bâtiment ont une relation symbiotique. Outre les polluants endogènes (CO<sub>2</sub>, COV, humidité) dont on ne peut se prémunir qu'en augmentant le renouvellement d'air, les particules fines (PMx) trouvent principalement leur source à l'extérieur, le moyen de s'en prémunir est donc la filtration de l'air entrant. *(Suite au dos)*





# DOSSIER

## VENTILATION ET TRAITEMENT D'AIR

En dehors de la ventilation naturelle, les autres systèmes sont contrôlés, on parle de VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) pour de l'extraction, de VMI (Ventilation Mécanique Insufflée) pour de l'insufflation permettant un filtrage et on parle de VMC double flux pour des systèmes contrôlant simultanément insufflation et l'extraction. Ce

filtrage garantit également un air neuf exempt de particules fines. Rappelons que les particules fines (PM) font 67 000 morts prématurées en France chaque année soit plus que le Covid 19 (moyenné sur 2 ans).

Le tableau ci-dessous résume les avantages et inconvénients des différents systèmes de ventilation :

Système ventilation	Insufflation/ Extraction	Filtre	Echangeurs thermiques	Efficacité Energétique	QAI	Maintenance
 Ventilation naturelle	Convection naturelle	Non	Non	---	---	-
 VMC - Simple Flux	Extraction	Non	Non	-	-	--
 VMI	Insufflation	Oui	Non	-	++	---
 Double Flux	Soufflage & reprise	Oui	Oui	+++	+++	-----

Même avec l'échangeur thermique d'une VMC double flux, on oublie souvent que leur consommation électrique est le double des VMC simple flux, le choix optimum de la solution dépend donc en partie de la localisation géographique. Malheureusement la technologie la plus répandue et la plus installée à l'heure actuelle reste la VMC simple flux (89 % des installations dans le tertiaire en 2018), ne protégeant pas les occupants de la pollution extérieure et ne permettant pas non plus de récupérer l'énergie thermique du bâtiment. Il est donc d'autant plus important de piloter ces systèmes énergivores.

### LE PILOTAGE



Un système de ventilation peut disposer d'un contrôle des débits d'air de façon globale ou distribuée (jusqu'au niveau de chaque pièce). Plus le contrôle sera distribué, plus il pourra être performant en fonction de son pilotage.

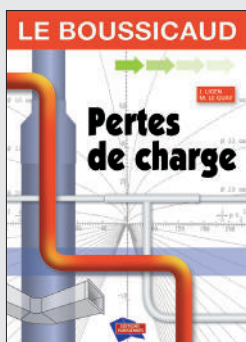
Piloter un système de ventilation c'est réguler les débits d'air en ajustant l'apport d'air neuf dans les locaux en fonction des besoins et donc des conditions intérieures.

Le tableau ci-dessus indique les avantages et inconvénients liés aux différents moyens de pilotage d'un système de ventilation.

### LES LIMITES DU PILOTAGE SUR CO<sub>2</sub>

Depuis longtemps, le CO<sub>2</sub> a été utilisé comme un indicateur global d'une mauvaise qualité de l'air intérieur. Cependant, cet indicateur est aujourd'hui insuffisant pour révéler la qualité de l'air réelle dans son ensemble.

Lorsqu'on respire, le CO<sub>2</sub>, les COV (composés organiques volatils) et les PM (particules fines) pénètrent dans le sang via les poumons, affectant les fonctions cognitives et la productivité. A cet impact des polluants atmosphériques vient s'ajouter celui des ambiances (bruit, température, luminosité...). Le cocktail de ces trois polluants et des ambiances est bien plus impactant que le CO<sub>2</sub> seul. Le CO<sub>2</sub> reste donc SEULEMENT un indicateur de confinement et de présence humaine.



[www.librairietechnique.com](http://www.librairietechnique.com) 01 45 40 30 60

## PERTES DE CHARGE - LE «BOUSSICAUD»

MICHEL LE GUAY, JEAN LIGEN

95€ TTC

Hors frais de livraison

Frais de livraison*	
1 ouvrage	5 €
2 ouvrages	9 €
3 ouvrages	0,01 €

Une édition entièrement refondue et réactualisée de cet ouvrage de référence dans le domaine du calcul des pertes de charge appliqué à tous les fluides, que l'on appelle communément «le Boussicaud».

Une première partie concerne la théorie générale des pertes de charge : régime laminaire, régime turbulent, vitesses d'écoulement, pertes de charge singulières, etc. Une seconde partie comprend un ensemble de chapitres consacrés aux applications spécifiques : eau, air, fioul, gaz, air comprimé, vapeur d'eau, etc.

\* Offre valable en France métropolitaine uniquement. Pour toute autre destination, nous consulter.

## ENTRETIEN, MAINTENANCE & EFFICACITÉ

Un système de ventilation ne peut maintenir ses performances que s'il est entretenu. Ce qui n'est malheureusement pas le cas de la majorité du parc immobilier. « 80 % des installations de ventilation ne remplissent pas leur rôle » (Patrice Weill, gérant de l'entreprise Net Climatis).

## CONCLUSION

Pour conclure, il est devenu incontournable de concilier qualité de l'air et efficacité énergétique au sein du bâtiment. Pour tenir cet objectif, il est nécessaire de choisir le bon moyen de ventilation, bien le dimensionner, penser à l'équilibrage, rendre pilotables les débits de façon la plus distribuée possible et enfin choisir la bonne méthode de pilotage.

Il est ainsi possible de protéger les occupants tout en assurant jusqu'à 70 % d'économie d'énergie dans le bâtiment. ●

**Plus d'informations :**  
[www.nano-sense.com](http://www.nano-sense.com)

Type	Contrôle de Ventilation	Economie d'énergie	QAI	Commentaire
24h/7 (débit fixe, bouches autoréglables)	Non	0%	Bonne	Occupation maximale théorique - Risque QAI en cas de sous-dimensionnement
Contrôle manuel	ON OFF proportionnel	30-50%	Incertaine	Mise en œuvre aléatoire (souvent éteint pour réduire les nuisances sonores)
Horloge	ON OFF	50%	Incertaine	Risque fort d'exposition QAI pendant évènement imprévu - Taux d'occupation non pris en compte. 65% des horloges ne sont plus adaptées après 3 ans
Humidité (Hygroréglable)	ON OFF	30-50%	Incertaine	Désembue les pièces humides - Peu de rapport avec la QAI - Fonctionne mal l'hiver (air ambiant sec)
Capteur de présence	ON OFF	54%	Bonne	Taux d'occupation non pris en compte - Capteurs de présence non fiables en cas d'immobilité
Nombre d'occupants (CO2)	Proportionnel (PI)	70%	Modérée	Humidité et autres polluants non pris en compte - Représentatif du confinement uniquement - Lié à l'usage et au taux d'occupation - Risque de sous ventilation
Sonde multi capteurs QAI sur seuils de mesures	Proportionnel (PI)	71%	Bonne	Protection sanitaire optimisée - Meilleur compromis Qualité de l'Air / efficacité énergétique - Seuils de mesures plus nombreux à régler.
Sonde multi capteurs QAI sur effets physiologiques et Modes	Proportionnel (PI)	74%	Bonne	Peut ventiler légèrement plus que le système précédent mais à bon escient (productivité tertiaire) - Prise en compte effets cocktails. - Protection complète - Efficacité énergétique optimale

Classement selon la Norme EN13779

\*Autres sources :

[http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/oid\\_barometre2018\\_energie\\_complet.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/oid_barometre2018_energie_complet.pdf)

<http://reseaux-chaleur.cerema.fr/consommation-de-energie-dans-les-batiments-chiffres-cles-2013>

[http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/le\\_barometre\\_version\\_pdf.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/le_barometre_version_pdf.pdf)

[https://www.uniclimate.fr/userfiles/Doc/presse/2019\\_02\\_06\\_DP\\_UNICLIMATE\\_RESULTATS.pdf](https://www.uniclimate.fr/userfiles/Doc/presse/2019_02_06_DP_UNICLIMATE_RESULTATS.pdf)

<https://www.ademe.fr/expertises/batiment/elements-contexte/impacts/ventilation-batiments>

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter9.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter9.pdf)

## NANOSENSE

# ET SI LE GESTIONNAIRE DE BÂTIMENT ÉTAIT PLUS IMPORTANT QU'UN MÉDECIN ?

Dans cet article, après un rappel des chiffres essentiels de la qualité de l'air, Olivier Martimort, fondateur de NanoSense, et Yann Poisson, responsable produits, expliquent comment la qualité de l'air et les ambiances, a priori complexes à exprimer, peuvent devenir des indicateurs intuitifs et donnent ainsi des clés pour mieux appréhender au quotidien les impacts liés à notre environnement intérieur.

## LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR : L'ESSENTIEL EN CHIFFRES

La récente pandémie a mis en lumière qu'il existe en suspension dans l'air des éléments nocifs et qu'il est complexe de les identifier ainsi que de s'en prémunir. Il devient impor-

tant de pouvoir superviser nos espaces de « vie » et d'y surveiller l'impalpable et l'invisible.

Quelles solutions pour améliorer l'air que l'on respire ? Comment vérifier le bon fonctionnement des systèmes de ventilation ?

(Suite au dos)

# DOSSIER

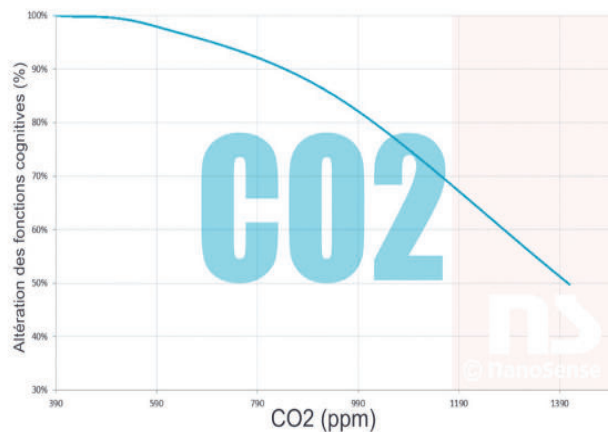
## VENTILATION ET TRAITEMENT D'AIR

Commençons par l'essentiel en qualité de l'air intérieur et quelques chiffres clés :

AIR INTERIEUR			AIR EXTERIEUR		
POLLUANTS	SOURCES	IMPACTS	POLLUANTS	SOURCES	IMPACTS
CO <sub>2</sub>	Personnes	Mal de tête, baisse de productivité	NO <sub>2</sub>	Industrie, trafic routier	Problèmes respiratoires
COV	Peintures, produits ménagers, cuisine	Irritation, allergies	O <sub>3</sub>	Industrie, trafic routier	Problèmes respiratoires
PM10, PM2.5, PM1	Chauffage, industrie, trafic	Problèmes respiratoires, impacts cardiovasculaires	PM10, PM2.5, PM1	Industrie, trafic routier, trafic aérien	Problèmes respiratoires, impacts cardiovasculaires

(National Institute of Health) américain.

Elle montre qu'à 1 000 ppm (ppm = part par million soit un millionième) de CO<sub>2</sub> dans l'air ambiant, les fonctions cognitives sont réduites de 20 % environ. Or la valeur de 1 000 ppm correspond au seuil réglementaire départemental.



Effet du CO<sub>2</sub> sur les fonctions cognitives (moyenne)

La qualité de l'air : les essentiels. (Source NanoSense)

### Qualité de l'AIR en FRANCE en 2019

- 2<sup>e</sup>** cause de mortalité
- 67 000** Morts prématurés par AN
- 11 %** de la mortalité totale
- 20 x** plus de morts que sur les routes
- 19 mrd** cout social de la pollution intérieure en €
- 8 x** air intérieur jusqu'à 8x plus pollué qu'à l'extérieur
- 2 ans** d'espérance de vie perdu à 30 ans
- 5 x** plus de maladies respiratoires infantiles qu'il y a 20ans
- 5 %** part de la population Asthmatique (en croissance)
- 15 000 L** volume d'air respiré par jour soit 1 camion citerne
- 183** équivalent cigarettes "fumées" par les parisiens par an

Chiffres de l'impact de la qualité de l'air en France en 2019.

(Source NanoSense)

Les principaux polluants à surveiller en air intérieur sont : le CO<sub>2</sub>, les COV (Composés Organiques Volatils) et les Particules Fines (PM). N'oublions pas que la surface déployée de nos poumons est considérable (un terrain de tennis) et qu'elle est extrêmement poreuse. Il faut rappeler que nous respirons 15 000 litres d'air par jour soit l'équivalent d'une cuve de camion-citerne !

Le CO<sub>2</sub> est généré principalement par la respiration humaine et affecte nos fonctions cognitives (maux de tête, mémorisation...) et donc notre productivité. Il est à surveiller dans les espaces à forte densité humaine dans des espaces clos mais également dans tous les espaces de vie ou de travail car c'est un très bon indicateur de « confinement » qui répond globalement à la question : « le renouvellement d'air est-il suffisant pour le nombre de personnes qui respirent dans la pièce ? ».

Le graphique ci-après est le résultat d'une étude du NIH

Le taux de CO<sub>2</sub> est également un bon indicateur de confinement et donc de risque de transmission virale.

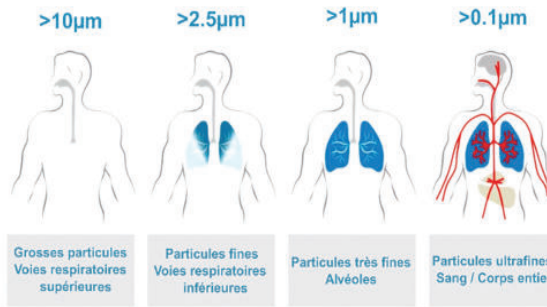
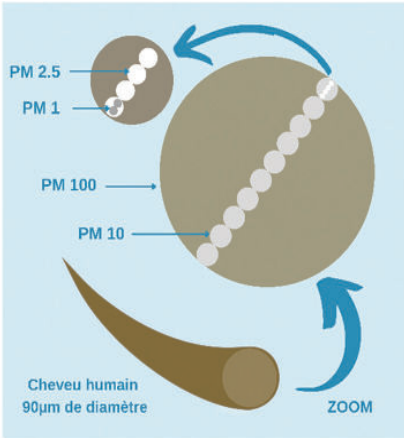
Les COV (Composés Volatils Organiques) sont émis par les solvants contenus dans le mobilier, les peintures, les aérosols, les produits ménagers, par la cuisine ou par les déchets. Toutes les odeurs sont des COV identifiables par notre cerveau mais tous les COV n'ont pas une odeur. Certains d'entre eux peuvent être extrêmement dangereux et cancérigènes, même à des taux très faibles. Nombre de COV sont solubles et se retrouvent facilement dans le sang via la respiration. Ils impactent donc la santé mais aussi la productivité, ce qui est moins connu.

Les Particules fines (Particulate Matter ou PM) sont des particules suffisamment fines pour rester en suspension dans l'air et sont généralement des résidus de combustions (chauffage, industrie, trafic routier et aérien, tabac...). Ces particules fines sont classées selon leurs tailles car plus elles sont petites plus elles vont pénétrer dans les poumons et s'accumuler profondément dans l'organisme. Les particules fines solubles se retrouvent dans le sang et affectent le cerveau.

En effet, l'élément le plus consommateur d'énergie du corps humain est le cerveau, il va consommer plus de 20 % de l'oxygène contenu dans le sang alors qu'il ne représente que 2 % du poids du corps !

Les particules fines sont l'élément le plus inquiétant à surveiller de la pollution de l'air car elles pénètrent dans tous les bâtiments qui ne seraient pas équipés de ventilation filtrée. En plus de sources intérieures de particules fines ou autres polluants, nous sommes exposés à un double phénomène d'infiltration et d'accumulation de la pollution extérieure à l'intérieur.

Pour mieux se rendre compte, le dessin page suivante donne l'échelle des tailles de particules ainsi que leur pénétration dans le corps humain.



La société NanoSense a révélé pour la première fois, lors des assises nationales de la qualité de l'air de 2018, une expression de la qualité de l'air via les effets physiologiques.

Cette solution intègre les polluants de l'Air (CO<sub>2</sub>, COV, PM, Ozone, NOx...) et les ambiances (température, humidité, intensité lumineuse, couleur de la lumière, bruit...) dans ses sondes pour générer différents indices physiologique. Ces indices intuitifs aident à la vulga-

**Echelle des tailles de Particules Fines (PMx) et pénétration dans le corps humain selon leur taille.**

Source : <https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/particules-air-effets-sante/>

**UNE SURVEILLANCE GLOBALE : ALLIER QAI ET AMBIANCES**

Alors comment surveiller au mieux la QAI à laquelle nous sommes exposés ? Le seul moyen d'appréciation efficace qui nous a été apporté par la technologie est la mesure, qu'elle soit ponctuelle (audits, diagnostics...), ou continue. La mesure en continu permet de mieux se rendre compte des variations rapides de la qualité de l'air et d'identifier des événements ou des actions liées à sa dégradation ou son amélioration.

Cette information a besoin d'être claire et compréhensible par tous sans connaissances spécifiques sur les types de polluants, les concentrations, les valeurs seuils et temps d'expositions associés.

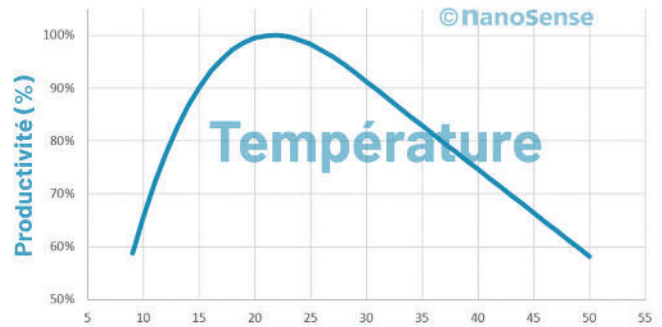
L'une des solutions permettant de rendre cette information intelligible est d'utiliser des indices ou indicateurs génériques (bon, moyen, mauvais) – comme l'indice européen de la qualité de l'air – qui permettent d'obtenir une vision simplifiée de la qualité de l'air.

Cependant, il est plus intuitif de visualiser directement les différents impacts que peuvent avoir sur notre organisme ces différents polluants.

risation de la qualité de l'air.

Cette société s'appuie sur des études académiques reconnues pour les effets de chaque polluant et des ambiances. Elle est transparente à ce sujet et fournit ses sources. Son savoir-faire est unique dans la conjugaison des impacts de chaque polluant ou ambiance sous forme d'effet cocktail.

**Productivité en fonction de la T°**



Source : <https://iaqscience.lbl.gov/temperature-and-office-work-performance>

Par exemple, la température, contributeur des fonctions cognitives et de la productivité utilisé dans l'algorithme SmartQAI®, est basé sur le graphique ci-dessus qui correspond à la moyenne de 25 études différentes.

ns © NanoSense	CO2	COVt	PM	T°	Humidité	NOX O3	Formaldéhydes Benzène	Radon	Bruit	Odeurs	Lumière
Cognitif / Productivité	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓
Santé		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		
Qualité du sommeil	✓	✓	✓	✓			✓		✓		✓
Confort Olfactif		✓				✓				✓	
Confort Thermique				✓	✓						
Confort Sonore									✓		
Confort air sec					✓						
Transmission Virus	✓			✓	✓						
Irritations des voies respiratoires			✓		✓	✓					
Allergies (moisissure, spores et acariens)				✓	✓						
Santé du bâtiment					✓						

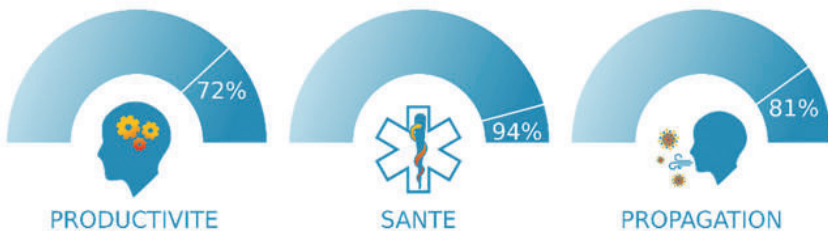
**Tableau des impacts physiologiques de la qualité de l'air sur le corps humain ou le bâtiment.**



**Sonde de qualité de l'air NanoSense EP5000 avec ses 12 mesures.**

C'est donc naturellement dans un souci de simplification et de sensibilisation que ces indices d'impact physiologiques sont utilisés.

(Suite au dos)



**Indices de représentation des impacts physiologiques de la qualité de l'air quantifiés en %.**

Il est possible de surveiller ces indices en continu mais également de piloter la ventilation sur la base de ces indices qui deviennent alors des consignes de productivité ou autre. Si par exemple l'environnement est bruyant et une pièce mal éclairée, l'impact sur la productivité de ces derniers contributeurs pourra être compensé par un apport d'air neuf supplémentaire.

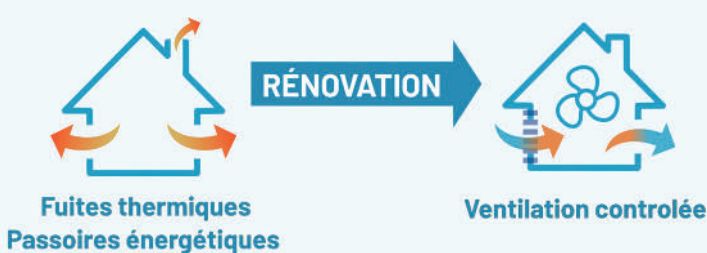
Aux gains de productivité et d'efficacité énergétique peuvent s'ajouter des gains sur l'impact psychologique grâce à une supervision de la qualité de l'air. Simplement afficher la qualité de l'air et assurer un air sain réduit le syndrome du bâtiment malsain que peuvent ressentir certains usagers du bâtiment, assurant ainsi une réduction de stress voire des plaintes et de l'absentéisme.

La surveillance de la qualité de l'air intérieur, au-delà de l'aspect sanitaire, apporte de nombreux avantages supplémentaires comme la vérification du bon fonctionnement des systèmes de ventilation ou de purification, une surveillance du taux d'occupation des locaux, l'identification d'évènements spécifiques (nettoyage, occupation illégale, ouverture de fenêtre...) ou d'odeurs. Le potentiel d'exploitation de ces données est incroyable et beaucoup reste encore à exploiter et valoriser.

### COMMENT AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ?

Ce qui place la qualité de l'air au premier plan dans la course vers un monde plus responsable, c'est son lien étroit avec l'efficacité énergétique des bâtiments, largement développé dans l'article précédent !

Une bonne ventilation est nécessaire pour renouveler l'air du bâtiment réduisant ainsi les taux de CO<sub>2</sub>, de COV et de particules fines endogènes, mais cette ventilation doit être filtrée pour limiter l'infiltration de particules fines exogènes. Il est nécessaire de contrôler à bon escient le renouvellement d'air pour minimiser la consommation énergétique. Plus un bâtiment est étanche à l'air, plus il va exposer ses occupants aux polluants endogènes.



**La qualité de l'air, vecteur de transition énergétique.**

La première étape est la mesure des polluants de l'air intérieur et les ambiances. Pour atteindre ces objectifs d'efficacité énergétique sans que ce soit au détriment des occupants, il est nécessaire d'ajuster le débit d'air neuf à la qualité de l'air intérieur et aux ambiances. C'est ce que l'on appelle la « Ventilation intelligente » ou « Ventilation à la demande ».



**Pilotage de la ventilation à l'aide d'une sonde EP5000.**

(Source NanoSense)

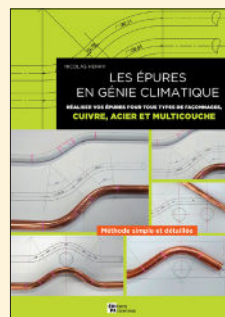
Avec ses sondes de qualité de l'air multi capteurs, la société NanoSense annonce une économie d'énergie de 74 % par rapport à une ventilation classique fonctionnant 24h sur 24. Une sacrée économie au-delà de la garantie d'un air sain et confortable, source d'une bonne qualité de vie au travail. Il est plus que nécessaire de contrôler l'invisible qui altère nos fonctions cognitives, notre santé, notre confort. « Celui qui gère votre bâtiment a un plus grand impact sur votre santé que votre médecin », Joseph Allen, Professor associé à l'Université de Harvard. ●

[www.librairietechnique.com](http://www.librairietechnique.com)

01 45 40 30 60

### LES ÉPURES EN GÉNIE CLIMATIQUE TOME 2

NICOLAS HENRY



Cet ouvrage est le tome 2 d'une série titrée « Les épures en génie climatique ». Son auteur, Nicolas Henry, chargé de projets au service technique du patrimoine chez les Compagnons du Devoir, nous emmène dans une passionnante (re)découverte du dessin technique.

**49€ TTC**

Hors frais de livraison

Frais de livraison*	
1 ouvrage	5 €
2 ouvrages	9 €
3 ouvrages	0,01 €

\* Offre valable en France métropolitaine uniquement. Pour toute autre destination, nous consulter.