

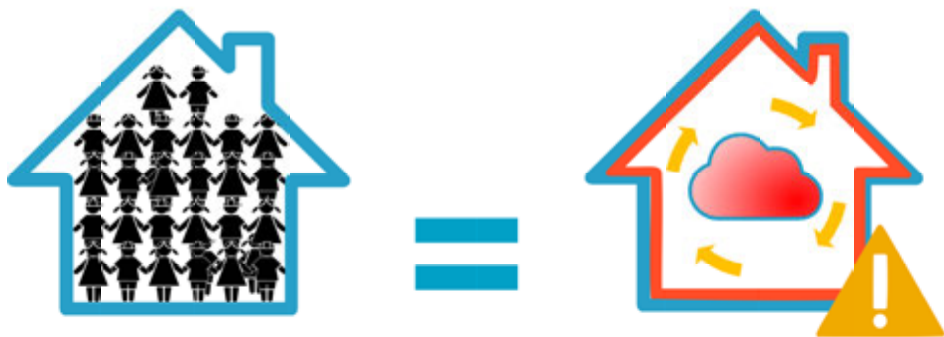


LE GUIDE NANOSENSE DE LA QAI POUR LES ECOLES

NOUVELLE REGLEMENTATION LOI GRENELLE II



Fort taux d'occupation = Risques Mauvaise Qualité de l'Air Intérieur



**Mauvaise Qualité de l'Air Intérieur
=
Capacités cognitives diminuées**

SOMMAIRE

Table des matières

QUI EST NANONSENSE ?	3
CADRE REGLEMENTAIRE	4
POURQUOI SURVEILLER LA QUALITE DE L'AIR ?.....	6
La restitution des données avec PandO ₂	8
UNE DE NOS SOLUTIONS : LA SOND E QAI E4000NG	9
ARCHITECTURES EVOLUTIVES	9
CONFIGURATION 1 : Sonde QAI avec indicateur d'aération	10
CONFIGURATION 2 : Sonde QAI avec détecteur de présence.....	10
CONFIGURATION 3 : Sonde QAI avec supervision WEB	11
CONFIGURATION 4 : Sonde QAI LoRaWAN sans passerelle	11
CONFIGURATION 5 : Sonde QAI avec contrôle de la ventilation.....	12
CONFIGURATION 6 : Sonde QAI avec contrôle de la ventilation et du chauffage.....	12
Tableau des avantages des différentes solutions proposées	13
ANNEXE :	13
Standard EnOcean	13
Standard LoRa	13
Accès:	15
Horaires:	15
Contact:	15



QUI EST NANOSENSE ?

NanoSense est une PME Francilienne investie depuis 2002 dans la **Qualité de l'Air Intérieur(QAI)**. Que ce soit pour la santé, le confort ou la productivité, la qualité de l'air ambiant joue un rôle prépondérant.

C'est pourquoi il est important de miser sur une gestion avancée de la ventilation des locaux. NanoSense conçoit et produit en France différentes sondes QAI Multi-capteurs (CO2, Composés Organiques Volatiles (COV), Température, Humidité, Particules fines (PM), Radon) avec des algorithmes de contrôle (de ventilation et de régulation thermique) et sont compatibles avec les principaux standards de communication des bâtiments résidentiels et tertiaires.

Certifiée ISO 9001, elle satisfait chaque jour ses clients avec des produits fiables, robustes, et d'utilisation aisée. En effet, les résultats du Challenge microcapteurs 2018 organisé par le AIRLAB (AirParif) attestent d'un sérieux métrologique inégalé pour 4 de ses produits.

La technologie NanoSense mise en œuvre pour la mesure des COV est la seule qui garantisse une durée de vie de plus de 10 ans sans recalibrage à un coût abordable, car la mise en œuvre de capteurs semi-conducteurs est à la base du savoir-faire de NanoSense.

NanoSense a également été sélectionné par l'UrbanLab (entité d'expérimentation de Paris&Co & la mairie de Paris) pour ses innovations en matière de représentation de la Qualité de l'Air et de son algorithme d'impact physiologique de la QAI.

Il est également à noter que le pilotage de la ventilation sur dépassement de seuils multi-polluants proposé par NanoSense améliore grandement l'efficacité énergétique du bâtiment en plus de la productivité, la santé et le confort de ses occupants.



CADRE REGLEMENTAIRE

Depuis le Décret 2011-1728 du 2 décembre 2011, les propriétaires et exploitants d'**Etablissements Recevant du Public (ERP)** doivent surveiller la qualité de l'air intérieur dans certains établissements. Ce dernier a été remplacé par les décrets 2012-14 et 2015-1926 ce qui a permis de simplifier le dispositif, et de reporter les dates d'entrée en vigueur comme suit :

- 1^{er} janvier 2018 pour les écoles maternelles, élémentaires ainsi que les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans.
- 1^{er} janvier 2020 pour les accueils de loisirs et les établissements d'enseignement collèges et lycées ou de formation professionnelle du second degré.
- 1^{er} janvier 2023 pour les autres établissements (structures sociales et médico-sociales, établissements pénitentiaires pour mineurs, établissements d'activités physiques et sportives couverts dans lesquels sont pratiquées des activités nautiques, ...).

Résumons le Décret: Le propriétaire, ou, si une convention le prévoit, l'exploitant de l'établissement est tenu de faire réaliser tous les 7 ans :

- Une évaluation des moyens d'aération (examen de la présence et de l'état de fonctionnement des moyens d'aération),
- Une campagne de mesures réglementaires des polluants par un laboratoire accrédité **sauf** pour les établissements qui ont mis en place des **dispositions particulières de prévention de la qualité de l'air intérieur**.

Au regard de l'activité du site, la personne responsable du site ou chargée de la maintenance, ou l'organisme mandaté (un organisme de contrôle ou la société de maintenance des éléments de ventilation par exemple) examine les bâtiments et évalue la présence et l'état de fonctionnement des moyens d'aération (ventilation mécanique, fenêtres ouvrantes).

Cette évaluation doit être planifiée ou initiée par les établissements concernés à la prochaine échéance du 1er janvier 2018 et consignée par écrit.

Astuce : une copie du contrat ou du compte-rendu de maintenance de la ventilation mécanique attestera du soin apporté au bon fonctionnement de ce matériel.

En l'absence de mise en place d'un programme d'actions de préventions, une surveillance de la qualité de l'air intérieur devra être réalisée tous les 7 ans par des organismes accrédités (COFRAC, INERIS, NF en ISO/CEI 17020/17025, ...) et tous les 2 ans en cas de dépassement des valeurs limites. Il faudra dans ce cas-ci informer le préfet et les parties prenantes (parents d'élèves...) et engager une expertise pour identifier les causes de pollution dans l'établissement et y remédier dans les mois suivants. Puis refaire les mesures réglementaires pour s'assurer que la remédiation est efficace.

A titre indicatif, dans le cadre d'une campagne pilote financée par le Ministère du Développement Durable (2011), les coûts moyens par établissement s'évaluaient à environ 3500€ (à renouveler tous les 7 ans). Durant cette campagne menée sur 300 écoles et crèches, les principaux résultats de ces établissements se sont révélés insatisfaisants : ces résultats ne sont pas étonnants au regard du parc immobilier existant. En effet les collectivités territoriales ont souvent privilégié l'isolation thermique (fenêtre double vitrage) d'un patrimoine ancien ainsi que les pertes par fuite d'air incontrôlé au détriment de la QAI.

Par ce décret, le législateur s'est focalisé sur les COV cancérigènes les plus couramment rencontrés : Formaldéhyde, Benzène et Tétrachloroéthylène, mais il s'est également préoccupé du Dioxyde de Carbone que nous expirons et qui affecte les fonctions cognitives. On s'étonnera de l'absence de réglementation sur les particules fines (PM ; Particulate Matter en anglais) qui sont responsables de plus

de **42 000 morts** prématurées par an en France. On trouve du formaldéhyde dans le bois (naturel) mais surtout dans les colles (bois agglomérés) et on trouve du benzène dans certains plastiques et dans les vapeurs d'essence (remplaçant du plomb).

Les concentrations du décret en vigueur sont les suivantes :

Substances	Valeur-guide**	Valeur-limite***
Formaldéhyde	30 µg/m ³	100 µg/m ³
Benzène	2 µg/m ³	10 µg/m ³
Dioxyde de Carbone	-	Indice de confinement de niveau 5*
Tétrachloroéthylène	-	1250 µg/m ³

*Un indice de confinement (échelle de 0 à 5) de 5 correspond à des pics de concentration en CO₂ élevés supérieurs à 4000 ppm (partie par million) et à des valeurs moyennes pendant l'occupation supérieures à 2000 ppm.

**Valeur-guide : niveau de concentration de polluants recommandé pour protéger la santé des personnes.

***Valeur-limite : au-delà, des investigations complémentaires doivent être menées et le Préfet informé.

****µg/m³: microgramme par mètre cube.

Dans les établissements, le personnel doit s'engager à réduire l'exposition aux principales sources de pollution de l'air intérieur (produits désodorisants : encens, bougies, diffuseurs, produits d'entretien, jouets, meubles...), en travaillant en particulier sur l'information et l'étiquetage de ces produits.

Pour rappel, d'après l'article 64.1 du Règlement Sanitaire Départemental, les débits minimums à respecter dans les locaux d'enseignement (classes, salles d'étude laboratoires) sont les suivants :

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (en m ³ /h)
Maternelles, primaires et secondaires du 1^{er} cycle	15
Secondaires du 2nd cycle et universitaire	18

Pour une classe de 25 élèves en primaire, il faudrait renouveler l'air d'une salle de classe au rythme de 375 m³/h alors que pour un même nombre d'élèves dans un lycée il faudrait 450 m³/h.

Ces débits théoriques sont conséquents et une modulation de la ventilation en fonction des besoins serait plus sobre sur le plan énergétique tout en respectant le seuil de CO₂ de 13000 ppm du Règlement Sanitaire Départemental. Cette modulation du débit de ventilation est assurée par une sonde QAI.

POURQUOI SURVEILLER LA QUALITE DE L'AIR ?

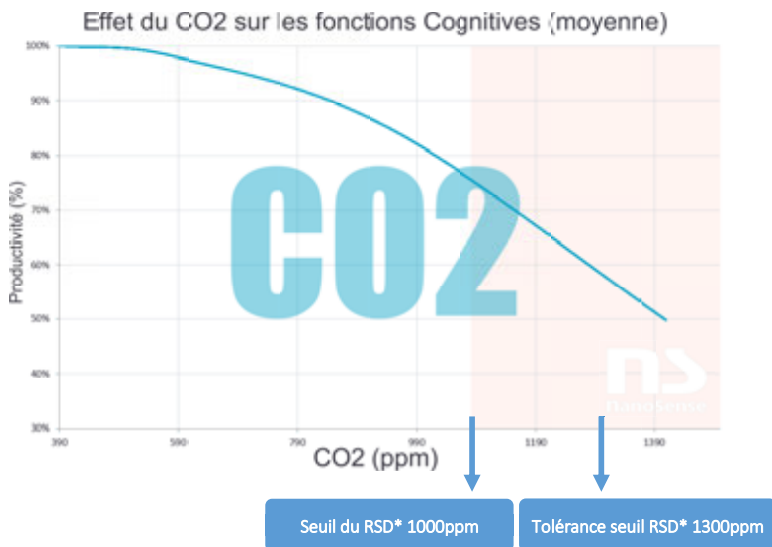
Nous passons près de 90% de notre temps dans des espaces clos, il faut donc que l'air contenu dans ces espaces soit sain. Mais un air sain, c'est quoi, et quelles sont les conséquences s'il ne l'est pas ?

Une mauvaise qualité de l'air peut entrainer des problèmes de santé à court terme tels que :

- maux de tête, problèmes de concentration, difficultés à mémoriser
- nausées,
- irritation des yeux, du nez, de la gorge ou même de la peau,
- toux, déclenchement de crise d'asthme (principale cause d'absentéisme à l'école),
- épuisement, étourdissement,
- pathologies du système respiratoire,
- fatigue, ...

Une exposition long terme à de faibles concentrations de Formaldéhyde ou de Benzène augmente considérablement le risque de cancers. Les particules fines (PM2.5) par exemple entrent directement dans le sang via les alvéoles pulmonaires et affectent la santé (42 000 mort/an en France d'après la Commission Européenne). Mais elles affectent également immédiatement les fonctions cognitives.

L'impact du Dioxyde de Carbone (CO₂ expiré) sur les fonctions cognitives est connu depuis longtemps. Il a été quantifié par le NIH (National Institute of Environmental Health Science) aux Etas Unis en 2015 pour différentes activités intellectuelles ce qui correspond aux graphiques suivants :



Le cerveau, même s'il ne représente que 2% du poids de notre corps, consomme à lui seul 20% de l'oxygène de l'air respiré via le flux sanguin.

*RSD: Règlement Sanitaire Départemental

Tous les éléments absorbés par respiration sont véhiculés par le sang pour nourrir principalement notre cerveau. C'est pour cette raison que la mauvaise qualité de l'air altère les fonctions cognitives et la productivité.

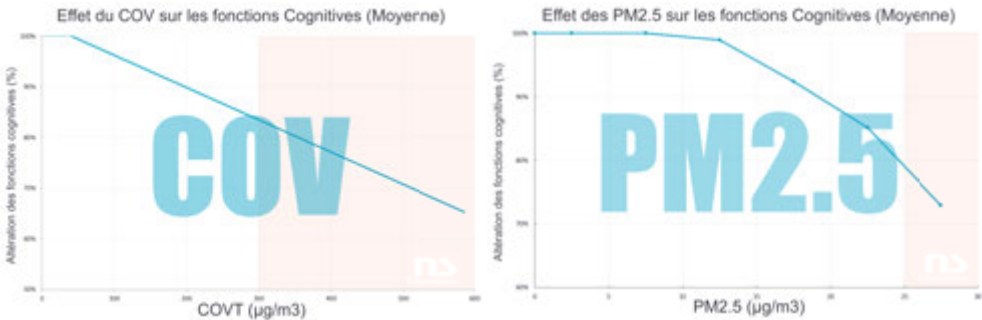
Par exemple, une concentration de 1300 ppm de CO2, c'est-à-dire le seuil règlementaire sanitaire départemental pour une salle de classe, correspond déjà à une réduction des fonctions cognitives de plus de 40%. Quand on sait que dans une salle de classe sans ventilation mécanique contrôlée on arrive couramment à **plus de 3000 ppm** après une heure de cours, on ne peut pas s'attendre de la part des élèves à des résultats optimums.

Si le CO2 n'a pas d'impact sanitaire (sauf à atteindre des taux extrêmement élevés), les COV et les particules fines (PM) affectent également les fonctions cognitives mais surtout la santé.

Le tableau ci-dessous résume les effets sur le corps humain (impacts physiologiques) des différents polluants et contributeurs de la QAI :

	CO2	COVt	PM	Formaldéhyde, Benzène	Radon	Bruit	Odeurs	T°	HR	NOX O3
Cognitif / Productivité	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
Santé		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Qualité du sommeil	✓	✓	✓			✓		✓		
Confort Olfactif		✓					✓			✓
Confort Thermique								✓		
Confort Sonore						✓				
Confort air sec									✓	
Irritations			✓						✓	✓
Développement de moisissure, de spores et d'acariens									✓	
*HR : Humidité Relative										

Comme le montre le tableau, le CO2 n'est pas le seul polluant qui impacte les fonctions cognitives. Il est donc tout aussi important de surveiller ces derniers. Ci-dessous, les courbes des PM2.5 & COVT :



La restitution des données avec PandO₂

En collaboration avec NanoSense, PandO₂ a développé une application permettant la supervision et la restitution en temps réel des mesures effectuées par des capteurs de qualité de l'air intérieur et l'accès à l'ensemble des paramètres de qualité de l'air extérieur (indices et prévisions, concentration en polluants, météo, suivi des concentrations de 4 principaux taxons de pollens, bulletin d'information et d'alertes des AASQAs* et des capteurs de qualité de l'air extérieur), afin de pouvoir envoyer automatiquement des consignes de confinement en cas d'alerte particules par exemple. L'application sera également capable de restituer les mesures fournies par des sondes de qualité de l'air extérieur en complément des informations suivies par les AASQAs.



Cette application web s'inscrit dans le dispositif de prévention de la qualité de l'air et permet d'appréhender, anticiper et réduire les effets de la pollution atmosphérique et intérieure. Les collectivités territoriales disposent ainsi d'une solution logicielle permettant une supervision multi-établissements automatisée et la diffusion d'informations au niveau des équipes éducatives, faisant de ces derniers des acteurs éclairés de la qualité de l'air.



Les fonctionnalités de l'application Pando2 incluent notamment la possibilité de générer des rapports synthétiques de la qualité de l'air intérieur et de fournir des recommandations concrètes aux chefs d'établissement, enseignants et encadrants. Enfin, la gestion des taux d'occupation prévisionnels des salles de classe sur la base de plannings hebdomadaires permet d'automatiser le calcul de l'indice de confinement (ICONE) comme le préconise la réglementation.

L'application prévoit également une possibilité de personnalisation de l'interface.

* Associations Agréées Surveillance Qualité de l'Air - AASQA

UNE DE NOS SOLUTIONS : LA SONDE QAI E4000NG

La solution de la société NanoSense pour des mesures en temps réel et un contrôle de la QAI sur le long terme est la sonde E4000NG. C'est une sonde murale qui mesure le taux de **CO2**, **les COV totaux**, **l'humidité relative et absolue ainsi que la température**. Elle peut contrôler les systèmes de ventilation (voire de chauffage et de climatisation).

Cette sonde a une durée de vie supérieure à 10 ans sans maintenance.

Cette solution, conformément aux dispositions des décrets 2012-14 et 2015-1926, permet d'éviter des campagnes réglementaires de mesure des polluants car elle assurera un air sain tout au long de l'année dans les salles de classe.

Grace à l'utilisation de cette sonde QAI, le risque de dépassement des valeurs réglementaires est minimisé, en cas de campagne de mesure réglementaire.



Cette sonde a remporté le grand concours international "Challenge Microcapteurs 2018" organisé par le AIRLAB, une émanation d'AirParif, soutenu par le CSTB et l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dont les résultats sont disponibles à l'adresse suivante:

<http://www.airlab.solutions/fr/actualites/challenge-microcapteurs-2018-annonce-des-r%C3%A9sultats>

En l'absence de norme pour les sondes QAI, la seule référence est actuellement le résultat de ce challenge. Outre la qualité métrologique de cette sonde c'est grâce à son caractère modulaire et évolutif que ce produit révèle toute sa valeur.

Cette sonde peut être couplée facilement à une sonde de particules fines dénommée P4000 (PM10, PM2.5 & PM1) pour fournir les données concaténées des deux sondes.

ARCHITECTURES EVOLUTIVES

NanoSense propose ci-après quelques architectures évolutives à partir d'une version de base :

Polluants au choix

Moyens de restitutions et
d'actions variés et évolutifs

Solutions adaptées à différents
besoins et écosystèmes

Pilotage de la ventilation
intégré

CONFIGURATION 1 : Sonde QAI avec indicateur d'aération

Cette configuration de base est constituée d'une sonde E4000NG munie d'un avertisseur lumineux. Elle activera les LEDs en fonction des concentrations de CO2, des COV totaux et de l'humidité. Installée au fond de la classe, en vue directe de l'enseignant, si la LED orange ou rouge s'allume, l'enseignant pourra entrouvrir les fenêtres pour aérer de façon « naturelle ».



- Mesures CO2, (COV optionnel), T° & RH
- LEDs d'alarme (CO2, COV et RH)

Cette première configuration, disponible en CO2 et/ou COV, répond à la réglementation pour un budget minimum. C'est aussi un outil pédagogique de sensibilisation permettant aux enseignants voire aux élèves de devenir acteurs de leur environnement intérieur. Cette version de base peut évoluer sans surcout vers une solution de contrôle de la ventilation si une VMC ou une VMI est installée ultérieurement.

CONFIGURATION 2 : Sonde QAI avec détecteur de présence

Cette version permet en plus de la configuration précédente de calculer **le taux de confinement réglementaire** ce qui nécessite de tenir compte de l'occupation de la salle de classe. Des capteurs de présence sont installés au plafond et alimentés par la lumière ambiante (solaire intérieur). Ils communiquent avec la sonde QAI par radio de façon intermittente (standard EnOcean, compatible petite enfance). Il faut compter 4 sondes de présence pour couvrir entièrement une salle de classe mais on peut également n'en poser qu'une seule (moindre coût) pour ne couvrir que le premier rang. Dans cette configuration le critère d'activation des LEDs sur CO2 est basé sur le taux de confinement réglementaire.

Capteur de Présence



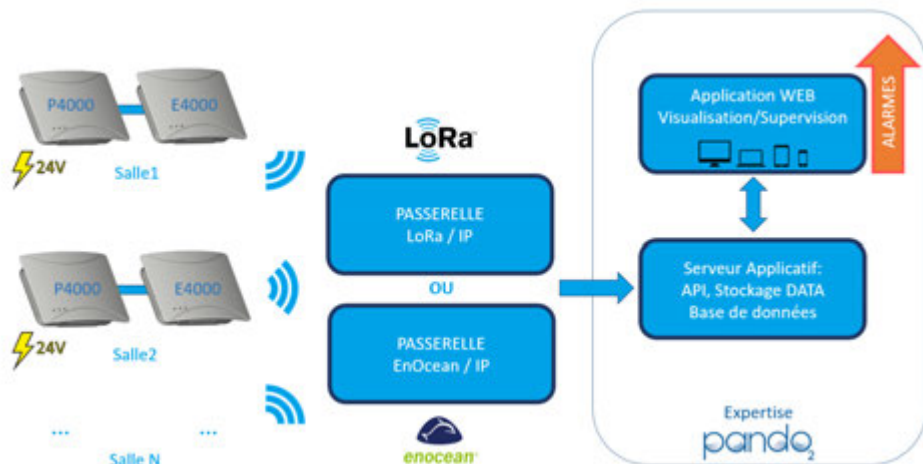
- Mesures T°, CO2, COV, RH
- Indice ICONE de confinement calculé à bord
- LEDs d'alarme (confinement CO2, COV ou RH)

CONFIGURATION 3 : Sonde QAI avec supervision WEB

Basée sur la configuration 1, les sondes de plusieurs salles de classes envoient les mesures par radio (standard EnOcean ou LoRa) à une passerelle (EnOcean/IP ou LoRa/IP) puis vers un serveur applicatif (Cloud Local ou distant). Les horaires des heures de cours renseignés dans la supervision permettent de s'affranchir des capteurs de présence pour le calcul de l'indice ICONe.

L'historique est accessible via un affichage web depuis un ordinateur, une tablette ou un smartphone. Des rapports de synthèse en PDF peuvent être publiés régulièrement de façon automatique et les données exportées. Il est également possible d'envoyer des alertes temps réel par email ou SMS.

L'affichage peut être traditionnel (concentration) et/ou réglementaire (indice de confinement) et/ou par effets physiologiques; données compréhensibles et accessibles pour tous. L'ensemble des paramètres de Qualité de l'Air Extérieur sont également accessibles, notamment pour orienter les activités sportives.



La supervision peut aussi se faire via la GTB (Gestion Technique du Bâtiment) ou intégrer une supervision existante du bâtiment s'il en existe une.

CONFIGURATION 4 : Sonde QAI LoRaWAN sans passerelle

Cette configuration est dérivée des solutions 1 ou 3. La sonde QAI dispose d'un module radio LoRaWAN intégré. La sonde communique via le réseau d'un opérateur (Objenious, Orange, etc...) ou privé LoRaWAN. Cette solution permet de s'affranchir des réseaux internet locaux afin de garantir leur intégrité et faciliter le déploiement.



L'accès aux données peut se faire via les plateformes des opérateurs (configuration 3 sans passerelles) et/ou via notre partenaire PandO2 qui propose des services de supervision adaptés aux collectivités territoriales.

CONFIGURATION 5 : Sonde QAI avec contrôle de la ventilation

Cette fois-ci on utilise les configurations précédentes pour en plus réguler intelligemment la ventilation des salles de classe en fonction des besoins.

Registre Ventilation



Actionneur



enocean



- Mesures T°, CO2, COV, RH
- Contrôle de la ventilation

CONFIGURATION 6 : Sonde QAI avec contrôle de la ventilation et du chauffage

Ici, on utilise les configurations précédentes pour réguler intelligemment la ventilation et le chauffage. Des sondes d'ouverture des fenêtres permettent de couper la ventilation et/ou le chauffage en cas d'ouverture. Cette disposition est celle qui permet le plus d'économie d'énergie.

Les têtes thermostatiques des radiateurs à eau chaude sont remplacées par des vannes radio sans pile et sans fil. En cas d'absence et/ou la nuit la température de consigne est abaissée.

Fonctionne également avec des radiateurs électriques ou une climatisation.

Vannes de Chauffage ou climatisation



enocean



- Mesures T°, CO2, COV, RH
- Fonctions de contrôle



enocean



enocean

Capteurs d'ouvertures et
de présence optionnels



Registre Ventilation



Actionneur EnOcean

Tableau des avantages des différentes solutions proposées

Configuration	Santé	Confort thermique	Economies d'énergie	Affichage / Supervision	Sensibilisation des enseignants	Conformité Réglementation
1	++	-	-	+	++	✓
2	+++	-	-	+	++	✓
3	+++	-	-	+++	++++	✓
4	++	-	-	+++	++++	✓
5	++++	++	≈ 15%*	+++	++++	✓
6	++++	+++++	≈ 30%*	+++	+++++	✓

*sur bâtiment ancien avec vannes thermostatiques

ANNEXE :

Standard EnOcean

Etonnamment, un interrupteur traditionnel émet des ondes radio. En effet, l'étincelle au moment du contact (invisible car à l'intérieur du boîtier) génère des parasites radio. Une sonde radio EnOcean émet cent fois moins d'ondes que l'étincelle d'un interrupteur traditionnel ce qui rend la technologie EnOcean totalement compatible avec les établissements de la petite enfance. Les niveaux sont en effet des milliers de fois inférieurs à ceux du WiFi.

Le standard EnOcean est connu comme étant le standard sans pile et sans fil des bâtiments intelligents. Tous les équipements EnOcean sont compatibles entre eux, quel que soit le fabricant (il en existe plusieurs centaines).



Standard LoRa

La puissance d'émission en LoRa est analogue à celle du EnOcean et ce protocole radio convient donc tout aussi parfaitement à des établissements scolaires et de petite enfance.

Le standard LoRa comprend un cryptage des données de haut niveau le rendant inviolable.

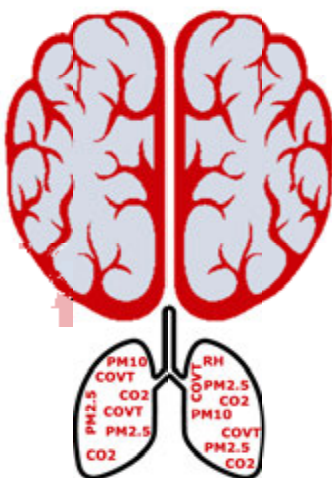
La technologie d'étalement du spectre radio permet une portée de plusieurs kilomètres en ville et un réseau LoRa privé peut être déployé à moindre frais dans une ville ou un village. Ce réseau peut ensuite être également utilisé pour le Smart City et l'IOT : conteneurs de verre, poubelles, stationnement.



Productivité - Santé - Confort - Efficacité énergétique



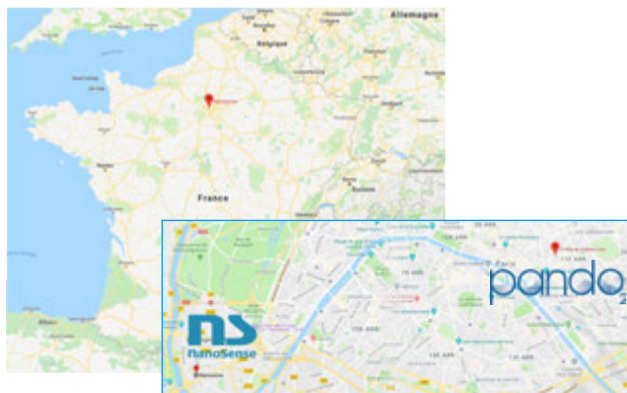
La Qualité de l'Air Maîtrisée



**Mauvaise Qualité de l'Air Intérieur
=
Capacités cognitives diminuées**

NanoSense

- La maîtrise de la Qualité de l'Air -



123 rue de Bellevue
92100 Boulogne Billancourt FRANCE

Accès:



Métro 9: Pont de Sèvres



T2: Musée de Sèvres

Horaires:

Lundi-Vendredi: 9h-12h / 13h-18h

Contact:



Téléphone: 01 41 41 00 02



Site Web: www.nano-sense.com



Mail: infos@nano-sense.com



27 Rue du Chemin Vert, 75011 Paris



Téléphone: 06 64 33 20 45



Site Web: www.pando2.com



Mail: contact@pando2.com