



Eisa
MOUTET

*Responsable d'étude ville durable et
urbanisme*

(Cerema, Direction Territoriale Normandie-
Centre)



URBANISME FAVORABLE A LA SANTE

INTÉGRER LA QUALITÉ DE L'AIR DANS UNE APPROCHE GLOBALE

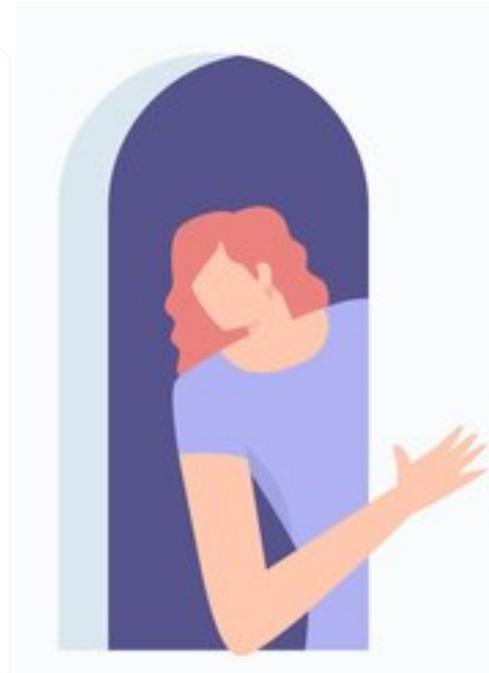
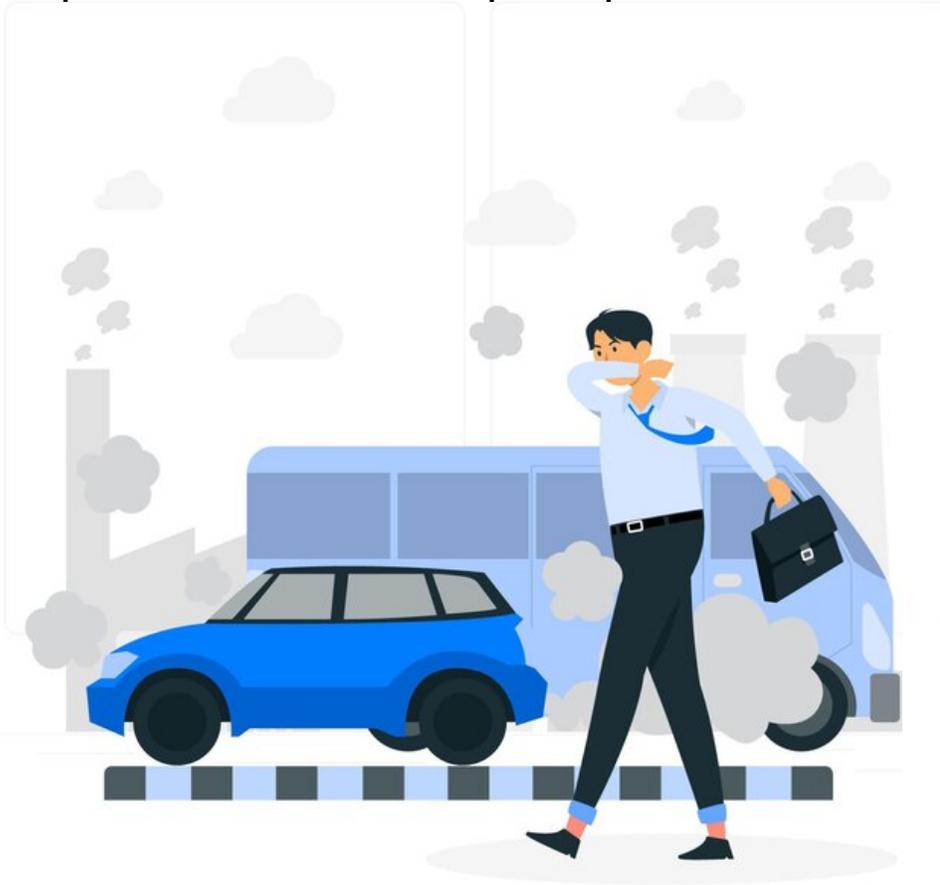
CTT Qualité de l'air intérieur /
extérieur

19/11/2
024

Elsa MOUTET
elsa.moutet@cerem
a.fr

LA QUALITÉ DE L'AIR COMME ENJEU DE SANTÉ PUBLIQUE

40 000 décès prématurés liés aux particules par an, selon Santé publique France



¾ des polluants extérieurs pénètrent à l'intérieur des bâtiments



Concentration de CO₂ et autres molécules liées aux humains, matériaux, produits de nettoyage

LES EFFETS SANITAIRES « COLLATÉRAUX »



L'allongement des distances

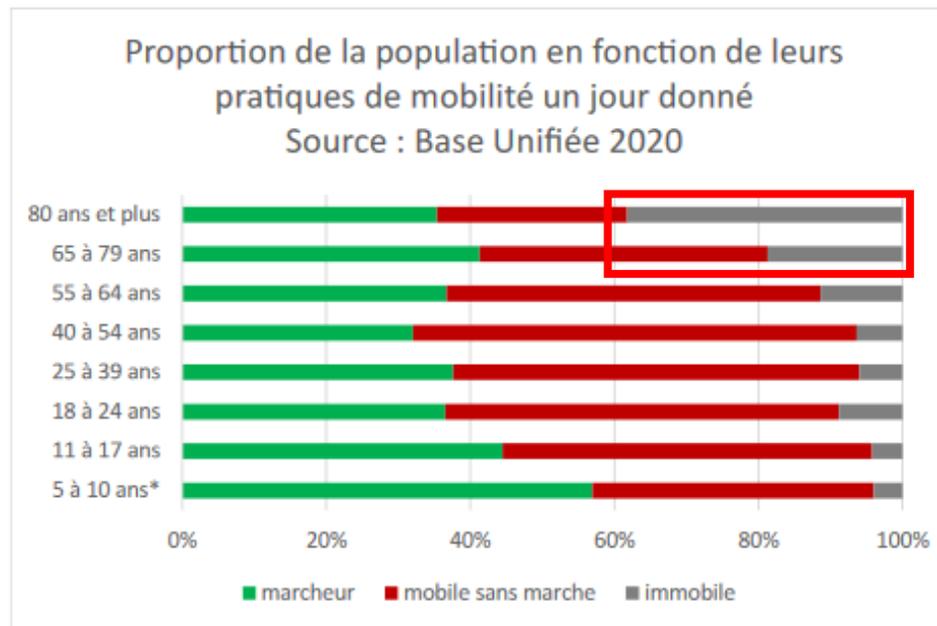
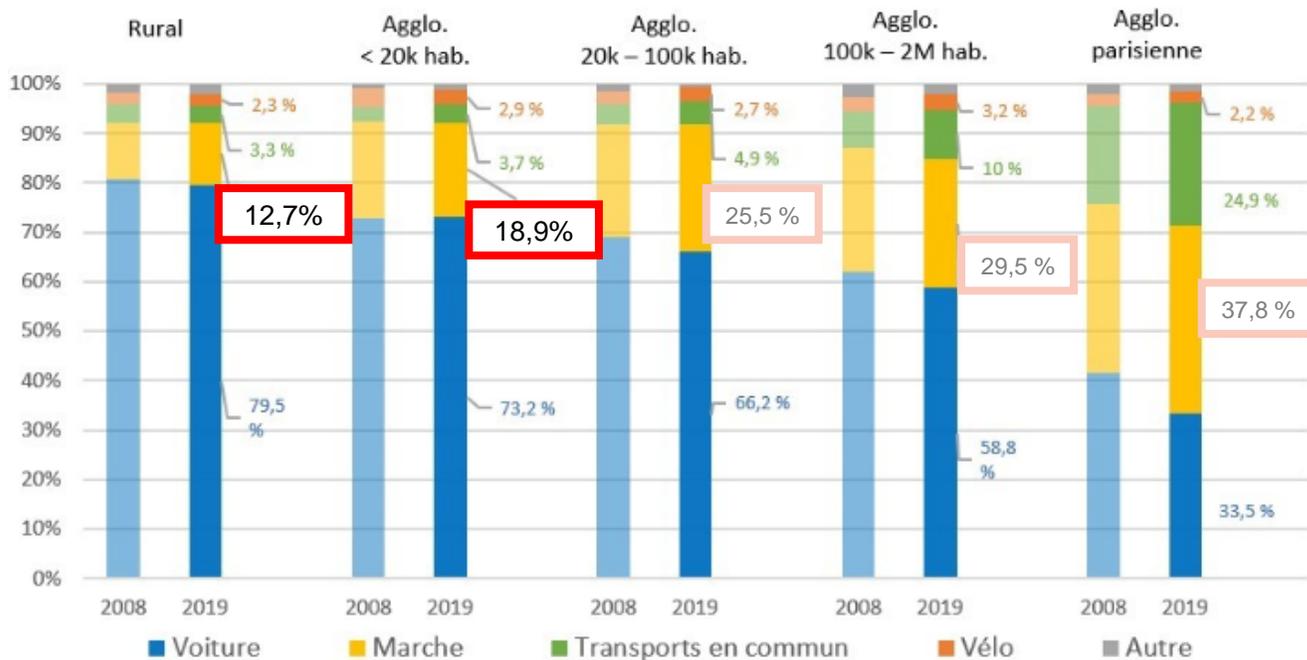


La sédentarisation



La minéralisation

LES INÉGALITÉS DE SANTÉ : EXEMPLE DE LA MARCHÉ



Part modale en fonction du mode de déplacement en France

(EMD 2019 – d'après la formation « Favoriser la marche en ville », C. Bousage, Cerema)

En encadré rouge, la part de la marche en milieu rural et dans les villes de moins de 20 000 habitants

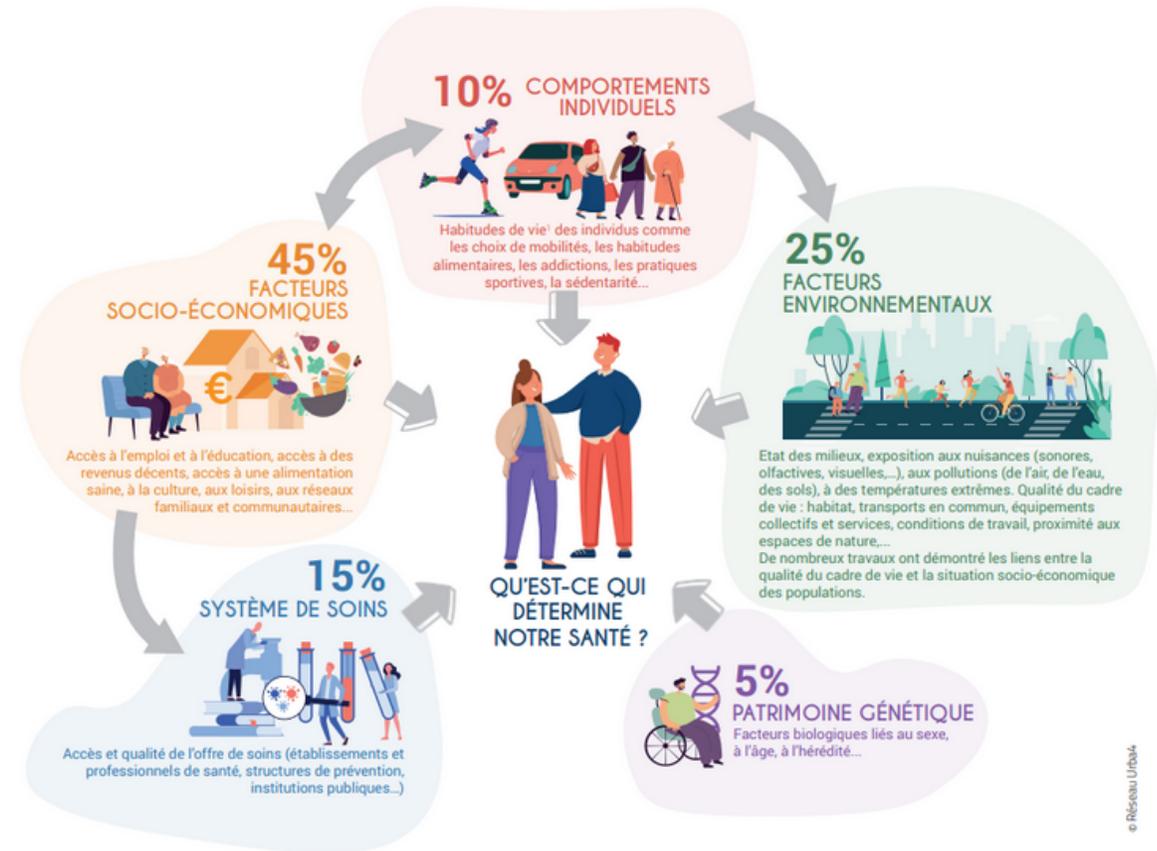
* : les informations sur les 5/10 ans ne sont disponibles que sur une partie des territoires de la Base Unifiée

Source : C. Bousage, Cerema

LA SANTÉ : UN ENJEU MULTIFACTORIEL

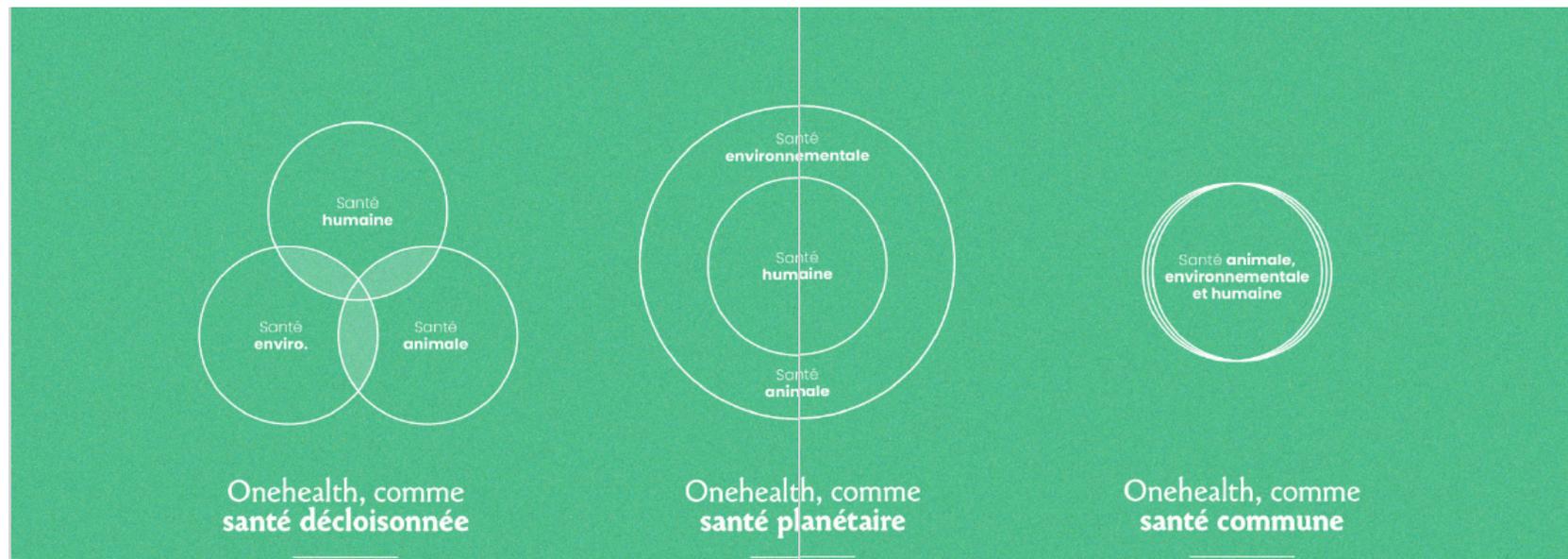
L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) définit la santé comme « **un état de complet bien-être physique, mental et social**, [qui] ne consiste pas seulement en une **absence de maladie ou d'infirmité** » .

La santé est ainsi prise en compte dans sa **globalité**. Elle est associée à la notion de bien-être.



Sources : Représentation de Lalonde / Synthèse des travaux Barton et al., 2015 ; OMS, 2010 ; Cantoreggi N, et al. 2010- Pondération des déterminants de la santé en Suisse, université de Genève ; Los Angeles County Department of Public Health, 2013 : How Social and Economic Factors Affect Health

APPROCHE « ONE HEALTH »



Source : Ooonehealth, *une seule santé, plusieurs mondes* (sinonvirgule, 2024)

UFS ET ACTION DU CEREMA



Rôle du Cerema :

- Apporter une expertise en aménagement, mobilité, environnement et risques au service de l'amélioration de la santé publique.
- Traiter le sujet de l'adaptation au changement climatique comme un enjeu de santé publique.



Lucas MONTBULEAU —
GENTELET

*Chargé d'études trafic, déplacements, qualité de
l'air*

(Cerema, Direction Territoriale Normandie-
Centre)



QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

ENJEUX ET CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

CTT Qualité de l'air intérieur /
extérieur

19/11/2
024

Lucas MONTBULEAU—
GENTELET

(Cerema Normandie Centre)

LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Deux sources principales :

- **Naturelle** : feux de forêts, éruptions volcaniques ...
- **Anthropique** : transports, chauffage résidentiel, industrie, agriculture ...

Notions d'**émissions** et de **concentrations**.



LA POLLUTION DE L'AIR : UN ENJEU SANITAIRE

Pénétration des polluants dans l'organisme (voies respiratoires), puis **diffusion** dans l'organisme (organes, poumons, sang ...) provoquant diverses réactions (inflammatoires, diffusion de molécules toxiques ...).

Les **impacts nocifs** sur la santé dépendent de :

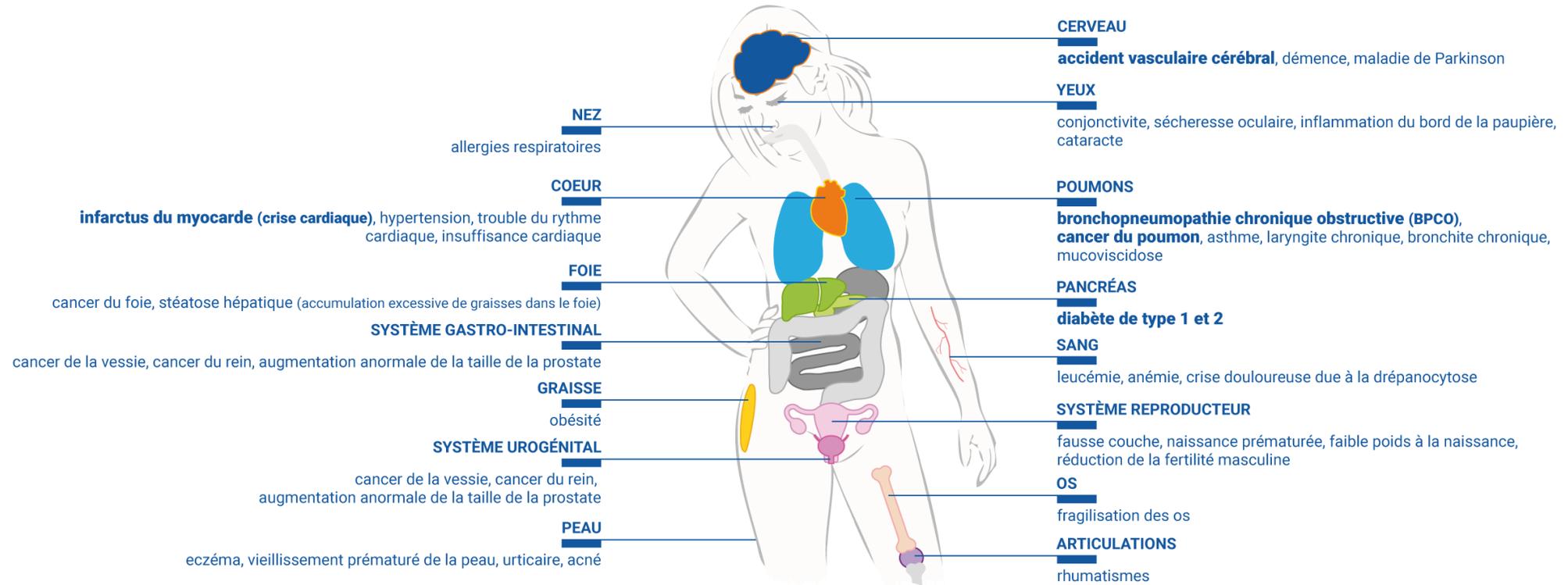
- La durée d'exposition (**aigue vs chronique**)
- Des polluants (pénétration plus ou moins profonde ...)
- Des facteurs individuels (âge, sexe, état de santé ...)

Londres (1952) Great Smog



Principaux impacts de la pollution de l'air sur la santé humaine

L'exposition à la pollution de l'air augmente les risques de contracter ou d'aggraver les pathologies suivantes :



IMPACTS GLOBAUX

perte d'espérance de vie et décès prématurés
maladies invalidantes

PLUS IMPORTANTS SUR LES PERSONNES

très jeunes ou âgées
victimes d'une maladie chronique
appartenant aux classes sociales les plus pauvres
subissant des prédispositions génétiques

PRINCIPAUX POLLUANTS PROBLÉMATIQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

particules (dont particules fines et ultrafines)
dioxyde d'azote
ozone de basse altitude
dioxyde de soufre
monoxyde de carbone

CONTEXTE MONDIAL

Constat à l'échelle mondiale :

- Pollution atmosphérique **≡ un des plus grands risques environnementaux** pour la santé
- **99%** de la population mondiale vit dans des endroits où les seuils préconisés par l'OMS ne sont pas respectés
- **4,2 millions** de décès prématurés
- **89%** de ces décès surviennent dans des pays à **revenus faibles ou intermédiaires**



↳ **Fardeau sanitaire** titanesque et **injustice sanitaire/environnementale** latente

Source : OMS, 2019

CONTEXTE MONDIAL



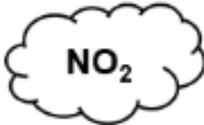
Lignes directrices mondiales de l'OMS

- Normes **2005** → impact significatif sur les politiques de lutte à l'échelle mondiale
- Depuis, les **preuves et constats scientifiques** se sont étoffés.

↳ « **There is no safe level of air pollution** »

↳ **Nouvelles normes 2021**

Qualité de l'air : normes européennes/ recommandations OMS 2021
En valeur moyenne annuelle

	EUROPE (OMS 2005)		OMS - 2021
	40 µg/m ³	➤ ⊕ 4	10 µg/m ³
	40 µg/m ³	➤ ⊕ 2,7	15 µg/m ³
	25 µg/m ³	➤ ⊕ 5	5 µg/m ³

Source : Lignes directrices de l'OMS sur la qualité de l'air

CONTEXTE EUROPÉEN



- **300 000** décès prématurés par an
- Plus de **80% des Européens** sont exposés à des niveaux de particules supérieurs à ceux **préconisés** par les lignes directrices sur la qualité de l'air émises par l'OMS
- Objectif zéro pollution d'ici 2050
- Octobre 2024 : **adoption définitive d'une révision de la directive qualité de l'air (2008/EC/50)**
 - Augmentation des points d'échantillonnage ;
 - Meilleure protection des citoyens (information, indemnisation) ;
 - **Normes plus strictes** à respecter à horizon 2030 ;
 - Les états membres ont 2 ans pour la transposer dans leur droit national.

Sources : Agence Européenne de l'Environnement, 2021, Conseil de l'UE

CONTEXTE EUROPÉEN

Polluant	Périodicité	Type de norme	Norme en vigueur		Norme révisée adoptée pour 2030	Dépassements autorisés	Valeurs guides de l'OMS (2021)
PM _{2,5}	Annuelle	Valeur limite	25 µg/m ³	↘	10 µg/m ³	-	5 µg/m ³
	24h	Valeur limite	<i>pas de norme</i>	↓	25 µg/m ³	18 fois/an	15 µg/m ³
PM ₁₀	Annuelle	Valeur limite	40 µg/m ³	↘	20 µg/m ³	-	15 µg/m ³
	24h	Valeur limite	50 µg/m ³	↘	45 µg/m ³	18 fois/an	45 µg/m ³
O ₃	Moy. jour. max. sur 8h	Valeur cible	120 µg/m ³	→	120 µg/m ³	18 j/an (moy. sur 3 ans)	100 µg/m ³
	Moy. jour. max. sur 8h	Objectif à long terme	120 µg/m ³	↘	100 µg/m ³ **	3 j./an	
NO ₂	Annuelle	Valeur limite	40 µg/m ³	↘	20 µg/m ³	-	10 µg/m ³
	24h	Valeur limite	<i>pas de norme</i>	↓	50 µg/m ³	18 fois/an	25 µg/m ³
	1h	Valeur limite	200 µg/m ³	→	200 µg/m ³	3 fois/an	-

Les nouvelles normes de qualité de l'air pour la protection de la santé humaine fixées par la nouvelle directive révisant la directive 2008/50/CE et comparaison avec les valeurs guides de l'OMS (2021), CITEPA

CONTEXTE FRANÇAIS



- **Loi « LAURE » n°96-1236 de 1996** : « droit de chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé »
- **Code de l'Environnement** (articles L220-1 et suivants) : surveillance sur l'ensemble du territoire, objectifs d'éviter, de prévenir et de réduire les effets nocifs de la PA.
- Normes et seuils français : découlent des directives européennes (2008/EC/50).

Documents cadres et de planification :

- Plan de Réduction des Polluants Atmosphériques - PREPA (échelle nationale),
- Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires - SRADDET (échelle régionale),
- Plan de Protection de l'Atmosphère - PPA, Plan climat air énergie territorial - PCAET (échelle intercommunale et communale) ...

Le contentieux du droit à un air sain ...

Amélioration constante de la qualité de l'air en France. MAIS : dépassement réguliers des normes pour certains polluants toujours observés :

- Au moins 40 000 décès prématurés par an en France (Santé publique France, 2021)
- Coût économique : 100 milliard d'euros (Sénat, 2015)
- Autres conséquences ? (environnementales ...)

LE RÔLE DU CEREMA



Rôle en ce qui concerne la qualité de l'air extérieur

- **Quelle expertise ?**

Environnement, risques, infrastructures, climat, énergie → **accompagnement de collectivités** et travail auprès de divers acteurs.

- **Quel historique ?**

Historiquement : lien avec **mobilités et les infrastructures routières**.

Récemment : lien avec **transport maritime et fluvial, l'aménagement et l'urbanisme**.

- **Quelle offre de service ?**

Actions **opérationnelles, méthodologiques** et de **conseil** relatives à la qualité de l'air extérieur : missions d'innovation, rédaction de guides, formations, études, mesures ...

LE RÔLE DU CEREMA

Focus sur l'essentiel qualité de l'air:

Durcissement des normes à venir

↳ Enjeux d'action et d'anticipation des collectivités.

Comment les collectivités peuvent-elles s'emparer du sujet ?

- 1) **Connaissance** de la qualité de l'air sur leur territoire ;
- 2) **Planification** et organisation du territoire en intégrant la qualité de l'air et la santé.
- 3) Structuration d'une **gouvernance** en faveur de la qualité de l'air.
- 4) **Sensibilisation**, mobilisation et association.

Des financements sont mobilisables : fonds verts, Ademe ...



Des acteurs aussi : AASQA locales, Cerema ...



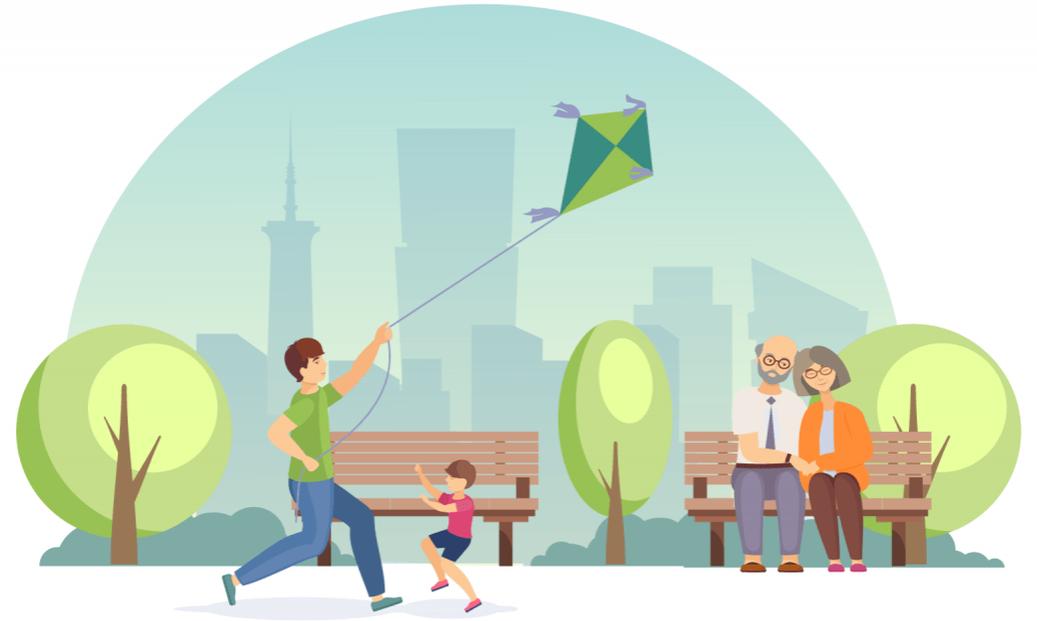
LE RÔLE DU CEREMA

Le programme Air, présentation :

- **Le contexte ?** Depuis 2021, condamnation de l'Etat à verser plusieurs astreintes, pour non-respect des valeurs limites.

enveloppes financières versées au Cerema

- **La mission ?** Mise en œuvre de deux programmes d'actions en faveur de la qualité de l'air :
 - **Capitaliser** sur les travaux déjà menés
 - **Accompagner** les territoires au plus près de leurs besoins
 - **Animer** des réseaux techniques localement pour **sensibiliser** et **diffuser** les connaissances



LE RÔLE DU CEREMA

Le programme Air, exemples :

Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour la mise en place de ZFE-m

Tours Métropole
Caen la mer



Organisation de Conférences Techniques Territoriales sur la qualité de l'air

Région Normandie et Centre Val de Loire
Partenariale, à destination des
collectivités



CONCLUSION

- Sur cette thématique, le Cerema reste à **l'écoute** des besoins des partenaires et des collectivités : il oriente son **action** et sa **stratégie** en fonction.



Virginie
CORDIER

*Responsable d'études performance bâti et environnement
intérieur*

(Cerema, Direction Territoriale Normandie-
Centre)



QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DANS LES ERP

ENJEUX ET RÉGLEMENTATION EN FRANCE

CTT Qualité de l'air intérieur /
extérieur

19/11/2
024

Virginie CORDIER
Virginie.cordier@cerem
a.fr

CONTEXTE

+ 80 % de notre temps dans des environnements clos

 **Qualité de l'Air Intérieur (QAI) = enjeu majeur pour notre santé**

Polluants en concentrations + élevées / l'air extérieur :

- volume de dilution + faible

- émission de diverses substances telles que des composés organiques volatils (COV).

 effets sanitaires divers : pathologies du système respiratoire : rhinites/bronchites, maux de tête, fatigue, irritation des yeux, nausées, voire un effet cancérogène en cas d'exposition sur le long terme

• Impact économique

19 milliards d'euros par an en France (données 2014 Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) et l'Université Paris Sorbonne Panthéon I)

Bonne qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment = effet positif démontré sur le bien-être des occupants, ainsi que sur la concentration et l'apprentissage des enfants

CONTEXTE



Grenelle de l'environnement → surveillance de la QAI obligatoire pour le propriétaire ou l'exploitant de certains établissements recevant du public (article L. 221-8 du code de l'environnement).

Modalités de surveillance précisées par des textes d'application → révisées en 2015.

Rex surveillance + crise sanitaire → révision du dispositif réglementaire engagée dans le cadre du quatrième Plan national santé environnement (PNSE 4).

ÉVOLUTION RÉGLEMENTAIRE

Plan National Santé Environnement 4 - publié le 7 mai 2021

Entrée en vigueur : 1er janvier 2023.

**Axe 2 : Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine [...]
4ème partie**

=> Action 13: Améliorer la QAI dans les établissements accueillant des population sensibles (mineurs) en continu et notamment **aux moments clefs de la vie du bâtiment**

- intérêt de rendre les propriétaires et/ou exploitants d'ERP acteurs de la QAI
- importance de la mesure de CO₂

Documentation tenue à disposition du préfet de département

Un guide est à disposition pour décrire les différentes étapes clefs de la vie du bâtiment, les obligations qui s'y rapportent, et des recommandations complémentaires :



<https://www.cerema.fr/fr/actualites/reglementation-qualite-air-interieur-qai-etablissements>

Synthèse du DISPOSITIF

Décret 2022-1689 du 27/12/22
modifiant CE (R. 221-29 à R.221-31,
R.221-35 et R. 221-37)

1. Évaluation des moyens d'aération et de ventilation

+ mesure de CO₂ à lecture directe

Tous les ans

2. Auto-diagnostic

Tous les 4 ans

Systematique

3. Campagnes de mesures

- Polluants: formaldéhyde, benzène, CO₂
- Dans les 7 mois glissants la réception de l'étape clef
- % surface => adapté à la taille de l'établissement

Aux étapes clefs

Plan
Plan
d'actions
d'actions
Régulièrement

EVOLUTIONS ET ÉCHÉANCES

Les piscines
sortent du
dispositif

Attente des arrêtés
d'application à ce
jour

01/2023

01/2024

01/2025

Entrée en vigueur
du dispositif révisé

- Établissements d'accueil collectif d'enfants < 6 ans
- Accueils de loisirs extrascolaires ou périscolaires pour mineurs
- Établissements d'enseignement 1^{er} et 2nd degrés

- Établissements sanitaires et sociaux disposant d'une capacité d'accueil
- Établissements pénitentiaires pour mineurs, quartiers des mineurs des maisons d'arrêt

Qui?

Collectivité (ST, etc.)

ou

Propriétaire/exploitant du bâtiment

ou

Contrôleur technique agréementé

ou

Bureau d'étude/ingénieur-conseil en bâtiment

ou

Organisme effectuant les prélèvements et analyses mentionnés au L.221-8 et R.221-31 du CE

Où?

Salle d'activité pour établissement d'accueil d'enfants < 6ans

ou

Salles d'enseignement/formation – dont : cantines, dortoirs, salles d'EPS

< 6 pièces =
toutes les pièces

> 6 pièces =
échantillon représentatif de 50% des pièces (min 5, max 20) - répartition étages et bâtiments

Quoi?

Critères à vérifier:

Accessibilité/manoeuvrabilité des ouvrants donnant sur l'extérieur

+

Examen visuel des dispositifs de ventilation et constat de leur fonctionnement / circulation de l'air adéquate

+

Mesure à lecture directe de CO₂

ÉTAPES CLEFS

Schéma des étapes clés de la vie du bâtiment impliquant une campagne de mesure des polluants réglementés pour les établissements concernés au 1^{er} janvier 2023

- **Définition d' « étape clef »**

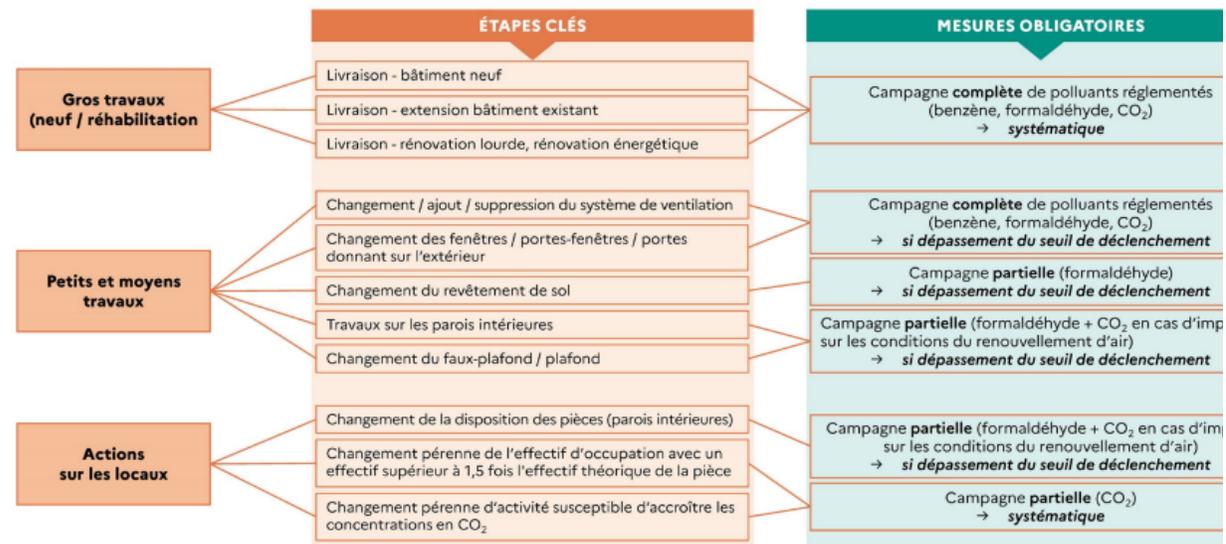
Événement de la vie d'un bâtiment susceptible d'avoir une incidence sur la qualité de l'air intérieur de celui-ci

- **Campagnes de mesures**

Définition des indicateurs à mesurer en fonction du risque identifié pour chaque étape clef: des campagnes « complètes » et des campagnes « partielles ».

- **Seuils**

Pour ne pas démultiplier les obligations lors des travaux d'entretien courant, un seuil a été ajouté pour définir à partir de quand les obligations s'appliquent.



Quoi?

	Formaldéhyde (HCOH)	Benzène (C6H6)	CO ₂
Famille	COV	HAP	CNO
VGAI	100 µg/m ³ (en pic)	2 µg/m ³	800ppm
Valeur investigation complémentaire	30 µg/m ³	10 µg/m ³	Icône 5 Seuils icône 800 et 1500ppm
Valeur info préfet	100 µg/m ³		

* percholoroéthylène sorti du dispositif: utilisation interdite depuis 2022

Pourquoi ?

- Formaldéhyde:
Indicateur de la pollution intérieure (polluant ubiquitaire, cancérigène certain - nasopharynx)

- Benzène:
Indicateur de la pollution extérieure (hydrocarbure, cancérigène certain - leucémie)

- CO₂:
Indicateur du renouvellement d'air, (pas d'effet pathogène connu mais baisse d'efficacité cognitive)

Par qui?

Organisme accrédité LAB REF 30, pour le prélèvement et l'analyse des substances polluantes de l'air intérieur

Où?

Échantillon de pièces (max 8 pièces), dont 1 par étage si nb pièce ≤ 3 , 2 si ≥ 4

Mesure au centre de la pièce, même pièce et même période pour l'ensemble des mesures.

+ mesure extérieure pour le benzène

Comment ?

- **Formaldéhyde:**

Désorption chimique puis analyse chromatographique liquide haute performance couplée à un détecteur ultra-violet

- **Benzène:**

Désorption thermique puis analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par ionisation de flamme ou spectrométrie de masse

- **CO₂:**

Mesure en continu (pas de temps 10 min) par appareil fonctionnant en spectrométrie d'absorption infrarouge non dispersif puis calcul indice de confinement.

Quand?

Durant l'ouverture de l'établissement

- **Formaldéhyde et benzène**

2 séries de prélèvements de 4,5 jours, au cours de 2 périodes espacées de 4 à 7 mois (dont l'une en période de chauffe)

- **CO₂**

1 série de mesures (toutes les 10 min) sur 4,5 jours durant la période de chauffe de l'établissement

Début de la campagne de mesure dans le mois suivant la réception d'une étape clef (si seuil de surface dépassé) – fin dans les 7 mois glissants

Quand ?

A mettre à jour régulièrement

Pourquoi ?

Améliorer la QAI

Proposer des actions
correctives

Qui ?

Par le propriétaire

Quoi?

Pour chaque action identifiée,
le plan d'action comprends a
minima:

- Titre
- Description
- Responsable et personnes associées
- Calendrier

Comment?

Sur la base des données de:

- L'évaluation annuelle des moyens d'aération et de ventilation
- L'auto-diagnostic
- Les mesures issues des campagnes obligatoires

COMMUNICATION



Obligation d'information des personnes qui fréquentent l'établissement -> affichage

- Résultats de l'évaluation des moyens d'aération et de ventilation
- Mise en place du plan d'actions

Obligation d'information des personnes qui fréquentent l'établissement dans un délai de 30 jours après les résultats

-> affichage permanent près de l'entrée principale

« bilan relatif aux résultats de surveillance de la qualité de l'air intérieur* » rédigé par le propriétaire

*modèle dans le guide

QUEL PEUT ÊTRE L'APPUI DU CEREMA POUR AMÉLIORER LA QAI DANS CE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ?



PROJETS EN PHASE DE FINALISATION

HUB AIR ENERGIE porté par IFPEB / Octopus et CEREMA



Décret tertiaire & tensions sur l'énergie

40% d'économies d'énergie horizon 2030 & enjeu de réduire ses consommations (prix de l'énergie)

Crise sanitaire récente

Enjeu de la QAI au cœur des préoccupations !

Comment concilier une double optimisation ?

L'efficacité énergétique du bâtiment (à confort maintenu ou renforcé) - l'EEB,
La qualité de l'air intérieur (QAI, mesurée à cette occasion).

Proposition du Hub:

Quelles sont les bonnes intuitions pour gérer la QAI dans un contexte post-pandémie ?

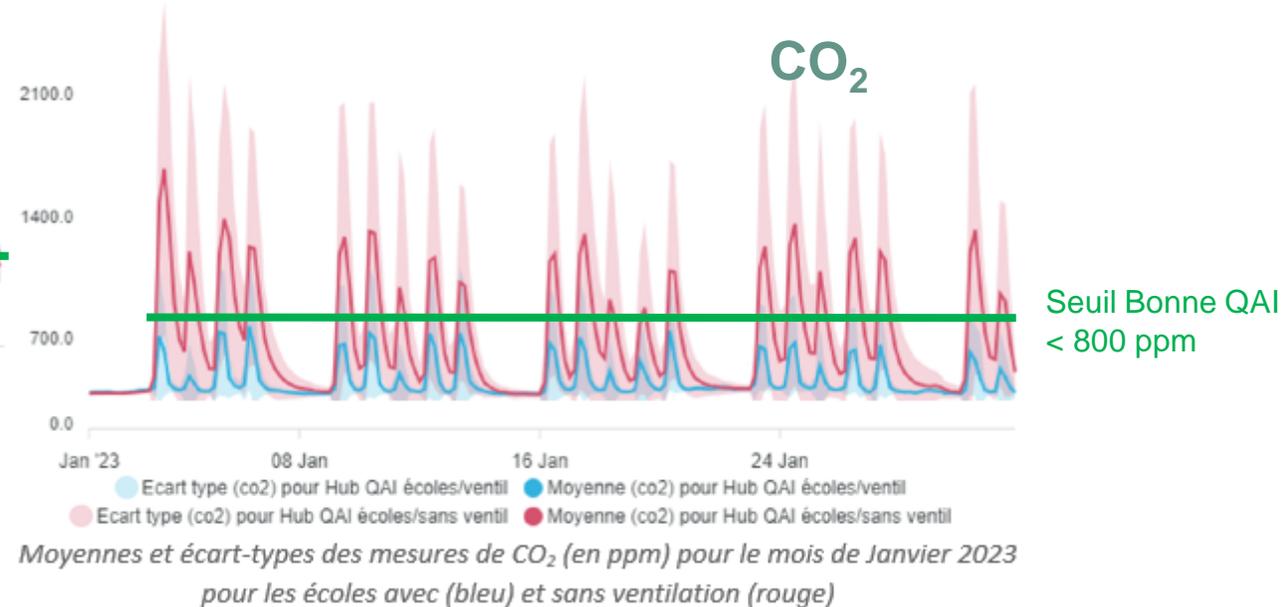
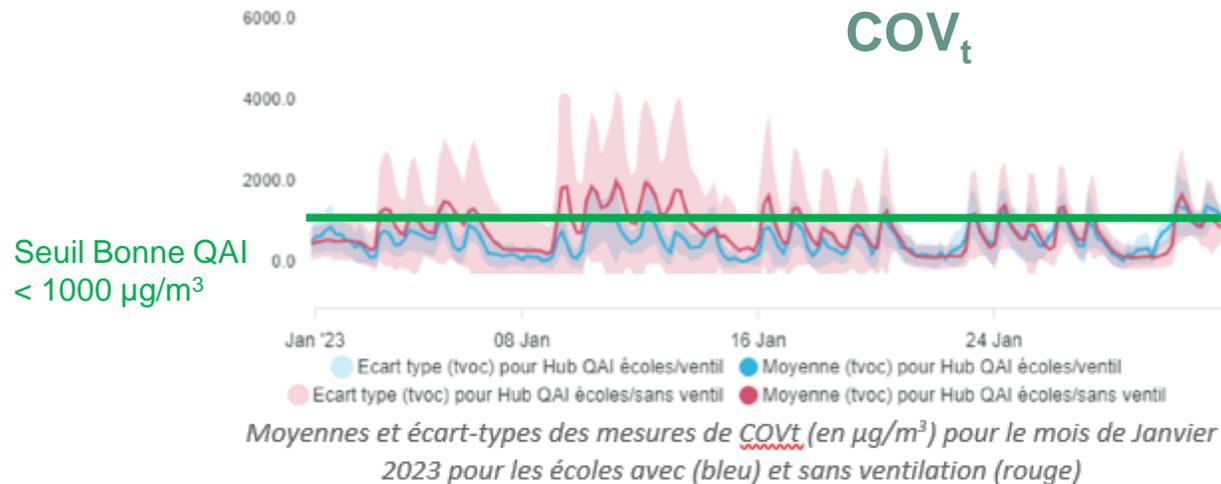
Comment bâtir un programme concret conciliant QAI et maîtrise de l'énergie ?

Enseignement HUB AIR ENERGIE

Comparaison sur les établissements scolaires



Comparaison AVEC / SANS ventilation - CO₂ et COV_t



Exploitations réalisées avec OctopusLab et via l'outil Indalo

- ⇒ Des niveaux moyens et des pics CO₂ bien meilleurs dans les écoles avec systèmes de ventilation en hiver
- ⇒ Meilleure QAI et seuils respectés avec système de ventilation

PROJETS EN COURS AU CEREMA

SPHAIR

Créer une offre grande échelle de surveillance et d'amélioration de la QAI dans les écoles

A un tarif raisonnable et incitateur pour les collectivités

Proposer des options adaptées aux spécificités des sites et des besoins de la collectivités :

- Evaluation des polluants supplémentaires (radon, particules fines, formaldéhyde, benzène)
- Diagnostic approfondi du système de ventilation avec recommandations



**Merci de votre attention
Des questions ?**

Contacts :

Michaël Savary – michael.savary@cerema.fr

Lucas Montbuleau--Gentelet - lucas.montbuleau-gentelet@cerema.fr