

*1<sup>ère</sup> Rencontre Régionale des établissements de santé  
et médico-sociaux de Bourgogne-Franche-Comté*

# Comment réussir ensemble la transition énergétique ?

**Mercredi 14 Juin de 9h30 à 17h**  
*Hôtel Dieu - Hospices de Beaune (21)*

 **En option : Jeudi 15 juin (matin)**  
*Visite du Centre Hospitalier de Chalon-Sur-Saône, établissement  
pilote en matière d'énergie*

# Comment concilier les enjeux énergétiques et les enjeux liés à la qualité de l'air intérieur?



**Ambre MARCHAND-MOURY**  
*Chargée d'études qualité des environnements intérieurs*  
**CEREMA**



**Christian HILSZ**  
*Conseiller Transition énergétique et écologique en santé*  
**Hôpital Nord Franche-Comté**



**Charline DEMATTEO**  
*Consultante*  
**Bureau d'études Indiggo**





RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Cerema**

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

# CONCILIER ENJEUX ÉNERGÉTIQUES ET RADON

14/06/2023

---

## Centre d'étude sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

- **Etablissement Public Administratif**

- Conseil d'Administration:

Représentants de l'Etat

Représentants des collectivités – adhérentes sur Cerema  
(loi 3DS)

- **Expertise technique et scientifique**

6 domaines, dont le *bâtiment* -> plusieurs thématiques  
dont *Qualité de l'air intérieur / radon / ventilation*



# RADON - PRÉSENTATIONS



Uranium 238



Gaz

Radioactif



Naturel



Source : IfcRME, ASN, IRSN

**Cancérogène certain**

3000 morts/an\*

Source : IfcRME, ASN, IRSN

<http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx>

\*2<sup>ème</sup> cause de mort par cancer pulmonaire

# RADON - MESURES

100 Bq/m<sup>3</sup>

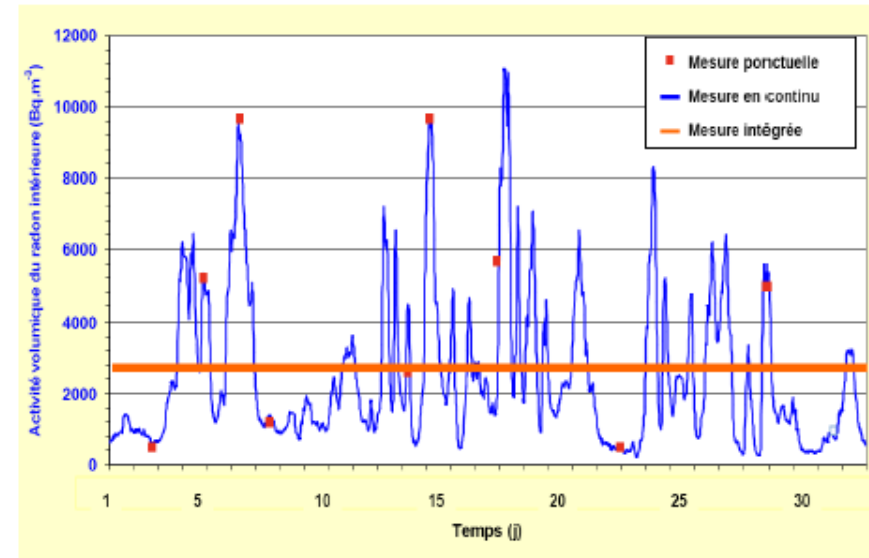
Seuil de risque pour la santé (OMS - Organisation mondiale de la santé)

300 Bq/m<sup>3</sup>

Seuil de gestion fixé par une directive européenne Euratom, à ne pas dépasser en France dans les bâtiments concernés par la réglementation

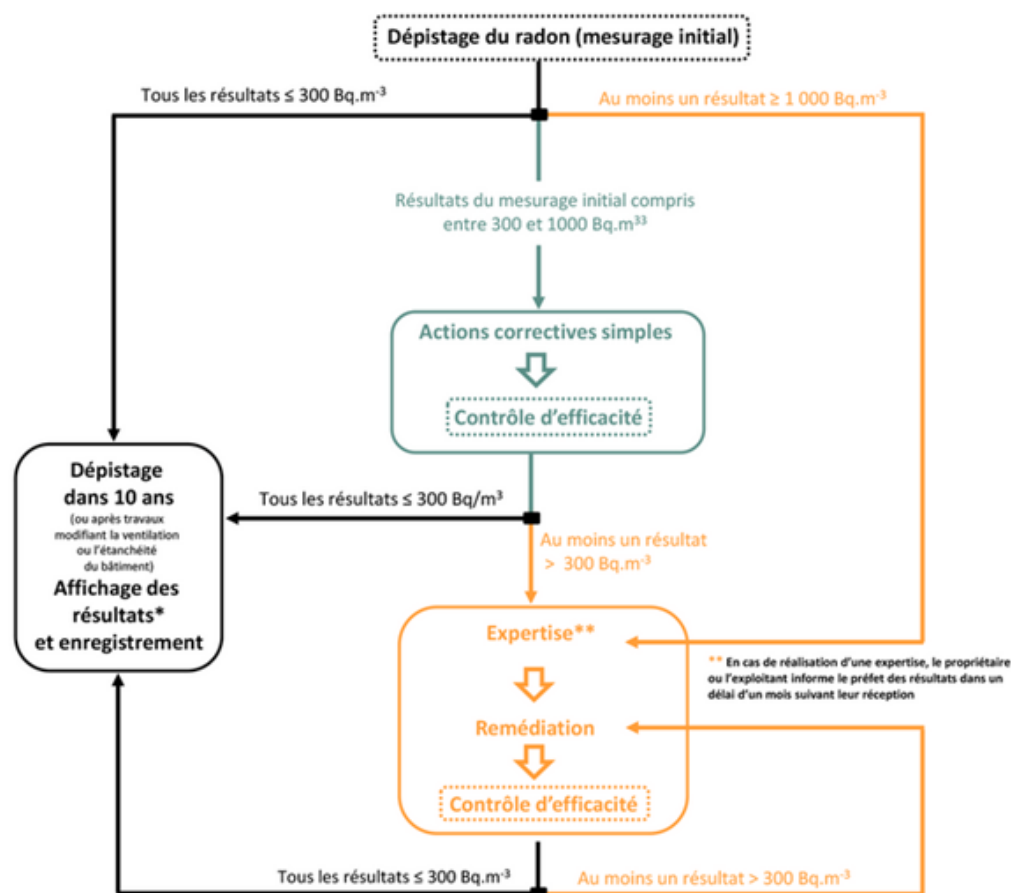
1000 Bq/m<sup>3</sup>

Seuil de gestion renforcée indiqué dans le Code de la santé publique en France



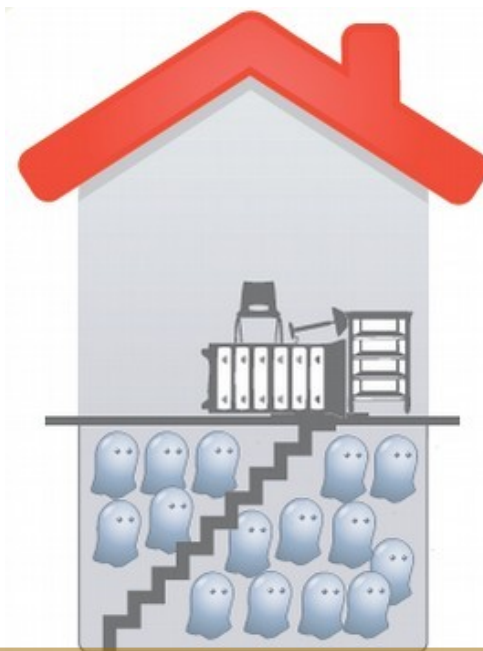
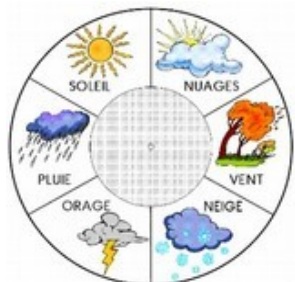
# RÉGLEMENTATION ERP

Pourquoi ?	Protection de la population, en particulier les plus vulnérables et les plus exposés	L1333-22
Qui?	Le <b>propriétaire ou l'exploitant</b> de certains ERP dont établissements d'enseignements	L1333-22 D1333-32
Où?	Dans les zones à risque fort (communes classées <b>zone 3</b> ) + lieu avec dépassements antérieurs	Arrêté 27/06/18 R1333-33
Quand?	Tous les 10 ans	Article 36 du décret
Quoi?	Surveillance du radon dans l'établissement: <b>mesurage</b> -> En cas de dépassement: actions pour réduire l'exposition	R1333-28 R1333-34 Arrêté 26/02/2019 R1337-14-2
Comment?	Par un <b>organisme agréé N1A</b> Affichage des résultats	L1333-23 R1333-30 R1333-35 R1333-36



Source: ASN

# DÉTERMINANTS DE L'ACTIVITÉ VOLUMIQUE EN RADON



## Propriétés du bâtiment

**Entrée** = défauts d'étanchéité à l'interface sol/bâti

**± facteur aggravant** = dépression du bâtiment (« pompage » du radon )

**Accumulation** = défaut de renouvellement d'air

Source : IffoRME, IRSN, ASN

Paramètres extérieurs

Uranium 238



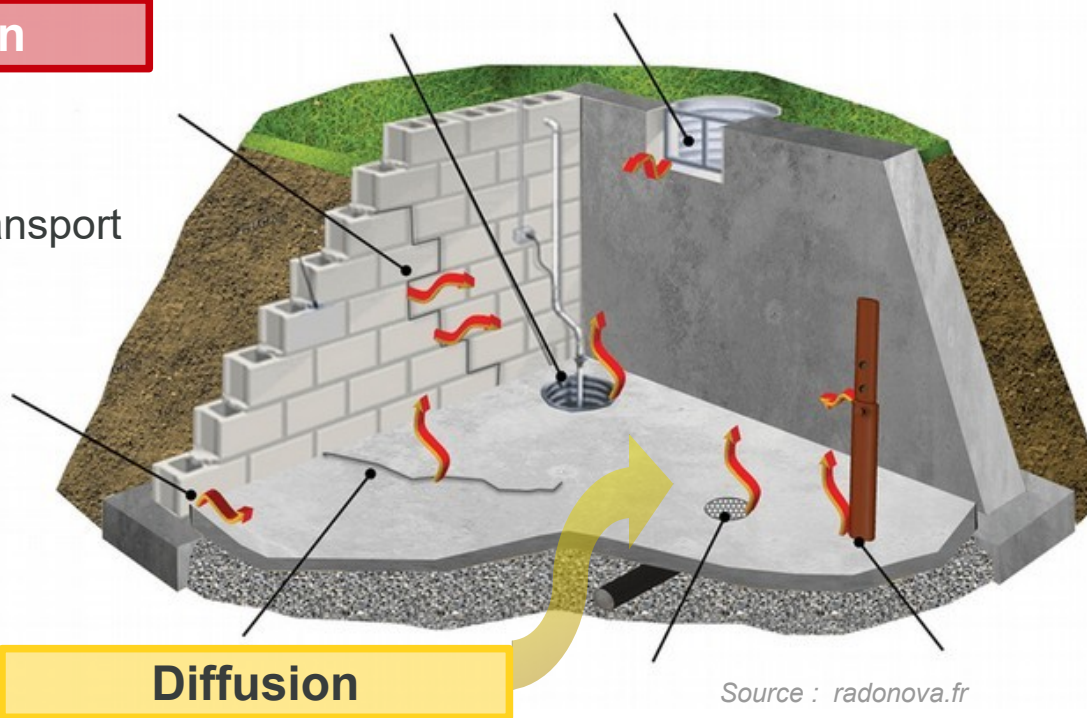


# ENTRÉE DU RADON : LES DÉFAUTS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

## Convection

*Mouvement d'air.*

Phénomène de transport principal du radon



## Diffusion

*Phénomène par lequel la concentration des polluants dans deux milieux séparés par une interface perméable/poreuse tend à l'équilibre.*

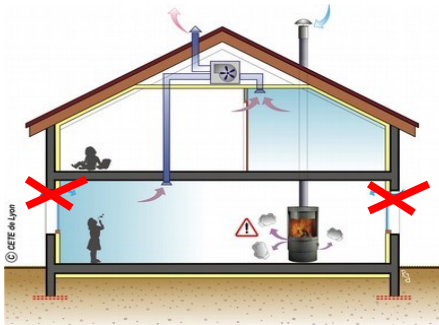
Phénomène de transport secondaire du radon

# FACTEUR AGGRAVANT L'ENTRÉE DE RADON

**Le transport convectif est favorisé par la mise en dépression du bâtiment :**

- Tirage thermique
- Déséquilibre de la ventilation

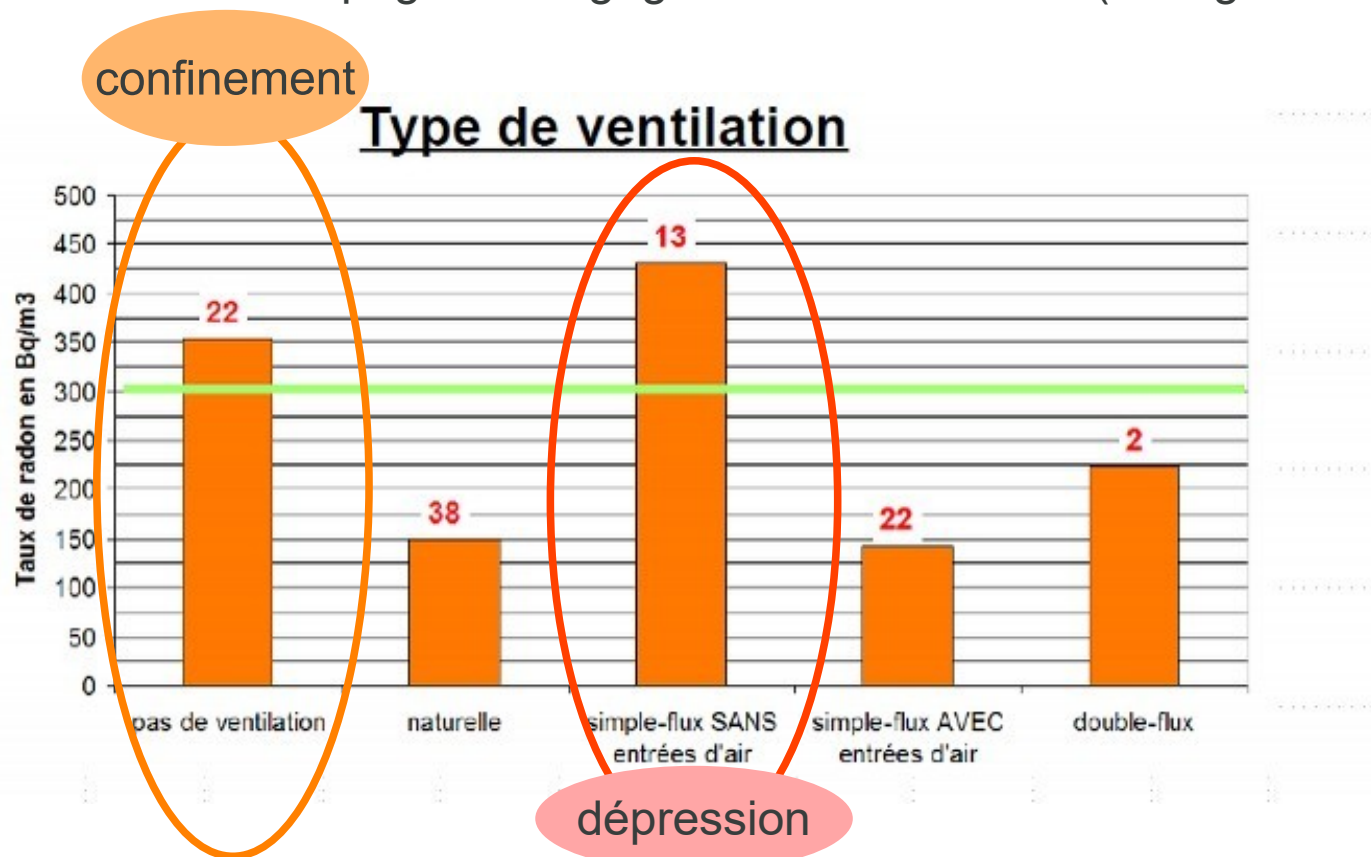
exemple VMC simple flux



Source : Cerema

# ILLUSTRATION DU RÔLE DE LA VENTILATION SUR LE RADON

- Résultats de la campagne Bourgogne hiver 2015-2016 (97 logements)



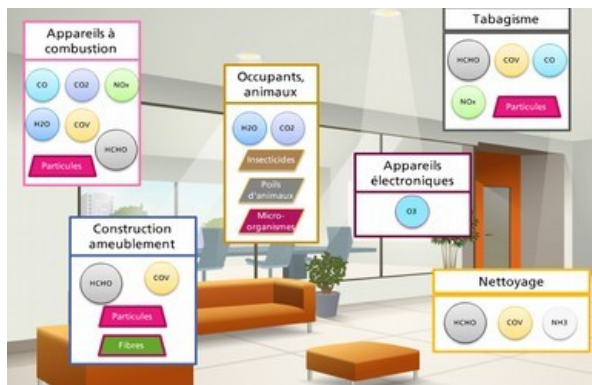
# DÉMARCHE POUR AMÉLIORER SA QAI/RADON

## 1) Limiter les polluants à la source

→ étanchéification sol pour le radon

## 2) Renouveler l'air

- évacuer l'air intérieur vicié



Source : IffoRME, ASN,  
IRSN

- apporter de l'air « neuf »

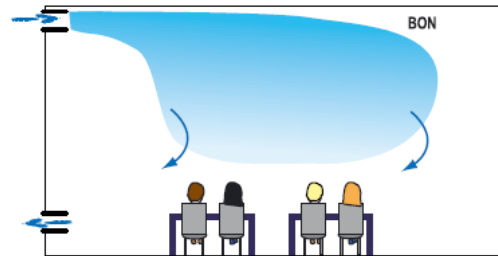
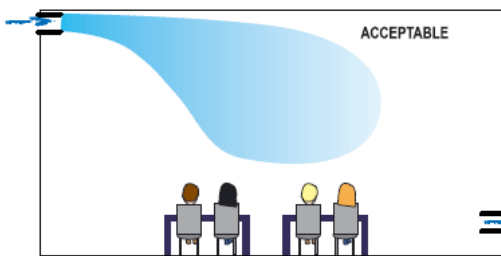
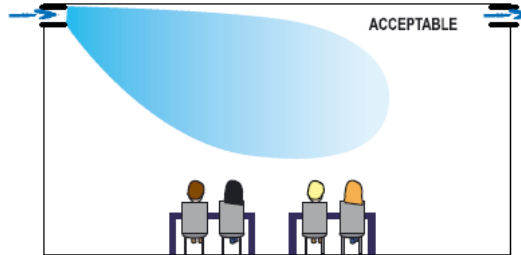
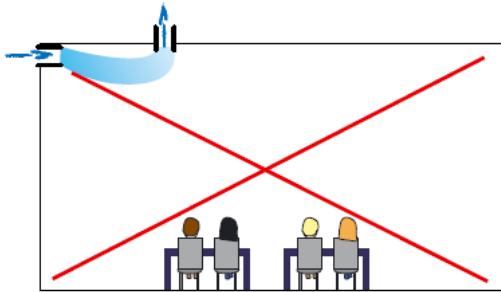
# RENOUVELLEMENT D'AIR - SYNTHÈSE

Voies de renouvellement de l'air intérieur	Aération	Défauts d'étanchéité à l'air	Ventilation
Tendance	Globalement en baisse (changement d'habitudes)	Globalement en baisse (rénovations énergétiques)	Systématique dans le neuf (pb de conformité) → pas systématique en rénovation
Vigilances	Messages véhiculés sur les économies d'énergie – ne repose que sur l'occupant	Attention au RA dans les rénovations énergétiques ! Mais améliorer la perméa peut améliorer la QAI (mode de RA non optimal)	Conception, mise en œuvre, entretien



# VENTILATION – DÉFAUT DE CONCEPTION/MISE EN OEUVRE

Positionnement des bouches d'entrée et d'extraction d'air,  
trajectoire des gaines, ...



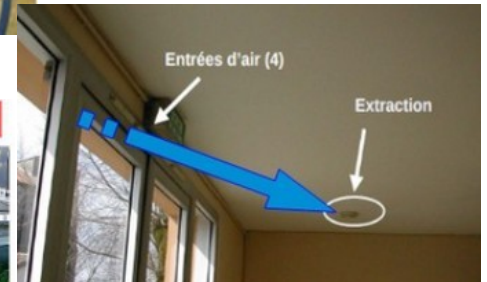
Source : CETIAT, ventilation performante dans les écoles, Guide de conception



Entrée d'air neuf



Rejet d'air vicié

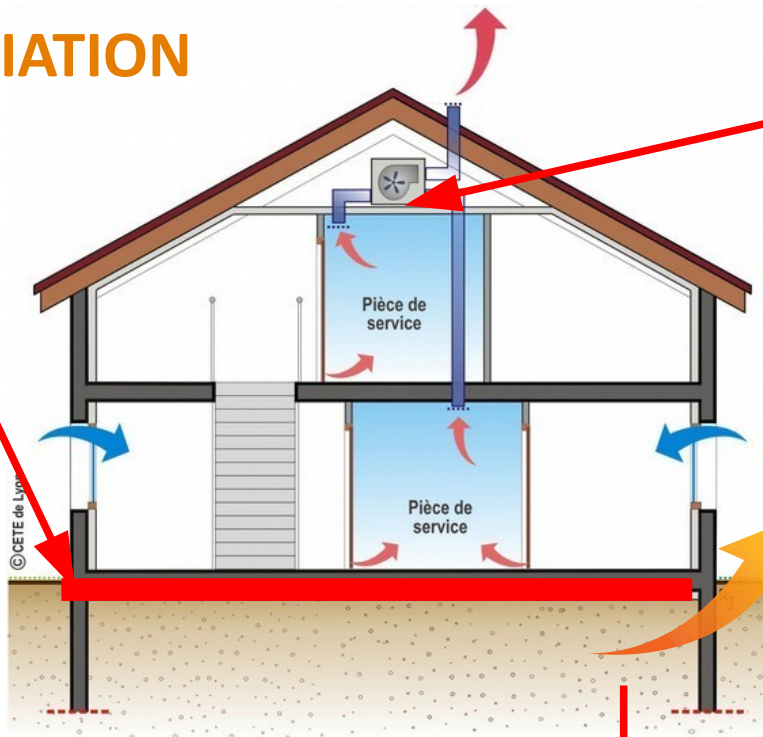


# PISTES DE REMÉDIATION

## Améliorer l'aération et la ventilation

**Buts :**  
 - améliorer le renouvellement d'air  
 - diminuer la dépression

**Étanchéifier l'interface sol/bâti**  
 But : empêcher la pénétration du radon



Mise en oeuvre

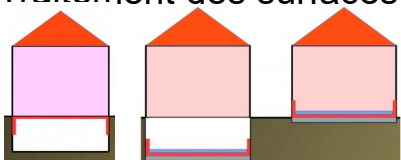
Usage



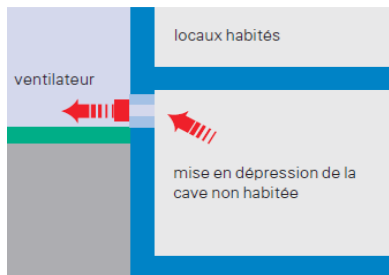
### Traitement ponctuel



### Traitement des surfaces



Source : Cerema



Source: OFSP

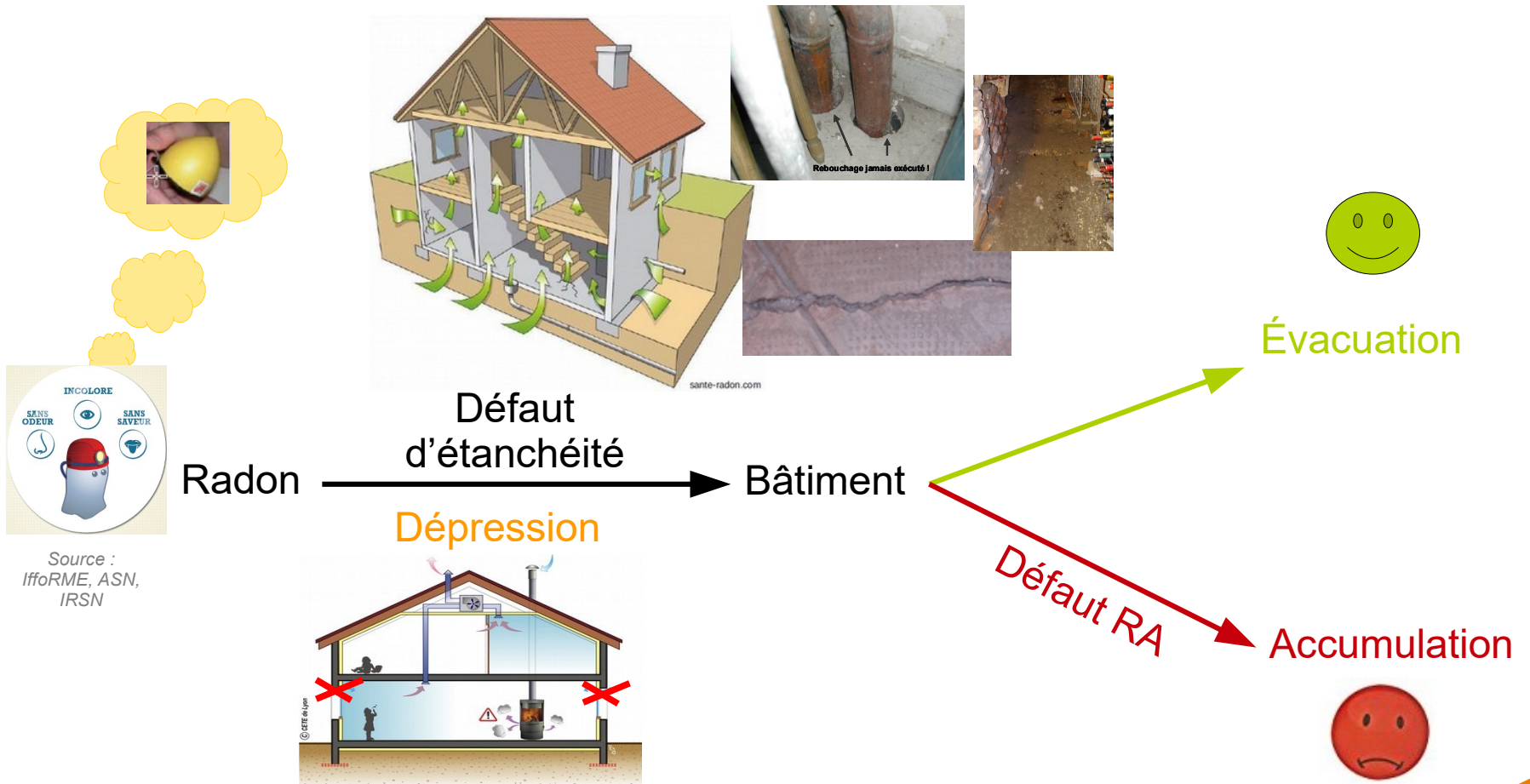
**Traiter le soubassement**  
 Buts : extraire et diluer le radon

### Mise en dépression du soubassement



Source: ecohabitation.com

# INTERACTION RADON / BÂTIMENT





**Merci pour votre attention**

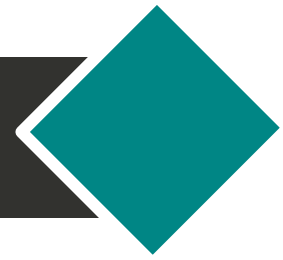
# Retour d'expérience QAI et risque radon

14 juin 2023

**L'HÔPITAL**  
Nord Franche-Comté



# 1- Rôle du CTEES



- Conseil et appui dans la réduction de l'impact environnemental:
  - **Réduction des consommations d'énergie:**
    - Optimisation du fonctionnement des équipements
    - Préconisations de travaux:
      - Renouvellement d'équipements
      - Réhabilitation
  - Réduction de l'usage des ressources naturelles et respect de l'environnement:
    - Eau, déchets...

## 2- Périmètre d'actions du CTEES lié à la QAI et au radon



- Accompagnement de 45 établissements répartis entre 5 structures publiques et privées.
- Ces 45 établissements représentent un parc d'une surface de 250 000m<sup>2</sup>, avec des équipements complexes:
  - Chaufferies et sous stations
  - Systèmes de CTA et ventilation
  - Groupes froids
  - Divers process...

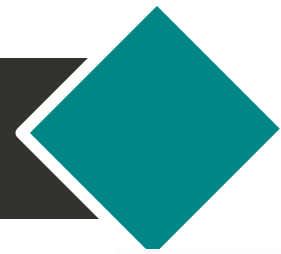
## 3 – Constats dans le bâtiment existant



- Différentes générations de bâtiments de la fin du XIX° à nos jours:
  - Grande disparité des systèmes de ventilations liée aux évolutions de la réglementation et aux modes de construction
  - Tous ces bâtiments doivent respecter la réglementation sur le renouvellement d'air et sur celle liée à la gestion du risque radon (activité volumique maximum de 300Bq/m<sup>3</sup>).



## 4 - Recommandations 1



- Veiller à la bonne ventilation des locaux:
  - Contrats de maintenance des équipements
  - Mesures en interne des valeurs clés: CO<sub>2</sub>, débits, radon...
  - Plage de confort de l'hygrométrie: de 40 à 70%
- Veiller à la bonne prise en compte de la QAI dans les projets de réhabilitation:
  - Assistance à la Maitrise d'Ouvrage, Bureaux d'Etudes...
  - Mesures en phase chantier



## 5 – Recommandations 2

- **Conserver l'équilibre des débits entre air entrant et sortant.**  
(sauf usage spécifique, labos, blocs...)
- **Si dépression ou surpression:**
  - Inconfort des occupants
  - Apparition possible de pathologie du bâtiment: moisissure, décollement de peintures, ...
- **Si déséquilibre ou défaillance:**
  - Augmentation des polluants, dont le radon
  - Augmentation du taux de CO<sub>2</sub>
  - Augmentation de l'hygrométrie



## 6 – Exemple : Mesures radon suite contrôle réglementaire

- Suite à contrôle réglementaire effectué en 2014 dans les locaux, la salle polyvalente semi-enterrée ressort avec un taux anormal.

NOM DU BATIMENT	N° de la zone homogène	$\leq 400 \text{ Bq/m}^3$	$> 400 \text{ et } \leq 1000 \text{ Bq/m}^3$	$> 1000 \text{ Bq/m}^3$
M.A.S. 1	1	331	--	--
	2	--	804	--
	3	86	--	--
	4	109	--	--
	5	116	--	--
	6	60	--	--
	7	116	--	--
	8	135	--	--
	9	65	--	--
	10	91	--	--





# 7 – Actions correctives et contrôle



- 1/ Mise en place d'une extraction mécanique dans la salle polyvalente. Valeurs 2022
- 2/Contrôle d'efficacité, mesures de débits:
  - On constate un déséquilibre
  - Un équilibrage s'impose pour arriver au résultat.
  - Nouvelle mesure pour valider le bon fonctionnement

Edition du : 23/12/2022

Référence Client : APAVE THAON LES VOSGES

Adresse : 88 - THAON LES VOSGES

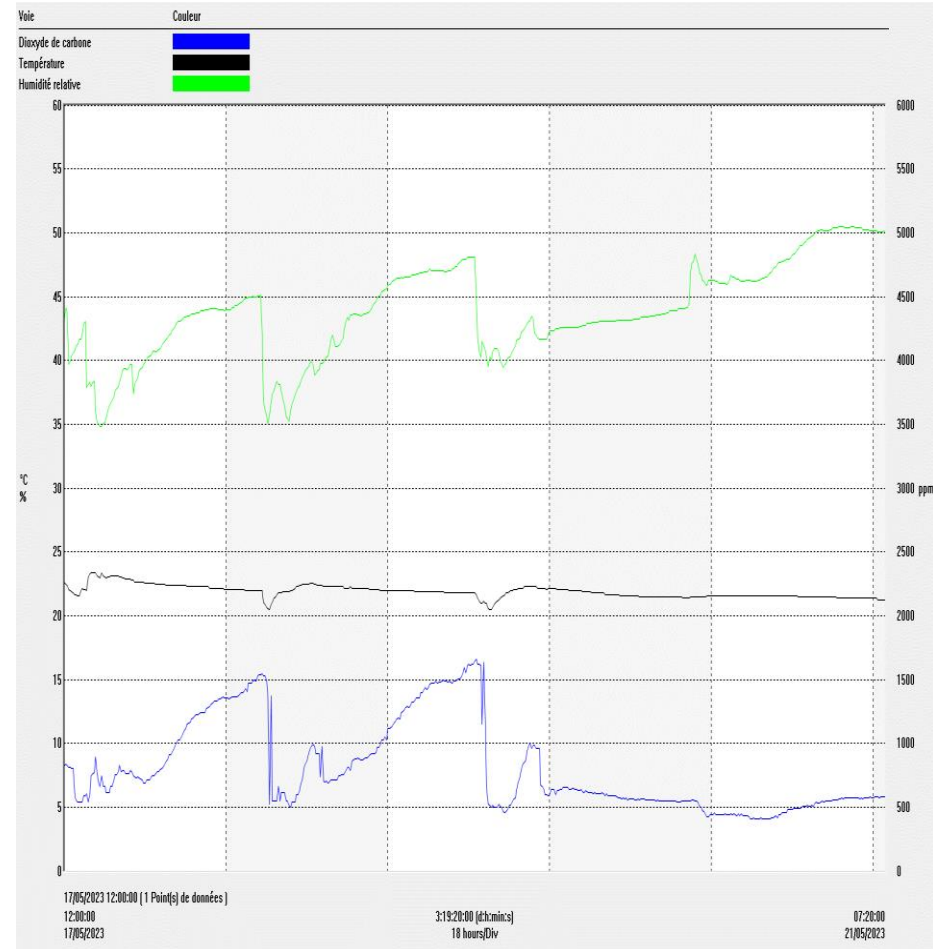
Code affaire ALGADE : APAV

Analyse sous accréditation					Prélèvement hors domaine d'accréditation			Résultat final calculé	
N° DPR	Date de réception	Date de développement	Résultat de mesure (1) kBq.m <sup>-3</sup> .h	Limite de détection kBq.m <sup>-3</sup> .h	Lieu d'exposition	Date de pose	Date de dépose	Activité volumique calculée (2) Bq.m <sup>-3</sup>	N° DPR
95088	16/12/2022	21/12/2022	485 ± 83	<=34	EPARSE Complément - M.A.S 1 <i>année 2014</i>	07/10/2022	07/12/2022	332 ± 57	95088
95089	16/12/2022	21/12/2022	373 ± 67	<=34	EPARSE Complément - M.A.S 1 <i>Lilo:MG</i>	07/10/2022	07/12/2022	255 ± 46	95089
95090	16/12/2022	21/12/2022	117 ± 32	<=34	EPARSE Complément - M.A.S 1 <i>Ch7:86</i>	07/10/2022	07/12/2022	80 ± 22	95090
95091	16/12/2022	21/12/2022	260 ± 51	<=34	EPARSE Complément - M.A.S 1 <i>109</i>	07/10/2022	07/12/2022	177 ± 35	95091

	Mesures de débits de ventilation		
	Volume extrait	Volume entrant	
Zone 1	280 m3	40m3	Dépression
Zone 2	360 m3	120 m3	Dépression
<b>Risque d'aspiration du radon</b>			

# 8 – Autre exemple : Relevé CO<sub>2</sub> sur bâtiment existant

- Analyse dans une chambre de résident avec bâtiment en cours de réhabilitation (VMC arrêtée):
  - Courbe verte:
    - Augmentation de l'hygrométrie lors de l'occupation
  - Courbe noire:
    - Baisse de la T° ambiante
  - Courbe bleue:
    - Augmentation du taux de CO<sub>2</sub> lors de l'occupation. (Au delà des 800ppm.)
    - Retour à la normale à l'ouverture de la fenêtre

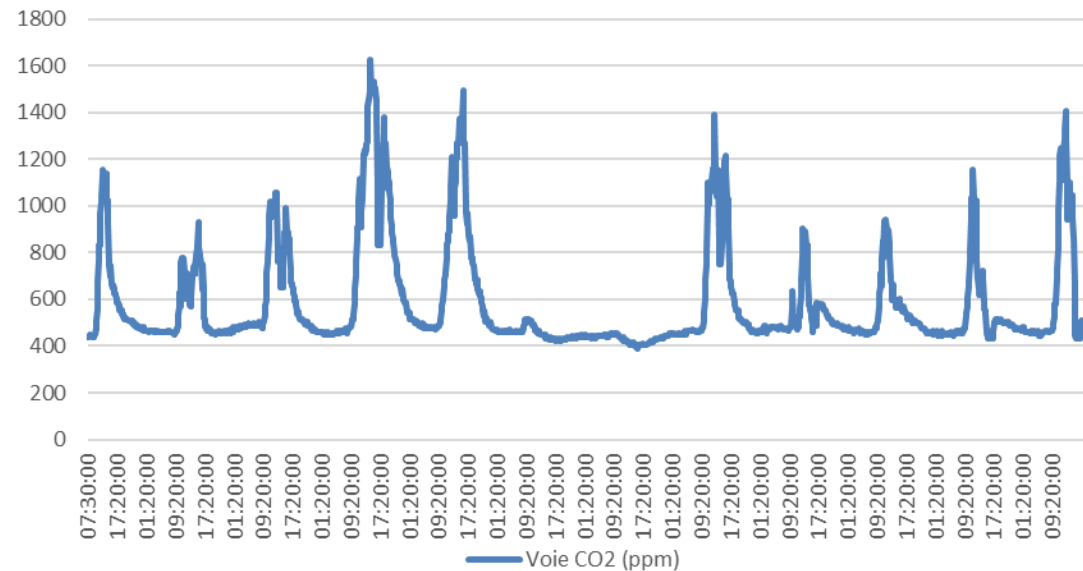


## 9 – Autre exemple : Relevé CO<sub>2</sub> sur bâtiment existant



- Augmentation du taux de CO<sub>2</sub> lors des occupations de la salle.
- On peut identifier les 5 jours de la semaine avec retour à la normale les week-end.

- Relevés effectués dans une salle commune avec présence d'environ 10 résidents.



# 10 – Avantages de la prise en compte de la QAI



- Moins de polluants = moins de maladies pour les occupants  
=> Logique de prévention –  
« 1 polluant en moins, 1 chance en plus »
- Moins de CO<sub>2</sub> = diminution des maux de tête, amélioration de la concentration
- Moins d'humidité:
  - Un air sec est plus facile à chauffer donc moins énergivore
  - Meilleur confort pour les occupants
  - Meilleure tenue du bâtiment

# Comment concilier les enjeux énergétiques et les enjeux liés à la qualité de l'air intérieur ?

Mercredi 14 juin - Beaune

## VOTRE INTERLOCUTRICE

**Charline DEMATTEO**

Ingénieur Santé-Environnement – Inddigo  
Professeure associée – Polytech Angers

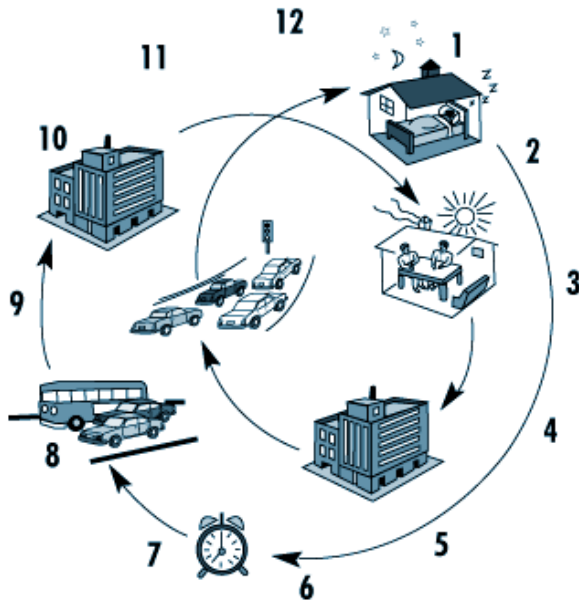


inddigo

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

# LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR (QAI)

## Un enjeu majeur de santé publique



- ✓ **100% du temps**  
Nous respirons **en permanence**  
**15 000 litres** d'air/jour  
**75 m<sup>2</sup>** surface d'échange entre l'air et le sang
- ✓ **Près de 90% du temps**  
Dans des environnements **clos**
- ✓ A l'extérieur les pollutions sont diluées dans l'ensemble de l'atmosphère. **A l'intérieur elles s'accumulent... L'air est toujours plus pollué à l'intérieur !**

# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Des effets sur la santé aussi divers que les polluants

### SENSORIELS Odeurs

Ammoniac, formaldéhyde,  
hydrogène sulfuré, acroléine

### ALLERGIQUES

Acariens, pollens,  
Moisissures, animaux

### RESPIRATOIRES

Ozone, formaldéhyde,  
Oxydes d'azotes

### TOXIQUES

CO, plomb, hydrocarbures  
aromatiques, insecticides

### CARDIOVASCULAIRES

CO, particules

### IRRITATIFS

Aldéhydes, terpènes,  
ozone endotoxines

### PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ET REPROTOXIQUES

Phtalates,  
retardateurs de flamme

### INFECTIEUX

Bactéries, virus  
Moisissures

### CANCÉROGÈNES

Amiante, benzène,  
formaldéhyde, radon,  
particules, benzo-a-pyrène

# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Des effets sur la santé difficiles à évaluer

- ✓ **Exposition à des concentrations faibles, mais en continu et tout au long de la vie**
  - A court terme, symptômes non spécifiques
  - A long terme, des pathologies graves, mais multifactorielles
- ✓ **Plusieurs centaines de composés présents dans les environnements intérieurs**
- ✓ **Impact sur la santé variable selon le polluant considéré**
  - Effet « cocktail » peu connu
- ✓ **Etablissement de VGAI Par l'Anses**
  - Valeurs Guides pour la Qualité de l'Air Intérieur
  - « Concentrations en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale » (Anses, 2011)



# LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR (QAI)

## Un enjeu majeur de santé publique

- ✓ **Le coût des effets socio-économiques d'une mauvaise qualité de l'air intérieur en France est estimé à :**

**19 milliards d'euros par an** pour 6 polluants seulement

*(Source : Rapport ANSES, avril 2014)*

Polluants étudiés : benzène, radon, trichloroéthylène, CO, particules (73%), fumée de tabac environnementale

**20 000 décès prématurés/an**

- ✓ **Prise en charge de l'asthme en France (IRDES, 2006)**

- 4 millions de personnes touchées
- 600 000 journées d'hospitalisation
- 7 millions de jours d'arrêt de travail par an
- Coût estimé à 1,5 milliard d'euros par an

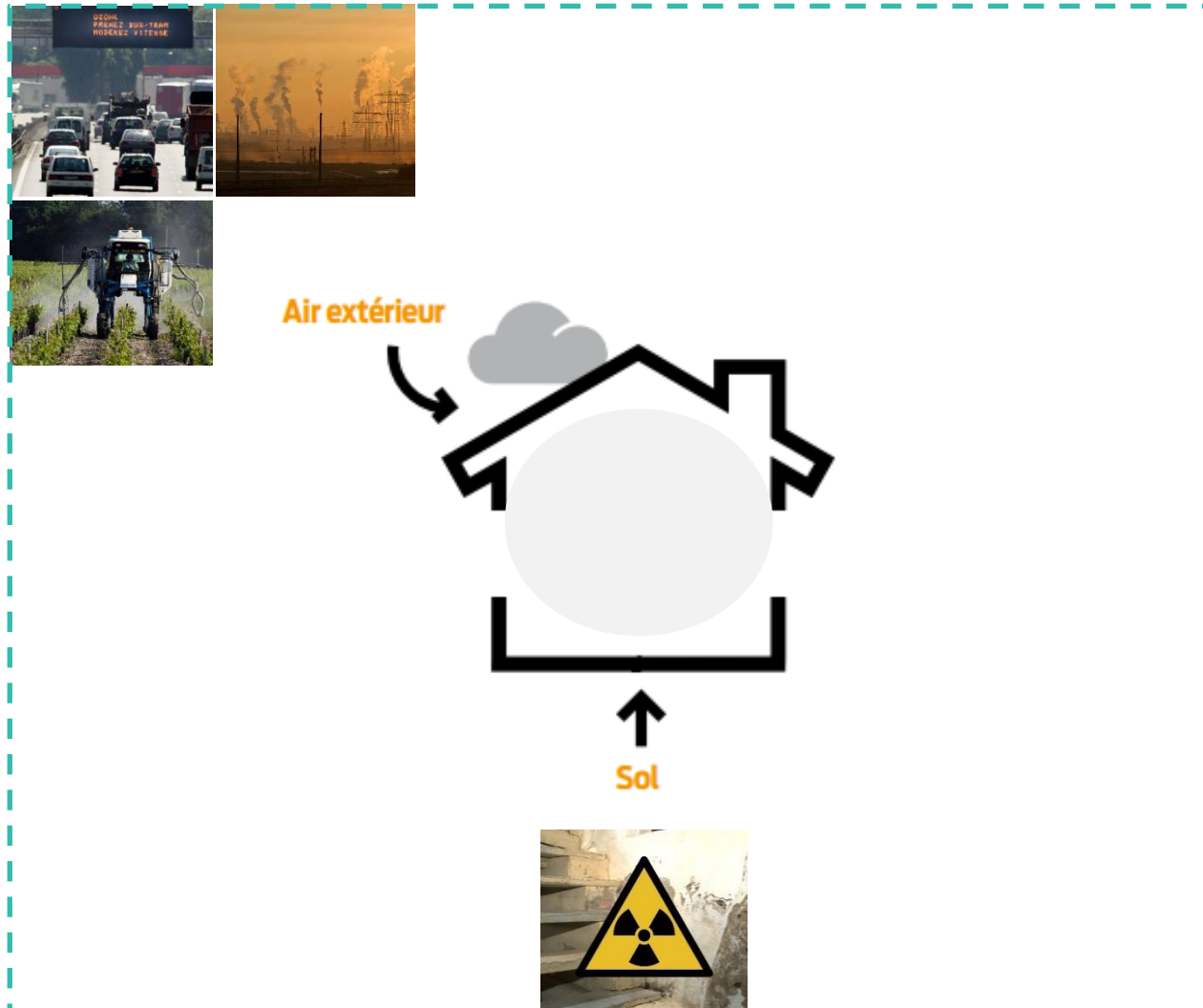
# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Quelle place parmi les questions de santé dans le bâtiment ?



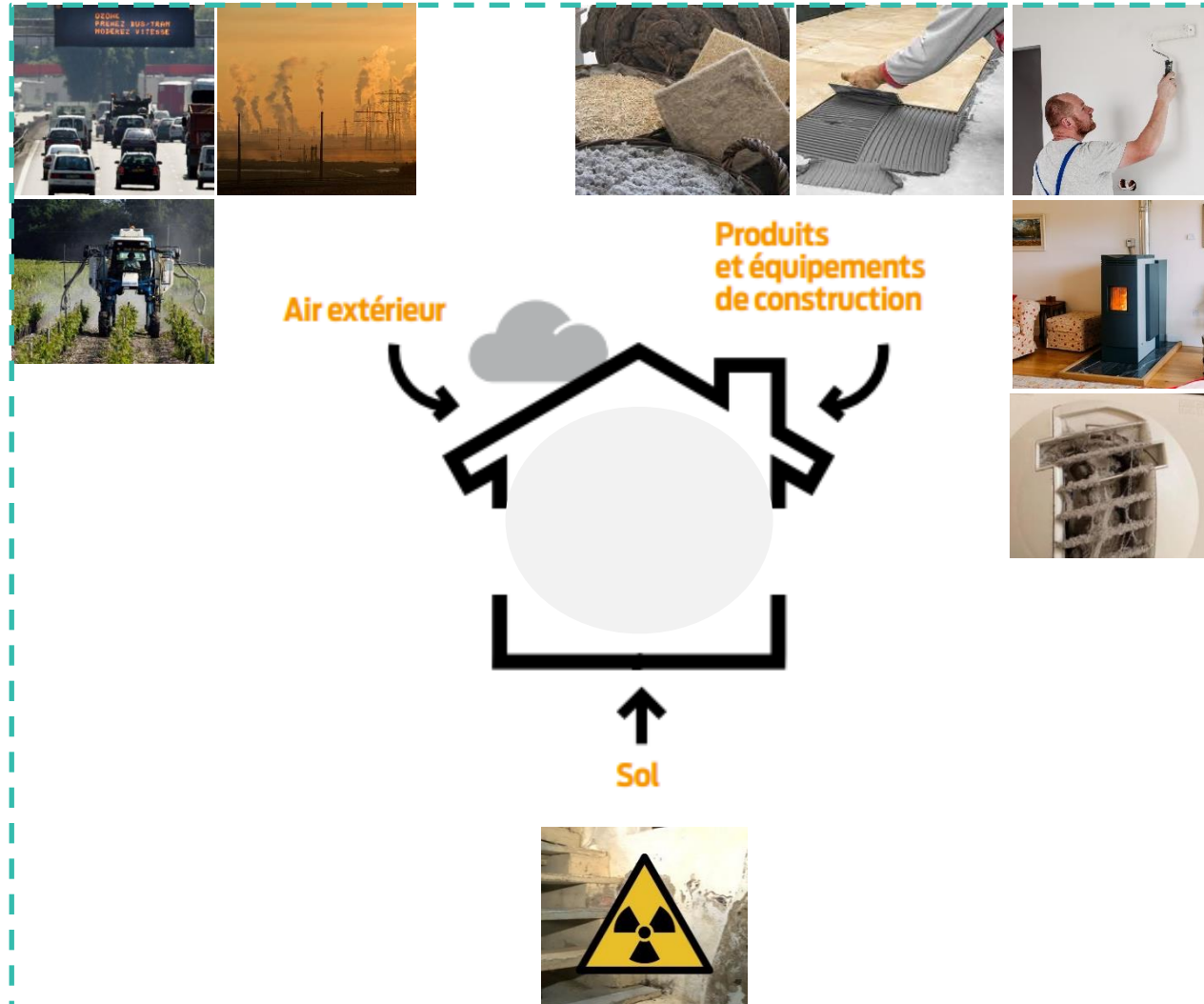
# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Les sources de pollution



# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Les sources de pollution



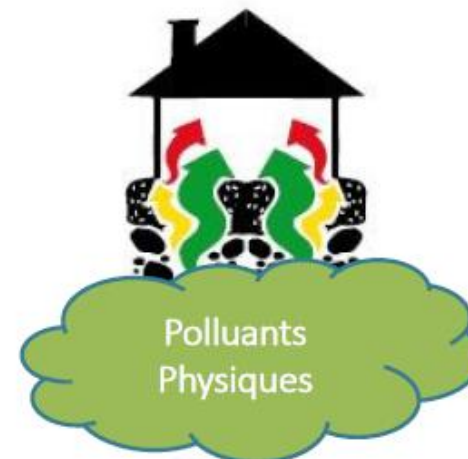
# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Les sources de pollution



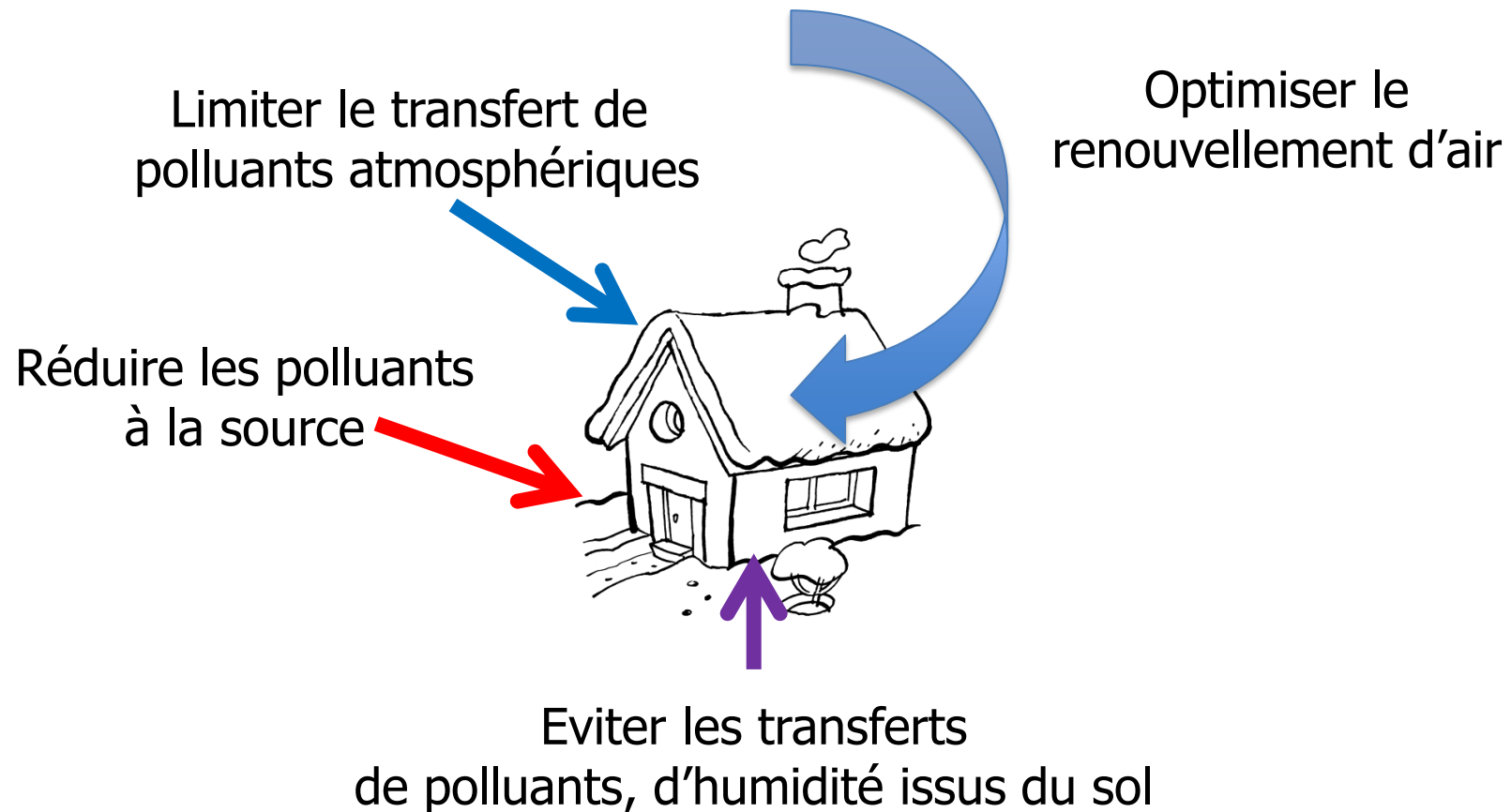
# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Les 3 grandes familles de polluants



# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Les leviers d'action



# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## La réglementation

- ✓ **Obligation de surveillance de la QAI dans certains ERP**
- ✓ **Surveillance du radon**
- ✓ **Ventilation**
- ✓ **Étiquetage des matériaux et produits de construction**

 **GOVERNEMENT**  
Liberté  
Égalité  
Fraternité



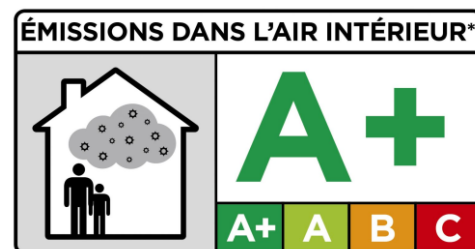
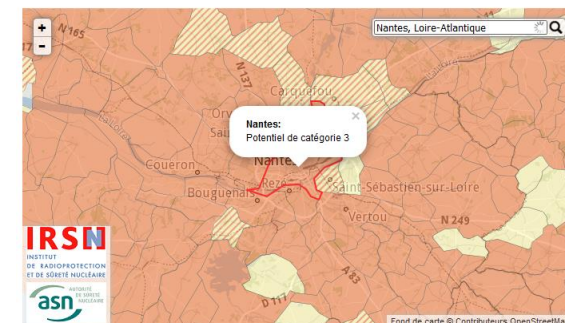
Guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la **surveillance** réglementaire de la **qualité de l'air intérieur** dans certains établissements recevant du public

Les catégories d'établissements concernées par ce guide sont :  
• les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans ;  
• les accueils de loisirs extrascolaires ou périscolaires pour mineurs ;  
• les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> degré.

Février 2023

 **RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
 **Cerema**  
Centre national de la recherche scientifique et technique

Connaître le potentiel radon de sa commune





# ◆ LE DISPOSITIF RÉGLEMENTAIRE POUR LA QAI

## Les 2 piliers de la surveillance obligatoire dans certains ERP

### ✓ Agir pour la réduction des sources de pollution

- Matériaux et produits utilisés en intérieur (bâtiment, usages) faiblement émissifs
- Réduction des transferts de polluants issus de l'extérieur

### ✓ Optimiser le renouvellement d'air

- Fonctionnement correct du système de ventilation
- Possibilités d'aération et sensibilisation des usagers

# LE DISPOSITIF RÉGLEMENTAIRE POUR LA QAI

Dispositif révisé dans le cadre du décret du 27/12/2022

## ✓ Etablissements concernés au 1<sup>er</sup> janvier 2023

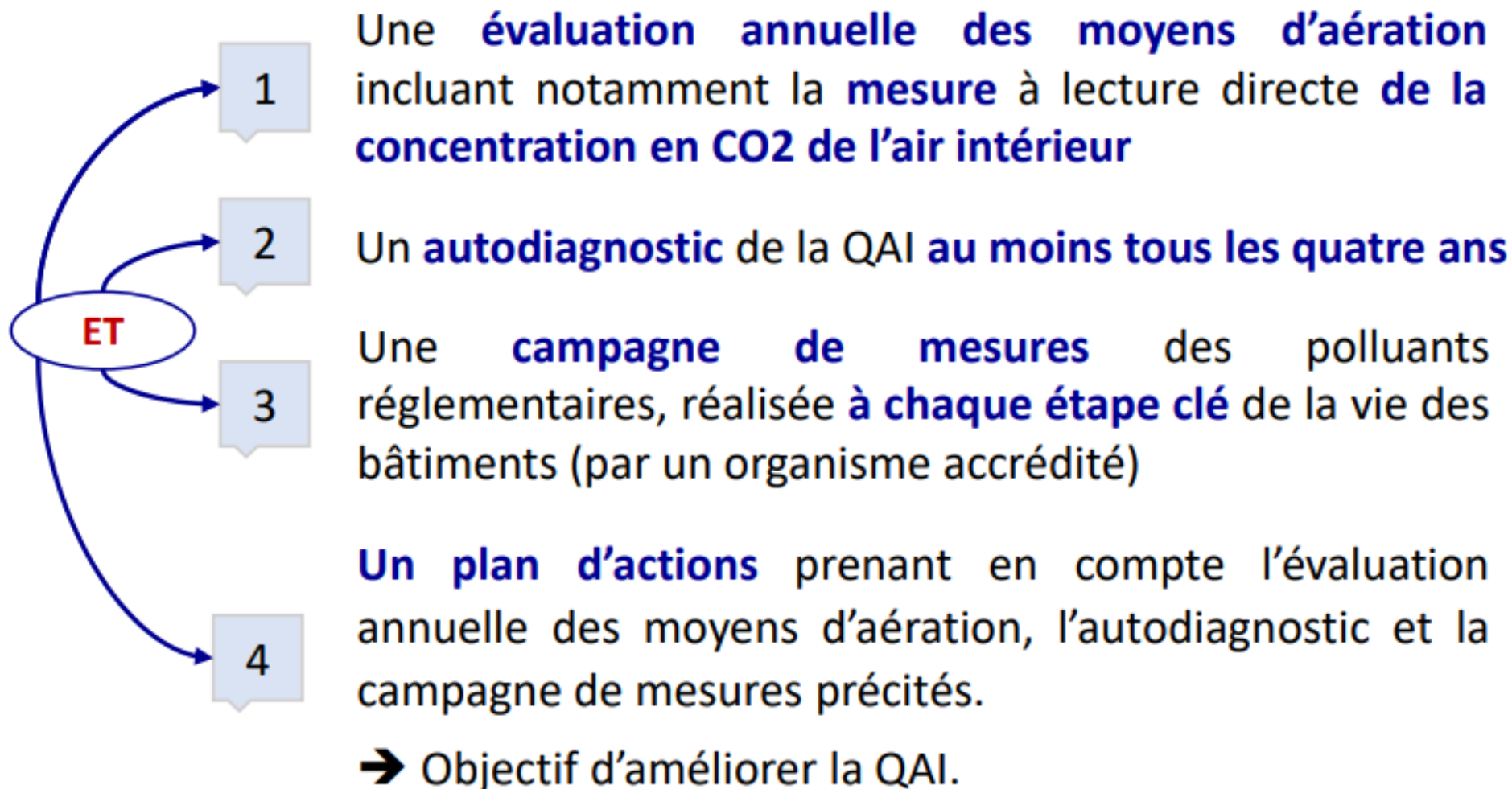
- Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans  
Les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> degré
- Les accueils de loisirs

## ✓ Etablissements concernés au 1<sup>er</sup> janvier 2025

- Les structures sociales et médico-sociales et les structures de soins de longue durée rattachées aux établissements de santé
- Les établissements pénitentiaires recevant des mineurs

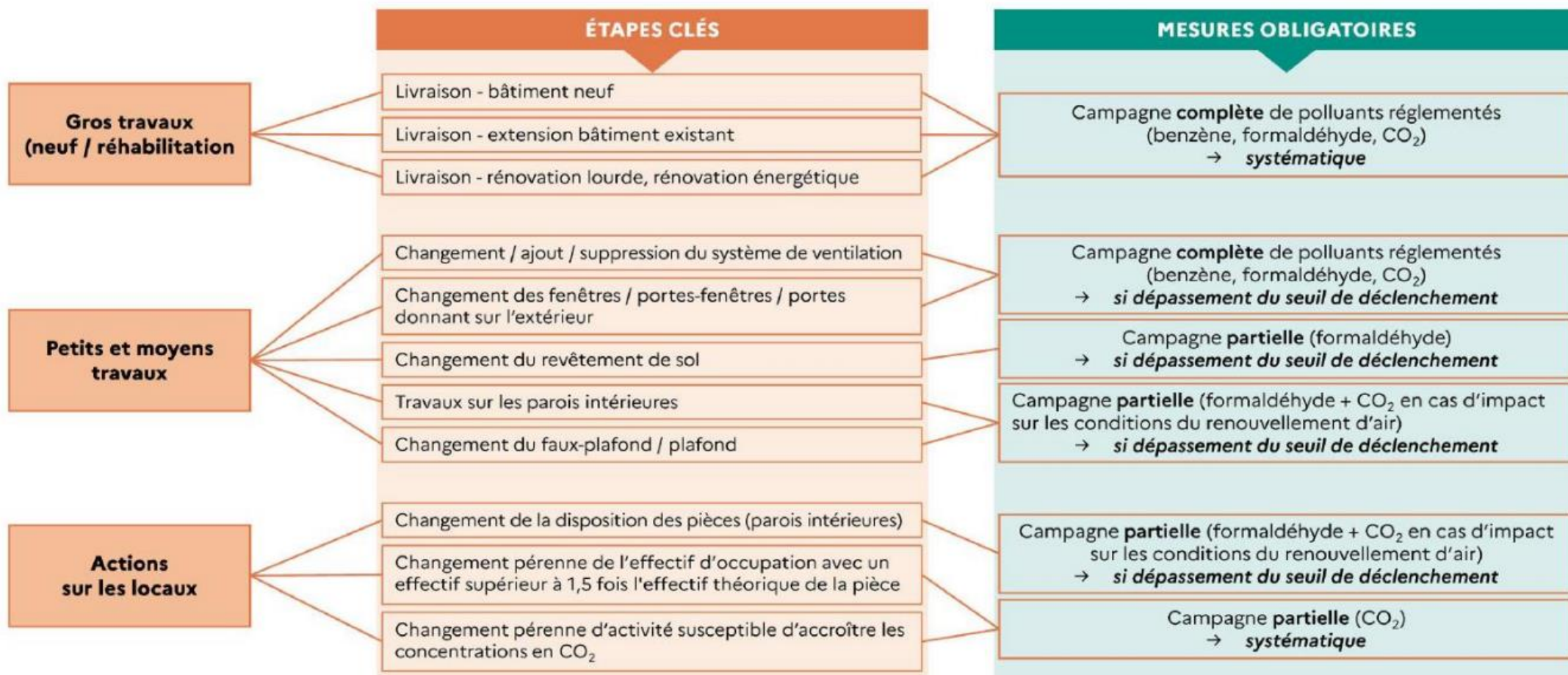
# LE DISPOSITIF RÉGLEMENTAIRE POUR LA QAI

## Contenu du dispositif et étapes



# LE DISPOSITIF RÉGLEMENTAIRE POUR LA QAI

## Etapes de déclenchement des campagnes de mesures



# POLLUANTS CHIMIQUES

## Agir sur les sources de pollution chimique

### ✓ **Les composés organiques**

- 900 substances, 20 familles chimiques
- Les composés organiques volatils COV : aldéhydes, hydrocarbures, dérivés halogénés, terpènes, alcools...
- Les composés organiques semi-volatils COSV : phtalates, éthers de glycol, pesticides...
- Effets variés sur la santé : nuisances olfactives, irritation de la peau et des muqueuses, réactions allergiques (asthme, troubles respiratoires), effets neurotoxiques, hépatiques, cancérigènes

### ✓ **Polluants réglementés**

- Formaldéhyde, Benzène

### ✓ **Emissions par les produits d'entretien/de désinfection**

- Formaldéhyde, acétaldéhyde, acétonitrile, éthanol et isopropanol, acétone, isopropanol...

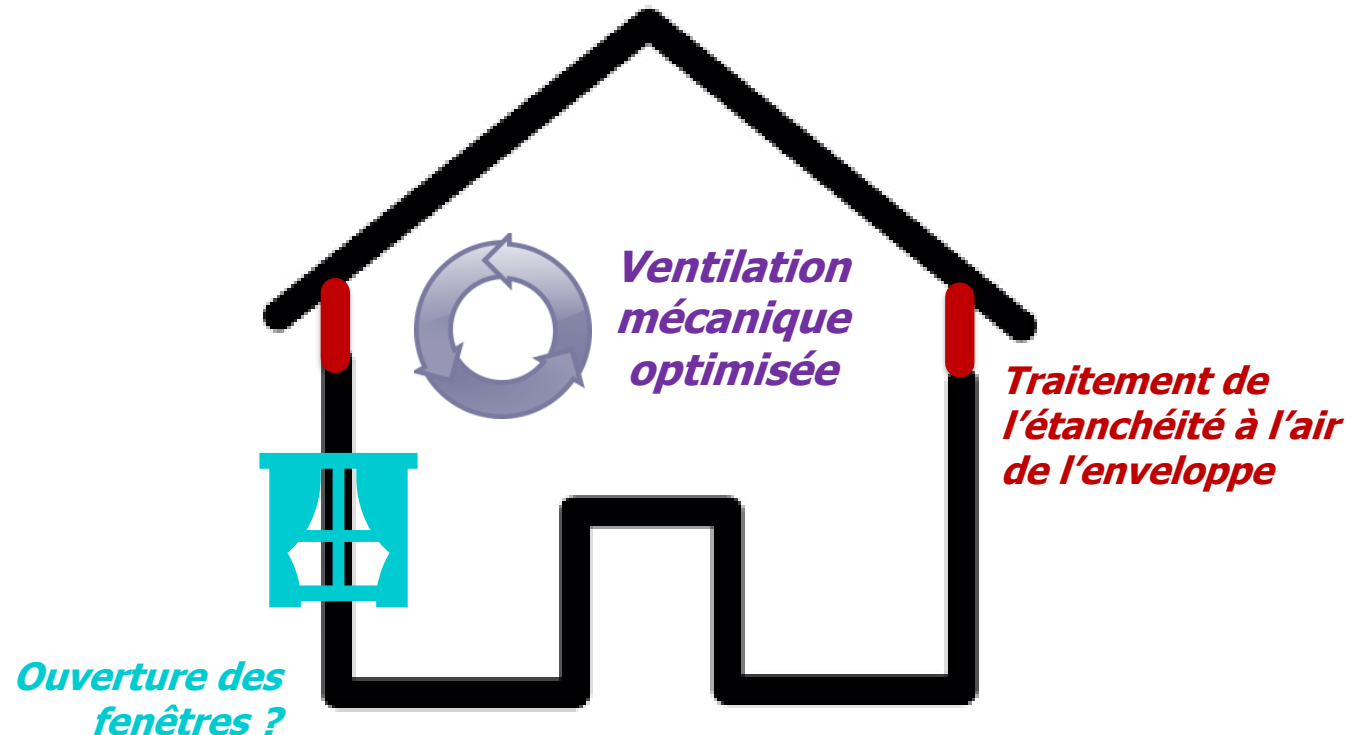
### ✓ **Recherches en cours**

- Projet MédiQAI – Qualité de l'Air Intérieur des structures médicosociales et libérales

# LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Le lien avec d'autres thématiques

- ✓ La performance énergétique
- ✓ Le confort thermique



➔ **Nécessite une approche globale du fonctionnement du bâtiment**



# MERCI POUR VOTRE ATTENTION



**VOTRE INTERLOCUTRICE :**

Charline DEMATTEO

E-mail : [c.dematteo@inddigo.com](mailto:c.dematteo@inddigo.com)



inddigo

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