

## QAI / radon

Quelles solutions techniques pour une prise en compte tout au long de la vie du bâtiment ?

Ambre MARCHAND-MOURY (ex ERRARD)

## Établissement Public Administratif

- Double tutelle
  - MTE
  - MCTRCT
- Expertise technique et scientifique
- 6 domaines de compétences

(Performance et gestion patrimoniale des bâtiments, Mobilités, Infrastructures de transports, Environnement et risques, Mer et littoral, Ingénierie des territoires)



# Sommaire

- Bonnes pratiques pour la QAI
  - Limiter les émissions de polluants
  - Améliorer le renouvellement d'air
- Cas particulier d'un polluant spécifique : le radon

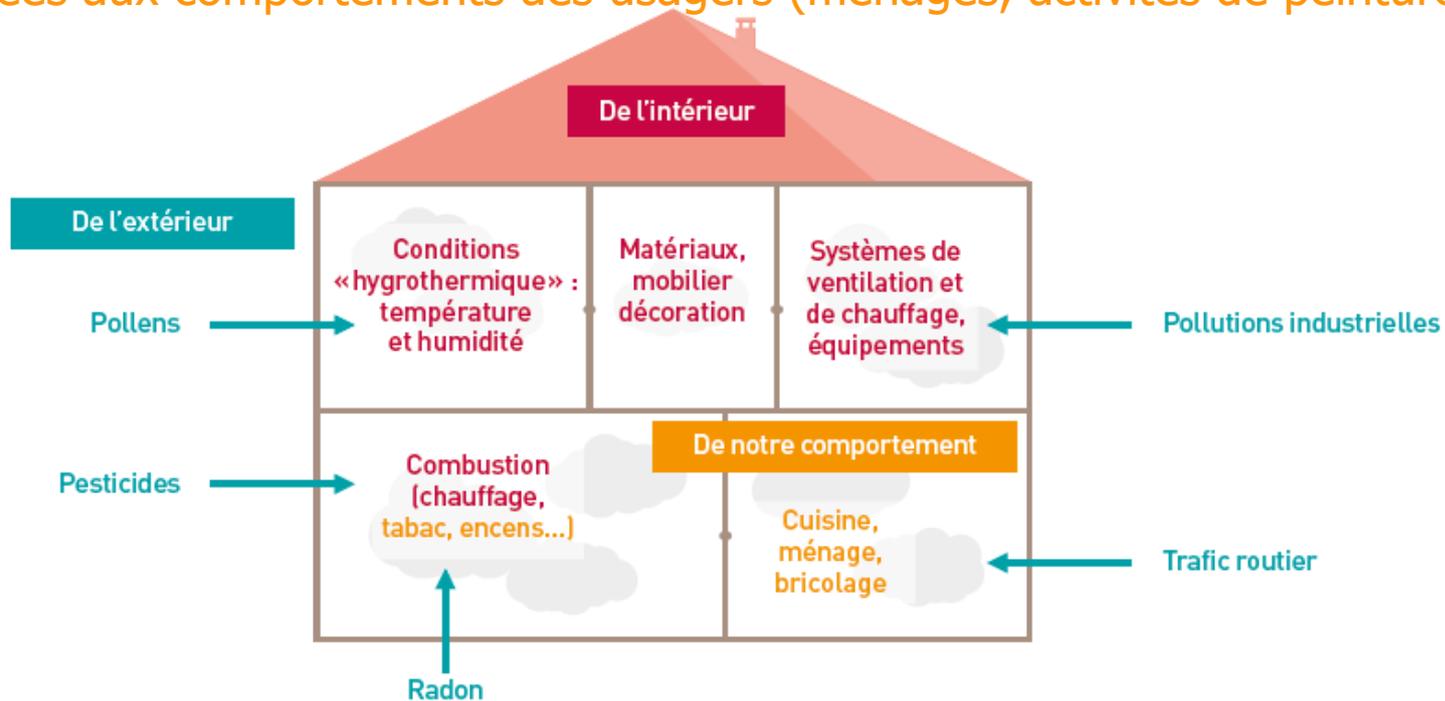
# Sommaire

- **Bonnes pratiques pour la QAI**
  - **Limiter les émissions de polluants**
  - Améliorer le renouvellement d'air
- Cas particulier d'un polluant spécifique : le radon

# Limiter les émissions

## 3 catégories :

- sources extérieures
- sources liées au bâtiment (matériaux/décoration, ...)
- sources liées aux comportements des usagers (ménages, activités de peintures, ...)

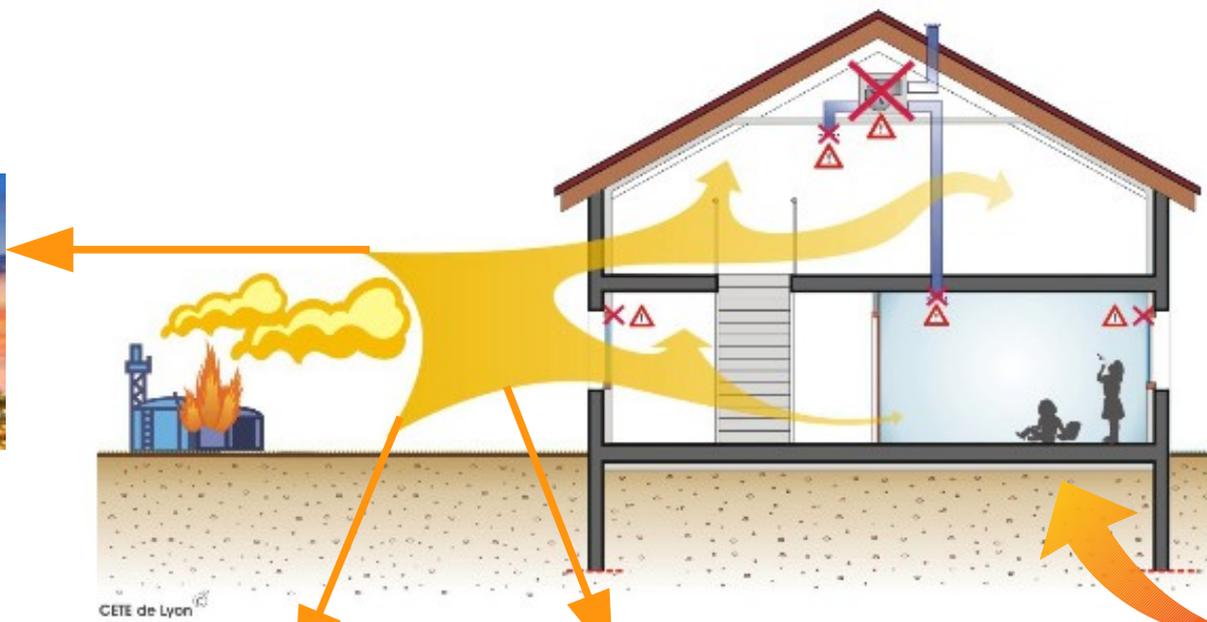


Source :Qualitel

*Les sources de polluants de l'air intérieur*

# Les sources extérieures

Pollutions d'origine industrielle (Seveso, etc)



CETE de Lyon

Trafic / combustion (chauffage)  
→ particules fines



Pollution d'origine géologique : radon

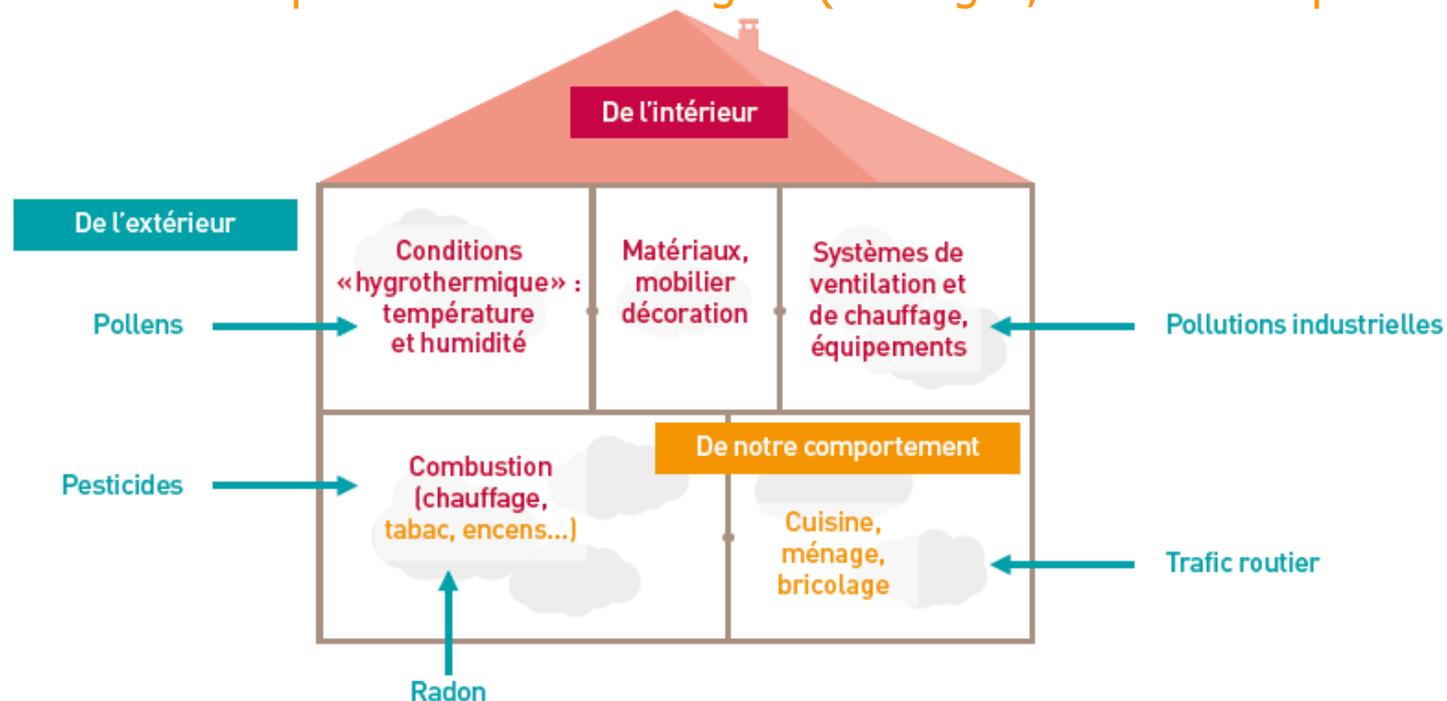
Pollution d'origine agricole: pesticides, engrais, pollens, etc

Analyse de l'environnement  
du site à intégrer dans la phase de  
programmation du bâtiment →  
fixer des objectifs de QAI adaptés aux usages

# Limiter les émissions

## 3 catégories :

- sources extérieures
- **sources liées au bâtiment (matériaux/décoration, ...)**
- sources liées aux comportements des usagers (ménages, activités de peintures, ...)



*Les sources de polluants de l'air intérieur*

Source :Qualitel

# Les sources liées au bâtiment



## Mobilier

COV

particules

fibres

## Imprimantes

O<sub>3</sub>

## + Appareils à combustion

particules

COV

NO<sub>x</sub>

CO

CO<sub>2</sub>

COV

particules

fibres

## Matériaux de construction (revêtements de sol, peinture, ...)

# Bonnes pratiques en cours de chantier

- Gestion de l'humidité

Prise en compte des temps de séchages (supports, peinture, etc), anticipation de moyens spécifiques de ventilation durant la phase chantier, etc

- Stockage des matériaux et systèmes - précisés dans le Plan d'Installation de Chantier

- matériaux poreux :

- HR et empoussièremement contrôlés

- matériaux émissifs :

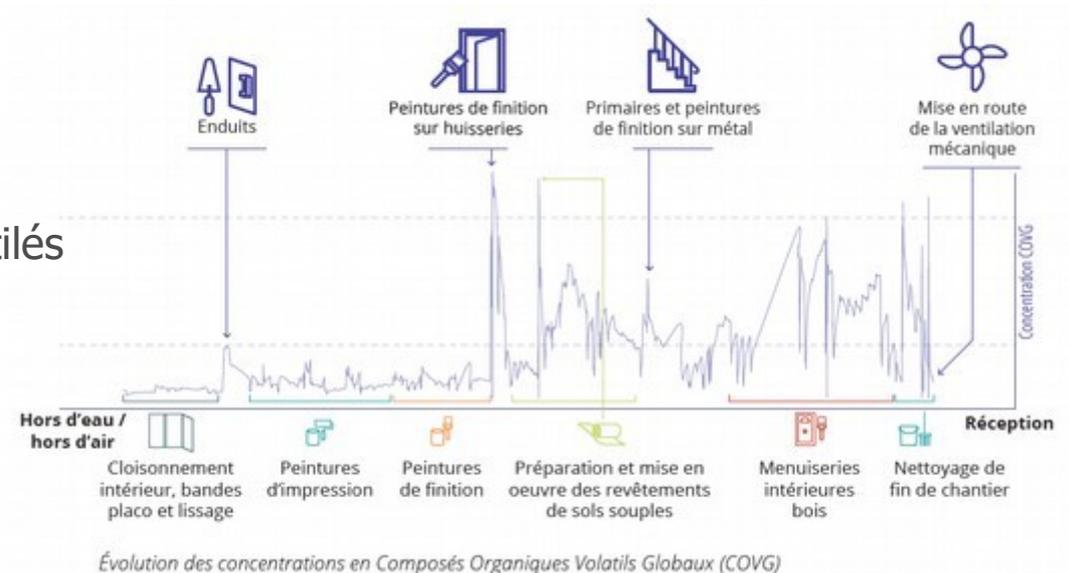
- stockage à part, dans des locaux ventilés

- VMC :

- gaines encapuchonnées

- Choix des matériaux

Exigences dans le CCTP



Évolution des concentrations en Composés Organiques Volatils Globaux (COVG)

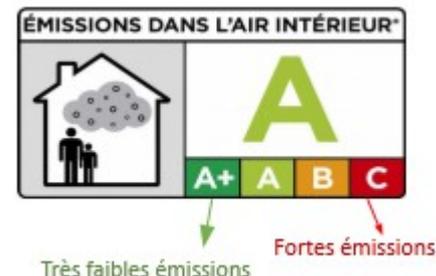
Source : AQC guide ICHA-QAI

# Étiquetage obligatoire décret 2011-321 + arrêté 19/04/2011

- (10) COV

Classes	C	B	A	A+
Formaldéhyde	>120	<120	<60	<10
Acétaldéhyde	>400	<400	<300	<200
Toluène	>600	<600	<450	<300
Tétrachloroéthylène	>500	<500	<350	<250
Xylène	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Triméthylbenzène	>2000	<2000	<1500	<1000
1,4-Dichlorobenzène	>120	<120	<90	<60
Éthylbenzène	>1500	<1500	<1000	<750
2-Butoxyéthanol	>2000	<2000	<1500	<1000
Styrène	>500	<500	<350	<250
COVT	>2000	<2000	<1500	<1000

En  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



- Produits concernés** : revêtements de sols/murs/plafonds, cloisons, produits d'isolation, fenêtres et portes, peintures/ vernis/colles/adhésifs



Auto - déclaration

# Labels



						
Teneur	TCOV	< 500 ppm	< 700 ppm	< 15 g/L prêt à l'emploi	< 30 g/L hors d'eau	= 15 000 ppm !
	Formaldéhyde	< 20 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm	
Émission	TCOV	< 300 µg/m³	-	-	-	
	Formaldéhyde	< 24 µg/m³	< 62,5 µg/m³	-	-	

Teneur = concentration en substance (ex COV) dans le produit

Émission = ce qui est dégagé en substance (ex COV) en fonction du temps



Matériaux naturel vs écologique vs sain  
Ex : amiante = fibre naturelle mais cancérigène

Source : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-logos-environnementaux-sur-les-produits.pdf>

FDES (fiche de déclaration environnementale et sanitaire) : [www.inies.fr](http://www.inies.fr)



Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment

- NF EN 15804+A1 et complément NF EN 15804/CN
- Vérification (organismes agréés par l'AFNOR)
- Validité : 5 ans
- Caractérisation :
  - Impacts environnementaux des produits (à chaque étape de leur cycle de vie)
  - Risques sanitaires – émissions (sur la base d'essais)

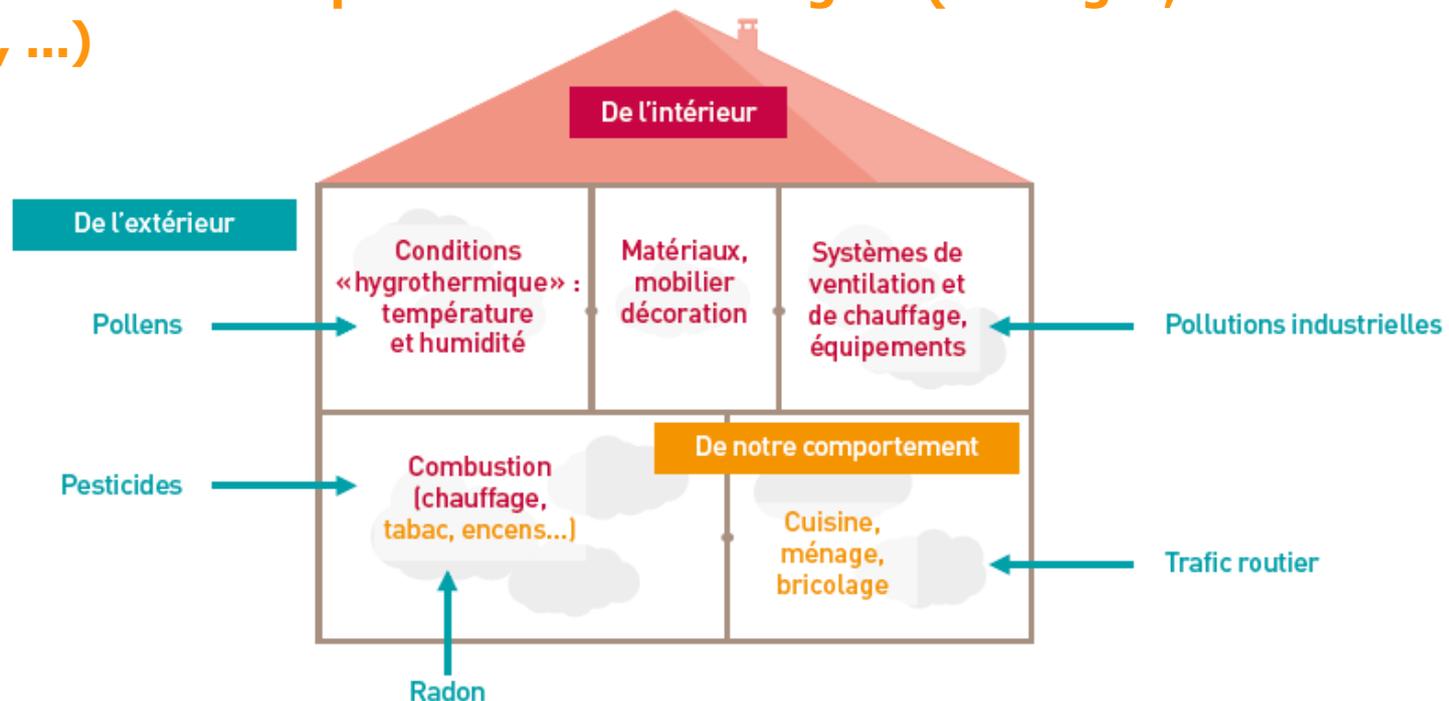
Comprendre son environnement en phases :

- conception
- chantier
- exploitation

# Limiter les émissions

## 3 catégories :

- sources extérieures
- sources liées au bâtiment (matériaux/décoration, ...)
- **sources liées aux comportements des usagers (ménages, activités de peintures, ...)**

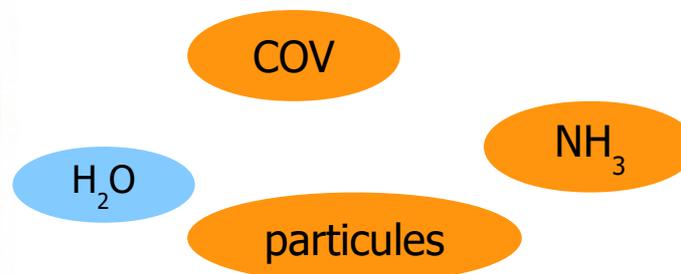


Source :Qualitel

*Les sources de polluants de l'air intérieur*

# Les sources liées à l'occupation

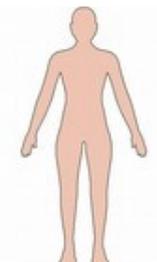
## Nettoyage



## Activités type bricolage



## Occupation humaine





### Produit d'entretien → mélange complexe

- Substance active (tensioactif)
- Additifs (conservateurs pour inhiber la croissance microbienne durant stockage/utilisation du produit)

formol - formaldéhyde

- Parfums et colorants

limonène, alpha-pinène, etc

Étude CSTB/INERIS 2013 :  
sur 54 produits testés,  
91 % contiennent du formaldéhyde  
et environ 50 % du limonène



Marketing : le propre n'a pas d'odeur

- Limiter le nombre de produits
- Choix des substances

## Substances particulièrement nocives



Produits qui n'affichent pas leurs composants...

## Labels de critères environnementaux et sanitaires



Source : Sciences environnement

- 
- Limiter le nombre de produits
  - Choix des substances
    - Étiquetage
    - Favoriser les produits naturels (bicarbonate, vinaigre blanc, savon noir, eau)
    - Favoriser le décapage thermique (centrale vapeur)
  - Vigilance sur l'application
    - Mode d'application (limiter sprays)
    - Respect des doses et de la dilution
    - Ne pas mélanger les produits  
eau de javel + détergent → agents chlorés
    - Période d'application (hors période d'occupation)
  - Vigilance sur le stockage (local dédié ventilé)



# Choix de substances peu émissives

Les achats **COMPRENDRE**

## Les logos environnementaux sur les produits

Panorama des logos sur des produits de notre quotidien

ADEME  
Agence de l'Environnement et de la Métrique de l'Énergie

Édition : septembre 2016

## le cartable sain

la rentrée à la bonne éco...le !

Les fournitures scolaires sont des produits de consommation courante qui ont un impact sur notre environnement et sur notre santé.

<http://cartable-sain-durable.fr/>

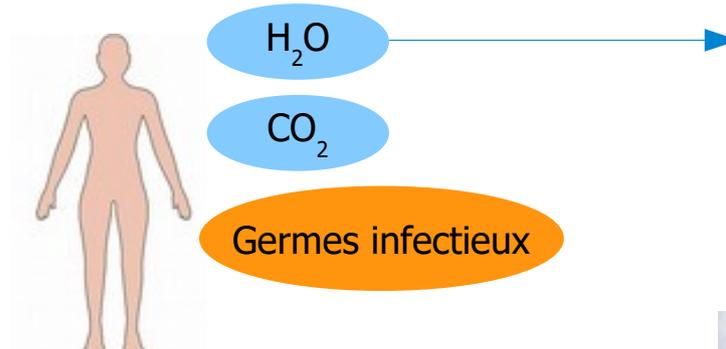
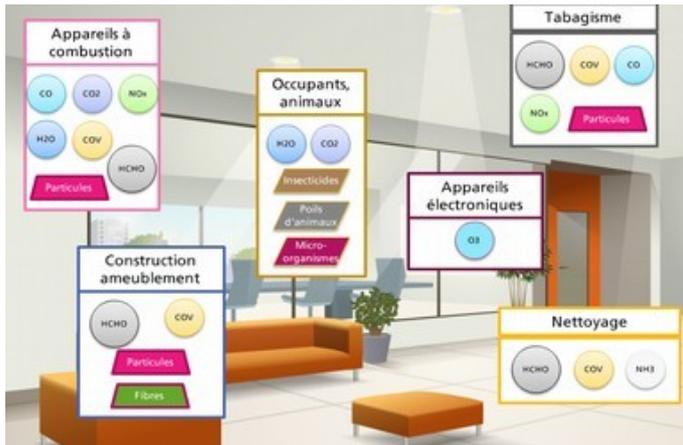
Comprendre son environnement  
en phase exploitation.

# Sommaire

- **Bonnes pratiques pour la QAI**
  - Limiter les émissions de polluants
  - **Améliorer le renouvellement d'air**

# Les clefs pour obtenir une bonne QAI

- Limiter les émissions
- Renouveler l'air
  - Pour évacuer l'air intérieur vicié



Dégâts sur le bâti



Source: Cerema

- Pour apporter de l'air « neuf » pour :
  - Les occupants
  - Les appareils à combustion



# Le renouvellement d'air

## 3 voies :

- **Défauts d'étanchéité à l'air**
  - Toutes les fuites dans l'enveloppe du bâtiment.
- **Ventilation**
  - Système, passif ou actif, qui permet de renouveler l'air intérieur
- **Aération**
  - Action (ponctuelle) d'ouvrir les fenêtres/portes donnant sur l'extérieur

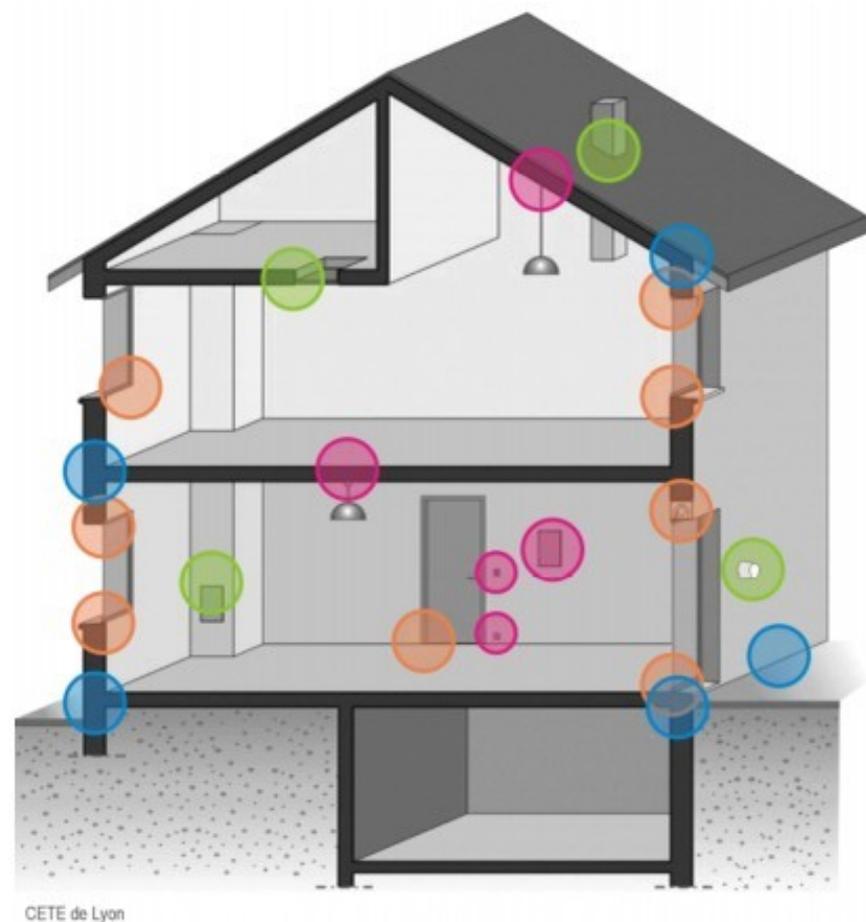


Volontaire / contrôlable

# Défauts d'étanchéité

Toutes les fuites au travers de l'enveloppe du bâtiment

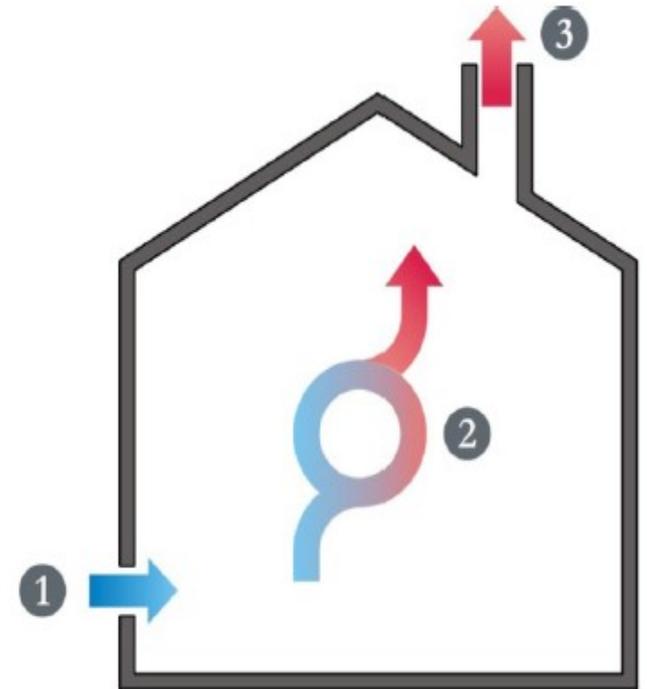
- Flux non maîtrisés (débits/circulation) et non constants



# Ventilation

Systeme, passif ou actif, qui permet de renouveler l'air intérieur

- 1 Introduire à l'intérieur du bâtiment de l'air neuf issu de l'extérieur
- 2 Faire circuler cet air neuf dans les locaux pour diluer et renouveler l'air intérieur
- 3 Extraire l'air vicié des locaux et le rejeter à l'extérieur

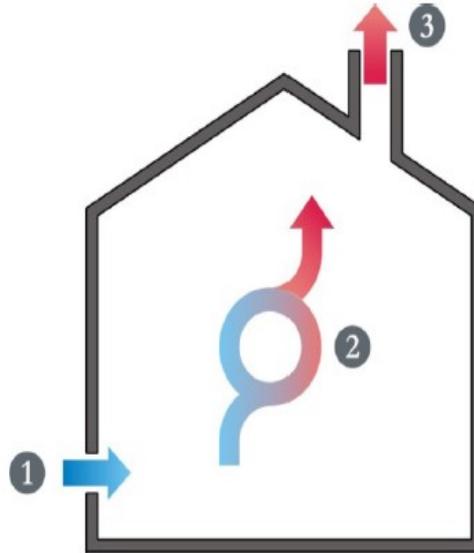
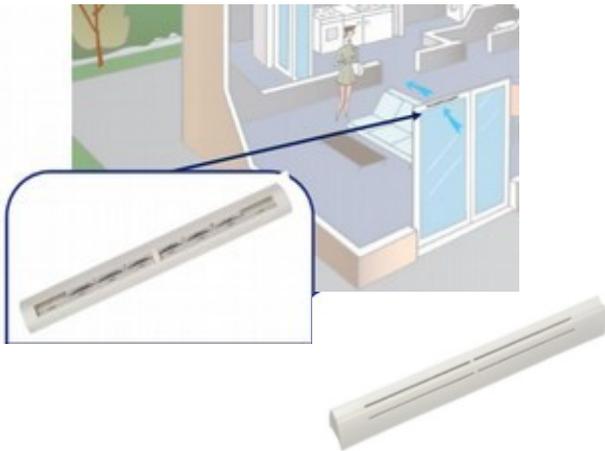


Source : Cerema, R.Jobert

# Ventilation

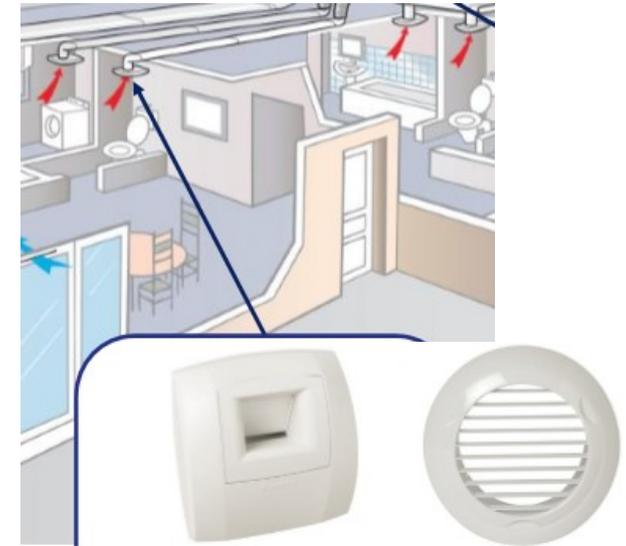
1

Source : Aldes



Source : Cerema, R.Jobert

3



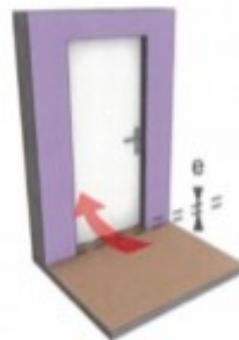
Source : Aldes

[Source : Règle de l'Art Grenelle Environnement 2012, NF DTU 68.3]

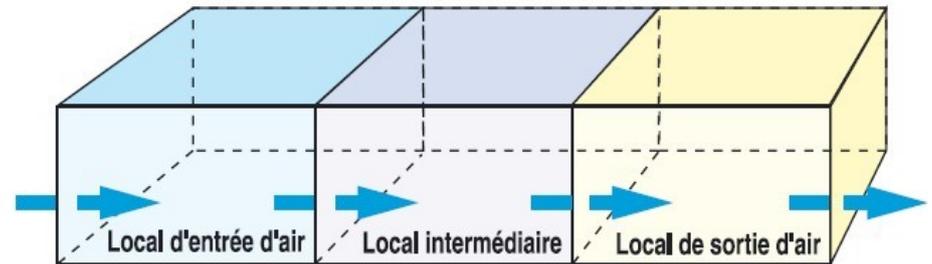
2



Cas général hors cuisine



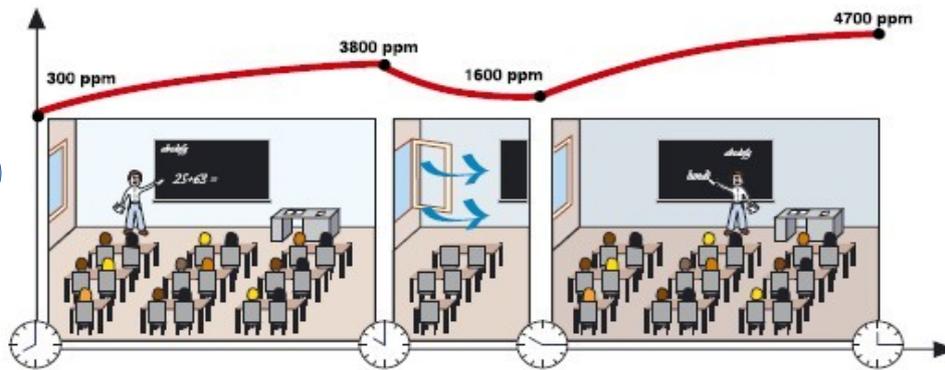
e = 1 porte : 1 cm



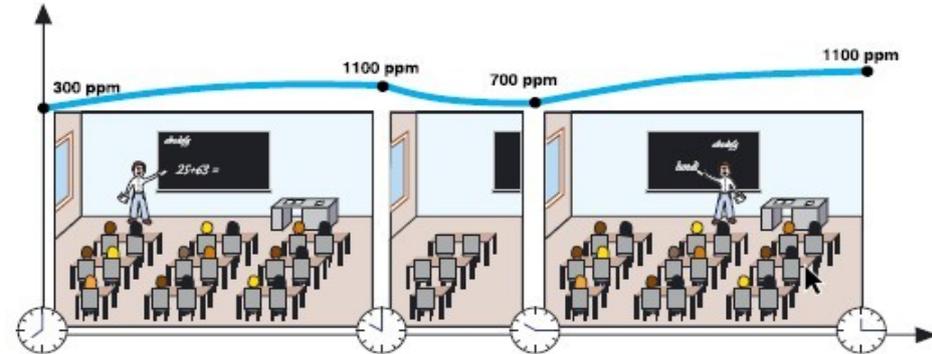
Source : CETIAT

# Ventilation

CO<sub>2</sub>

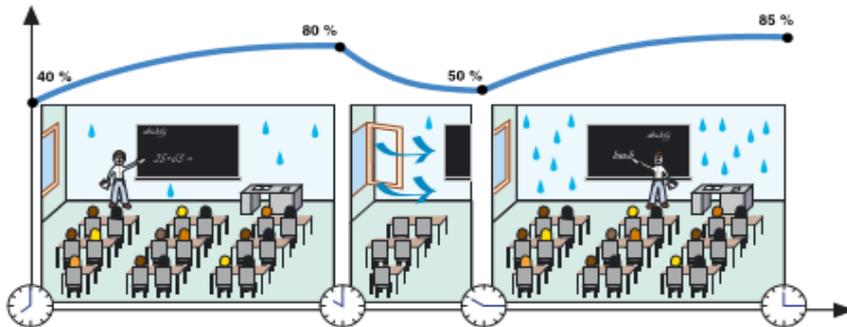


Cas " sans ventilation " : infiltrations 0.2Vol/h (intercours 4Vol/h)

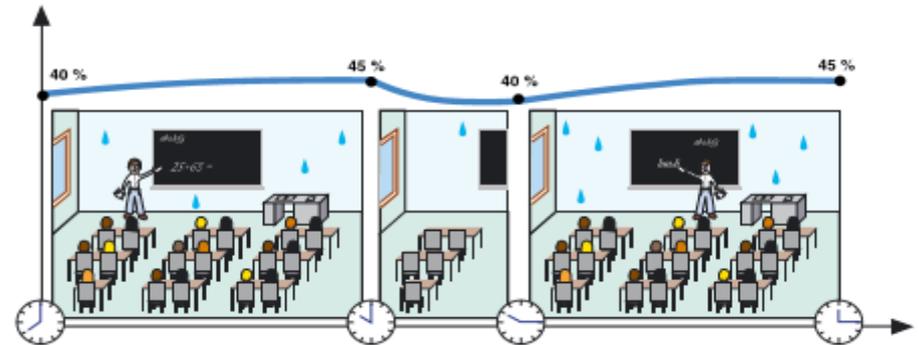


Cas " avec ventilation " : 18m<sup>3</sup>/h/pers->2.6Vol/h (en permanence)

HR



Cas " sans ventilation " : infiltrations 0.2Vol/h (intercours 4Vol/h)



Cas " avec ventilation " : 18m<sup>3</sup>/h/pers->2.6Vol/h (en permanence)



Bâtiments anciens /  
rénovations thermiques

## réglementations

Renouvellement air : RSDT / CT

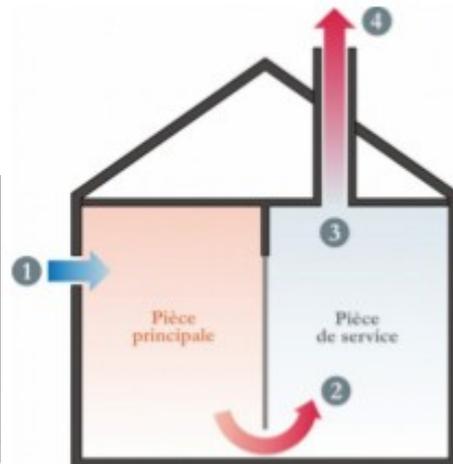
[CO<sub>2</sub>] : RSDT → 1000ppm max 1300ppm

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

# Ventilation

## Principaux systèmes :

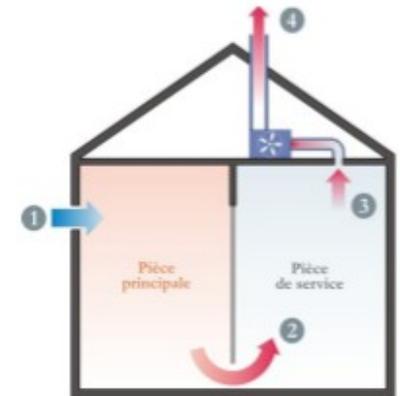
- Ventilation naturelle



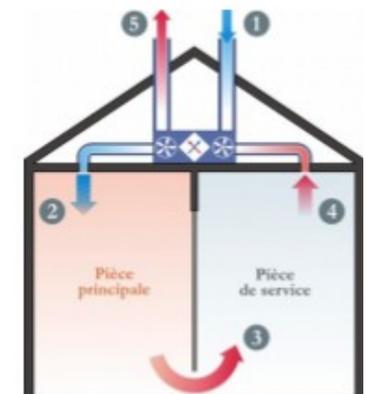
Source : Cerema, R.Jobert

- Ventilations mécaniques contrôlées (VMC) :

- Simple flux



- Double flux

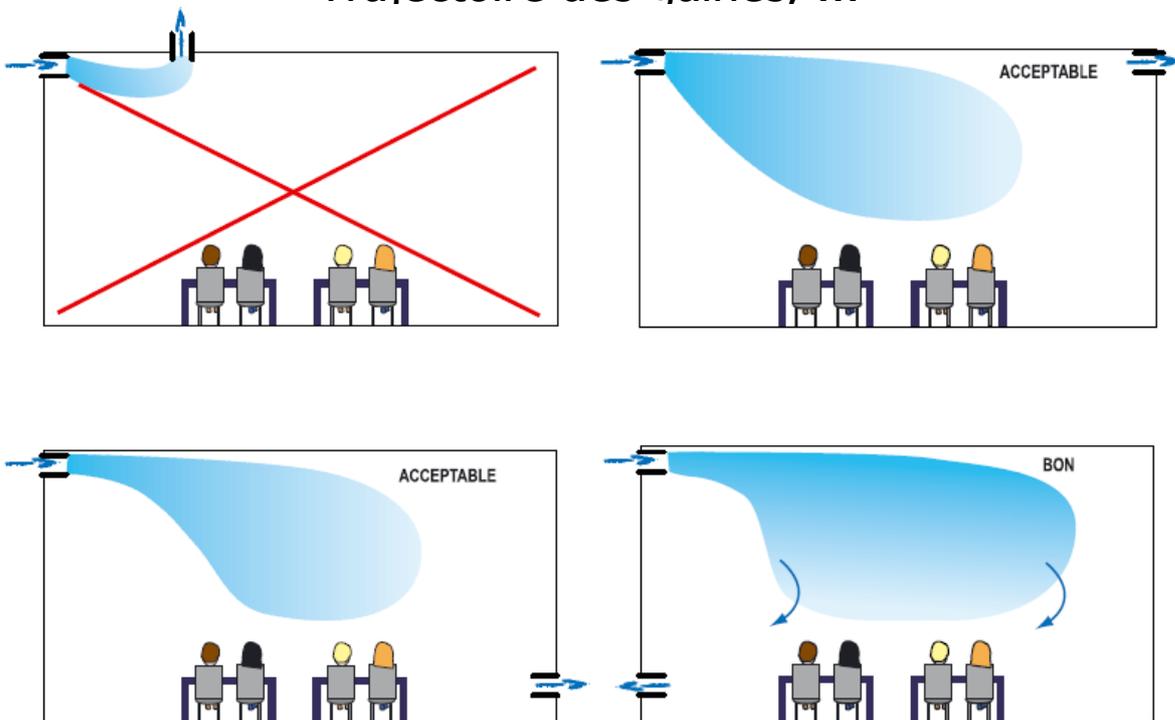


Source : Cerema, R.Jobert

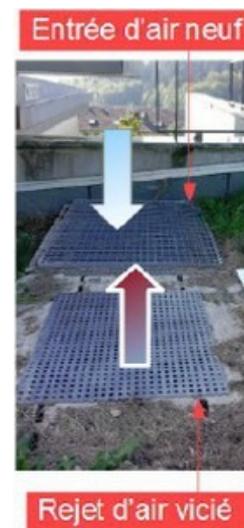
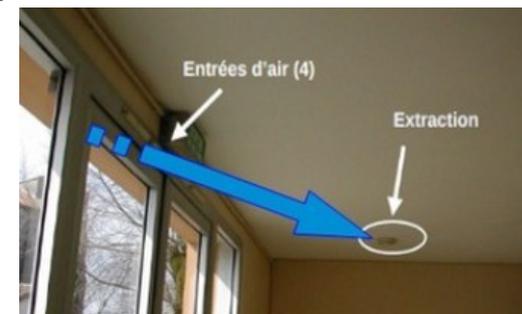
# Ventilation

Vigilance durant la phase de conception et d'installation :

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



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

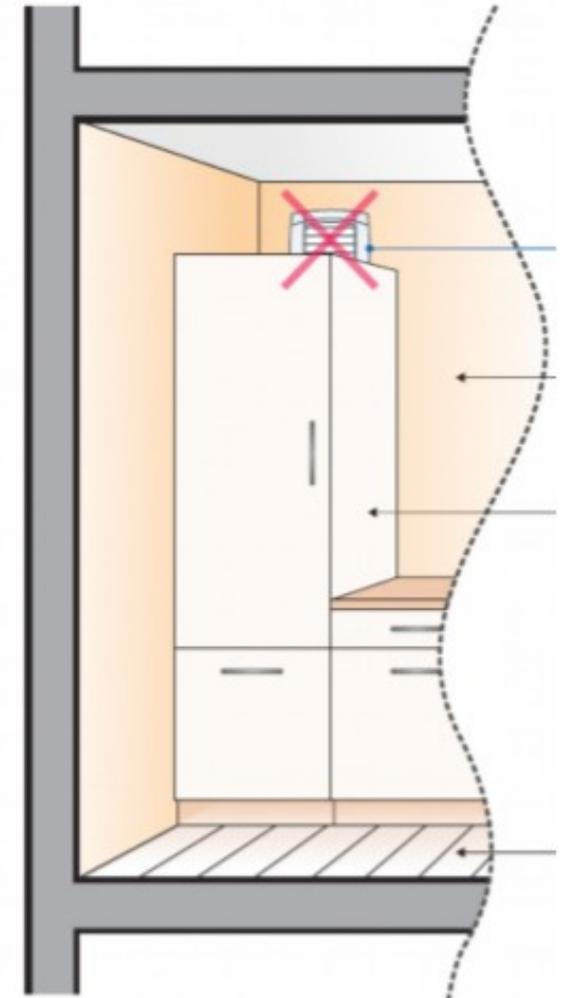


Comprendre son bâtiment en phase  
conception + suivi de travaux.

# Ventilation

Vigilance durant l'exploitation :

- Entretien des systèmes



Source : VIA Qualité

# Ventilation

## Vigilance durant l'exploitation :

- Entretien des systèmes

Arrêté 08/10/1987 relatif au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement dans les locaux de travail :

- employeur chargé de les maintenir un bon état de fonctionnement et de faire contrôler régulièrement
- chef d'établissement doit tenir à jour une notice d'instruction + les consignes d'utilisation

Entrée d'air → dépoussiérées au chiffon (tous les 3 mois)

Bouches d'insufflation/extraction → lavage eau savonneuse (tous les 3/6 mois)

Conduits → ramonage à la brosse / soufflage ou aspiration par section

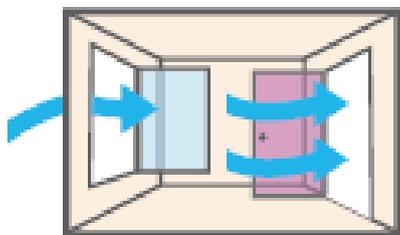
Groupe ventilateur → dépoussiéré au chiffon/aspirateur (tous les ans)

Les filtres → aspirés ou changés (tous les 3/6 mois)

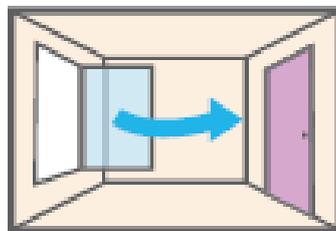
Comprendre son bâtiment en  
phase exploitation.

# Aération

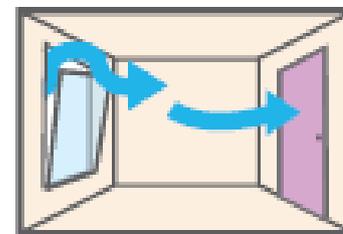
Action (ponctuelle) d'ouvrir les fenêtres/portes donnant sur l'extérieur



2 – 4 minutes



4 – 10 minutes



inadapté

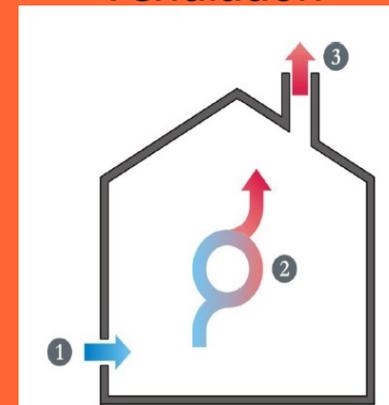
Source : Ademe, Malette Ecol'air v2018

→ complémentaire à la ventilation

Étude Esteban, SPF 2019 → impact visible des pratiques d'aération sur la contamination des occupants à différents polluants (perfluorés, retardateurs de flammes bromés, etc)

# RA – synthèse

Voies de renouvellement de l'air intérieur	Aération	Défauts d'étanchéité à l'air	Ventilation
Définition	Action (ponctuelle) d'ouvrir les fenêtres/portes donnant sur l'extérieur	Toutes les fuites dans l'enveloppe du bâtiment.	Système, passif ou actif, qui permet de renouveler l'air intérieur
Bonnes pratiques / vigilances	Nécessaire et complémentaire de la ventilation	En baisse → vigilance en rénovation : RA à compenser par la ventilation Limiter les défauts d'étanchéité peut améliorer la QAI	50 % de non conformité dans le neuf → vigilances à toutes les phases : conception / mise en œuvre / usage



# Sommaire

- Bonnes pratiques pour la QAI
  - Limiter les émissions de polluants
  - Améliorer le renouvellement d'air
- **Cas particulier d'un polluant spécifique : le radon**

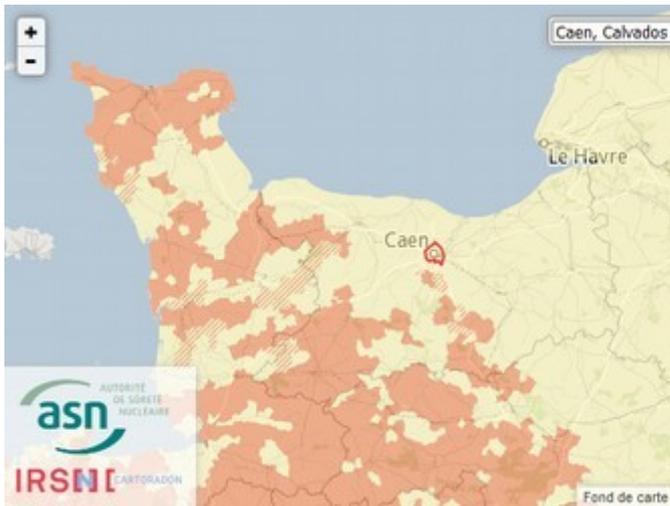
# Le radon



Uranium 238



**Gaz**  
**Radioactif** 



**Naturel**



Source : ASN, RME, IRSN

**Cancérogène certain**



Source : ASN, RME, IRSN

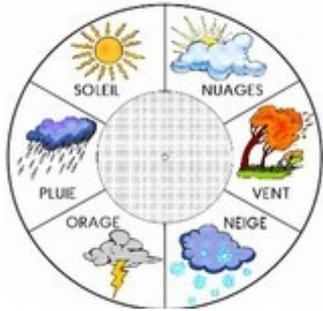
3000 morts/an

2ème cause  
cancer pulmonaire  
(après tabac)

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

# Activité volumique dans l'air intérieur

Propriétés du bâtiment



Source : ASN, iffo RME, IRSN

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

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

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

Paramètres extérieurs

Uranium 238



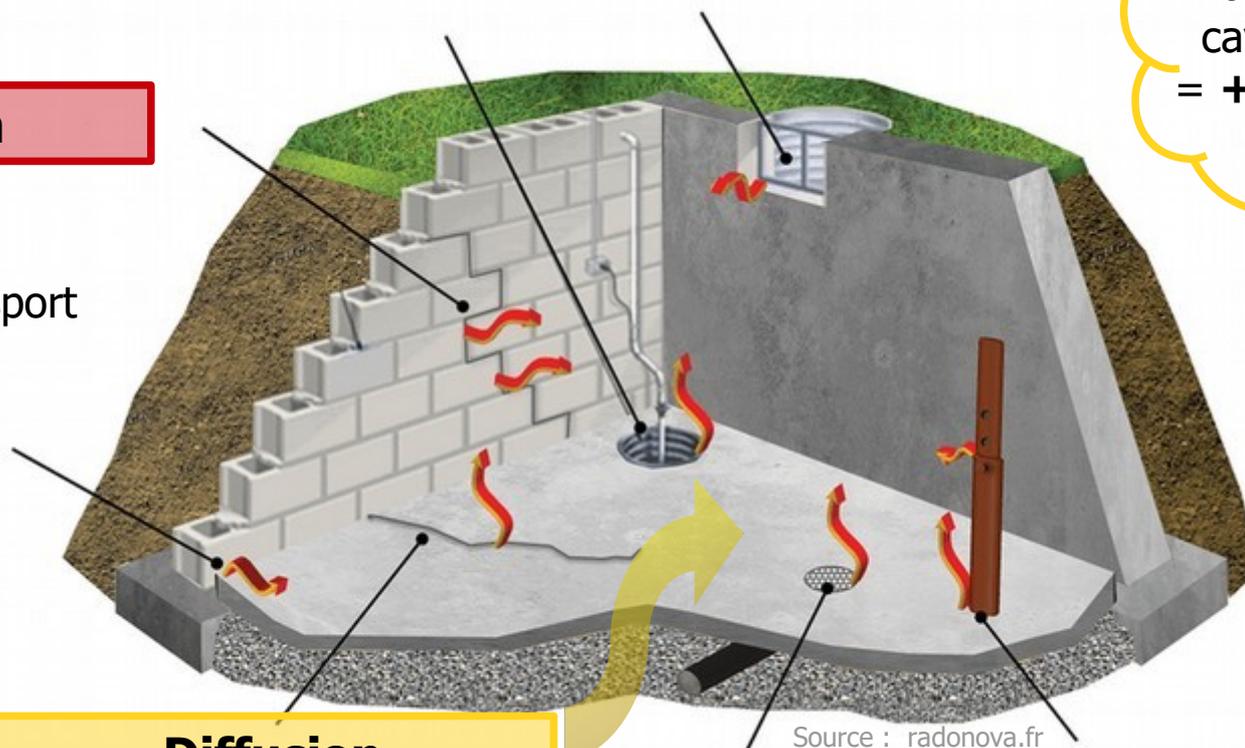
# Défauts d'étanchéité sol/bâti

Résultats campagne  
Bourgogne 2015-2016  
logements avec  
cave terre-battue  
= **+ 40 %** en taux  
mesurés

## 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 »

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

- Tirage thermique

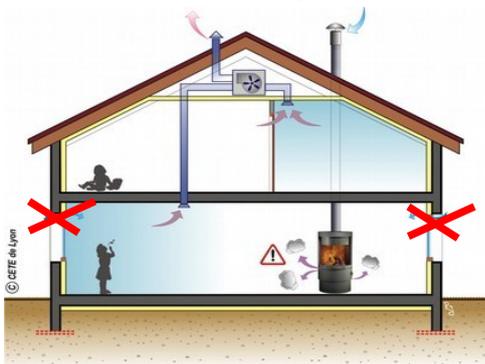


# Facteur « aggravant »

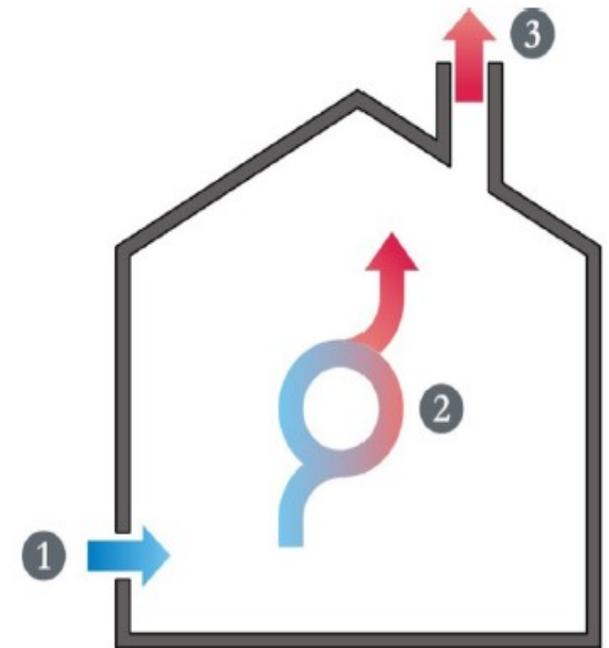
Le transport convectif est favorisé par la mise en dépression du bâtiment :

- Tirage thermique
- Déséquilibre de la ventilation

exemple VMC simple flux



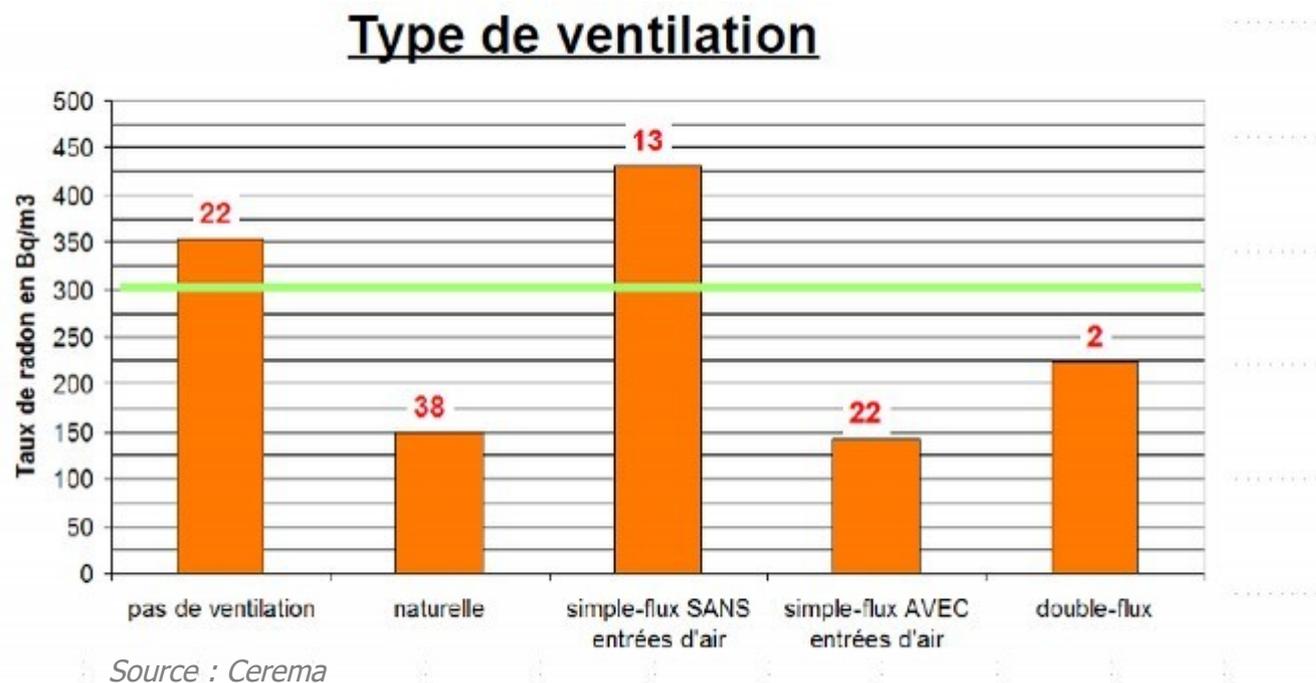
Source : Cerema



Source : Cerema, R.Jobert

# Illustration rôle ventilation

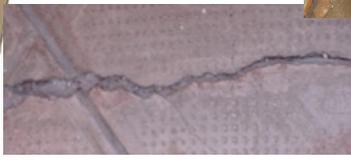
## Résultats de la campagne Bourgogne hiver 2015-2016 (97 logements)



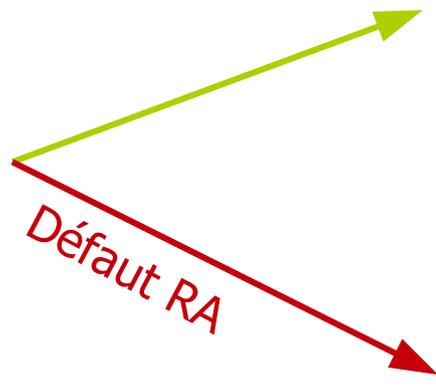
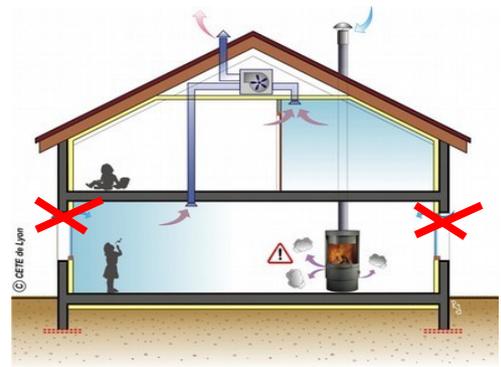
# Résumé radon



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



Radon  $\xrightarrow{\text{Défaut d'étanchéité}}$  Bâtiment  
Dépression



Évacuation



Accumulation

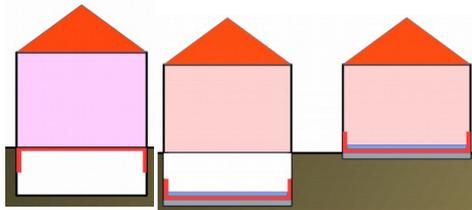
## Étancher l'interface entre le sol et le bâti

But : empêcher la pénétration du radon

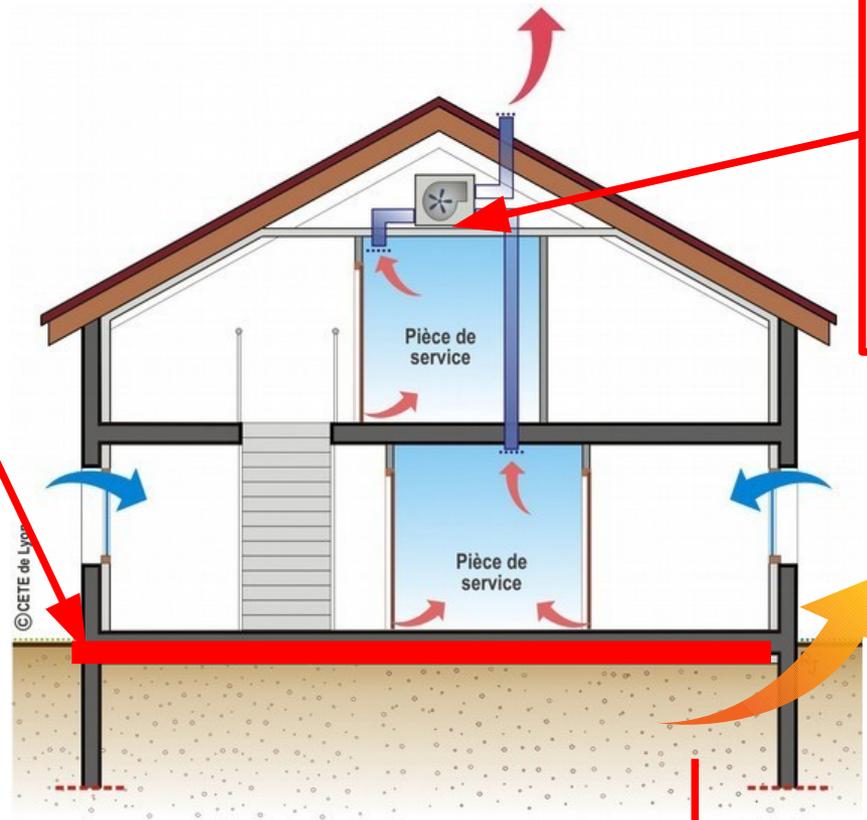
### Traitement ponctuel



### Traitement des surfaces



Source : Cerema



## Traiter la ventilation et l'aération

Buts :

- Améliorer le renouvellement de l'air
- Diminuer la dépression

### Non conformités

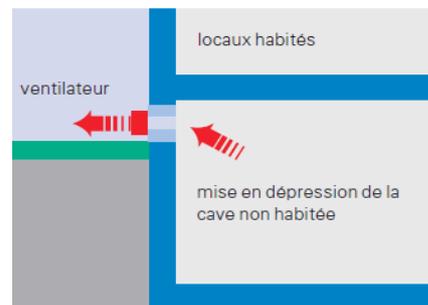


### Usage



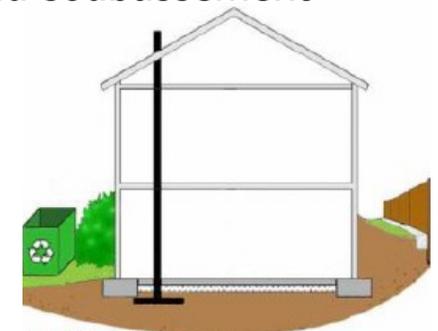
## Traiter le soubassement

Buts : extraire et diluer le radon



Source: OFSP

### Mise en dépression du soubassement



Source: ecohabitation.com

# références



## GUIDE GRAND AIR

Des idées pour inspirer  
ceux qui aspirent  
à changer d'air intérieur

L'AIR INTÉRIEUR, FAITES QU'IL SOIT LE MEILLEUR

[https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/03/MEDIECO\\_GUIDE\\_GRAND\\_AIR-Avril\\_2016.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/03/MEDIECO_GUIDE_GRAND_AIR-Avril_2016.pdf)

<https://www.ademe.fr/labels-environnementaux>

COLLECTIVITÉS - PROFESSIONNELS - USAGERS

## écol'air

Un établissement qui respire, c'est bon pour l'avenir !

Les outils pour une bonne gestion  
de la qualité de l'air dans les écoles



<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ecolair-2018-010490.pdf>



<https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf>



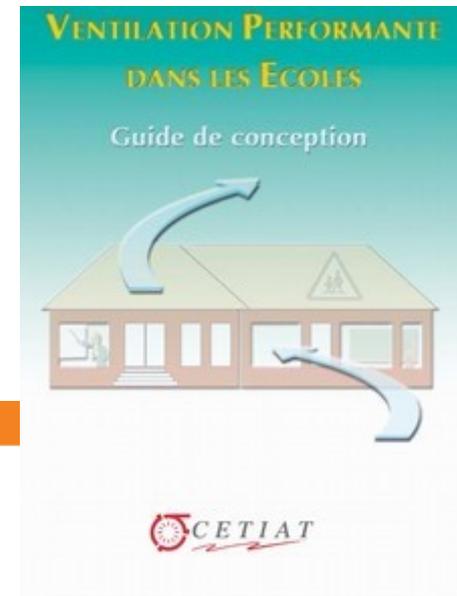
## GUIDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

RECOMMANDATIONS  
→ AVANT  
→ PENDANT  
→ APRÈS  
LES TRAVAUX



SEPTEMBRE 2014

Source : [https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/08/Guide\\_QAI\\_web\\_10\\_reduit\\_tetp\\_cle5389c2.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/08/Guide_QAI_web_10_reduit_tetp_cle5389c2.pdf)





Prévenir les désastres,  
améliorer la qualité  
de la construction



PÔLE  
PRÉVENTION  
CONSTRUCTION  
Professionnels

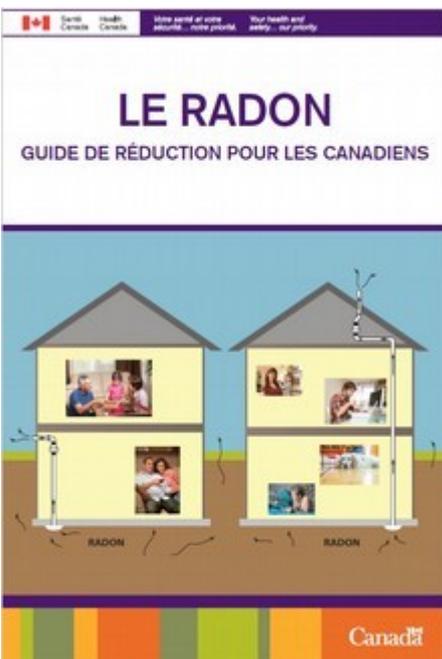
PENSER QUALITÉ DE L'AIR  
INTÉRIEUR EN PHASE CHANTIER  
GUIDE MÉTHODOLOGIQUE



<https://qualiteconstruction.com/publication/penser-qualite-de-lair-interieur-en-phase-chantier-guide-methodologique/>

## Sites internet

- <https://jurad-bat.net/>
- [www.batiment-ventilation.fr](http://www.batiment-ventilation.fr)



Manuel  
suisse  
du radon

<http://docplayer.fr/4749998-Manuel-suisse-du-radon.html>





Merci pour votre attention

[ambre.errard@cerema.fr](mailto:ambre.errard@cerema.fr)

[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)