

La Qualité de l'Air Intérieur dans les bâtiments

AICVF Poitiers, 2 Décembre 2022

Alice Micolier
En charge de la R&D à **Octopus Lab**

SOMMAIRE

1.

La problématique de la Qualité de l'Air Intérieur dans les bâtiments

2.

La Qualité de l'Air Intérieur, qu'est ce que c'est?

3.

La pollution de l'air intérieur, comment agir?
Présentation d'INDALO®

4.

La pollution de l'air intérieur, comment agir?
Présentation d'INDALO®-Supervision



1.

LA PROBLÉMATIQUE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES BÂTIMENTS

PROBLÉMATIQUE DE LA POLLUTION DE L'AIR

7

millions de décès / an dans le monde

8

fois plus de polluants à l'intérieur qu'à l'extérieur

A black silhouette of the map of France is centered on a white background. The number '67 000' is written in a bold, green, sans-serif font in the center of the map.

67 000

LA POLLUTION INTÉRIEURE : QUELS IMPACTS ?

COV (Formaldéhyde), CO₂, Particules fines...

- Irritation, fatigue, céphalées
- Crises d'asthme
- Maladies du sang, cardiovasculaires...
- Irritations des voies respiratoires = porte d'entrée COVID

A photograph of a hospital hallway. In the foreground, a man in blue scrubs is pushing a gurney. In the background, a patient is sitting in a wheelchair, and several other medical staff members are walking. The hallway is brightly lit with overhead lights. The text "COMMENT EN EST-ON ARRIVÉS LÀ ?" is overlaid in the center of the image.

**COMMENT EN EST-ON
ARRIVÉS LÀ ?**

AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?

- **1972**: Émergence des préoccupations environnementales
Rapport du Club de Rome
- **1973**: Embargo pétrolier de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole
Crise énergétique



XIXe

60's

AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?

- **1972**: Émergence des préoccupations environnementales
Rapport du Club de Rome
- **1973**: Embargo pétrolier de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole
Crise énergétique



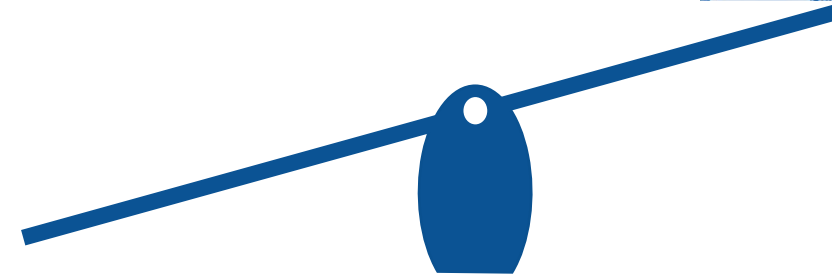
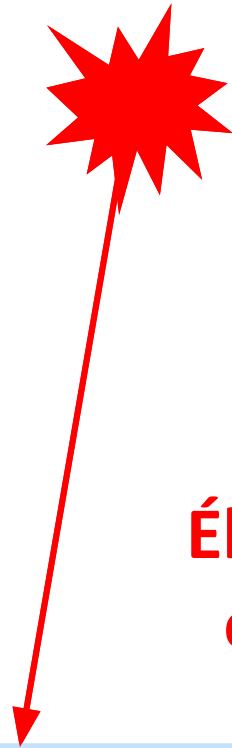
Éliminer les sources d'énergie fossiles en passant aux énergies renouvelables et accroître notre efficacité énergétique

XIXe

60's

AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?

Le secteur de la construction, un
des principaux générateurs
d'impacts environnementaux, et
donc un levier essentiel...

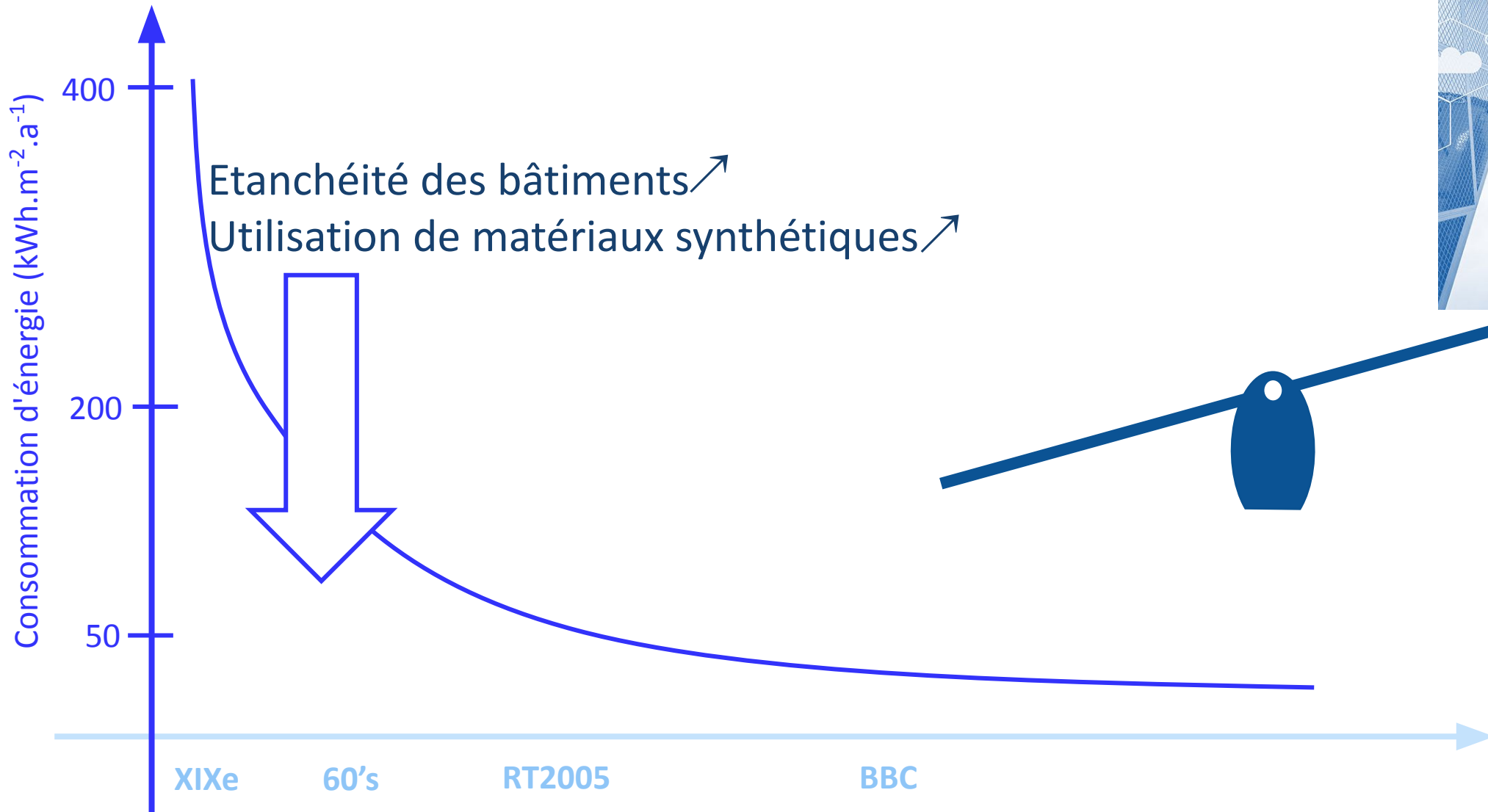


**Éliminer les sources d'énergie fossiles en passant aux
énergies renouvelables et accroître notre efficacité
énergétique**

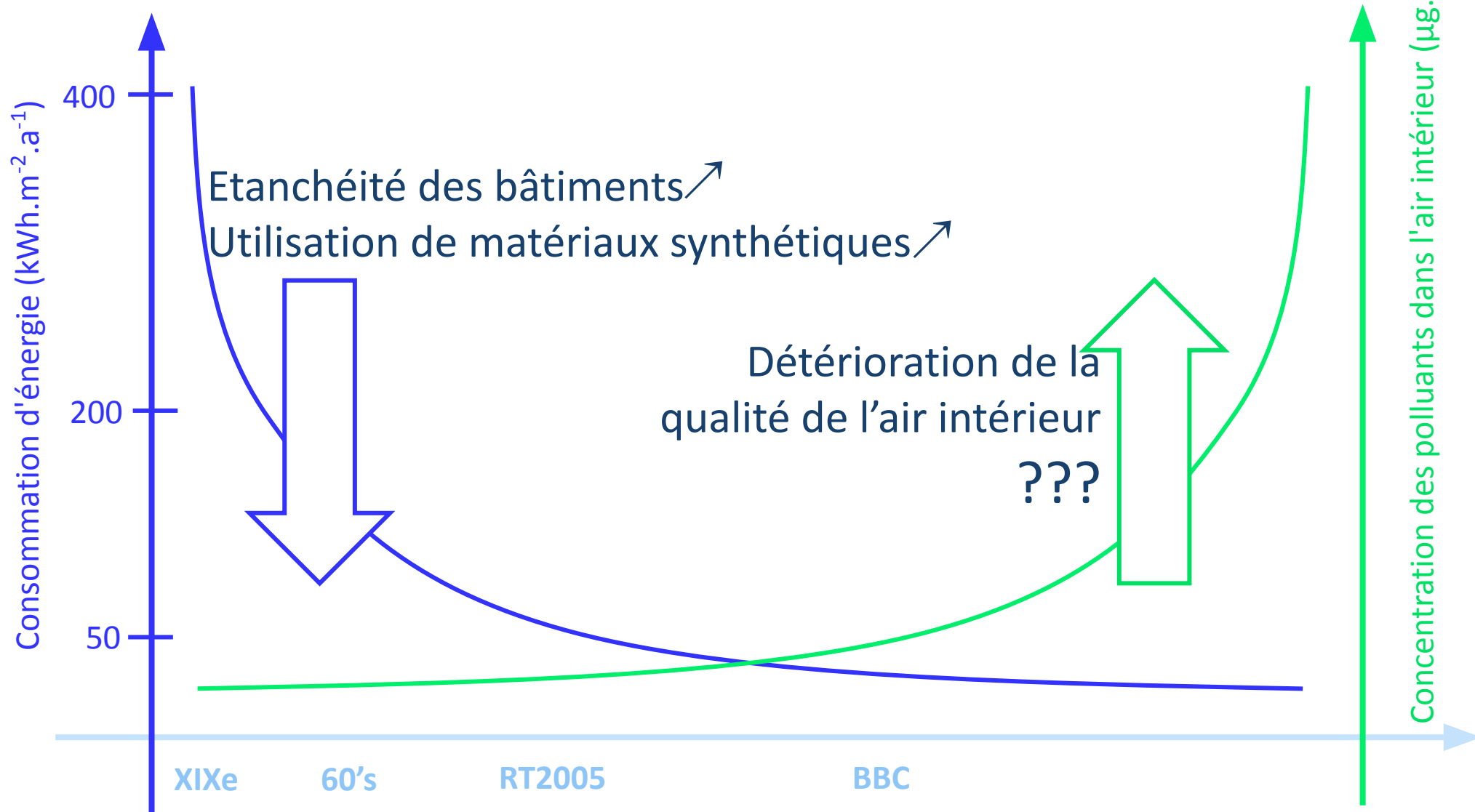
XIXe

60's

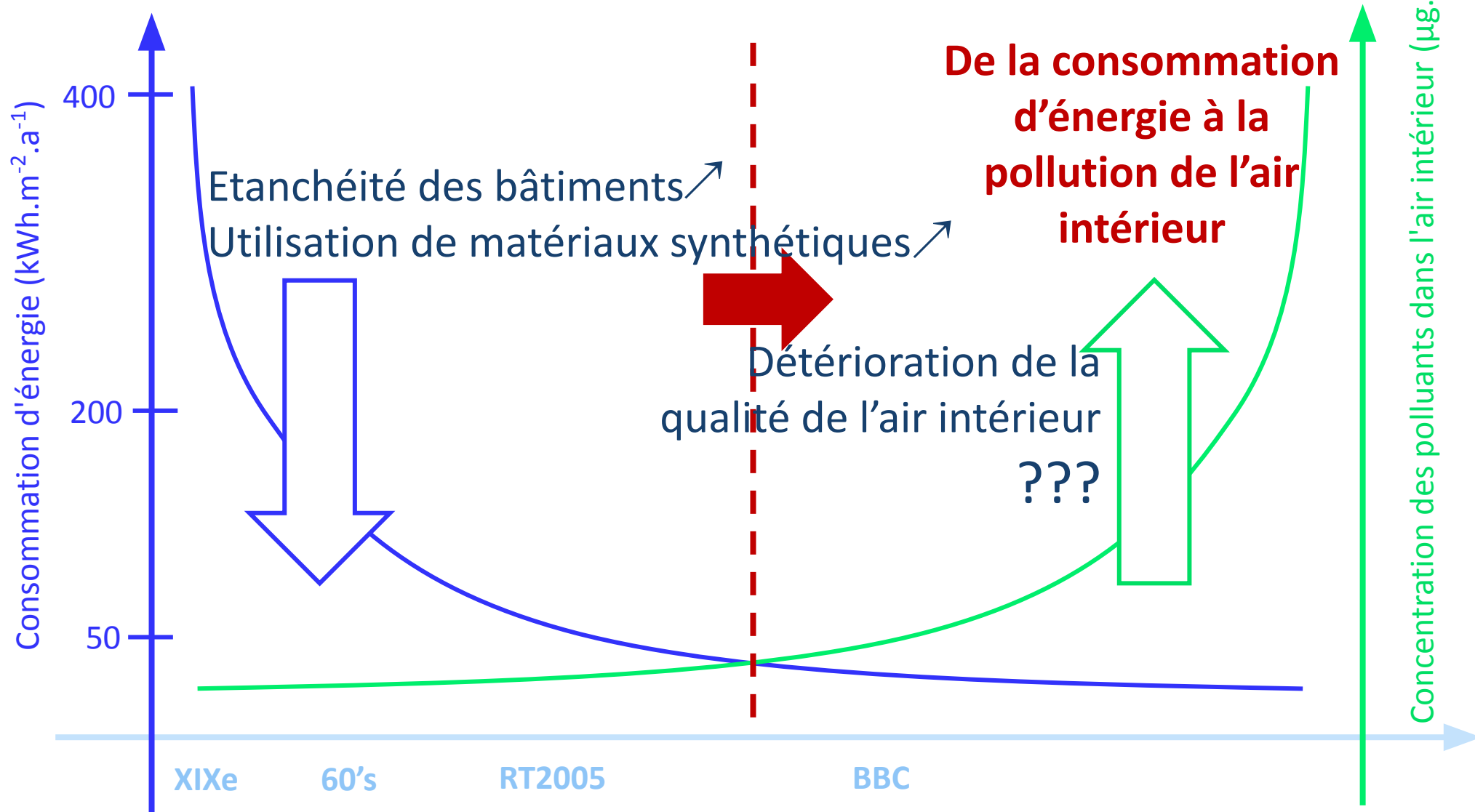
AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?



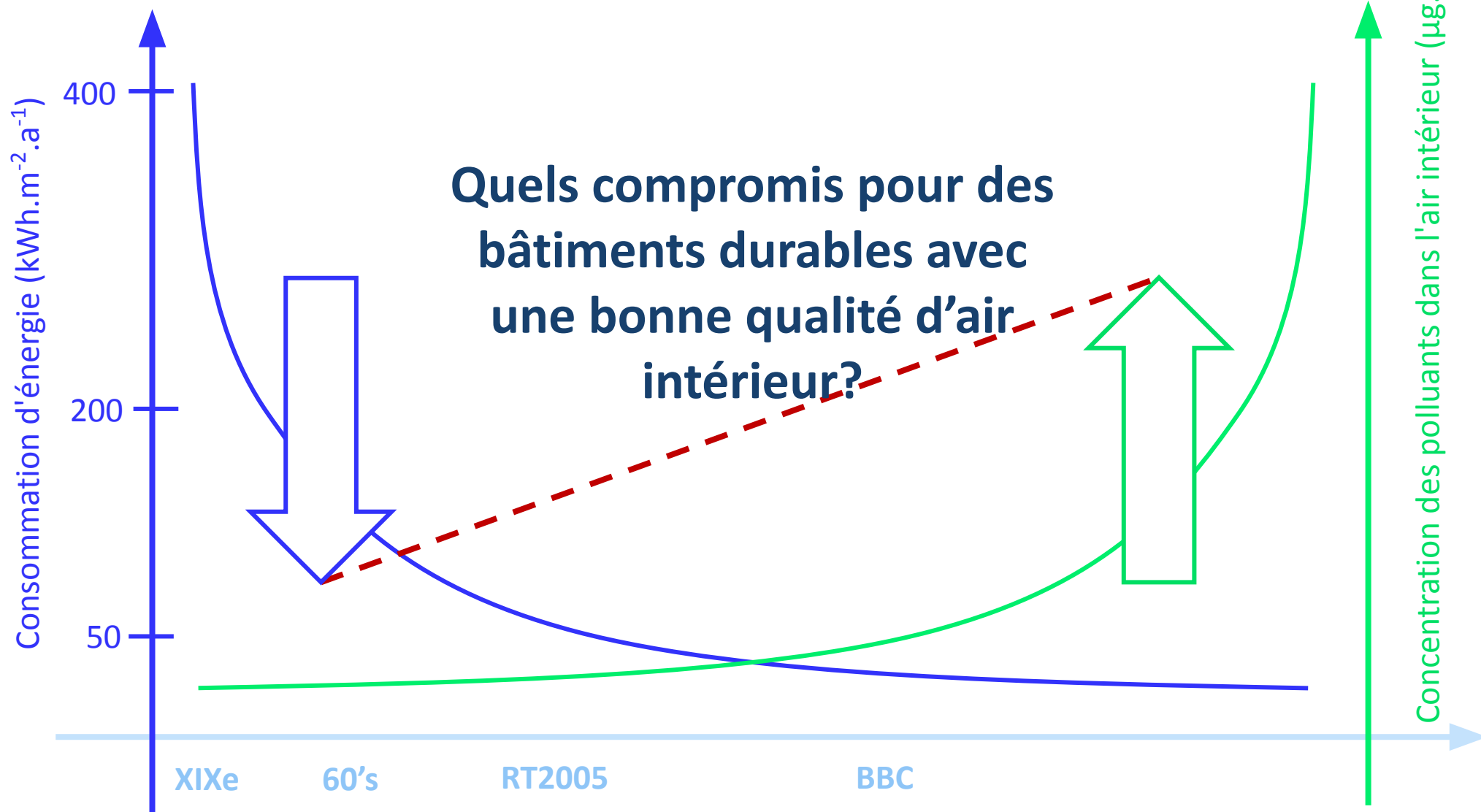
AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?



AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?



AIR INTÉRIEUR, ÉNERGIE, ENVIRONNEMENT : Quels liens, quels compromis ?





2.

LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR, QU'EST-CE QUE C'EST?

internet drawings

DEFINITION DE LA QUALITE DE L'AIR

La qualité de l'air intérieur n'a pas de définition universelle

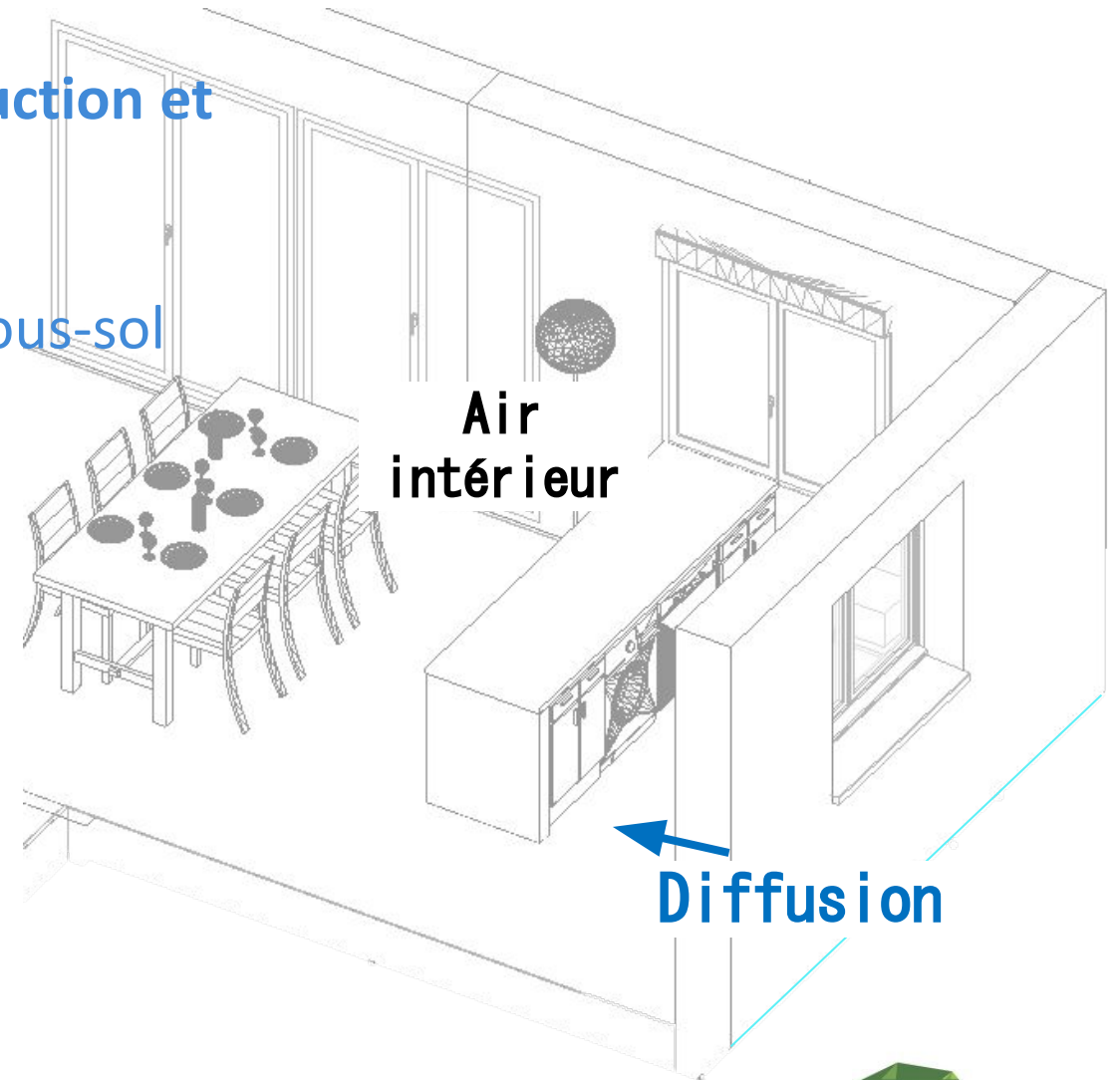
Selon l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis

"la qualité de l'air intérieur est définie comme la qualité de l'air dans et autour des bâtiments et des structures, dans la mesure où elle est liée à la santé et au confort des occupants du bâtiment"

AIR INTÉRIEUR :

Quelles sources de pollution ?

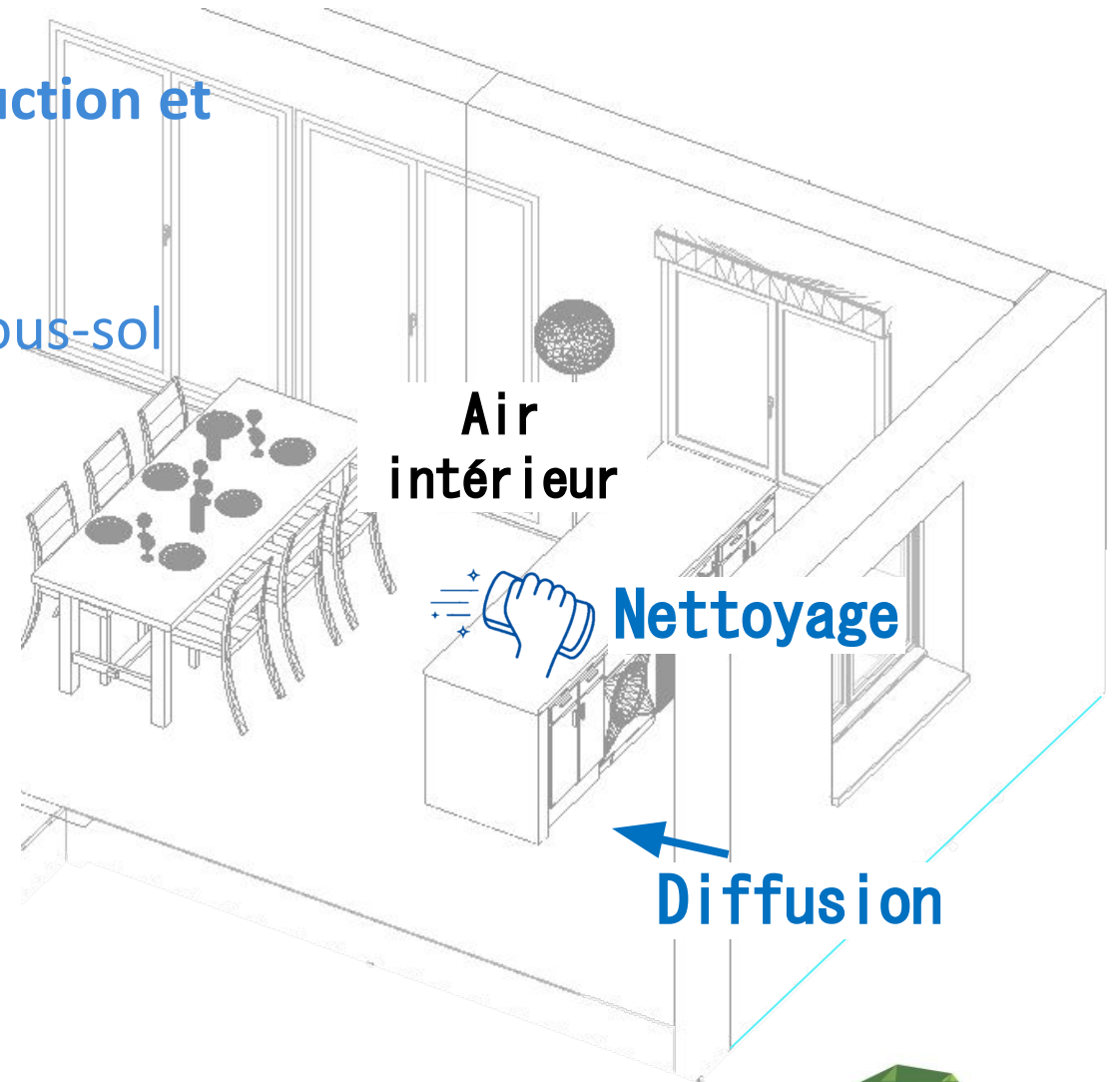
- Émissions continues des **matériaux de construction et des meubles**
- Émissions continues de **radon** provenant du sous-sol



AIR INTÉRIEUR :

Quelles sources de pollution ?

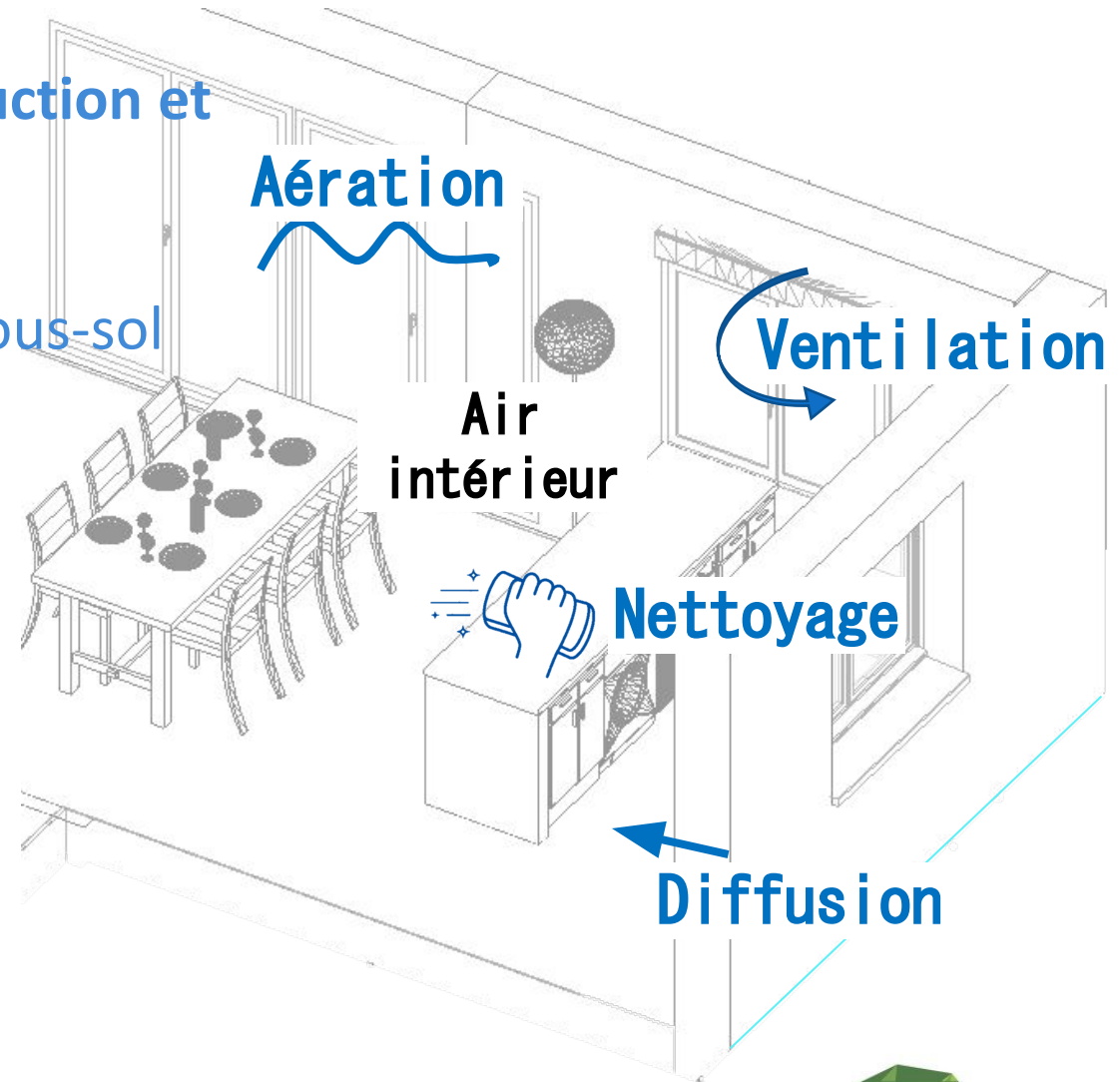
- Émissions continues des **matériaux de construction et des meubles**
- Émissions continues de **radon** provenant du sous-sol
- Émissions épisodiques des **activités des occupants** (tabagisme, cuisson, nettoyage) qui peuvent générer des polluants spécifiques ou des mixtures de polluants



AIR INTÉRIEUR :

Quelles sources de pollution ?

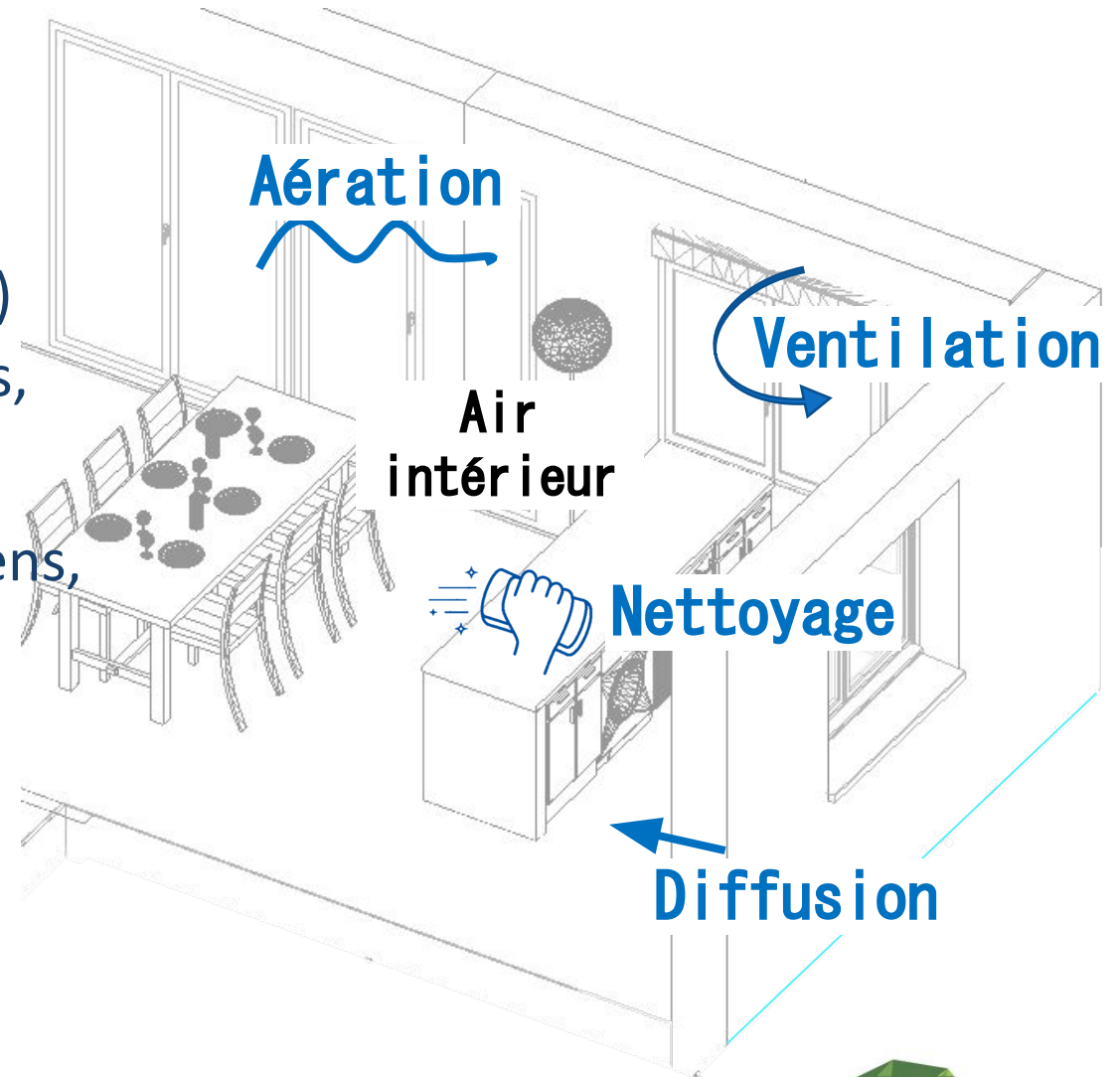
- Émissions continues des **matériaux de construction et des meubles**
- Émissions continues de **radon** provenant du sous-sol
- Émissions épisodiques des **activités des occupants** (tabagisme, cuisson, nettoyage) qui peuvent générer des polluants spécifiques ou des mixtures de polluants
- **Renouvellement de l'air** (ventilation et aération) permettant la *pénétration des polluants extérieurs* à l'intérieur et *l'extraction des polluants intérieur vers l'extérieur*



AIR INTÉRIEUR :

Quels types de polluants ?

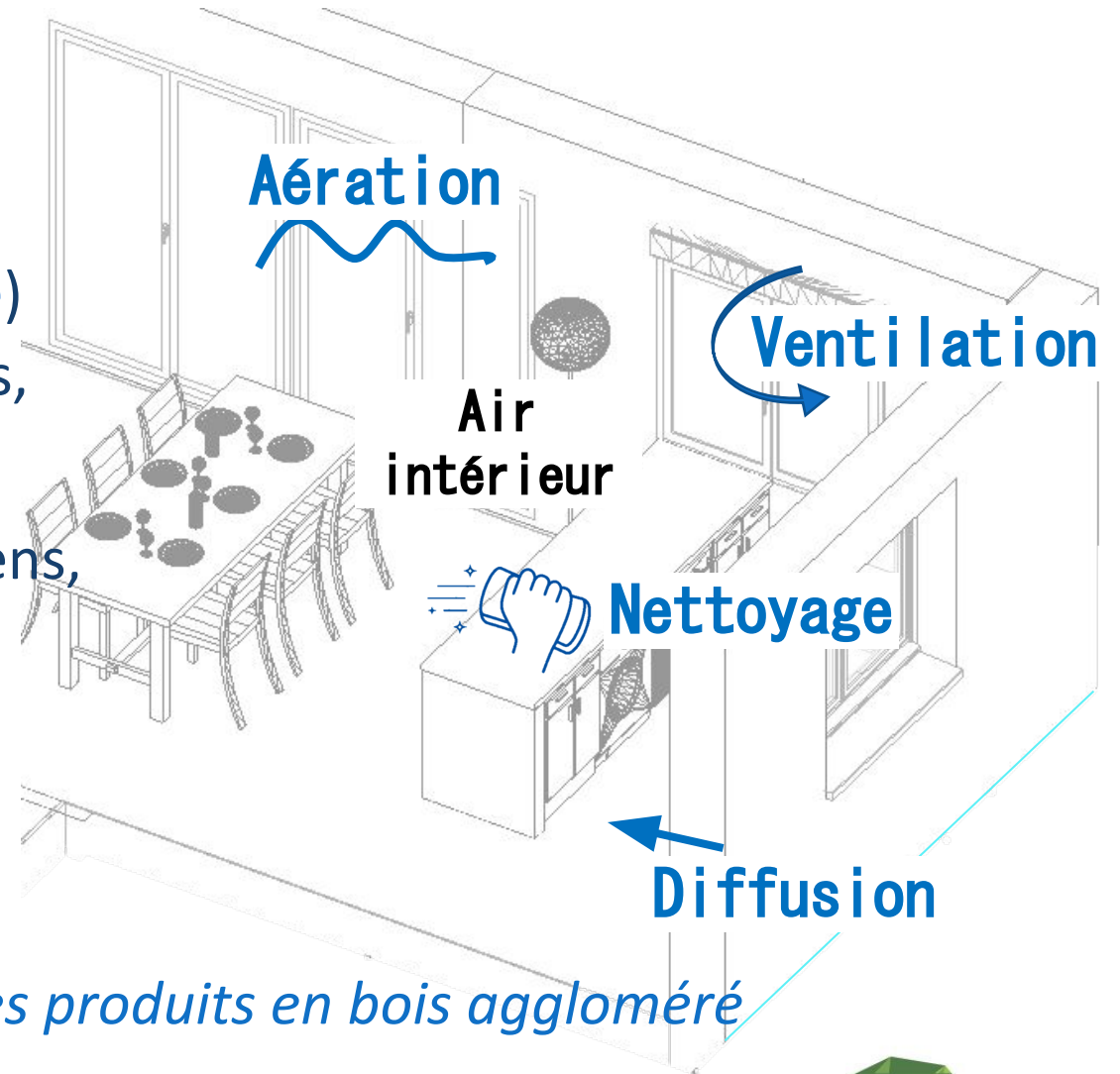
- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (formaldéhyde)
composés organiques semi-volatils (phtalates, retardateurs de flamme)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens, pollens
- **Polluants physiques :** radon, particules fines



AIR INTÉRIEUR :

Quels types de polluants ?

- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (**formaldéhyde**)
composés organiques semi-volatils (phtalates, retardateurs de flamme)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens, pollens
- **Polluants physiques :** radon, particules fines



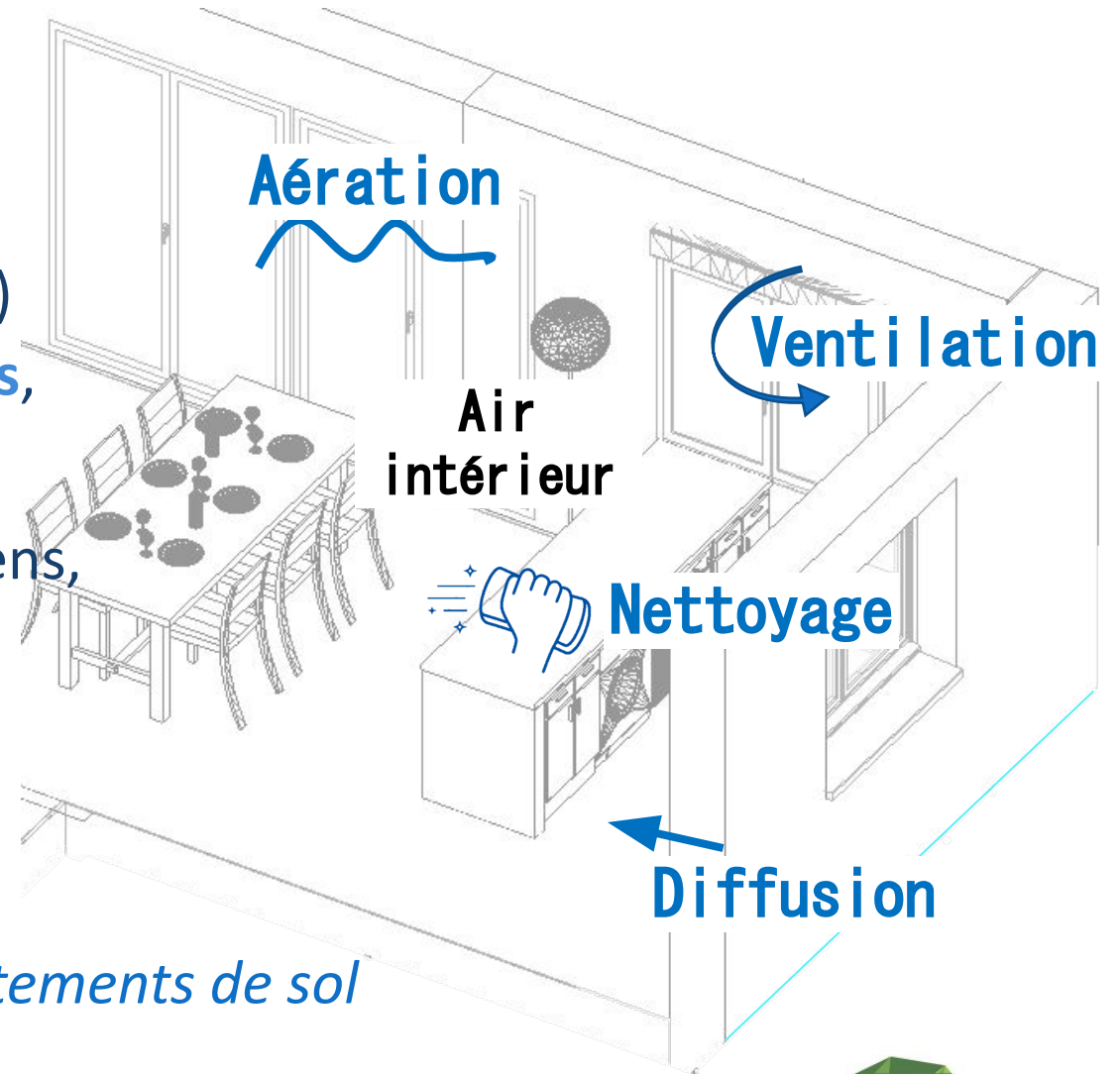
E.g. comme agent de conservation dans les produits en bois aggloméré

AIR INTÉRIEUR :

Quels types de polluants ?

- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (formaldéhyde)
composés organiques semi-volatils (**phtalates**,
retardateurs de flamme)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens,
pollens
- **Polluants physiques :** radon, particules fines

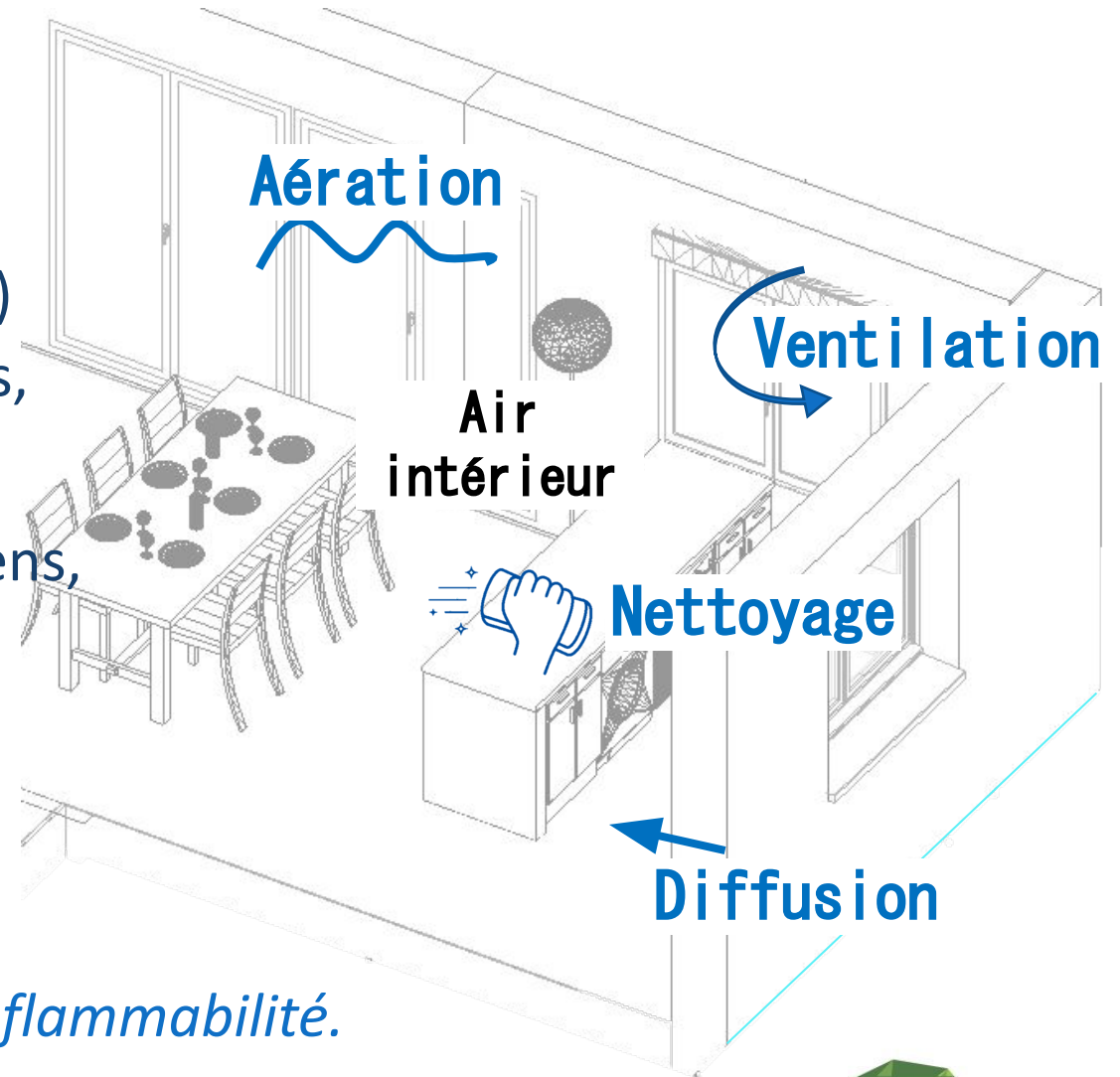
E.g. comme plastifiant dans les revêtements de sol



AIR INTÉRIEUR :

Quels types de polluants ?

- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (formaldéhyde)
composés organiques semi-volatils (phtalates, **retardateurs de flamme**)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens, pollens
- **Polluants physiques :** radon, particules fines

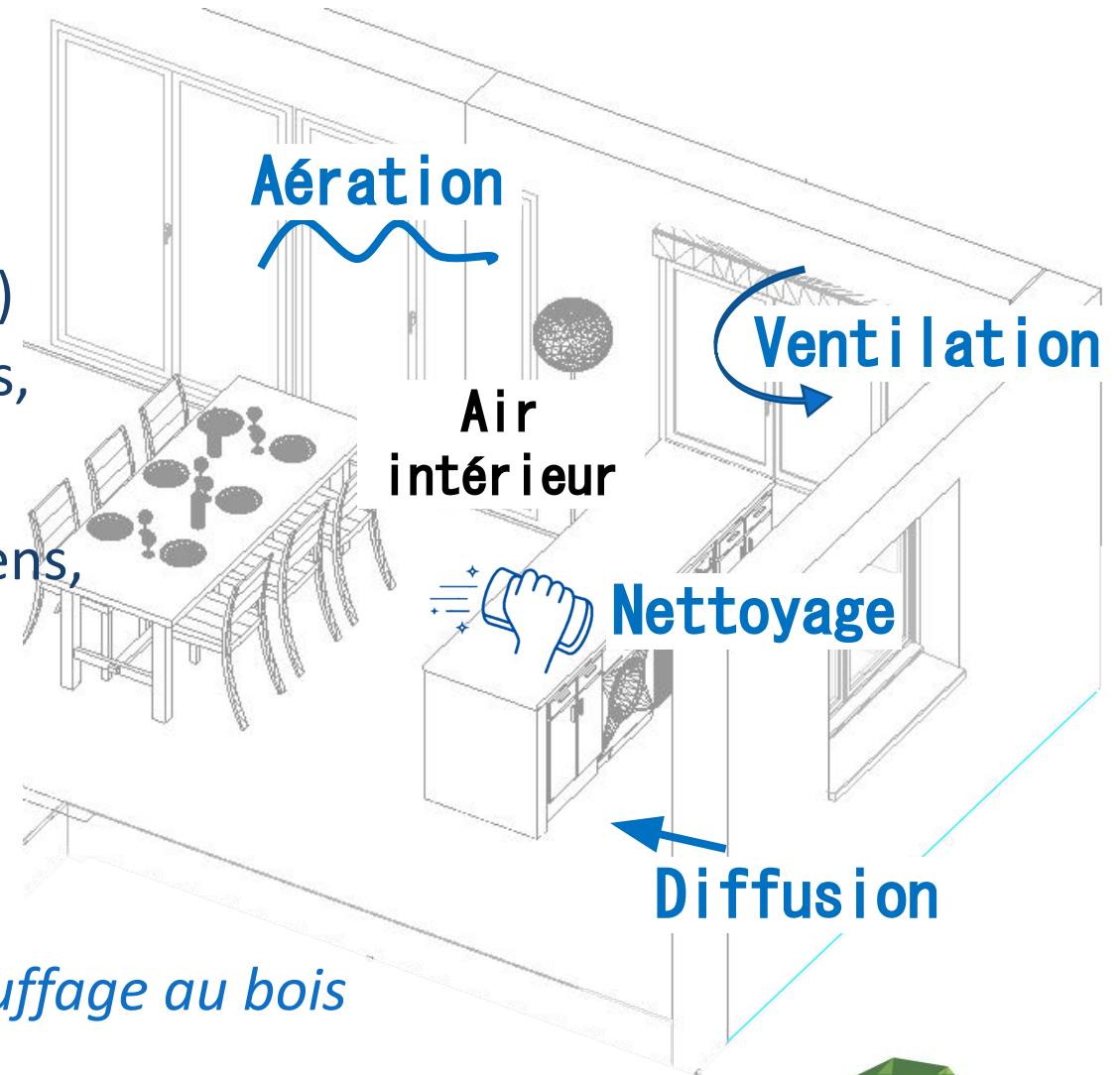


E.g. dans les meubles pour limiter leur inflammabilité.

AIR INTÉRIEUR :

Quels types de polluants ?

- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (formaldéhyde)
composés organiques semi-volatils (phtalates, retardateurs de flamme)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens, pollens
- **Polluants physiques :** radon, **particules fines**

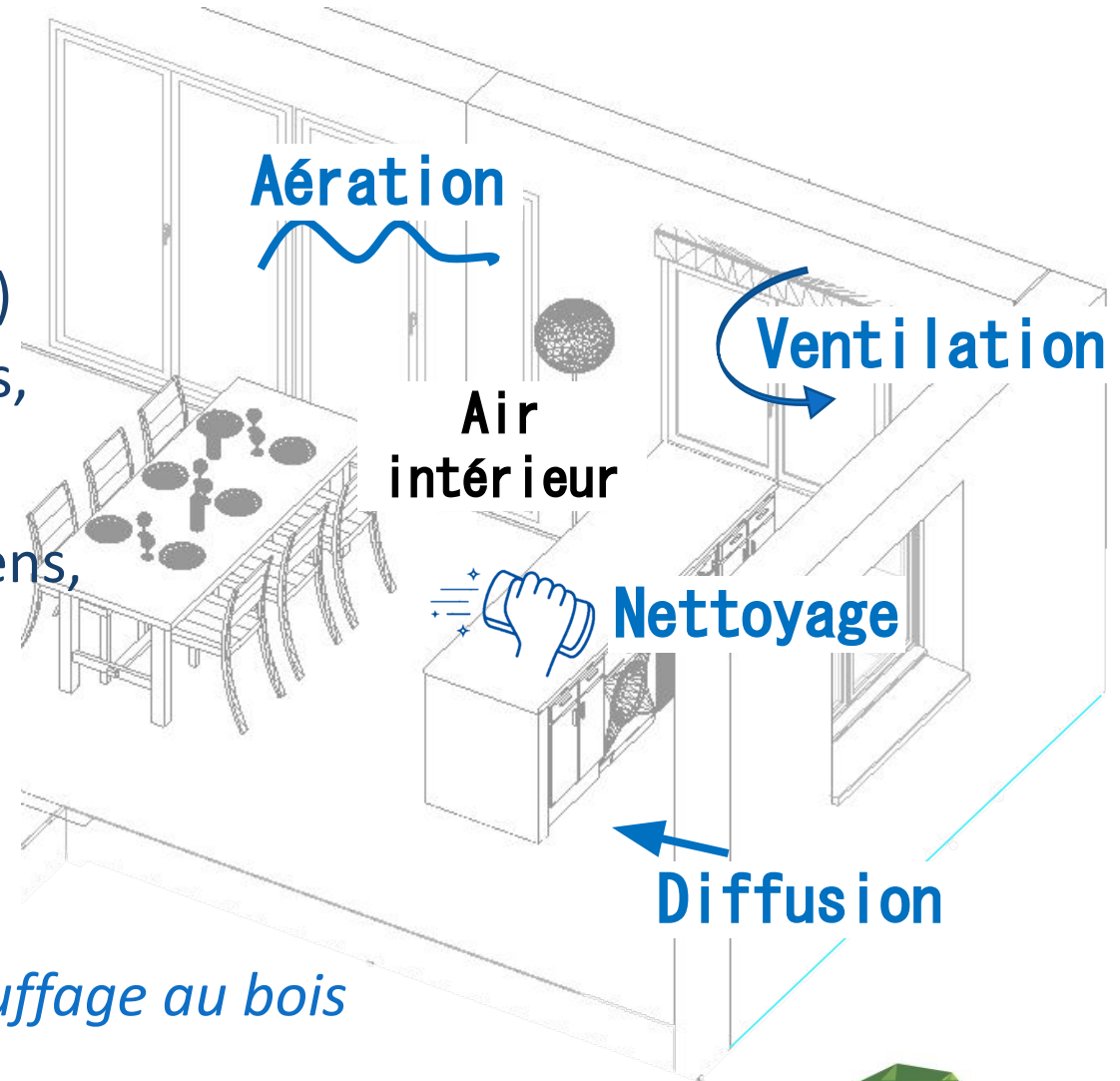


E.g. générées par le transport, le chauffage au bois

AIR INTÉRIEUR : Quels types de polluants ?

VGAI court terme Monoxyde de carbone = 30 mg.m^{-3}
VGAI court terme Benzene = $30 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$
VGAI long terme Benzene = $0.2 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$

- **Polluant chimiques :**
composés organiques volatils (formaldéhyde)
composés organiques semi-volatils (phtalates, retardateurs de flamme)
- **Bio contaminants :** moisissures, acariens, pollens
- **Polluants physiques :** radon, **particules fines**



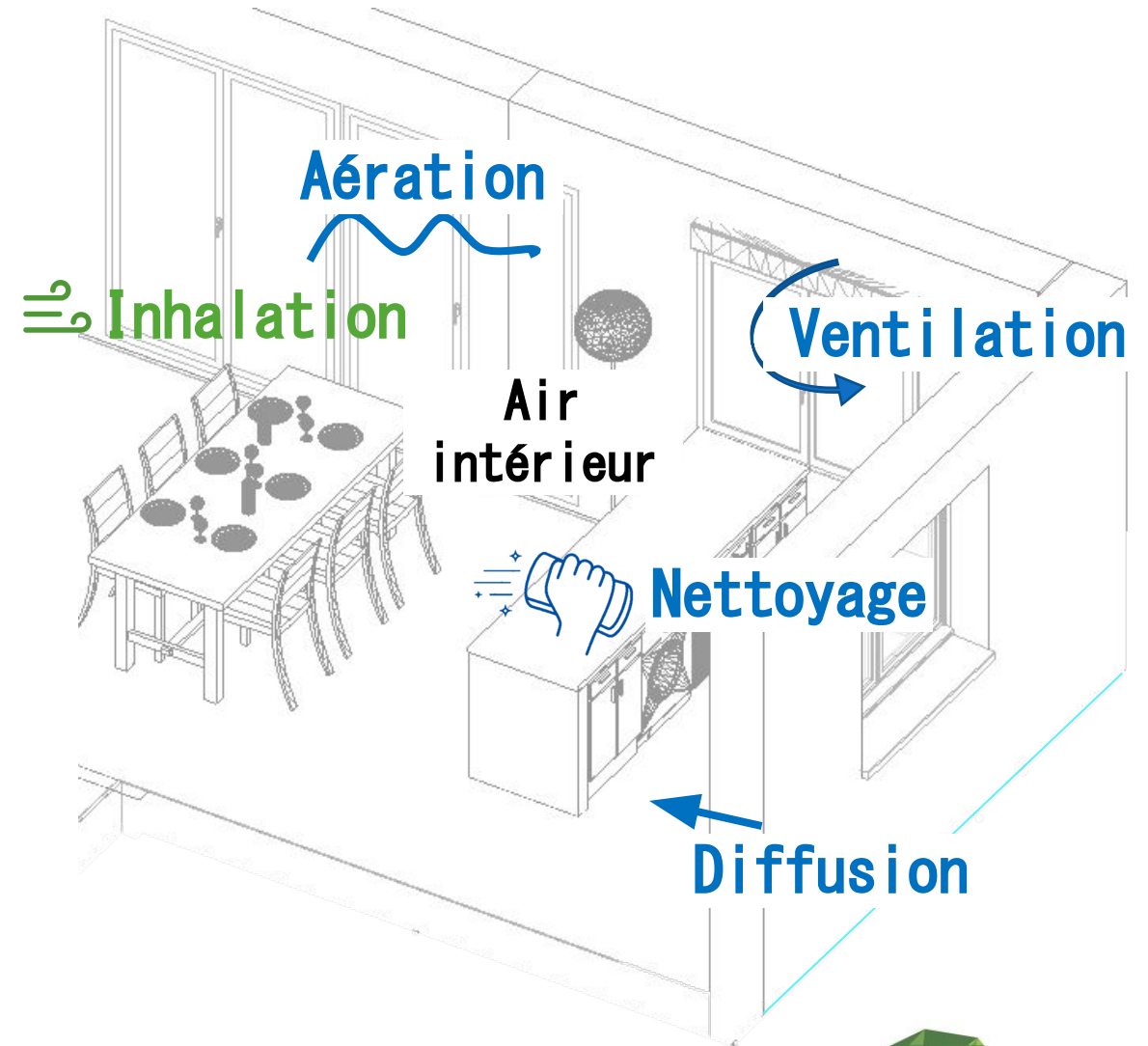
E.g. générées par le transport, le chauffage au bois

AIR INTÉRIEUR :

Comment y sommes nous exposés ?

Les voies d'exposition:

- **Inhalation** de la fraction de polluant volatilisé dans l'air intérieur

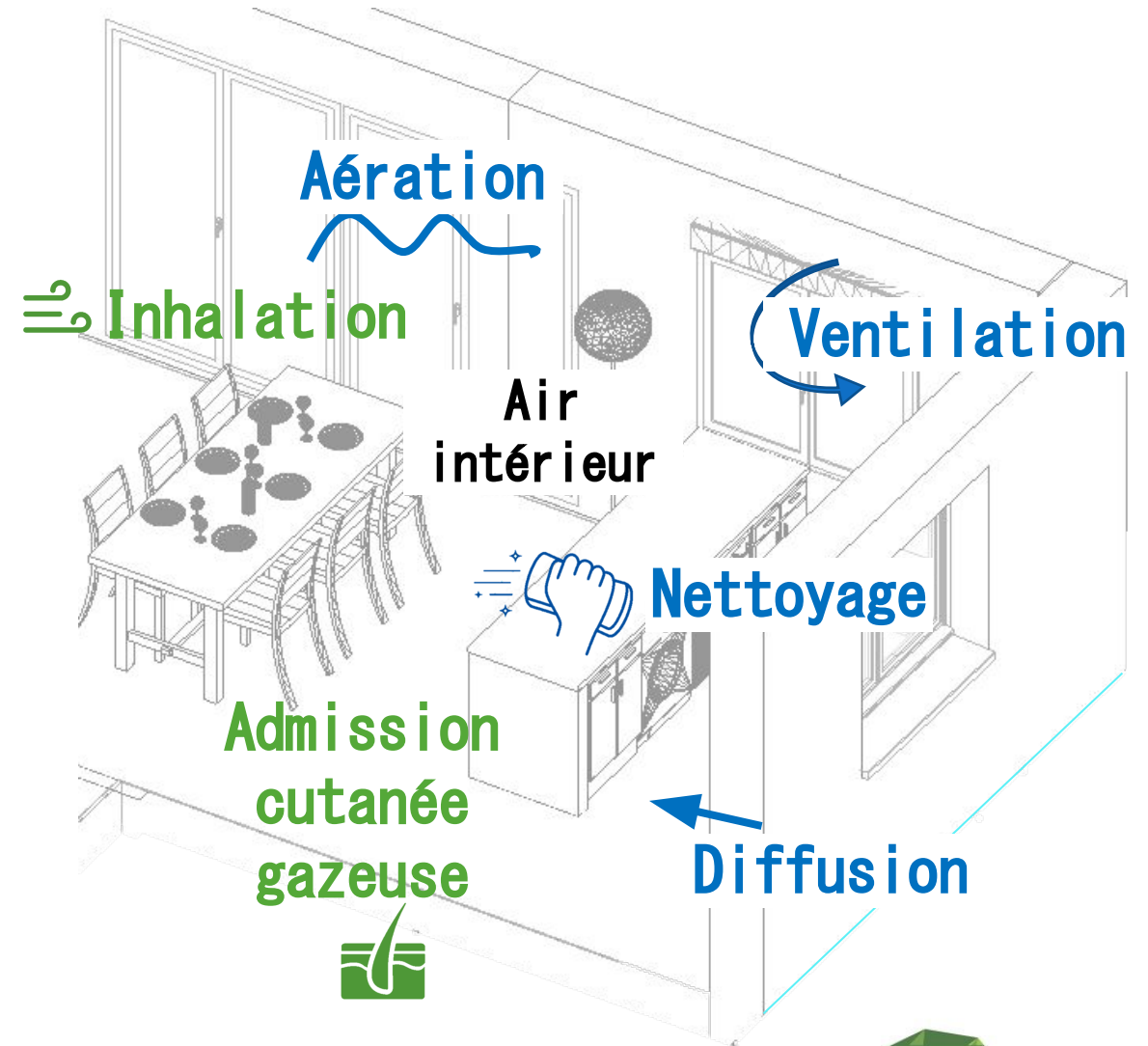


AIR INTÉRIEUR :

Comment y sommes nous exposés ?

Les voies d'exposition:

- **Inhalation** de la fraction de polluant volatilisé dans l'air intérieur
- **Admission cutanée gazeuse** de l'air à l'épiderme

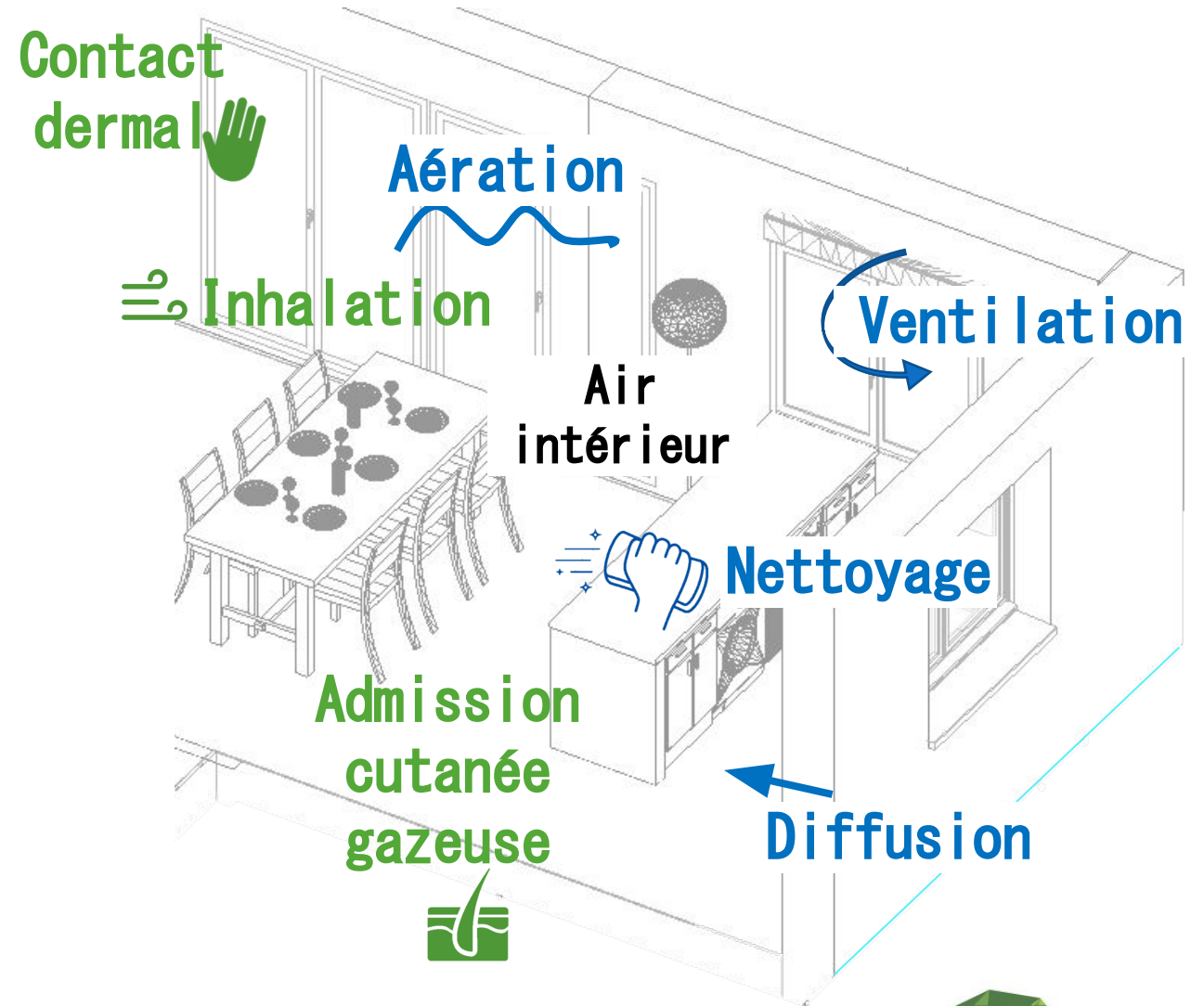


AIR INTÉRIEUR :

Comment y sommes nous exposés ?

Les voies d'exposition:

- **Inhalation** de la fraction de polluant volatilisé dans l'air intérieur
- **Admission cutanée gazeuse** de l'air à l'épiderme
- **Admission cutanée par contact physique** avec les matériaux

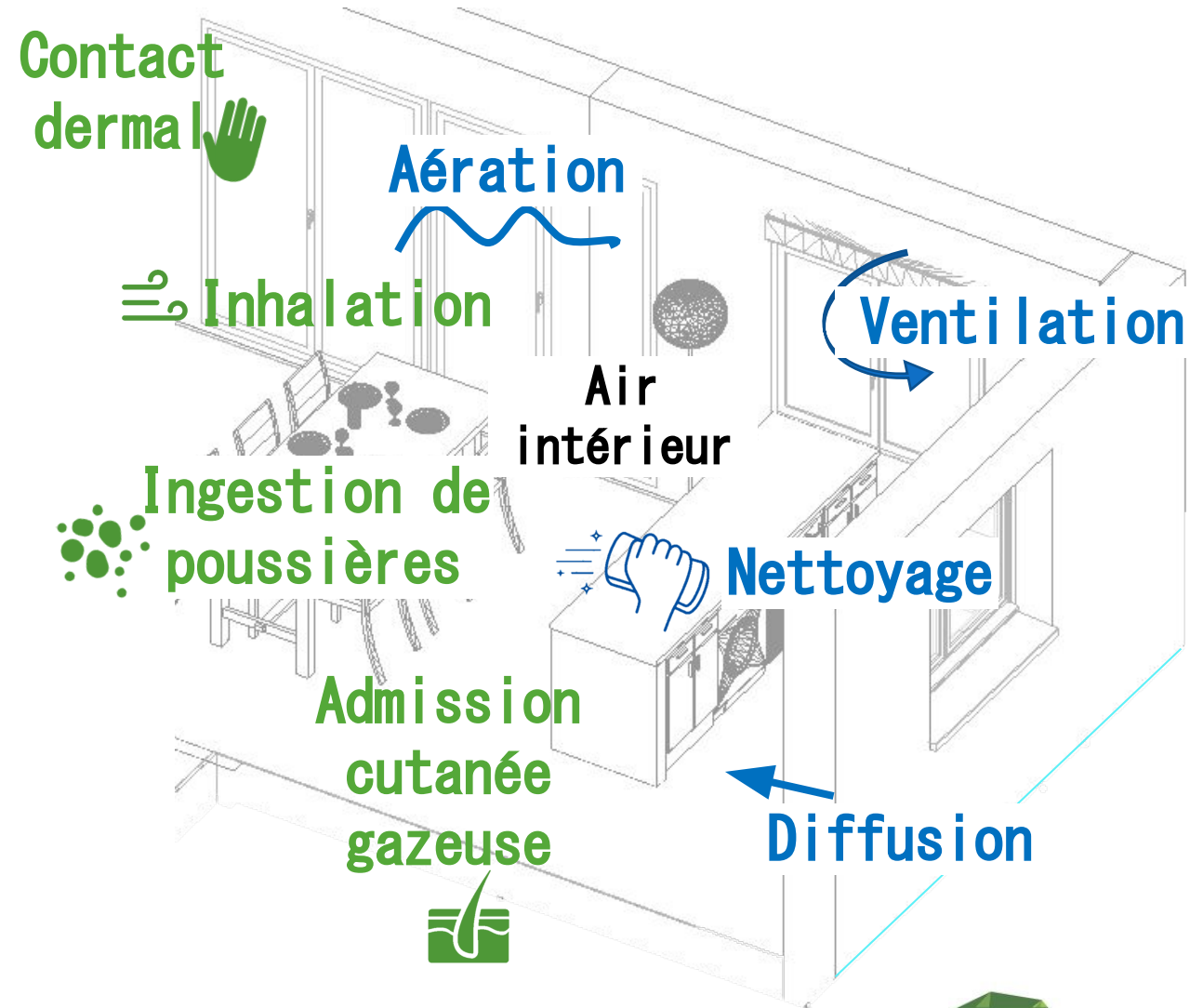



AIR INTÉRIEUR :

Comment y sommes nous exposés ?

Les voies d'exposition:

- **Inhalation** de la fraction de polluant volatilisé dans l'air intérieur
- **Admission cutanée gazeuse** de l'air à l'épiderme
- **Admission cutanée par contact physique** avec les matériaux
- **Ingestion de poussière** dans laquelle a été transférée des polluants via abrasion, suite à des contacts main-bouche ou objet-bouche





L'impact sur la santé humaine est
fonction de la **concentration du
polluant**, de l'**exposition de
l'occupant**, et de la **toxicité du
polluant**



3.

**LA POLLUTION DE L'AIR
INTERIEUR :
COMMENT AGIR?**

LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR, UN ROLE POUR TOUS

Fabricant matériaux/ameublement?
Limiter la pollution à la source

Maitrise d'ouvrage/Maitrise d'œuvre?
Simuler pour mieux concevoir

Occupant
?
AERER !!!

**Gestionnaire/
Facility Manager?**
Surveiller & agir

Scientifiques?
Vulgariser pour conscientiser..

Législateur?
Légiférer pour
protéger

LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR, UN ROLE POUR TOUS

Fabricant matériaux/ameublement?
Limiter la pollution à la source

Maitrise d'ouvrage/Maitrise d'œuvre?

Simuler pour mieux concevoir



Occupant

?

AERER !!!

Scientifiques?

Vulgariser pour conscientiser..

**Gestionnaire/
Facility Manager?**

Surveiller & agir



Législateur?
Légiférer pour
protéger



Octopus Lab : qui sommes-nous ?

Équipe de 17
personnes dont
6 docteurs et
ingénieurs



Issu de la recherche
académique



Contrats avec La Rochelle,
Saint-Ouen, Saint-Quentin,
Dalkia SB, Bouygues ES,
BYCN etc.



>200 bâtiments
supervisés



Octopus Lab : qui sommes-nous ?



Préserver la santé des occupants



Réduire les consommations
d'énergie



Respecter la réglementation



Faciliter la maintenance

Nos
solutions
INDALO[®]

Conception / rénovation

INDALO[®],

**1ER LOGICIEL DE SIMULATION DE LA
QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)**

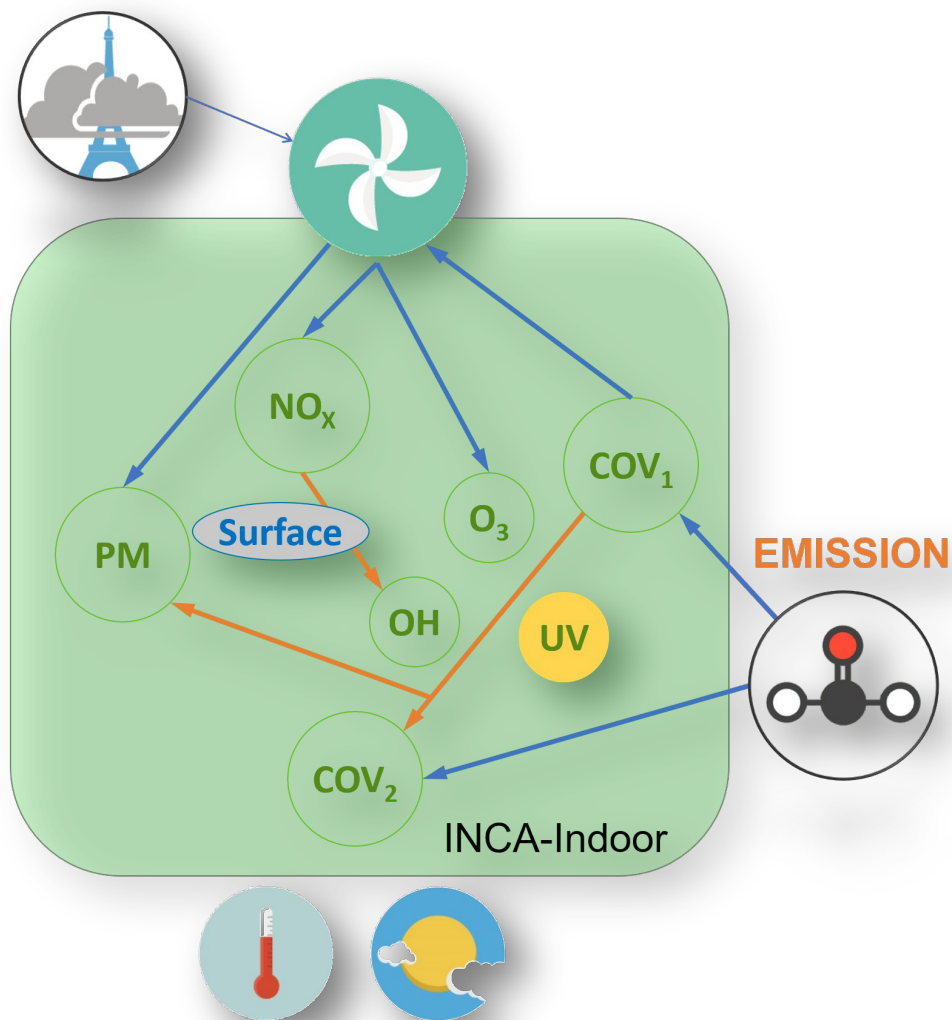
Exploitation

INDALO[®] SUPERVISION,

**SOLUTION PRÉDICTIONNELLE POUR CONCILIER
QAI ET ÉCONOMIES D'ÉNERGIE**



INDALO



NOS ORIGINES :

Projet de recherche ADEME



Création du seul
moteur de calcul
validé de la chimie de
l'air intérieur



INDALO® en conception/rénovation

Simulation de la qualité d'air intérieur

Évalue la qualité d'air
intérieur

en fonction :

- des matériaux
- de la ventilation
- de la pollution
extérieure
- de l'occupation des
lieux

Assiste dans vos choix de
matériaux et de
ventilation



CAS D'ÉTUDE

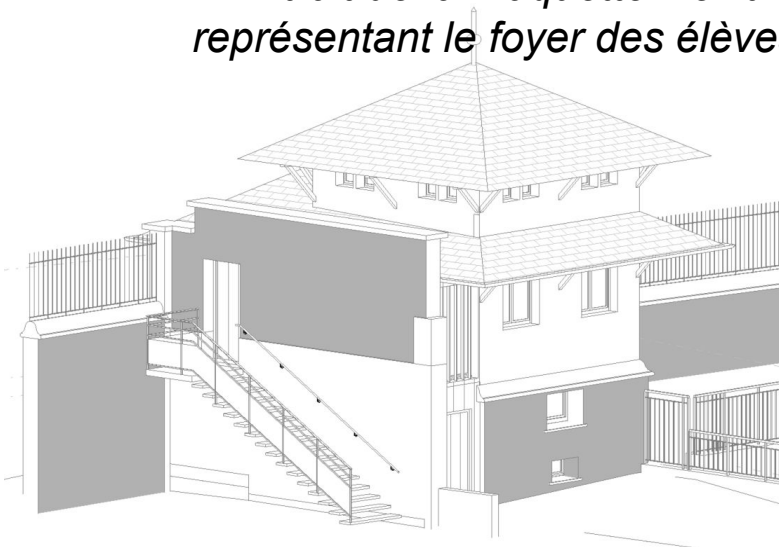
Contexte de l'étude



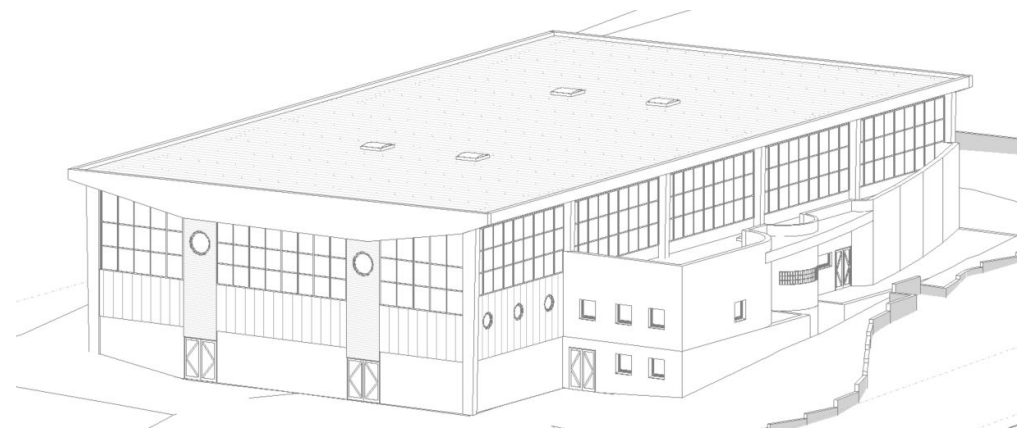
L'étude présentée porte sur la prévision de la qualité de l'air de certaines pièces du **projet de réhabilitation d'un collège**. Les simulations ont été réalisées en reprenant les connaissances de l'existant et en y ajoutant la proposition de rénovation.

Objectif : valider que la rénovation proposée permette de maintenir certains seuils de dioxyde de carbone (CO₂) en période d'occupation dans le foyer et dans le gymnase

*Extrait de la maquette Revit
représentant le foyer des élèves*



*Extrait de la maquette Revit
représentant le gymnase*



logiciel INDALO v3.40,
développé par Octopus Lab,
utilisant le moteur de calcul
INCA-Indoor © et intégré à
Autodesk Revit



CAS D'ÉTUDE

Paramètres de modélisation



L'étude présentée porte sur la prévision de la qualité de l'air de certaines pièces du **projet de réhabilitation d'un collège**. Les simulations ont été réalisées en reprenant les connaissances de l'existant et en y ajoutant la proposition de rénovation.

Objectif : valider que la rénovation proposée permette de maintenir certains seuils de dioxyde de carbone (CO₂) en période d'occupation

Occupation : présence d'occupants en semaine:

- de 9h à 12h
- de 14h à 18h

Étanchéité des parois du bâtiment :

3,0 m³/h/m² à 4 Pa

Système de ventilation :

- L'air de la pièce de vie du foyer est renouvelé grâce à un système de ventilation double flux fonctionnant de 9h à 12h puis de 14h à 18h (5 h⁻¹)
- Pour les vestiaires garçons et filles du gymnase, aucun système de ventilation mécanique ou passive n'a été installé.

Pièce	Nombre d'occupants
Pièce de vie	20
Vestiaire des garçons	11
Vestiaire des filles	9

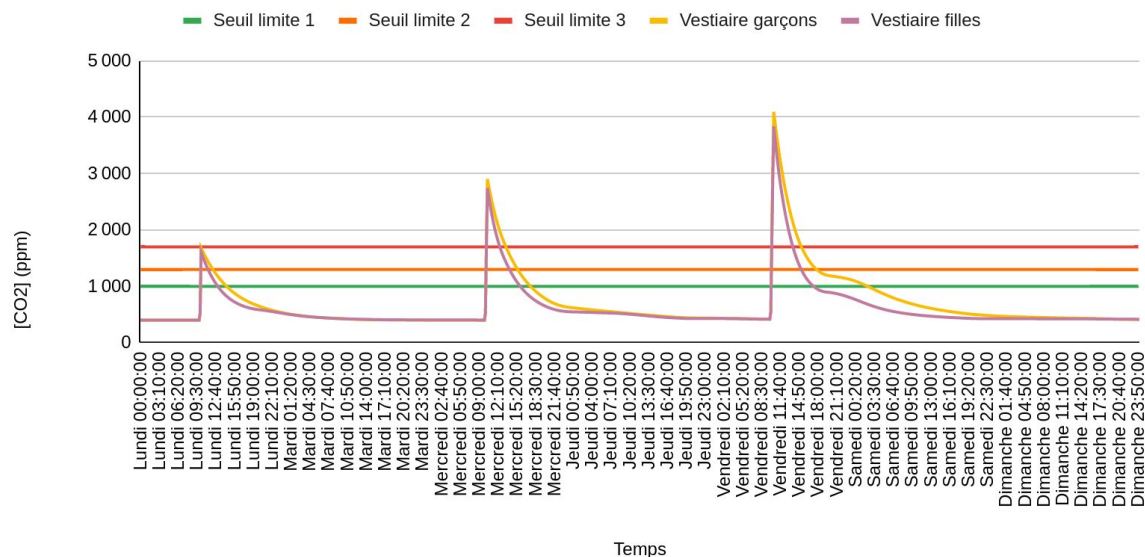
CAS D'ÉTUDE

Résultats - CO₂



Pièce	Valeur ICONE	Etat du confinement	CO ₂ maximum (ppm)	CO ₂ en période d'occupation (ppm)
Vestiaire des garçons	3	Confinement élevé	4095	1680
Vestiaire des filles	3	Confinement élevé	3838	1570

Concentration en CO₂ dans les vestiaire du gymnase



→ En période d'occupation, les moyennes de CO₂ sont mauvaises

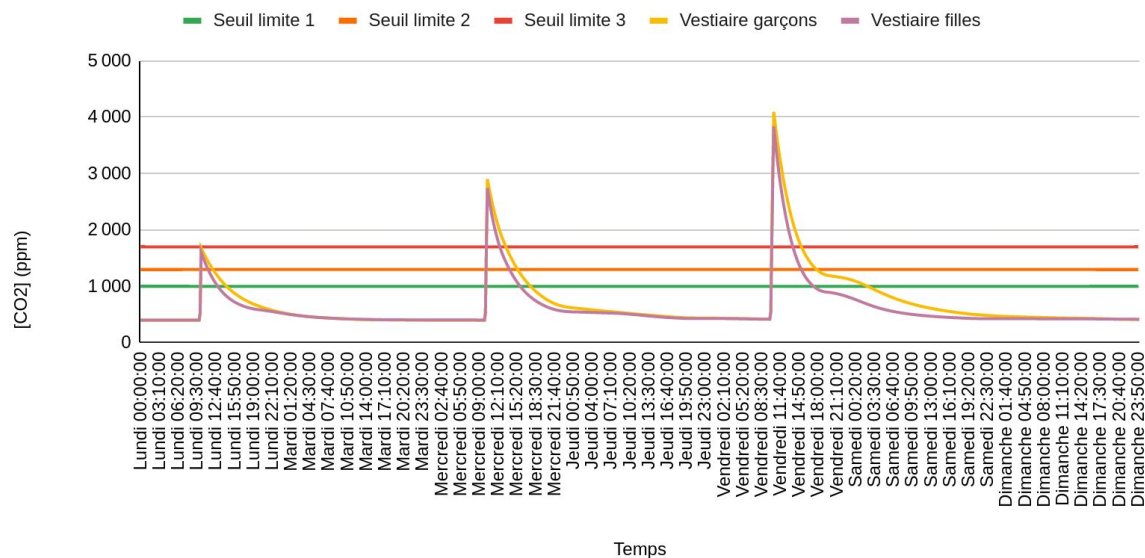
CAS D'ÉTUDE

Résultats - CO₂



Pièce	Valeur ICONE	Etat du confinement	CO ₂ maximum (ppm)	CO ₂ en période d'occupation (ppm)
Vestiaire des garçons	3	Confinement élevé	4095	1680
Vestiaire des filles	3	Confinement élevé	3838	1570

Concentration en CO₂ dans les vestiaire du gymnase



→ En période d'occupation, les moyennes de CO₂ sont mauvaises

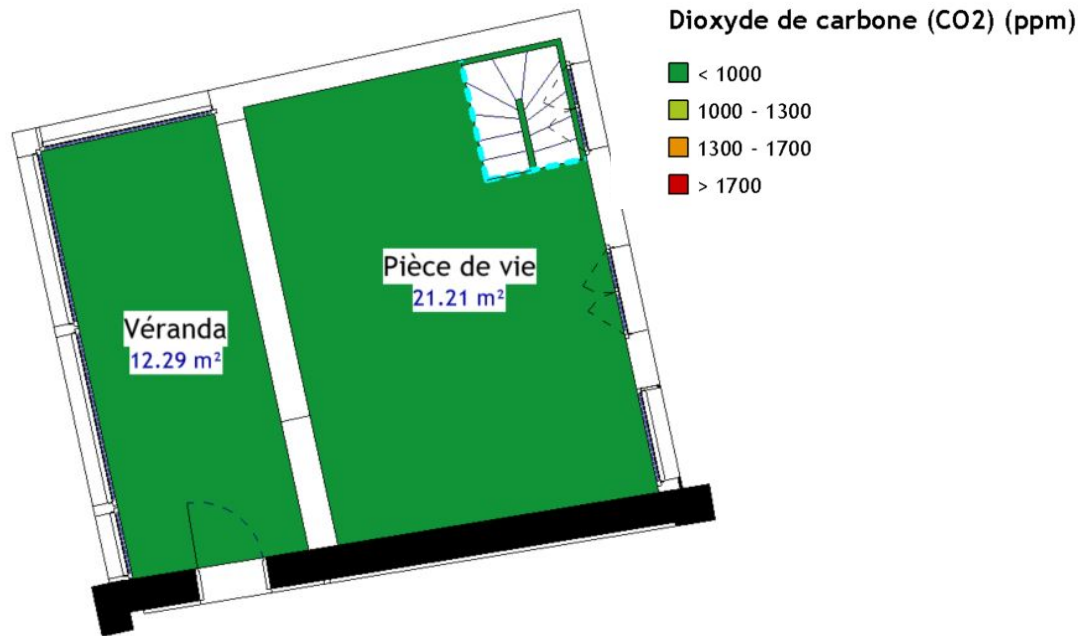
Ouverture des fenêtres permet de **diminuer de 23%** le pic de CO₂ dans le vestiaire des filles

CAS D'ÉTUDE

Résultats - CO₂



Concentration moyenne en CO₂ sur la semaine selon une échelle de couleurs dans les deux pièces du foyer des élèves



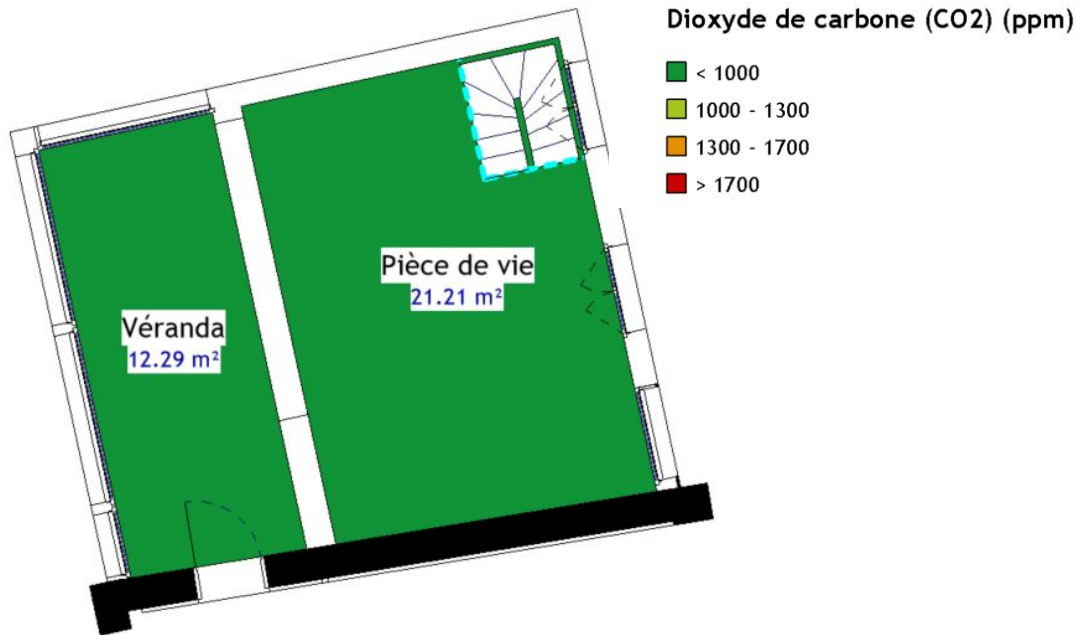
→ Moyennée sur la semaine de simulation, les niveaux de CO₂ sont très bons.

CAS D'ÉTUDE

Résultats - CO₂



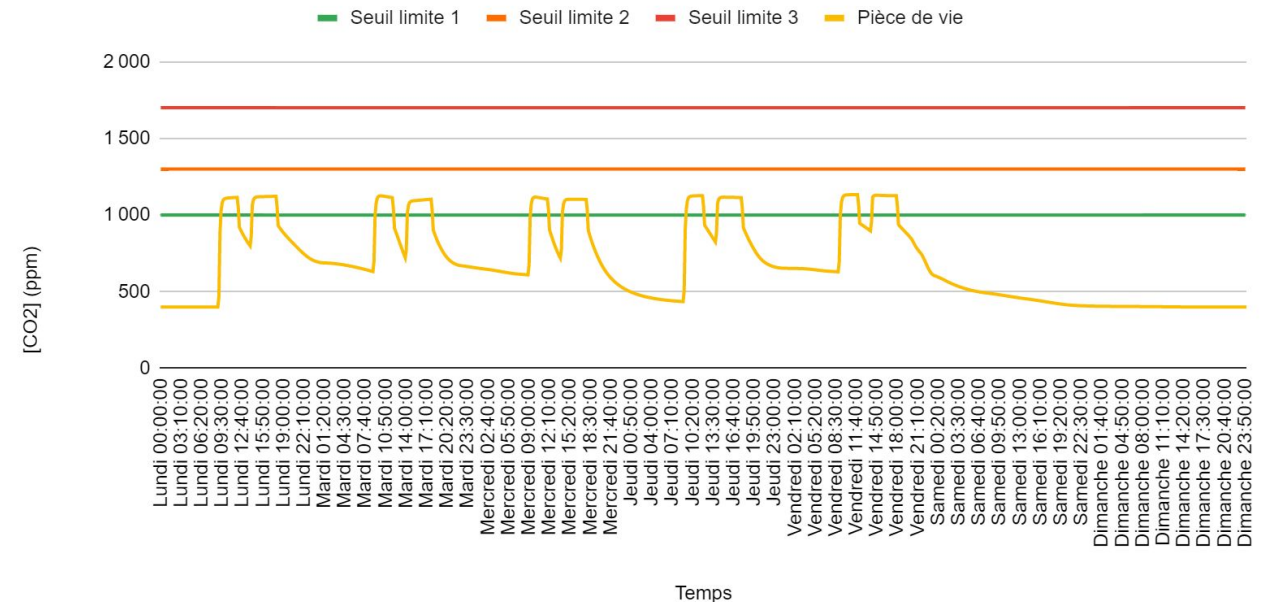
Concentration moyenne en CO₂ sur la semaine selon une échelle de couleurs dans les deux pièces du foyer des élèves



→ Moyennée sur la semaine de simulation, les niveaux de CO₂ sont très bons.

Pièce	Valeur ICONE	Etat du confinement	CO ₂ maximum (ppm)	CO ₂ en période d'occupation (ppm)
Pièce de vie	2	Confinement moyen	1133	1085

Concentration en CO₂ dans la pièce de vie du foyer des élèves

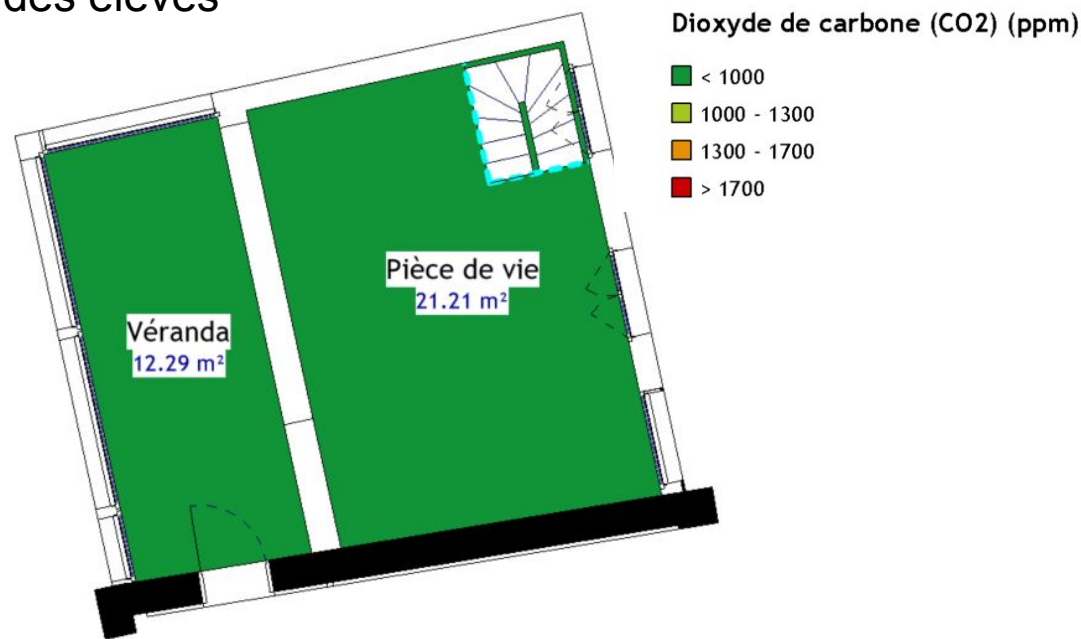


CAS D'ÉTUDE

Résultats - CO₂

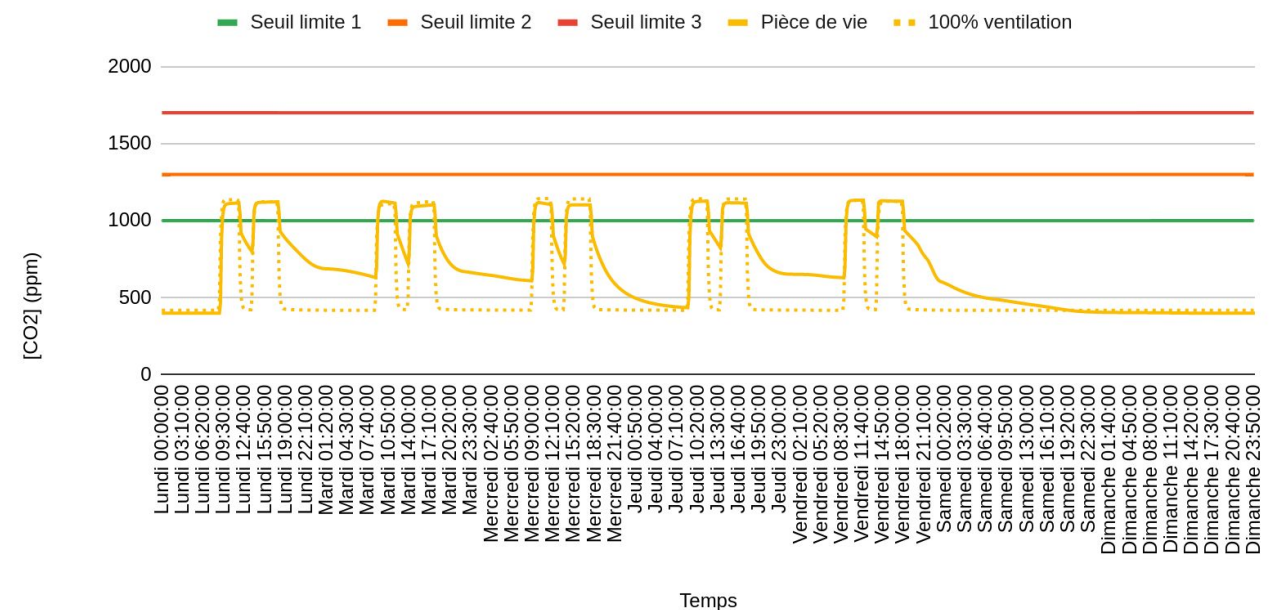


Concentration moyenne en CO₂ sur la semaine selon une échelle de couleurs dans les deux pièces du foyer des élèves



Pièce	Valeur ICONE	Etat du confinement	CO ₂ maximum (ppm)	CO ₂ en période d'occupation (ppm)
Pièce de vie	2	Confinement moyen	1133	1085

Concentration en CO₂ dans la pièce de vie du foyer des élèves



→ La ventilation allumée tout le temps permet l'arrivée des occupants dans un air sain

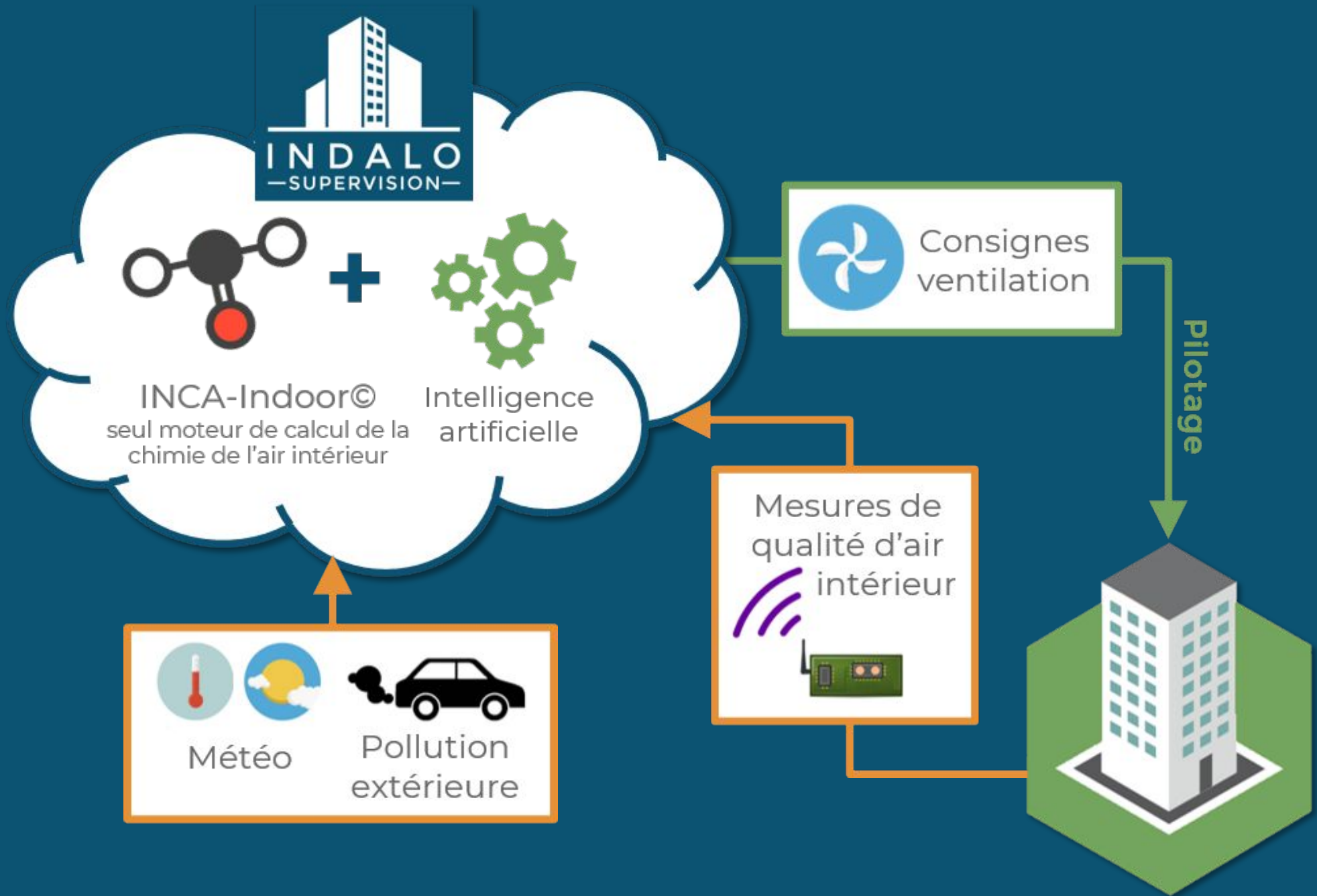


INDALO
—SUPERVISION—



Service logiciel qui **prévoit** la qualité d'air et **pilote** intelligemment la ventilation en fonction de ses prédictions







REX INDALO[®] Supervision - Crèche

- Crèche de La Madeleine (59)
- 11 pièces dont 4 équipées de capteurs
- Mesures du CO₂, COVT, particules fines
- Pilotage en fonction des prédictions de CO₂ (1300 ppm) et des PM_{2.5} (10 µg.m⁻³)
- Débit modulé entre 0 et 100% correspondant à 0 m³/h et 2000 m³/h pour l'extraction et le soufflage
- Comparaison périodes avant pilotage (01/10/21 au 10/11/21) et avec le pilotage Supervision (01/06/22 au 11/08/22)





Résultats QAI salle de repos

CO₂	[CO₂] moyen	[CO₂]min	[CO₂]max	Pourcentage d'épisodes de dépassements > 1300 ppm
AVANT	560 ppm	460 ppm	740 ppm	0 %
AVEC PILOTAGE SUPERVISION	650 ppm	355 ppm	1240 ppm	0 %

PM_{2.5}	[PM_{2.5}]moyen	[PM_{2.5}]min	[PM_{2.5}]max	Pourcentage d'épisodes de dépassements > 10 µg/m³
AVANT	2,4 µg/m ³	1 µg/m ³	8 µg/m ³	0 %
AVEC PILOTAGE SUPERVISION	0,80 µg/m ³	0 µg/m ³	11 µg/m ³	0 %



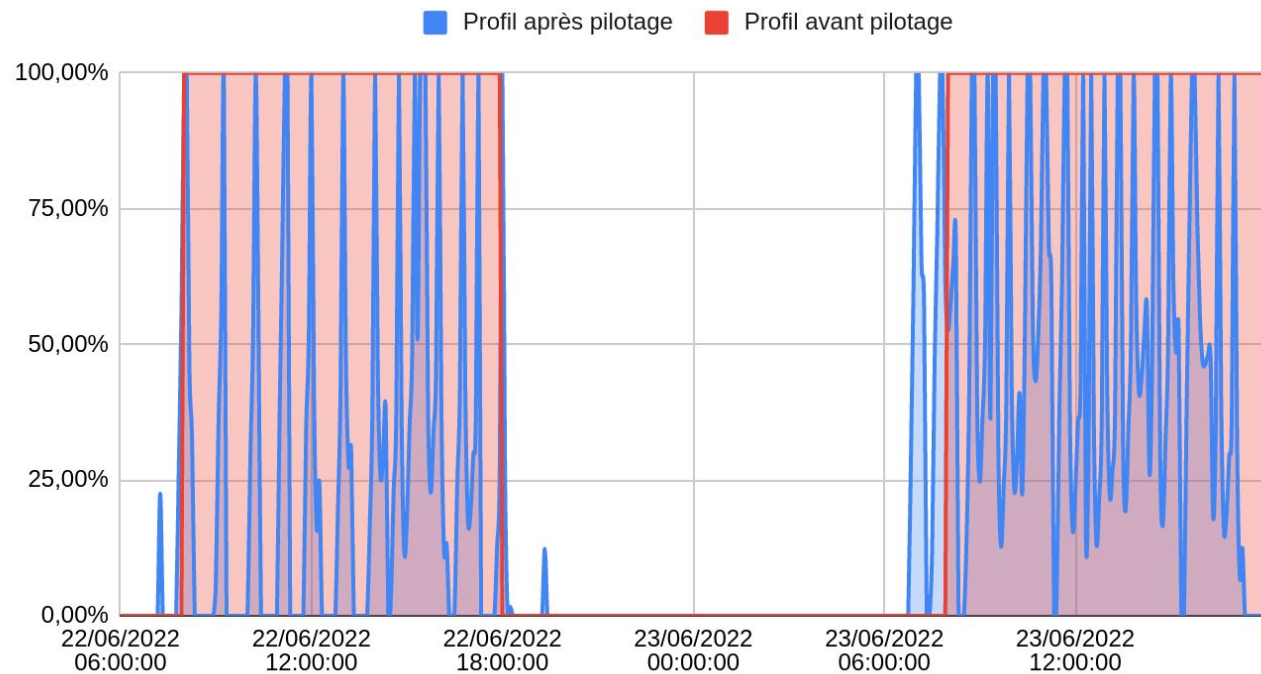
Résultats QAI salle d'activités

CO₂	[CO₂] moyen	[CO₂]min	[CO₂]max	Pourcentage d'épisodes de dépassements > 1300 ppm
AVANT	565 ppm	450 ppm	870 ppm	0 %
AVEC PILOTAGE SUPERVISION	555 ppm	250 ppm	780 ppm	0 %

PM_{2.5}	[PM_{2.5}]moyen	[PM_{2.5}]min	[PM_{2.5}]max	Pourcentage d'épisodes de dépassements > 10 µg/m³
AVANT	2,4 µg/m ³	1 µg/m ³	10 µg/m ³	0 %
AVEC PILOTAGE SUPERVISION	3,3 µg/m ³	0 µg/m ³	18 µg/m ³	0,14 %



Pilotage de la ventilation



Avant pilotage:

- VMC à 100% de 8h à 18h 5j/7 (hors week-end)
- VMC à 0% de 18h à 8h 7j/7

Avec le pilotage Supervision :

- Mise en route à pourcentage variable
- Dépendance de la QAI
- Allumage en amont des heures d'occupation

Réduction de **85%**
de l'usage de la CTA



REX - Bilan

- Santé des enfants et du personnel préservée grâce à une qualité d'air intérieur optimale (respect des seuils réglementaires)
- Réduction du poste de dépense lié aux systèmes CVC, représentant 35% des consommations énergétiques d'un bâtiment *(données des résultats de recherche de la commission européenne)*
- Conciliation de la QAI et de la sobriété énergétique grâce à INDALO® Supervision





CE QU'IL FAUT RETENIR

MESSAGES A RETENIR

- La qualité de l'air intérieur est un **enjeu de santé publique**
- Il faut désormais **éviter de transférer les impacts** de la consommation d'énergie à la pollution de l'air intérieur grâce à des **systèmes de ventilation mécaniques** efficaces
- La **phase de conception** est une **étape importante** pour prévenir la pollution intérieure tout en maintenant de bonnes performances énergétiques et environnementales
- En **exploitation**, il est possible de diminuer les consommations énergétiques liées aux déperditions tout en préservant une bonne qualité de l'air intérieur.



**En vous remerciant pour
votre attention**

**alice@octopuslab.fr
www.octopuslab.fr**

