

17<sup>e</sup>

Congrès Francophone  
d'Allergologie

Paris  
Palais des Congrès Porte Maillot

19-22 avril 2022

**Allergies**  
**et environnement**

17<sup>e</sup>

Congrès Francophone  
d'Allergologie

Paris  
Palais des Congrès Porte Maillot

19-22 avril 2022

Des bâtiments qui respirent (buildings that breathe)

Philippe Sigwalt, Architecte

# Déclaration de conflits d'intérêt réels ou potentiels

Le conférencier : Philippe Sigwalt

Activité professionnelle :

*Architecte – conception de bâtiments*

Activités associatives en lien avec le sujet de la conférence :

*Membre de l'A.P.P.A. (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique)*

Mandats électifs :

*Néant*

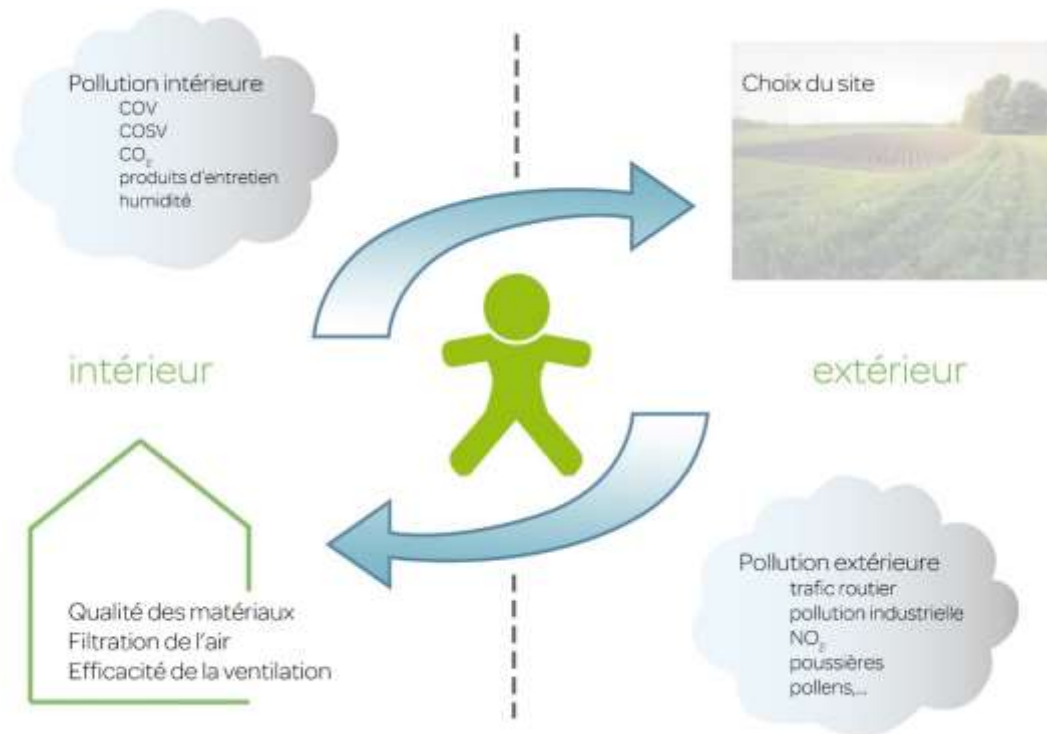
Intéressement dans des sociétés en lien avec le sujet de la conférence :

*Néant*

Parents ou proches, ayant des intérêts financiers dans des sociétés en lien avec le sujet de la conférence :

*Néant*

# La qualité de l'air intérieur et extérieur au centre de nos préoccupations





## La qualité de l'air intérieur relève de domaines variés

Les spécialistes de la santé déterminent quel est le volume d'air de renouvellement nécessaire à la respiration d'un individu sur une période donnée, quels sont les taux de polluants à ne pas dépasser et quel est le niveau d'hygrométrie idéal.

Les climatologues indiquent quelles sont les zones les moins polluées où il est préférable de construire.

Les acteurs du bâtiment, dont les architectes, responsabilisés à la qualité de l'air, regroupent ensuite ces données pour valider le choix d'un site, sélectionner des matériaux de construction 'sains' et mettre en œuvre des systèmes de renouvellement d'air adaptés.

Enfin, une bonne information des utilisateurs, leur permettra la surveillance de la qualité de l'air et une maintenance adaptée des systèmes de ventilation.

## Sur le terrain la situation est souvent insalubre

Exemple : ponts thermiques + mauvaise ventilation = condensation = moisissures



# Les sources de pollution internes

Il s'agit de tous les polluants liés au bâtiment ou à l'activité humaine :

- Les polluants de type chimique (COVs) ou physique (fibres, poussières) émanant des matériaux de construction, du mobilier et des produits d'entretien.
- Les polluants de type biologique (virus, allergènes, bactéries).
- La pollution liée à la respiration (CO<sub>2</sub>).
- L'humidité issue de l'activité humaine, la cuisson, la lessive, le ménage, la présence d'animaux domestiques.

S'il est possible de limiter la présence de polluants par un choix scrupuleux des matériaux présents dans un bâtiment, on ne pourra pas empêcher la pollution liée à l'activité humaine, qui sera toujours présente.

## Les sources de pollution externes

Le choix du site est déterminant car c'est bien sûr la qualité de l'air extérieur qui fait la qualité de l'air intérieur et les systèmes de filtration sont onéreux et ont leurs limites.

La densification des villes peut paraître vertueuse pour éviter l'étalement urbain, mais le risque est d'amplifier la stagnation de l'air et de concentrer la pollution.

Construire à proximité d'axes routiers ou de sites industriels aggrave la situation.

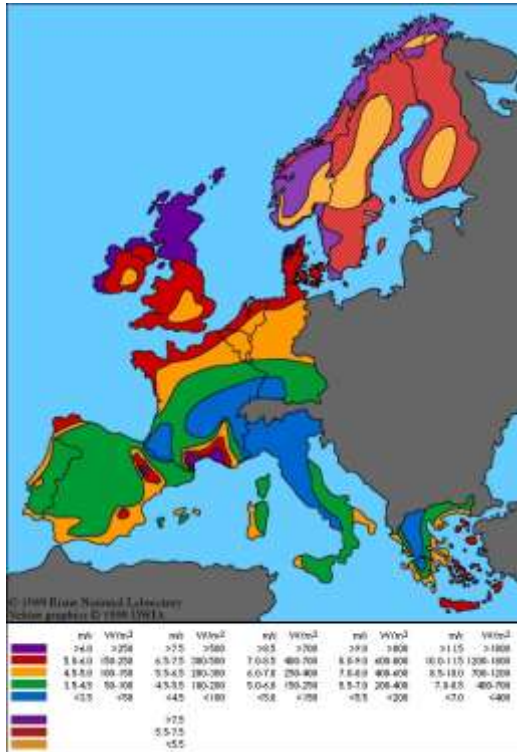
La bonne 'respiration' des villes passe par l'existence de ceintures vertes ou de parcs urbains limitant les surfaces bâties, en permettant une bonne circulation de l'air.

Dans un contexte rural il faudra être vigilant par rapport aux polluants liés à l'agriculture et à la poussière issue des surfaces non cultivées à certaines périodes.

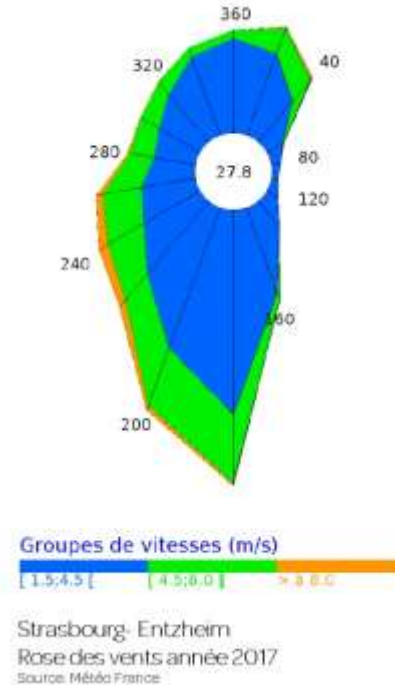


# Choix du site en fonction de la qualité de l'air extérieur - outils

carte des vents – Europe occidentale



rose des vents – Strasbourg



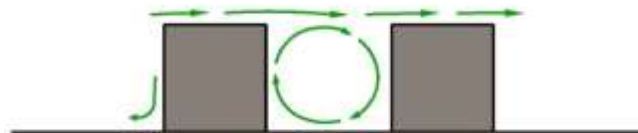
# Densification = stagnation de l'air = accumulation de la pollution



"rugosités isolées"



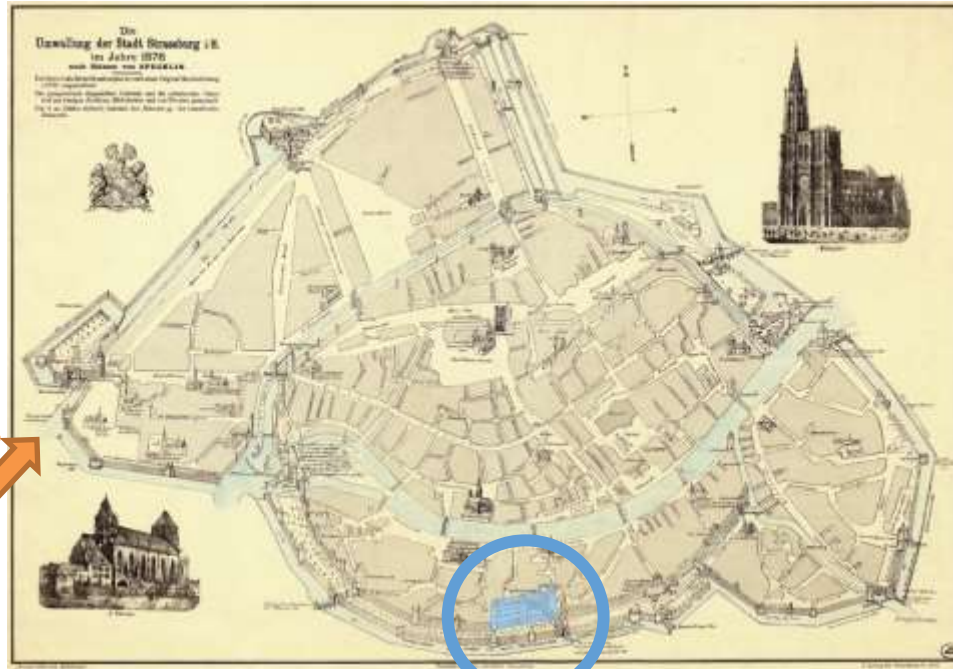
"interférences de sillage"



"écrémage"

La densification des villes peut paraître vertueuse pour éviter l'étalement urbain, mais le risque est d'amplifier la stagnation de l'air et de concentrer la pollution.

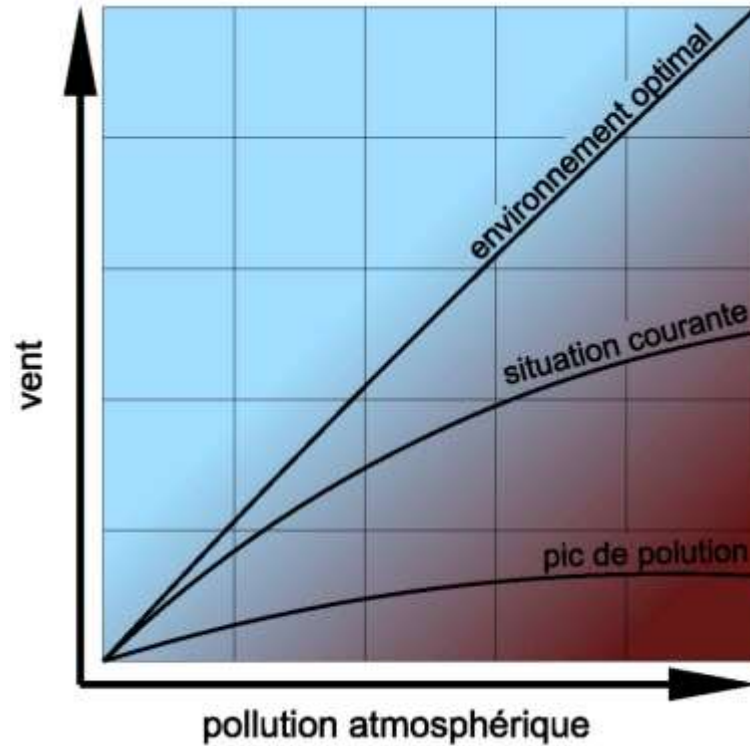
# 'Au vent' on est mieux protégé de la pollution atmosphérique



vents dominants  
vorherrschende Winde

Choix du site de construction d'un Hôpital 'au vent'

## b.a.-ba : stagnation de l'air = accumulation de la pollution



## En intérieur : ventiler pour éviter l'accumulation des polluants

Un système de ventilation adapté permet l'évacuation des polluants pour en éviter une accumulation exponentielle, car pour citer Paracelse, c'est la dose qui fait le poison. Dans des cas extrêmes il faudra filtrer l'air de renouvellement s'il est très pollué.

La méthode la plus simple consiste à aérer en ouvrant les fenêtres, ce procédé est efficace quand il est réalisé régulièrement, mais il a des limites, si par exemple, les pièces humides sont dépourvues de fenêtres.

Les systèmes de ventilation passifs ou mécaniques permettent un renouvellement de l'air continu dans un contexte où les bâtiments sont de plus en plus étanches.

# Aérer un logement pour mieux respirer est indispensable

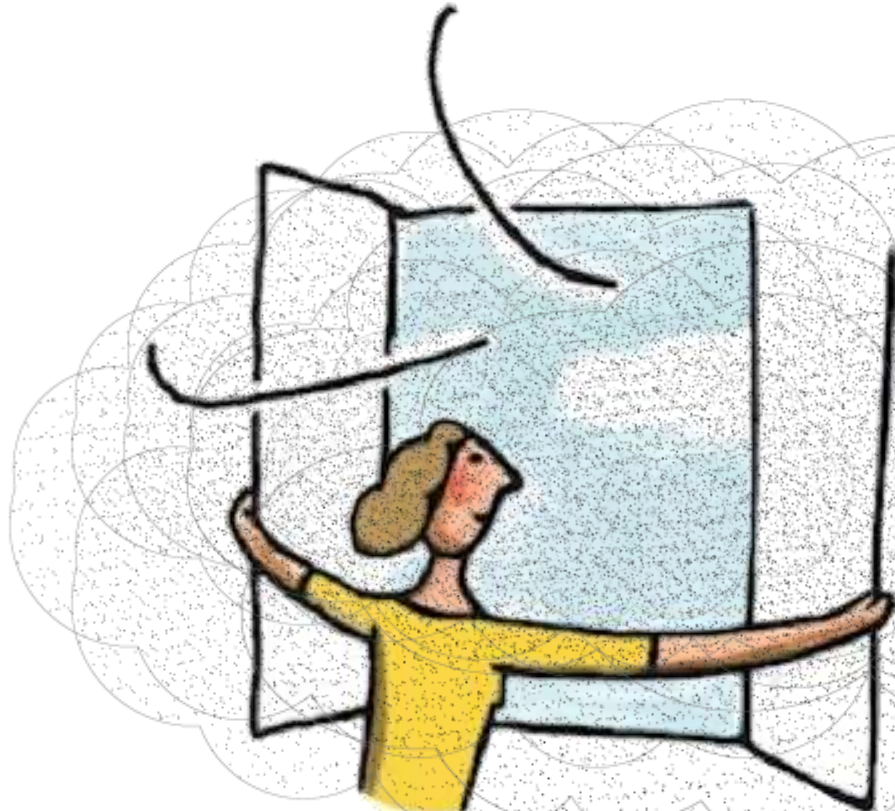


Ouvrir les fenêtres pour aérer un logement est le système le plus basique et souvent le plus efficace.

Mais inopérant pour des pièces aveugles (SDBs, WCs,).



## Ouvrir les fenêtres – OK sauf si l'air extérieur est très pollué



- ✓ Ouvrir les fenêtres pour aérer un logement est le système le plus basique et souvent le plus efficace.
- ✓ Insuffisant si il y a des pièces aveugles (SDBs, WCs,).
- ✓ Problématique quand l'air extérieur est pollué.

# Les différents systèmes de ventilation



De nombreux systèmes de ventilation, naturels ou mécaniques, ont été inventés dans l'histoire.



# Historique de la réglementation en France

1937 : Première Réglementation Sanitaire Départementale Type (RSDT): aération en WC, conduit de ventilation en cuisine concerne surtout les risques liés aux appareils de combustion dans les logements.

1958 : Arrêté du 14/11/1958 : première réglementation nationale, ventilation par pièces séparées.

1969 : Arrêté du 22/10/1969 : ventilation générale et permanente par balayage.

1982 : Arrêté du 24/03/1982 : ventilation générale et permanente par balayage, réduction possible des débits. Apparition de la VMC.

1983 : Arrêté du 28/10/1983 : modulation automatique de l'air neuf, permet la réduction des débits prévus en 1982.

# Réglementation : les exigences de débits

Nombre de pièces principales du logement	Débits extraits exprimés en m <sup>3</sup> /h					
	Débit mini pour l'ensemble du logement	Cuisine (*)	Salle de bains ou de douches (**)	Autre salle d'eau	WC	
					Unique	Multiple
1	35	20/75	15	15	15	15
2	60	30/90	15	15	15	15
3	75	45/105	30	15	15	15
4	90	45/120	30	15	30	15
5	105	45/135	30	15	30	15
6	120	45/135	30	15	30	15
7	135	45/165	30	15	30	15

(\*) débit minimal / débit nominal

(\*\*) commune ou non avec un cabinet d'aisances

Dans le cas d'une **ventilation mécanique de type hygroréglable** qui module automatiquement le renouvellement d'air du logement, les valeurs de débit total minimal extrait peuvent être limitées aux valeurs suivantes :

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal (m <sup>3</sup> /h)	10	10	15	20	25	30	35

## Débits de renouvellement de l'air

*Pour un T4, la norme était en 1982 de :*

- *90 m<sup>3</sup>/h minimum,*
- *180 m<sup>3</sup>/h maximum,*
- *Soit environ 1/2 volume / heure*

*Ce qui est très adapté,*

*sauf qu'on a réduit ce taux de renouvellement pour faire des économies de dépense énergétique en inventant des systèmes à régulation. La source de déperdition énergétique principale étant le renouvellement de l'air.*





## Historique succinct : fin du 19<sup>ème</sup> siècle

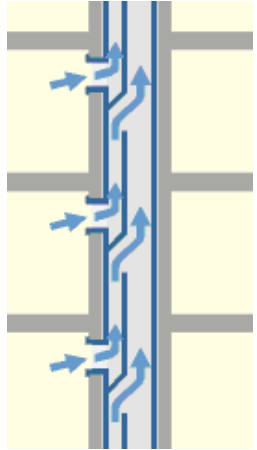


Des évolutions importantes pour l'amélioration de la qualité de l'air apparaissent :

- Un urbanisme plus 'aéré' avec des espaces verts.
- Eclairage électrique (abandon de l'éclairage au pétrole ou au gaz).
- Création de salles de bain et WC séparés munis de fenêtres.
- Création de buanderies collectives afin d'isoler les fumées et l'humidité.
- Apparition du chauffage central limitant la présence d'appareils de combustion dans les logements.



# Conduits de type SHUNT : années 50 - 70

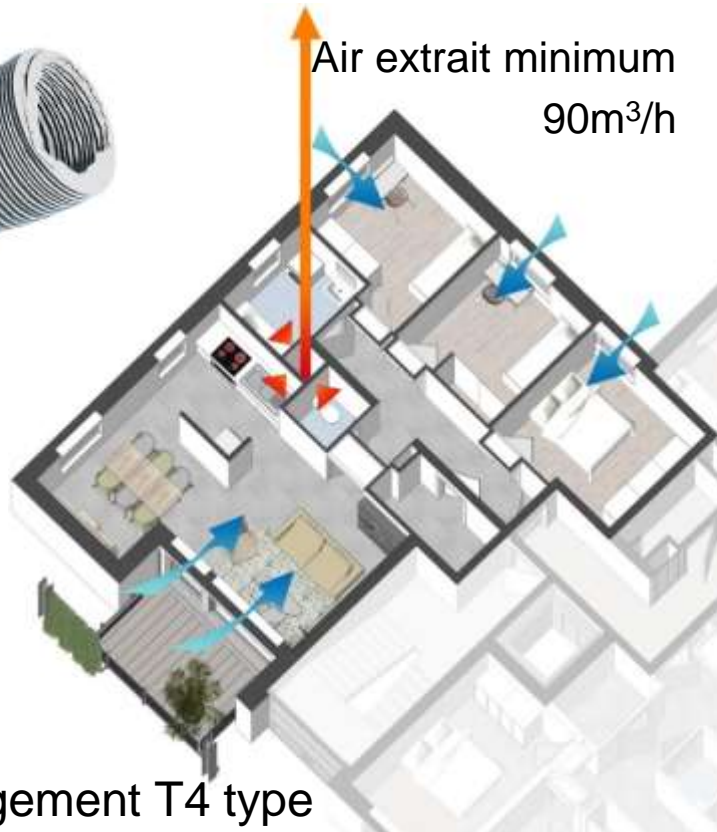


- Evacuation naturelle
- Apparition de SDB et WC sans fenêtre

- 😊 Débit satisfaisant en hiver
- 😐 Débit limité en été
- 😞 Ne récupère pas l'énergie
- 😐 Maintenance problématique
- 😐 Air neuf non filtré

logement T4 type

# VMC (ventilation mécanique contrôlée) Simple Flux : Arrêté du 24 mars 1982



- Evacuation mécanique
- Réglementation des débits



Débit satisfaisant en hiver



Débit satisfaisant en été



Ne récupère pas l'énergie



Maintenance problématique



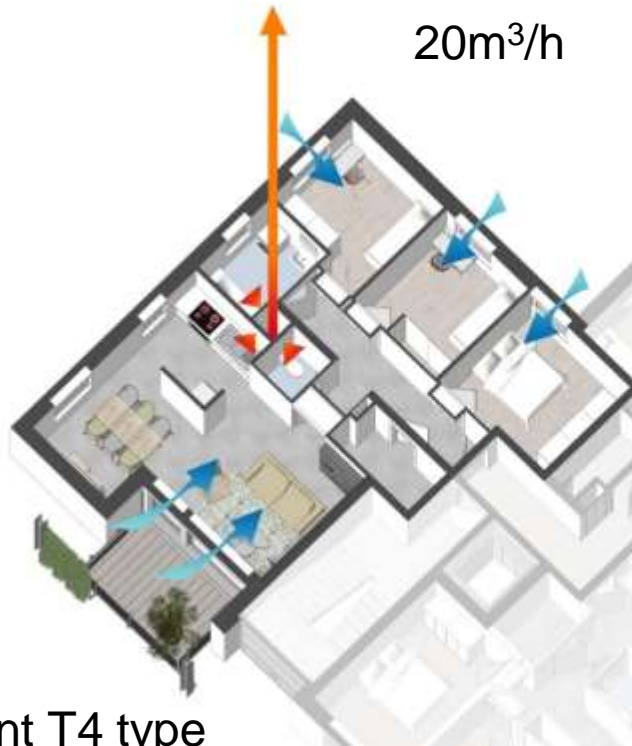
Air neuf non filtré

logement T4 type

# VMC Simple Flux : Arrêté du 28 octobre 1983

– permet la réduction des débits minimums

Air extrait minimum  
20m<sup>3</sup>/h



- Evacuation mécanique
- Possibilité de moduler les débits sur avis technique



Débit insuffisant en hiver



Débit insuffisant en été



Ne récupère pas l'énergie



Maintenance problématique



Air neuf non filtré

logement T4 type

# VMC Simple Flux hygroréglable A & B

– fonctionne en détection de présence ou de taux d'humidité

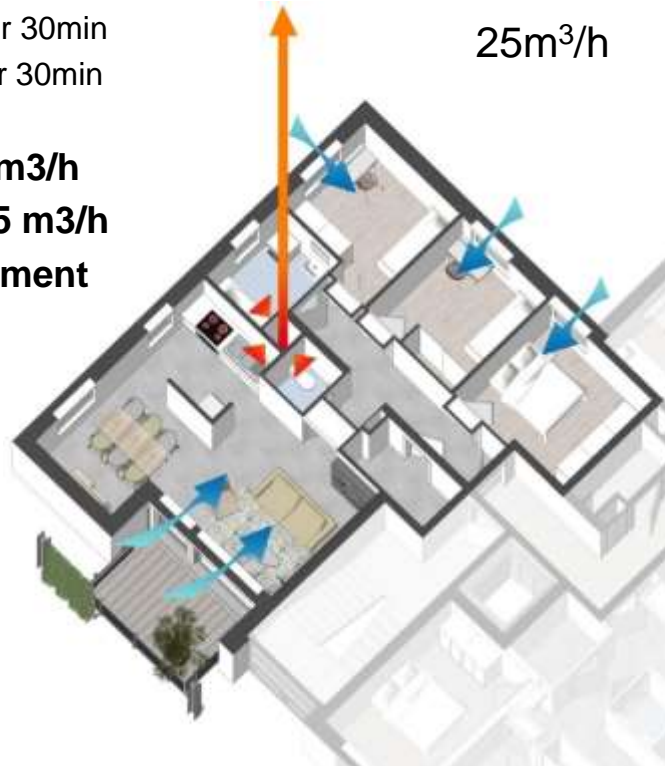
**Cuisine :** 10 - 45 - 120 m<sup>3</sup>/h sur 30min  
**WC :** 5 - 30 m<sup>3</sup>/h sur 30min  
**SDB :** 10 - 45 m<sup>3</sup>/h sur 30min

**Débit minimum : 25 m<sup>3</sup>/h**  
**Débit maximum : 195 m<sup>3</sup>/h**  
**mais très ponctuellement**

Air extrait minimum  
25m<sup>3</sup>/h

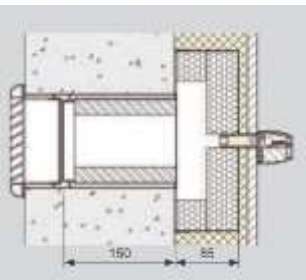
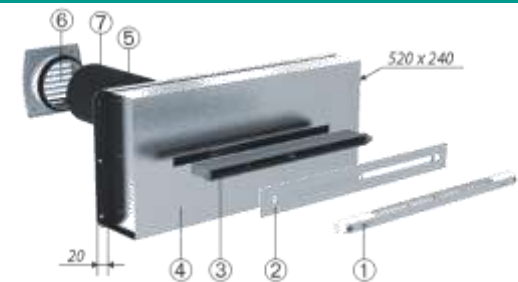
- Evacuation mécanique
- Possibilité de moduler les débits sur avis technique

- ☹ Débit insuffisant en hiver
- ☹ Débit insuffisant en été
- ☹ Ne récupère pas l'énergie
- 😊 Maintenance problématique
- 😊 Air neuf non filtré





# VMC Simple Flux avec entrées d'air acoustiques en façade



Air extrait

Air pollué

Air pollué



Débit insuffisant en hiver



Débit insuffisant en été



Ne récupère pas l'énergie



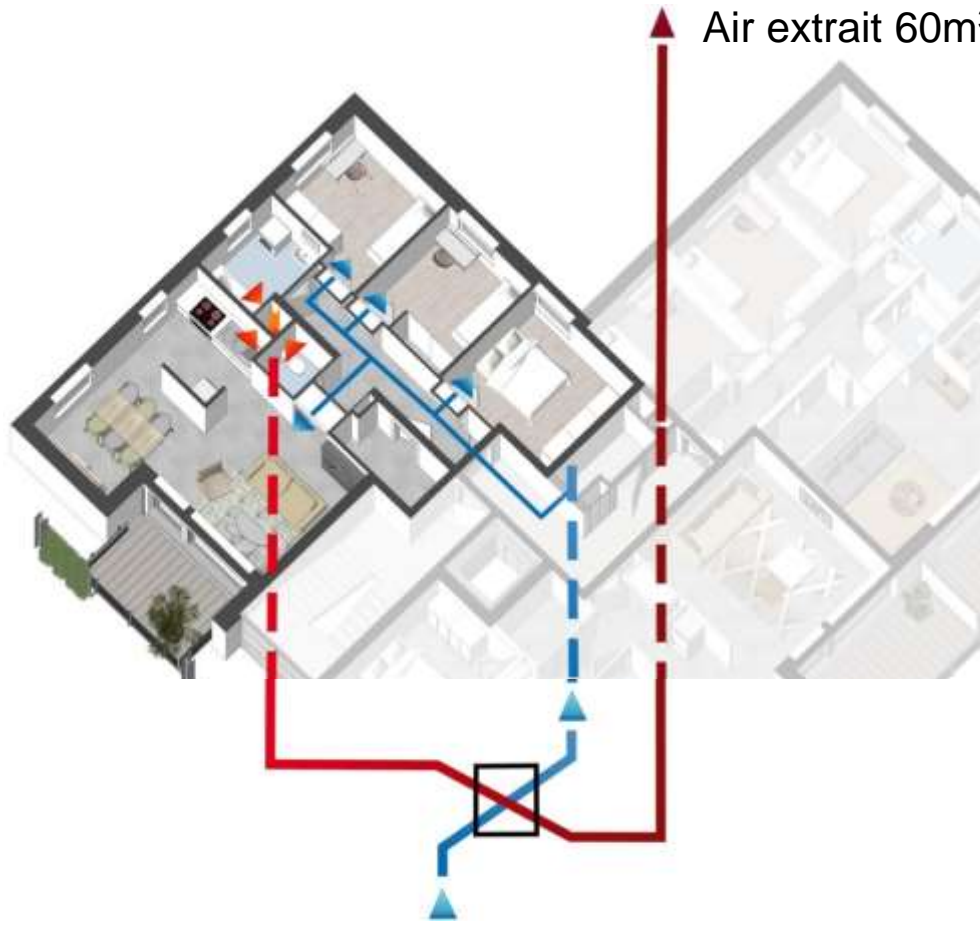
Nettoyage impossible des entrées d'air



Air neuf non filtré

# VMC Double Flux

– un échangeur permet de récupérer l'énergie de l'air extrait en hiver



Air extrait  $60\text{m}^3/\text{h}$  (0,3vol/h)



Débit moyen



Rafrâichissement insuffisant en été



Récupération d'énergie en hiver



Maintenance aisée



Air neuf filtré



# VMC Double Flux + puits canadien



- permet également de rafraîchir l'air de renouvellement en été



Air extrait : 140 m<sup>3</sup>/h en hiver  
400 m<sup>3</sup>/h en été



Débit satisfaisant



Sur-ventilation en été



Récupération d'énergie en hiver

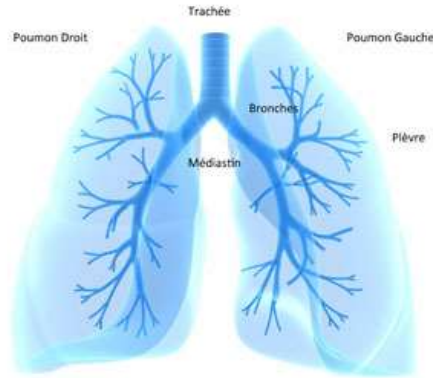


Maintenance aisée



Double filtration de l'air neuf

# Quel est le prix d'un logement qui respire ?



Renouveler correctement l'air d'un logement c'est garantir un débit suffisant pour la santé des utilisateurs.

*Or le renouvellement de l'air est la plus grande source de déperdition énergétique en hiver.*

## Question:

Comment trouver un équilibre entre la santé des occupants, les économies d'énergie et la sauvegarde de la planète ?

## Qualité de l'air versus économies d'énergie

Les économies d'énergie étant considérées comme prioritaires, et la plus grande source de déperdition étant le renouvellement de l'air, on constate souvent des débits insuffisants dans les constructions récentes, avec notamment la généralisation des ventilations de type hygroréglable.

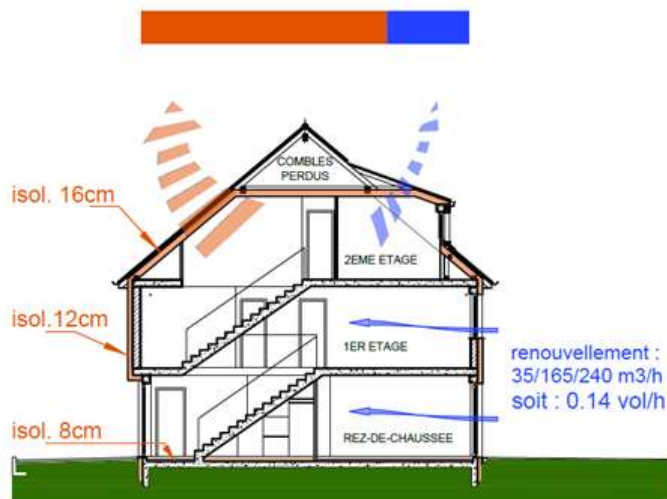
Nous avons comparé la différence de coût de construction pour un même bâtiment avec deux systèmes de VMC : hygroréglable avec réduction de débit et autoréglable avec débit constant.

Dans le cas du projet avec une VMC autoréglable classique il faut compenser la perte énergétique liée au plus grand renouvellement de l'air par une meilleure isolation thermique ce qui va créer un léger surcout.

# A consommation d'énergie équivalente, le surcout de construction n'est que de 5%, le prix d'une ventilation efficace et d'une bonne qualité de l'air

## VENTILATION HYGROREGLABLE B

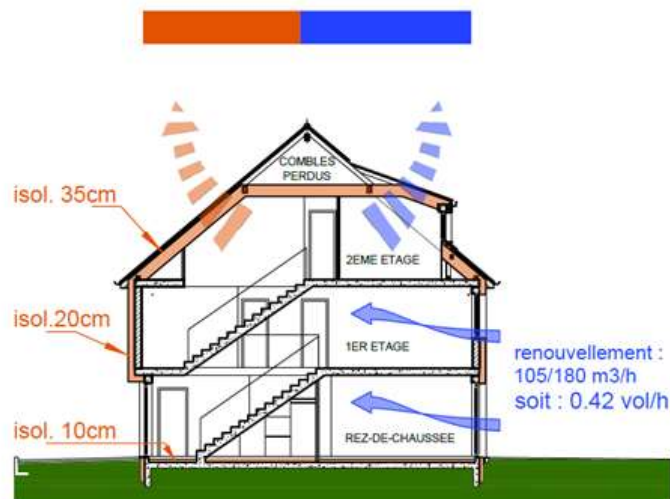
dépense enveloppe 33 kWh/m<sup>2</sup>.an (69%)  
dépense ventilation 11 kWh/m<sup>2</sup>.an (31%)



RT2012 -16 %  
coût travaux 1410 €/m<sup>2</sup>

## VENTILATION AUTOREGLABLE

dépense enveloppe 21 kWh/m<sup>2</sup>.an (50%)  
dépense ventilation 23 kWh/m<sup>2</sup>.an (50%)



RT2012 -16 %  
coût travaux 1480 €/m<sup>2</sup> (soit +5%)

Etude comparative Philippe Sigwalt Architecture

# Comment améliorer la qualité de l'air dès la conception d'un bâtiment

- Choisir un site de construction épargné le plus possible par la pollution urbaine, industrielle ou agricole.
- Sélectionner des matériaux sains à très faible émanation de polluants.
- Utiliser des systèmes de ventilation permettant un taux correct de renouvellement de l'air et permettant éventuellement le rafraîchissement en saison chaude et l'apport d'un air tempéré en saison froide.
- Concevoir des espaces bénéficiant d'une double orientation afin de permettre l'aération naturelle par balayage, et, pour les logements, équiper les salles de bain de fenêtres.
- Utiliser des bouches de ventilation pérennes, facilement démontables pour le nettoyage, et, branchées sur secteur en évitant les systèmes à piles.

# Comment améliorer la qualité de l'air dès la conception d'un bâtiment

- Externaliser les sources de pollution liées à l'activité humaine. Par exemple des buanderies collectives limitent une pollution chimique liée aux lessives et la présence d'un taux d'humidité élevé dans les logements.
- Intégrer des critères de sélection liés à la QAI dans les cahiers des charges.
- **Informez l'utilisateur lors de l'achat ou de la location d'un logement, ou d'un local tertiaire, sur le système de ventilation existant et son bon usage.**
- **Mettez en place des procédures de maintenance sous forme de 'carnet de bord' qui engagera les copropriétés ou bailleurs à vérifier et entretenir régulièrement les équipements de ventilation.**



# La maintenance des systèmes de ventilation, parent pauvre du bâtiment

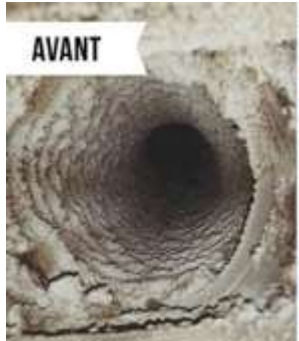


Les systèmes de ventilation sont rarement entretenus.

## Pistes d'amélioration:

Parc existant:

- Réaliser un diagnostic de l'installation.
- Nettoyer régulièrement les conduits.
- Informer les utilisateurs.



## Logements neufs:

- Penser l'installation en termes de maintenance (locaux de ventilation accessibles, pièces de visites ...).
- Informer les utilisateurs sur les risques d'une mauvaise QAI.

## Phase 1 : établissement du cahier des charges

### 52.330 Peinture des murs béton, M2

Fourniture et exécution d'une peinture sur élément en béton, y compris:

Préparation des support, y compris:

Nettoyage, brossage, rebouchage, ponçage, époussetage;

Suppression de toute laitance, substance non adhérente, poussière par tout moyen adapté,

2 couches de peinture béton minérale en phase aqueuse.

Caractéristique de la peinture:

Réaction au feu: M2 minimum

Famille de classe 10

Teneur en COV du produit: <1g/l

Aspect non filmogène, mat minéral

Densité à 20°C: environ 1.65 g/cm<sup>3</sup>

Choix aux choix de l'architecte dans la gamme du fabricant,

Toutes sujétions de livraison et de réalisation conformément aux recommandations du fabricant.

Localisation : Toutes parois béton des sanitaires, buanderie et locaux ménage.

## Phase 2 : évaluation des offres

### FICHE DE RENSEIGNEMENT TECHNIQUE:

Document permettant de juger de la pertinence des systèmes, des techniques et des produits proposés par l'entrepreneur, à remplir obligatoirement.

PRODUITS	MARQUES, MODELES ET REFERENCES	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES
<b>PEINTURE DES PLAFONDS M1</b>		
Peinture minérale mate M1		Réaction au feu:
		Famille et classe:
		Densité (g/cm <sup>3</sup> ):
		Teneur en COV:
		Aspect:
		Perméabilité à l'air (Sd):
Peinture acrylique satinée M1		Réaction au feu:
		Famille et classe:
		Densité (g/cm <sup>3</sup> ):
		Teneur en COV:
		Aspect:
<b>REVETEMENTS MURAUX M2</b>		
Toile d'arrêt lisse		Réaction au feu:

## Phase 3 : classement des offres

	1	2	3	4
VALEUR TECHNIQUE (/60)	15	45	50	42
PRIX (/40)	10	40	20	10
TOTAL	25	85	70	52
CLASSEMENT :	8	1	2	4
Observations	La majorité des produits présente un taux de COV supérieur à celui préconisé. Nombreux renseignements sont vérifiables (résistance au feu, COV) dans la documentation technique transmise.	Les produits proposés sont conformes et présentent des taux de COV supérieurs au taux préconisé.  Les autres produits (majoritaires) sont conformes ou présentent des taux meilleurs que ceux préconisés.	Les produits proposés sont conformes et présentent des taux de COV équivalents ou meilleurs que ceux préconisés.	La peinture minérale proposée est une sous-couche donc finition moins bonne. Le produit proposé pour la toile d'appât est une toile de verre et non une toile cellulosique.  Le produit proposé pour la lasure est une peinture



**Tout d'abord informer le consommateur sur le système de ventilation, et ses modalités d'entretien, mais aussi le niveau de pollution externe de son habitation.**

Parc existant:

- Réaliser des diagnostics réguliers.

Logements neufs:

- Investir plus dans le poste ventilation à la construction pour la santé des occupants.
- Ne pas construire dans des sites très pollués afin de s'affranchir de la filtration de l'air.



# Conclusion

Comme vous pouvez l'imaginer, il y a encore du pain sur la planche ...





## 3 projets où la qualité de l'air a été optimisée





## L'école de Kolbsheim – un projet pensé en fonction de la qualité de l'air

A l'école de Kolbsheim a été privilégiée l'utilisation de matériaux réputés 'sains' liée à une ventilation efficace dans le cadre d'un projet à énergie positive. Tous les matériaux ont été sélectionnés dès l'appel d'offre des entreprises de construction pour leur faible taux en COVs. La structure étant en bois ne comprend que du bois massif sans aucun matériau composite tel que contreplaqué ou aggloméré. Le bois massif est protégé des émanations naturelles par un gel à très faible taux de COVs. Les faux plafonds sont fixes (non modulaires) pour éviter l'accumulation de poussières. Le nettoyage se fait à la vapeur pour éviter les produits chimiques.



# L'école de Kolbsheim – des espaces qui respirent



Ecole de Kolbsheim - Coupe de principe - Image L.Matagne - Philippe Sigwalt Architecture

# L'école de Kolbsheim – la maintenance intégrée dès le projet

La maintenance a été pensée en fonction d'un critère de qualité de l'air.

- faux-plafonds non démontables dans les salles de cours pour éviter l'accumulation de poussières
- canalisations de ventilation sans plénums de soufflage angulaires ce qui facilite le nettoyage des conduits.
- local de machinerie de ventilation intérieur pour faciliter l'accès à la maintenance.



# L'école de Kolbsheim – procédés exclus

- faux plafond démontable



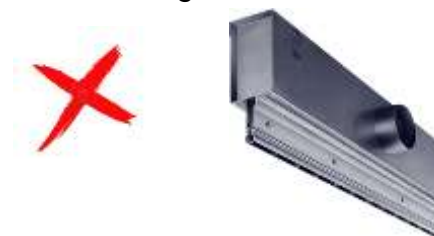
- traitement d'air en toiture



- bois reconstitués perforés



- plénums de ventilation angulaires



- isolant polystyrène sous chape



- conduits de ventilation non lisses



# L'école de Kolbsheim – matériaux exclus

- lamellé-collé



- agglomérés



- OSB (Oriented Strand Board)



- MDF ou HDF (Medium/High Density Fiberboard)



- CLT (Cross-Laminated Timber)



- contreplaqués



# L'école de Kolbsheim – procédés et matériaux retenus

- bois massif non traité



- mobilier en bois massif



- placards en tôle d'acier perforée



- Linoléum sur sols et mobilier



- Tableaux à âme alvéolaire



- colles, lasures, et peintures à très faible émission en COV



# L'école de Kolbsheim – contrôle de niveau d'émission de COV

peinture acrylique des plafonds: 1,5 g/L (<0,1%) (valeur UE limite: 30g/l)



peinture acrylique des murs: 1 g/L (<0,1%) (valeur UE limite: 30g/l)



lasure béton: 1 g/L (<0,1%) (valeur UE limite: 30g/l)



lasure éléments menuisés intérieurs: 18 g/L (valeur UE limite: 130g/l)



protection-gel ossature bois intérieure: 18 g/L (valeur UE limite: 130g/l)



protection-gel menuiseries extérieures: 18 g/L (valeur UE limite: 130g/l)



colle revêtement de sol linoléum: EMICODE EC 1/A très faible émission



colle carrelage: EMICODE EC 1/A très faible émission





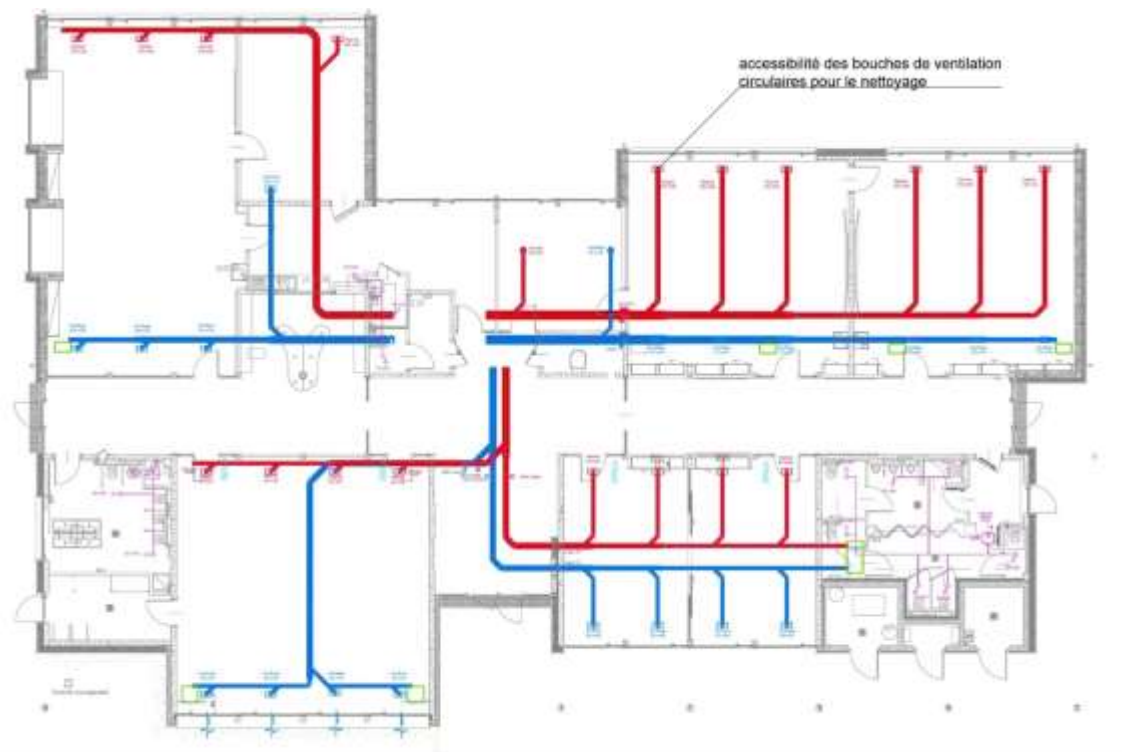
# L'école de Kolbsheim – qualité de l'air

Les innovations correspondent à la prise en compte d'une démarche qualité dans le processus de conception et le suivi des travaux dans le domaine particulier de la qualité de l'air intérieur.

- tenir en compte dès la conception de critères de qualité de l'air en préconisant l'utilisation de produits adaptés qui sont décrits dans le cahier des charges lors de l'appel d'offres.
- contrôler systématiquement toutes les fiches produits des matériaux lors de la mise en oeuvre.



# L'école de Kolbsheim – maintenance du système de ventilation optimisée



# L'école de Kolbsheim



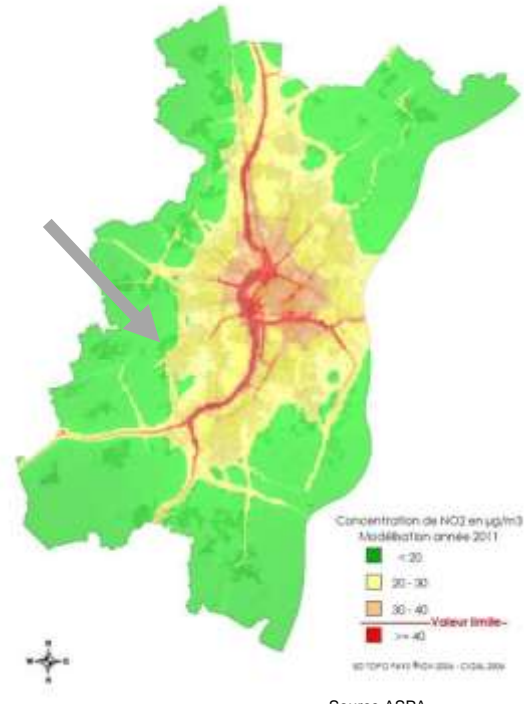
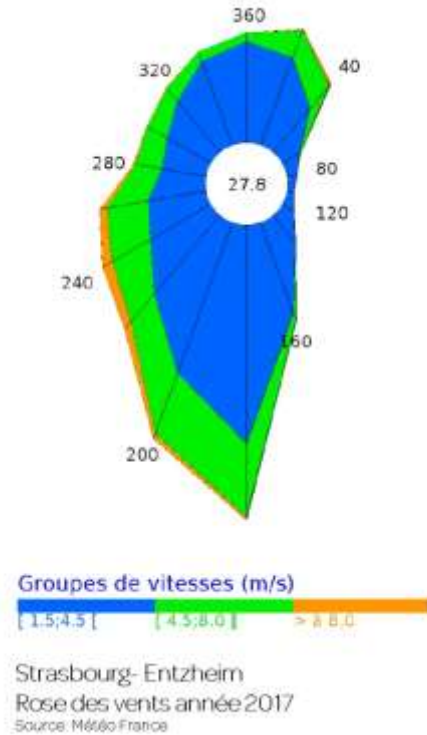
# Les caves géothermiques – une ventilation naturelle tempérée



maître d'ouvrage:  
**ICF Nord-Est**

philippe sigwalt **architecture**

# Les caves géothermiques – le site



A proximité d'une voie ferrée, ouvrir les fenêtres est source de bruit, il faut pouvoir aérer les logements avec une ventilation double-flux





# Les caves géothermiques – utiliser les ressources du sous-sol

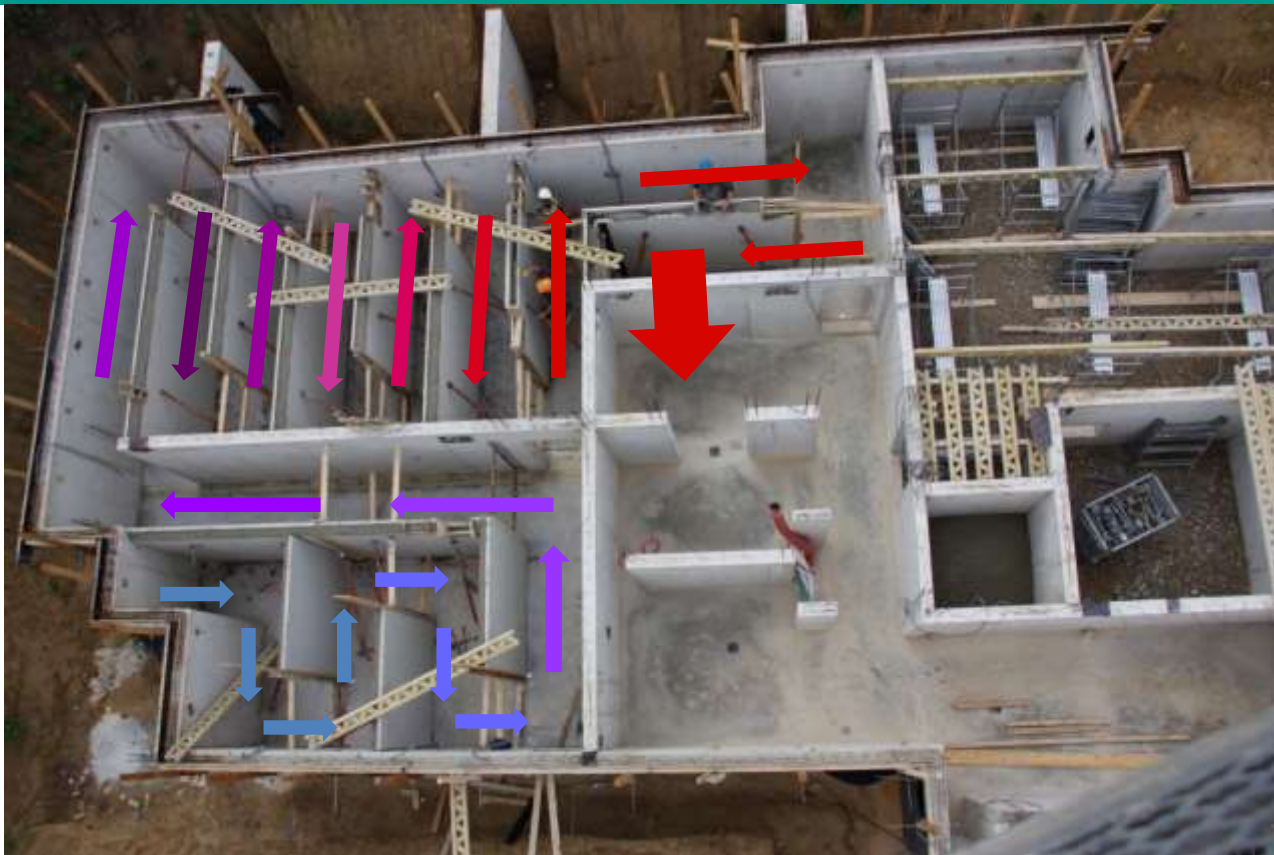


philippe sigwalt **architecture**

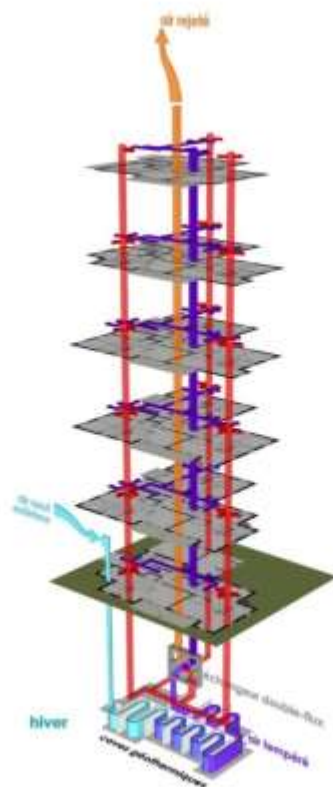
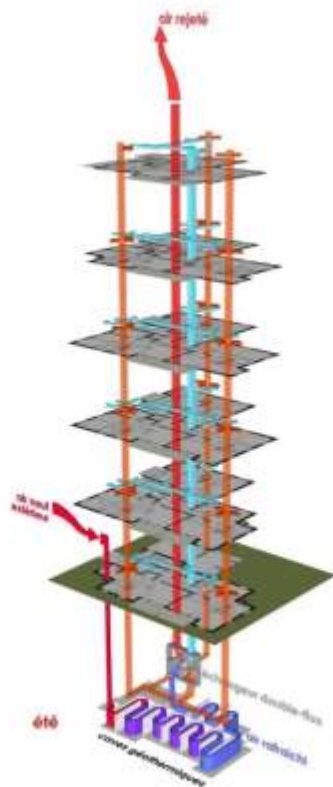
philippe sigwalt **architecture**



# Caves géothermiques : augmentation de la température du flux d'air en saison froide ( et rafraichissement en saison chaude)

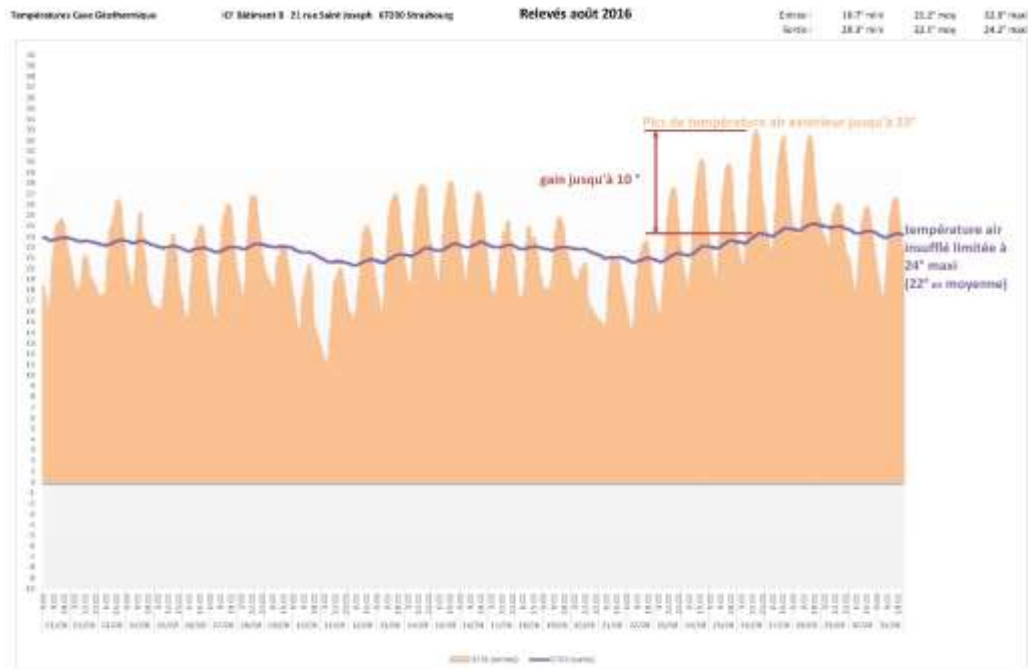


# Régulation naturelle de la température de l'air neuf selon les saisons



Principe de fonctionnement des caves géothermiques de  
immeubles de logements - 21-31 rue Saint-Joseph à Koenigshoven  
Mairie de Luxembourg, 6/7 Mars 2014

# Relevé août : un rafraîchissement naturel jusqu'à 10° C



# Relevé janvier : un réchauffement naturel jusqu'à 13° C

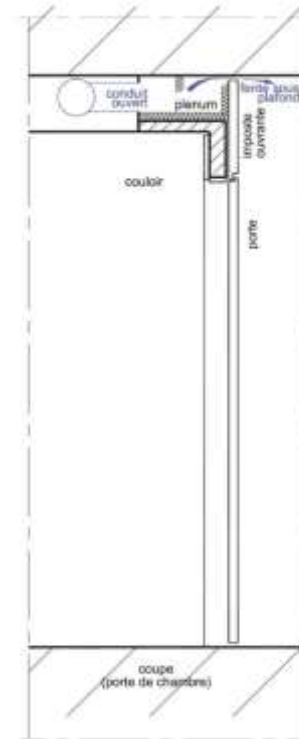


# Un balayage de l'air des espaces intérieurs optimisé





# Des plenums de soufflages intégrés avec une maintenance facilitée pour éviter la gêne des bouches traditionnelles.

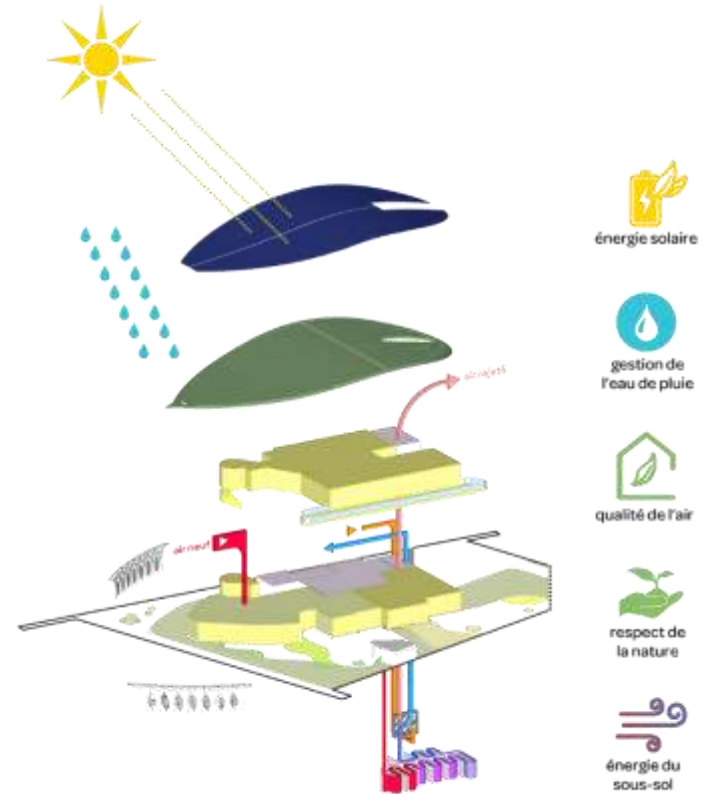


# Leaf Project – périscolaire de Geispolsheim

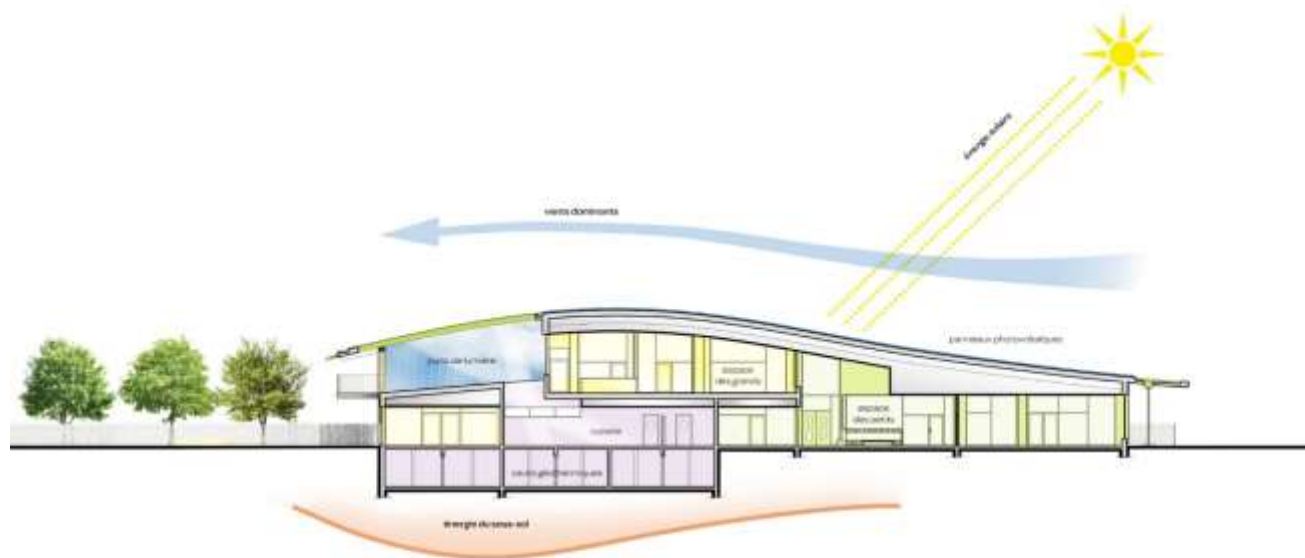


# Leaf project – une conception bioclimatique

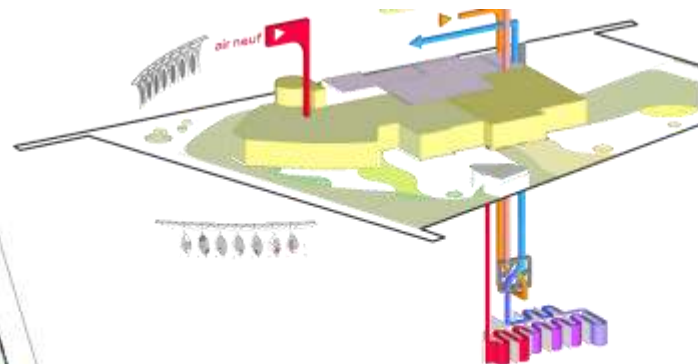
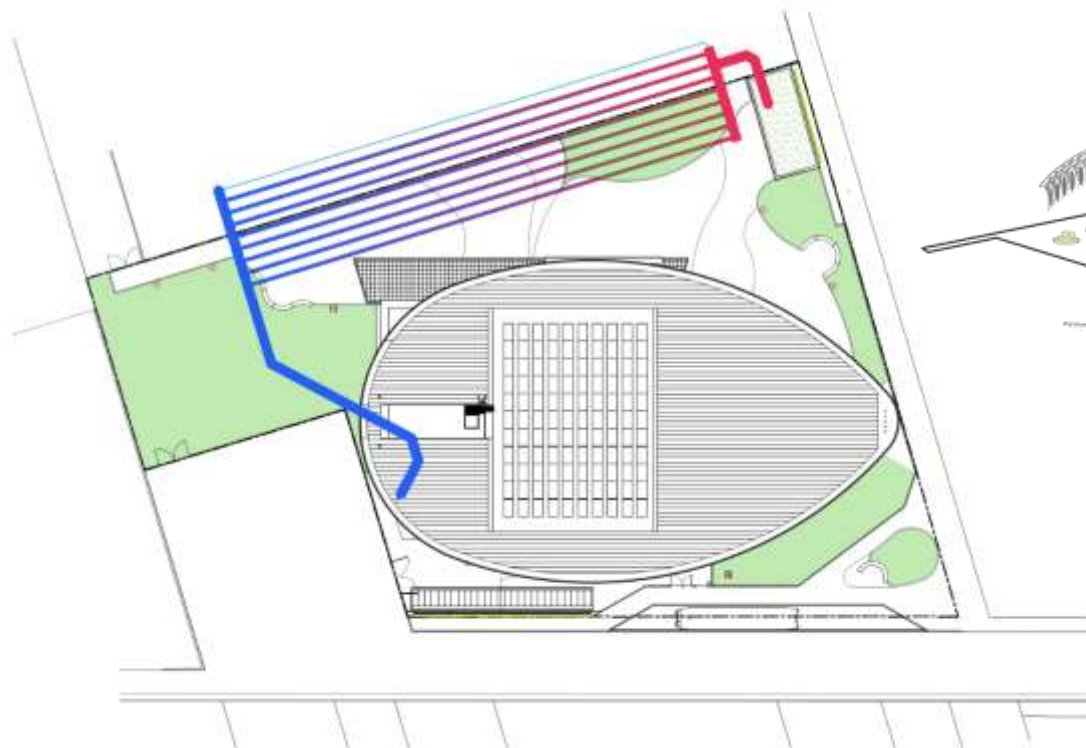
- Conception bioclimatique
- Passivhaus
- Bâtiment à énergie positive
- Confort thermique en été et en hiver
- Filtration de l'air



# Utilisation de l'énergie du soleil, du vent et du sous-sol.



# Puits canadien : une géothermie soft



respect de  
la nature



énergie du  
sous-sol

## 800 ml de conduites enterrées diamètre 30 cm





# Régulation de la ventilation : CO2, hygrométrie et température ambiante

DeltaBio 15-11-2021 17:02:33 Régulation DeltaTero



## Leaf project – périscolaire de Geispolsheim



## Leaf project – des volumes pensés en fonction de la ventilation



# Merci

