

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## VENTILATION : CONCEPTION ET RÉGULATION

PRINTEMPS 2022

**Pourquoi et comment ventiler ?**



- ▶ Donner un aperçu complet des enjeux au travers des fonctions de la ventilation
- ▶ Présenter les principes de base, les 4 systèmes de ventilation possibles, leurs déclinaisons, avantages et inconvénients



**POURQUOI VENTILER ?**

COMMENT VENTILER ?



### La ventilation a un objectif principal

- ▶ Assurer la qualité de l'air
  - pour les **occupants**
  - pour le **bâtiment**

 VENTILATION HYGIÉNIQUE

### Et un objectif secondaire

- ▶ Permettre le rafraîchissement du bâtiment en été
- ▶ Evacuer des polluants dans des conditions d'occupation « exceptionnelles » (ex: travaux)

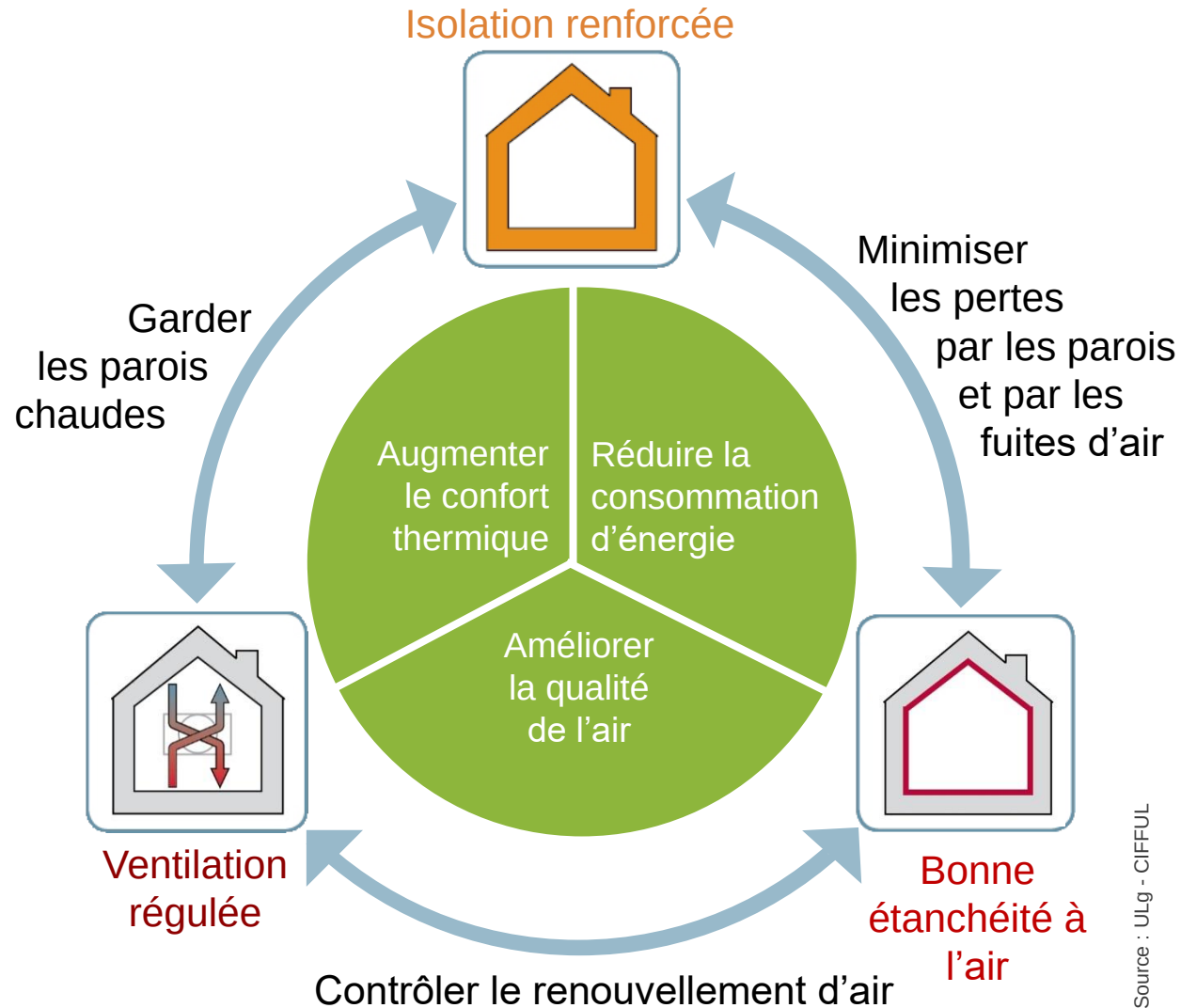
 VENTILATION INTENSIVE

### Elle peut par ailleurs

- ▶ Servir à la climatisation du bâtiment (comme vecteur pour le chauffage, le refroidissement et la (dés)humidification de l'air)

 CLIMATISATION





Source : ULg - CIFIUL



## POURQUOI VENTILER ?

- ▶ **Ventilation hygiénique**
- ▶ Ventilation intensive
- ▶ Climatisation

## COMMENT VENTILER ?



## L'environnement intérieur est le lieu de diverses pollutions dues

- ▶ à l'occupation humaine
- ▶ au bâtiment et à ses équipements
- ▶ à l'environnement

## Celles-ci sont préjudiciables

- ▶ à la santé
- ▶ au confort
- ▶ à la productivité des usagers
- ▶ à la santé du bâtiment



**Une ventilation suffisante et de qualité permet de garantir une qualité d'air acceptable dans le bâtiment**

**Pour la santé et le confort des occupants**

- ▶ En diluant et évacuant les polluants en remplaçant l'air vicié par de l'air frais
- ▶ En régulant l'humidité

**Pour la santé du bâtiment**

- ▶ En régulant l'humidité

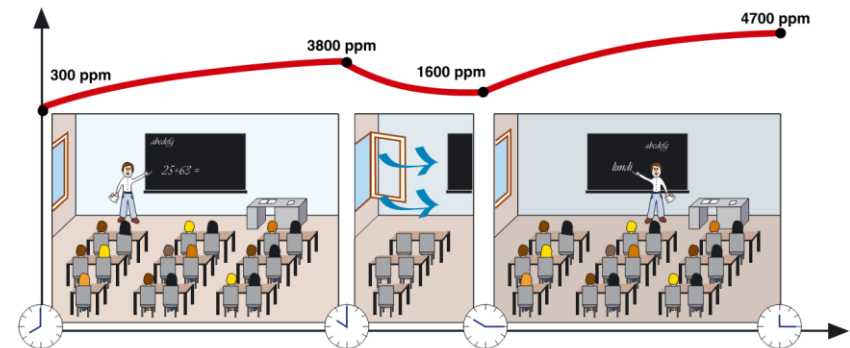


## Pollutions relatives à l'occupation humaine

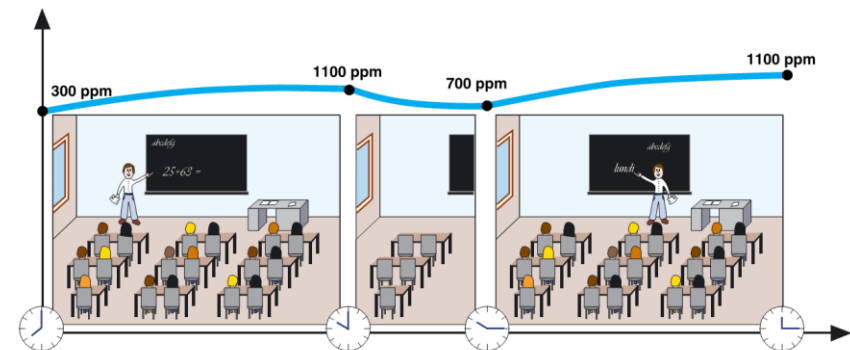
- ▶ Odeurs (corporelles, cuisines, toilettes, ordures, animaux, ...)
- ▶ Fumée de cigarette
- ▶ Humidité (60 – 500 g/h pour une personne)
- ▶ CO<sub>2</sub>
- ▶ ...

### Exemple d'évolution de concentration en CO<sub>2</sub> :

Classe de 25 élèves, 2h cours -> 1/4h interours -> 2h cours



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



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

nlb 13779 (2007)  
standards for .be

Tableau A.10 — Niveaux de CO<sub>2</sub> dans les pièces

| Catégorie | Niveau de CO <sub>2</sub> au dessus du niveau de l'air neuf en ppm <sub>x</sub> |                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|           | Plage type                                                                      | Valeur par défaut |
| INT 1     | ≤ 400                                                                           | 350               |
| INT 2     | 400 – 600                                                                       | 500               |
| INT 3     | 600 – 1 000                                                                     | 800               |
| INT 4     | > 1 000                                                                         | 1 200             |

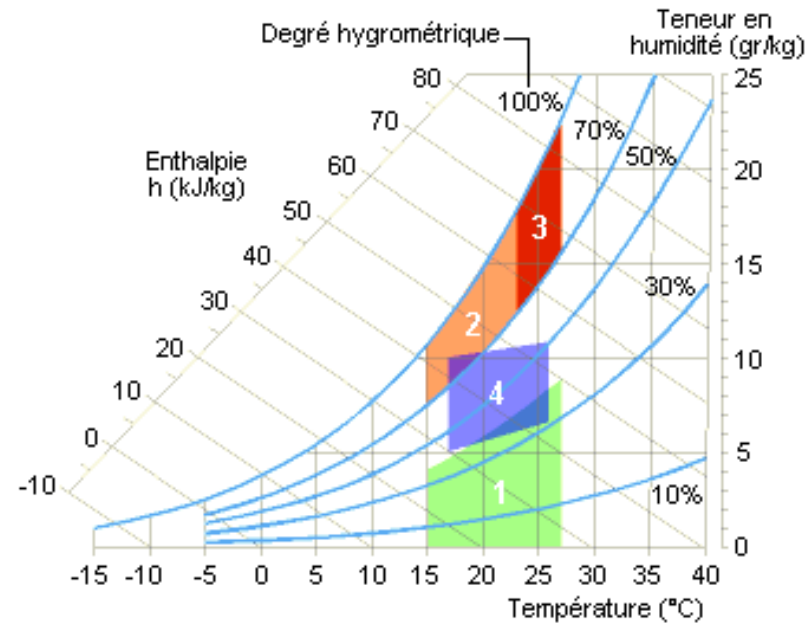


## Pollutions en provenance du bâtiment et de ses équipements

- ▶ Tapis, vinyles
- ▶ Peintures, colles, solvants (formaldéhyde, ...)
- ▶ Imprimantes, télécopieurs, fax, ...
- ▶ CO (appareils à combustion non étanche)
- ▶ Condensation et humidité excessive ➡ Moisissures, champignons,...



## Condensation - Zones : diagramme de Mollier



Source : R. Fauconnier

**Zone 1** : problèmes de sécheresse.

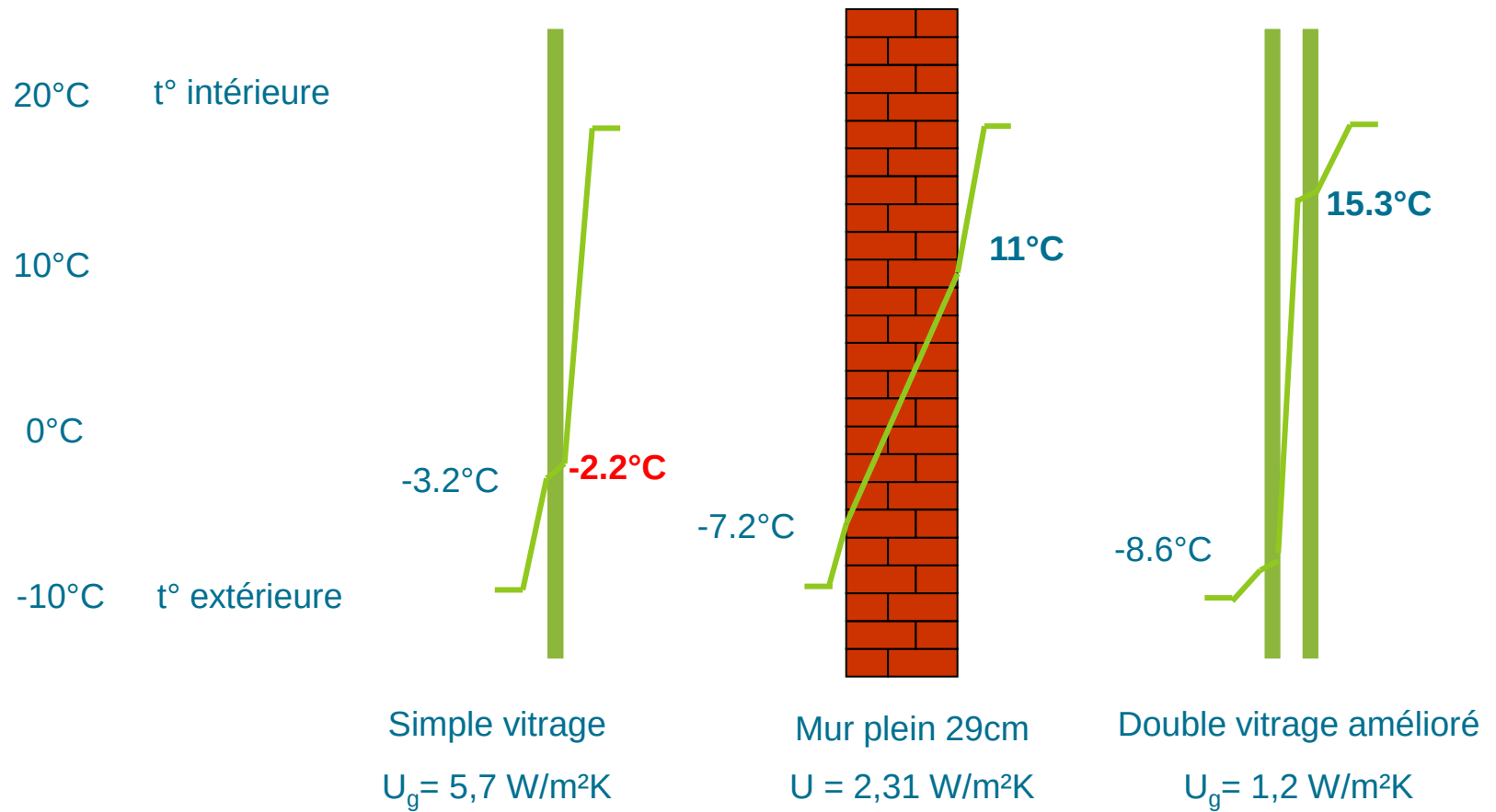
**Zones 2 et 3** : développements de bactéries et de micro-champignons.

**Zone 3** : développements d'acariens.

**Zone 4** : polygone de confort hygrothermique

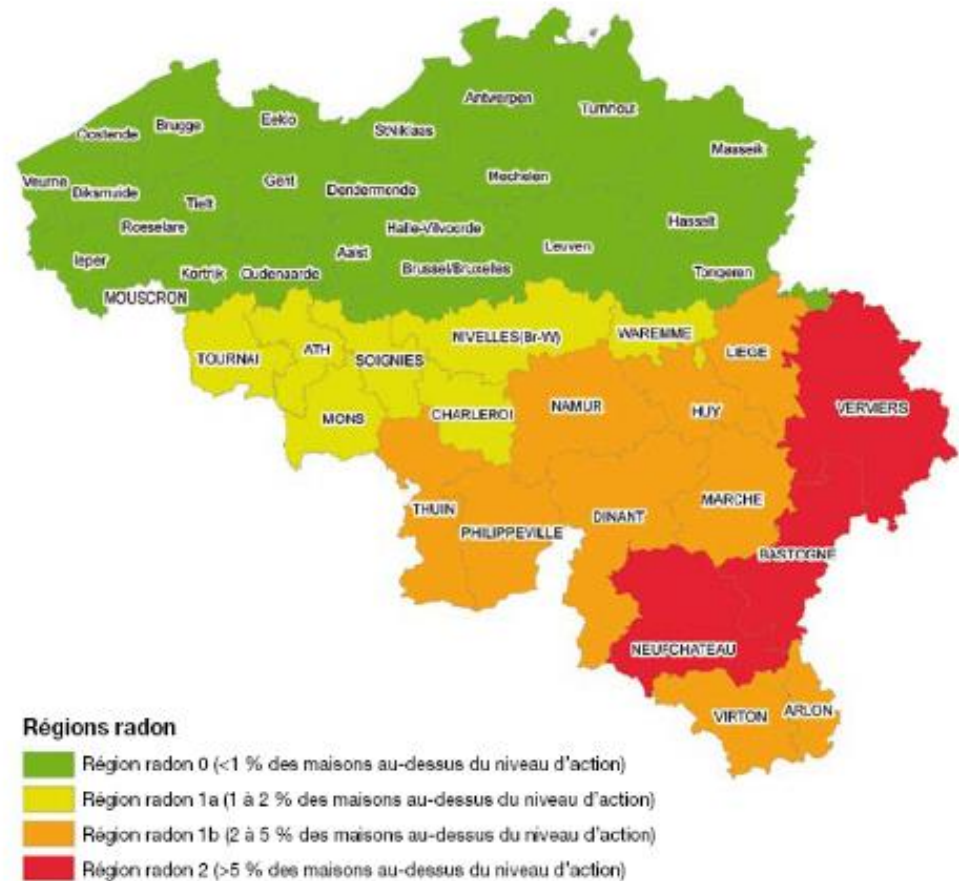


## Condensation - Paroi froide



## Pollutions en provenance de l'environnement

- ▶ Radon
- ▶ Pollens
- ▶ Particules fines
- ▶ Gaz polluants
- ▶ ...



Pour plus d'informations: [www.fanc.fgov.be](http://www.fanc.fgov.be)





## Analyse de la qualité de l'air dans le local de formation



## POURQUOI VENTILER ?

- ▶ Ventilation hygiénique
- ▶ **Ventilation intensive**
- ▶ Climatisation

## COMMENT VENTILER ?



La ventilation intensive permet

- ▶ De remplacer l'air chaud intérieur par de l'air plus frais extérieur
- ▶ De décharger la masse thermique du bâtiment

La ventilation intensive permet donc un rafraichissement du bâtiment d'une puissance limitée mais souvent suffisante en hiver ou en moyenne saison (freecooling, nightcooling, ventilation naturelle, hybride)



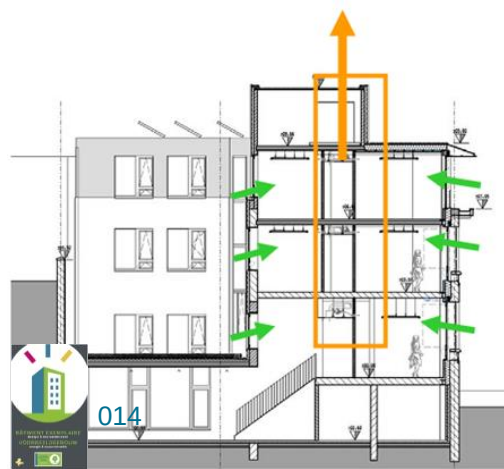
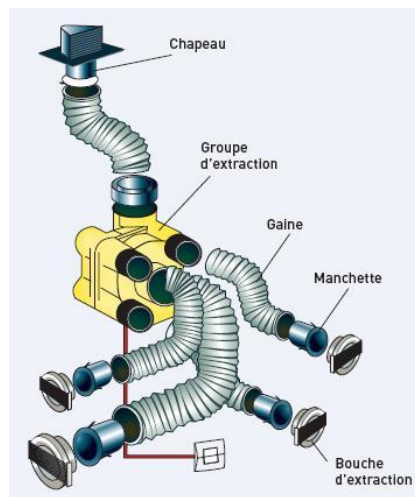


La ventilation intensive implique des débits importants ( $> 4 \text{ h}^{-1}$ ) et nécessite des dispositifs adaptés. Une simple extension de la ventilation hygiénique n'est pas suffisante (permet environ  $1 \text{ h}^{-1}$ ).

Elle peut être réalisée grâce à

- La **ventilation mécanique**
- Une **ventilation naturelle**
- Une **ventilation hybride** (naturelle ou mécanique lorsque la première ne suffit pas)

En vue de diminuer la consommation des auxiliaires



Source : A2M



Source : NatVent



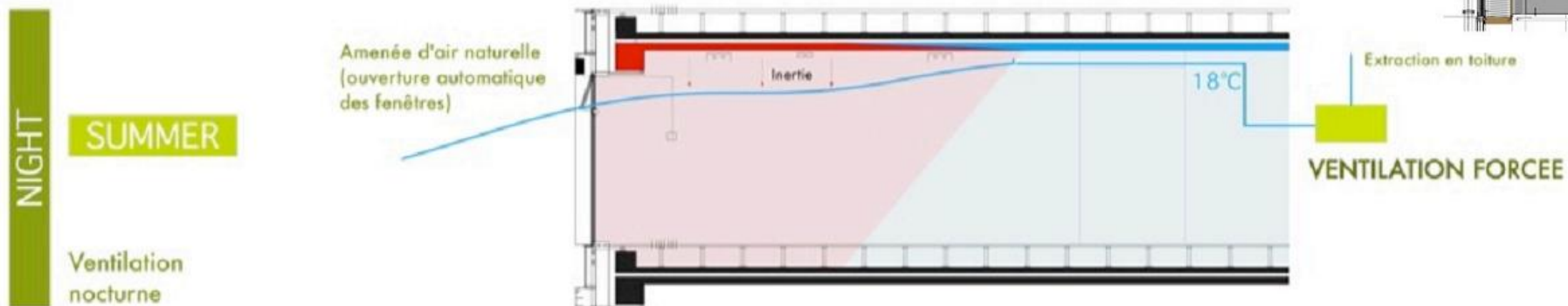


040

## Exemple

Ventilation nocturne par ouverture automatique des fenêtres et extraction en toiture sur base des

- Conditions extérieures : température, force du vent et pluie (météo)
- Conditions intérieures : température et humidité relative





040

## Exemple

### Régulation

Ouverture possible

- ▶ de 22h à 6h
- ▶ Si  $T_{\text{ext}}$  en journée  $> 24^{\circ}\text{C}$  (réglable)
- ▶ Si  $T_{\text{int}}$  en journée  $> T_{\text{conf}}$
- ▶ Si  $T_{\text{int}} > T_{\text{ext}} + 2$

Fermeture

- ▶ Si  $T_{\text{int}} < (T_{\text{conf, min}} - 1)$  ou  $19^{\circ}\text{C}$  (réglable)
- ▶ Si  $\text{HR} > 70 \%$  (réglable)
- ▶ Si vitesse du vent  $> 10 \text{ m/s}$  (réglable)

Le tout est divisé en zones paramétrables indépendamment et géré par une GTC qui peut également tenir compte des protection solaires mobiles...



## POURQUOI VENTILER ?

- ▶ Ventilation hygiénique
- ▶ Ventilation intensive
- ▶ **Climatisation**

## COMMENT VENTILER ?



L'air introduit par la ventilation peut être utilisé comme vecteur

- ▶ Pour chauffer ou refroidir
- ▶ Pour humidifier ou déshumidifier



POURQUOI VENTILER ?

**COMMENT VENTILER ?**

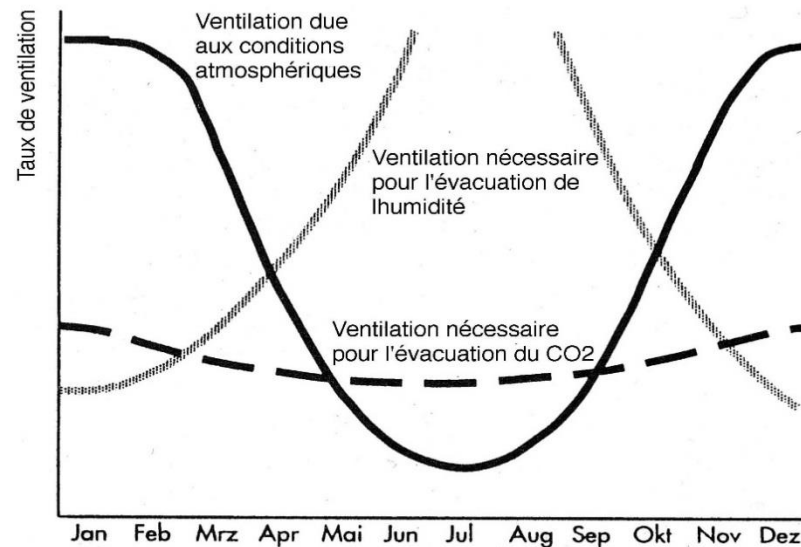
- ▶ **Les mauvaises options**
- ▶ Principes de base
- ▶ Les systèmes
- ▶ Quel système choisir ?
- ▶ Centralisation ou décentralisation ?



## Compter sur la mauvaise étanchéité à l'air de l'enveloppe



- ▶ Non conforme (réglementation PEB)
- ▶ Trop aléatoire car dépend des conditions climatiques (vitesse du vent et températures)
- ▶ Débits dans la plupart des cas insuffisants
- ▶ Impact sur les consommations et le confort



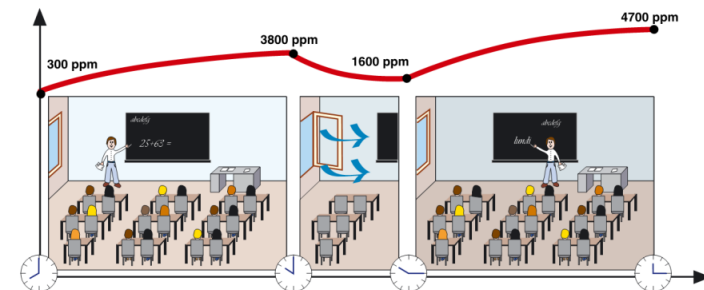
## Ventiler en ouvrant les fenêtres



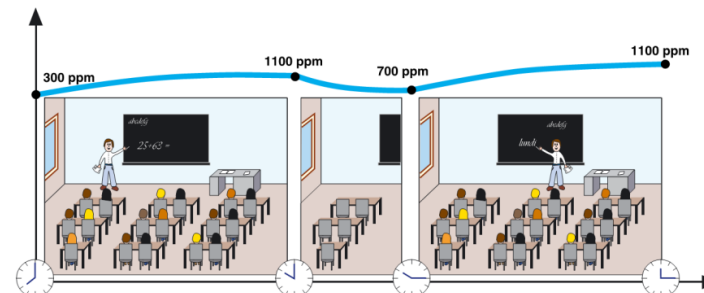
- ▶ Non conforme (réglementation PEB), sauf en ventilation intensive
- ▶ Action de l'homme
- ▶ Débits trop élevés et non continus
- ▶ Impact sur les consommations et le confort
- ▶ Risque d'effraction accru
- ▶ Pénétration éventuelle d'insectes et de pluie

Exemple d'évolution de concentration en CO<sub>2</sub> :

Classe de 25 élèves, 2h cours -> 1/4h intercourses -> 2h cours



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



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

NBN  
13779 (2007)

Tableau A.10 — Niveaux de CO<sub>2</sub> dans les pièces

| Catégorie | Niveau de CO <sub>2</sub> au dessus du niveau de l'air neuf en ppm <sub>x</sub> |                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|           | Plage type                                                                      | Valeur par défaut |
| INT 1     | ≤ 400                                                                           | 350               |
| INT 2     | 400 – 600                                                                       | 500               |
| INT 3     | 600 – 1 000                                                                     | 800               |
| INT 4     | > 1 000                                                                         | 1 200             |



POURQUOI VENTILER ?

**COMMENT VENTILER ?**

- ▶ Les mauvaises options
- ▶ **Principes de base**
- ▶ Les systèmes
- ▶ Quel système choisir ?
- ▶ Centralisation ou décentralisation ?



## Conventions de couleurs (NBN EN 13779)

▣ NBN  
13779 (2007)  
▣ ▣



air d'amenée  
(air entrant)



air transitant  
(d'une pièce à l'autre)



air évacué  
(vers l'extérieur)



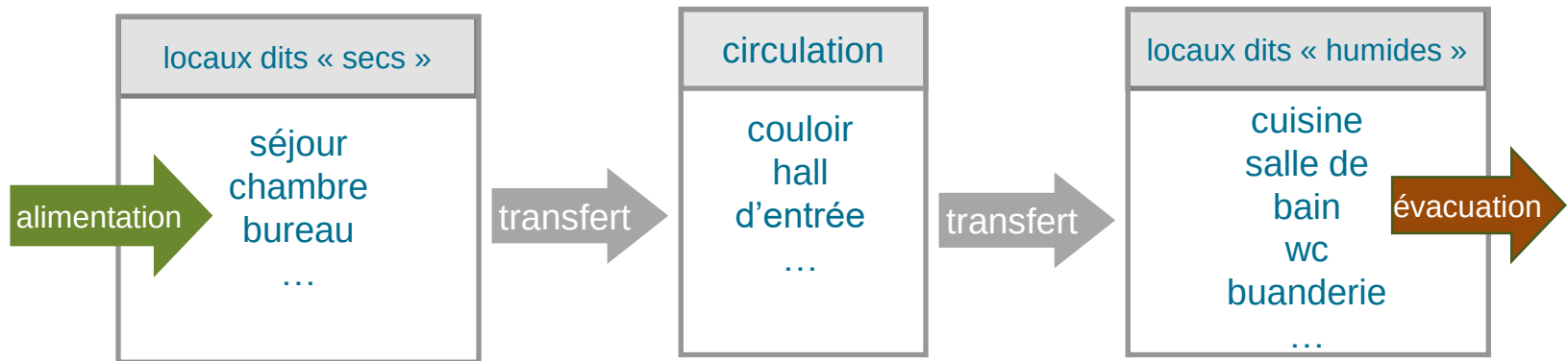
## Système idéal

Alimentation et évacuation de l'air dans chaque local

- ▶ Très rare (techniquement compliqué et onéreux)

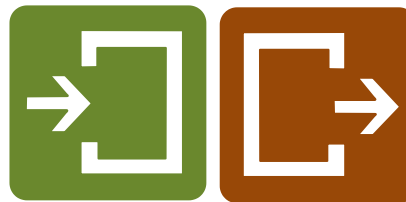
## Système simplifié (schéma résidentiel)

- ▶ Alimentation dans les locaux « secs »
- ▶ Transfert via les zones de circulation
- ▶ Evacuation dans les locaux « humides »



## Pas d'accumulation d'air dans le bâtiment

- ▶ Pas d'alimentation sans évacuation
- ▶ Pas d'évacuation sans alimentation
  - Au niveau du bâtiment
  - Pour chaque local



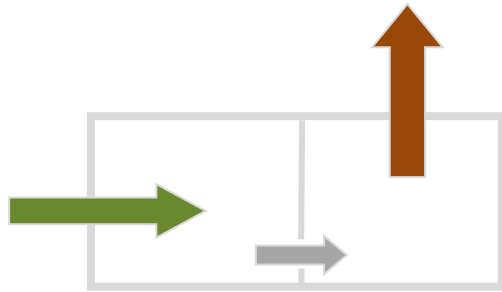
POURQUOI VENTILER ?

## COMMENT VENTILER ?

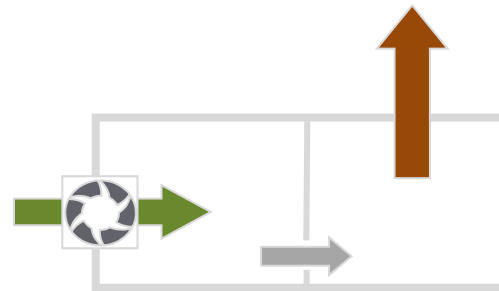
- ▶ Les mauvaises options
- ▶ Principes de base
- ▶ **Les systèmes**
- ▶ Quel système choisir ?
- ▶ Centralisation ou décentralisation ?



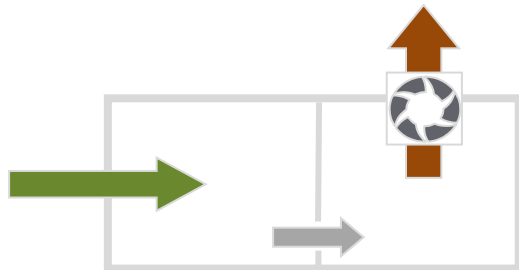
- A.** alimentation naturelle  
+ évacuation naturelle



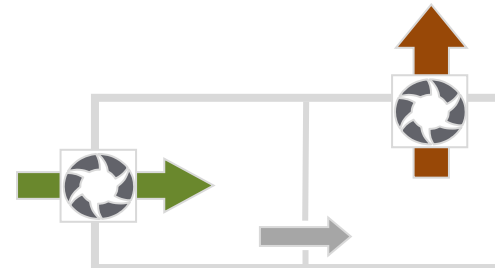
- B.** alimentation mécanique  
+ évacuation naturelle



- C.** alimentation naturelle  
+ évacuation mécanique

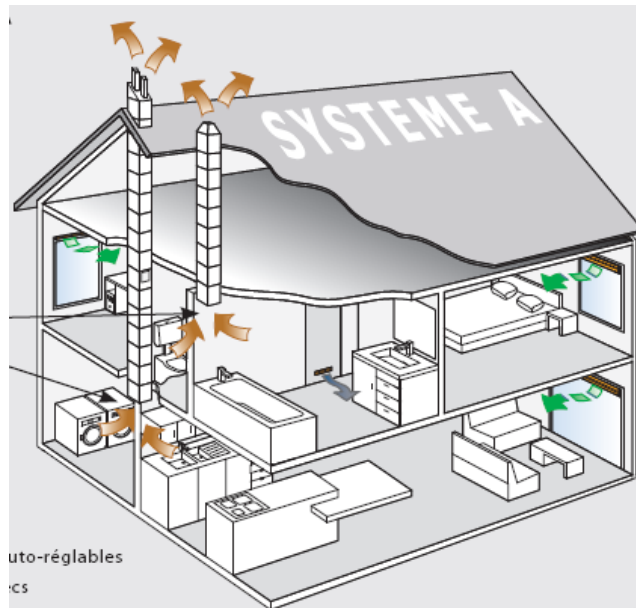


- D.** alimentation mécanique  
+ évacuation mécanique



## Système A : alimentation naturelle & évacuation naturelle

- ▶ Alimentation : grilles réglables
- ▶ Transfert : fentes ou grilles
- ▶ Extraction : grilles réglables au départ de conduits verticaux



► Avantages et inconvénients

| +                                                                                                                                                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Coût peu élevé</li><li>• Aucune consommation électrique</li><li>• Peu d'entretien</li><li>• Réglage grille par grille</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pas de contrôle des débits</li><li>• Complexité de mise en œuvre des conduits verticaux et hauteur des débouchés</li><li>• Réglage manuel et grille/grille</li><li>• (Filtration de l'air entrant)</li><li>• (Bruits extérieurs)</li><li>• Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort</li><li>• Distribution uniforme de l'air entrant moins assurée (pièce centrale)</li></ul> |



**Système B : alimentation mécanique & évacuation naturelle**

- ▶ Alimentation : ventilateur(s)
- ▶ Transfert : fentes ou grilles
- ▶ Extraction : grilles réglables au départ de conduits verticaux



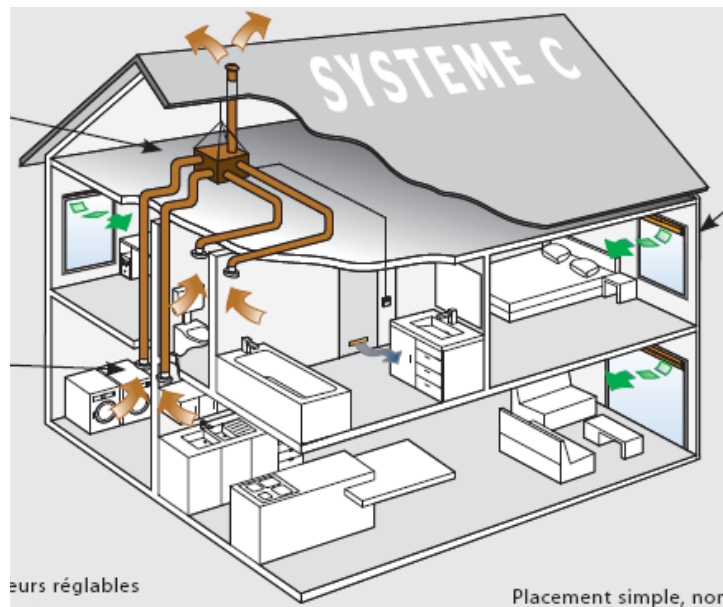
► Avantages et inconvénients

| +                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Bonne distribution de l'air neuf et contrôle des débits d'air neuf</li><li>• Diminution du risque de refoulement et d'infiltration</li><li>• Possibilité de filtration de l'air neuf (de manière globale)</li><li>• Possibilité de préchauffage de l'air neuf</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Consommations électriques</li><li>• Nécessité d'entretien</li><li>• Favorise le transfert d'air humide dans les parois (bâtiment en surpression)</li><li>• Pas de contrôle des débits extraits et efficacité d'extraction faible</li><li>• Complexité de mise en œuvre des conduits verticaux et hauteur des débouchés</li><li>• Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort</li></ul> |



## Système C : alimentation naturelle & évacuation mécanique

- ▶ Alimentation : grilles réglables
- ▶ Transfert : fentes ou grilles
- ▶ Extraction : ventilateur(s)



► Avantages et inconvénients

| +                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Contrôle des débits d'air extraits (et des débits pulsés dans une moindre mesure)</li><li>• Bâtiment en dépression</li><li>• Mise en œuvre flexible de l'extraction</li><li>• Possibilité de régulation de l'extraction selon la qualité et/ou la présence (C+)</li><li>• Moins coûteux qu'un système D à l'exploitation</li><li>• Possibilité de récupérer l'énergie de l'air vicié (via une PAC)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Consommations électriques</li><li>• Nécessité d'entretien</li><li>• Réglage manuel et grille/grille (Filtration de l'air entrant)</li><li>• (Bruits extérieurs)</li><li>• Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort</li><li>• Immeubles à appartements : risque de déséquilibre de pressions entre logements</li><li>• Distribution uniforme de l'air entrant moins assurée (pièce centrale)</li></ul> |

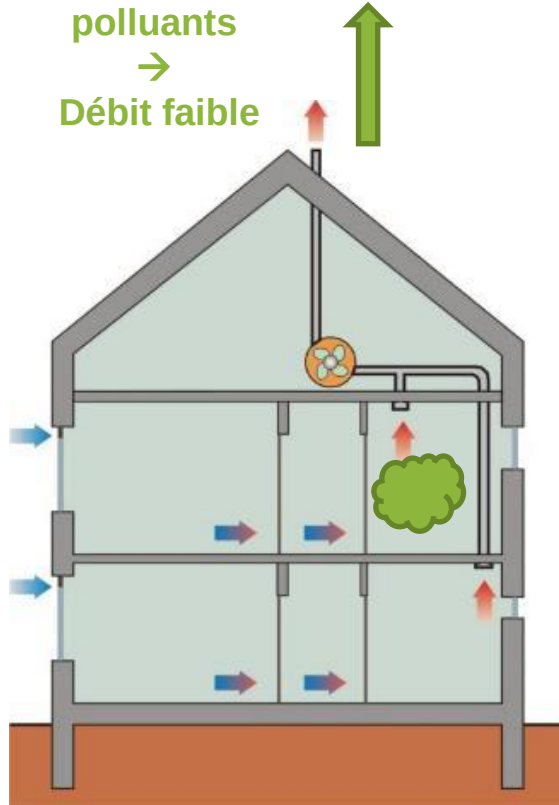


### Système C+

- ▶ Régulation en fonction de sondes (HR, CO<sub>2</sub>, COV, présence)
- ▶ Réduction des pertes et des consommations

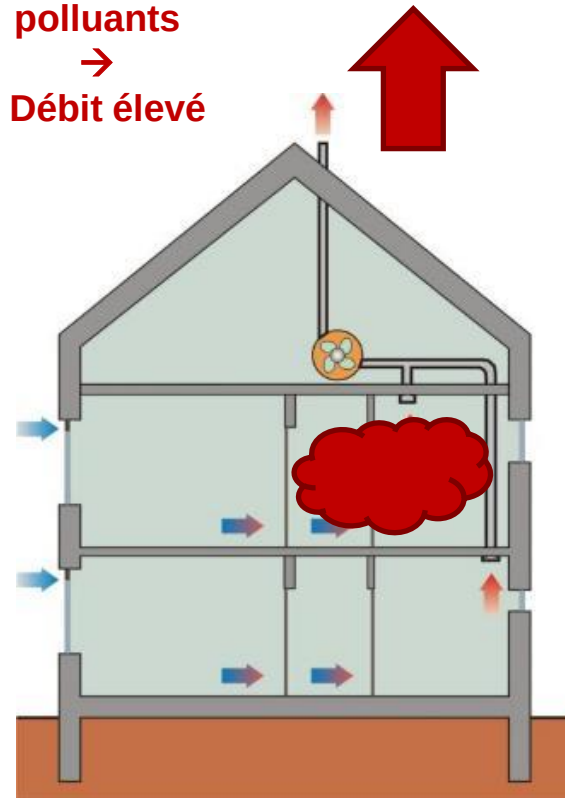
Faible concentration en  
polluants  
→

Débit faible



Forte concentration en  
polluants  
→

Débit élevé



## Système C+

### ► Principe

- Régulation du débit d'extraction selon l'occupation
  - Salle de bain, buanderie : détection d'humidité
  - Toilettes: détection d'humidité
  - Cuisine : détection d'humidité + mouvement
- Les sondes ne régulent pas l'amenée d'air



Source / Bron: Renson



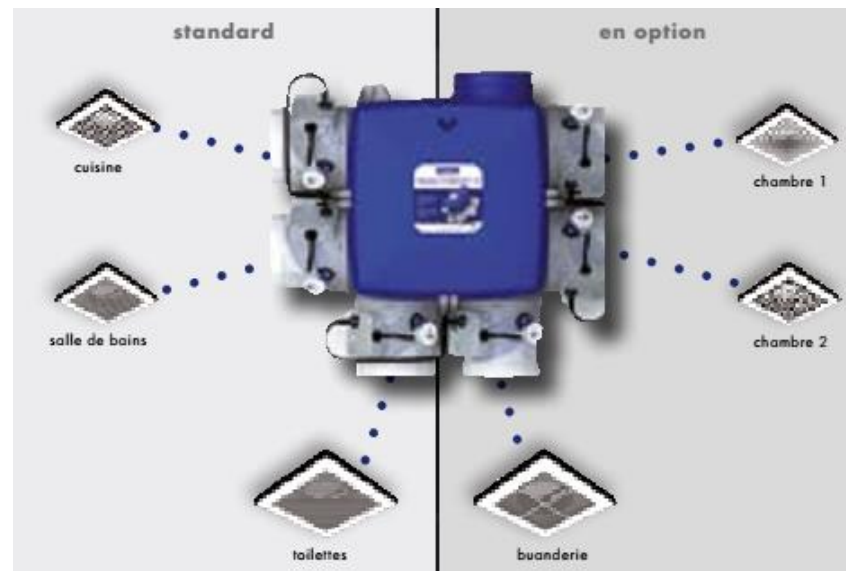
## Système C+

### ► Limitation

- Le débit d'air est régulé sur base de l'occupation des pièces humides > La nuit, le débit d'air est minimal de sorte que la qualité de l'air n'est pas nécessairement garantie dans les chambres

### ► Amélioration possible

- Extraction supplémentaire dans les chambres

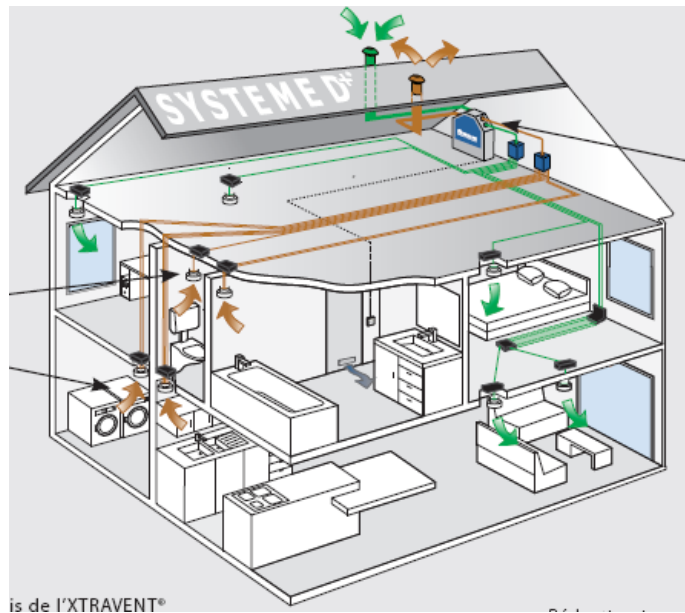


Source / Bron: Renson



## Système D : ventilation mécanique double flux

- ▶ Alimentation : ventilateur(s)
- ▶ Transfert : fentes ou grilles
- ▶ Extraction: ventilateur(s)



► Avantages et inconvénients

| +                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Contrôle des débits (indépendance vis-à-vis des conditions climatiques et régulation possible)</li><li>• Air entrant « préchauffé » = récupération d'énergie (bilan « conso énergétique &lt;&gt; réduction des besoins » positif) et confort</li><li>• Pas de transmission des bruits extérieurs</li><li>• Filtration de l'air neuf, de manière globale</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Consommations électriques</li><li>• Nécessité d'entretien</li><li>• Coût (celui du système C n'est pas nul)</li><li>• Encombrement des gaines et du groupe (parfois complexe en rénovation)</li></ul> |



POURQUOI VENTILER ?

**COMMENT VENTILER ?**

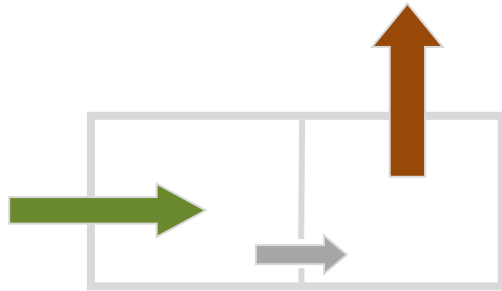
- ▶ Les mauvaises options
- ▶ Principes de base
- ▶ Les systèmes
- ▶ **Quel système choisir ?**
- ▶ Centralisation ou décentralisation ?



## QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

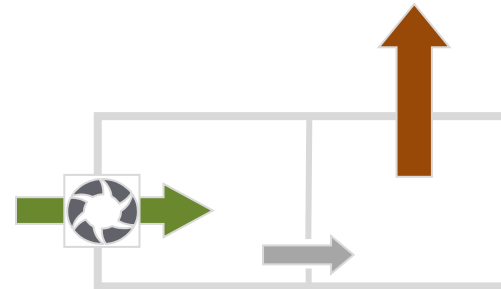
## Sur le plan du confort respiratoire (qualité d'air)

- A. alimentation naturelle  
+ évacuation naturelle

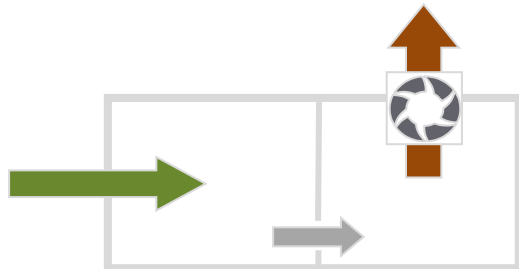


⚠ Complexité de mise en œuvre

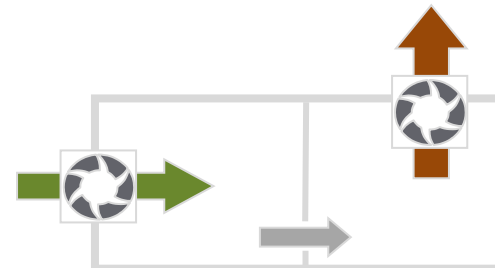
- B. alimentation mécanique  
+ évacuation naturelle



- C. alimentation naturelle  
+ évacuation mécanique



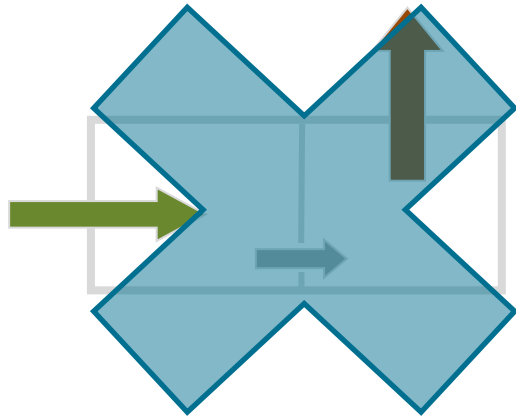
- D. alimentation mécanique  
+ évacuation mécanique



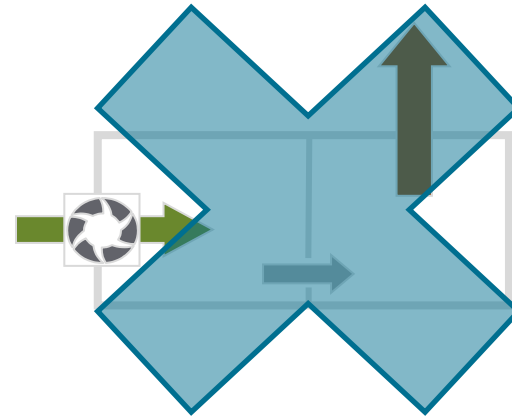
## QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

## Sur le plan énergétique

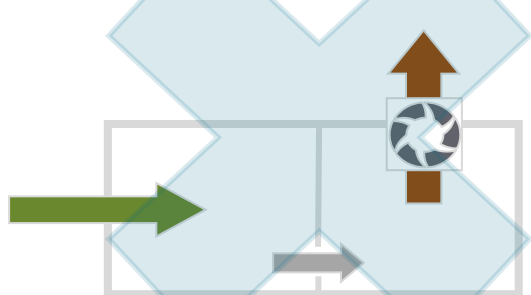
- A. alimentation naturelle  
+ évacuation naturelle



- B. alimentation mécanique  
+ évacuation naturelle



- C. alimentation naturelle  
+ évacuation mécanique

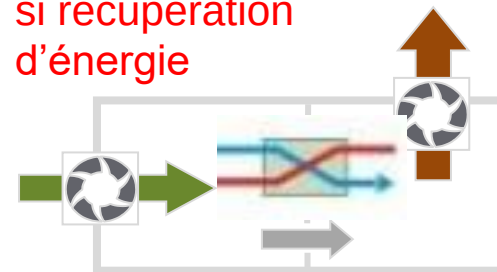


~ OK pour BASSE ENERGIE / RENO

- D. alimentation mécanique  
+ évacuation mécanique



si récupération  
d'énergie



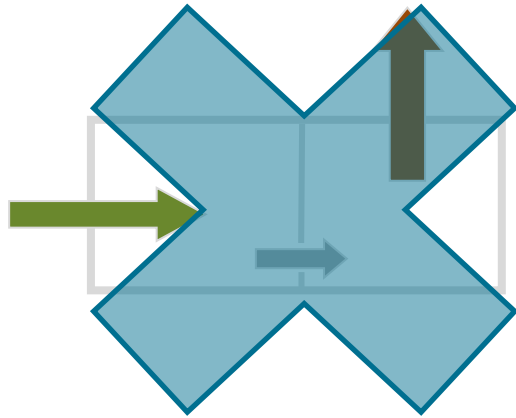
OK pour PASSIF et BASSE ENERGIE



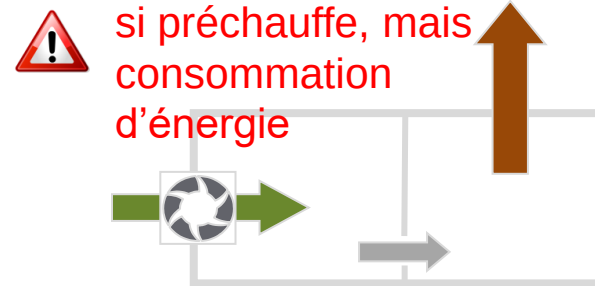
## QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

## Sur le plan du confort thermique (hiver)

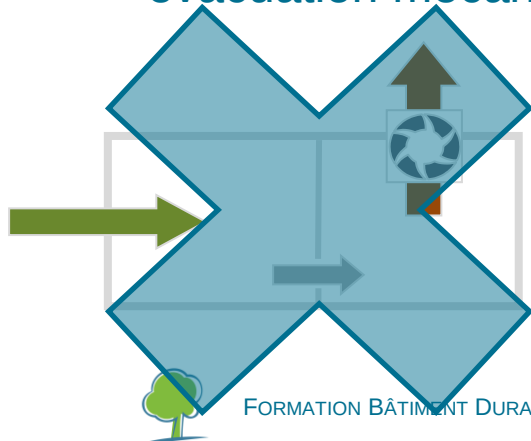
A. alimentation naturelle  
+ évacuation naturelle



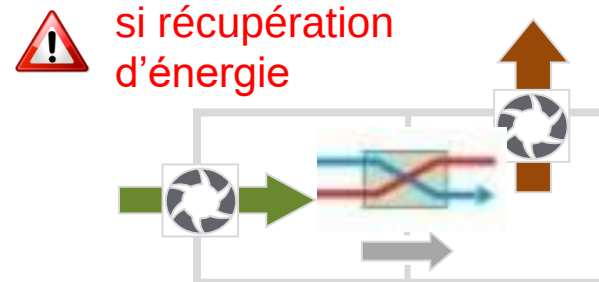
B. alimentation mécanique  
+ évacuation naturelle



C. alimentation naturelle  
+ évacuation mécanique



D. alimentation mécanique  
+ évacuation mécanique

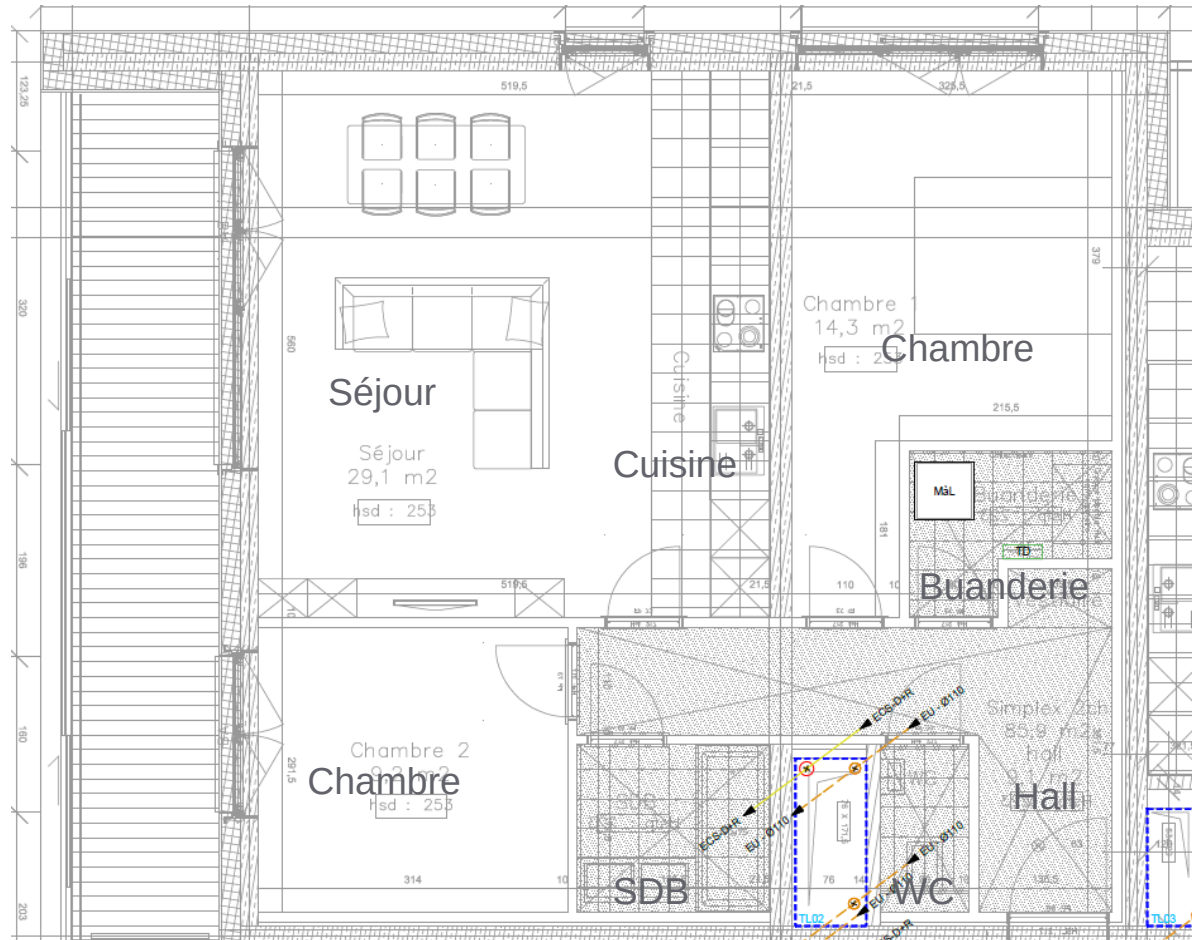


### Autres critères

- ▶ Évacuation de l'humidité > les systèmes C et D sont plus efficaces
- ▶ Configuration des lieux <> Encombrement de l'installation
- ▶ Coût d'installation <> Coût d'exploitation
- ▶ Affectation
- ▶ Besoin ou non de traiter l'air neuf
- ▶ Besoin ou non de filtrer l'air neuf
- ▶ Réglementation PEB (ventilation <> isolation)
- ▶ Ventilation <> Etanchéité à l'air



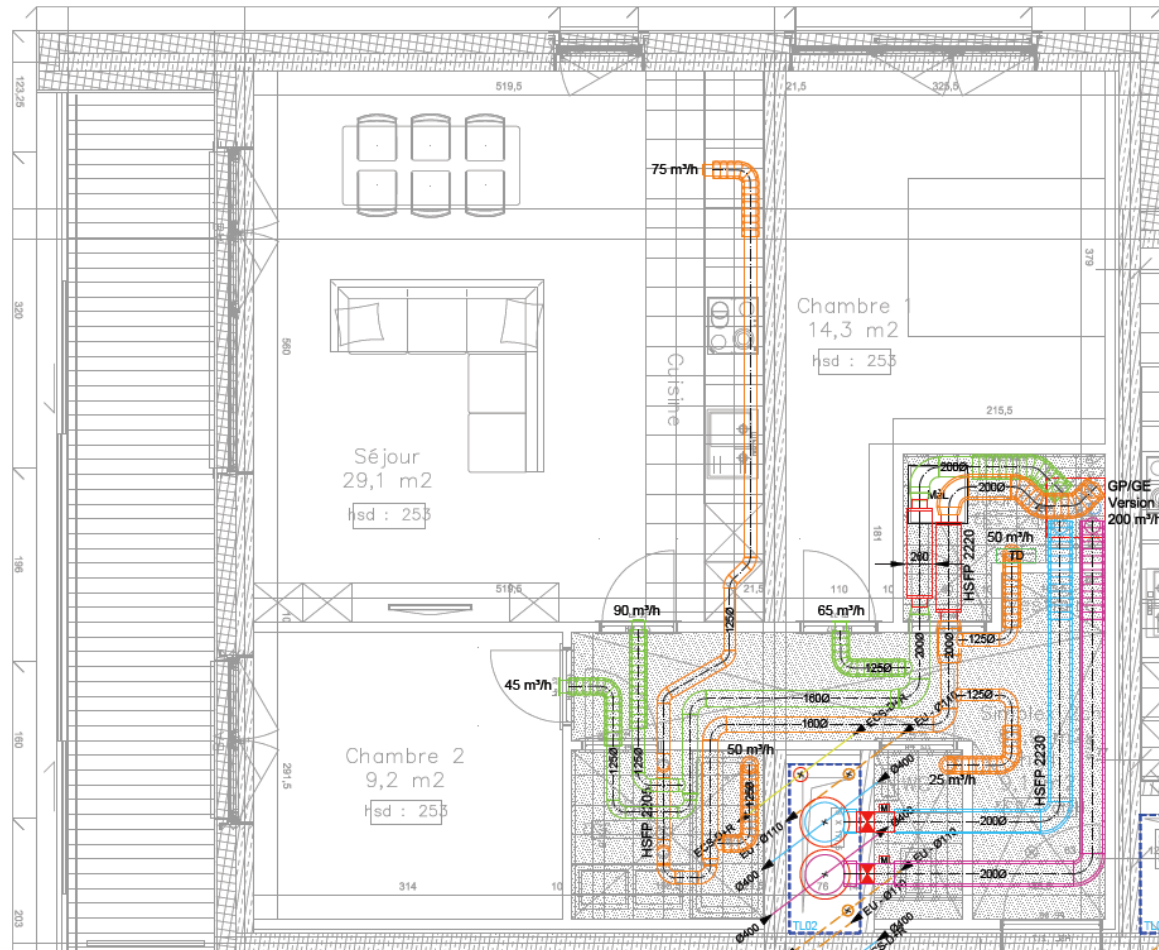
► Example



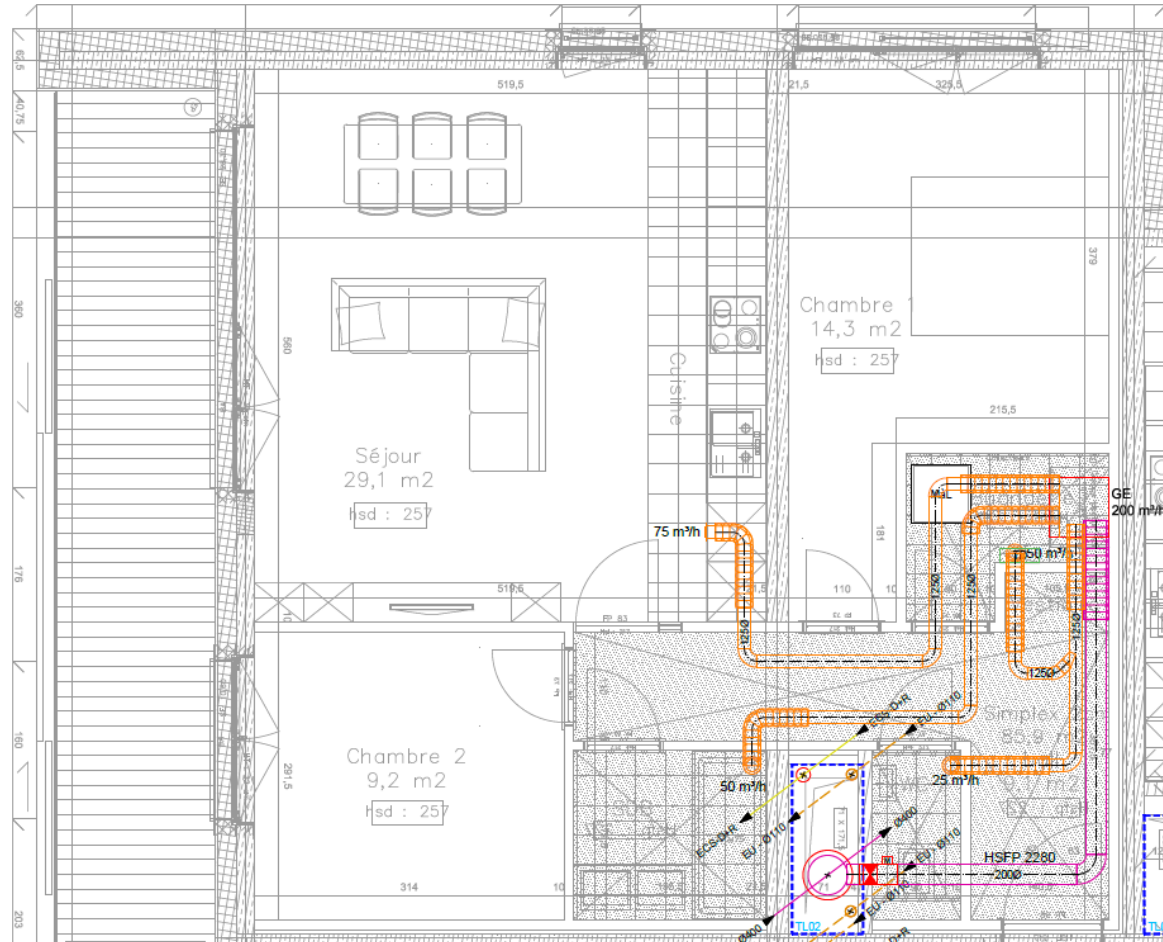
# QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

## Encombrement de l'installation

- Exemple système D



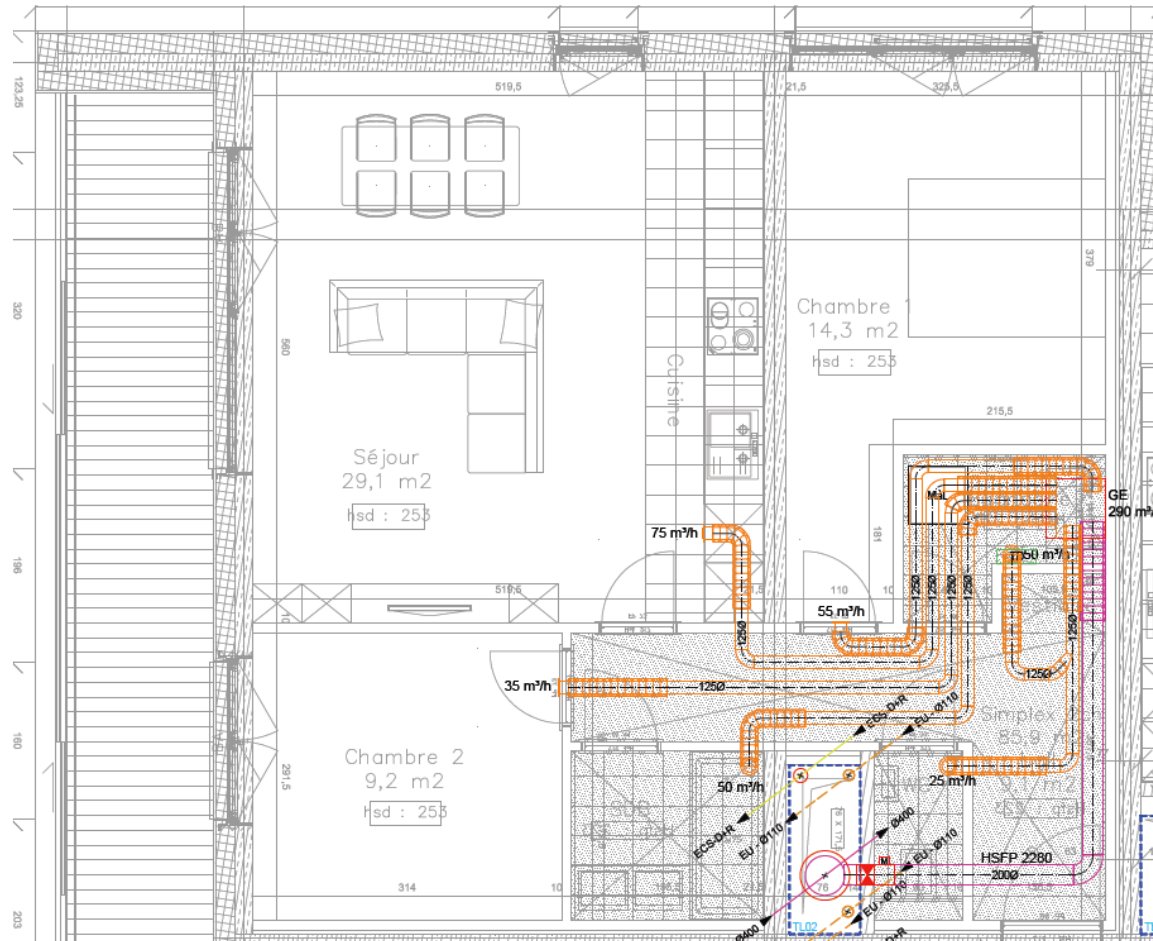
► Exemple système C+ (sans extraction chambres)



# QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

## Encombrement de l'installation

- Exemple système C+ (avec extraction chambres)

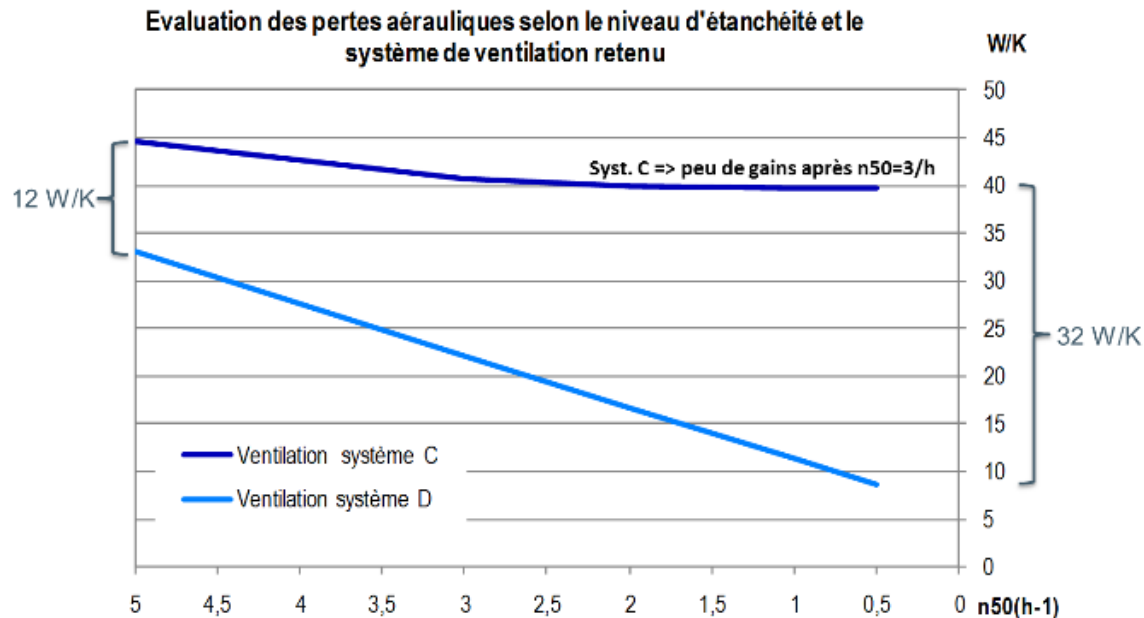


## Ventilation <> Etanchéité à l'air

- Quel influence dans les pertes aérauliques ?

$$P [W] = 0,34 \cdot q_v [m^3/h] \cdot (T_{int} - T_{puls}) [K]$$

- Combinaison de la ventilation hygiénique et des infiltrations d'air



⇒ Ça ne veut pas dire que ça n'a pas de sens de rendre étanche



POURQUOI VENTILER ?

**COMMENT VENTILER ?**

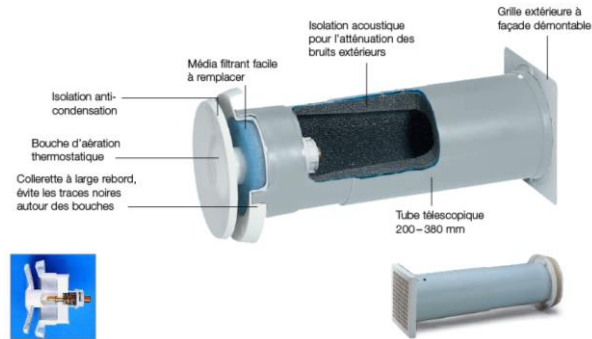
- ▶ Les mauvaises options
- ▶ Principes de base
- ▶ Les systèmes
- ▶ Quel système choisir ?
- ▶ **Centralisation ou décentralisation ?**



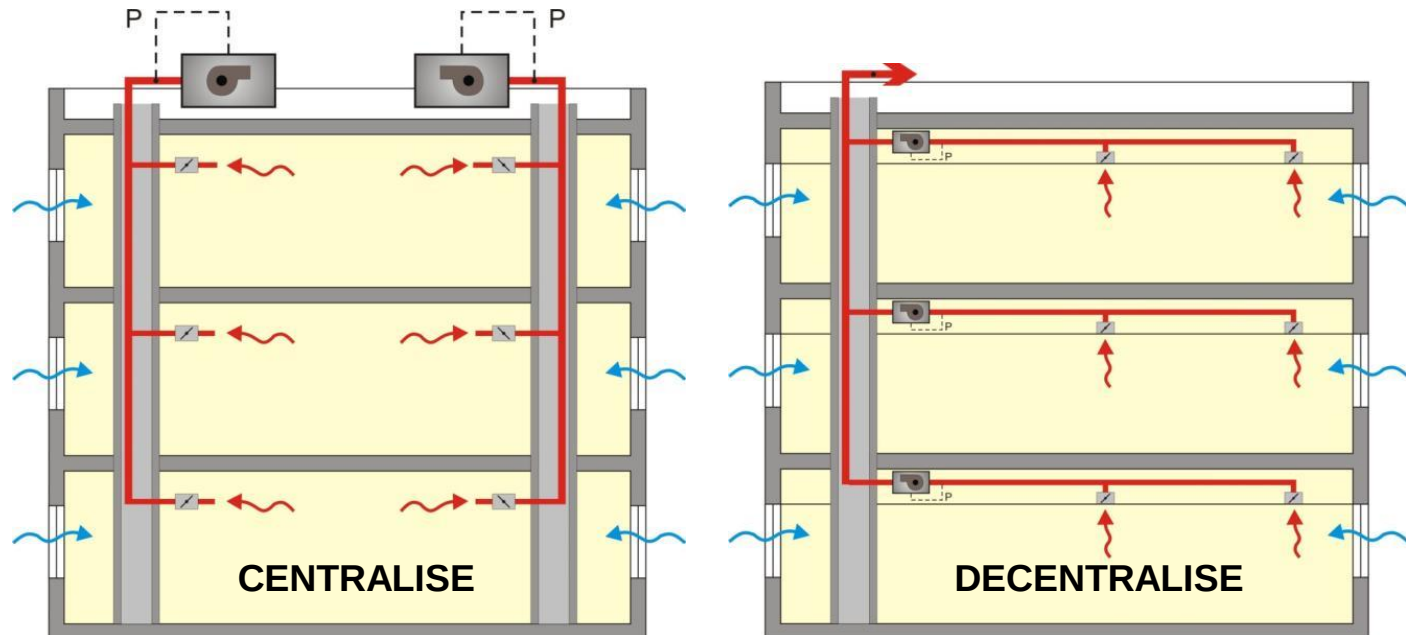
## 53 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?

## Système C

## ► Alimentation

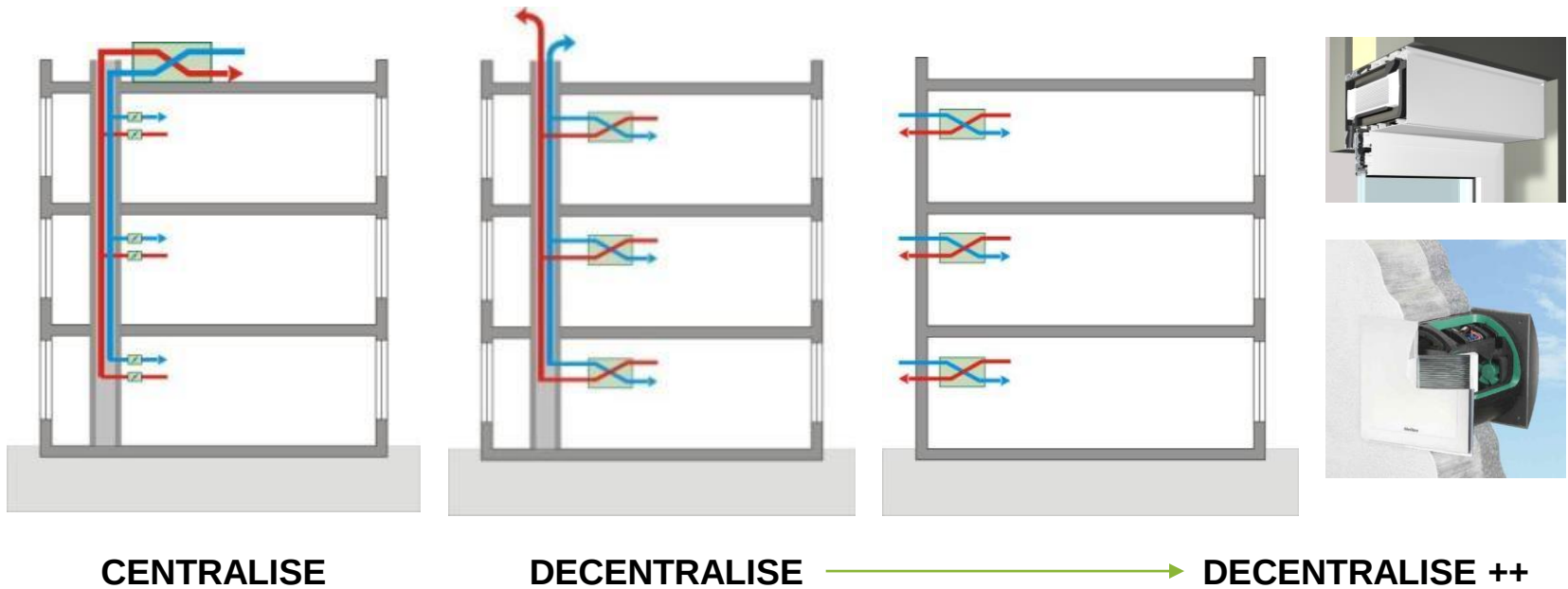


## ► Extraction



## 54 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?

## Système D



## 55 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?



- $\dot{V}=220-340 \text{ m}^3/\text{h}$  (10-15 personnes)
- $\eta_{\text{échangeur}}=90 \%$
- extra-plat (24-30 cm) pour faux plafonds ou combles



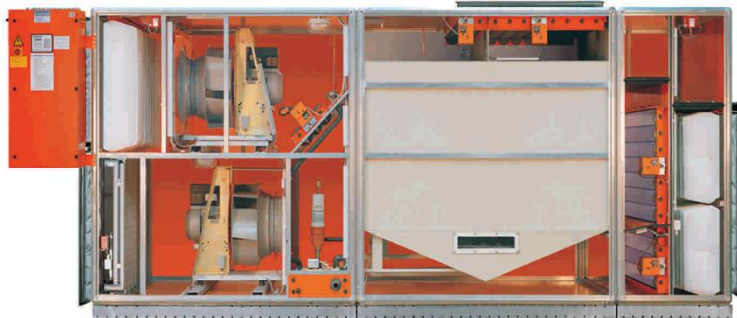
- spécialement conçu pour les écoles et les crèches
- $\dot{V}=700 \text{ m}^3/\text{h}$  (32 personnes)
- $\eta_{\text{échangeur}} = 90 \%$
- régulation par sonde  $\text{CO}_2$



## 56 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?



- $\dot{V} \rightarrow 500 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\eta_{\text{échangeur}} = 85 \%$



- $\dot{V} = 1200 - 27000 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\eta_{\text{échangeur}} = 75 \%$



**57 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?****Avantages / Inconvénients****Installation collective**

- + Plus facile à mettre en œuvre
- + Entretien commun donc facilité en locatif
- + Gain de place dans les appartements
- + Pas de bruit de ventilateur à l'intérieur
- ± Consommation électrique = charge commune → intéressant si production photovoltaïque mais n'encourage pas une attitude responsable
- ± Pas forcément moins cher (organes de sectionnement pour régulation)
- Pas d'indépendance par rapport aux pertes de chaleur par l'air
- Régulation moins souple

**Installations individuelles**

- + Meilleure efficacité énergétique
- + Maîtrise de l'installation individuelle et de ses consommations
- + Régulation libre et facile à mettre en œuvre
- + Encombrement réparti dans les logements et pas en toiture
- ± Entretien individuel donc peut-être moins aisé en locatif
- Encombrement plus important (mais relativement faible néanmoins)
- Risque de bruit par rapport au ventilateur si installation mal conçue



**58 CENTRALISATION OU DÉCENTRALISATION ?**


**Pour un immeuble neuf de logements sociaux destinés à la location et selon les différents critères présentés, quelle configuration est la plus favorable (marquer d'une croix) ?**

|                                                             | Centralisé < - - - - - > Décentralisé |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| L'encombrement et la facilité d'intégration                 |                                       |  |  |  |  |
| La performance et les pertes de charge                      |                                       |  |  |  |  |
| Le coût                                                     |                                       |  |  |  |  |
| L'entretien                                                 |                                       |  |  |  |  |
| La répartition des consommations entre usagers              |                                       |  |  |  |  |
| La régulation (débits à la demande, répartition des débits) |                                       |  |  |  |  |
| AU GLOBAL                                                   |                                       |  |  |  |  |





- ▶ La ventilation a différentes fonctions et répond à différents besoins qui peuvent influencer les choix (type de systèmes, centralisation/décentralisation)
- ▶ Les principes sont communs à tous les systèmes





## Sites internet

- SommLuft (ventilation naturelle par les fenêtres) : <http://www.passiv.de>



## Publications

- Norme NBN D50-001 (1) : dimensionnement (résidentiel)
- Norme NBN EN 15251 : usage et critères de confort (tertiaire et résidentiel)



## Guide bâtiment durable

[www.guidebatimentdurable.brussels](http://www.guidebatimentdurable.brussels)

- [Dossier | Concevoir un système de ventilation énergétiquement efficace](#)



**Julie RENAUX**

Ingénieur projet  
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

