

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2024

Comment ventiler?

Présentation des différents systèmes, de leurs avantages et de leurs inconvénients

Julie RENAUX

écorce
INGÉNIEURSCONSTRUCT



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



INTRODUCTION

- ▶ **Enjeux**

- ▶ Les mauvaises options
- ▶ Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- ▶ Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- ▶ Récupération de chaleur

RÉSEAU

- ▶ Centralisation/décentralisation

ENERGIE



Santé et confort

- ▶ Renouvellement d'air hygiénique nécessaire pour garantir la qualité de l'air intérieur
 - Pour les occupants
 - Pour le bâtiment

Energie

- ▶ La ventilation entraine des déperditions énergétiques car l'air neuf entrant arrive à une température différente de celle de l'air ambiant :

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

⇒ **Deux axes d'optimisation des pertes par ventilation**

- **La température de l'air entrant**
- **La régulation des débits**



INTRODUCTION

- Enjeux
- **Les mauvaises options**
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- Récupération de chaleur

RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

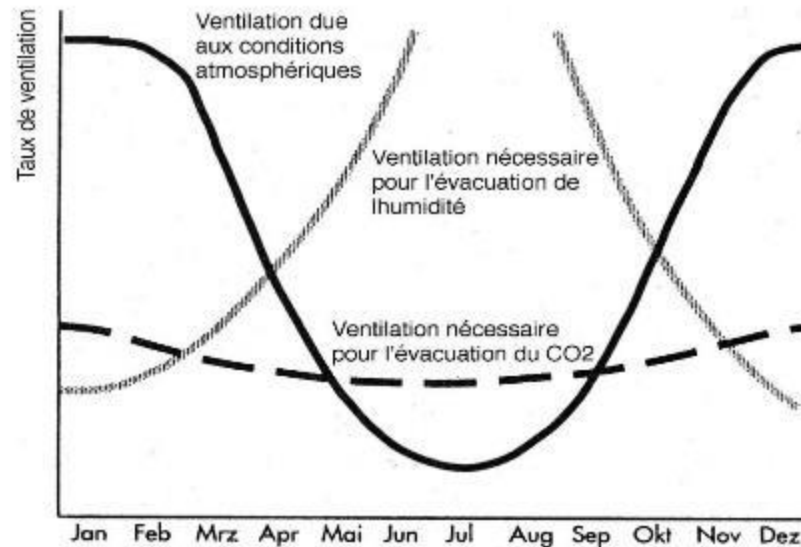
ENERGIE



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

⇒ **Bâtiment performant**
 ⇒ **bâtiment sans fenêtre ouvrante**

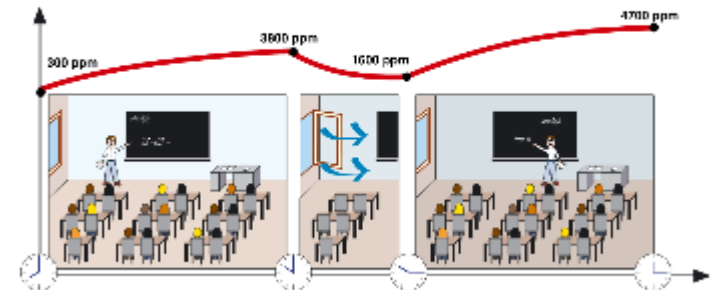
NBN
13779 (2007)

Tableau A.10 — Niveaux de CO₂ dans les pièces

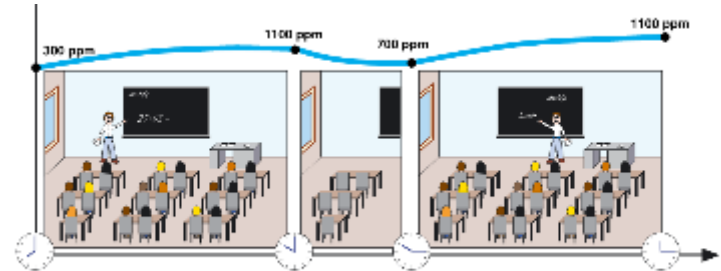
Catégorie	Niveau de CO ₂ au dessus du niveau de l'air neuf en ppm _x	
	Plage type	Valeur par défaut
INT 1	≤ 400	350
INT 2	400 – 600	500
INT 3	600 – 1 000	800
INT 4	> 1 000	1 200

Exemple d'évolution de concentration en CO₂ :

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



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



Cas " avec ventilation " : 18m³/h/pers → 2.6Vol/h (en permanence)

Source : CETIAT



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- **Principes de base**

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- Récupération de chaleur

RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

ENERGIE



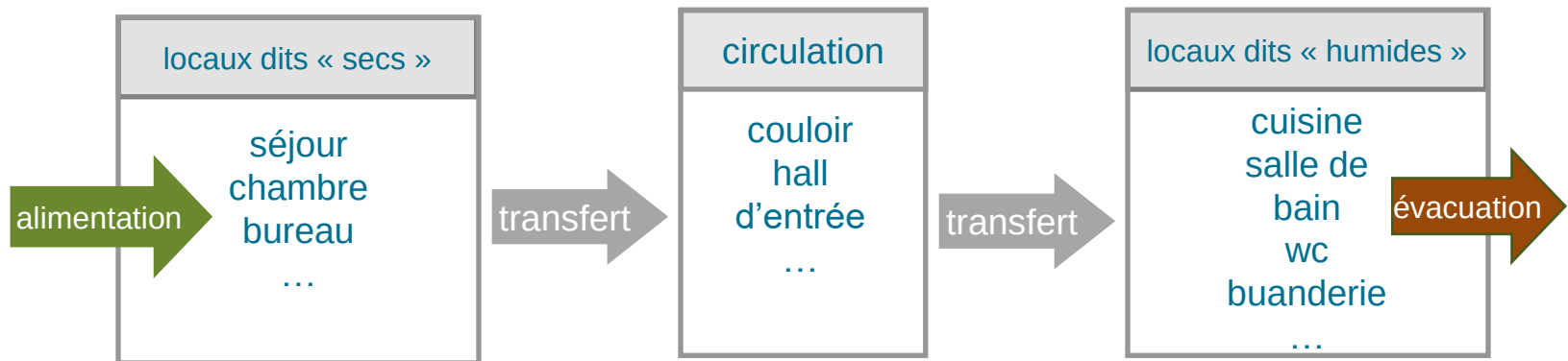
Système idéal

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 »



Equilibrage des débits

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



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- Récupération de chaleur

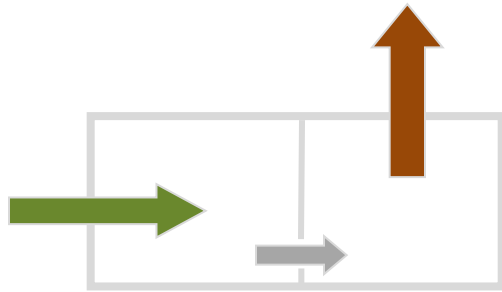
RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

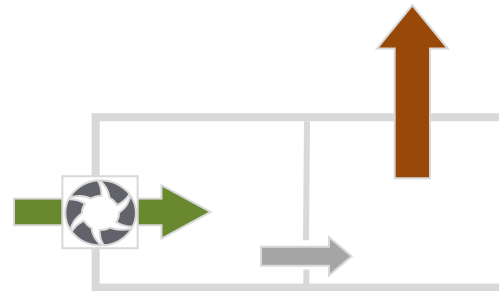
ENERGIE



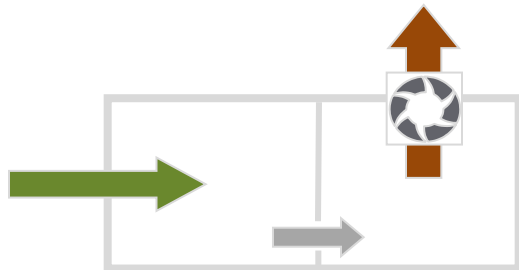
A. alimentation naturelle
+ évacuation naturelle



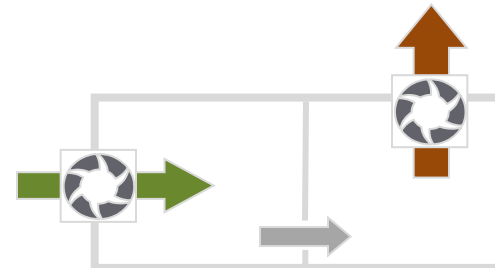
B. alimentation mécanique
+ évacuation naturelle



C. alimentation naturelle
+ évacuation mécanique

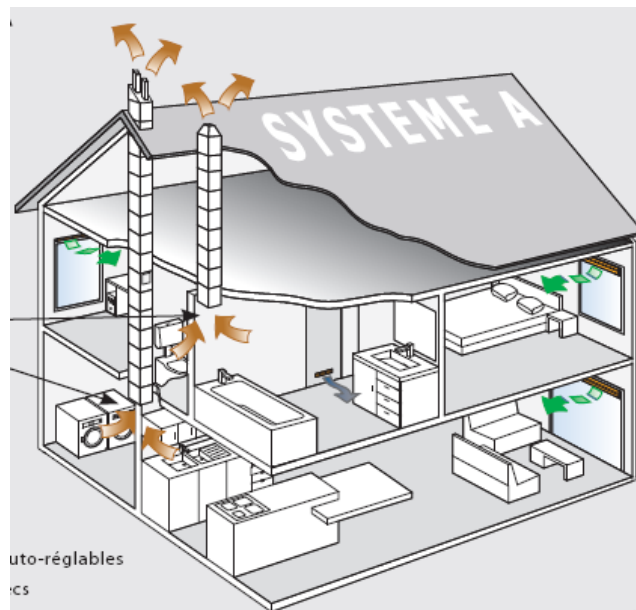


D. alimentation mécanique
+ évacuation mécanique



Système A : alimentation naturelle & évacuation naturelle

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



Source: Renson



LES SYSTÈMES – AVANTAGES & INCONVÉNIENTS

► Avantages et inconvénients

+	-
• Coût peu élevé • Aucune consommation électrique • Peu d'entretien • Réglage grille par grille	• Pas de contrôle des débits • Complexité de mise en œuvre des conduits verticaux et hauteur des débouchés • Réglage manuel et grille/grille • (Filtration de l'air entrant) • (Bruits extérieurs) • Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort • Distribution uniforme de l'air entrant moins assurée (pièce centrale)



Système B : alimentation mécanique & évacuation naturelle

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



LES SYSTÈMES – AVANTAGES & INCONVÉNIENTS

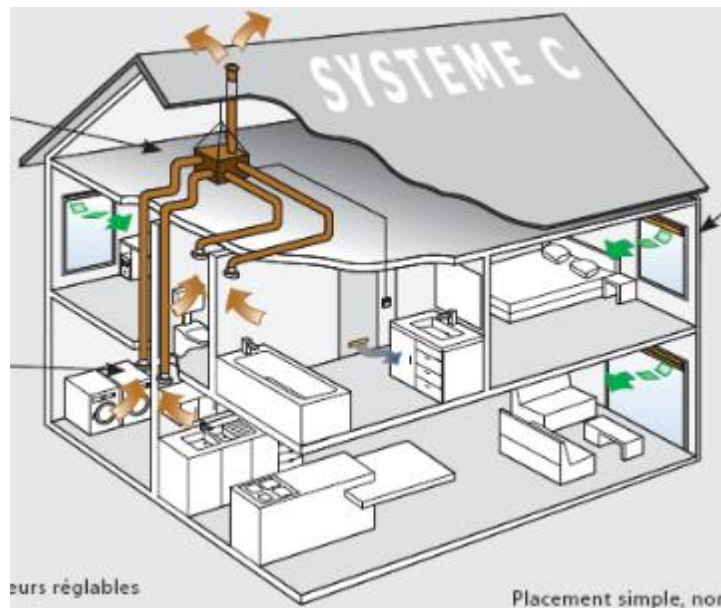
► Avantages et inconvénients

+	-
• Bonne distribution de l'air neuf et contrôle des débits d'air neuf • Diminution du risque de refoulement et d'infiltration • Possibilité de filtration de l'air neuf (de manière globale) • Possibilité de préchauffage de l'air neuf	• Consommations électriques • Nécessité d'entretien • Favorise le transfert d'air humide dans les parois (bâtiment en surpression) • Pas de contrôle des débits extraits et efficacité d'extraction faible • Complexité de mise en œuvre des conduits verticaux et hauteur des débouchés • Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort



Système C : alimentation naturelle & évacuation mécanique

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



Source: Renson



LES SYSTÈMES – AVANTAGES & INCONVÉNIENTS

► Avantages et inconvénients

+	-
• Contrôle des débits d'air extraits (et des débits pulsés dans une moindre mesure) • Bâtiment en dépression • Mise en œuvre flexible de l'extraction • Possibilité de régulation de l'extraction selon la qualité et/ou la présence (C régulé) • Moins coûteux qu'un système D à l'exploitation • Possibilité de récupérer l'énergie de l'air vicié (via une PAC)	• Consommations électriques (pouvant être réduites avec une bonne régulation) • Nécessité d'entretien • Réglage manuel et grille/grille • (Filtration de l'air entrant) • (Bruits extérieurs) • Air entrant « froid » = perte d'énergie et inconfort • Immeubles à appartements : risque de déséquilibre de pressions entre logements • Distribution uniforme de l'air entrant moins assurée (pièce centrale)

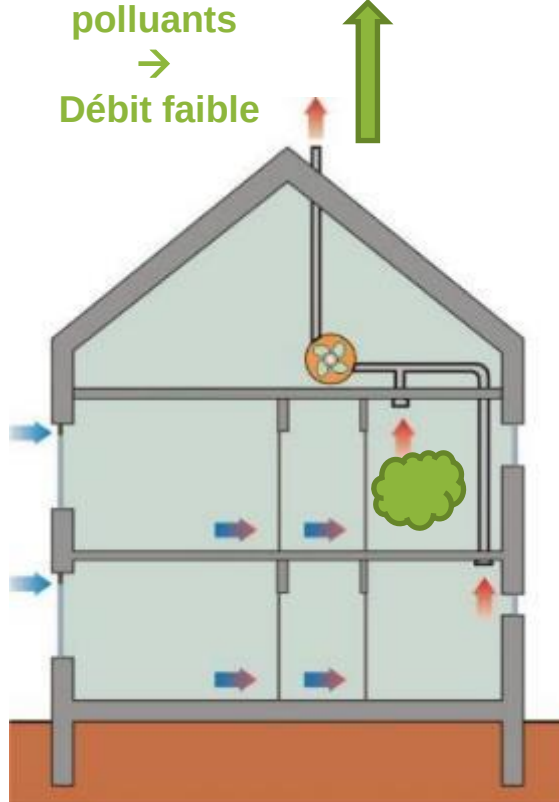


Système C régulé (« C+ »)

- ▶ Régulation en fonction de sondes (HR, CO₂, COV, présence)
- ▶ Réduction des pertes et des consommations

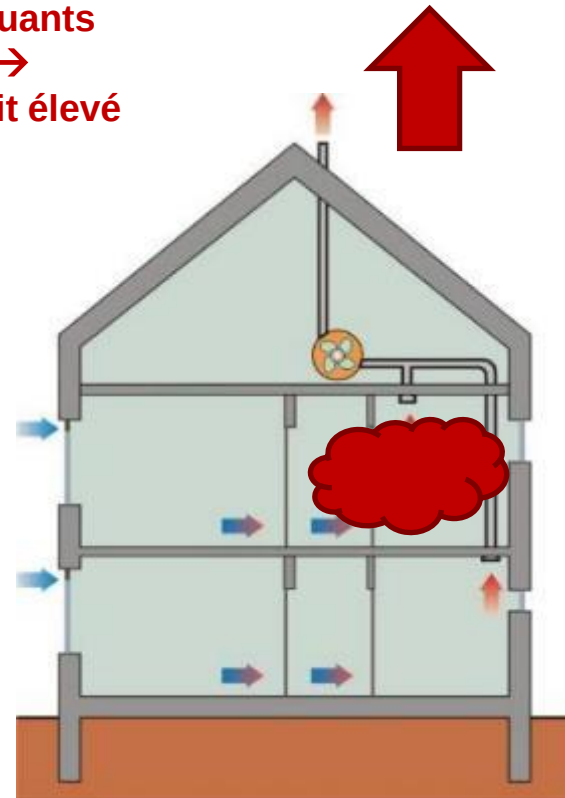
Faible concentration en
polluants
→

Débit faible



Forte concentration en
polluants
→

Débit élevé



Système C régulé (« 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



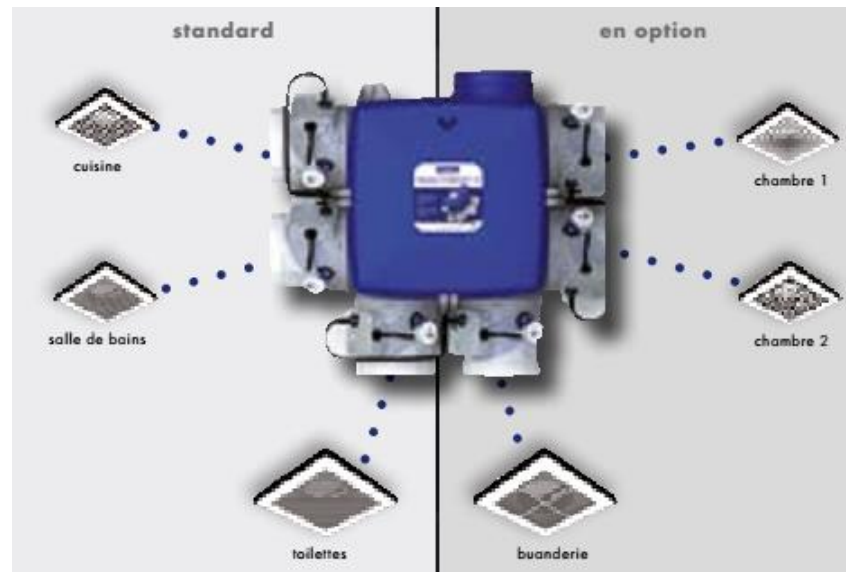
Groupe d'extraction type C+

Source: Renson



Système C régulé (« 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



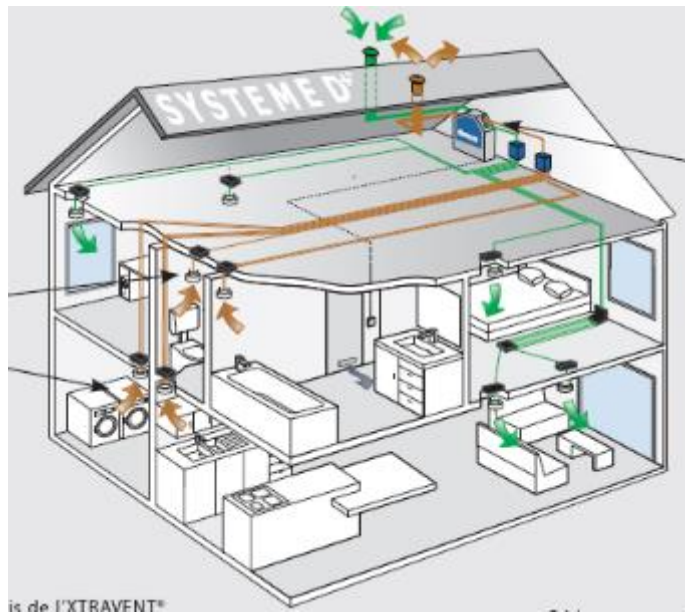
Groupe d'extraction type C+

Source: Renson



Système D : ventilation mécanique double flux

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



Source: Renson



LES SYSTÈMES – AVANTAGES & INCONVÉNIENTS

► Avantages et inconvénients

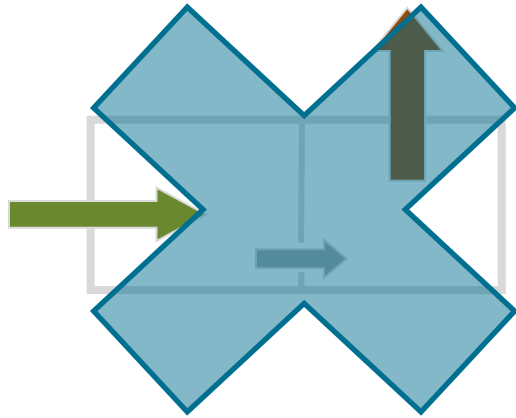
+	-
• Contrôle des débits (indépendance vis-à-vis des conditions climatiques et régulation possible) • Air entrant « préchauffé » = récupération d'énergie (bilan « conso énergétique <> réduction des besoins » positif) et confort • Pas de transmission des bruits extérieurs • Filtration de l'air neuf, de manière globale	• Consommations électriques (pouvant être réduites avec une bonne régulation) • Nécessité d'entretien • Coût (Note: Un système C a un certain coût également) • Encombrement des gaines et du groupe (parfois complexe en rénovation)



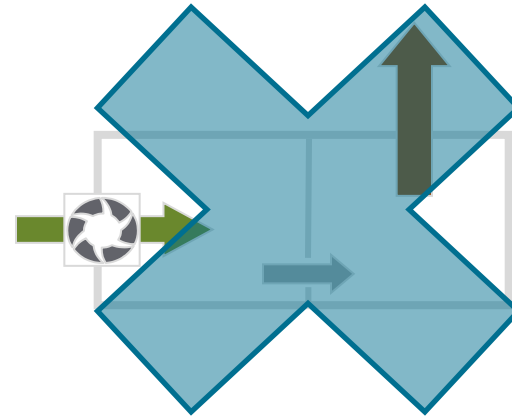
QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

Sur le plan énergétique

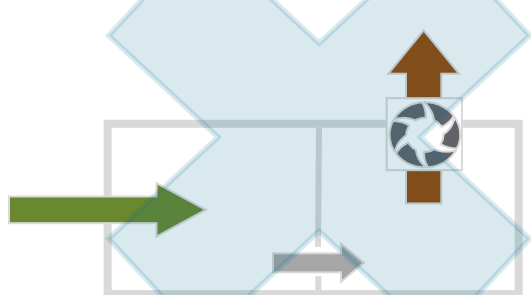
- A. alimentation naturelle
+ évacuation naturelle



- B. alimentation mécanique
+ évacuation naturelle



- C. alimentation naturelle
+ évacuation mécanique

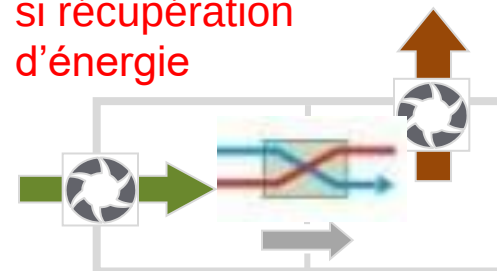


~ OK pour BASSE ENERGIE / RENO

- D. alimentation mécanique
+ évacuation mécanique



si récupération
d'énergie



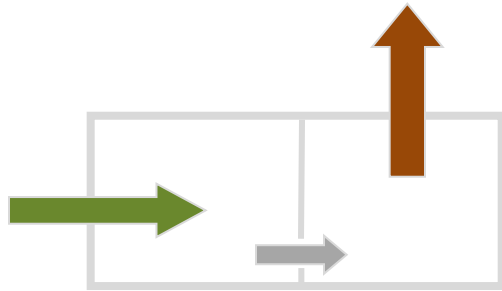
OK pour PASSIF et BASSE ENERGIE



QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

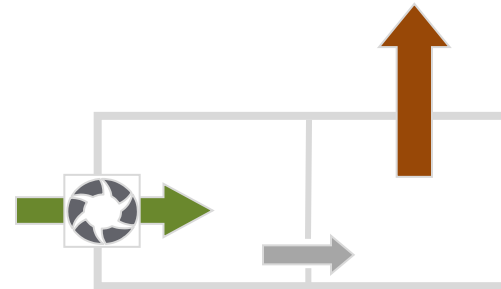
Sur le plan du confort respiratoire (qualité d'air)

- A. alimentation naturelle
+ évacuation naturelle

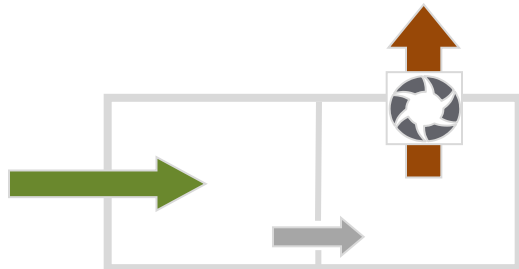


⚠ Complexité de mise en œuvre

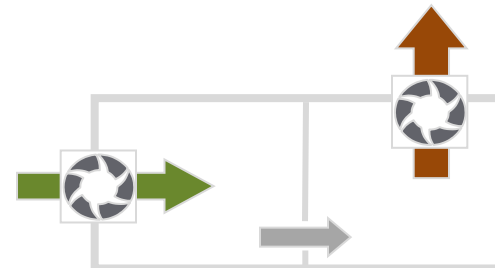
- B. alimentation mécanique
+ évacuation naturelle



- C. alimentation naturelle
+ évacuation mécanique



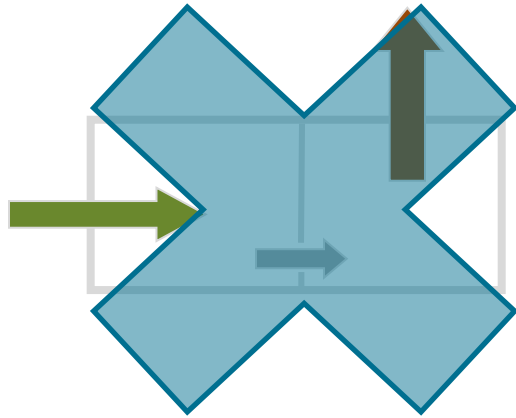
- D. alimentation mécanique
+ évacuation mécanique



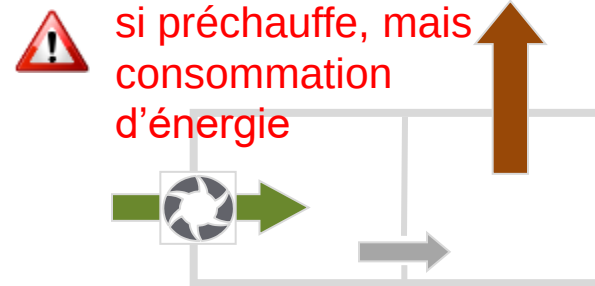
QUEL SYSTÈME CHOISIR ?

Sur le plan du confort thermique (hiver)

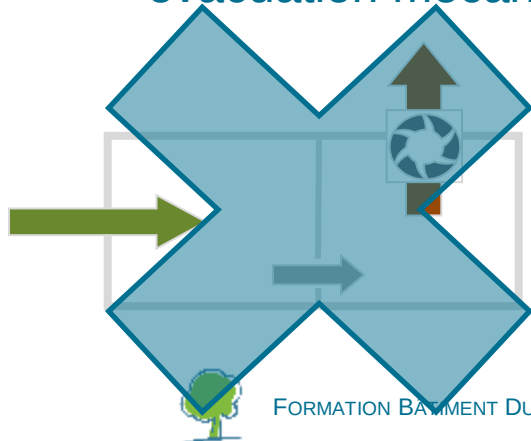
- A. alimentation naturelle
+ évacuation naturelle



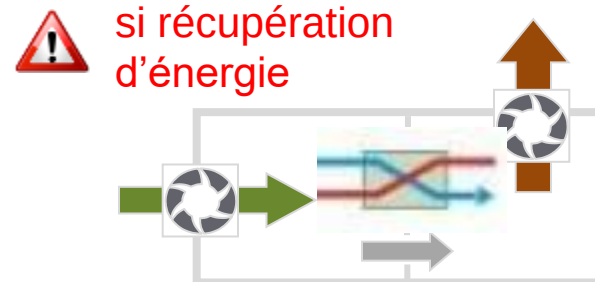
- B. alimentation mécanique
+ évacuation naturelle



- 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



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- **Dispositifs amenée/transfert/évacuation**
- Récupération de chaleur

RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

ENERGIE



Ouverture d'amenée d'air...

- ...mécanique (OAM)



Ventilateur mural
Source: Helios



Ventilateur sur vitrage

- ...réglable (OAR)



Aérateur
Source : Renson



Aérateur à coulisse
Source : Renson



Ouverture de transfert

- ▶ Détalonnage de porte
- ▶ Grilles



Grille murale

Source : Buildwise



Grilles de porte acoustiques

Source : Renson



Ouverture d'évacuation d'air...

- ...mécanique (OEM)



Extracteur ponctuel
Source : Soler & Palau



Ventilateur de gaine
Source : Soler & Palau

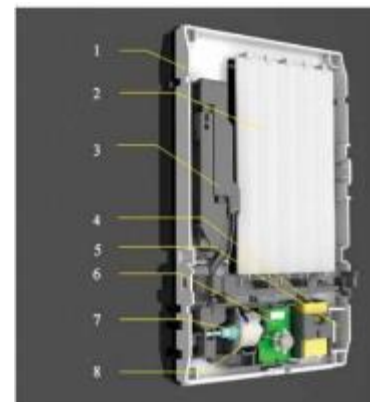


Aérateur de vitre
Source : Soler & Palau

- ...réglable (OER)



Grille avec régulation manuelle
Source : Renson



Grille avec régulation automatique
Source : Schiedel

- 1 dos
- 2 volets (shutters)
- 3 détecteur de l'humidité
- 4 batterie
- 5 tranchée pour l'électricité
- 6 PCB
- 7 détecteur de présence
- 8 moteur



Groupe double flux

- Logement unifamilial



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

- Tertiaire, logement centralisé, etc.



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



Distribution

► Gainage



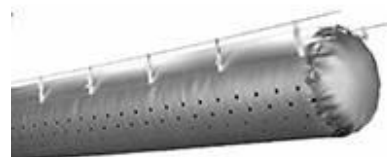
Gaines en acier galvanisé



Gaine en polypropylène



Gaines souple aluminium



Gaine textile (uniquement pulsion)



Distribution

► Accessoires



Silencieux circulaire
Source : Trox



Silencieux à baffles
Source : Trox



Silencieux flexible
Source: Lindab



Clapets de réglage
Source : énergie+



Clapets coupe-feu
Source : RFT



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- **Récupérer la chaleur sur l'air extrait**

RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

ENERGIE



Pertes dues à la ventilation hygiénique

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

- Un échangeur de chaleur permet de récupérer une partie de l'énergie comprise dans l'air extrait pour la transférer à l'air neuf issu de l'extérieur



- Son efficacité est exprimée comme suit (NBN EN 308)

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \quad \Rightarrow \quad \text{Pour la température}$$

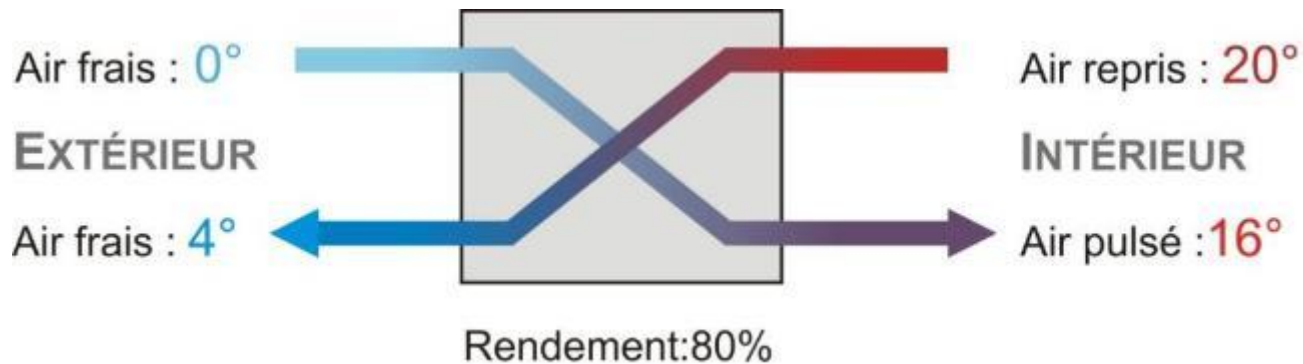
$$\eta_x = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} \quad \Rightarrow \quad \text{Pour l'humidité}$$



Pertes dues à la ventilation hygiénique

- ▶ Exemple : logement avec 300 m³/h quand il fait 0°C à l'extérieur
 - Sans récupération : pertes de **2040 W**
 - Avec récupération : pertes de **408 W**

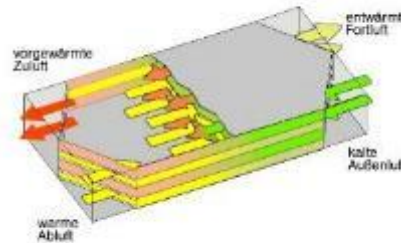
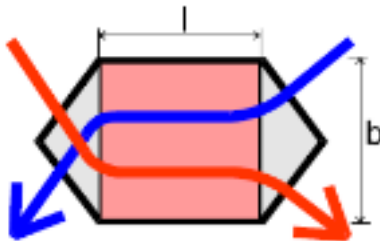
⇒ **Pertes divisées par 5 !**



RÉCUPÉRER LA CHALEUR SUR L'AIR EXTRAIT

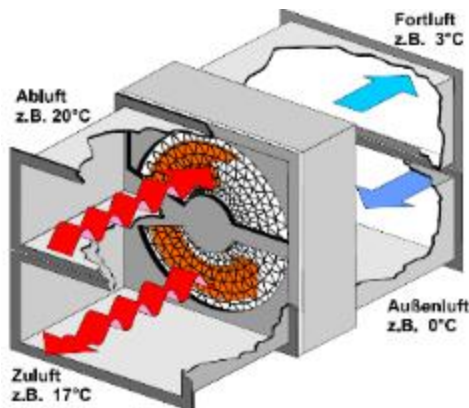
Echangeurs de chaleur

- ▶ Les plus fréquemment rencontrés
 - Echangeur à plaques à contre-courant



$$\eta = 80 - 90 \%$$

- Échangeur régénérateur à rotation (non)hygroscopique

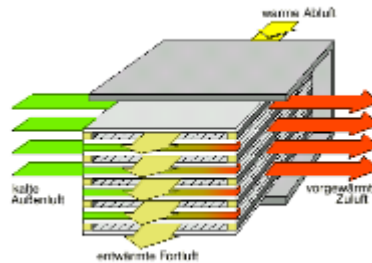
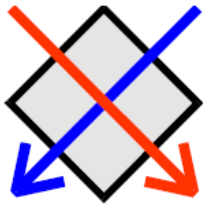


$$\eta = 70 - 80 \%$$



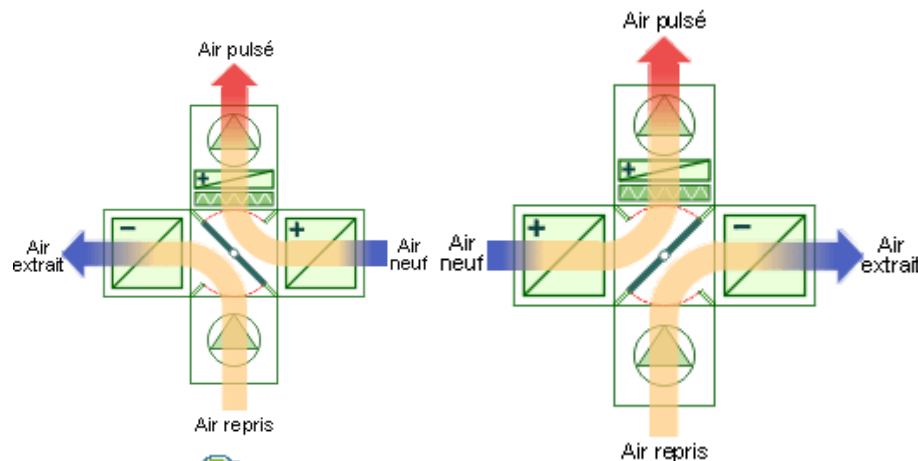
Echangeurs de chaleur

- ▶ Autres types
 - Échangeur à plaques à flux croisés



$$\eta = 50 - 70 \%$$

- Échangeur régénérateur statique (non)hygroscopique

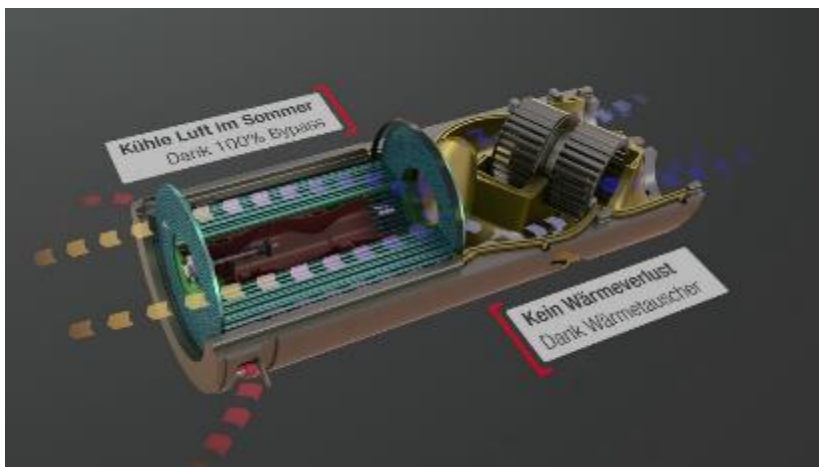


$$\eta = 75 - 92 \%$$



40 RÉCUPÉRER LA CHALEUR SUR L'AIR EXTRAIT

Double flux décentralisés avec récupération de chaleur



Source : Wolf

 $\eta \pm 70 \%$ 

Source : Airria



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- Récupération de chaleur

RÉSEAU

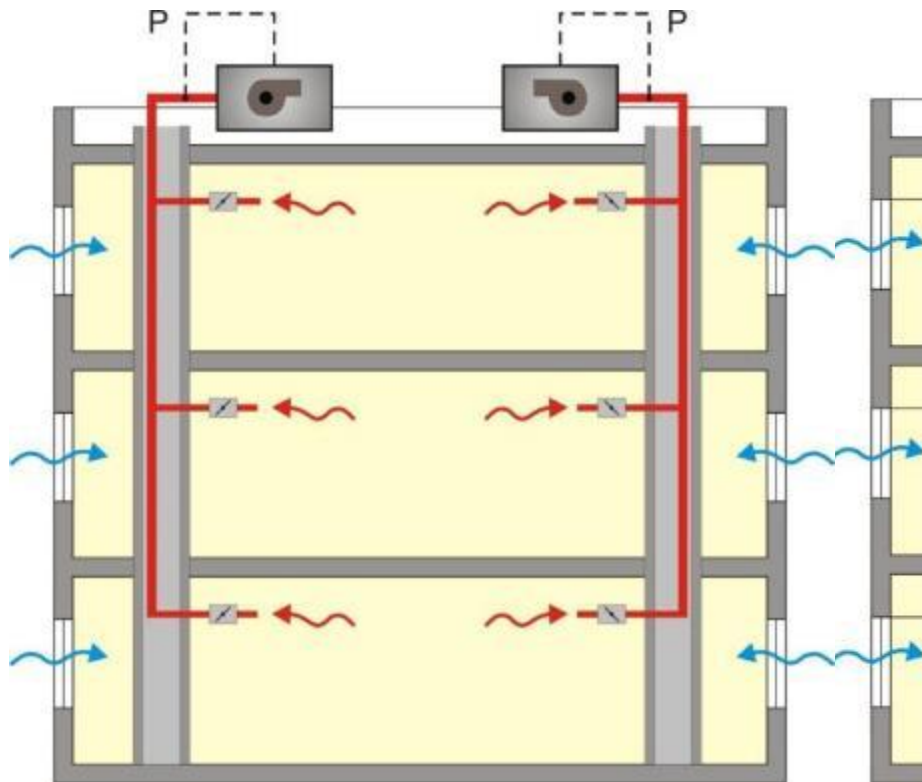
- **Centralisation/décentralisation**

ENERGIE

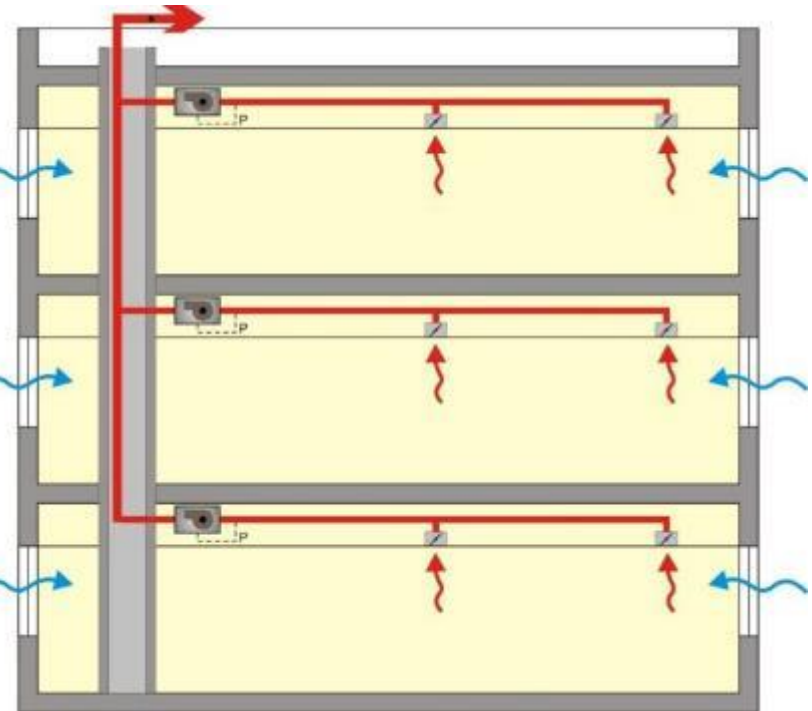


Système C

Installation collective

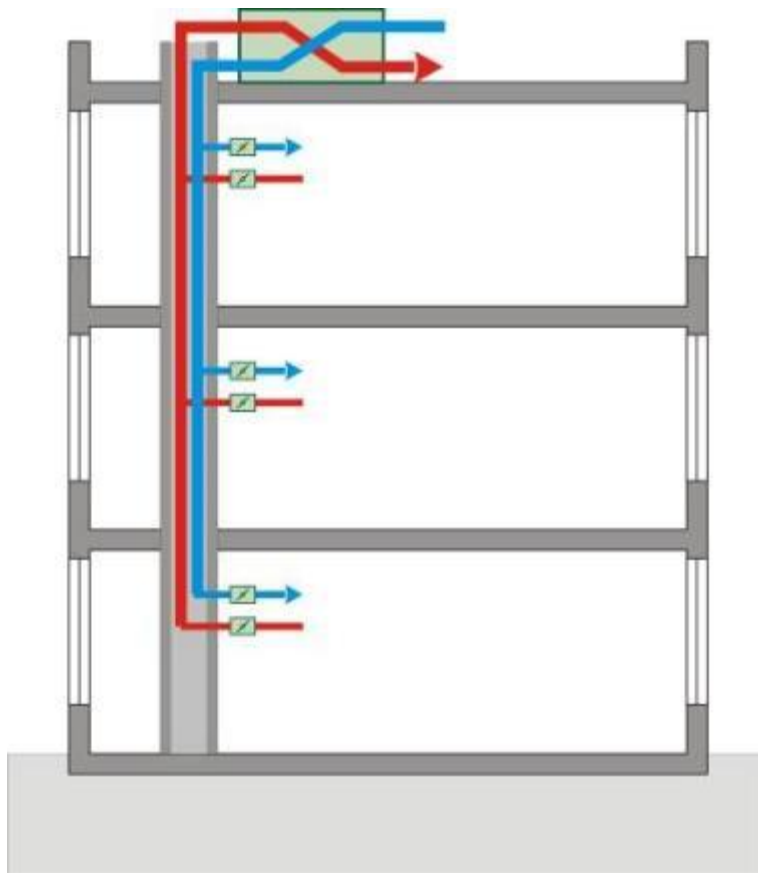


Installations individuelles

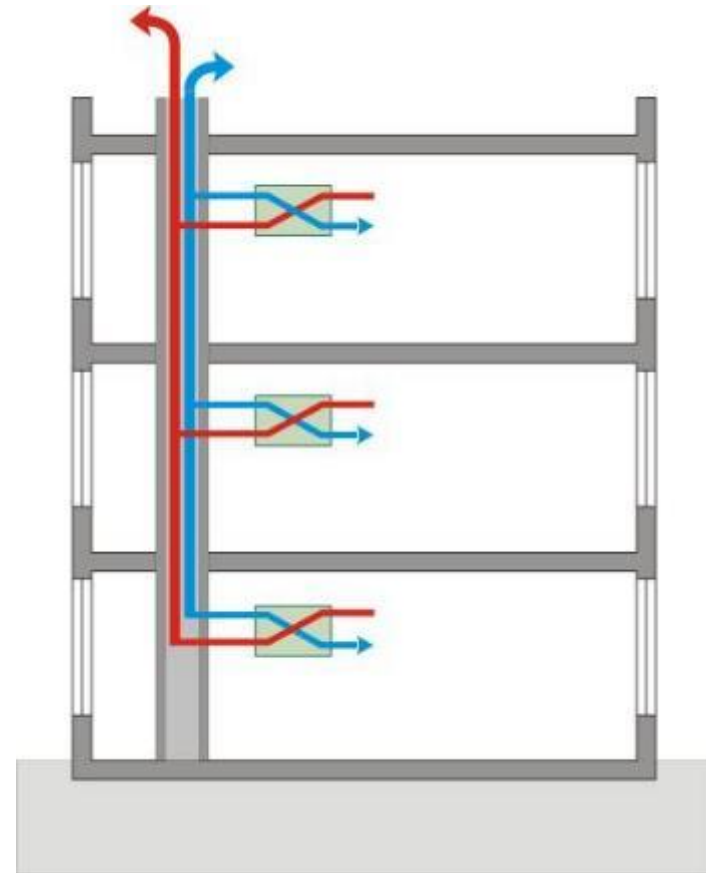


Système D

Installation collective



Installations individuelles



INTRODUCTION

- Enjeux
- Les mauvaises options
- Principes de base

LES SYSTÈMES

LES COMPOSANTS

- Dispositifs amenée/transfert/évacuation
- Récupération de chaleur

RÉSEAU

- Centralisation/décentralisation

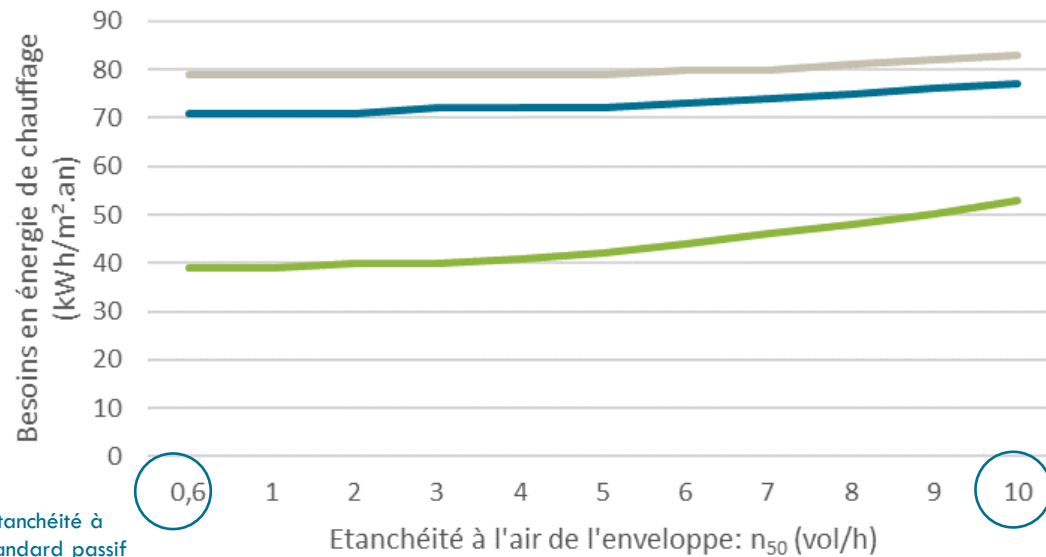
ENERGIE



Limiter les pertes de chaleur (ventilation contrôlée)

- Bilan énergétique: Impact du système de ventilation et de sa régulation sur le besoin de chauffage
 - Cas 1: Ventilation simple flux

⇒ Importance de la régulation



Bilan du bâtiment FIL ROUGE

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

— C non régulé
f_{réduc} = 1

— C régul. centrale
f_{réduc} = 0,90

— C régul. locale
f_{réduc} = 0,43

Calcul « Bâtiment fil rouge »
sur base du PHPP
Source : écorce

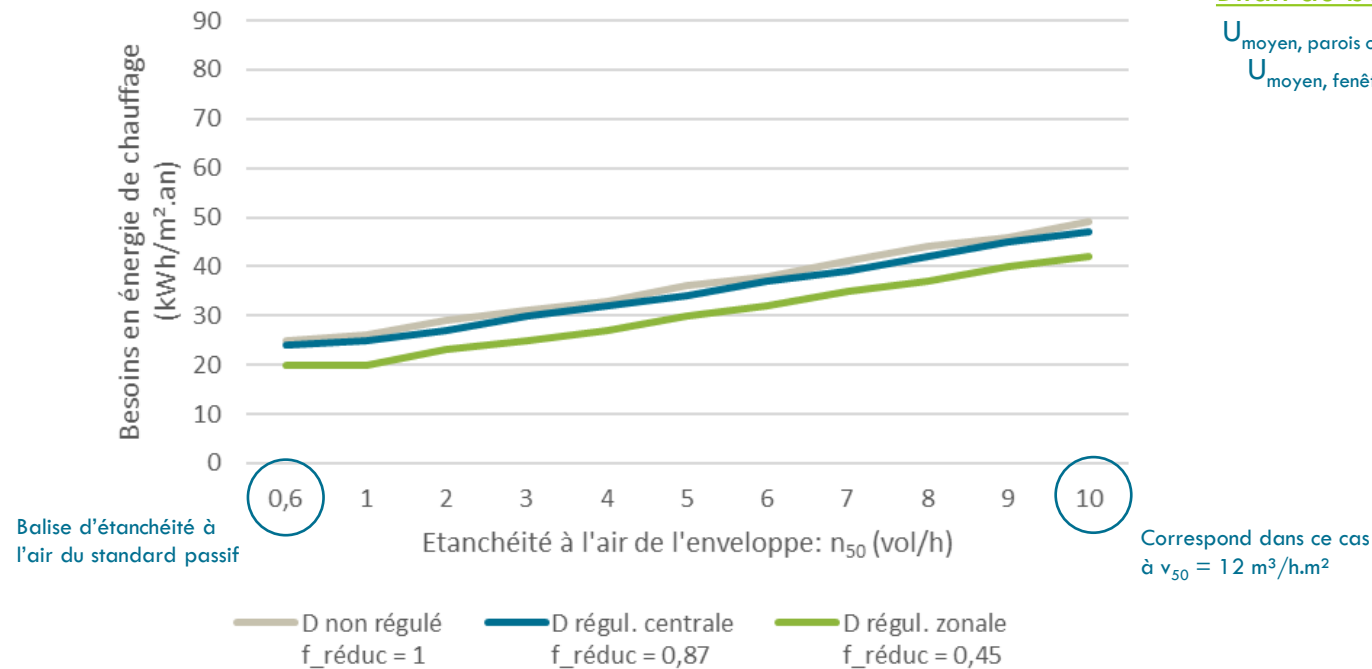


Limiter les pertes de chaleur (ventilation contrôlée)

- Bilan énergétique: Impact du système de ventilation et de sa régulation sur le besoin de chauffage
 - Cas 2: Ventilation double flux

⇒ **Importance d'avoir une étanchéité à l'air de l'enveloppe performante**

⇒ **Importance de la régulation**



Bilan du bâtiment FIL ROUGE

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcul « Bâtiment fil rouge »
sur base du PHPP
Source : écorce

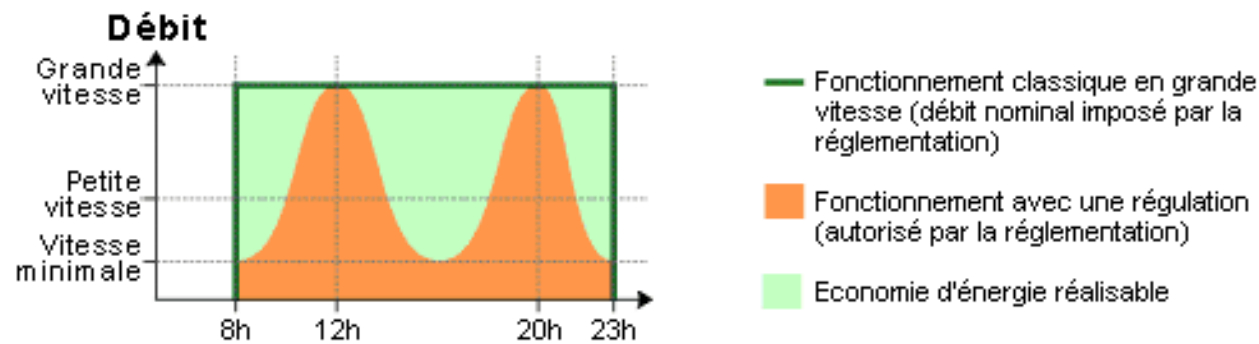


Comment?

- ▶ Sur horloge
- ▶ Suivant occupation
- ▶ Via sondes et capteurs (qualité de l'air)

Pourquoi?

- ▶ Réduction des consommation énergétiques
 - Consommation électrique du groupe ∇
 - Pertes énergétiques par ventilation ∇



Source : énergie +





- ▶ La ventilation joue un rôle important au niveau du confort, ainsi que de la santé des occupants et du bâtiment. Il faut en tenir compte le plus tôt possible dans le projet.
- ▶ Ventilation = perte énergétique mais indispensable
- ▶ 4 systèmes:
 - A: alimentation naturelle + évacuation naturelle
 - B: alimentation mécanique + évacuation naturelle
 - C: alimentation naturelle + évacuation mécanique
 - D: alimentation mécanique + évacuation mécanique
- ▶ La ventilation mécanique double flux permet maintenir la qualité de l'air tout en maîtrisant les débits et en minimisant les pertes énergétiques via un échangeur de chaleur.





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Thème Energie

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



Sites internet

- ▶ [Energie+ | Ventilation double flux](#)
- ▶ [Buildwise | Infofiches ventilation des bâtiments](#)



Publications

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



Formations et séminaires

- ▶ Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>
Ventilation : conception et régulation
- ▶ Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

