

Université  
de Liège



# La ventilation en rénovation

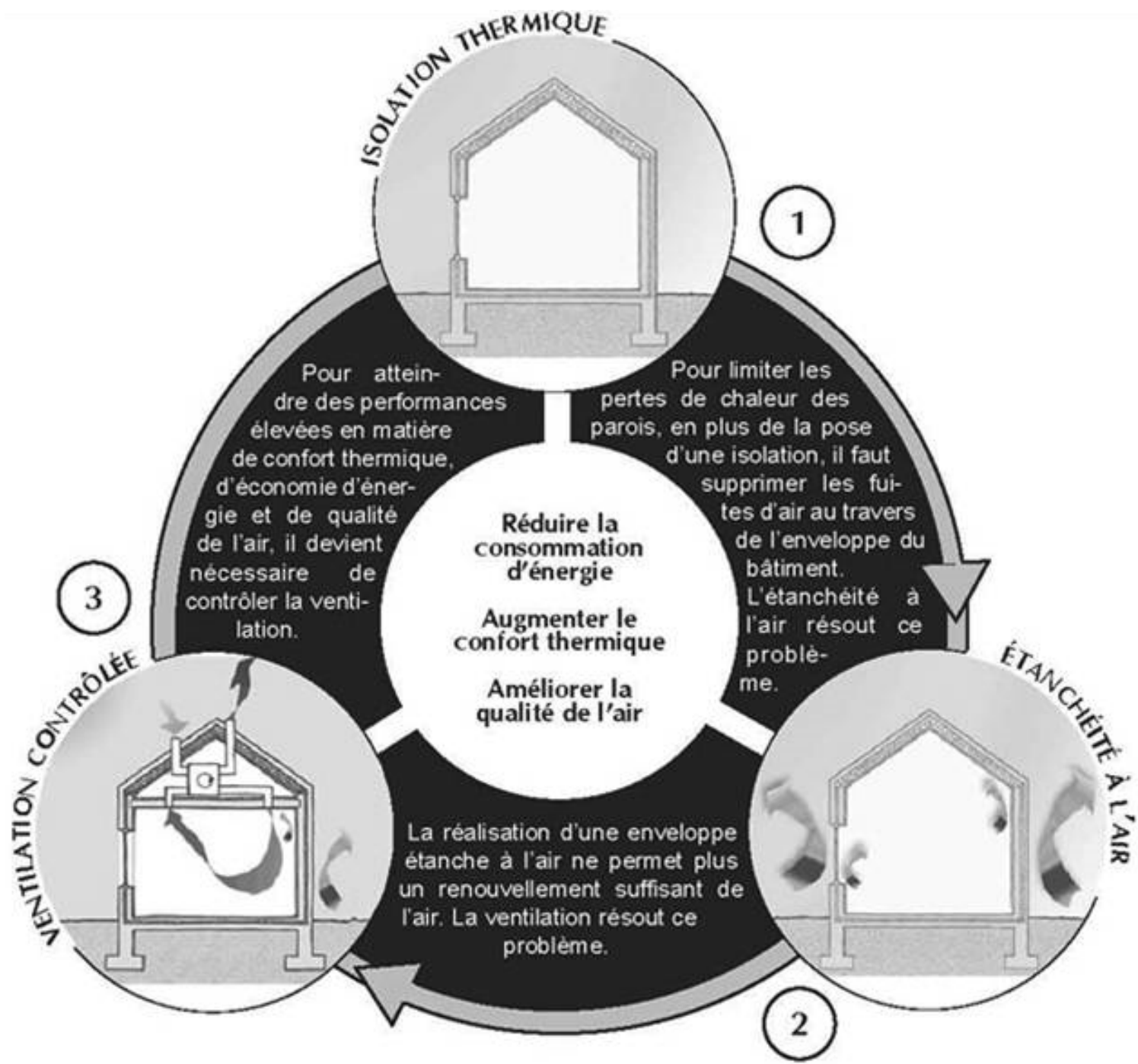
Typologie des rénovations et inventaire des contraintes

Salon Energie+ 15/11/13

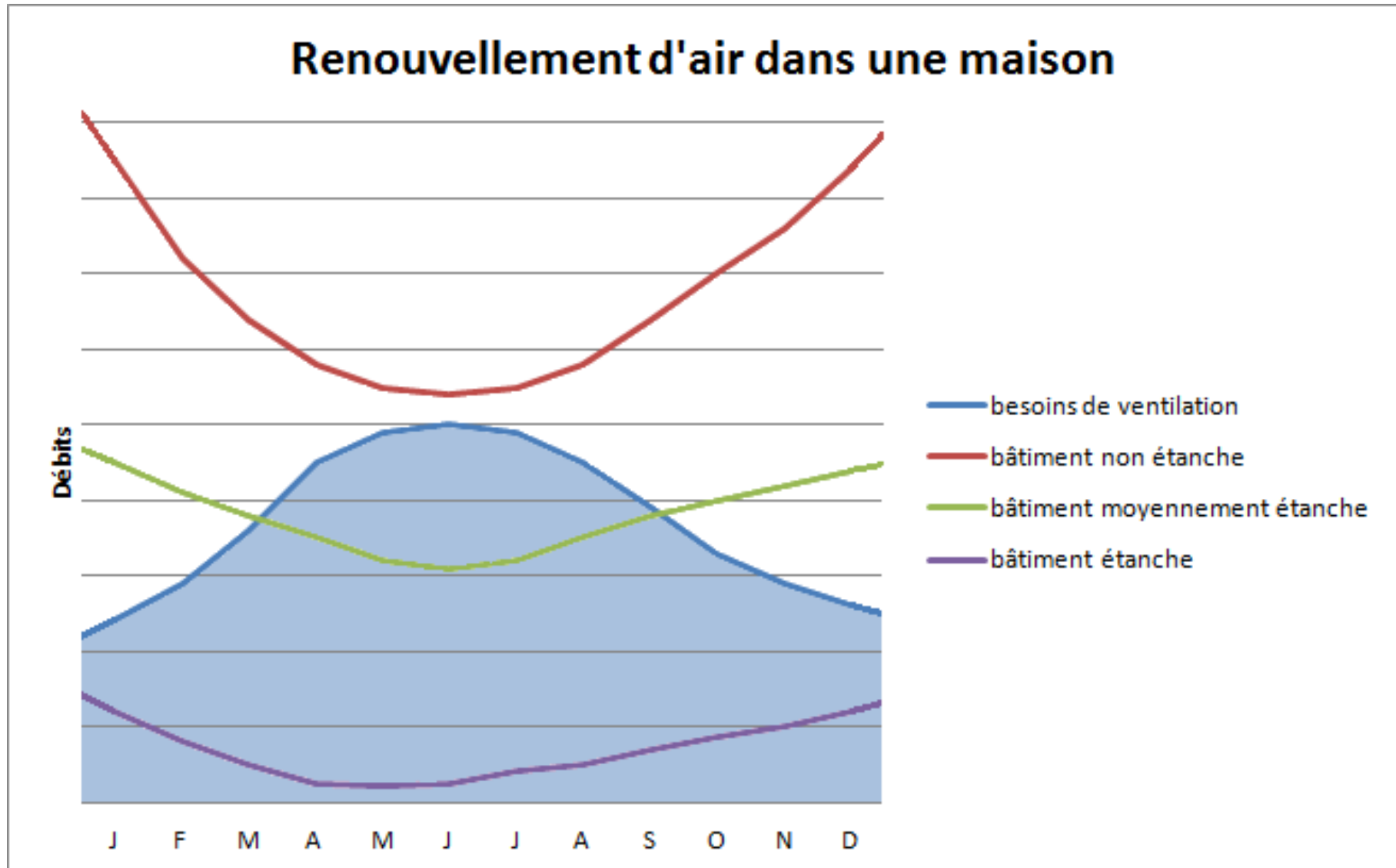
Prof. dr. ir. arch. Jean-Marie HAUGLUSTAINE  
Ir. arch. Stéphane MONFILS



Université de Liège – Faculté des Sciences  
Département des Sciences et Gestion de l'Environnement  
EnergySuD – Energy and Sustainable Development



# Etanchéité à l'air et ventilation



[Source : CSTC- WTCB]

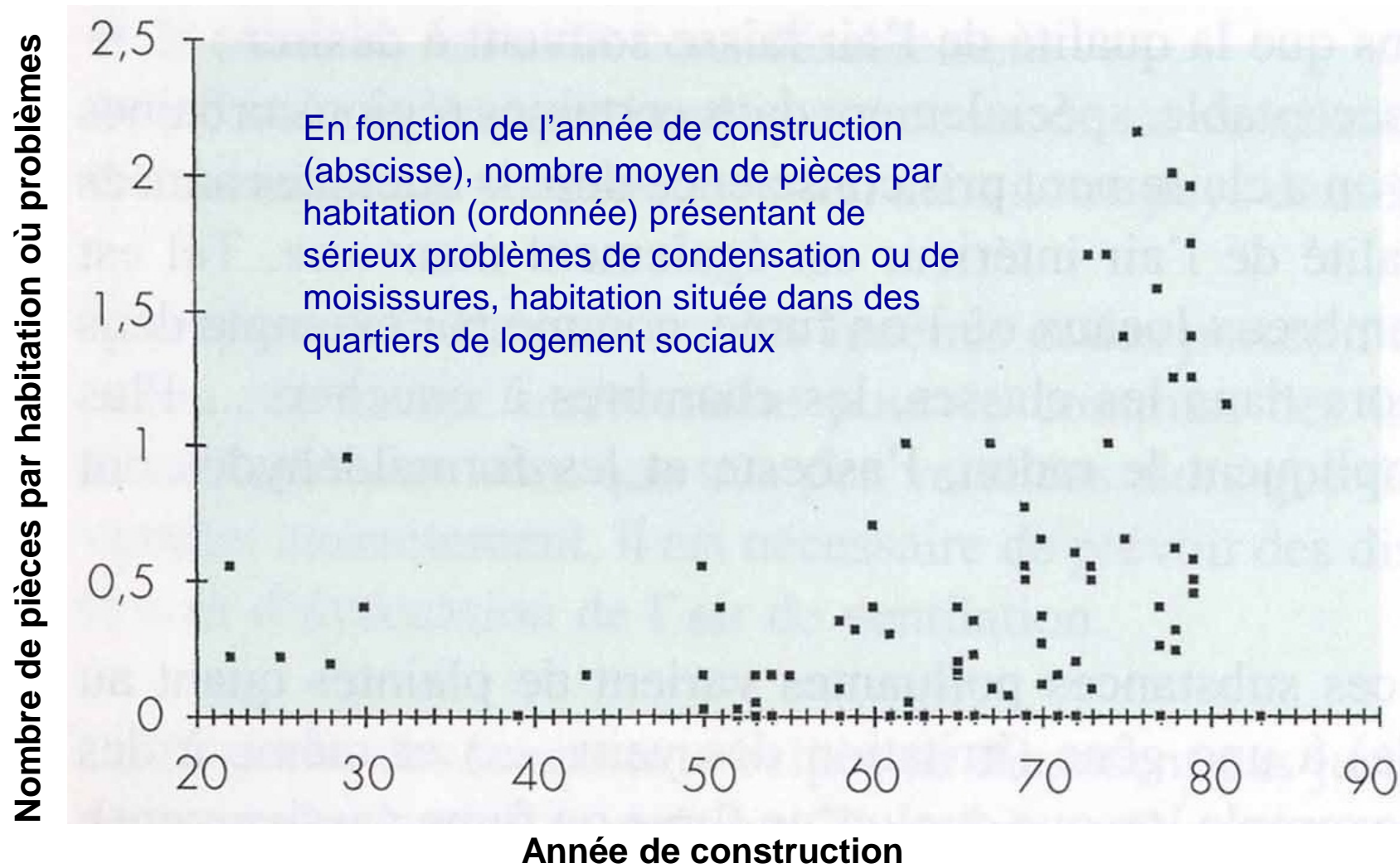
# Pourquoi ventiler ?

---

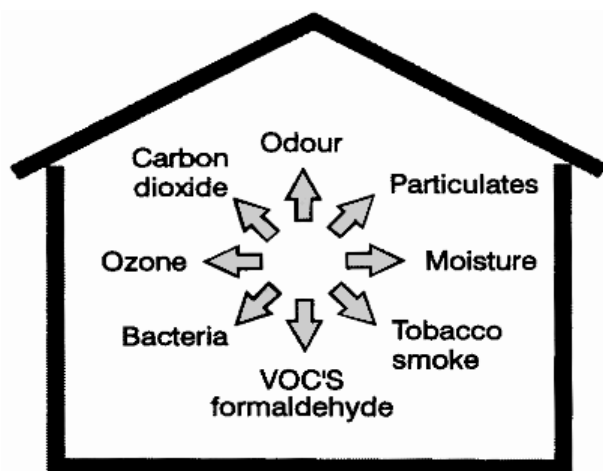
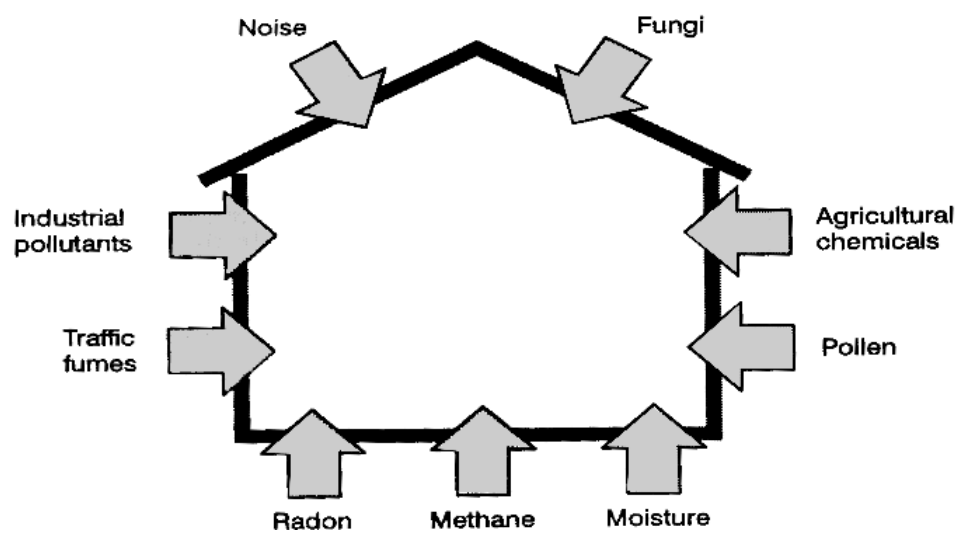
- ❑ Pour le confort
  - Respiration nécessaire dans un bâtiment (très) étanche à l'air...
  - Confort hygrothermique
- ❑ L'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur
  - → Evacuation des polluants
    - **De l'air extérieur** : vapeur d'eau, dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, particules, ozones O<sub>3</sub>, radon...
    - **Des matériaux** : composés organiques volatils COV, formaldéhyde...
    - **Des équipements** : vapeur d'eau, monoxyde de carbone CO, poussières, particules, ozone, micro-organismes...
    - **De l'occupation** : vapeur d'eau, dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, fumée de cigarette, odeurs...
- ❑ Eviter les dégradations dues à l'humidité



# Pourquoi ventiler ?

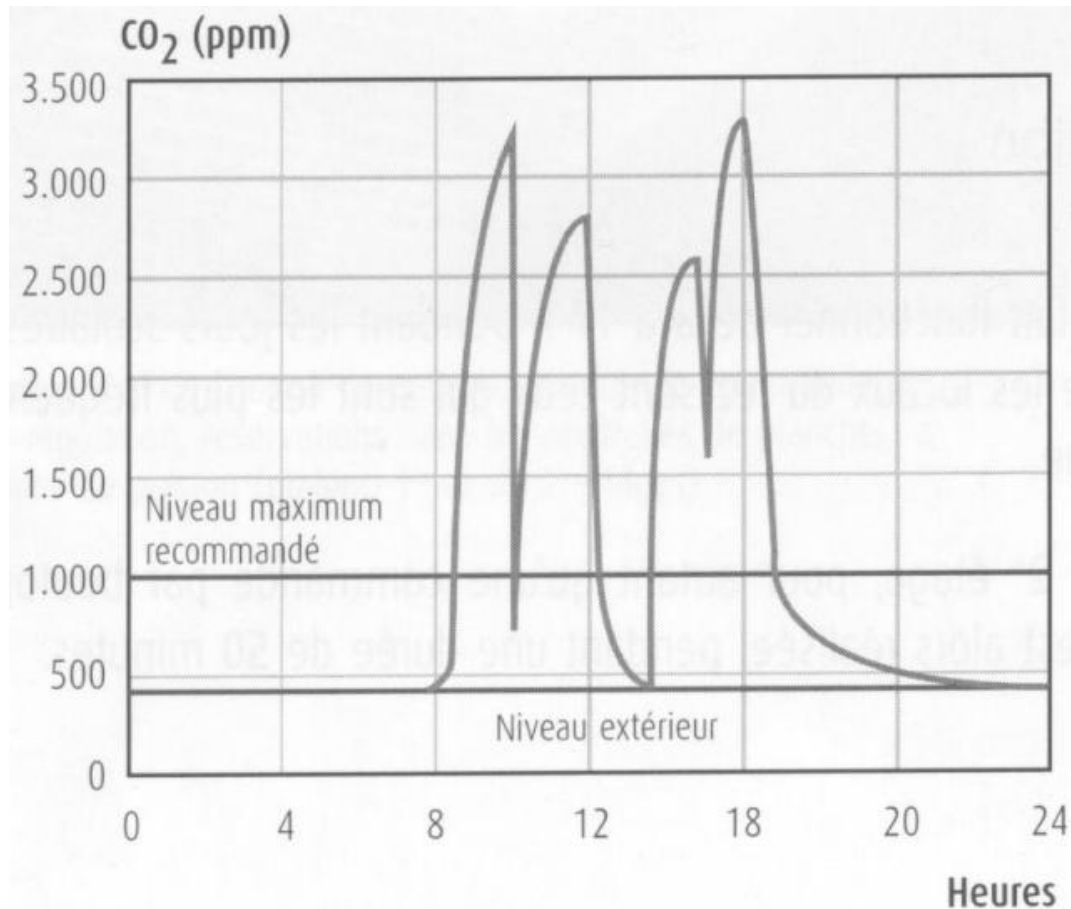


# Pourquoi ventiler ?



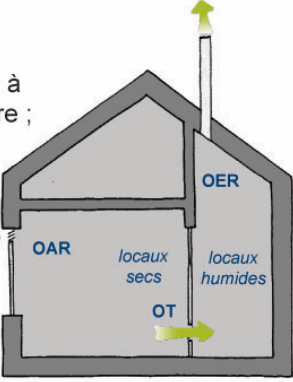
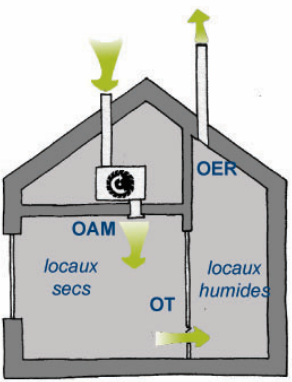
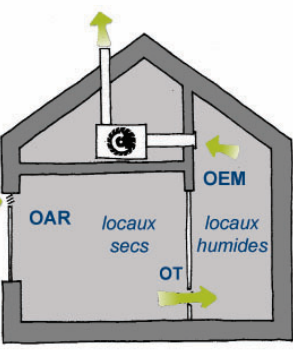
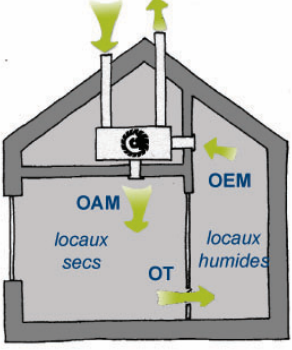
PARAMÈTRES POUVANT PROVOQUER LE "SYNDROME DU BÂTIMENT QUI REND MALADE"	
SYSTÈME DE VENTILATION	Taux de ventilation (trop élevé, trop bas) Mauvaise distribution de l'air Inefficacité du système Air conditionné Mauvaise filtration Mauvaise maintenance
POLLUANTS	
<i>Polluants intérieurs</i>	<i>Polluants extérieurs</i>
Dioxyde de carbone	Ozone
Monoxyde de carbone	Pollen
Poussières	Radon
Formaldéhyde	Fumées
Humidité	Composants organiques volatiles
Ions	Polluants industriels
Odeurs	Polluants des véhicules
OCCUPANTS	Age Sexe Etat général de santé Activité
AUTRES	Type de bâtiment Radiation électromagnétique Mauvais contrôle de l'environnement Eclairage Bruit Facteurs psychologiques Stress

# Pourquoi ventiler ?



Taux de CO<sub>2</sub> mesuré dans une classe dans laquelle la ventilation est uniquement assurée par l'ouverture des fenêtres entre les cours, en comparaison avec le niveau de CO<sub>2</sub> maximum recommandé (INT3), qui est de 1.000 ppm

# Comment ventiler ?

	<p><b>ALIMENTATION NATURELLE</b></p> <p><b>OAR = Ouverture d'Alimentation Réglable</b></p> <p>L'air neuf arrive naturellement dans les locaux "secs" par les OAR installées dans les châssis ou les murs extérieurs.</p>	<p><b>ALIMENTATION MÉCANIQUE</b></p> <p><b>OAM = Ouverture d'Alimentation Mécanique</b></p> <p>Un groupe de pulsion ainsi qu'un réseau de conduits pulsent l'air neuf.</p>
<p><b>ÉVACUATION NATURELLE</b></p> <p><b>OER = Ouverture d'Evacuation Réglable</b></p> <p>Ce sont des conduits <b>verticaux</b> débouchant en toiture, aussi près que possible du faite, qui évacuent l'air vicié.</p>	<p><b>NATURELLE : A</b></p> <p><b>Particularités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• système simple à mettre en oeuvre ;</li> <li>• peu coûteux à l'exploitation ;</li> <li>• contrôle des débits moins précis qu'avec les autres systèmes.</li> </ul> 	<p><b>B : PAR INSUFFLATION</b></p> <p><b>Particularités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la filtration de l'air amené est possible : utile lorsque les occupants sont sensibles à des polluants extérieurs ou encore si l'environnement est pollué ou bruyant.</li> </ul> 
<p><b>ÉVACUATION MÉCANIQUE</b></p> <p><b>OEM = Ouverture d'Evacuation Mécanique</b></p> <p>Un groupe d'extraction ou un ventilateur, ainsi qu'un réseau de conduits évacuent l'air vicié.</p>	<p><b>PAR EXTRACTION : C</b></p> <p><b>Particularités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• système peu coûteux à l'exploitation ;</li> <li>• les débits sont mieux contrôlés que dans le système A.</li> </ul> 	<p><b>D : DOUBLE FLUX</b></p> <p><b>Particularités :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• système très maîtrisable ;</li> <li>• filtration et atténuation acoustique possibles de l'air amené ;</li> <li>• possibilité de récupération de chaleur sur l'air extrait.</li> </ul> 

- Les systèmes C et D mettent le bâtiment en légère dépression, ce qui réduit le flux de vapeur d'eau traversant les parois de l'enveloppe (cas en France, où le système C a été directement appliqué en complément de l'isolation thermique par l'intérieur)

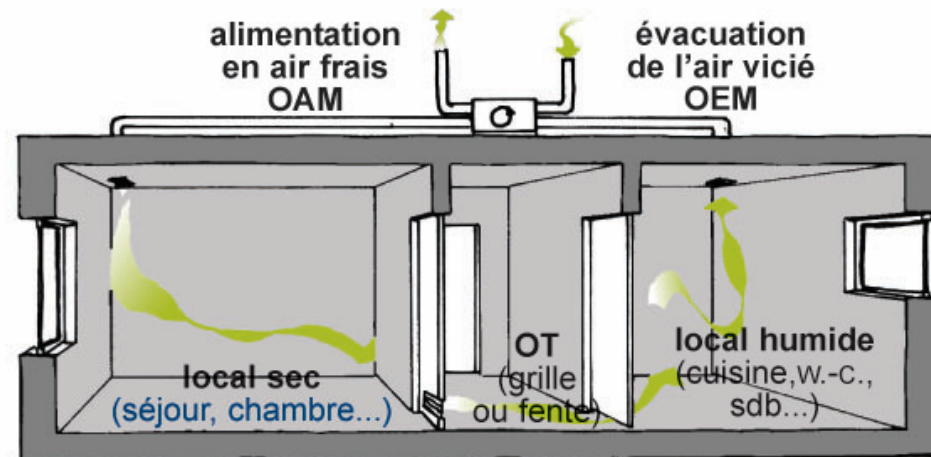


# Comment ventiler ?

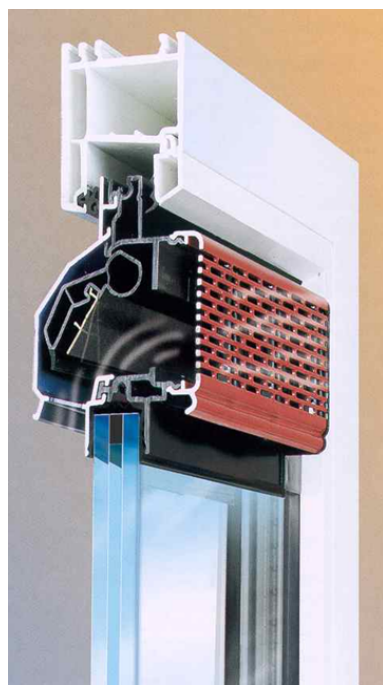
## SCHÉMA DU FLUX D'AIR POUR TOUS TYPES DE VENTILATION



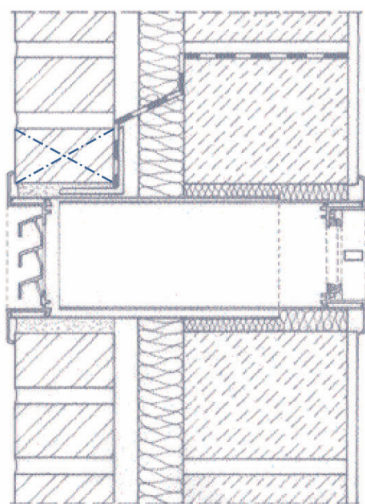
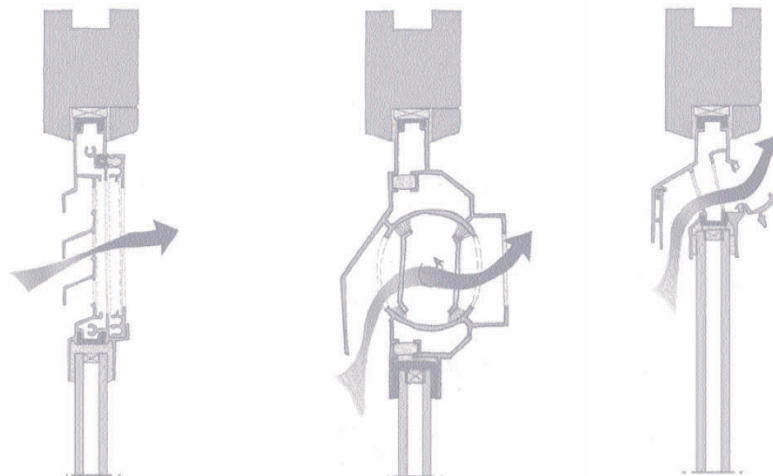
OAR = ouverture d'alimentation réglable  
OAM = ouverture d'alimentation mécanique  
OER = ouverture d'évacuation réglable  
OEM = ouverture d'évacuation mécanique  
OT = ouverture de transfert



# Comment ventiler ?



LES AÉRATEURS À COULISSE    LES AÉRATEURS À TAMBOUR ROTATIF    LES AÉRATEURS À CLAPET



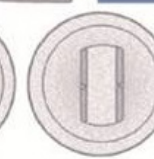
LES BOUCHES RÉGLABLES



LES BOUCHES MÉCANIQUES



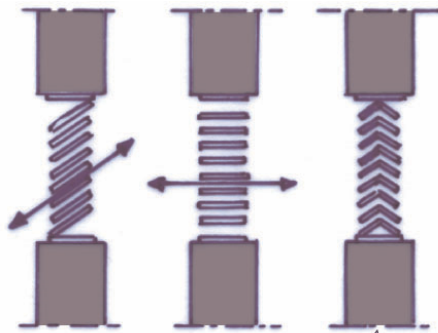
Membrane au repos



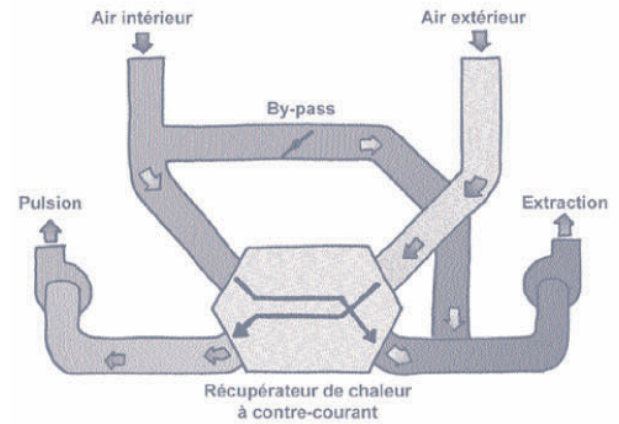
Membrane soumise à une dépression



# Comment ventiler ?



SOLUTION IDÉALE






# Comment ventiler ?

- Implantation des bouches de pulsion et d'extraction :
  - Rôle important sur la qualité du brassage de l'air d'un local

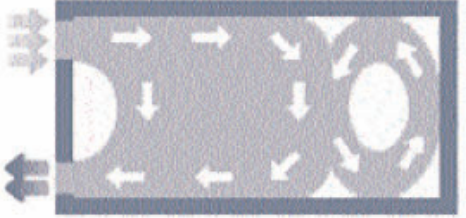
**EXEMPLES DE DIFFUSION DE L'AIR EN FONCTION DES DISPOSITIONS DES BOUCHES D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE DOUBLE FLUX**

**BONNE DIFFUSION DE L'AIR**




Bon: soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en bas sur le même mur.


**DIFFUSION DE L'AIR MÉDIOCRE**



Médiocre: soufflage horizontal en haut à faible vitesse et faible portée, reprise en bas sur le même mur (création d'une zone morte).



Médiocre: soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en bas sur le mur opposé (création d'une zone morte).



Bon: soufflage horizontal en haut à faible vitesse, reprise en bas sur le mur opposé.



# Comment ventiler ?

---

## □ Réseau de distribution

- Gaines de distribution en acier galvanisé, aluminium, inox, matière synthétique (PVC, polyamide) ou en béton
  - Gaines en béton → rugosité 1,5 à 2 fois supérieure aux conduits galvanisés (→ pertes de charges + ↗)
  - Conduits flexibles à éviter (pertes de charges + ↗)
  - Conduits circulaires ou oblongs (+ légers, + économiques, + faciles et rapides à poser, + hauts, déformables, se prêtent aux changements de direction, bonne étanchéité si double joint) ou rectangulaires (+ lourds, + coûteux, déformables, + de pertes de charge pour un même débit et une même section, étanchéité qui dépend de la qualité de mise en œuvre et des joints)
- Isolation thermique des conduits pour limiter les pertes thermiques et le risque de condensation
- Tracé du réseau le plus simple et le plus court possible (un minimum de coudes, de dérivations et de changements de section pour limiter les pertes de charge)

# (Dés)avantages des 4 systèmes

	CRITERES	SYSTEME A	SYSTEME B	SYSTEME C	SYSTEME D
CONCEPTION	APPLICATION DANS LE CAS D'UNE RENOVATION	Simplicité de l'installation	Elle ne convient pas toujours lors d'une rénovation.	S'applique aux bâtiments neufs et à la rénovation.	Convient rarement lors d'une rénovation.
	ETANCHEITE DE L'ENVELOPPE EXTERIEURE	Nécessite une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	Nécessite une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	Nécessite une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure est impérative.
	COMPLEXITE	Ne nécessite que des grilles d'aménées d'air et des conduits verticaux d'extraction.	Système assez simple	Système assez simple	Système plus compliqué.
	ENCOMBREMENT DES CONDUITS DE VENTILATION	Les emplacements des conduits verticaux d'évacuation et de leurs débouchés en toiture sont à prévoir.	Nécessite des conduits verticaux d'extraction et un réseau de conduits d'alimentation.	Nécessite un réseau de conduits d'extraction.	Nécessite deux réseaux de conduits : un d'alimentation et un autre d'extraction.
QUALITE DE L'AIR	FILTRATION TRAITEMENT DE L'AIR	L'air amené ne peut pas être traité.	L'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.	L'air amené ne peut pas être traité.	L'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.
	RISQUE DE REFOULEMENT ET D'INFILTRATION DES GAZ PROVENANT DES SOLS	Il y a risque si l'habitation est en dépression par rapport à l'extérieur.	La surpression diminue les risques.	Il peut y avoir inversion du tirage ou refolement des gaz.	Pas de risque car on peut mettre certains locaux en surpression (ou en dépression).
BRUIT	TRANSMISSION DU BRUIT	Les grilles d'aménée d'air favorisent le passage des bruits gênants.	Bonne étanchéité aux bruits sauf si l'entrée d'alimentation est mal située.	Les grilles d'aménée d'air favorisent le passage des bruits gênants.	La transmission de bruit est limitée si l'installation est bien étudiée.

# (Dés)avantages des 4 systèmes

	CRITERES	SYSTEME A	SYSTEME B	SYSTEME C	SYSTEME D
CONTROLE	CONTROLE DES DEBITS D'AIR AMENES	☹ Livré à l'influence des phénomènes naturels du mouvement de l'air	☺ Les débits d'air amené sont contrôlés.	☹ Pas de contrôle réel sur les débits d'air amené.	☺ Les débits d'air amené sont contrôlés.
	CONTROLE DES DEBITS D'AIR EXTRAITS	☹ Livré à l'influence des phénomènes naturels du mouvement de l'air	☹ Pas de contrôle réel sur les débits d'air extrait.	☺ Les débits d'air extrait sont contrôlés.	☺ Les débits d'air extrait sont contrôlés.
	GESTION DES DEBITS	☹ Grilles raccordées à un régulateur mais les débits ne sont jamais réellement connus.	☹ Seuls les débits d'air amené peuvent être gérés.	☹ Seuls les débits d'air extrait peuvent être gérés.	☺ Système très maîtrisable et qui se prête bien à une commande automatique.
	MAINTENANCE DE L'INSTALLATION	☺ Les éléments de ce système demandent très peu d'entretien.	☹ Nécessite une maintenance régulière.	☹ Nécessite une maintenance régulière.	☹ Nécessite une maintenance régulière (inspection et nettoyage).
ENERGIE	RECUPERATION DE CHALEUR	☹ Pas de récupération de chaleur	☹ Pas de récupération de chaleur	☹ Une pompe à chaleur peut être intégrée pour récupérer la chaleur sur l'air extrait.	☺ Permet la récupération de la chaleur contenue dans l'air extrait pour préchauffer l'air neuf pulsé.
	CONSOMMATION ELECTRIQUE	☺ Aucune consommation électrique	☹ Besoin d'énergie électrique	☹ Besoin d'énergie électrique	☹ Besoin d'énergie électrique
COUT	COUT GLOBAL	☺ Installation de ventilation simple	☹ Coût assez élevé	☹ Peu coûteuse à l'exploitation	☹ Système coûteux, surtout s'il n'y a pas de récupération de chaleur.

# Le projet Réno2020

---

- ❑ Appel à projets (RW) « Développement Durable et Réchauffement Climatique »
- ❑ Financé par le Plan Marshall
- ❑ Introduit via le cluster Cap2020
  - Regroupement des 3 acteurs clés du monde de la construction (Entrepreneurs, Architectes et Producteurs de matériaux) pour promouvoir la construction durable en Wallonie.
- ❑ Durée initiale : Février 2009 à Janvier 2012
  - Etendu jusqu'en janvier 2013
  - Rapport final en cours de relecture



# Le projet Réno2020

---

## ☐ Partenaires

- Maître d'ouvrage : régie communale autonome de Seraing
- Industriels :



- Scientifiques :



## ☐ Club d'Acteurs

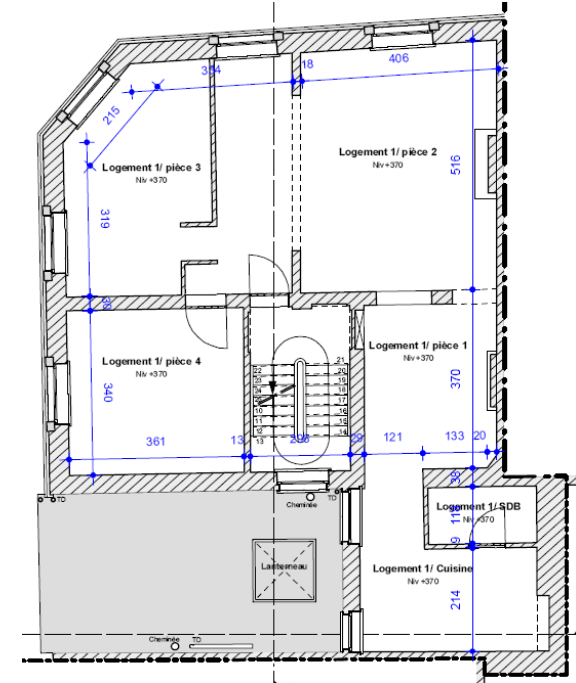
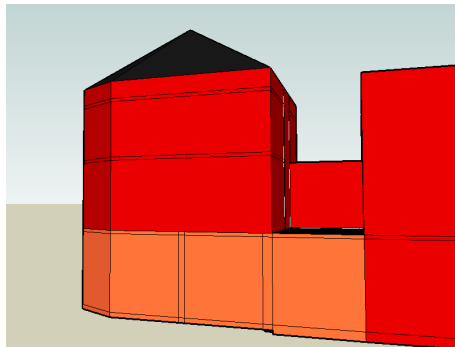
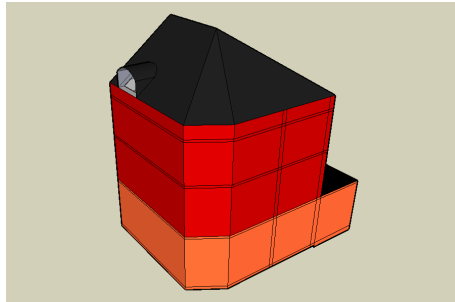
# Le projet Réno2020

---

- Le projet a inclus la rénovation performantielle de deux bâtiments résidentiels représentatifs
  - Ferrer 13 : bâtiment d'angle, RDC commercial et 3 niveaux d'appartements
    - Non isolé, en mauvais état, « ventilé » naturellement
    - Etanchéité à l'air médiocre :  $v_{50, \text{moyen}} = 17,4 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
    - Rénovation « exemplaire », avec un budget élevé
      - Installation d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur
  - Molinay 34 : maison ouvrière modeste
    - Mauvais état général, « ventilée » naturellement
    - Etanchéité à l'air plutôt bonne :  $5,3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
    - Rénovation maximale avec un budget plus raisonnable
      - Installation d'une ventilation simple flux

# Ferrer 13

## Avant

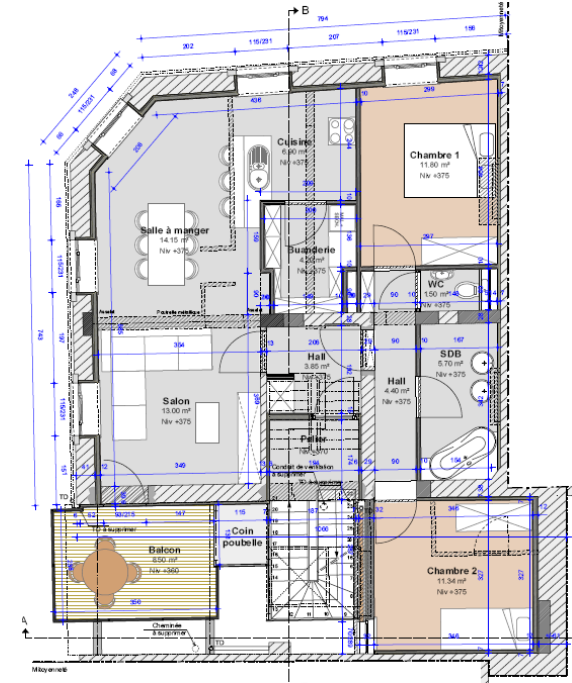
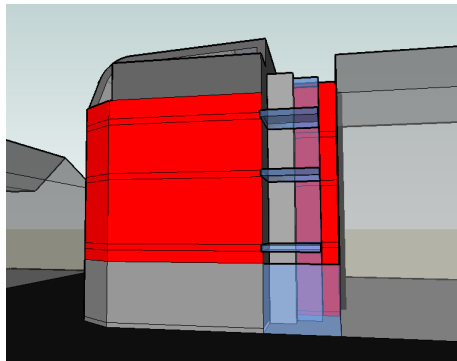
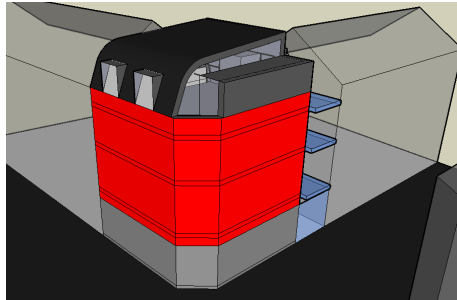


Nom	U/R	K	Ew	Espéc	Ventil.	Surch.
service RDC	✗	✗ 172	✗ 287	-	✗	-
appartement R +1	✗	✗ 172	✗ 462	✗ 742	?	✓
appartement R +2	✗	✗ 172	✗ 374	✗ 616	?	✓
appartement R +3	✗	✗ 172	✗ 502	✗ 1.133	?	✓
communs	✗	✗ 172	-	-	-	-



# Ferrer 13

Après



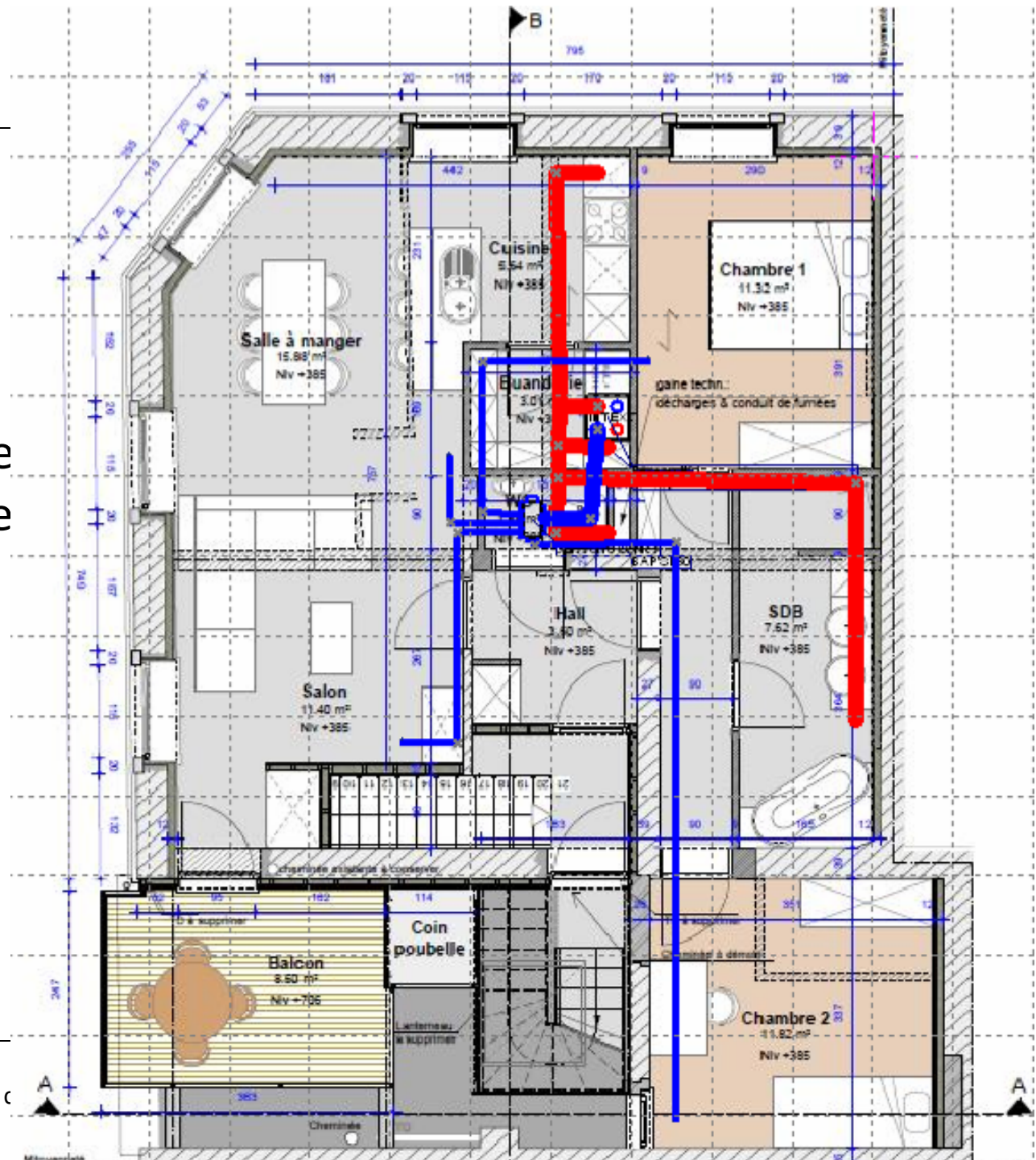
$U_{\text{moyen}}$  passe de 2,29 W/m<sup>2</sup>K à 0,56 W/m<sup>2</sup>K

Nom	U/R	K	Ew	Espéc	Ventil.	Surch.
service RDC	✗	✓ 41	✗ 130	-	✓	-
appartement R+1	✓	✓ 41	✓ 73	✓ 107	✓	✓
appartement R+2	✓	✓ 41	✓ 61	✓ 90	✓	✓
appartement R+3	✓	✓ 41	✓ 81	✓ 146	✓	✓



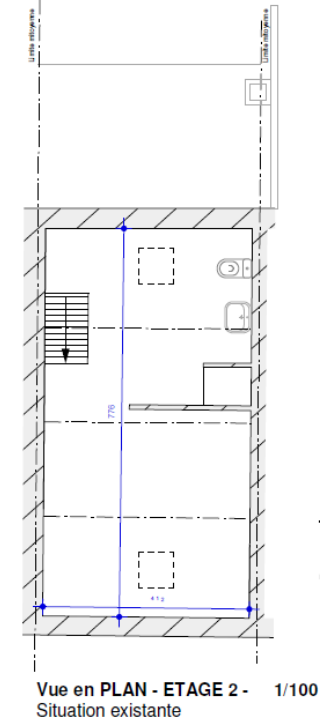
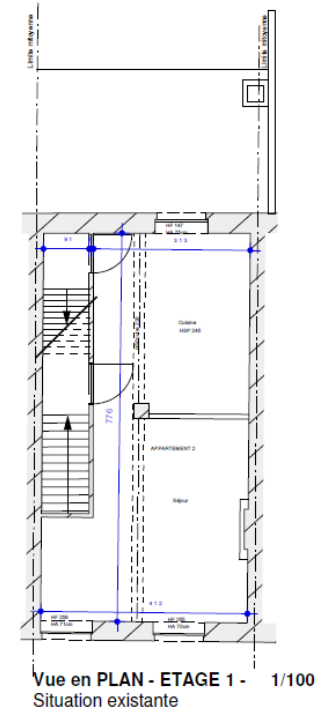
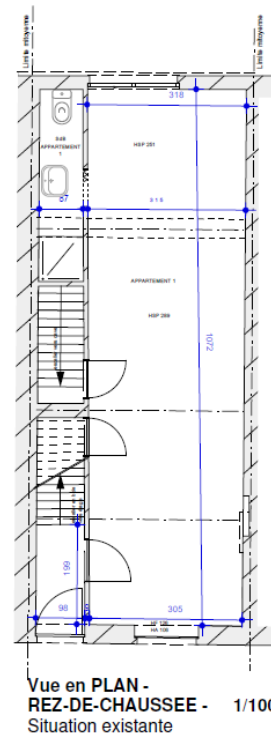
# Ferrer 13

- ❑ Etanchéification de l'enveloppe
- ❑ Installation de systèmes (indépendants) de ventilation double flux avec récupération de chaleur (1 par appartement)
  - Bouches d'extraction hygroréglables



# Molinary 34

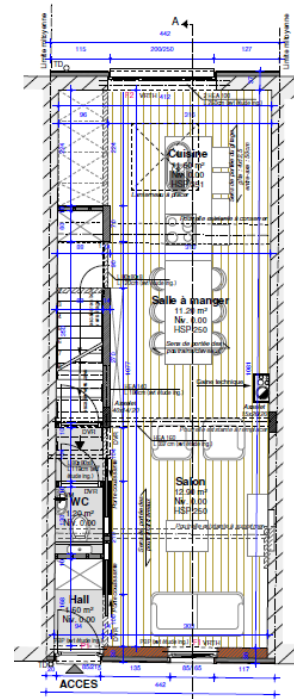
## Avant



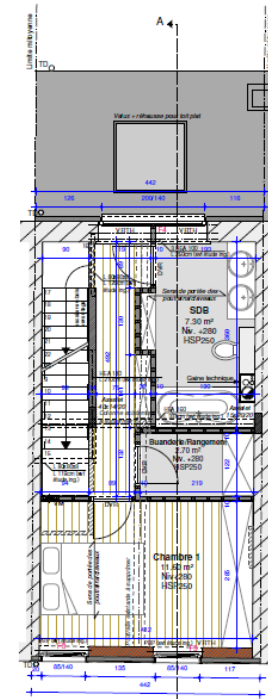
Nom	U/R	K	Ew	Espéc	Ventil.	Surch.
habitation	×	×	×	×	?	✓

# Molinary 34

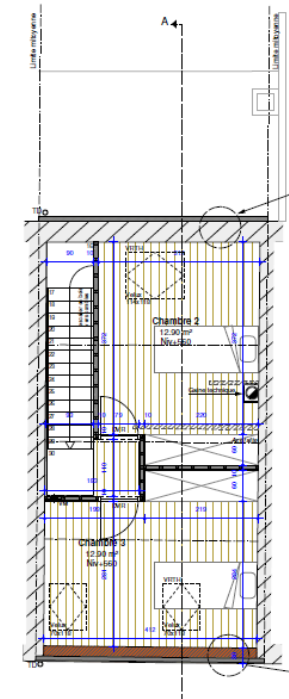
Après



Vue en PLAN - REZ-DE-CHAUSSEE - 1/50  
Situation projetée



Vue en PLAN - ETAGE 1 - 1/50  
Situation projetée



Vue en PLAN - ETAGE 2 - 1/50  
Situation projetée

Nom	U/R	K	Ew	Espéc	Ventil.	Surch.
habitation	✗	✓ 37	✓ 95	✓ 151	?	✓

# Rénovation, ventilation et Patrimoine

---

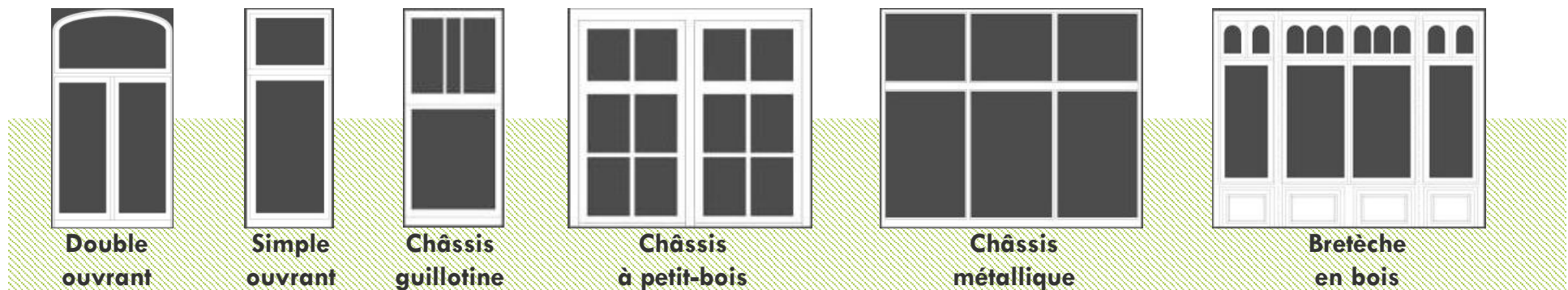
- Est-il possible d'améliorer l'impact environnemental de la rénovation des châssis existants, tout en respectant leur valeur patrimoniale ?
- Si OUI... quelles améliorations appliquées au châssis permettent de réaliser cette rénovation ?
- La rénovation environnementale sera envisagée selon une démarche globale et complète, intégrant l'évaluation de toutes les performances des châssis



# Choix des châssis

- ❑ Châssis existants représentatifs de la ville de Bruxelles
- ❑ Châssis à valeur patrimoniale (non protégés) choisis en concertation avec la Commission des Monuments & Sites de la RBC

[http://www.rfi.fr/actufr/articles/095/article\\_59185.asp](http://www.rfi.fr/actufr/articles/095/article_59185.asp)





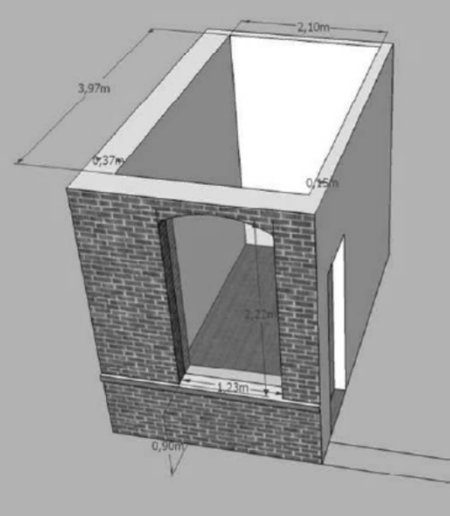




# Châssis-types étudiés

**SCENARIO 1**  
Châssis double ouvrant  
imposte fixe

**BATIMENT**  
ADRESSE 46, avenue du Parc  
1060 Saint-Gilles







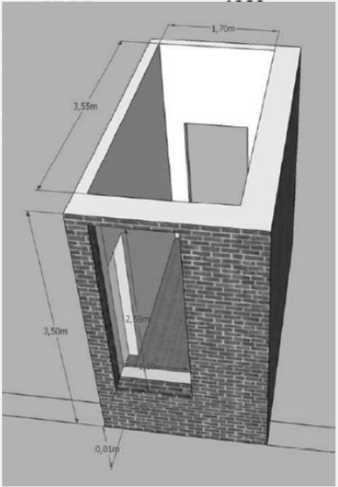
# Châssis-types étudiés

**SCENARIO 2**

**Châssis simple ouvrant  
imposte fixe**

**BATIMENT**



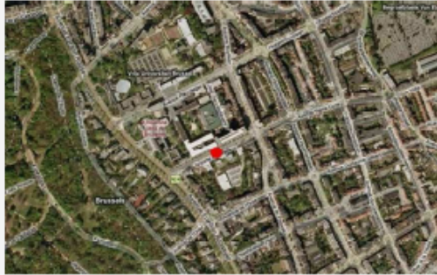

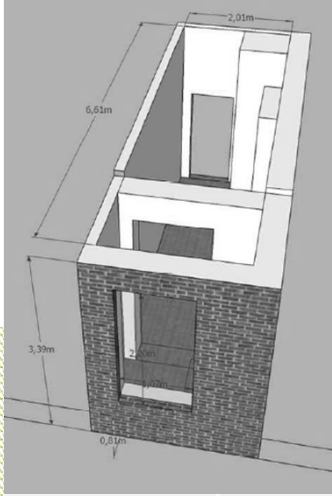
**ADRESSE** 235, rue Royale Sainte-Marie  
1030 Schaerbeek



# Châssis-types étudiés

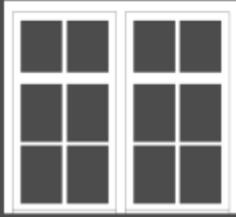

**SCENARIO 3**  
**Châssis à guillotine**

**BATIMENT**  
**ADRESSE** 13, avenue Antoine Depage  
1000 Bruxelles









# Châssis-types étudiés

	<b>SCENARIO 4</b>  Châssis à petit-bois		
ADRESSE	<b>BATIMENT</b>  4/A, Avenue du Geai 1170 Watermael-Boitsfort		
			

# Châssis-types étudiés

	<p><b>SCENARIO 5</b></p> <p><b>Châssis métallique</b></p>		
<p><b>BATIMENT</b></p>	<p><b>BATIMENT</b></p>		
<p>ADRESSE</p>	<p>7, rue Forestière 1050 Ixelles</p>		
	 		

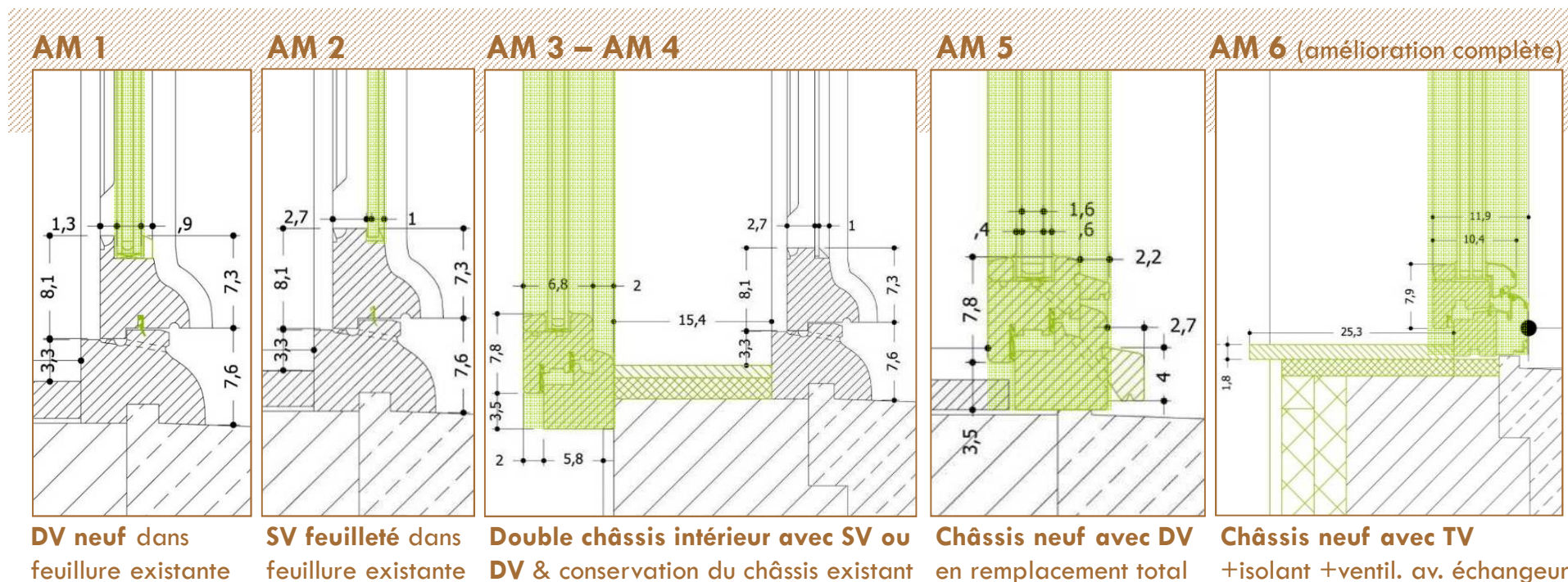
# Châssis-types étudiés

	<p><b>SCENARIO 6</b></p> <p><b>Bow-window</b></p> <p><b>BATIMENT</b></p>		
<p>ADRESSE</p>	<p>43, rue Van Elewyck 1050 Ixelles</p>		
			



# Choix des améliorations

- Définition de 6 améliorations-types à appliquer à chaque châssis existant, en fonction de ses spécificités



# Définition des configurations fictives

- ❑ BUT : objectiver la pertinence des différentes améliorations par la comparaison de leurs performances chiffrées, et ce pour chaque châssis-type
- ❑ Fixer un cadre de travail : définition d'hypothèses par la création d'environnements intérieur et extérieur fictifs mais représentatifs de la réalité en conditions extrêmes

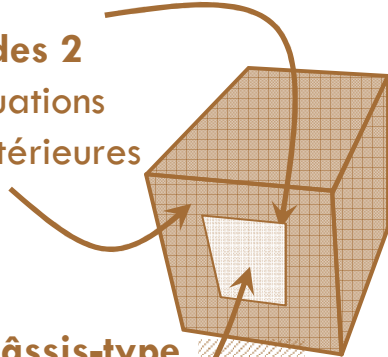


# Etude d'une configuration

1 des 4 utilisations de local

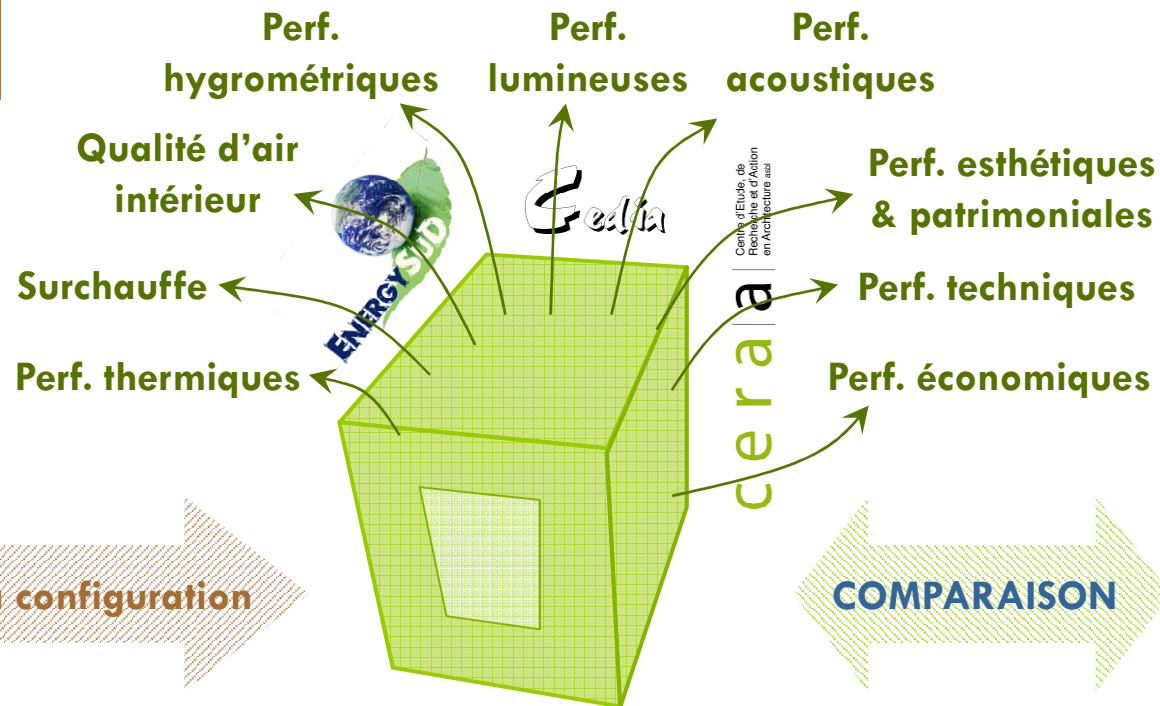
1 des 2 situations extérieures

Châssis-type existant dans son local



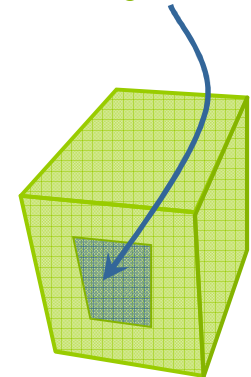
devient la configuration

Châssis-type existant dans 1 des 8 configurations



COMPARAISON

Châssis-type amélioré dans la même configuration



# Indice de QAI : taux de CO<sub>2</sub>

## Initialement, sans occupation

[CO<sub>2</sub>] identique à l'air extérieur

Bruxelles : **400 ppm**

## Dégagement par les occupants suivant leur niveau d'activité

Au repos : **10 litres** de CO<sub>2</sub> par heure et par personne

Au travail léger : **20 litres** de CO<sub>2</sub> par heure et par personne



**Augmentation** du taux de CO<sub>2</sub>

## Renouvellement de l'air selon un certain débit

Dans les cas EXISTANTS : **débit d'in-exfiltration** par l'inétanchéité du châssis

Dans les cas AMÉLIORÉS : **débits normatifs** de ventilation hygiénique



**Diminution** du taux de CO<sub>2</sub>

## **Taux de CO<sub>2</sub> final**

Valeur limite de référence en résidentiel : maximum **1 500 ppm**

Taux acceptable souvent rencontré : **de 3 000 à 5 000 ppm** (en fin de nuit dans une chambre)



# Etanchéité à l'air du châssis mesurée in situ



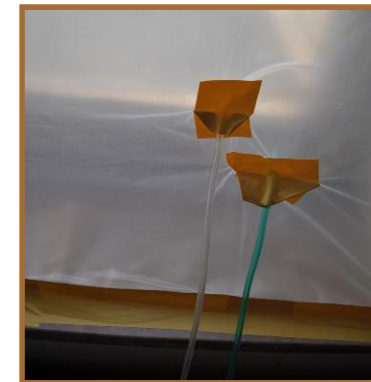
**Ventilateur** créant la dépression (dans ce cas) dans le local



**Film étanche à l'air** fixé sur l'ébrasement intérieur



Mesure de la **pression extérieure**



**Différences de pression** par rapport à l'intérieur



# Etanchéité à l'air du châssis mesurée in situ

Débit de fuite  
à 50 Pa  
mesuré in situ

Réf. en neuf  
4 m<sup>3</sup>/h

54 m<sup>3</sup>/h

64 m<sup>3</sup>/h

60 m<sup>3</sup>/h

88 m<sup>3</sup>/h

117 m<sup>3</sup>/h<sup>2</sup>

74 m<sup>3</sup>/h

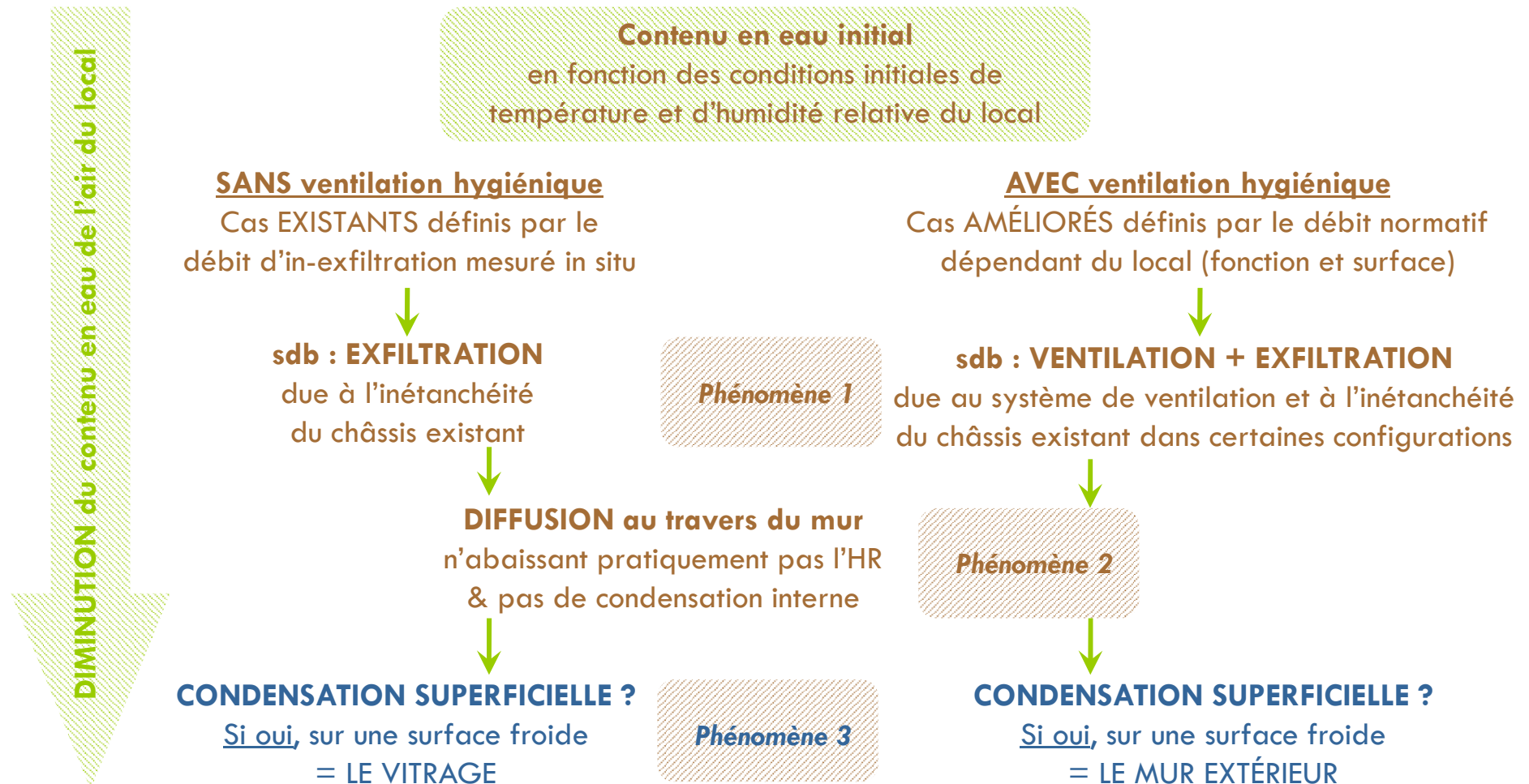
		AMELIORATIONS															
QUALITÉ DE L'AIR - Taux de CO <sub>2</sub> [ppm]	EXIST	1. Double V châssis exist.		2. Simple V feuilleté châssis exist.		3. Double châssis int. - Simple V.		4. Double châssis int. - Double V.		5. Châssis neuf double V.		6. Châssis neuf triple V.		7. Double V mince châssis existant		8. Survitrage	
		SC1 double ouvrant & imposte fixe	de 2200 à 5200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	/	/	/	/
SC2 simple ouvrant & imposte fixe	de 2000 à 4100	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	/	/	/	/	/
SC3 châssis à guilochine	de 2100 à 7300	/	400	400	400	400	400	400	400	/	/	/	400	/	/	/	/
SC4 châssis à petits-bois	de 1300 à 2400	/	400	400	400	400	400	400	400	400	400	/	400	/	/	/	/
SC5 châssis métallique	de 700 à 1000	/	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	/	/
SC6 brèche en bois	de 1000 à 2500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	/	/	/	/	/	/

# Conclusions "qualité d'air intérieur"

---

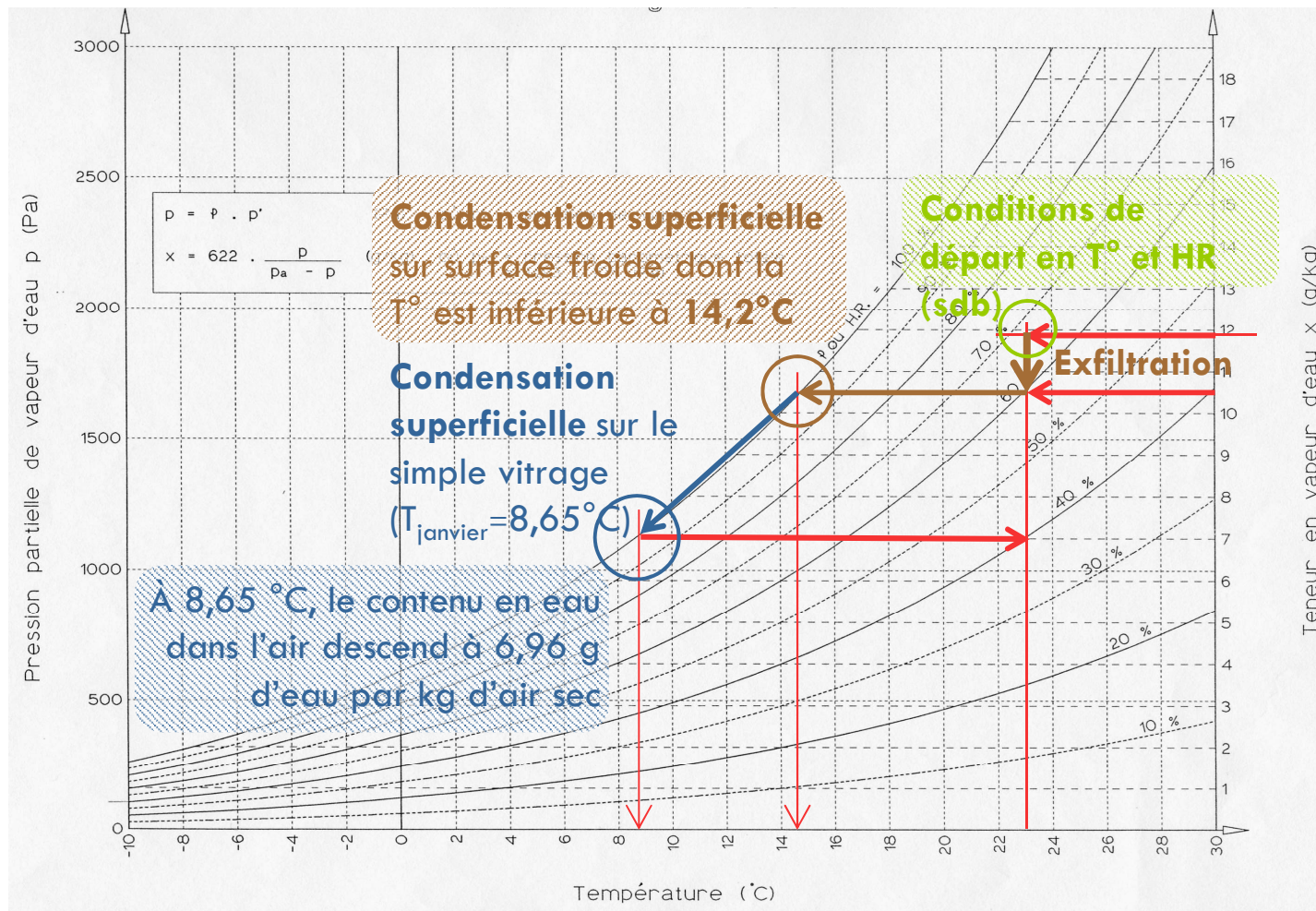
- ❑ **Toutes** les améliorations permettent d'obtenir une qualité d'air intérieure excellente, et ce **grâce à la ventilation hygiénique**.
- ❑ Pour les châssis existants (hormis le châssis métallique trop peu étanche), il sera nécessaire d'ouvrir la fenêtre avant le terme de l'occupation, afin d'abaisser le taux de CO<sub>2</sub> sous le seuil de référence de 1500 ppm.
- ❑ **Une ventilation hygiénique est donc indispensable** pour garantir une bonne qualité d'air tout au long de l'occupation du local. Cela renforce la pertinence de l'hypothèse appliquée à toutes les améliorations (installation d'un système de ventilation hygiénique).

# Performances hygrométriques (contenu en eau)

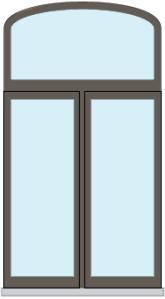


# Diagramme de Mollier (sans ventilation)

□ Pour le châssis double ouvrant existant



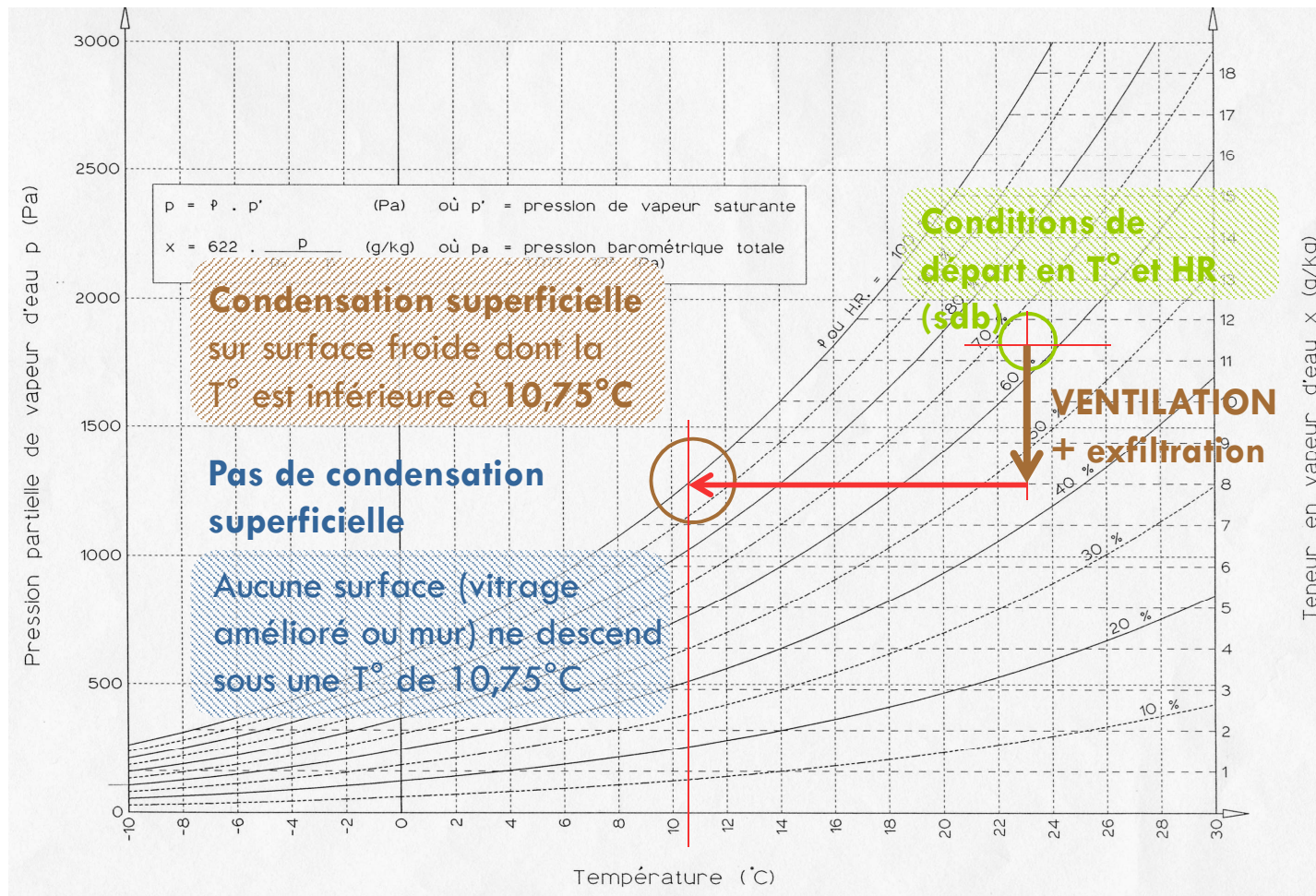
# Salle de bain sans ventilation

<b>LOC 4</b>   <b>SALLE DE BAIN</b>		<b>SC 1</b>		Unités	<b>Sans ventilation EXISTANT</b>	
		Vitrage			<b>simple vitrage</b>	
		Mur extérieur			<b>non isolé</b>	
		HR initiale	%		<b>64,0</b>	
		Température consigne	°C		<b>23</b>	
		<b>Effet exfiltration</b>				
		Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		<b>non</b>	
		HR moyenne résultante	%		<b>59,8</b>	
		<b>Exfiltration + diffusion par le mur extérieur</b>				
		Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		<b>non</b>	
		HR moyenne résultante	%		<b>59,7</b>	
		<b>Exfiltration. + diffusion mur + condensation sur vitrage</b>				
		Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		<b>non</b>	
		Condensation sur le simple vitrage	oui/non		<b>479 g/an (il y a condensation d'octobre à avril)</b>	
		HR moyenne résultante	%		<b>52,7</b>	

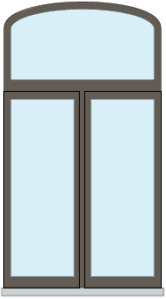


# Diagramme de Mollier (avec ventilation)

□ Pour le châssis double ouvrant amélioré



# Salle de bain avec ventilation

SC 1				Avec ventilation	
		Unités		AM 1 à AM 5 et AM 7	AM 6
	Vitrage			double vitrage	triple vitrage
	Mur extérieur			non isolé	isolé
	HR initiale	%		<b>64,0</b>	<b>64,0</b>
	Température consigne	°C		23	23
	<b>Effet exfiltration</b>				
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		non	non
	HR moyenne résultante	%		<b>45,5</b>	<b>45,5</b>
	<b>Exfiltration + diffusion par le mur extérieur</b>				
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		non	non
	HR moyenne résultante	%		<b>45,4</b>	<b>45,4</b>
	<b>Exfiltration. + diffusion mur + condensation sur vitrage</b>				
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non		non	non
	Condensation sur le simple vitrage	oui/non		non	non
	HR moyenne résultante	%		<b>45,4</b>	<b>45,4</b>

LOC 4 |

SALLE DE BAIN



# Evolution du contenu en eau

## ❑ Châssis double ouvrant dans la salle-de-bains

SC 1		Unités	Sans ventilation		Avec ventilation		
			EXISTANT		AM 1 à AM 5 et AM 7	AM 6	
  LOC 4   SALLE DE BAIN	Vitrage		simple vitrage		double vitrage	triple vitrage	
	Mur extérieur		non isolé		non isolé	isolé	
	HR initiale	%	64.0		64.0	64.0	
	Température consigne	°C	23		23	23	
	<b>Effet exfiltration</b>						
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non	non		non	non	
	HR moyenne résultante	%	59.8		45.5	45.5	
	<b>Exfiltration + diffusion par le mur extérieur</b>				<b>Ventilation + exfiltration + diffusion par le mur extérieur</b>		
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non	non		non	non	
	HR moyenne résultante	%	59.7		45.4	45.4	
	<b>Exfiltration. + diffusion mur + condensation sur vitrage</b>				<b>Ventilation + exfiltration + diffusion par le mur extérieur + condensation sur le vitr</b>		
	Condensation sur le mur extérieur ?	oui/non	non		non	non	
	Condensation sur le simple vitrage	oui/non	479 g/an (il y a condensation d'octobre à avril)		non	non	
	HR moyenne résultante	%	52.7		45.4	45.4	

# Evolution du contenu en eau

## Châssis double ouvrant dans la salle-de-bains

Proportion Châssis – Local		Châssis dans une salle de bain Cas de figure SCx_SEy_LOC4 (peu importe l'orientation)									
		Hygrométrie Condensation sur le vitrage & humidité relative finale [g/an – %]	EXIST	1. Double V châssis exist.	2. Simple V feuilleté châssis exist.	3. Double châssis int. – Simple V.	4. Double châssis int. – Double V.	5. Châssis neuf double V.	6. Châssis neuf triple V.	7. Double V mince châssis existant	8. Survitrage
	SC1 Double ouvrant & imposte fixe	479	non	non	non	non	non	non	non	/	/
		52.7	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4		
	SC2 Simple ouvrant & imposte fixe	315	non	non	non	non	non	non	non	/	/
		52.0	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4		
	SC3 Châssis à guillotine	973	/	non	non	non	/	/	non	/	
		53.8		45.4	45.4	45.4			45.4		
	SC4 Châssis à petits-bois	361	/	non	non	non	non	/	non	/	
		51.0		45.4	45.4	45.4	45.4		45.4		
	SC5 Châssis métallique	480	/	136	non	non	non	non	136	/	
		49.6		44.2	45.4	45.4	45.4	45.4	44.2		
	SC6 Breteche en bois	2406	non	non	non	non	non	/	/	/	
		53.6	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3				

LEGENDE | Quantité d'eau condensant sur le vitrage

<b>A</b>	Pas de condensation sur le vitrage	<b>B</b>	<100 g/an	<b>C</b>	<500 g/an	<b>D</b>	>500 g/an	/	Amél. non envisagée
----------	---------------------------------------	----------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	---	------------------------

# Conclusions "hygrométriques"

---

- ❑ Pratiquement toutes les améliorations permettent d'éviter la condensation superficielle apparaissant dans l'existant, et ce **grâce à la ventilation hygiénique**.
- ❑ Pour les configurations améliorées, la paroi froide devient le mur extérieur : on n'y observe **aucune condensation superficielle** (mur 36 cm en briques).
- ❑ Pour le châssis-type métallique, la paroi froide est le profilé métallique en lui-même : si l'on conserve le châssis existant (AM 2 & AM 7), **de la condensation superficielle risque d'apparaître** sur le profilé métallique, et ce uniquement dans les locaux à plus forte production de vapeur d'eau (salle-de-bains & cuisine).

# Conclusions "hygrométriques"

---

- On n'observe jamais de condensation interne dans l'épaisseur du mur :
  - La diffusion à travers le mur n'abaisse pratiquement pas le contenu en eau de l'air.
  - L'isolation intérieure (8 cm) n'engendre pas de condensation interne derrière elle.

# Plus d'infos...

Sous la direction de :  
Jean-Marie HAUGLUSTAINE\*  
Francy SIMON\*\*

Avec la collaboration de :  
Catherine BALTUS\*  
Sophie LIESSE\*\*

**LA VENTILATION ET L'ÉNERGIE**  
Guide pratique pour les architectes

\*Université de Liège    Ministère de la Région Wallonne    \*\*Université Catholique de Louvain

Sous la direction de :  
Jean-Marie HAUGLUSTAINE\*  
Francy SIMON\*\*

Avec la collaboration de :  
Catherine BALTUS\*  
Sophie LIESSE\*\*

**LA RÉNOVATION ET L'ÉNERGIE**  
Guide pratique pour les architectes

\*Université de Liège    Ministère de la Région Wallonne    \*\*Université Catholique de Louvain

Guides pratiques pour architectes (en cours de mise à jour), téléchargeables depuis <http://energie.wallonie.be>



# Merci de votre bonne attention...

---

- Jean-Marie HAUGLUSTAINE

ULg – FS – DSGE – EnergySuD

Avenue de Longwy 185

B – 6700 ARLON

+32 (0) 4 366 94 83

+32 (0) 63 23 09 00

[jmhauglustaine@ulg.ac.be](mailto:jmhauglustaine@ulg.ac.be)

- Stéphane MONFILS

ULg – FS – DSGE – EnergySuD

Rue de Pitteurs (Bât. L3)

B – 4020 LIEGE 2

+32 (0) 4 366 92 05

[stephane.monfils@ulg.ac.be](mailto:stephane.monfils@ulg.ac.be)

- Fax : +32 (0) 4 366 95 37

- URL : [www.EnergySuD.ulg.ac.be](http://www.EnergySuD.ulg.ac.be)

