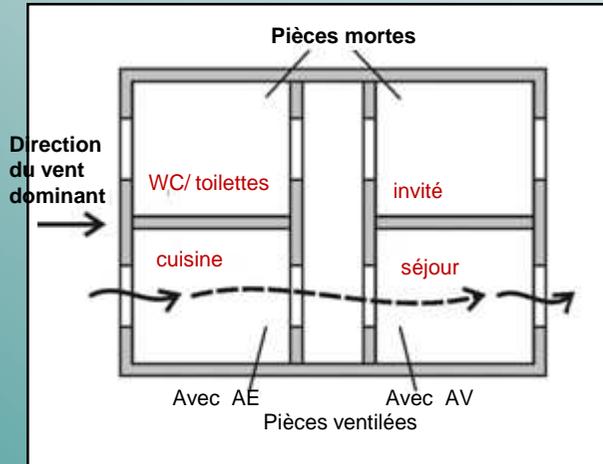


# La qualité de l'air avec différentes techniques de ventilation, entre autre les VMC simple flux

# 1. Renouvellement d'air et renouvellement d'air en équivalent polluant

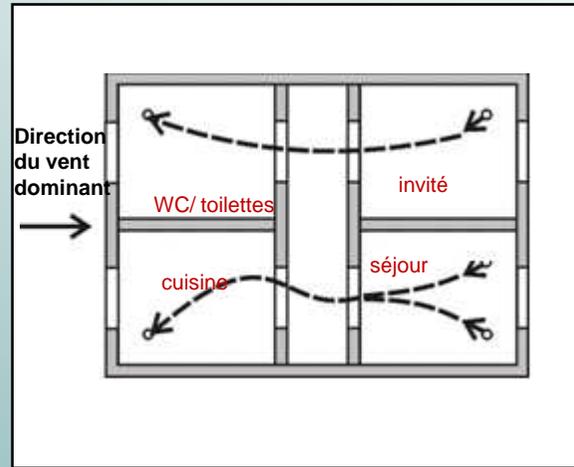
# Irrégularités locales (a-c) ou temporaires (1-2) de la ventilation des pièces par les fenêtres en comparaison avec la ventilation mécanique contrôlée

## Ventilation par les fenêtres



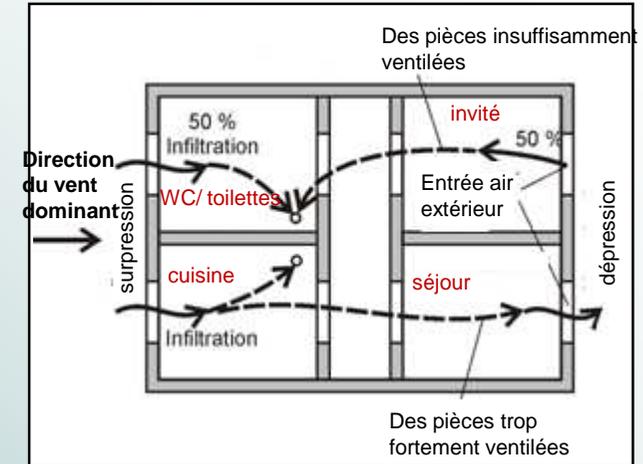
1a) pièce ventilée : de. 18:00 bis 18:15 Uhr – ouverture des fenêtres

## VMC double flux

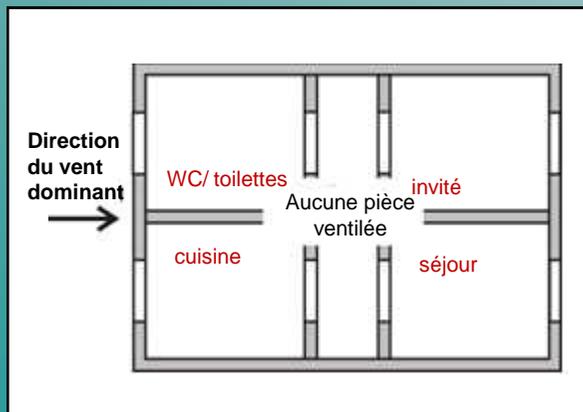


1b) toutes les pièces sont ventilées de manière égale : VMC double flux

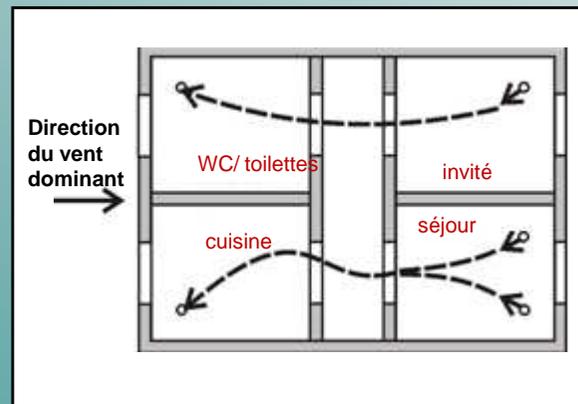
## VMC simple flux



1c) les pièces insuffisamment ventilées



2a) 18:15 - 22:00 aucune pièce de ventilée



2b) 0:00 - 24:00 ventilation complète de toutes les pièces (localement et temporairement) grâce à la VMC 2F

## Explications

### 1. Renouvellement d'air nominal

$$n = \frac{\dot{V}}{V} \left[ h^{-1} \right] \quad \dot{V} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{– débit moyen sur 24 h de la centrale, des infiltrations et de l'ouverture des fenêtres}$$

### 2. Renouvellement équivalent polluant

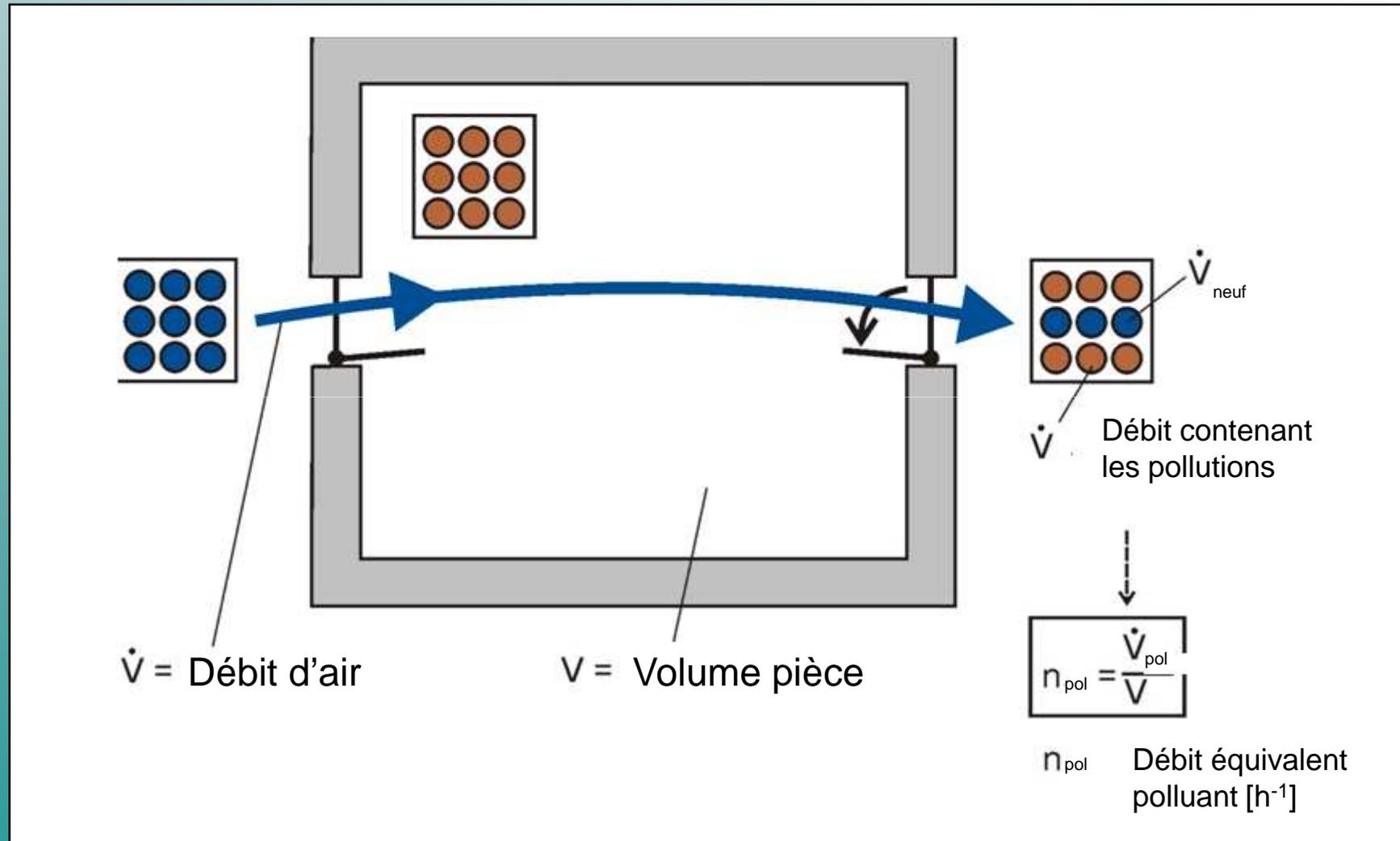
$$n_{\text{pol}} = \frac{\dot{V}_{\text{pol}}}{V} \left[ h^{-1} \right] \quad \dot{V}_{\text{pol}} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{– la part du volume de pièce auquel l'air pollué est échangé par de l'air neuf (pièces ventilées/ parties de pièces)}$$

### 3. Renouvellement équivalent énergie

$$n_{\text{en}} = \frac{\dot{V}_{\text{en}}}{V} \left[ h^{-1} \right] \quad \dot{V}_{\text{en}} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{– le débit théorique (pensé) qui fait les déperditions énergétiques : par ex avec } \eta = 90 \% \text{ récup. de chaleur } \rightarrow 10 \% \text{ de } \dot{V} \text{ et le débit exfiltré tous deux à une température de } 20 \text{ }^\circ\text{C:}$$

$$\dot{V}_{\text{en}} = 0,1 \cdot \dot{V} + \dot{V}_x = (0,1 + n_x) \dot{V}$$

# Explications



## Différents régimes de ventilation

Ventilation grâce aux :	fuites	Fenêtres basculées	Fenêtres grandes ouvertes		Fenêtres grandes ouvertes+fenêtres basculées la nuit dans la chambre		VMC2F à récupération de chaleur $\eta_{\text{eff}} =$					VMC simple flux $\eta_{\text{eff}} = 0\%$
			75 %	75 %	92 %	90 %	75 %					
	Fenêtres fermées uniquement fuites portes ouvertes	Fenêtres basculées 7 cm, 7:00 - 9:00 h 11.00 - 14:00 h 18:00 - 20:00 h portes intérieures fermées Faible mélange	2 x 5 min: 7:00 h, 20:00 h	4 x 10 Min: 7:00 h 12:00 h, 17:00 h , 22:00 h	Fenêtres grandes ouvertes: 2 x 5 min: 7:00 h, 20:00 h, ventilation de nuit: 23:00 à 7:00 h							
					Portes intérieures ouvertes	Portes intérieures fermées						
$n_{50}$	3,0 h <sup>-1</sup> étanchéité	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	1,0 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>	1,5 h <sup>-1</sup>
$n = n_A + n_{\text{inf}}$	≈ 0,2 h <sup>-1</sup>	0,47 h <sup>-1</sup>	~ 0,28 h <sup>-1</sup>	0,8 h <sup>-1</sup>	0,34 h <sup>-1</sup>	0,26 h <sup>-1</sup>	0,325 h <sup>-1</sup>	0,25 h <sup>-1</sup>	0,421 h <sup>-1</sup>	0,47 h <sup>-1</sup>	0,5 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>
$n_A$	0						0,225 h <sup>-1</sup>	0,225 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>
$n_{\text{inf}}$	0,2 h <sup>-1</sup>						0,1 h <sup>-1</sup>	0,021 h <sup>-1</sup>	0,021 h <sup>-1</sup>	0,07 h <sup>-1</sup>	0,1 h <sup>-1</sup>	
$n_{\text{en}}$	0,2 h <sup>-1</sup>	0,475 h <sup>-1</sup>	0,18 h <sup>-1</sup>	0,46 h <sup>-1</sup>	0,25 h <sup>-1</sup>	0,21 h <sup>-1</sup>	0,14 h <sup>-1</sup>	0,08 h <sup>-1</sup>	0,053 h <sup>-1</sup>	0,11 h <sup>-1</sup>	0,16 h <sup>-1</sup>	0,4 h <sup>-1</sup>
$t_L$	5 h		1...8 h									
$n_{\text{sch}}$	≈ 0,2 h <sup>-1</sup>	~ 0,26 h <sup>-1</sup>	~ 0,21 h <sup>-1</sup>	≈ 0,38 h <sup>-1</sup>	0,25 h <sup>-1</sup>	0,18 h <sup>-1</sup>	~ 0,36 h <sup>-1</sup>	~ 0,33 h <sup>-1</sup>	0,41 h <sup>-1</sup>	0,44 h <sup>-1</sup>	0,48 h <sup>-1</sup>	0,25 h <sup>-1</sup> 1)
Qualité de l'air	Insuffisante	Insuffisante	insuffisante	bonne	insuffisante	insuffisante	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne	insuffisante
Variante de ventilation	point 1	point 7	point 8	point 11	point 9	point 10	point 2	point 3	point 4	point 5	point 6	point 12

1) Explication : feuille suivante

### 1) Explication de $n_{\text{pol}} = 0,25 \text{ h}^{-1}$ pour les VMC simple flux :

Dans le cas des ventilations simple flux , dans la pratique, la part d'air extérieur ne représente que 50 % (avec  $\Delta p = 8 \text{ Pa}$  de pression du vent selon DIN 1946-6:2009-05, Tab. 10), ce qui veut dire que les 50 % restants sont aspirés par les infiltrations, dont une part peut provenir des logements voisins. La partie infiltration  $f_{\text{eff,comp}}$  vaut 0,65 (selon DIN 1946-6:2009-05, Tab. 8) dans le cas des immeubles collectifs avec gaines techniques.

Ce qui signifie que du renouvellement total par les ventilateurs d'extraction,  $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$  provient :

- pour 50 % des entrées d'air extérieur :  $n_{\text{Frisch}} = 0,2 \text{ h}^{-1}$  et
- pour 50 % des infiltrations ( $n_{\text{inf}} = 0,2 \text{ h}^{-1}$ ), dont seulement 65 % sont efficaces du point de vue ventilation.

$$n = f_{\text{eff,comp}} \cdot n_{\text{inf}} = 0,65 \cdot 0,2 = n_{\text{air neuf}} = 0,13 \text{ h}^{-1}$$

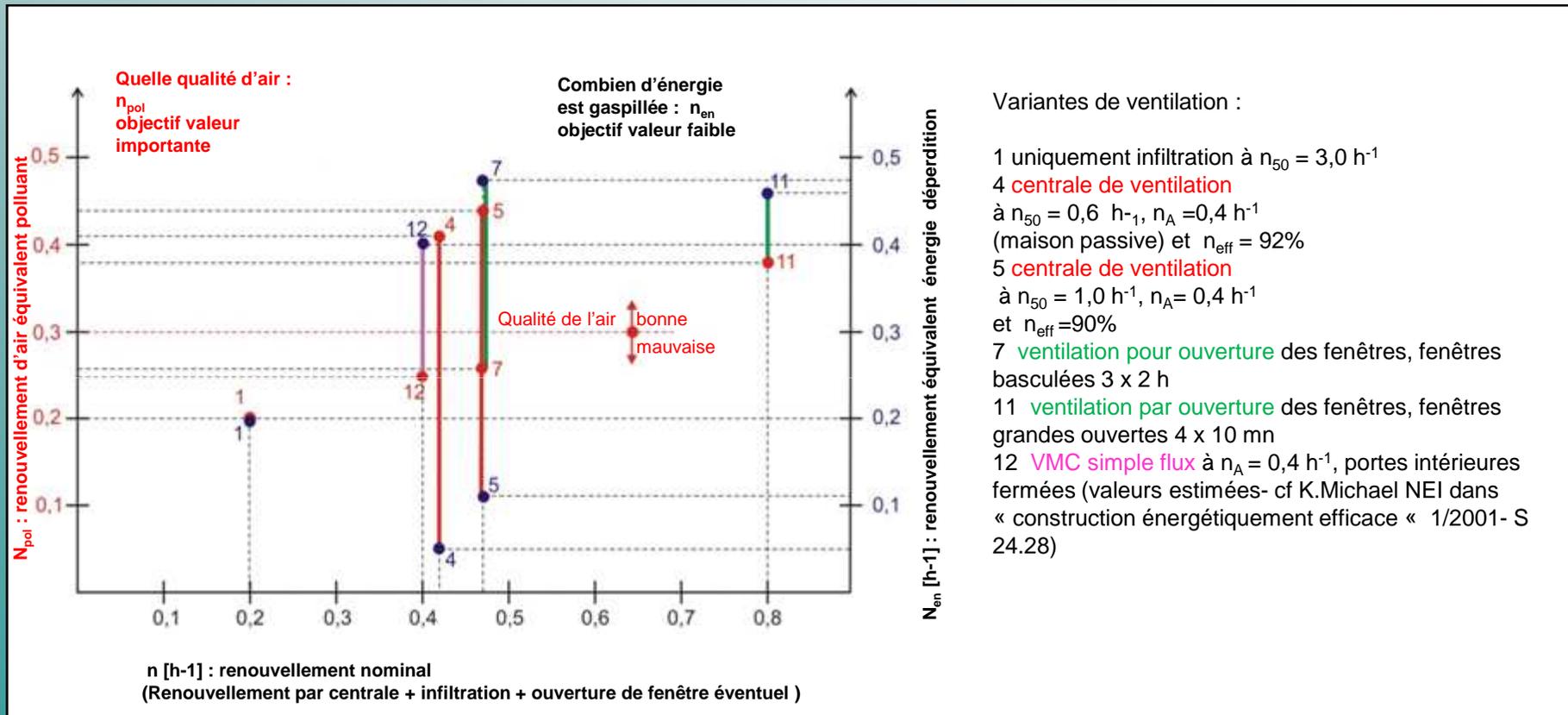
**Somme:  $n_{\text{air neuf}} = 0,33 \text{ h}^{-1}$**

#### **Hypothèse:**

Du renouvellement total efficace (air neuf), seuls 75 % sont exempt de polluants:

$$n_{\text{pol}} = 0,75 \cdot n_{\text{air neuf}} = 0,25 \text{ h}^{-1}$$

# Renouvellement nominal équivalent polluant et équivalent énergie par centrales de ventilation et ouverture de fenêtre[1]



[1] cf protocole Maison Passive 23: "influence des stratégies de ventilation sur la concentration des polluants et leur diffusion dans la pièce", S. 145-176, J. Schnieders: stratégie de ventilation et conseils de conception.

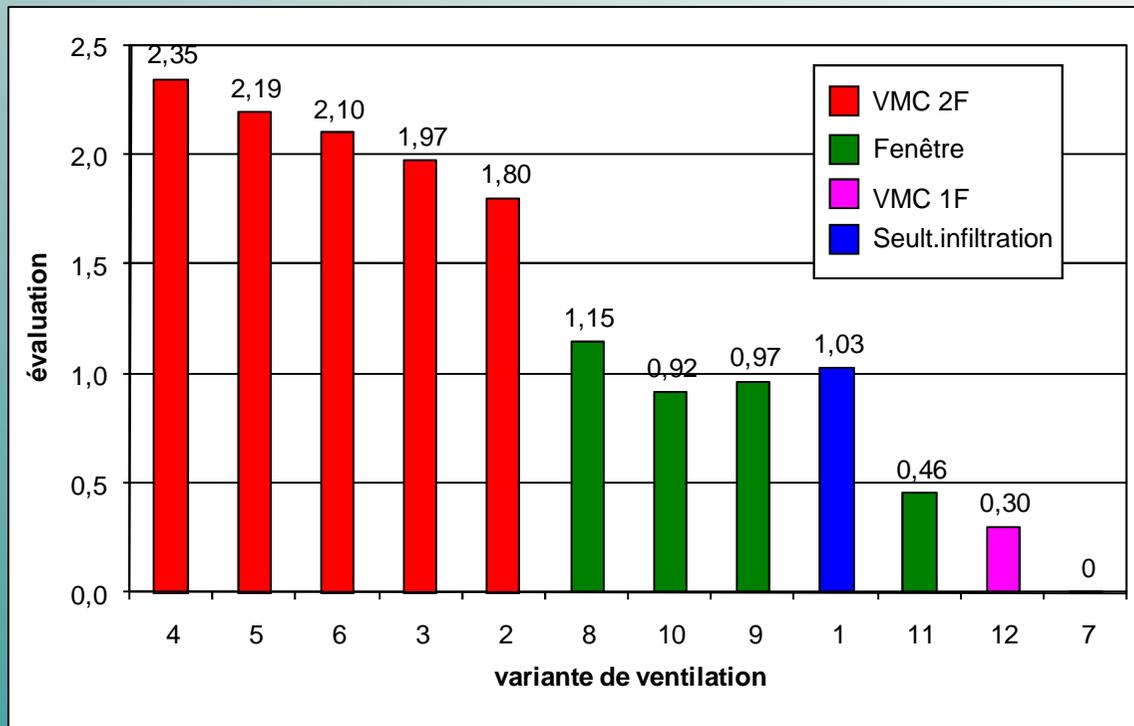
## Calcul de l'évaluation globale

point	Équivalent polluant			Équivalent énergie			Évaluation globale	Évaluation globale <sup>(1)</sup> Qualité ventilation + économie en énergie
	n <sub>pol</sub>	différence. entre MW n <sub>pol</sub> /MW	évaluation	n <sub>en</sub>	Différence entre MW n <sub>en</sub> /MW	évaluation		
1	0,2	0,64	-0,36	0,2	0,88	0,12	-0,24	1,03
2	0,36	1,15	0,15	0,14	0,62	0,38	0,53	1,80
3	0,33	1,06	0,06	0,08	0,35	0,65	0,70	1,97
4	0,41	1,31	0,31	0,053	0,23	0,77	1,08	2,35
5	0,44	1,41	0,41	0,11	0,49	0,51	0,92	2,19
6	0,48	1,54	0,54	0,16	0,71	0,29	0,83	2,10
7	0,26	0,83	-0,17	0,475	2,10	-1,10	-1,27	0,00
8	0,21	0,67	-0,33	0,18	0,79	0,21	-0,12	1,15
9	0,25	0,80	-0,20	0,25	1,10	-0,10	-0,30	0,97
10	0,18	0,58	-0,42	0,21	0,93	0,07	-0,35	0,92
11	0,38	1,22	0,22	0,46	2,03	-1,03	-0,81	0,46
12	0,25	0,80	-0,20	0,4	1,77	-0,77	-0,97	0,30
Valeur moyenne	0,3125			0,2265				

<sup>1)</sup> Valeur la plus mauvaise de la colonne "évaluation globale" (-1,27) mise à = 0

## Evaluation globale (qualité ventilation + économie d'énergie)

(calculé sur la valeur moyenne ; valeur la plus mauvaise mise à 0 gesetzt)



### Variante de ventilation

- 1 seulement infiltration  $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$
- 2 VMC 2F avec  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_A = 0,225 \text{ h}^{-1}$  et  $\eta_{\text{eff}} = 75 \%$
- 3 VMC 2F avec  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_A = 0,225 \text{ h}^{-1}$  (maison passive) et  $\eta_{\text{eff}} = 75 \%$
- 4 VMC 2F avec  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$  (maison passive) et  $\eta_{\text{eff}} = 92 \%$
- 5 VMC 2F, avec  $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$  und  $\eta_{\text{eff}} = 90 \%$
- 6 VMC 2F avec  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$  et  $\eta_{\text{eff}} = 85 \%$
- 7 ventilation par les fenêtres – fenêtre basculée 3 x 2 h
- 8 ventilation par les fenêtres- fenêtres grandes ouvertes 2 x 5 min
- 9 ventilation par les fenêtres- fenêtres grandes ouvertes 2 x 5 min, portes intérieures ouvertes, ventilation nocturne avec  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$
- 10 Ventilation par les fenêtres- fenêtres grandes ouvertes 2 x 5 min, portes intérieures fermées avec  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$
- 11 Ventilation par les fenêtres – fenêtres grandes ouvertes 4 x 10 min
- 12 VMC 1F avec  $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$ , portes intérieures fermées (valeurs estimées – cf K. Michael, NEI in "construction énergétiquement efficace" 1/2001, S. 24-28)

2. Ventilation simple flux –  
quantités d'air neuf réelles  
dans les pièces de vie –  
qualité de l'air (CO<sub>2</sub>)

## Classification de la qualité d l'air intérieur

(DIN EN 13779:2007-09)

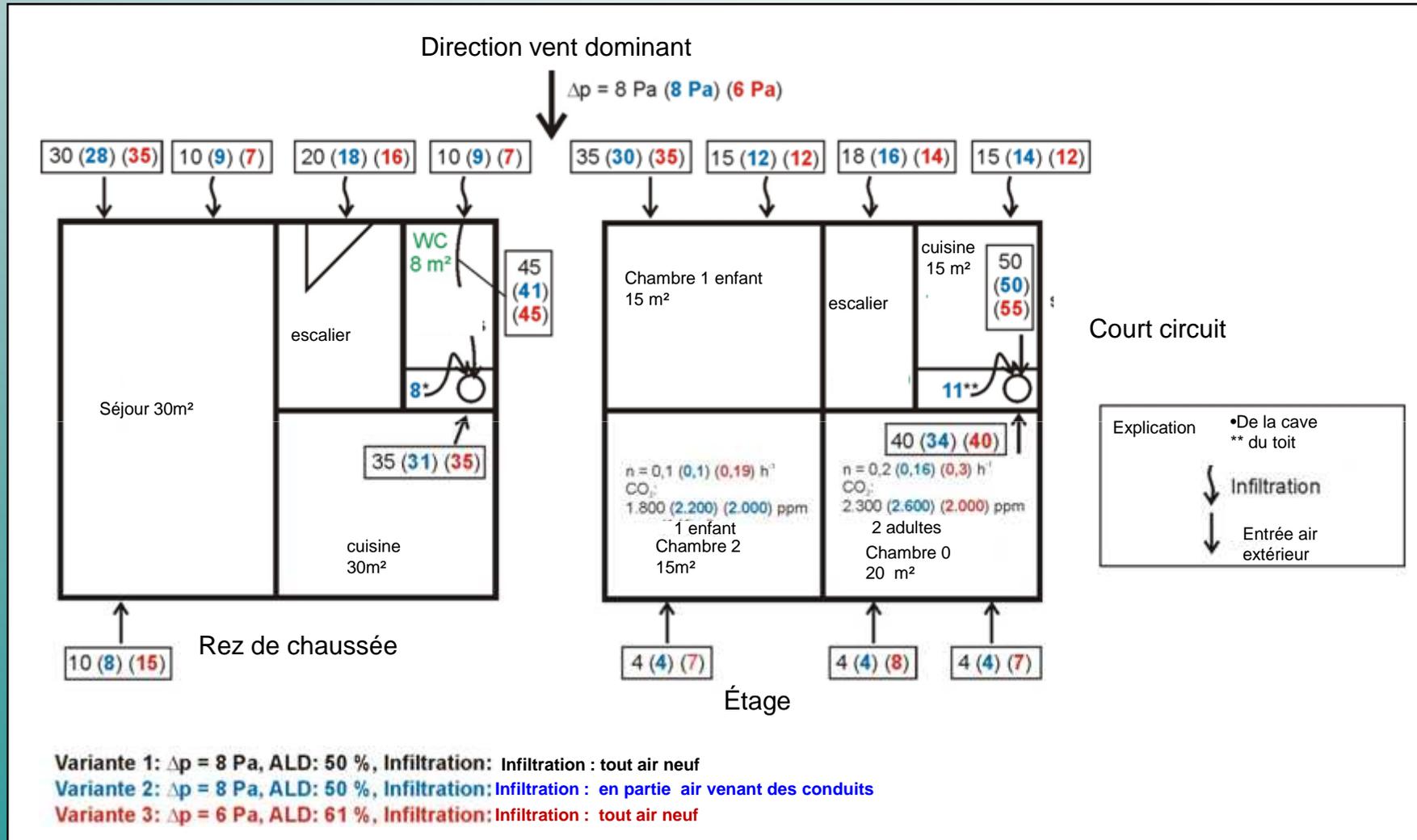


Catégorie d'air intérieur	Augmentation des concentrations de CO <sub>2</sub> –par rapport aux concentrations de l'air extérieur <sup>1)</sup> en ppm		description	Niveau ventilation débit air extérieur [l/s Personne] [m <sup>3</sup> /h Personne]	
	Domaines habituels	Valeur standard			
		Augmentation de CO <sub>2</sub>			Somme des concentrations de CO <sub>2</sub>
IDA 1	≤ 400	350	700	Haute qualité	> 15 (> 54)
IDA 2	400 – 600	500	850	Qualité moyenne	10-15 (> 36-54)
IDA 3	600 – 1.000	800	1.150	Qualité médiocre	6-10 (> 22-36)
IDA 4	> 1.000	1.200	1.550	Faible qualité	< 6 (< 22)

1) Concentration moyenne du CO<sub>2</sub>-dans l'air extérieur 350 ppm

objectif : qualité moyenne .....haute → < 850 ppm

# Maison individuelle



## Maison individuelle

$n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$  pour toutes les 3 Variantes



Variante			somme	RdC	Etage
<b>1</b>	Par EAE : 50 % <sup>1)</sup> à $\Delta p = 8 \text{ Pa}^2)$	EAE [m <sup>3</sup> /h]	87	40	47
		Infiltration de l'extérieur [m <sup>3</sup> /h]	88 <sup>4)</sup>	40	42
<b>2</b>	Par EAE: 50 % <sup>3)</sup> À $\Delta p = 8 \text{ Pa}^2)$	EAE [m <sup>3</sup> /h]	78	36	42
		Infiltration de l'extérieur [m <sup>3</sup> /h]	78	36	42
		Infiltration lüftungsmäßig nicht wirksam [m <sup>3</sup> /h]	19 <sup>5)</sup>	8	11
<b>3</b>	Par ALD : 61 % à $\Delta p = 6 \text{ Pa}$	EAE [m <sup>3</sup> /h]	107	50	57
		Infiltration de l'extérieur [m <sup>3</sup> /h]	68 <sup>4)</sup>	30	38

1) „FLIB étanchéité à l'air du bâtiment“, volume 1, S. 43-47, éditeur : FLIB, Kassel, Auteur : Johannes Werner, Matthias Laidig, Ing-bureau Eböke, Tübingen

2) 8 Pa selon DIN 1946-6:2009, Tab. 10

3) part EAE 50 % (du débit total air extérieur (air extérieur par EAE et infiltration : par ex 78 + 78)

4) Hypothèse : toute infiltration est de l'air extérieur efficace pour la ventilation

5) Ce débit d'infiltration non efficace (air extérieur) résulte de la DIN 1946-6:2009, Tab 8 und Anhang I

# Maison individuelle

## Variante 2

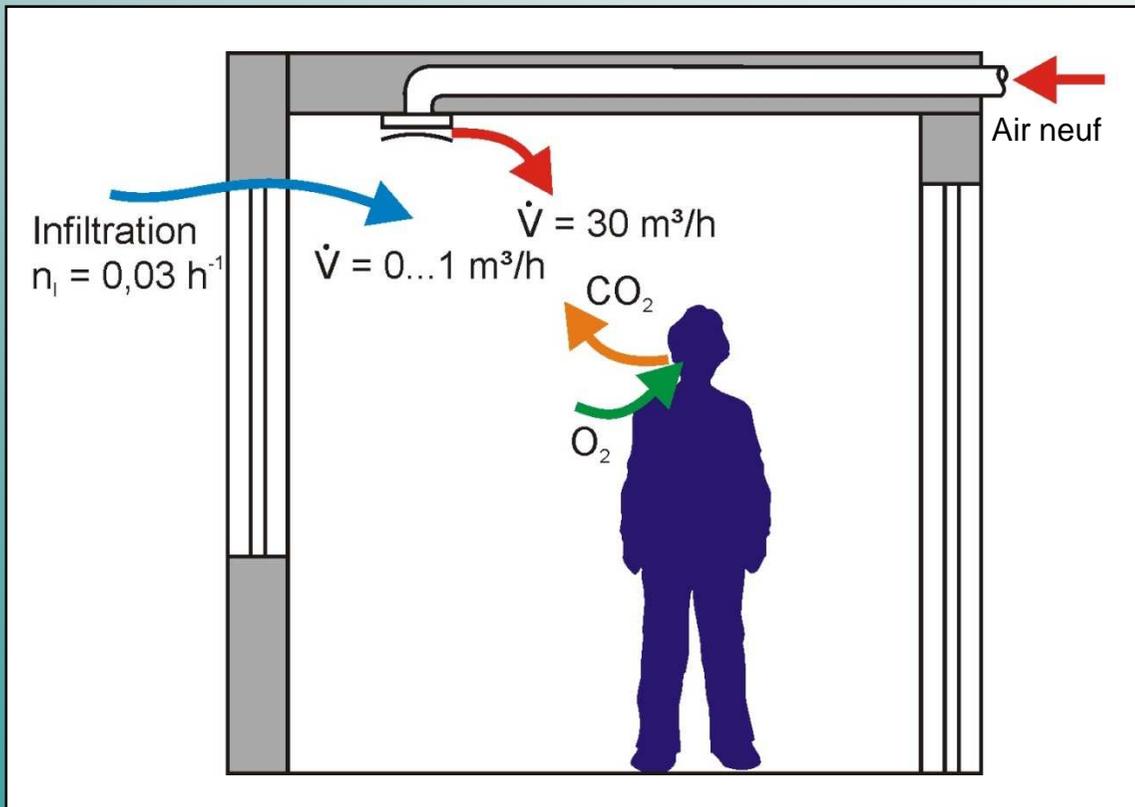


	pièce	Surf. habit	Volume-pièce	Débit air ext-EAE + infiltration AE	renouvellement	Renouvl équivalent polluant	Durée moyenne journalière de séjour	Nombre de personne	Concentration en CO <sub>2</sub> en fin de séjour t de z personnes et un renouvellement d'air n
		A <sub>Wfl</sub>	V	$\dot{V}$	$n = \frac{\dot{V}}{V}$	$n_{pol} = 0,7 \cdot n$	t	z	
		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	[h]	[Pers.]	[ppm CO <sub>2</sub> ]
<b>Pièces de séjour</b> A <sub>Wfl,Au</sub> = 80 m <sup>2</sup>	séjour	30	75	28 + 9 = 37	0,49	0,35	3	2	<b>1.200<sup>1)</sup></b>
	chambre	20	50	8	0,16	0,11	8	2	<b>2.600<sup>2)</sup></b>
	Enfant 1	15	37,5	4	0,11	0,07	11	1	<b>1.900<sup>2)</sup></b>
	Enfant 2	15	37,5	30 + 12 = 42	1,12	0,78	11	1	700
<b>Pièce d'extraction</b>	cuisine	20	50	31	0,62				
	WC	8	20	41	2,05				
	Sal-dB	15	37,5	50	1,33				

1) „qualité de l'air intérieur médiocre“: IDA 3  $\geq$  1.150 ppm CO<sub>2</sub>

2) Bien moins bon que la qualité d'air intérieur médiocre “: IDA 4  $\geq$  1.550 ppm CO<sub>2</sub>

### 3. Ventilation double flux- qualité de l'air intérieur



## Contenu en CO<sub>2</sub>- de l'air extérieur

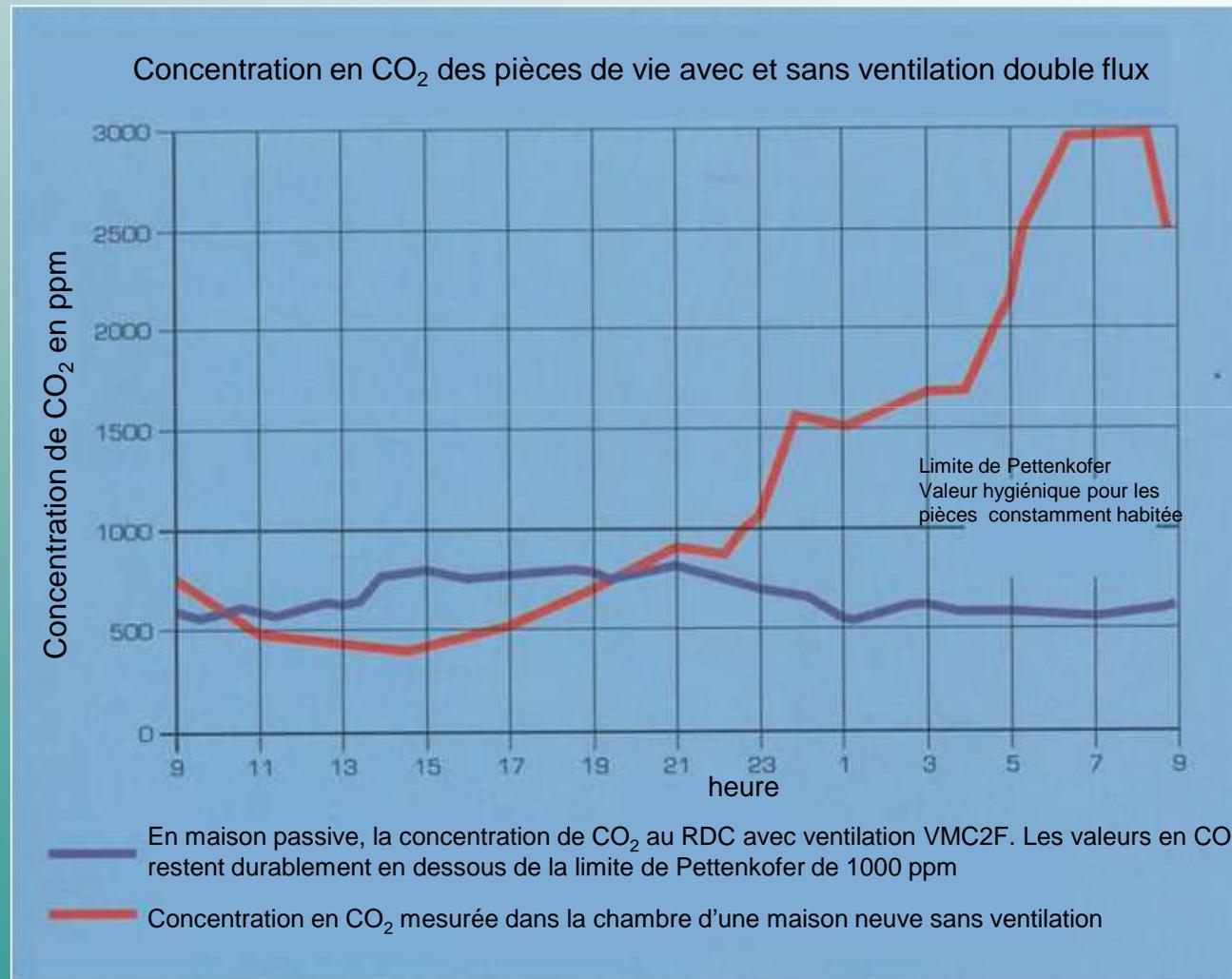
→ Un résultat de :

- La respiration de X personnes
- La taille de la pièce
- La durée de séjour
- L'activité
- L'apport en air neuf (ventilation et infiltration)
- Type de la ventilation de la pièce (pièce morte?) et
- Fausse arrivée d'air neuf (par exemple à partir de gaines)

## D'après O. Eckart – renouvellement pour atteindre les valeurs limites en CO<sub>2</sub>- selon Pettenkofer

Pièces d'entrée d'air			séjour	n [h <sup>-1</sup> ]	$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\dot{V}$ n <sup>3</sup> /h] valeurs de conception habituelles
RdC	Séjour Salle à manger	35 m <sup>2</sup>	3 h/2 Pers.	0,5	44	60
etage	Chambre	25 m <sup>2</sup>	8 h/2 Pers.	0,75	46	40
	Ch enfant 1	20 m <sup>2</sup>	10 h/1 Pers. <sup>1)</sup>	0,6	30	25
	Ch enfant 2	20 m <sup>2</sup>	10 h/1 Pers. <sup>1)</sup>	0,5	30	25
	Somme		EG	0,5	150	150 m <sup>3</sup> /h air neuf
			OG	0,6		
<b>Pièces d'extraction</b>						
RdC	Salle à manger	16 m <sup>2</sup>				60
etage	Salle de bain	8 m <sup>2</sup>				60
	WC	4 m <sup>2</sup>				30
	Somme					150 m <sup>3</sup> /h air extrait
<b>Zone de transfert</b>						
RdC	Salle à manger	15 m <sup>2</sup>		$n = \frac{\dot{V}_{AN}}{V} = \frac{150 \text{ m}^3/\text{h}}{171 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m}} = 0,35 \text{ h}^{-1}$ <p>1) 2 h jour + 8 h sommeil = 10 h</p>		
	Couloir / escalier	6 m <sup>2</sup>				
Etag	escalier	6 m <sup>2</sup>				
<b>somme</b>						
RdC		88 m <sup>2</sup>				
Etag		83 m <sup>2</sup>				
		<b>171 m<sup>2</sup></b>				

## Concentration de CO<sub>2</sub>- dans la pièce de vie



„suffisamment“ d'air neuf ...

a) Que dit la norme ?

catégorie	unité	Débit d'air extérieur par personne selon EN 13779			
		Zone non fumeur		Zone fumeur	
		Zone commune	Valeur standard	Zone commune	Valeur standard
RAL1	m <sup>3</sup> /h·Pers.	> 54	72	> 108	144
	l/s·Pers.	> 15	20	> 30	40
RAL2	m <sup>3</sup> /h·Pers.	36-54	45	72-108	90
	l/s·Pers.	10-15	12,5	20- 30	25
RAL3	m <sup>3</sup> /h·Pers.	22-36	29	43-72	58
	l/s·Pers.	6-10	8	12-20	16
RAL4	m <sup>3</sup> /h·Pers.	< 22	18	< 46	36
	l/s·Pers.	< 6	5	< 12	10

„suffisamment “ d’air neuf...

a) Que dit la norme ?

Débit d’air extrait

	Débits d’extraction [m <sup>3</sup> /h] selon DIN 1946-6 (10/1998)		Débits d’extraction [m <sup>3</sup> /h] selon DIN 1946-6:2009-05 (Tab. 7)
	Avec durée de fonctionnement ≤ 12 h/d	Quelle que soit la durée de fonctionnement	Ventilation standard
Cuisine	40 <sup>1)</sup>	60 <sup>1)</sup>	45
Kitchenette	40	60	45
Avec Sdb / sans WC	40	60	45
Douche			45
WC	20	30	25
Pièces de travail <sup>2)</sup>			25
Cave			25
Sauna /Fitness			100

1) Avec ventilation intensive : 200 m<sup>3</sup>/h

2) À l’intérieur de l’enveloppe thermique

„Suffisamment“ d’air

...

a) Que dit la norme?

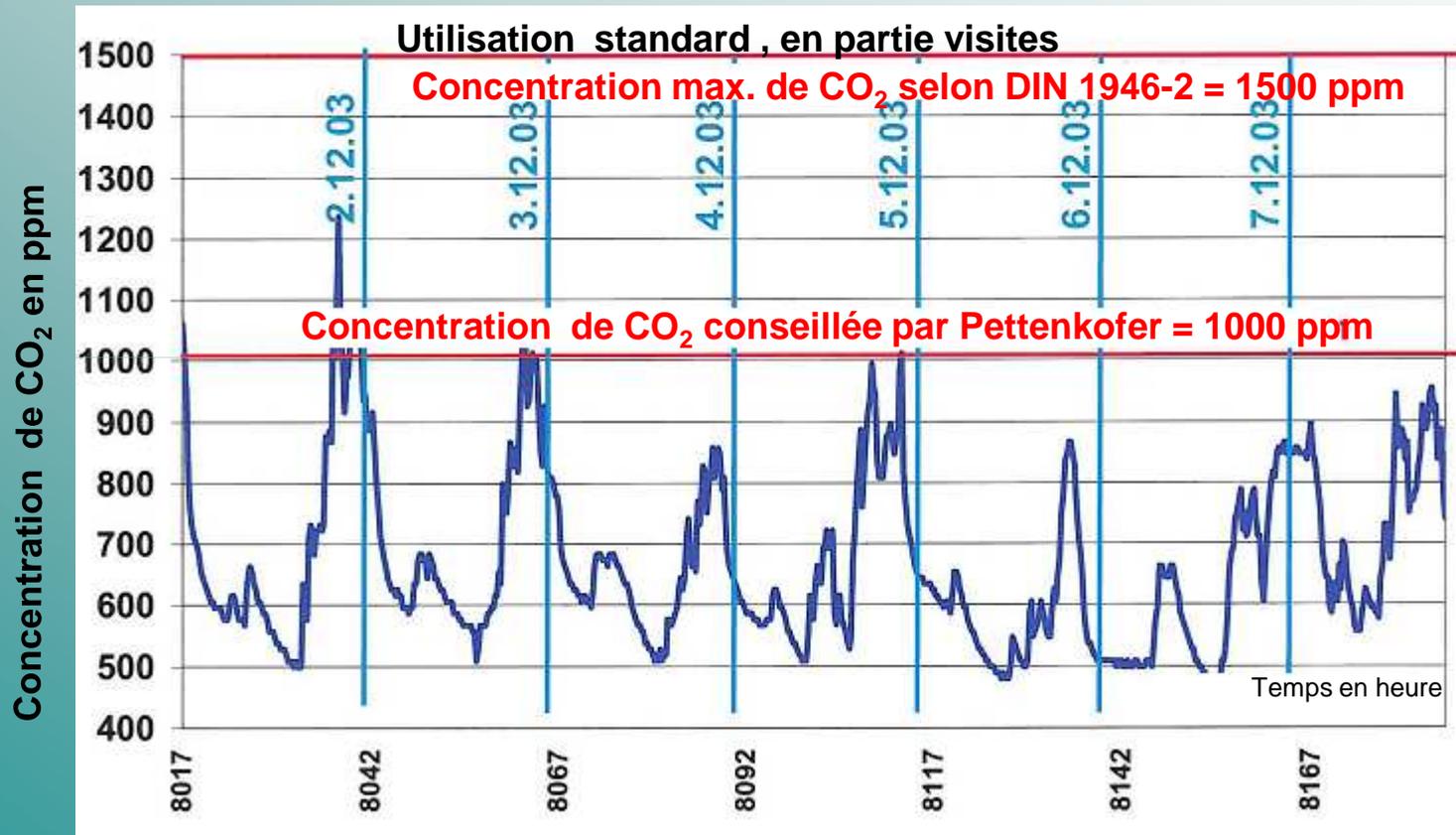
	Allemagne	Autriche	Belgique
Centrale de ventilation :	$n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$ DIN 4701/10  $n_A^{1)} = 0,41 \dots 0,6 \text{ h}^{-1}$ DIN 1946-6:2009-05	Renouvellement d’air minimum $n_A = 0,5 (0,3) \text{ h}^{-1}$ ÖNORM H 6038	$n_A \sim 1,4 \text{ h}^{-1}$
Infiltration:	$n_i = 0,2 \text{ h}^{-1}$ (sans calcul) DIN 4108/6  $n_i = 0,02 \dots 0,04 \text{ h}^{-1}$ (avec calcul) DIN 1946-6:2009-05 DIN V 4108-6 (Anlage 3) DIN EN 832	$n_i = 0,1 \dots 0,2 \text{ h}^{-1}$ EN 832	
somme:	$n = 0,402 \dots 0,6 \text{ h}^{-1}$ DIN 1946/6 und EnEV	$n = 0,4 \dots 0,7 \text{ h}^{-1}$	

1) exemple:

$A_{NE} =$	50 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h	210 m <sup>3</sup> /h
	↓	↓	↓	↓
$n_A =$	0,6 h <sup>-1</sup>	0,51 h <sup>-1</sup>	0,45 h <sup>-1</sup>	0,41 h <sup>-1</sup>

# Concentration de CO<sub>2</sub> dans un logement avec VMC 2F

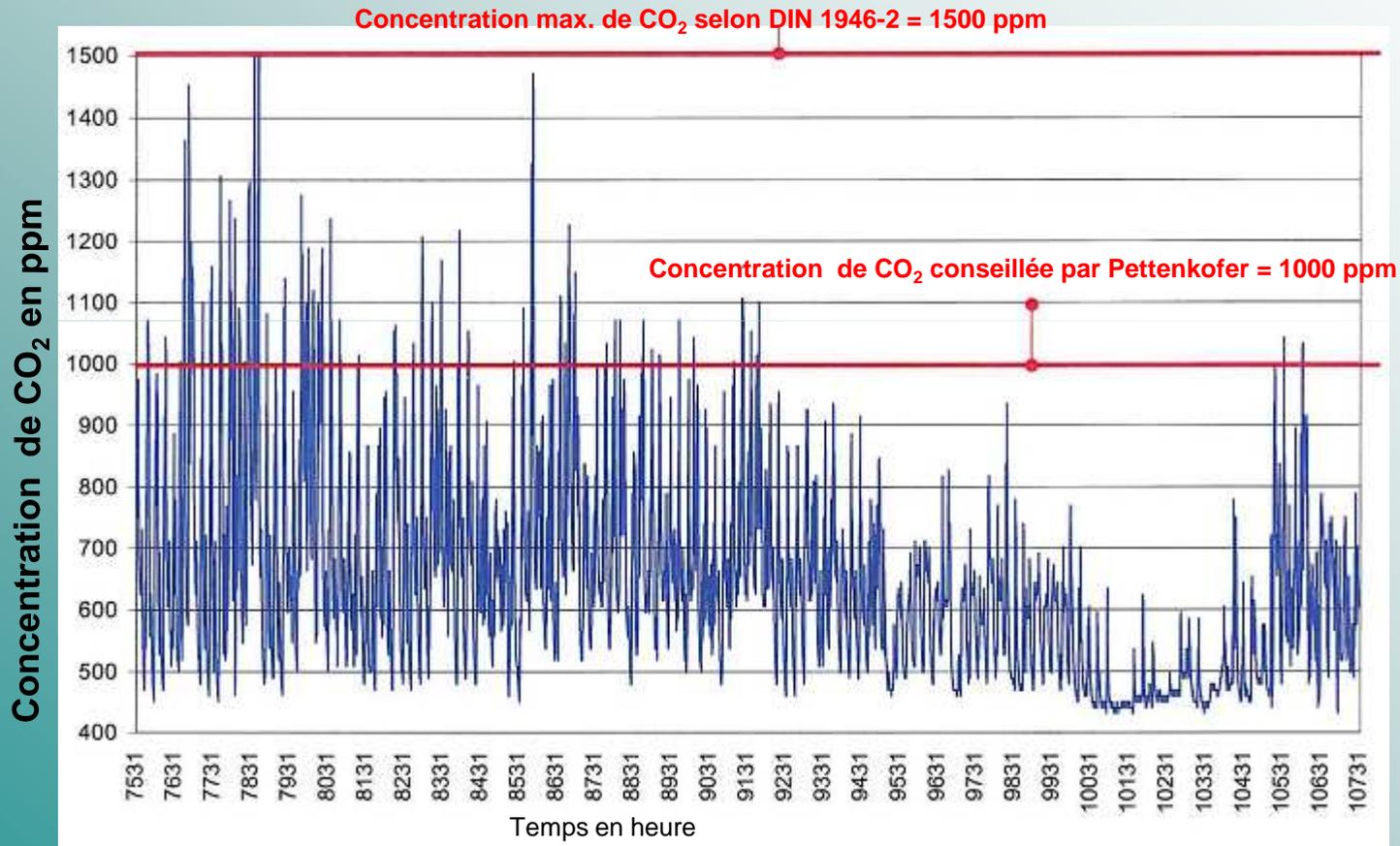
Appartement 1 : concentration de CO<sub>2</sub> du 01 au 07.12.2003



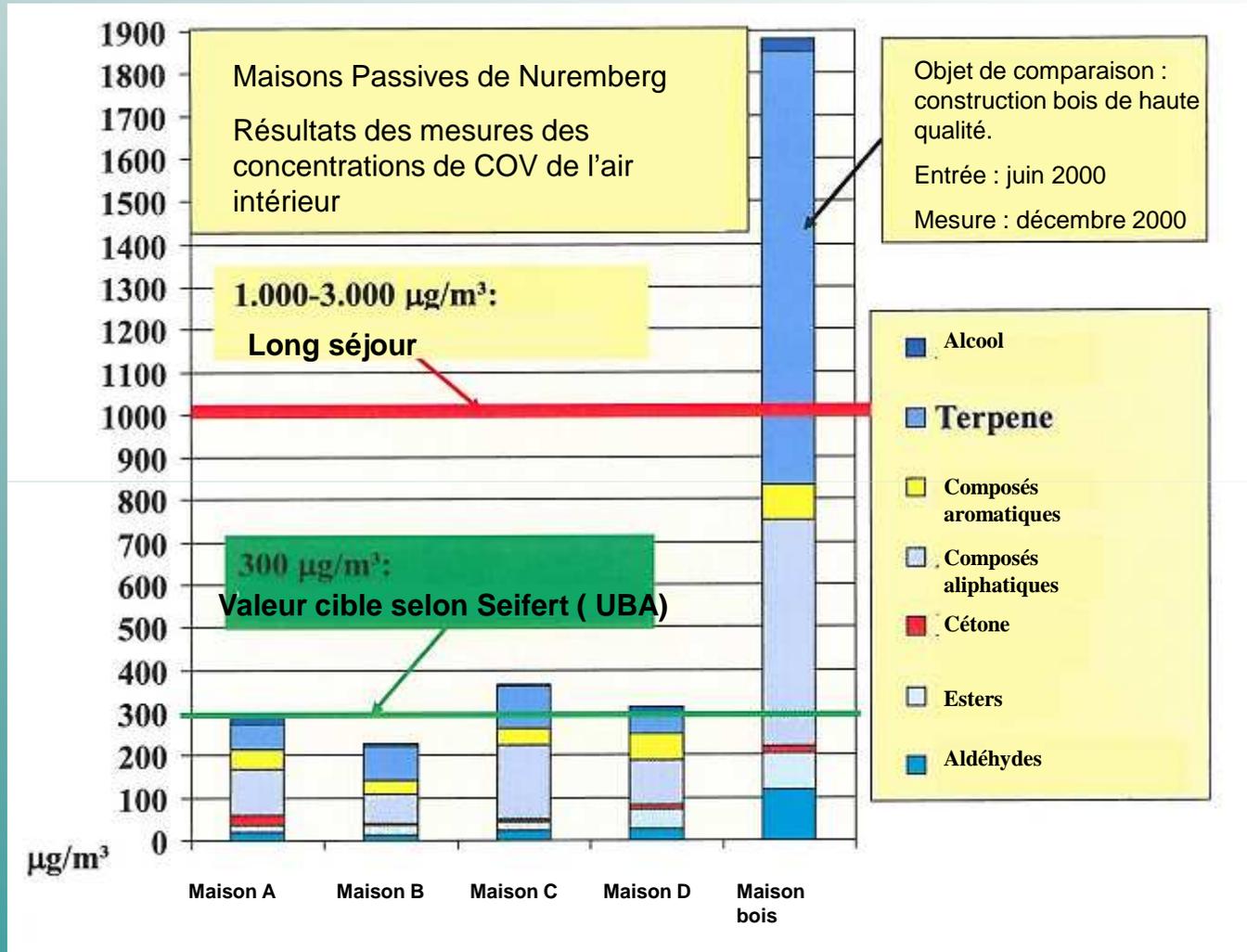
Mesure : FIW- Munich 2005, graphique Schulze Darup

# Concentration de CO<sub>2</sub> dans un logement avec VMC 2F

## Logement 1 : concentration de CO<sub>2</sub> de novembre 2003 à mars 2004



# Concentration de polluants dans un logement avec VMC2F

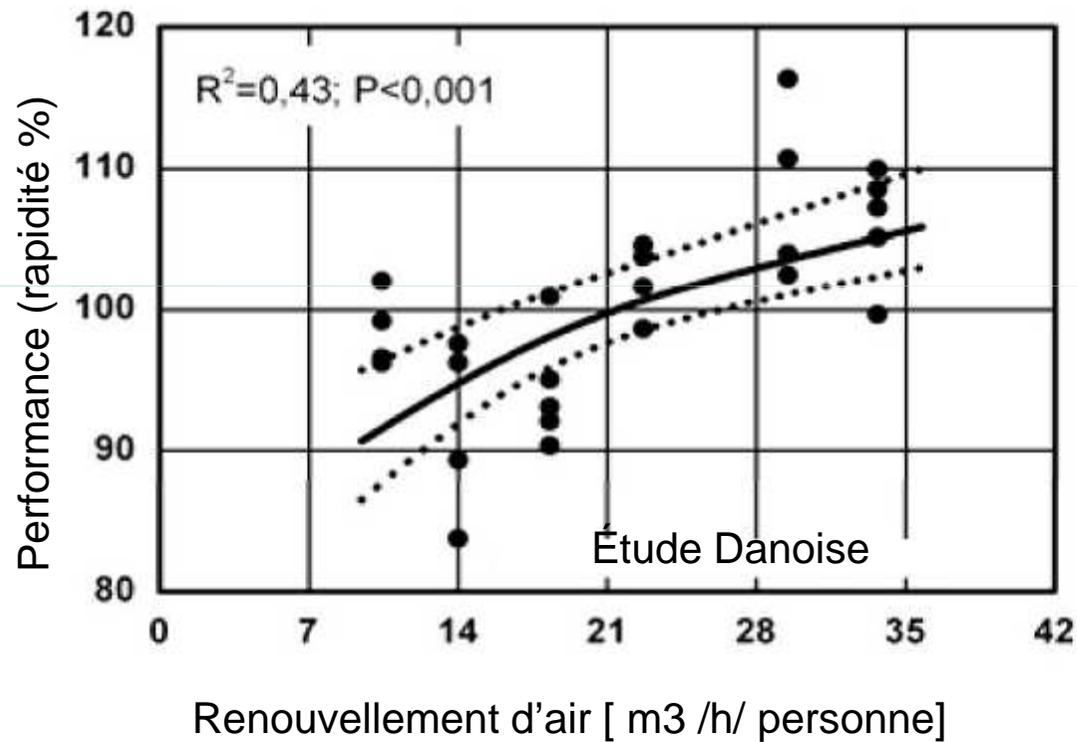


## 4. Relation : intensité de la ventilation – performance humaine

## Relation homme - pièce

## Relation homme - pièce

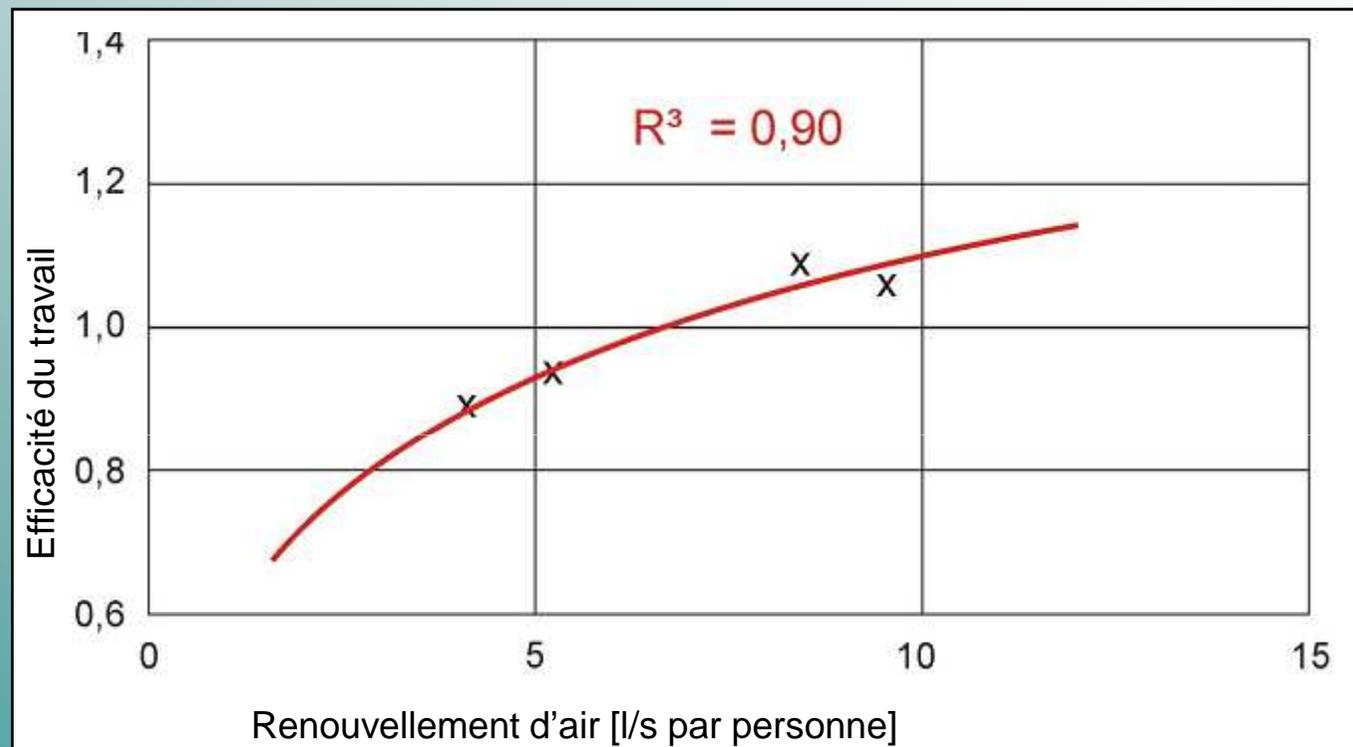
Augmentation de la performance de 8 à 14 % **si doublement des débits d'air neuf**



Source : Andreas H. Holm Fraunhoferinstitut Bauphysik

## Observations sur des écoles élémentaires Danoises

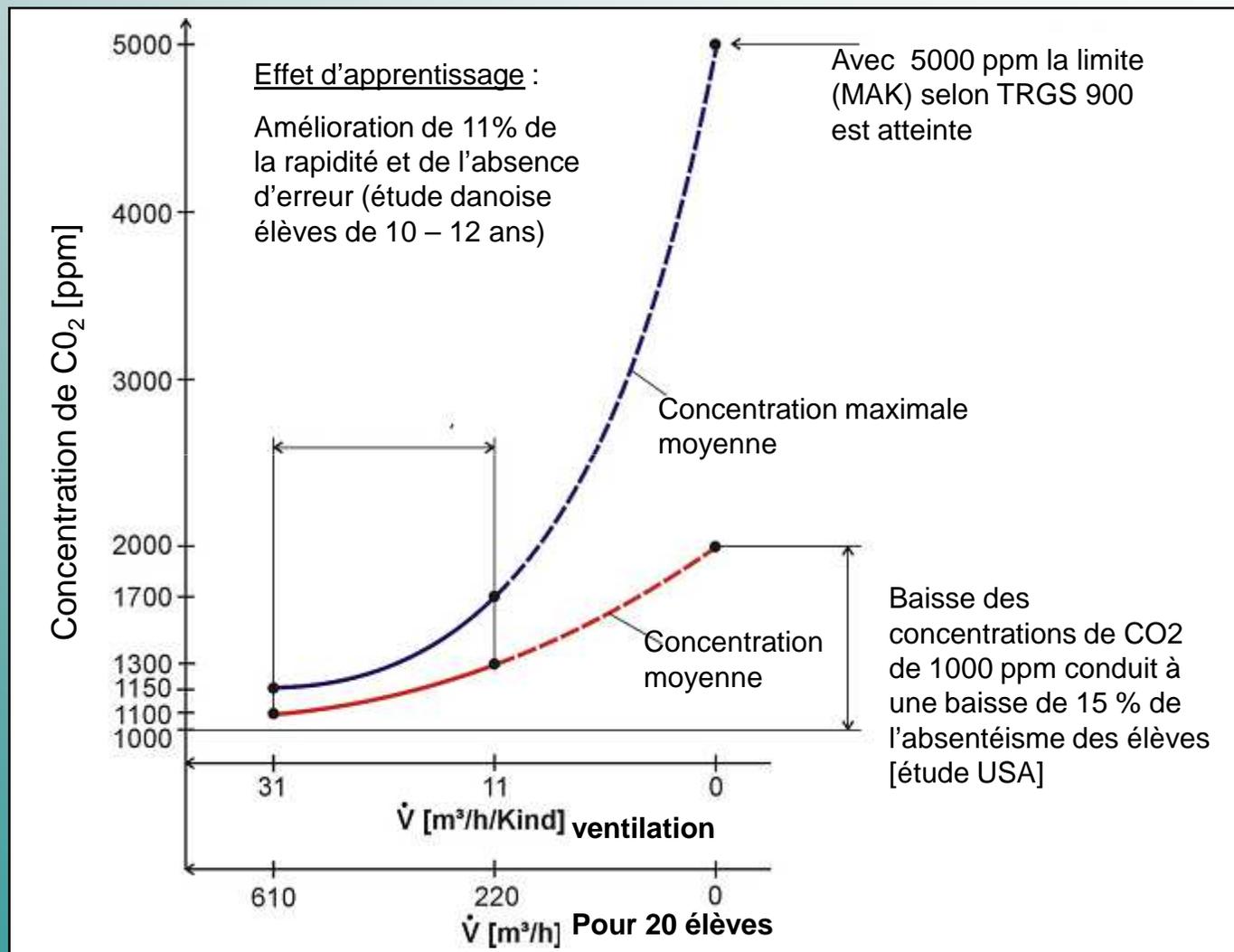
L'efficacité du travail est dépendant du renouvellement d'air [1]



[1] O. Seppänen/W. Fisk, Association of Ventilation Type with SBS Symptoms in Office Workers, International Journal of Indoor Air Quality and Climate, 2002

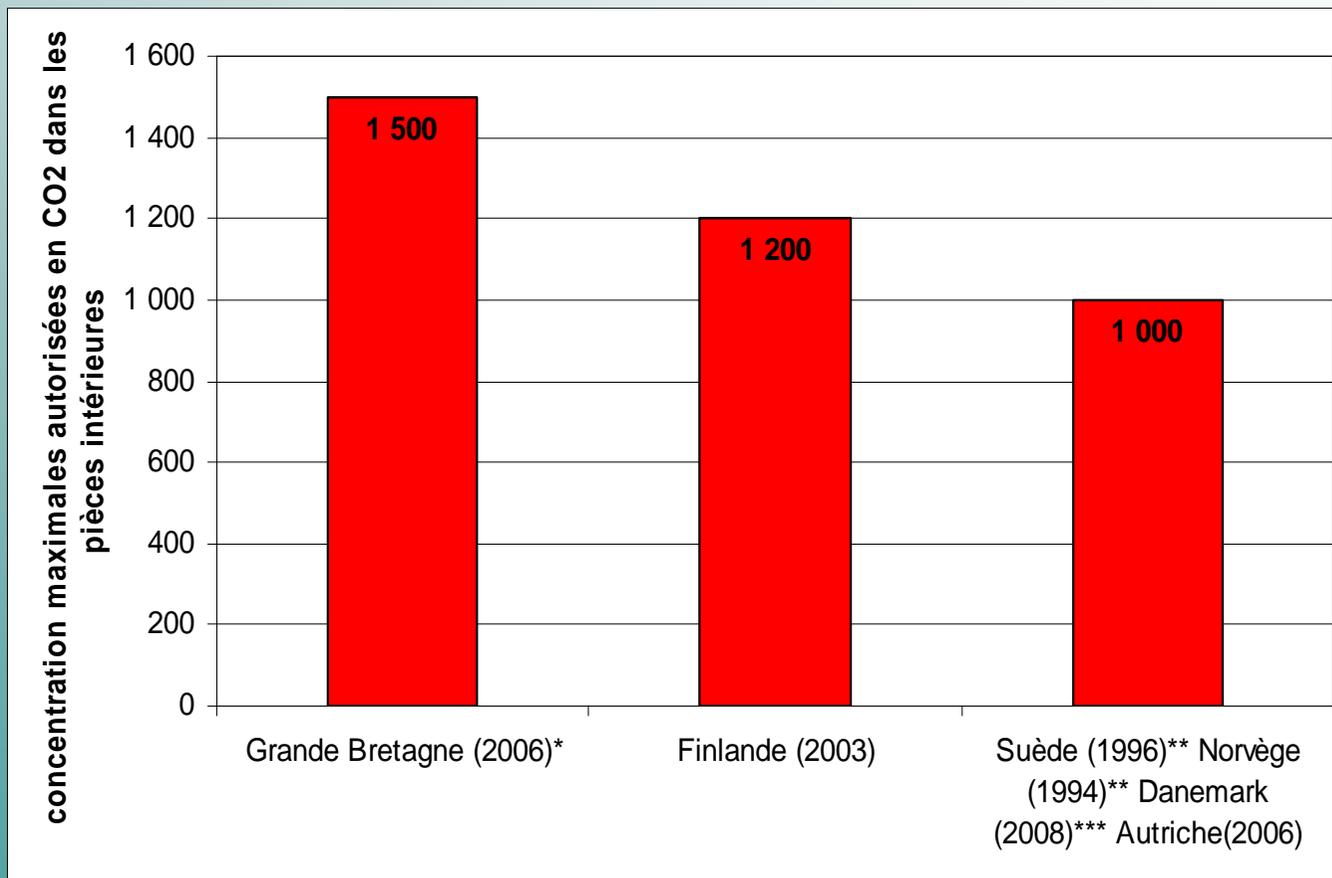
source: Klaus Höfte: l'homme et l'air intérieur. Le sens du confort thermique . TAB.  
TAB Technik am Bau, Heft 11-12-2009, Seite 61

## Concentration de CO<sub>2</sub> en relation avec le débit de la ventilation sur 20 élèves



Source : Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008 · 51:1358-1369,  
DOI 10.1007/s00103-008-0707-2, © Springer Medizin Verlag 2008

## Concentration maximales de CO<sub>2</sub> dans les pays européens

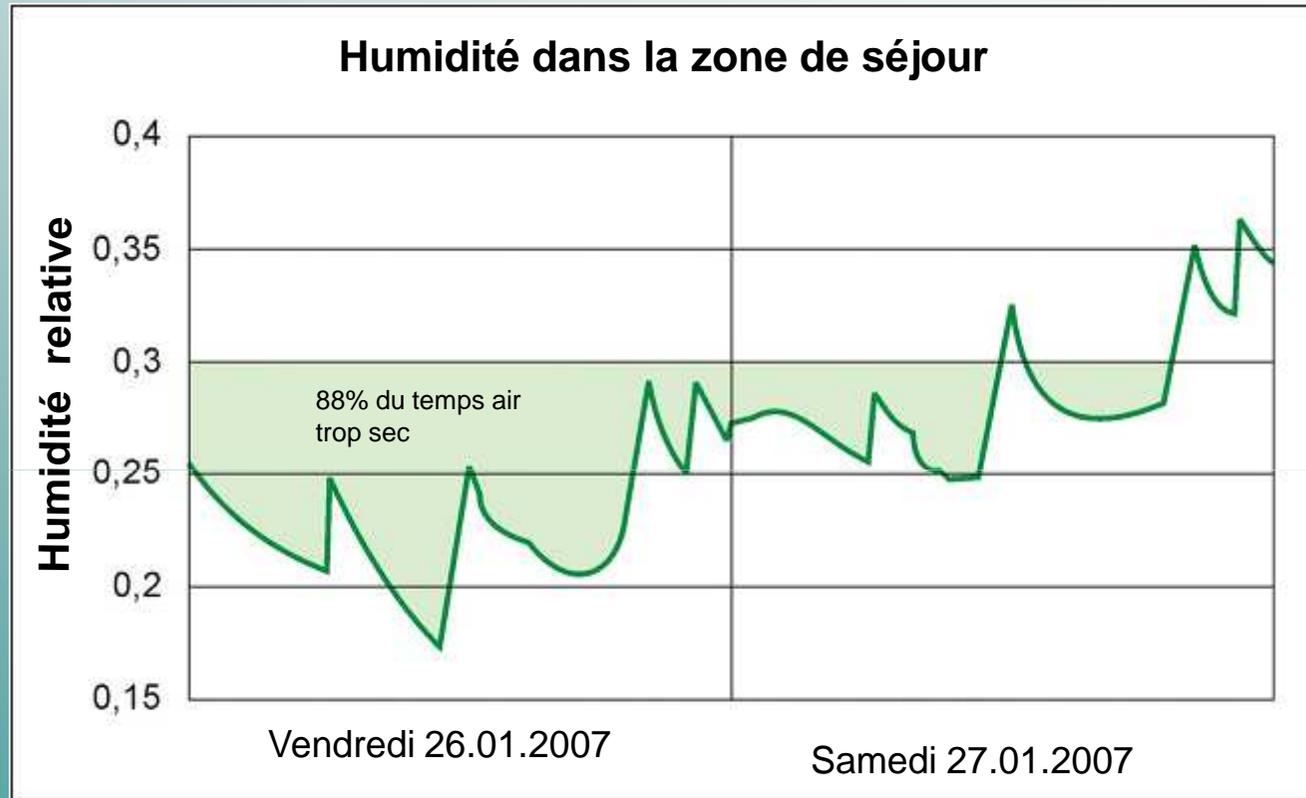


- \* Ecole → un "feu de signalisation" de CO<sub>2</sub> est conseillé
- \*\* pièces de vie, écoles, bureaux
- \*\*\* écoles, crèches, bureaux

source: Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008 · 51:1358-1369,

DOI 10.1007/s00103-008-0707-2, © Springer Medizin Verlag 2008

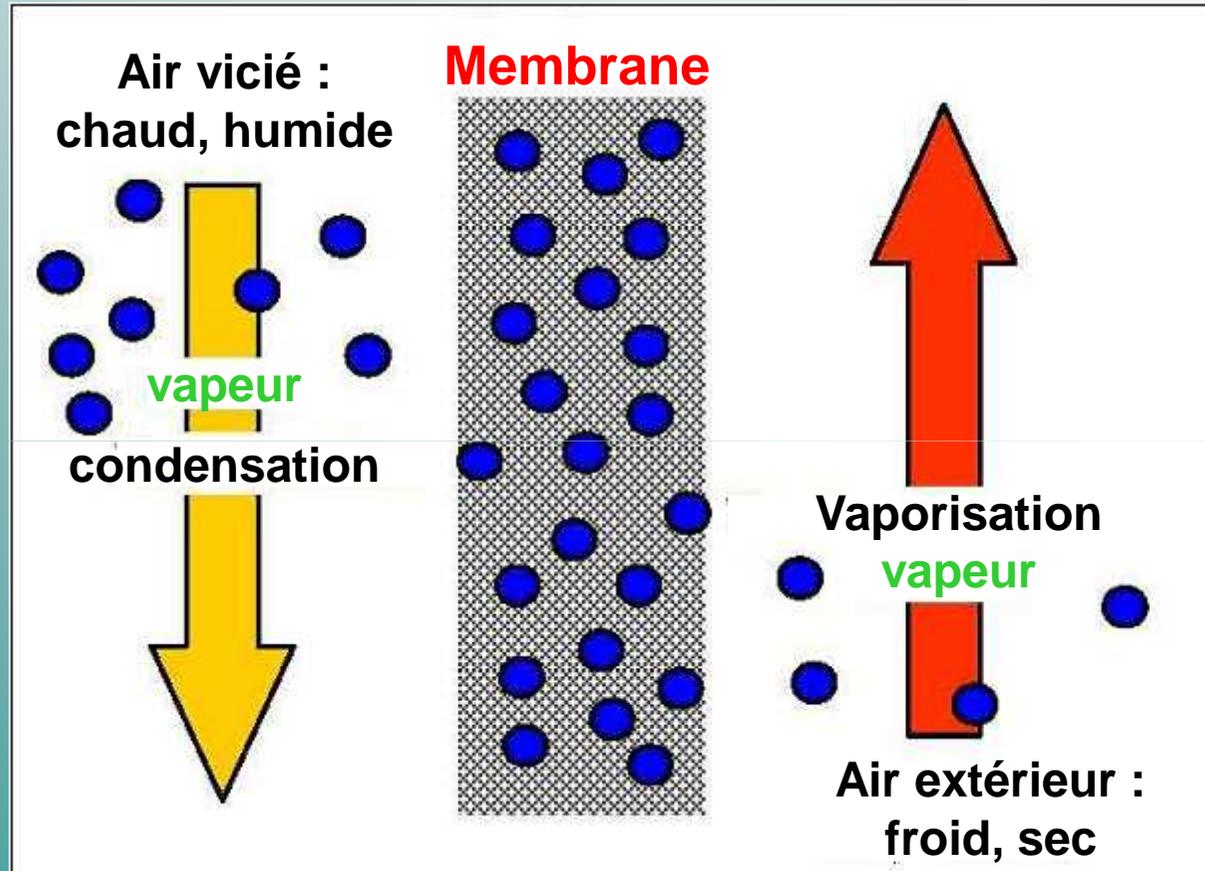
**Humidité de l'air intérieur dans un logement les jours froids (environ 5°C) avec une ventilation sans récupération d'humidité**



Hypothèses: 122 m<sup>2</sup>,  $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$ , 4 habitants → 2,3 personnes constamment présentes = nombre d'heures de présence relativement élevé cuisine: 3 h/jour, sèche linge: 3 fois par semaine pour 12 h dans le séjour, 20 plantes avec rejet d'eau de 720 g/j

source: humidité dans les bâtiments basse consommation – simulation thermique hydrique pour déterminer l'influence de la stratégie de ventilation sur l'humidité des pièces 17.07.2007, HTA Luzern/ZiG, page 22

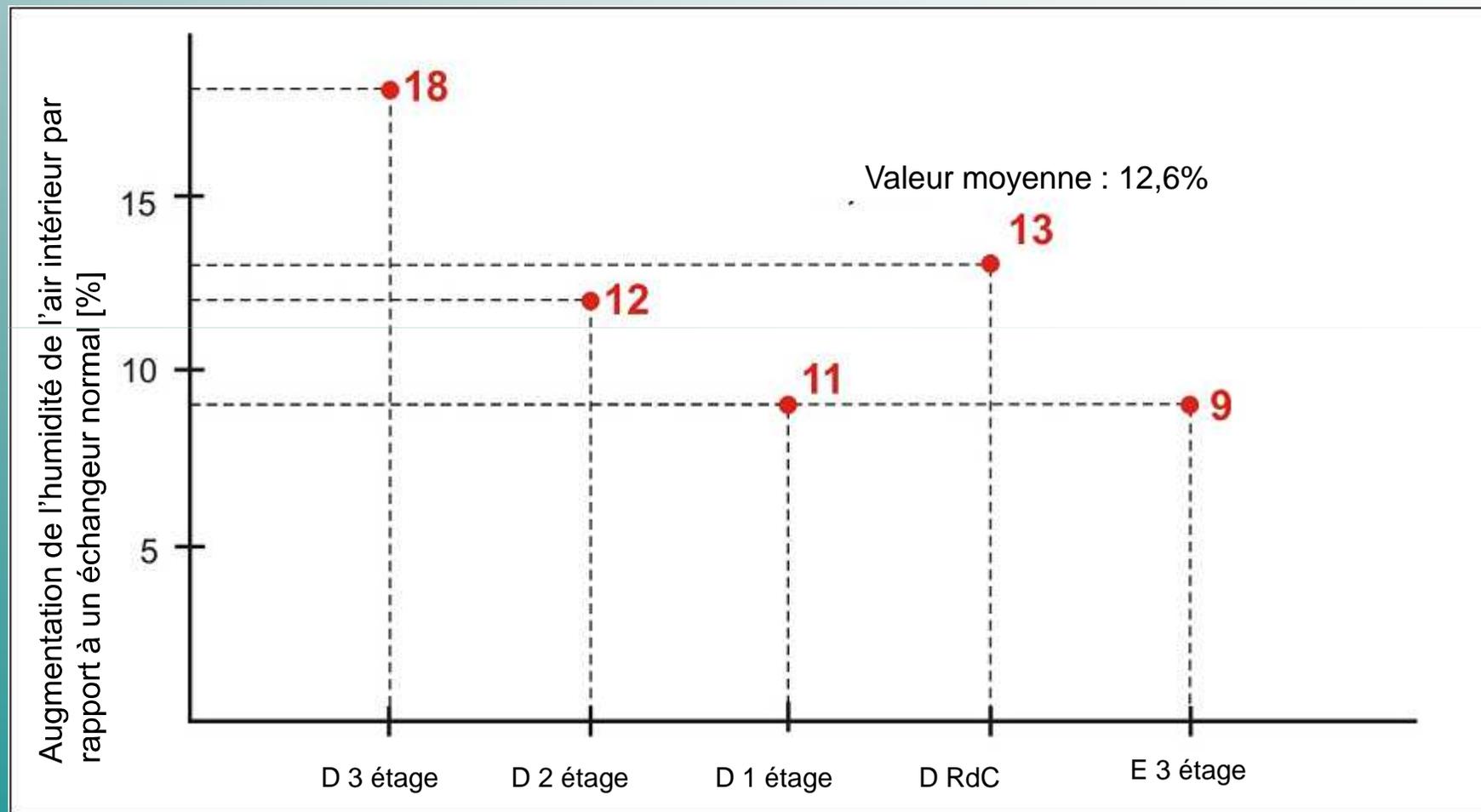
Physique du transport d'humidité à travers la membrane d'échange humidité -chaleur



# Augmentation de l'humidité à travers l'échangeur chaleur-humidité



Comparaison logement identique : Periode 14.11.-12.12.2006  
Bâtiment Winterthur, HTA Luzern



Source: projet comparaison de l'enthalpie et de transfert de chaleur dans les appareils compacts  
Beat Frei, Grande école Lucerne – Technik & Architektur

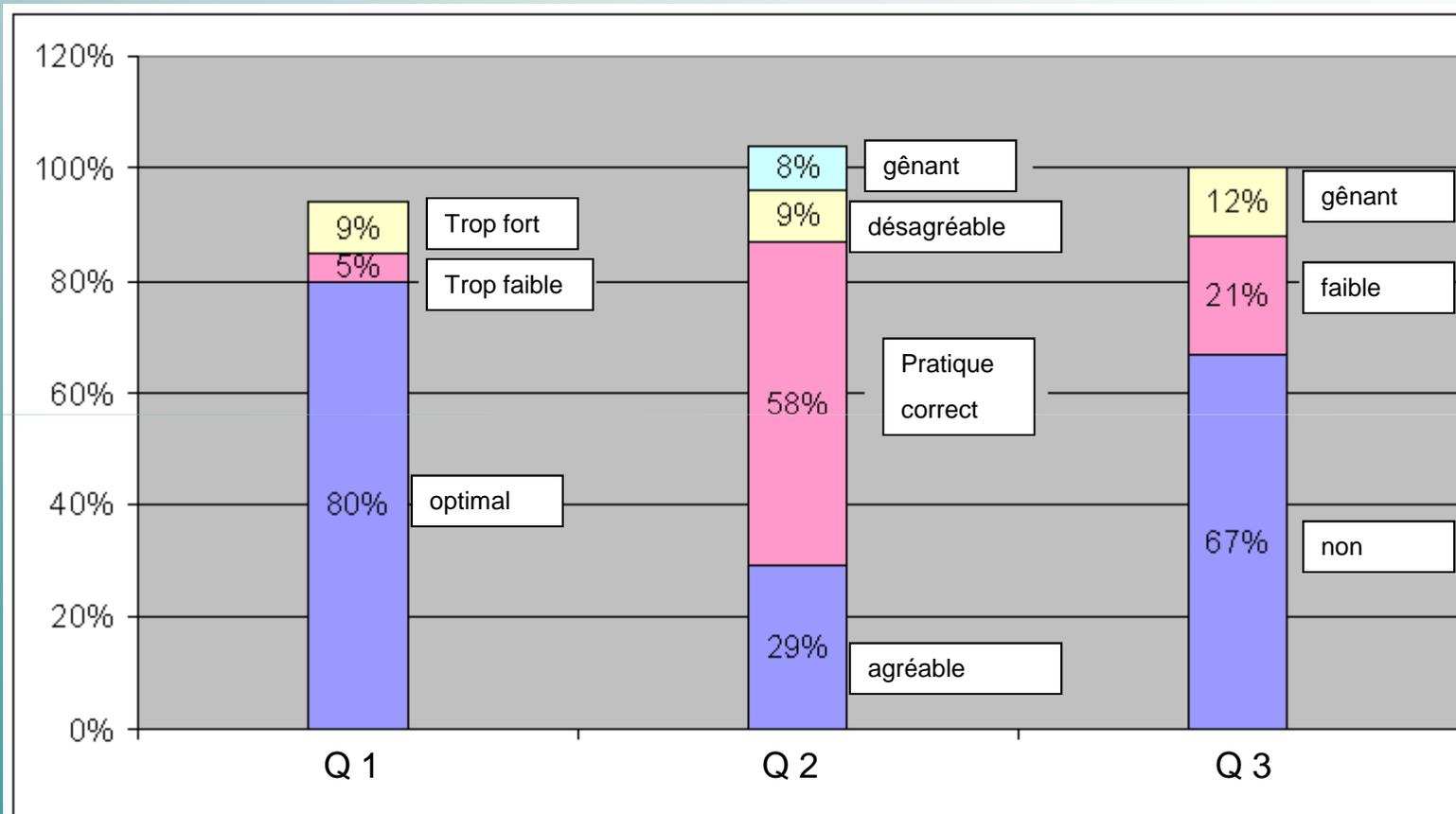
# 5. Enquête client

## Satisfaction client

## Sondage locataire

réalisée par la KÖWOGGE (période de chauffe 2002/2003)

(Auteur: A. Jödicke, DEGEWO) (aucune citation ou des doubles citations sont possibles)



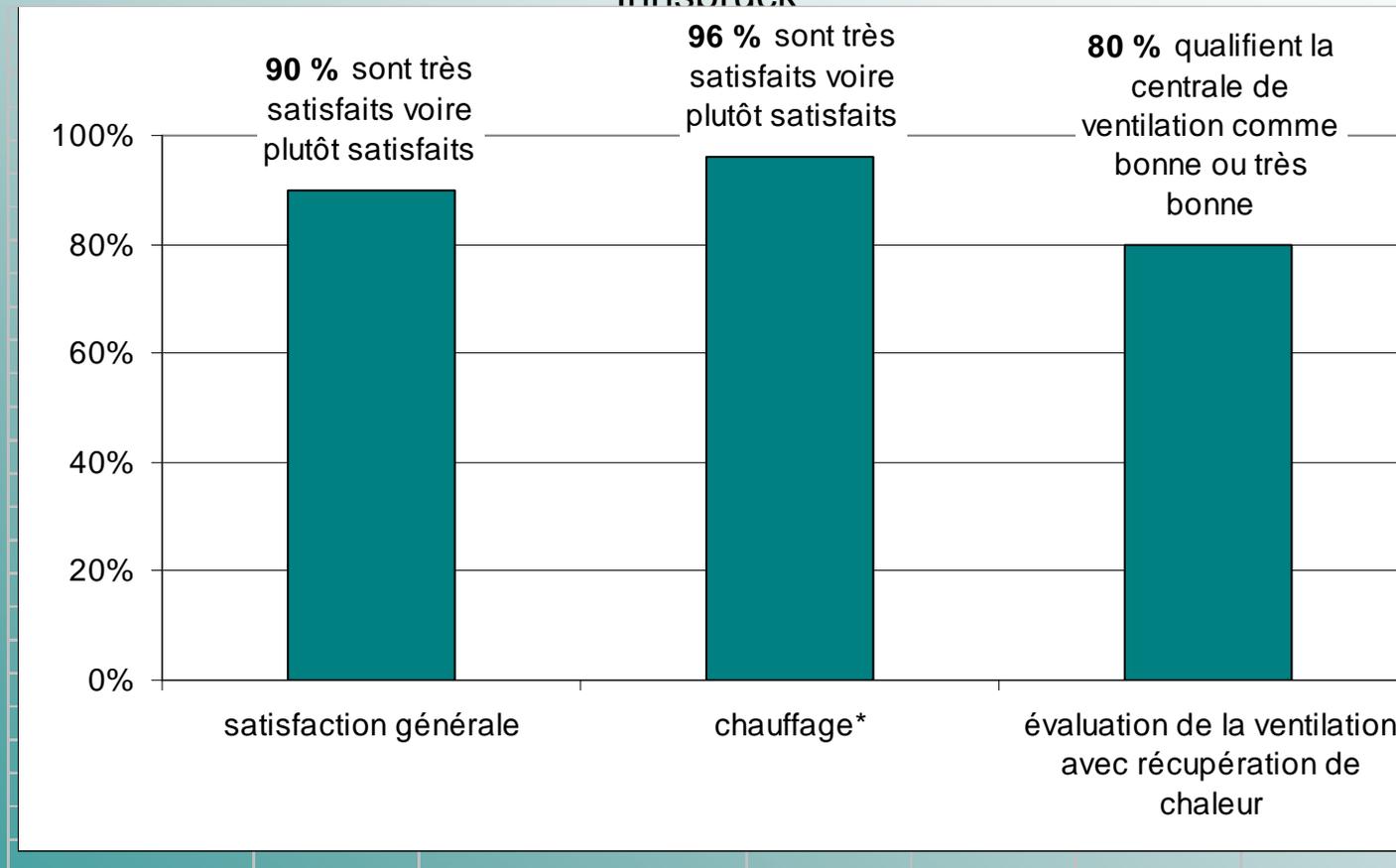
Q1- Comment ressentez vous la ventilation avec récupération de chaleur après la rénovation?

Q2 - Trouvez vous le système de ventilation en général comme :

Q3 - Le système de ventilation génère –t-il des bruits dans votre appartement ?

## Satisfaction client

Dans un grand collectif maison passive avec 354 logements: le „Lodenareal“ du „ Neuen Heimat Tirol“ à Innsbruck



\* Coût de chauffage : 6 €/mois pour 80 m<sup>2</sup>-d'appartement

Paul Wärmerückgewinnung GmbH  
August-Horch-Straße 7  
08141 Reinsdorf

Tel.: +49 (0)375 303505-0  
Fax: +49 (0)375 303505-55

E-Mail: [info@paul-lueftung.de](mailto:info@paul-lueftung.de)  
Internet: <http://www.paul-lueftung.net>

Werksvertretung in Frankreich:

**ECO CONCEPT HABITAT**  
Herr Cherruault  
1, Impasse des roseaux  
85310 Nesmy, Frankreich

Tel.: +33 61156961  
Fax: +33 251435741

E-Mail: [contact@paul-ventilation.fr](mailto:contact@paul-ventilation.fr)  
Internet: <http://www.paul-ventilation.fr>

**Je vous remercie  
pour votre attention.**