

**AÉRAULEC**®

**Rénovation énergétique *durable***

**du bâti ancien *humide***



**AÉRAULEC Conseil** Marc NOËL 14 rue de Paris 60530 Neuilly-en-Thelle [aeraulec@gmail.com](mailto:aeraulec@gmail.com)

# Sommaire

1. Le bâti ancien humide
2. *AÉRAULEC*®
3. Installations
4. Transferts d'humidité
5. Retours d'expériences

# 1. Le bâti ancien humide

## Causes de l'humidité:

1. Infiltration d'eau de pluie (entretien)
2. Condensation (défaut de ventilation)
3. Accidentelle (fuites d'eau)
4. Remontées capillaires, murs enterrés en contact avec le sol humide

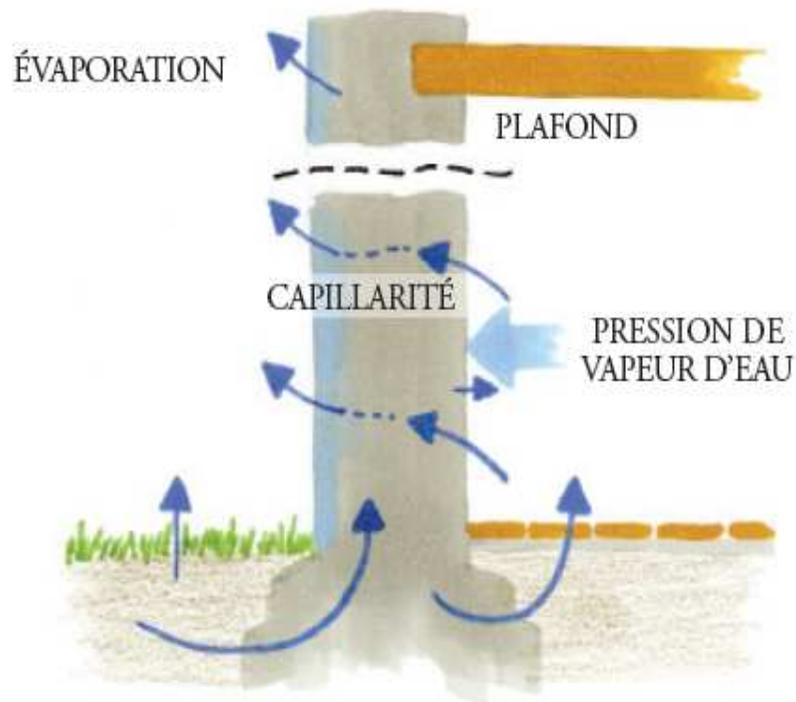
# Actualité des projets d'études\*

- Projet **ATHEBA** : Amélioration Thermique du Bâti Ancien
- Projet **BATAN** : Bâtiment Ancien
- Projet **HYGROBA** : Hygrométrie du Bâtiment Ancien
- Projet **HUMIBATex** : Humidité dans les Bâtiments existants

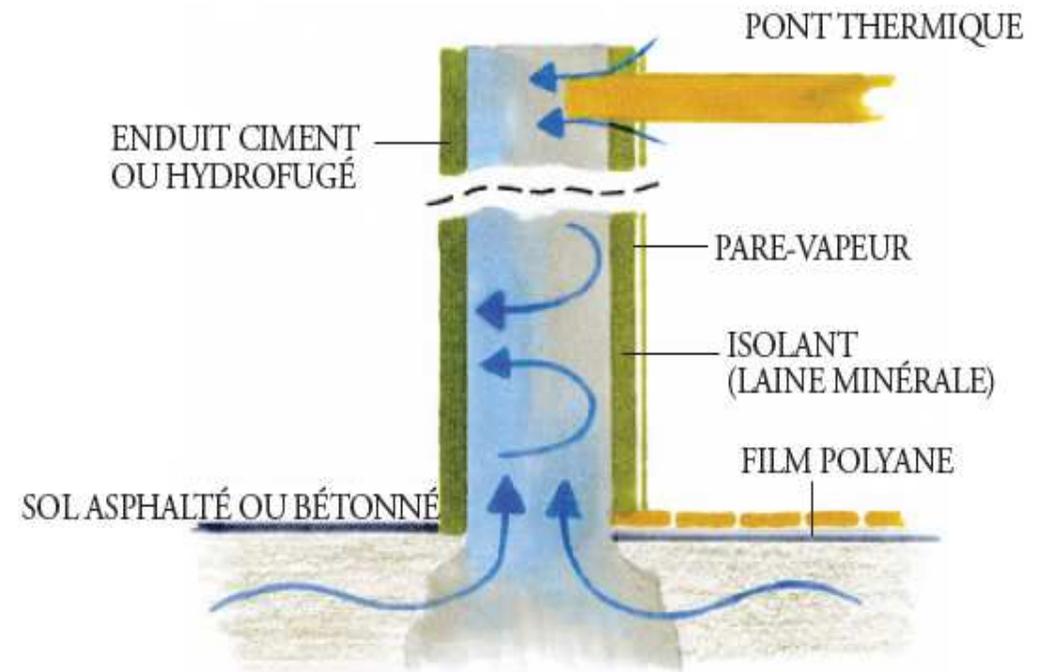
\* *Collaborations d'organismes*

# Projet ATHEBA\* :13 fiches pédagogiques

## 1 fiche : comportement hygrométrique (2010)



FONCTIONNEMENT HYGROMÉTRIQUE  
D'UN MUR TRADITIONNEL **NON ISOLÉ**



FONCTIONNEMENT HYGROMÉTRIQUE D'UN MUR  
TRADITIONNEL, **ISOLÉ** CONVENTIONNELLEMENT,  
**EN HIVER: L'EAU S'ACCUMULE DANS LE MUR**

# Projet BATAN\* (2012)

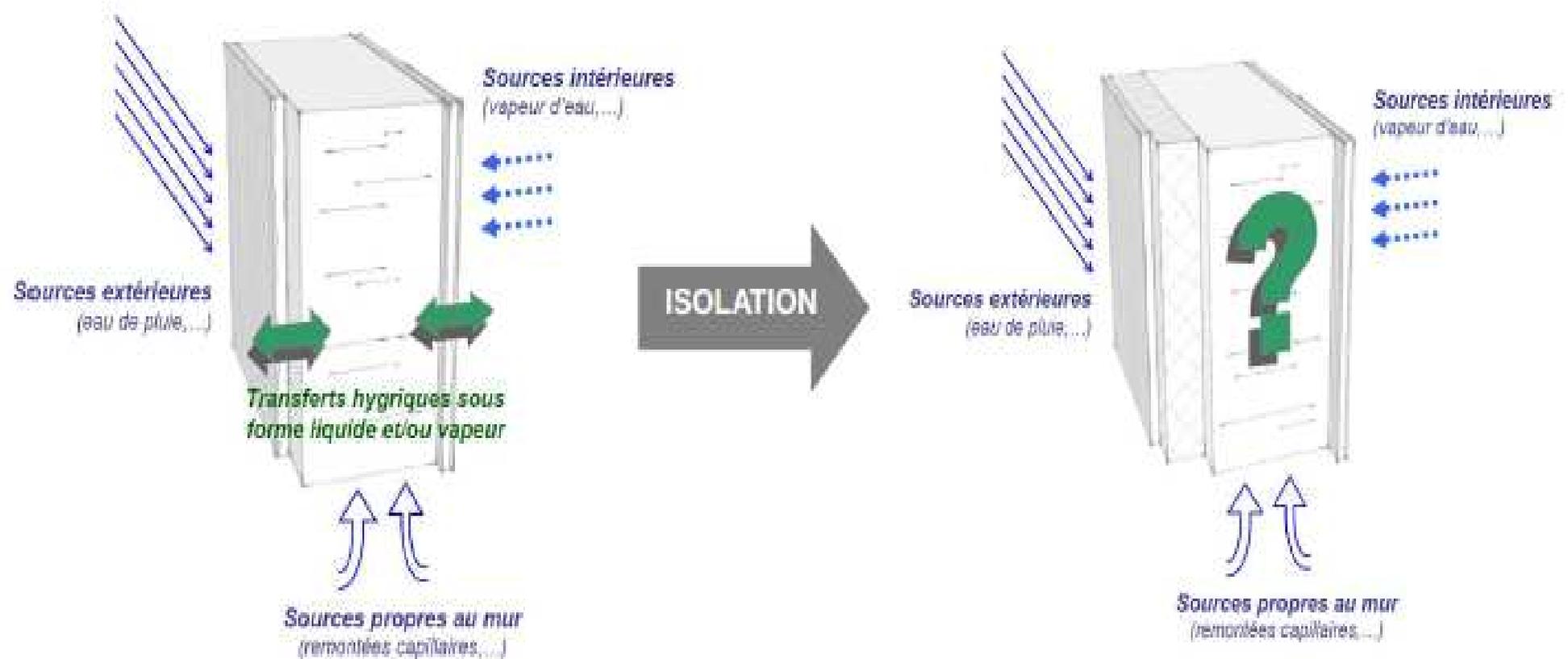
~15 bâtiments instrumentés

- *transferts hygrothermiques dans les parois à approfondir ...*
- *analyse hygrothermique nécessaire pour mieux appréhender les conditions de confort*

\* CNRS-ENTPE, CETE Est, CETE Ouest, MPF, INSA Strasbourg

# Projet HYGROBA\* (2013)

*L'isolation d'une paroi ancienne perturbe son équilibre hygrométrique*



\* CETE Est, ENSA de Toulouse, LMDC, MPF

# Projet HUMIBATex\* (2011-2015)

Comment prédire les désordres causés par l'humidité?

Quelles solutions pour rénover le bâti existant?

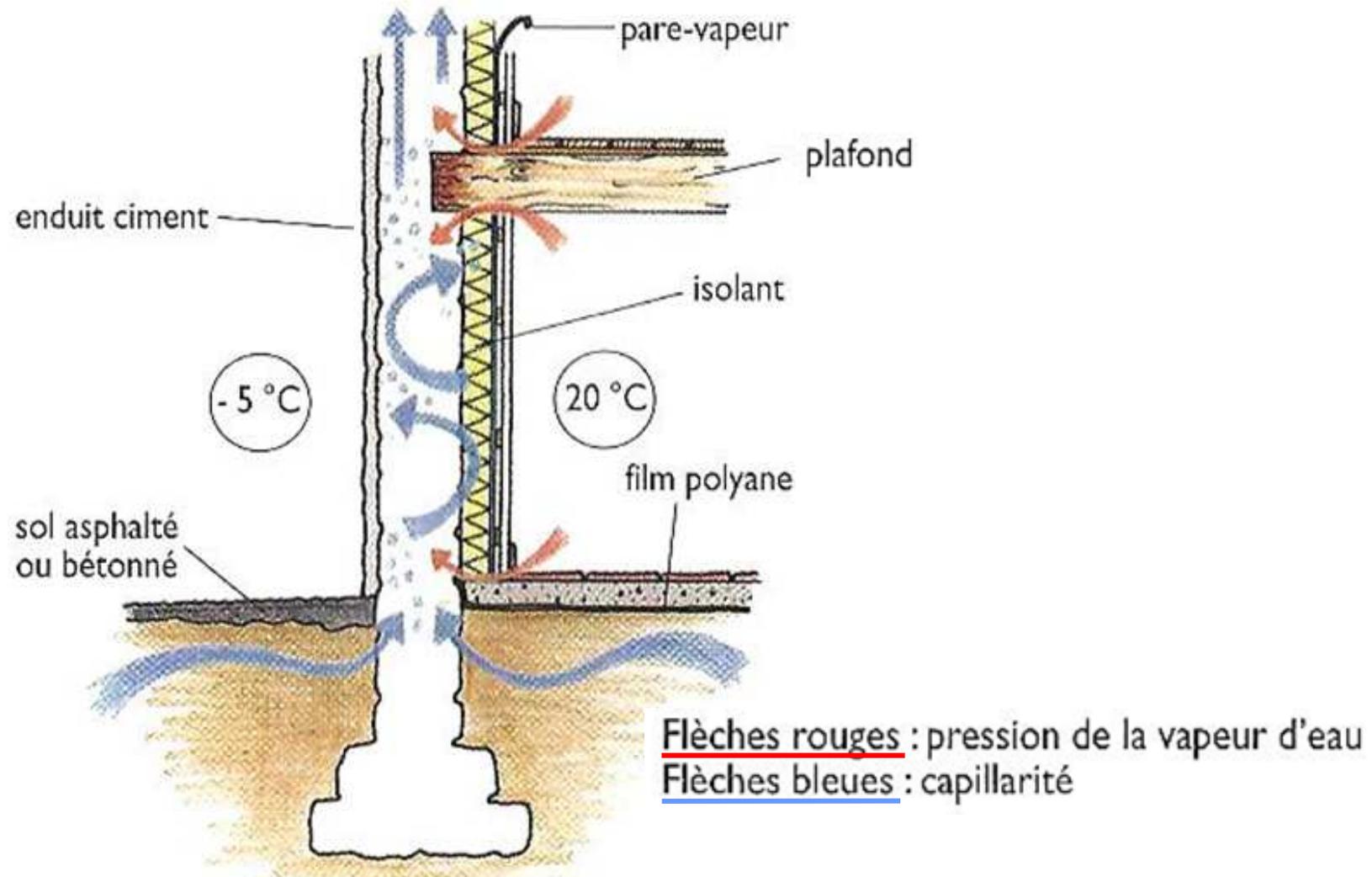
→ **réaliser un guide proposant des solutions de réhabilitation vérifiées et validées**

*\* CETE Est, CETE Lyon, CETE Ouest, CSTB Grenoble, LEPTIAB, CETHIL, LOCIE, ISOVER, ALDES, VENTILAIRSEC*

# L'isolation thermique écologique

Jean-Pierre Oliva , Samuel Courgey

## Les murs anciens et l'humidité page 134



# L'isolation thermique écologique

Jean-Pierre Oliva , Samuel Courgey

L'accumulation de travaux sans connaissance du fonctionnement du mur d'origine menace sa pérennité. L'humidité à la fois concentrée dans le mur et empêchée de s'en évaporer monte par capillarité de plus en plus haut dans le mur; compromettant la cohésion des éléments du bâti et favorisant la pourriture des structures sensibles (poutres, colombages...).

# Les murs anciens et l'humidité

Une bibliographie très abondante

- Livres
- Guides
- Articles

*remontées capillaires :*

→ *assèchement des murs !!!*

# Assèchement des murs

- Nombreux procédés proposés sur le marché
- ~ 200 à 300 € par mètre linéaire de mur, selon enquête en décembre 2009
- 6 à 18 mois de délai pour obtenir l'assèchement avant de poser une isolation thermique!
- Risques de compromettre la pérennité du bâti dans certains cas

## 2. AÉRAULEC®

**Cahier des charges (établi en 2000) :**

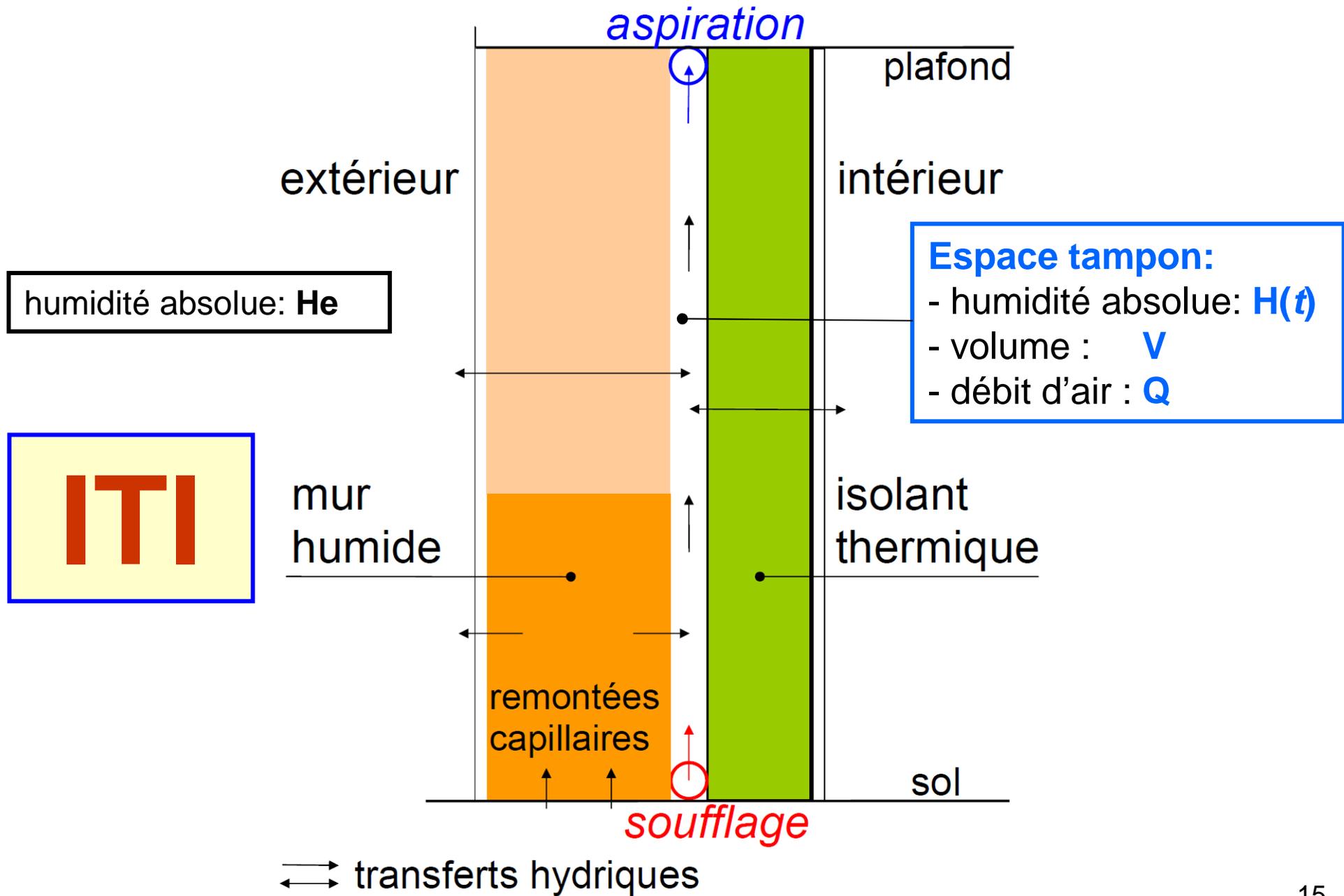
- éliminer l'insalubrité due à l'humidité **sans assécher les murs**,
- assurer la durabilité de l'isolation thermique,
- assainir définitivement les locaux ,
- préserver l'équilibre hygroscopique des murs,
- **valoriser à moindre coût le bâti ancien avec murs humides.**

# Principe

**Assainissement par soufflage et aspiration  
entre mur humide et isolation thermique**

Brevet d'invention n°08 00660

Marque déposée : *AÉRAULEC*

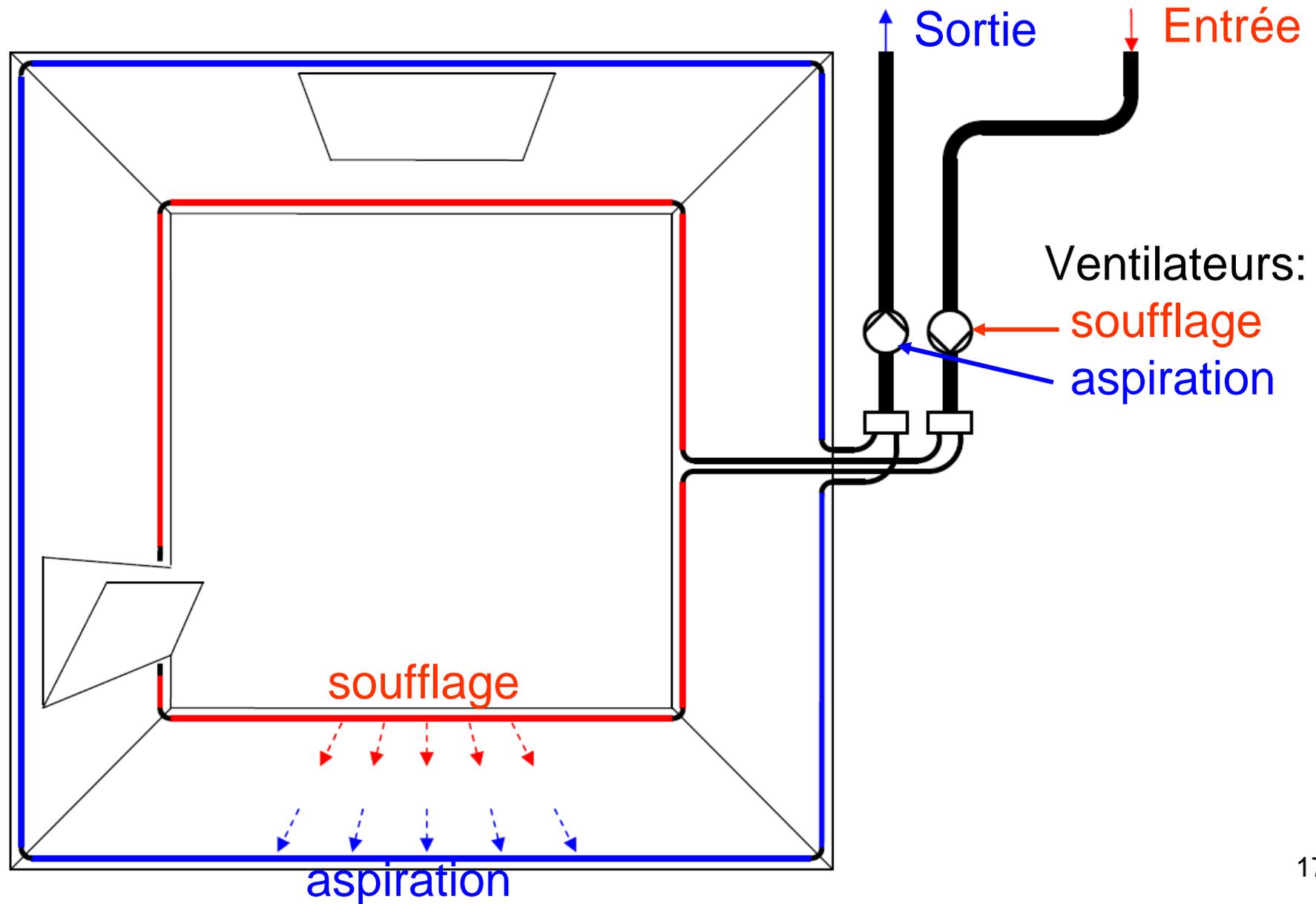


# Un balayage quotidien

Extérieur :	<b>He</b>	humidité (kg <sub>eau</sub> /kg <sub>air sec</sub> )
Espace tampon :	<b>H(t)</b>	humidité (kg <sub>eau</sub> /kg <sub>air sec</sub> )
	<b>V</b>	volume (m <sup>3</sup> )
	<b>Q</b>	débit balayage (m <sup>3</sup> /h)

*Un balayage de durée **Db = 5 V / Q** suffit pour rétablir l'équilibre hygrométrique : **H(t) ≈ He***

# Réseaux de soufflage et d'aspiration



# Débits et pressions dans les canalisations perforées

- $q$  : débit par trou de soufflage ou d'aspiration
- $Q$  : débit en canalisation de diamètre  $D$
- $d$  : distance entre 2 trous
  
- $P_s$  : pression statique
- $P_d \propto Q^2$  : pression dynamique
- $P_t = P_s + P_d$  : pression totale

## Débit $q$ par trou de soufflage ou d'aspiration

$$q = C(t) \cdot P_s^{1/2}$$

$C(t)$  : fonction du  $\emptyset$   $t$  trou

$P_s$  : pression statique dans la canalisation

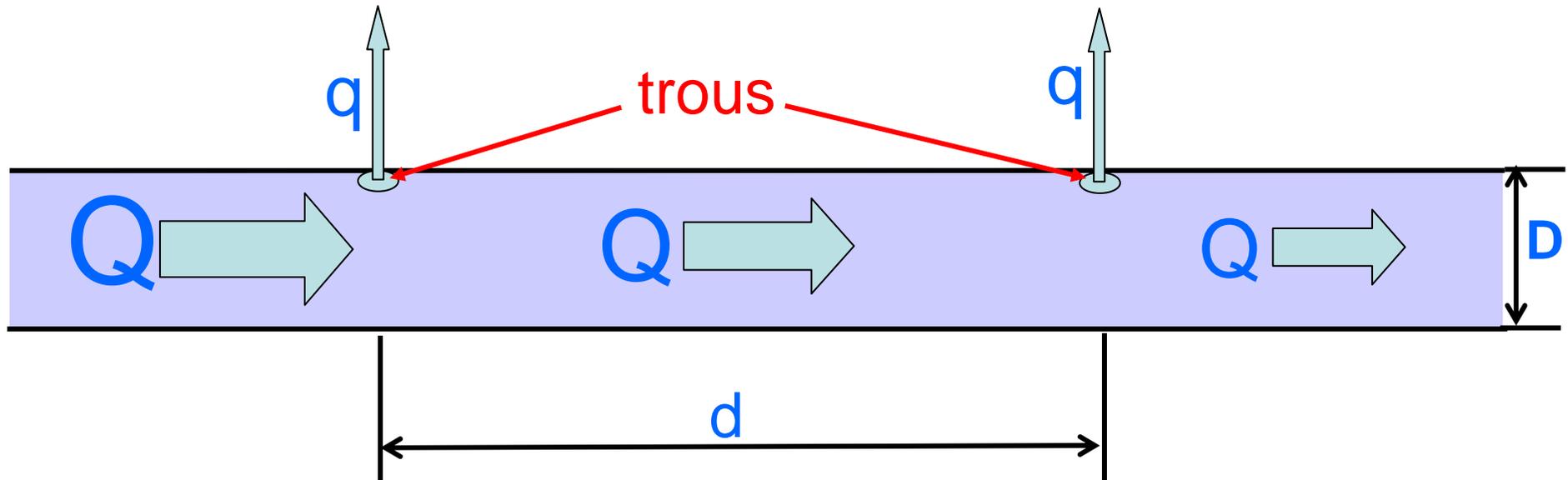
$$q \propto P_s^{1/2} \quad \rightarrow \quad \Delta q/q = 1/2 \Delta P_s/P_s$$

si  $P_s$  varie peu  $\rightarrow$   $q$  varie très peu

$\rightarrow$  balayage uniforme des espaces tampons

# Principe du système aéraulique

## Débit $Q$ dans une canalisation perforée



# Principe du système aéraulique

Entre 2 trous : pertes de charge  $\Delta P_s$

$$\Delta P_s = K_D Q^{1,75} d , \quad K_d = f(D)$$

A chaque trou :  $Q \rightarrow Q$

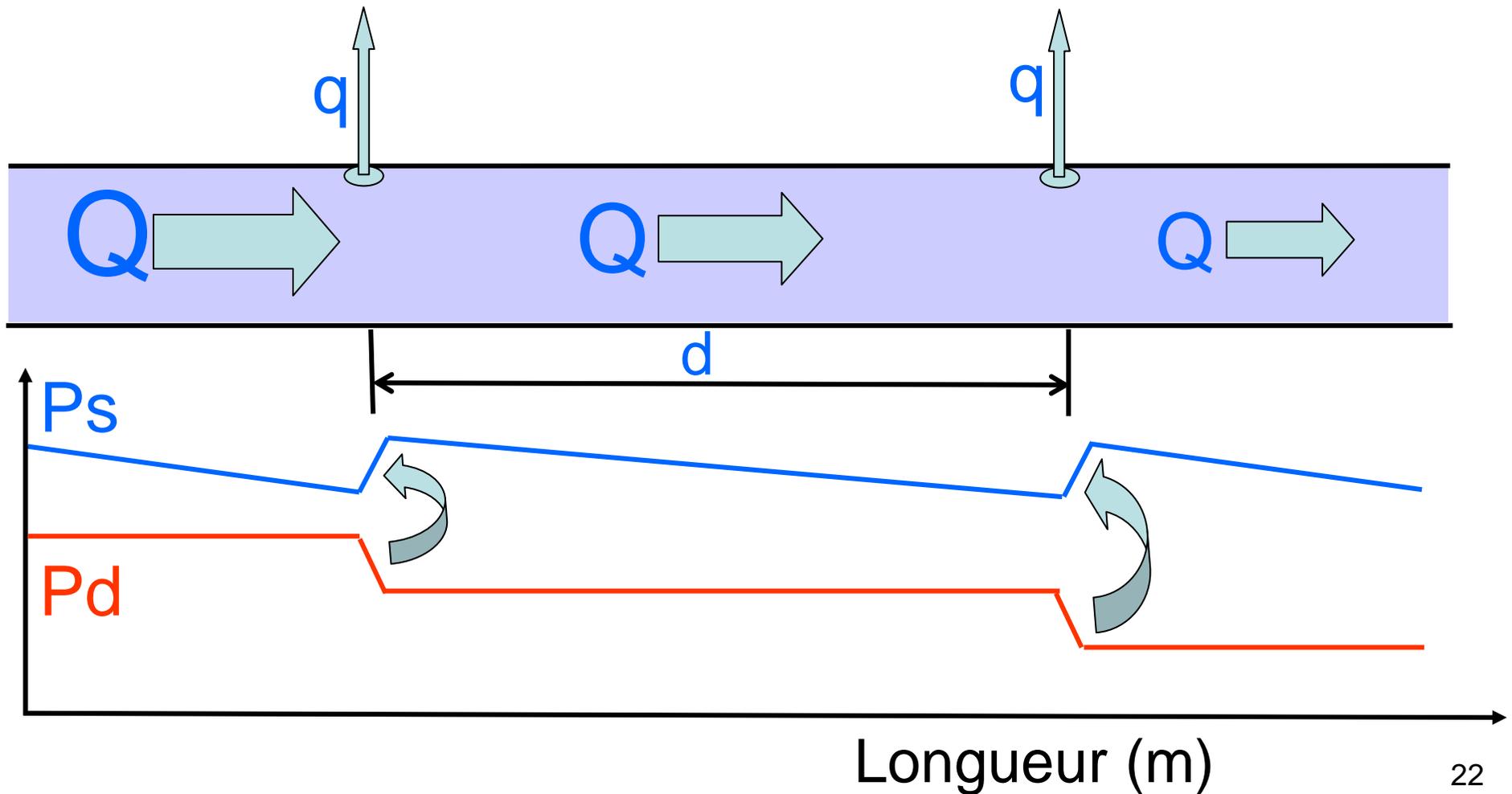
$$P_d \propto Q^2 \rightarrow P_d \propto Q^2$$

$$\rightarrow \Delta P_d \propto (Q^2 - Q^2) \Rightarrow \text{regain de } P_s *$$

\*  $P_t = P_s + P_d$  ne variant pas

# Principe du système aéraulique

$P_s$  et  $P_d$  dans les canalisations perforées



## Constance de la pression statique $P_s$

$P_s$  par longueur  $d$  et par trou:  $-\Delta P_s + \Delta P_d$

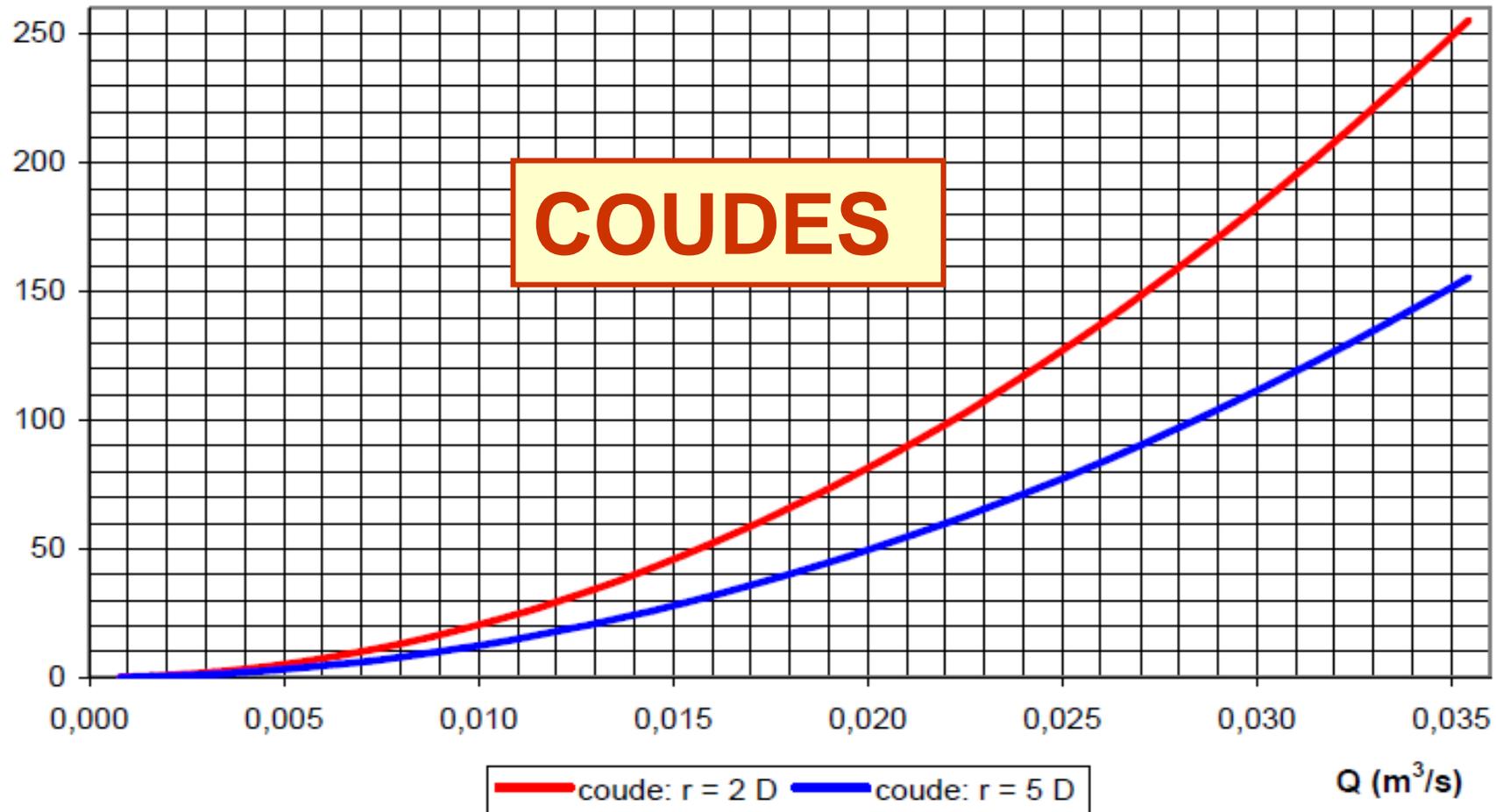
*En optimisant les divers paramètres:*

$P_s$  varie peu  $\rightarrow$   $q$  varie très peu

$\rightarrow$  balayage uniforme dans les espaces tampons

# Autres pertes de charge

$P_c$  (Pa)



# Banc de mesures aérauliques

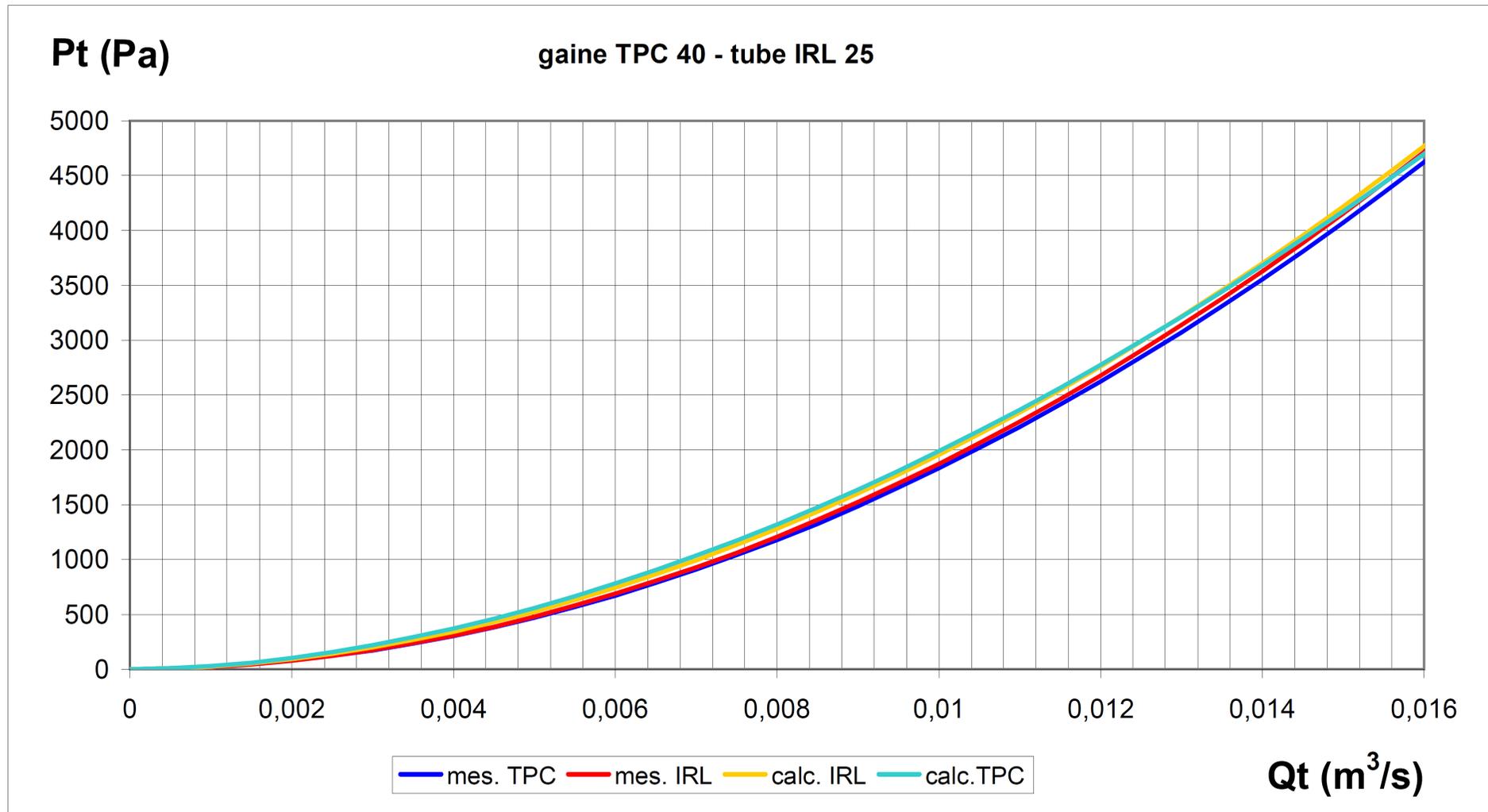


venturi

Réglage Pt

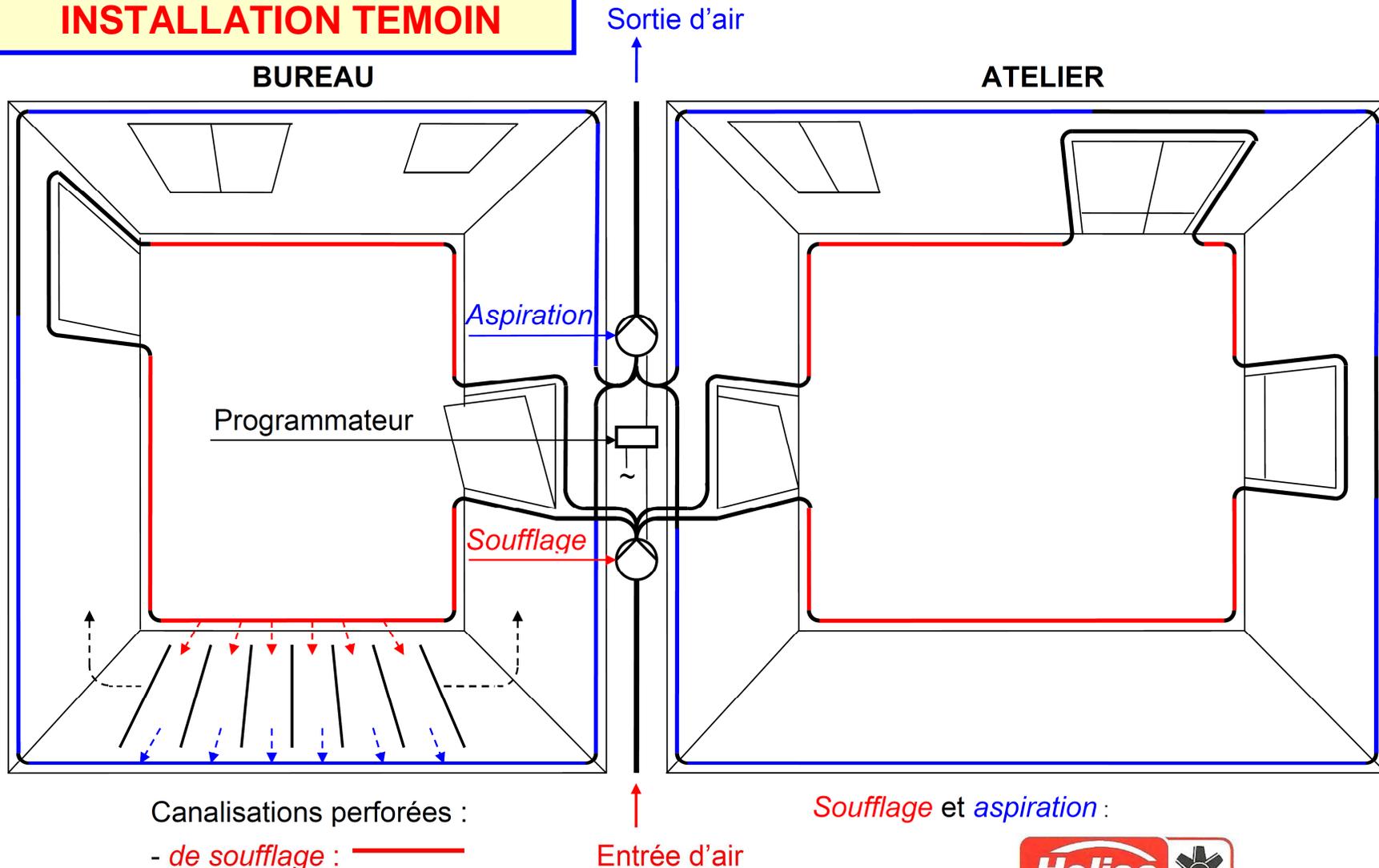


# Concordance des mesures (mes.) avec les calculs (calc.)



# 3. Installations

## INSTALLATION TEMOIN



Canalisations perforées :

- de soufflage : ———
- d'aspiration : ———

Soufflage et aspiration :

- ventilateurs



LA MARQUE DES PROS

# ***AÉRAUPROG***

Progiciel de calcul et de modélisation des réseaux:

- soufflage ou aspiration
- branches simples et/ou boucles
- 3 niveaux possibles de ramification
- acquisition interactive des données
- configuration des réseaux
- détermination automatique du point de fonctionnement : **Pt, Qt et Db**

# Installation témoin

## Réseau de soufflage

### Choix du ventilateur

ZEB 380	
ZEB EC	
SB 160 B	
RRK 125	
SlimVent	X

Ventilateur SlimVent

### Point de fonctionnement

**Pt (Pa) = 288**

**Qt (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) = 31**

Puiss. absorbée maxi. (W) = 34

### Programmateur horaire

Db min (mn) / jour = 19

Energie électrique absorbée (ventilateur)

Energie maxi. / bal.(kWh) = 0,0106

Energie / an Ev (kWh) = 3,88

## Réseau d'aspiration

### Choix du ventilateur

ZEB 380	
ZEB EC	
SB 160 B	
RRK 125	
SlimVent	X

Ventilateur SlimVent

### Point de fonctionnement

**Pt (Pa) = 287**

**Qt (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) = 32**

Puiss. absorbée maxi. (W) = 34

### Programmateur horaire

Db min (mn) / jour = 18

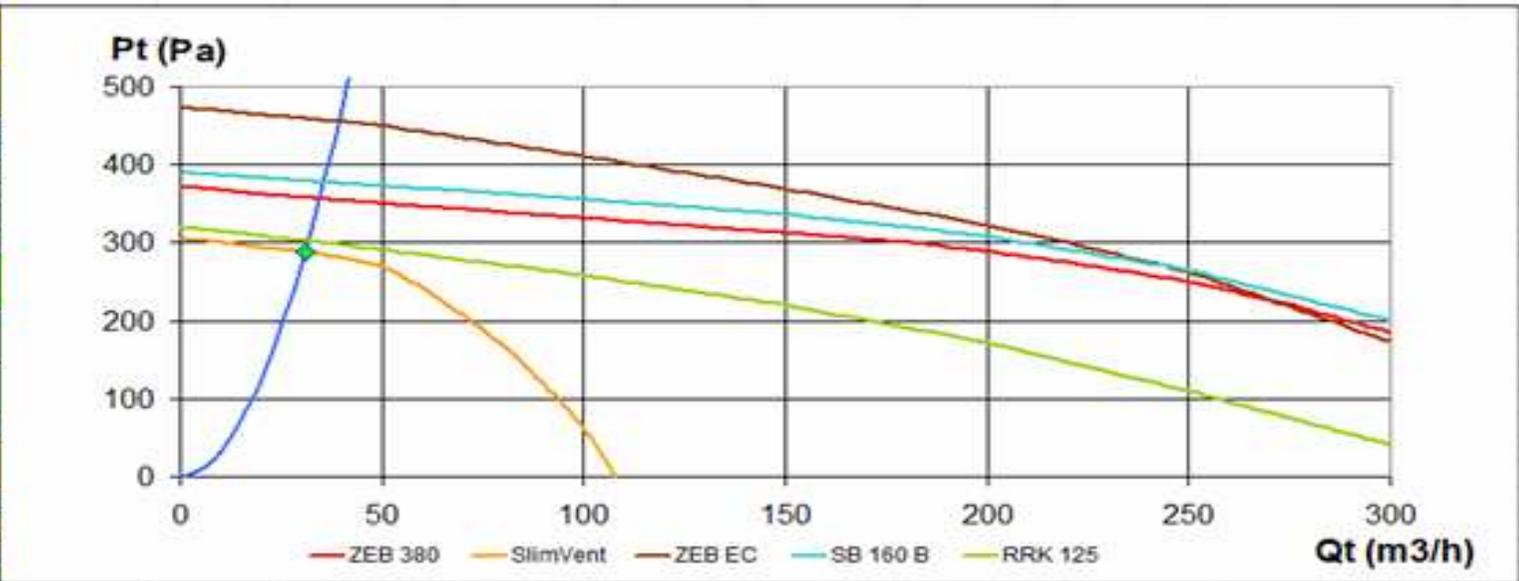
Energie électrique absorbée (ventilateur)

Energie maxi. / bal.(kWh) = 0,0102

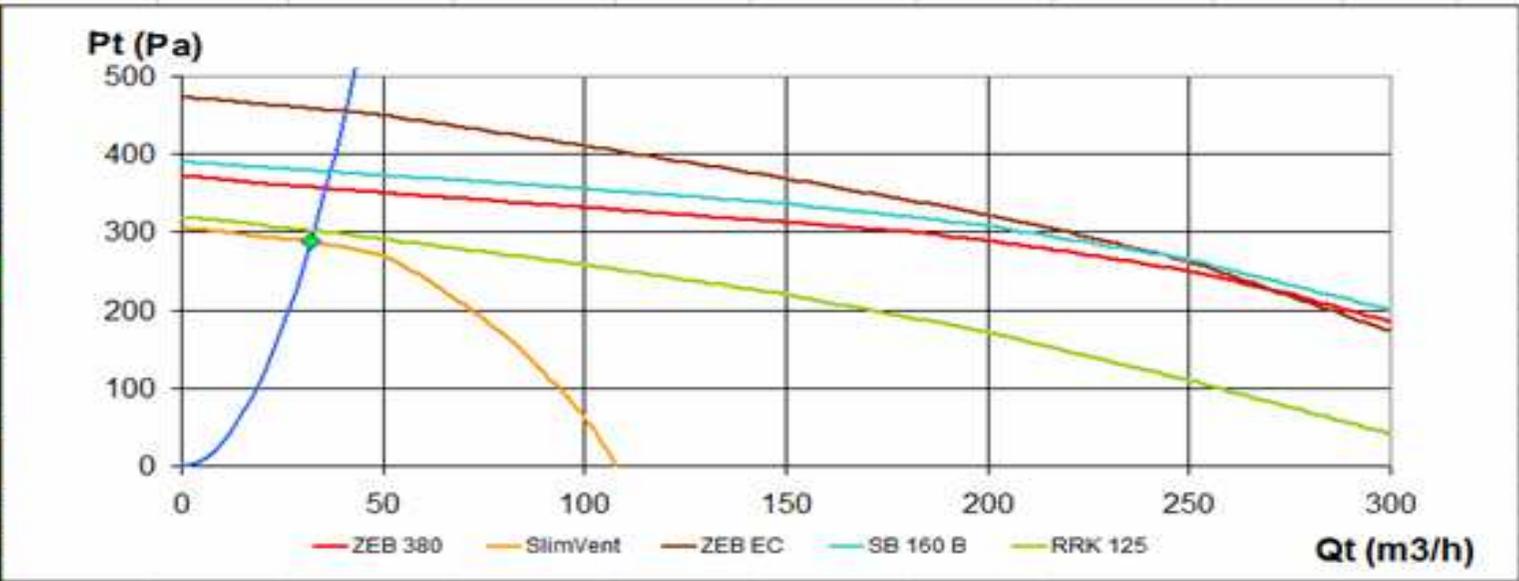
Energie / an Ev (kWh) = 3,73

# Installation témoin

Réseau de soufflage	
Choix du ventilateur	
ZEB 380	
ZEB EC	
SB 160 B	
RRK 125	
SlimVent	X
Ventilateur SlimVent	
Point de fonctionnement	
Pt (Pa) = 288	
Qt (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ) = 31	
Puiss. absorbée man. (W) = 34	
Programmateur horaire	
Db min (mn) / jour = 19	
Energie électrique absorbée (ventilateur)	
Energie man. / bal.(kWh) = 0,0106	
Energie / an Ev (kWh) = 3,88	



Réseau d'aspiration	
Choix du ventilateur	
ZEB 380	
ZEB EC	
SB 160 B	
RRK 125	
SlimVent	X
Ventilateur SlimVent	
Point de fonctionnement	
Pt (Pa) = 287	
Qt (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ) = 32	
Puiss. absorbée man. (W) = 34	
Programmateur horaire	
Db min (mn) / jour = 18	
Energie électrique absorbée (ventilateur)	
Energie man. / bal.(kWh) = 0,0102	
Energie / an Ev (kWh) = 3,73	



# Canalisations de soufflage et d'aspiration



# Canalisations de soufflage et d'aspiration

**aspiration**

**soufflage**



# Canalisations de soufflage



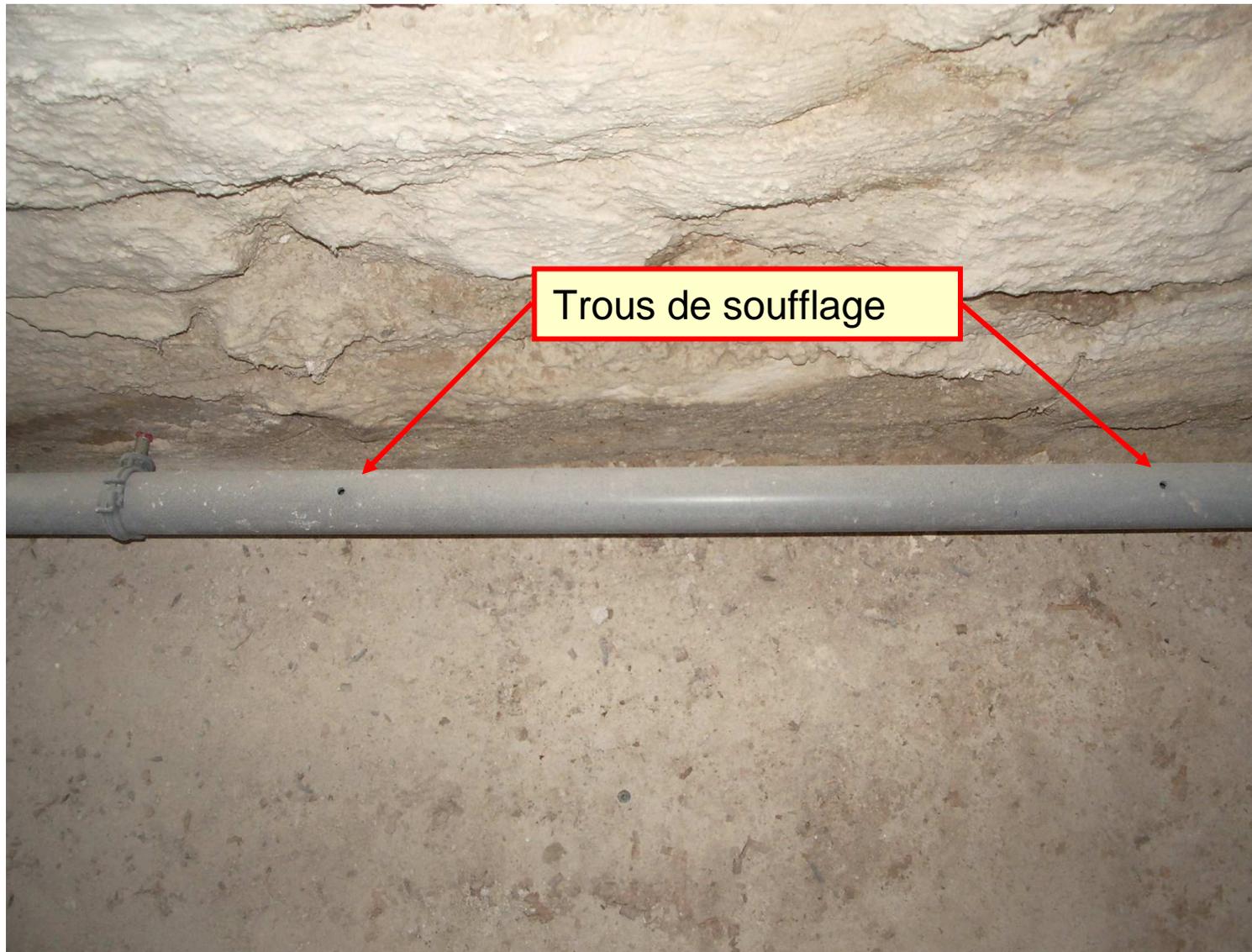
# Canalisation de soufflage



# Canalisation d'aspiration



# Canalisation de soufflage



## 4. Transferts d'humidité

### L'isolation thermique écologique

Jean-Pierre Oliva , Samuel Courgey

Les méthodes permettant d'estimer les risques dus à la condensation

La méthode de Glaser \*

Le logiciel WUFI® \*

\* *sans remontées capillaires !!!*

## Transferts d'humidité à travers les parois



Évaluer les risques de condensation

- Calcul des transports d'humidité et de chaleur
- Règles de mise en œuvre associées

Marc NOËL

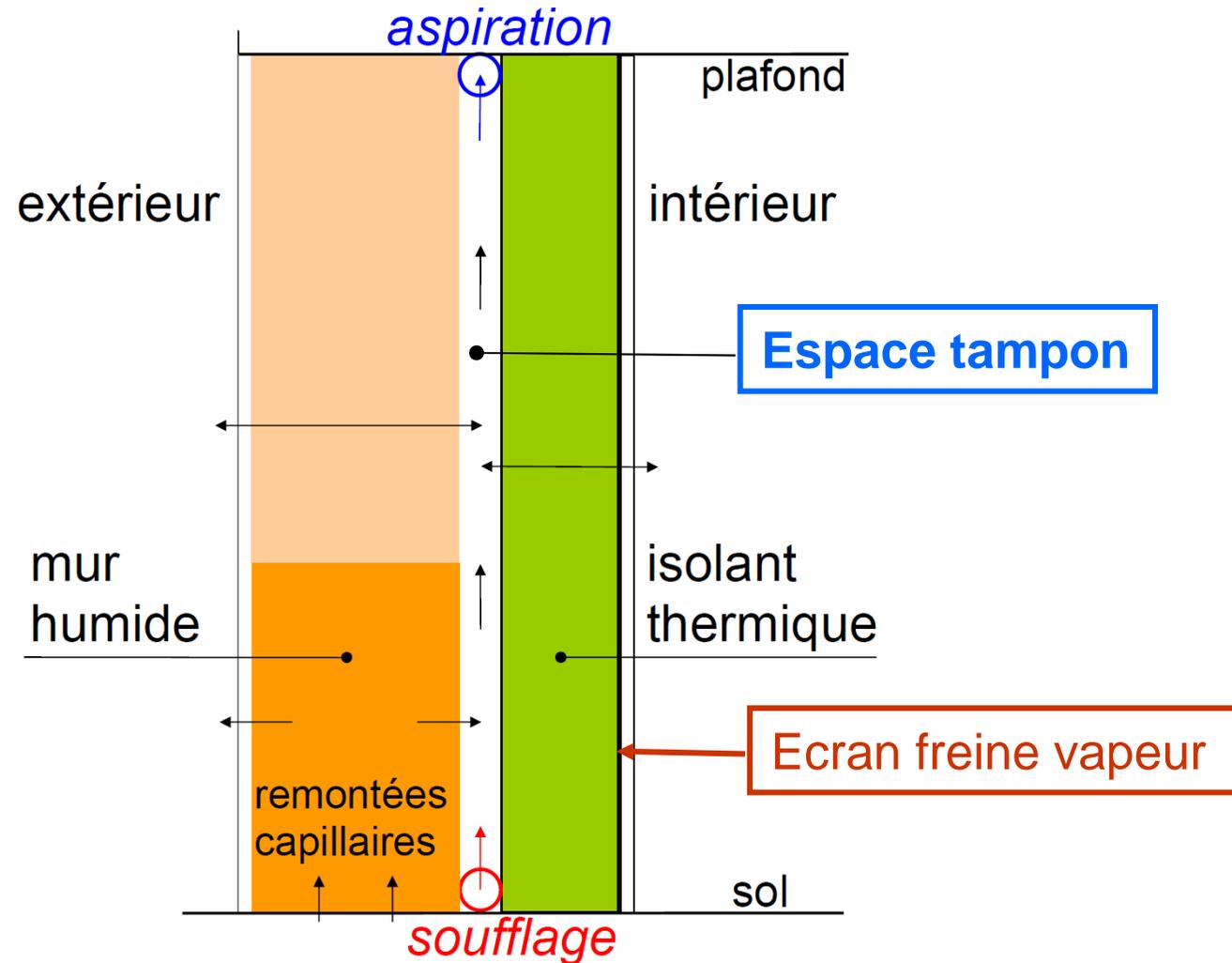
**CSTB**  
le futur en construction

*...sans remontées capillaires !!!*

# AÉRAUMOD

## Calcul et modélisation des transferts d'humidité

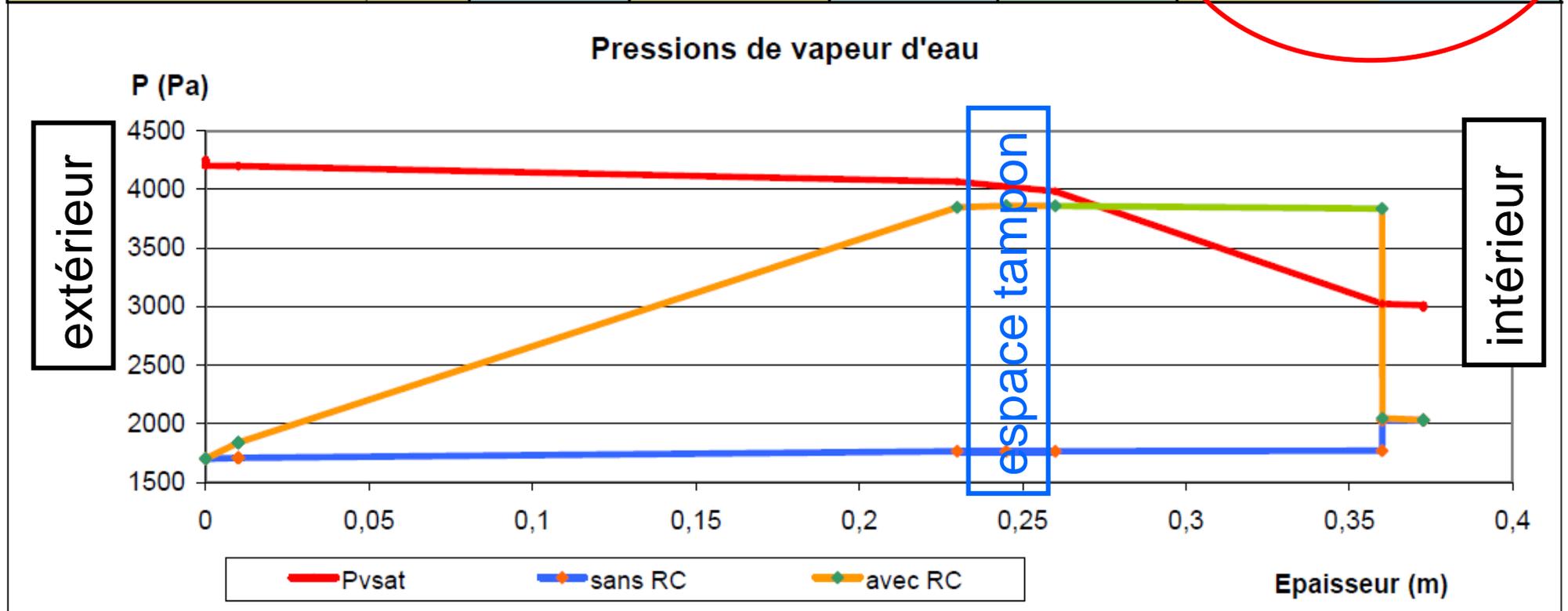
ITI



# ITI avec freine vapeur

## Eté

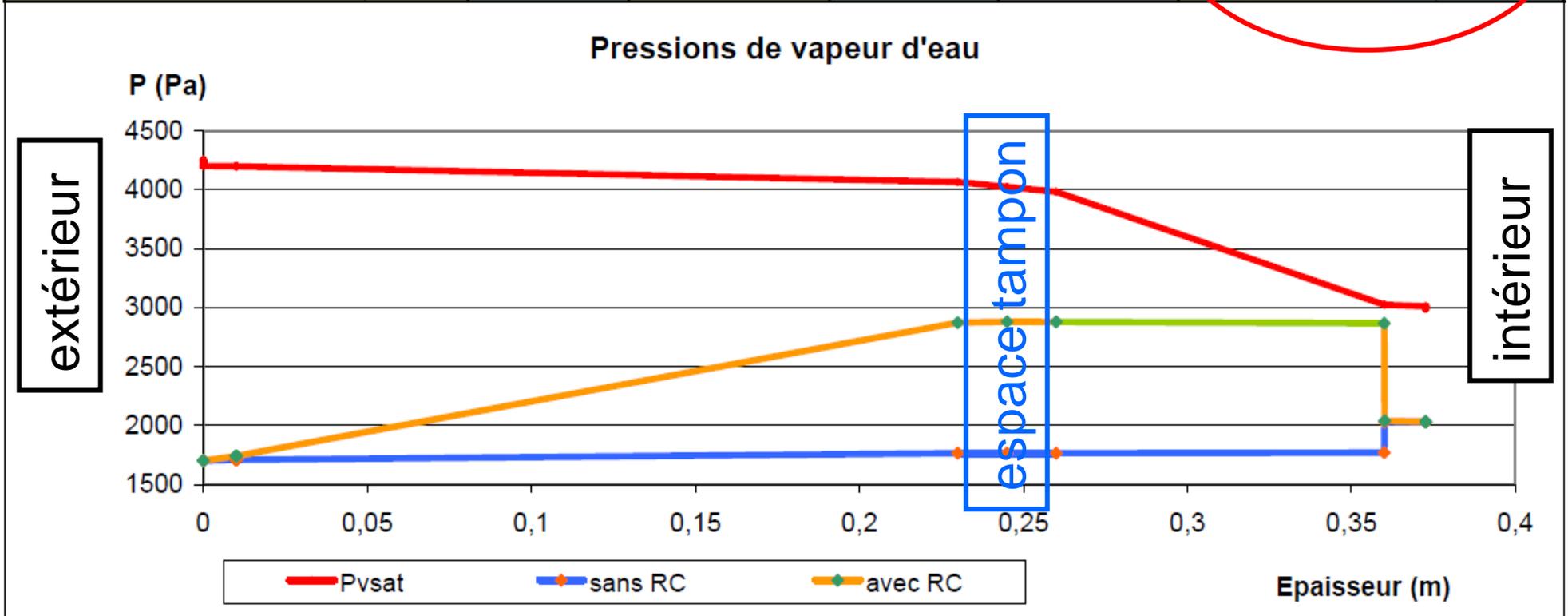
Hygrométrie des locaux (selon DTU 20.1) $W/n$ ( $g/m^3$ )			Lieu	Températures ( $^{\circ}C$ )	Humidité relative (%)	RC : remontées capillaires	
		1 pour oui				teneur $H_2O$ (% kg / kg)	hauteur (m)
nulle	0		Extérieur	30	40	5	1
faible	2,5	1	Lame d'air ITE			Balayage AERAULEC / m	
moyenne	5		Lame d'air ITI	29	96		
forte	7,5		Intérieur	24	68	$q_0$ ( $m^3/s$ )	



# ITI avec freine vapeur et AÉRAULEC®

## Eté

Hygrométrie des locaux (selon DTU 20.1) W / n (g/m <sup>3</sup> )			Lieu	Températures (°C)	Humidité relative (%)	RC : remontées capillaires	
		1 pour oui				teneur H <sub>2</sub> O (% kg / kg)	hauteur (m)
nulle	0		Extérieur	30	40	5	1
faible	2,5	1	Lame d'air ITE			Balayage AÉRAULEC / m	
moyenne	5		Lame d'air ITI	29	72	q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> / s)	0,0002500
forte	7,5		Intérieur	24	68		



*...rafraîchissement par évaporation...*

# 5. Retours d'expériences

## Retour d'expérience 1

- **2001**: réalisation d'une **salle de musique** dans un bâtiment insalubre

- **2013** : **salle de musique** toujours intacte,

**Rth 2012 = Rth 2001 → prouve l'efficacité**

2001

## Réalisation d'une salle de musique



2013

# Salle de musique parfaitement saine



## *Retour d'expérience 2*

- **2005** : réalisation atelier et bureau  
→ installation témoin

- **2013** : atelier et bureau toujours intacts,  
→ confirme l'efficacité du système

# Atelier – Bureau - Salle de musique



# **AÉRAULEC**®

- ***Sans assécher les murs humides:***
  - ***Rénovation immédiate***
  - ***Économie financière***
  - ***Sauvegarde du bâti ancien***
- ***Insalubrité définitivement éradiquée***
- ***Pérennité de l'isolation thermique***
- ***Assainissement définitif des locaux***
- ***Économies d'énergie***
- ***Rafrâichissement par évaporation en été***
- ***Respect de l'environnement***
- ***Valorisation du bâti ancien***