

**Influence des filets anti-insectes sur le  
climat sous serre.  
Caractérisation des effets aérauliques.  
Amélioration des performances**

**J.C. Roy, FEMTO-ST, Université de Franche-Comté, Belfort, France  
T. Boulard, INRA –URIH, Sophia-Antipolis, France**

# Sommaire

- ◆ **Introduction**
- ◆ **Caractérisation aéraulique des filets anti-insectes**
- ◆ **Implications sur le système serres**
- ◆ **Exemple de caractérisation : le filet Ultravent**  
**Caractérisation aéraulique**  
**Performances en terme d'exclusion**
- ◆ **Conclusion**

# Introduction

- **Les filets anti-insectes constituent une alternative à la lutte chimique contre les agresseurs extérieurs à une serre**
- **Ils constituent une barrière mécanique à l'intrusion d'insectes ravageurs**
- **Ils doivent être placés dans tous les ouvrants**
- **Ils constituent une entrave à la ventilation des serres**
- **On observe une augmentation du différentiel de température et d'humidité préjudiciable à la conduite des cultures**

# Objectif

- **Concevoir des filets présentant:**
  - ✓ **des performances aérauliques optimales**
  - ✓ **des propriétés d'exclusion optimales**
  - ✓ **une bonne tenue mécanique**



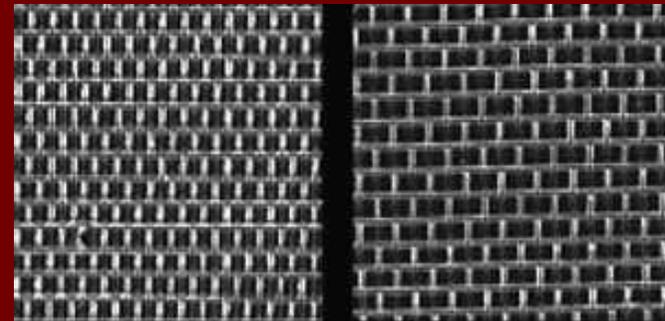
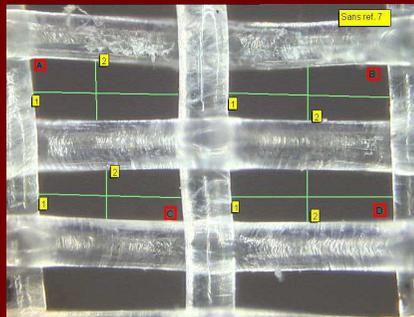
## Quadrature du cercle ?

- **Etude en partenariat avec la société TEXINOV relative à la conception de filets optimisés**

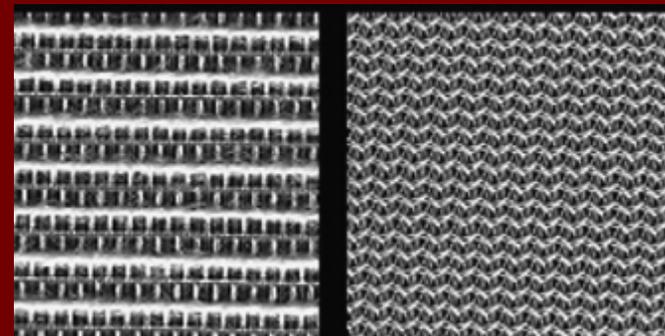
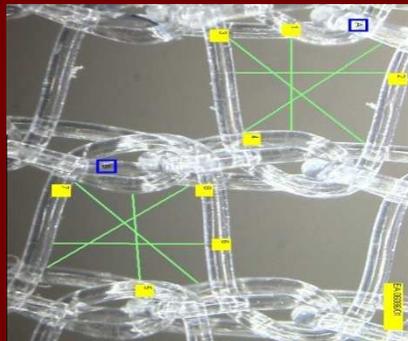
# Caractérisation

## ■ Mode de fabrication:

✓ **Tissage**



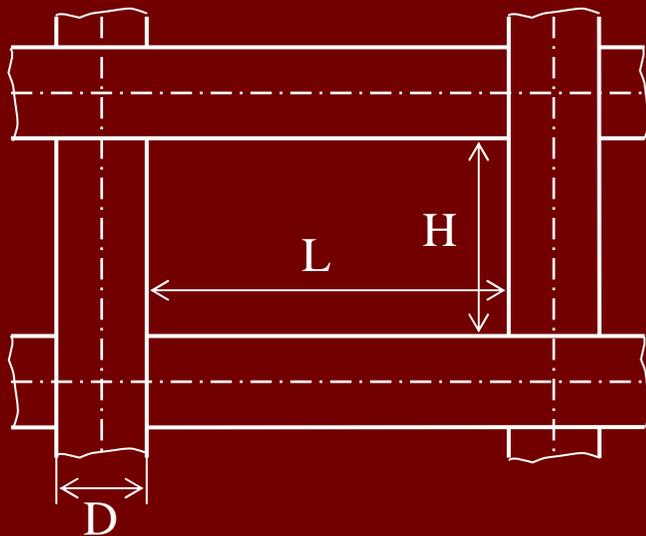
✓ **Tricotage**



# Caractérisation

## ■ Dimensions:

- ✓ Nombre de mailles / cm ou inch; ex: 22 x 10
- ✓ Diamètre du fil:  $D$
- ✓ Dimensions des trous (ou pores):  $L \times H$



Porosité du filet:

$$\varepsilon = \frac{LH}{(L+D)(H+D)}$$

$$\varepsilon \rightarrow 1 \text{ si } D \rightarrow 0$$



*Résistance mécanique du filet*

# Caractérisation aéraulique

- **Perméabilité:**

Caractérise la capacité de l'air à traverser le filet. Intervient sous la forme d'un coefficient  $K$  ( $m^2$ ) dans l'expression du gradient de pression à travers le filet:

Loi de Darcy-Forchheimer: 
$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\mu}{K} u + \rho \frac{Y}{K^{0.5}} u^2$$

Corrélations expérimentales porosité – perméabilité:

$$K = A_1 \varepsilon^{n_1} ; Y = A_2 \varepsilon^{n_2}$$



*Large dispersion des résultats des différents auteurs (Teitel, 2007)*

Utilisées dans les modèles numériques (CFD) de climat intérieur distribué

# Caractérisation aéraulique

- Coefficient de débit:

$C_d$  est défini à partir du coefficient de perte de charge  $\zeta$  à travers le filet déterminé expérimentalement:

$$\Delta P = \zeta \frac{1}{2} \rho u^2 \quad \text{ou} \quad u = C_d \left( \frac{2\Delta P}{\rho} \right)^{0.5} \quad \text{soit} \quad C_d = \zeta^{-0.5}$$



*Néglige les effets visqueux, écart à faible vitesse (<1 m/s) avec la loi de Darcy-Forchheimer*

**Corrélations expérimentales:**  $\zeta = f(\varepsilon).g(\text{Re})$

**Dispersion importantes dans les résultats**

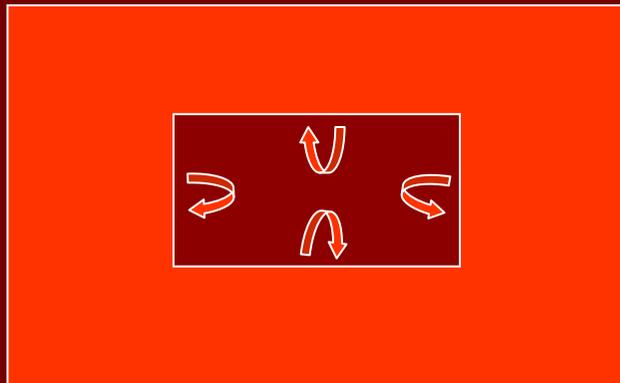
**Utilisées dans les modèles zonaux de détermination du climat intérieur**

# Caractérisation aéraulique

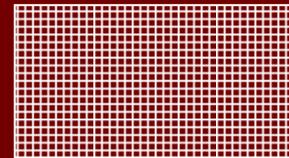
- Comportement dans un ouvrant:

Les pertes de charge s'ajoutent:

$$\Delta P_t = \Delta P_w + \Delta P_s = \left( \frac{1}{C_{dw}^2} + \frac{1}{C_{ds}^2} \right) \frac{1}{2} \rho u^2 = \left( \frac{1}{C_{dt}^2} \right) \frac{1}{2} \rho u^2$$



+



Pour un ouvrant  $C_{dw} \approx 0,6$  à  $0,7$

Si on connaît la valeur de  $C_{ds}$  on peut déterminer la perte de charge dans l'ouvrant ou plus pratiquement le débit d'air traversant le filet

# Implications

- Débit d'air dans un ouvrant:

Débit sans filet:  $Q_w$

Débit avec filet:  $Q_s$

Réduction relative du débit:  $\frac{Q_w - Q_s}{Q_w} = 1 - \frac{C_{dt}}{C_{dw}}$

Remède: augmentation de la section de l'ouvrant.

Coefficient multiplicateur:  $C_m = \frac{S_w}{S_s} = \frac{Q_w}{Q_s} = \frac{C_{dw}}{C_{dt}} = \frac{0.7}{C_{dt}}$



*Ne prend pas en compte l'effet du filet sur la turbulence de l'air traversant l'ouvrant*

# Implications

- **Détermination du climat distribué par CFD:**
  - ✓ **Permet de déterminer avec une bonne définition spatiale les paramètres climatiques à l'intérieur d'une serre:**
  - ✓ **Permet de quantifier les conséquences de la présence de filets dans les ouvrants (milieux poreux)**
  - ✓ **Permet de simuler des configurations d'ouvrants permettant de retrouver de bonnes conditions de ventilation.**

# Implications

- **Quelques résultats (Teitel, 2007):**
  - ✓ **Différence de température avec l'extérieur**
  - ✓ **Différence d'humidité avec l'extérieur**
  - ✓ **Variation du coefficient de débit**
  - ✓ **Vitesse de l'air à l'intérieur**
  - ✓ **Taux de renouvellement d'air**

Summary of the effect of porosity on air temperature and humidity differences,  $C_d C_w^{0.5}$ , air velocity within the greenhouse and ventilation rate

Author	$\varepsilon$	Effect on temperature	Effect on humidity	Effect on $C_d C_w^{0.5}$	Effect on air velocity	Effect on ventilation
Bartzanas et al. (2002)	0.5	$\Delta T_{sw}/\Delta T_w = 2.33$			$u_{sw}/u_w = 0.5$	$N_{sw}/N_w = 0.5$
Campen and Bot (2003)	0.34					$N_{sw}/N_w = 0.7$
Campen (2005)	0.26					$N_{sw}/N_w = 0.45^a$
	0.34					$N_{sw}/N_w = 0.62^a$
Fatnassi et al. (2002)	0.19	$\Delta T_{sw} = a \Delta T_w + b$ ( $a = 4.78, b = 4.54$ )				
	0.56	$\Delta T_{sw} = a \Delta T_w + b$ ( $a = 2.41, b = 1.7$ )				
	0.69			$(C_d C_w^{0.5})_{sw}/(C_d C_w^{0.5})_w$ $= 0.53$		
Fatnassi et al. (2003)	0.19	$\Delta T_{sw} = 5.5 \Delta T_w^b$	$\Delta \omega_{sw} = 11 \Delta \omega_w^b$		$u_{sw}/u_w = 0.36^b$	
	0.56	$\Delta T_{sw} = 4 \Delta T_w^b$	$\Delta \omega_{sw} = 9.5 \Delta \omega_w^b$		$u_{sw}/u_w = 0.55^b$	
	0.69	$\Delta T_{sw} = 1.5 \Delta T_w^b$	$\Delta \omega_{sw} = 2 \Delta \omega_w^b$		$u_{sw}/u_w = 0.62^b$	
Fatnassi et al. (2006)	0.2	$\Delta T_{sw} = 3 \Delta T_w$	$\Delta \omega_{sw} = 3.2 \Delta \omega_w$			
	0.41	$\Delta T_{sw} = 2.1 \Delta T_w$	$\Delta \omega_{sw} = 2 \Delta \omega_w$			
Katsoulas et al. (2006)	0.5			$(C_d C_w^{0.5})_{sw}/(C_d C_w^{0.5})_w$ $= 0.67$		$N_{sw}/N_w = 0.73^c$
Kittas et al. (2002)	0.6			$(C_d C_w^{0.5})_{sw}/(C_d C_w^{0.5})_w$ $= 0.47$		
Kittas et al. (2006)	0.5	$\Delta T_{sw} = 1.67 \Delta T_w$			$u_{sw}/u_w = 0.35$	
Molina-Aiz et al. (2005)	0.29				$u_{sw}/u_w = 0.54$	
	0.39				$u_{sw}/u_w = 0.71$	
Molina-Aiz et al. (2004)	0.39					$N_{sw}/N_w = 0.5$
Munoz et al. (1999)	0.45			$C_d C_w^{0.5} = 0.114 - 0.191^d,$ $C_d C_w^{0.5} = 0.087 - 0.123^e$		
Pérez Parra et al., 2004	0.39					$N_{sw}/N_w = 0.63$
Teitel et al., 1999	0.355			$C_d C_w^{0.5} = 0.043$		
Teitel, 2001	0.355	$\Delta T_{sw} = 4 \Delta T_w$	$\Delta \omega_{sw} = 2.1 \Delta \omega_w$			
	0.629	$\Delta T_{sw} = 2.5 \Delta T_w$	$\Delta \omega_{sw} = 1.5 \Delta \omega_w$			

<sup>a</sup> Average value from four different greenhouse configurations, subject to leeward and windward ventilation.

<sup>b</sup> At the top of the crop.

<sup>c</sup> Calculated from a model.

<sup>d</sup> For lateral spans.

<sup>e</sup> For central spans.

# Implications

## ■ Quelques résultats (Fatnassi *et al.*, 2006):

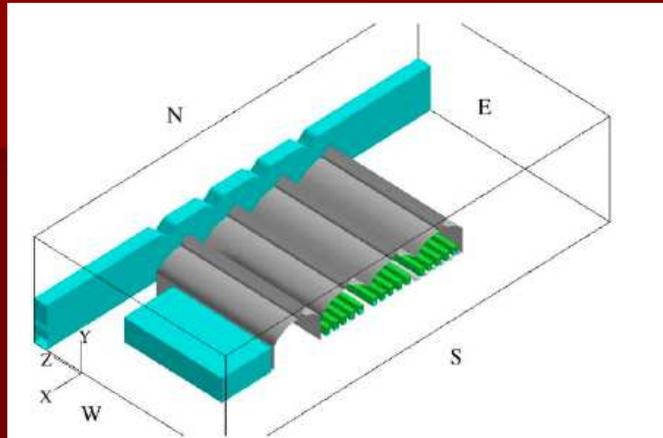


Fig. 1. Schematic view of the greenhouse, with the rose rows (porous medium in green colour) and its surroundings: a hedge to the north (porous medium in blue colour) and a low building (blockage in blue colour) in the west

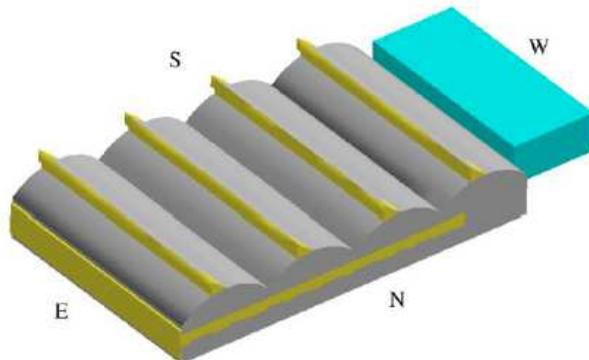
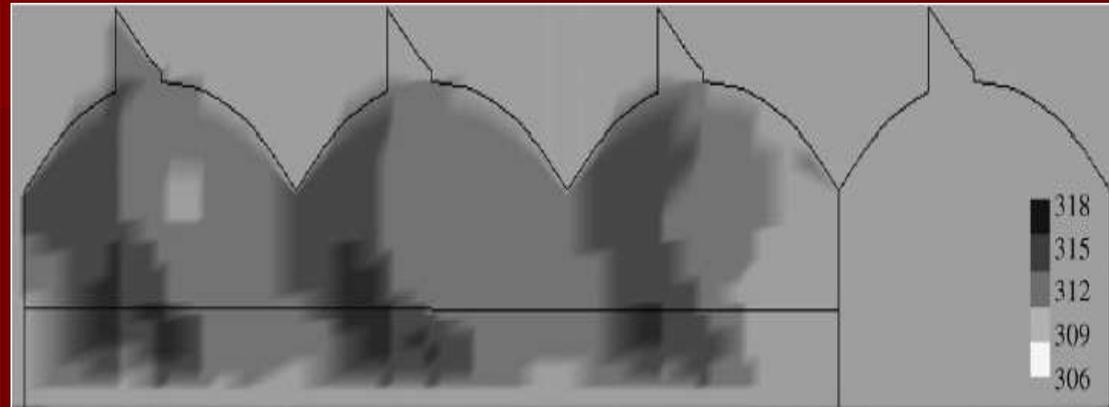
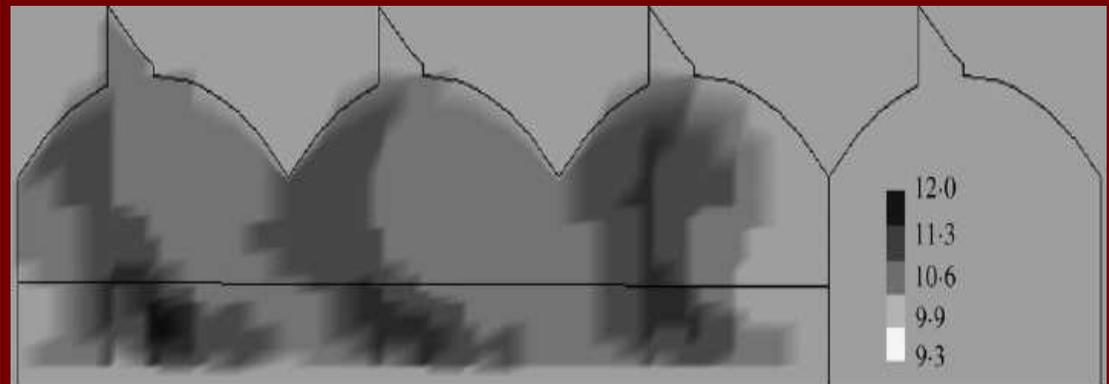


Fig. 2. Scheme of the nets (yellow colour) on the different openings of the greenhouse

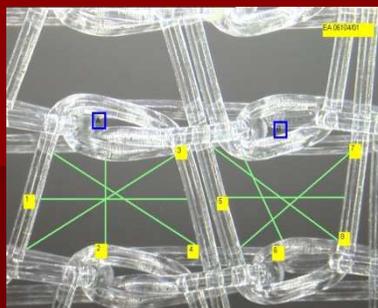


Température simulée dans la serre avec filets (K)

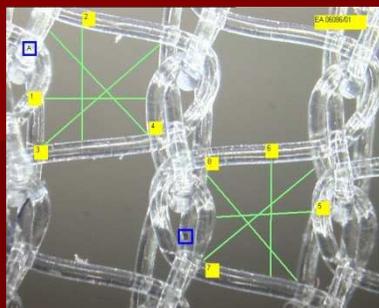


Humidité simulée dans la serre avec filets (g/kg)

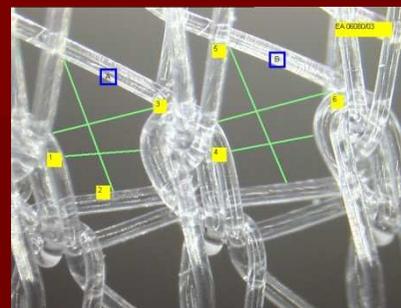
# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®



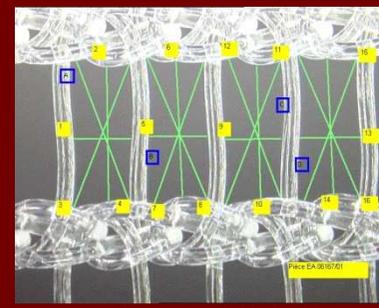
Filet EA 0610401  
Ø fil : 80 µm



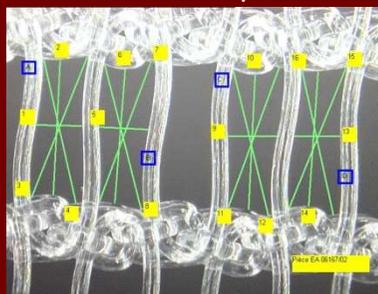
Filet EA 0608601  
Ø fil : 80 µm



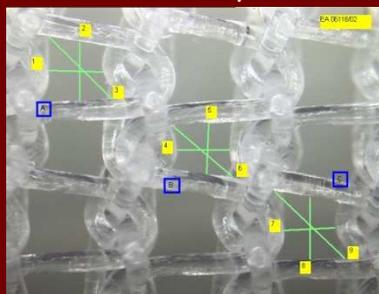
Filet EA 0608603  
Ø fil : 100 µm



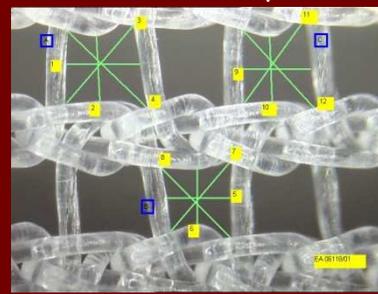
Filet EA 0616701  
Ø fil : 80 µm



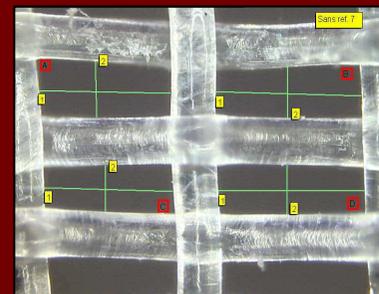
Filet Ultravent  
Ø fil : 100 µm



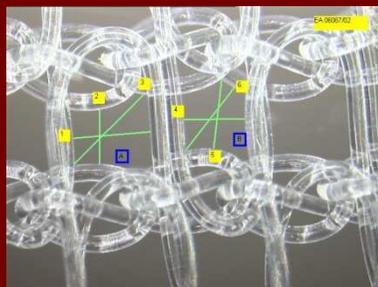
Filet EA 0611802  
Ø fil : 100 µm



Filet EA 0611801  
Ø fil : 100 µm



Filet Anti Bemisia « Témoin »  
Ø fil : 220 µm



Filet EA 0606702  
Ø fil : 100 µm

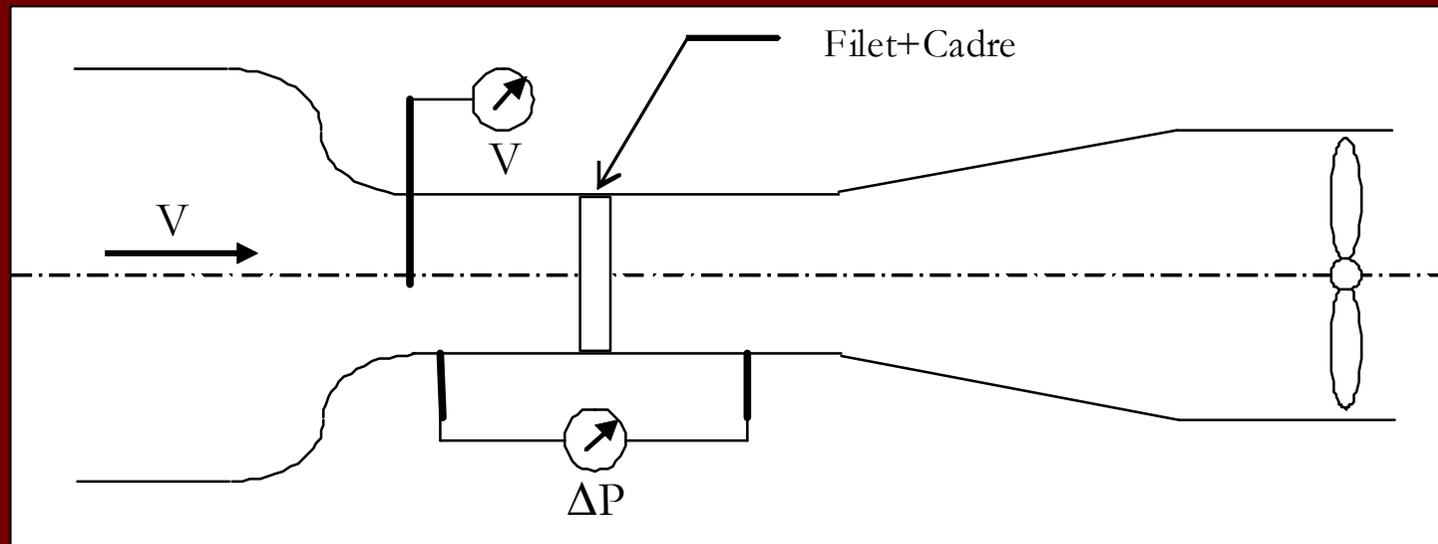
## Structure des différents filets testés

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

## ■ Caractérisation physique :

N° Filet	Petite Dimension (mm)	Grande Dimension (mm)	Diagonale (mm)	Surface trous (mm <sup>2</sup> )	Matière	Diamètre fil (mm)
EA0610401	0.321	0.730	0.25	0.230	PP	0.08
EA0608601	0.551	0.592	0.27	0.326	PP	0.08
EA0608003	0.422	0.754	0.30	0.318	PE	0.1
EA0616701	0.330	0.722	0.31	0.238	PP	0.08
ULTRAVENT	0.267	0.734	0.34	0.195	PE	0.1
EA0611802	0.294	0.317	0.40	0.092	PE	0.1
EA0611801	0.342	0.383	0.40	0.131	PE	0.1
TEMOIN	0.269	0.782	0.45	0.210	PE	0.22
EA0606702	0.388	0.341	0.46	0.132	PE	0.1

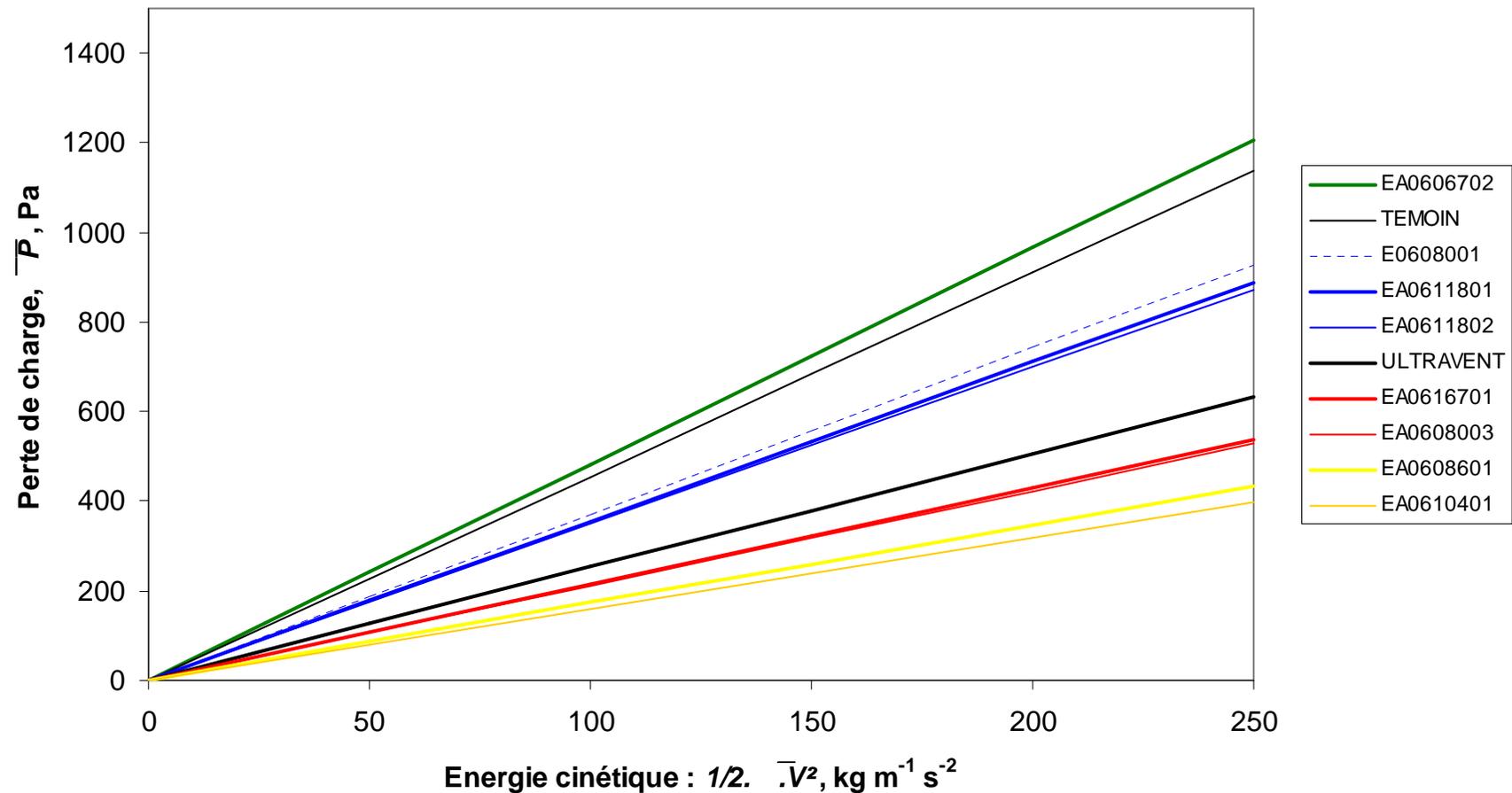
# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®



Dispositif expérimental (soufflerie)

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

Comportement dynamique comparé des filets



# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

## ■ Caractérisation aéraulique :

N° Filet	Coefficient de perte de charge	Coefficient de débit	Diminution du débit ouvrant %	Coefficient multiplicateur
EA0610401	1.59	0.79	25	1.34
EA0608601	1.74	0.76	27	1.37
EA0608003	2.11	0.69	30	1.43
EA0616701	2.14	0.68	31	1.44
ULTRAVENT	2.52	0.63	34	1.50
EA0611802	3.49	0.54	40	1.66
EA0611801	3.56	0.53	40	1.67
TEMOIN	4.56	0.47	45	1.81
EA0606702	4.83	0.46	46	1.85

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

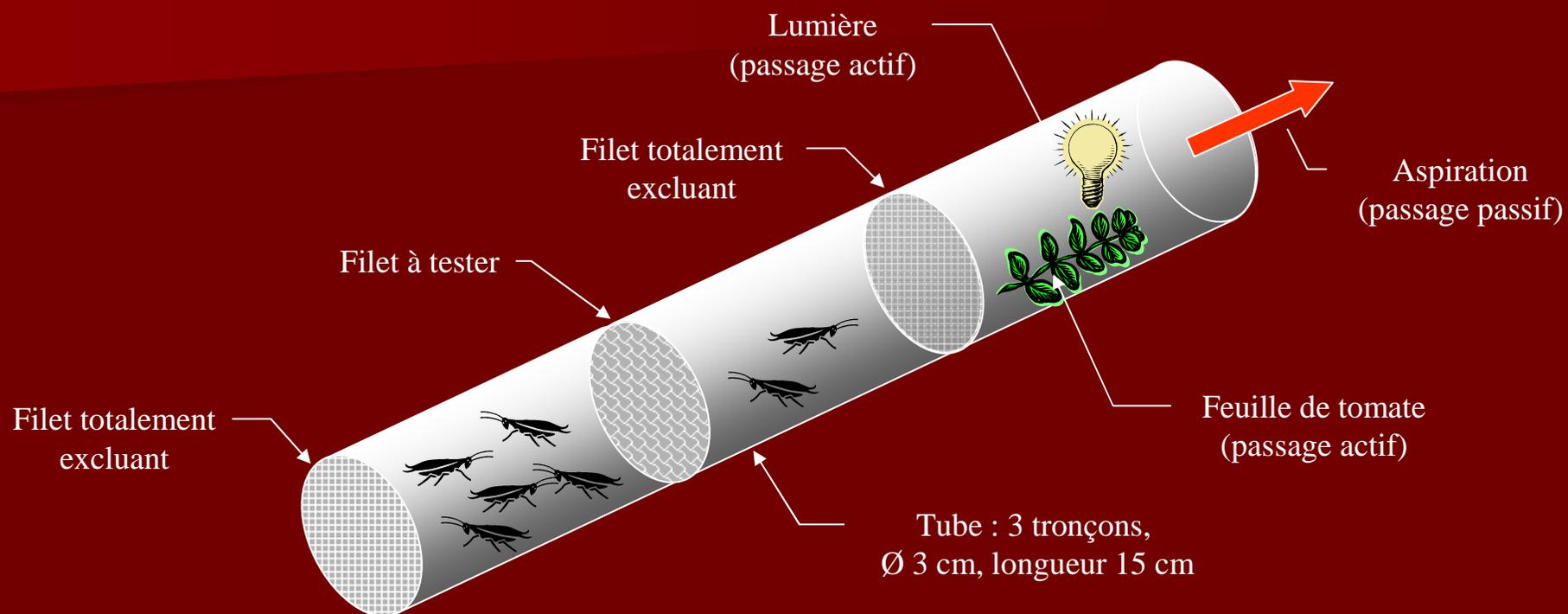
## ■ Performances d'exclusion :

Nom scientifique	Diamètre thorax ( $\mu\text{m}$ )	Longueur ( $\mu\text{m}$ )
Trialeurodes vapor.	290	1290
Bemisia argent.	240	1070
Aphis goph.	350	2340
Frankliniella occid.	210	1320

Dimensions caractéristiques des insectes

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

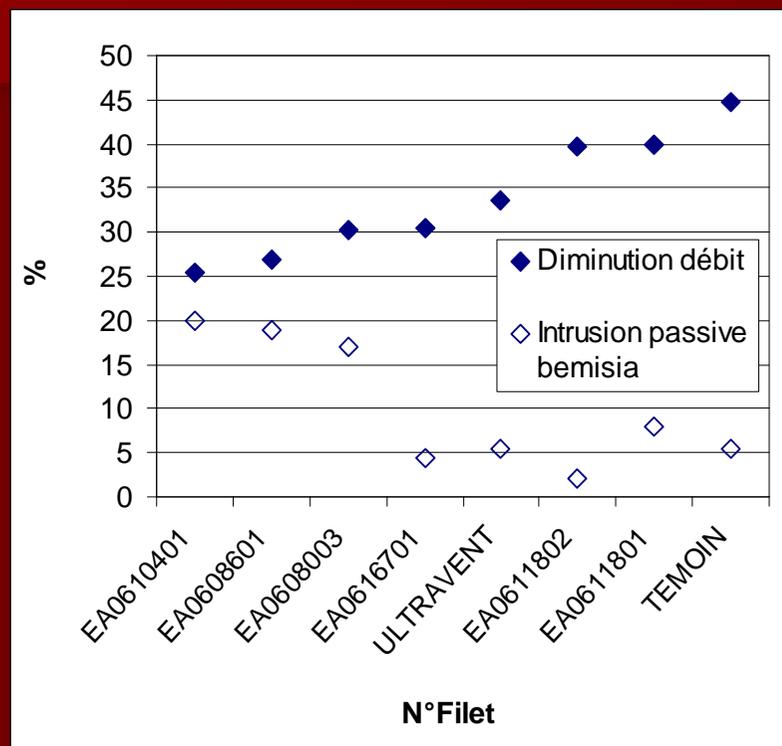
## ■ Performances d'exclusion (CBGP Montpellier) :



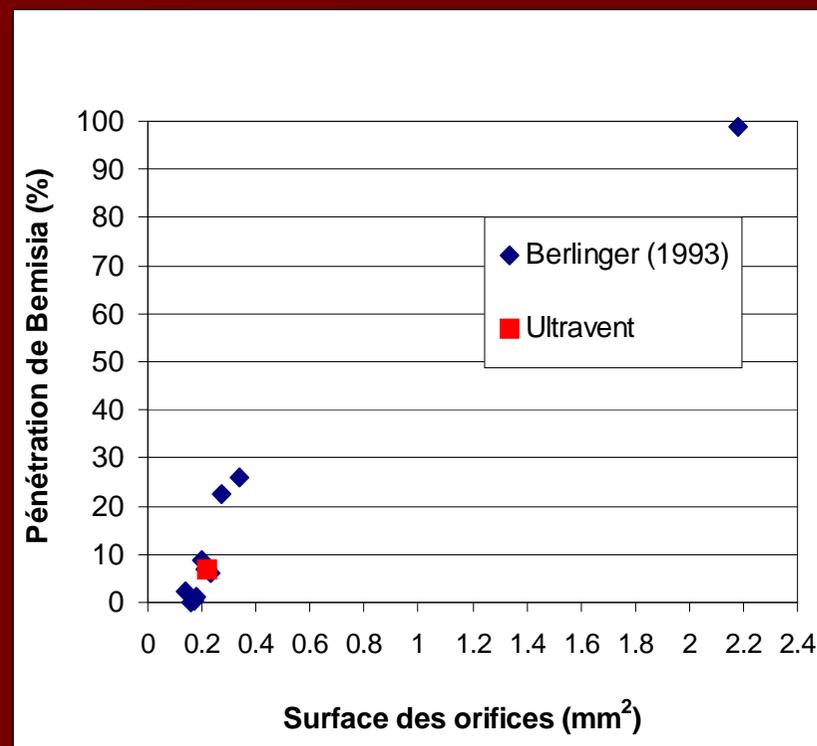
Dispositif de test de traversée des filets

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent®

## ■ Performances d'exclusion (*Bemisia*) :



Pourcentage d'intrusion en mode passif pour *Bemisia Tabaci* + Pourcentage de diminution du débit

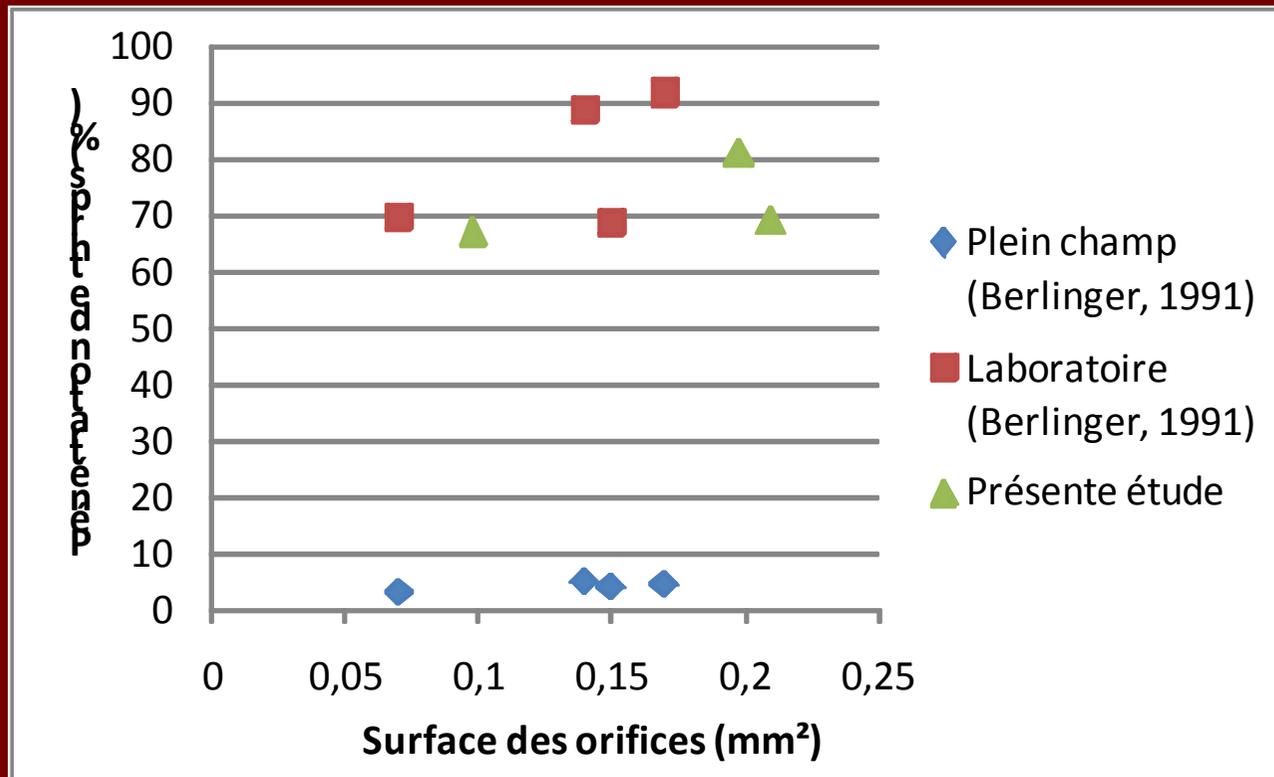


Pourcentage d'intrusion en mode actif pour *Bemisia Tabaci*. Comparaison avec des filets tissés

# Exemple de caractérisation : le filet Ultravent<sup>®</sup>

## ■ Performances d'exclusion (thrips)

### Comparaison entre des filets 22 X 10; 21 X 17 et Ultravent



# Conclusions

- **Caractérisation aéraulique d'un filet difficile seulement avec les caractéristiques dimensionnelles**
- **Nécessité de prendre en compte les caractéristiques mécaniques**
- **Compromis possible entre les propriétés d'exclusion et la diminution du débit dans les ouvrants**
- **Difficulté d'assurer l'exclusion des populations de thrips**
- **Contraintes de fabrications**

**Merci de votre attention !**

# Références

**Berlinger M.J., Mordechi S., Leeper, A., 1991.** Application of screens to prevent whitefly penetration into greenhouses in the Mediterranean basin. *IOBC/WPRS Bull.* 105-110.

**Berlinger M.J., Lebius Mordechi S, Fridja D, Mor N., 1993.** The effects of types of greenhouse screens on the presence of western flower thrips: a preliminary study. *IOBC/WPRS Bull.* 16 (2), 13-16.

**Fatnassi H., Boulard T., Poncet C., Chave M., 2006.** Optimisation of greenhouse insect screening with computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering* 93, 301-312.

**Teitel M., 2007.** Review paper: The effect of screened openings on greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 143, 159-175