

Anh Dung **TRAN LE**^{1*}, Omar **DOUZANE**¹, Geoffrey **PROMIS**¹, Benoit **ROCQ**², Laurent **LAHOUCHE**¹, Thierry **LANGLET**¹

¹LTI, EA 3899 – Université de Picardie Jules Verne, France

²ATMO Hauts de France, 22 Boulevard Michel Strogoff, 80440 Boves, France

Résumé

- Etude de l'influence d'un système de ventilation dont le débit est fonction de l'humidité relative et de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) sur la performance hygrothermique et la qualité de l'air (QAI) d'un local en béton de chanvre.
- Développement d'un modèle couplé de transfert de chaleur et d'humidité dans l'enveloppe avec la ventilation à la demande du bâtiment pour prédire la QAI et le besoin énergétique dans l'environnement de simulation SPARK (Simulation Problem Analysis and Research Kernel).

Modèle Physique

Bilan d'humidité

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)$$

Conditions aux limites (en x=0 et x=L) pour le bilan d'humidité

$$-\rho_l \left(D_T \frac{\partial T}{\partial x} + D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=0,e} = h_{M,e} (\rho_{ve,a,e} - \rho_{ve,s,e})$$

$$-\rho_l \left(D_T \frac{\partial T}{\partial x} + D_\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=L,i} = h_{M,i} (\rho_{ve,s,i} - \rho_{ve,a,i})$$

Bilan d'énergie

$$\rho_0 C_p m \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{app} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + L_v \rho_l \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(D_{T,v} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{\theta,v} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \right)$$

Conditions aux limites (en x=0 et x=L) pour le bilan d'énergie

$$-\lambda_{app} \frac{\partial T}{\partial x} - L_v \rho_l \left(D_{T,v} \frac{\partial T}{\partial x} + D_{\theta,v} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=0,e} = h_{T,e} (T_{a,e} - T_{s,e}) + L_v h_{M,e} (\rho_{ve,a,e} - \rho_{ve,s,e}) + \Phi_{ray,e}$$

$$-\lambda_{app} \frac{\partial T}{\partial x} - L_v \rho_l \left(D_{T,v} \frac{\partial T}{\partial x} + D_{\theta,v} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \Big|_{x=L,i} = h_{T,i} (T_{s,i} - T_{a,i}) + L_v h_{M,i} (\rho_{ve,s,i} - \rho_{ve,a,i}) - \Phi_{ray,i}$$

Modèle de la prédiction de CO₂

$$V \frac{\partial C}{\partial t} = Q [C_o(t) - C(t)] + G(t)$$

Bilan d'humidité et d'énergie de l'ambiance

$$\rho_i C_p V \frac{\partial T}{\partial t} = \Phi_{West} - \Phi_{East} + \Phi_{South} - \Phi_{North} + \Phi_{Bottom} - \Phi_{Top} + \Phi_{Source}$$

$$V \frac{\partial \rho_i}{\partial t} = Q_{mWest} - Q_{mEast} + Q_{mSouth} - Q_{mNorth} + Q_{mBottom} - Q_{mTop} + Q_{mSource}$$

Pourcentage d'insatisfaits de l'odeur corporelle (PD)

$$PD_{Odor} = 395 * \exp[-17.55 * (C_{in} - C_{out})^{-0.25}]$$

Solution numérique

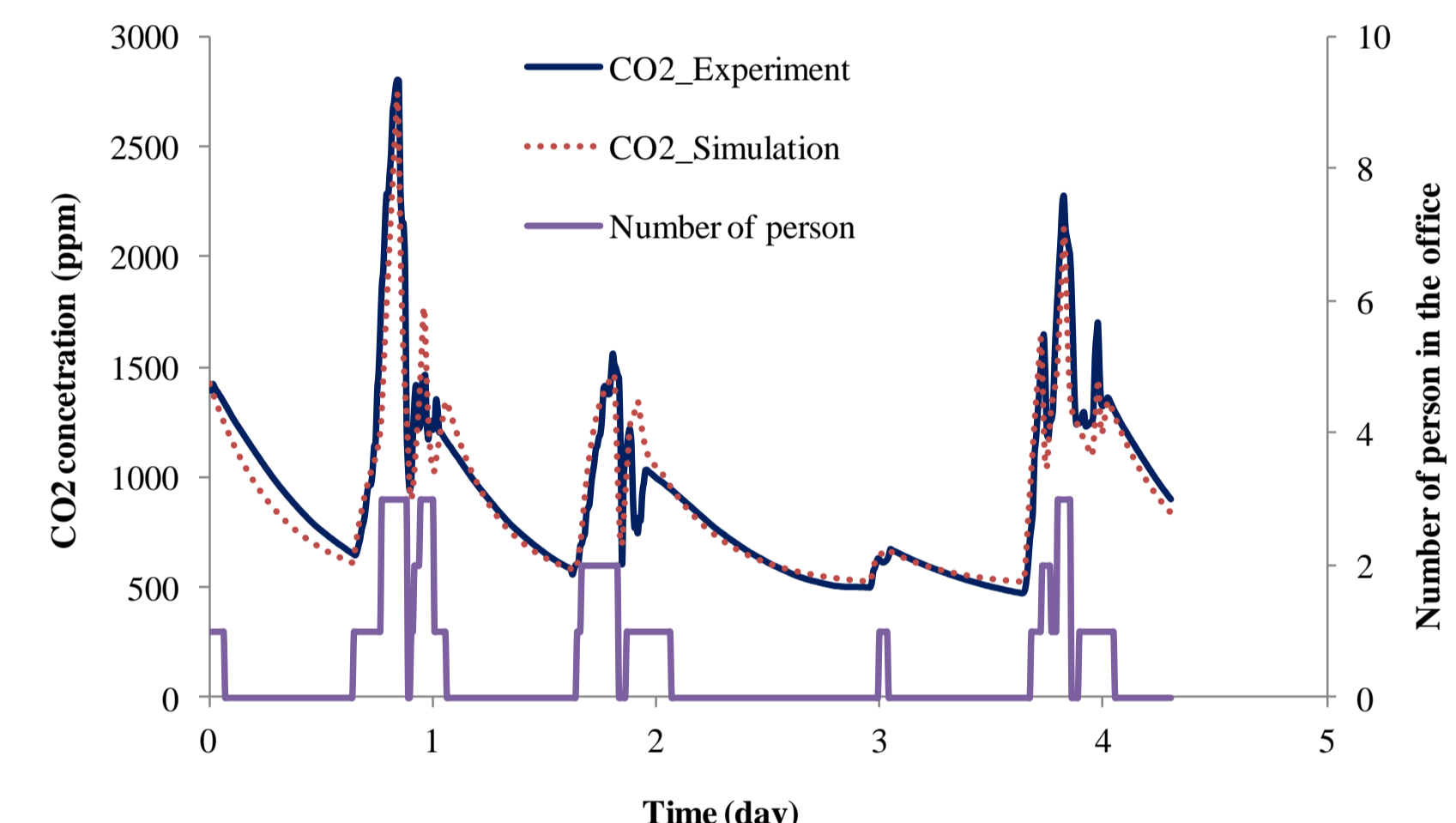
- Méthode des différences finies avec un schéma implicite
- Equations implémentées dans l'environnement de simulation SPARK

Validation du modèle de la qualité de l'air

- Débit de ventilation pendant la période occupée et inoccupée: 6 and 18 m³/h
- Débit du à l'ouverture de la fenêtre calculé par «trace gas decay technique method»



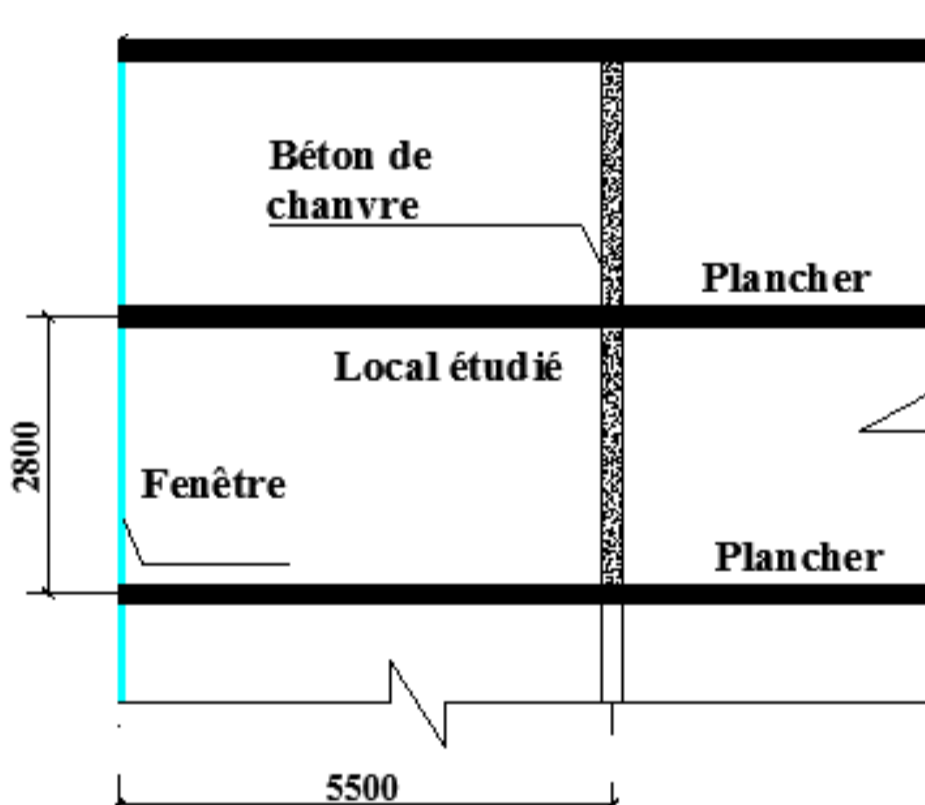
Qtrack pour mesurer QAI dans le bureau du directeur adjoint de l'ATMO Hauts de France (Amiens, France)



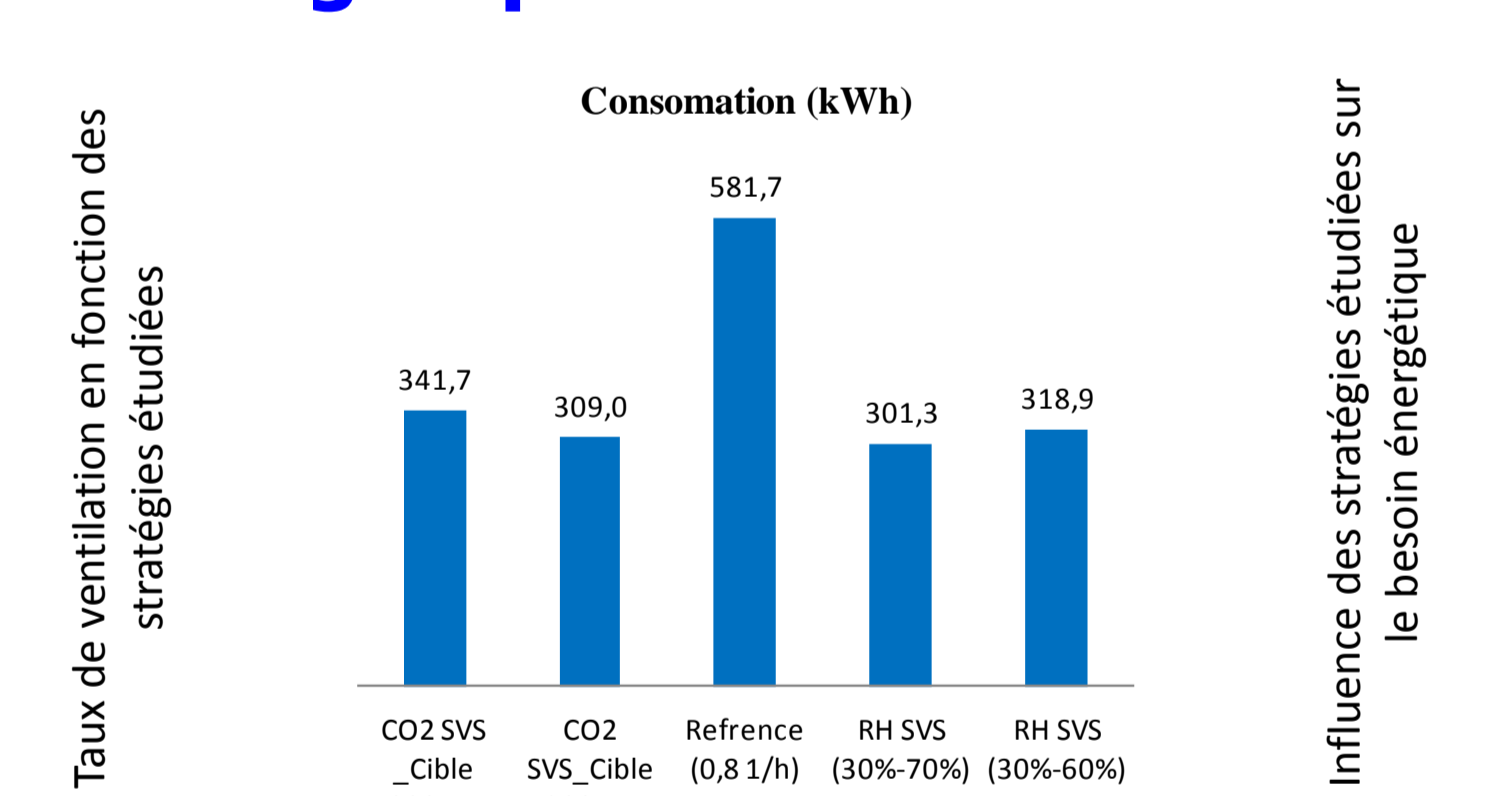
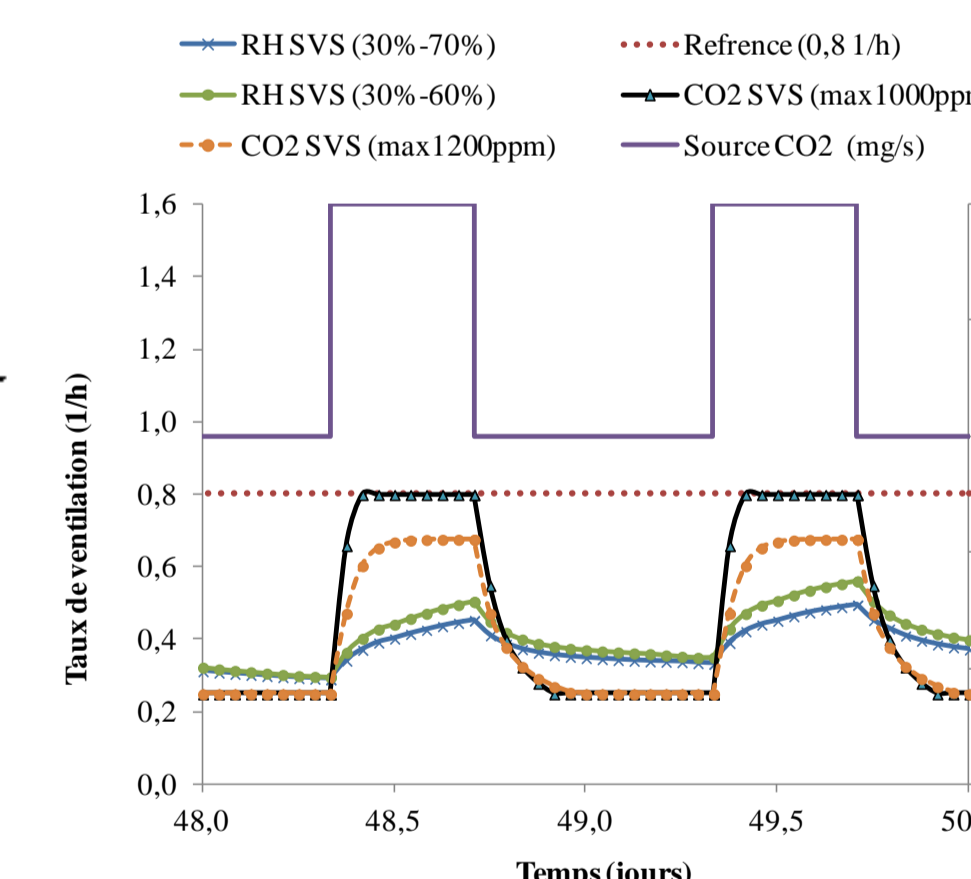
Résultats

Description de la pièce étudiée et condition de simulation

- Pièce avec un volume de 62 m³
- Pièce occupée par 2 personnes (une source de CO₂ 20 mg/s) de 8h à 17h.
- Température de consigne: 19°C
- Concentration de CO₂ extérieure: 400 ppm
- Données météorologiques: trois mois de l'hiver de Nancy

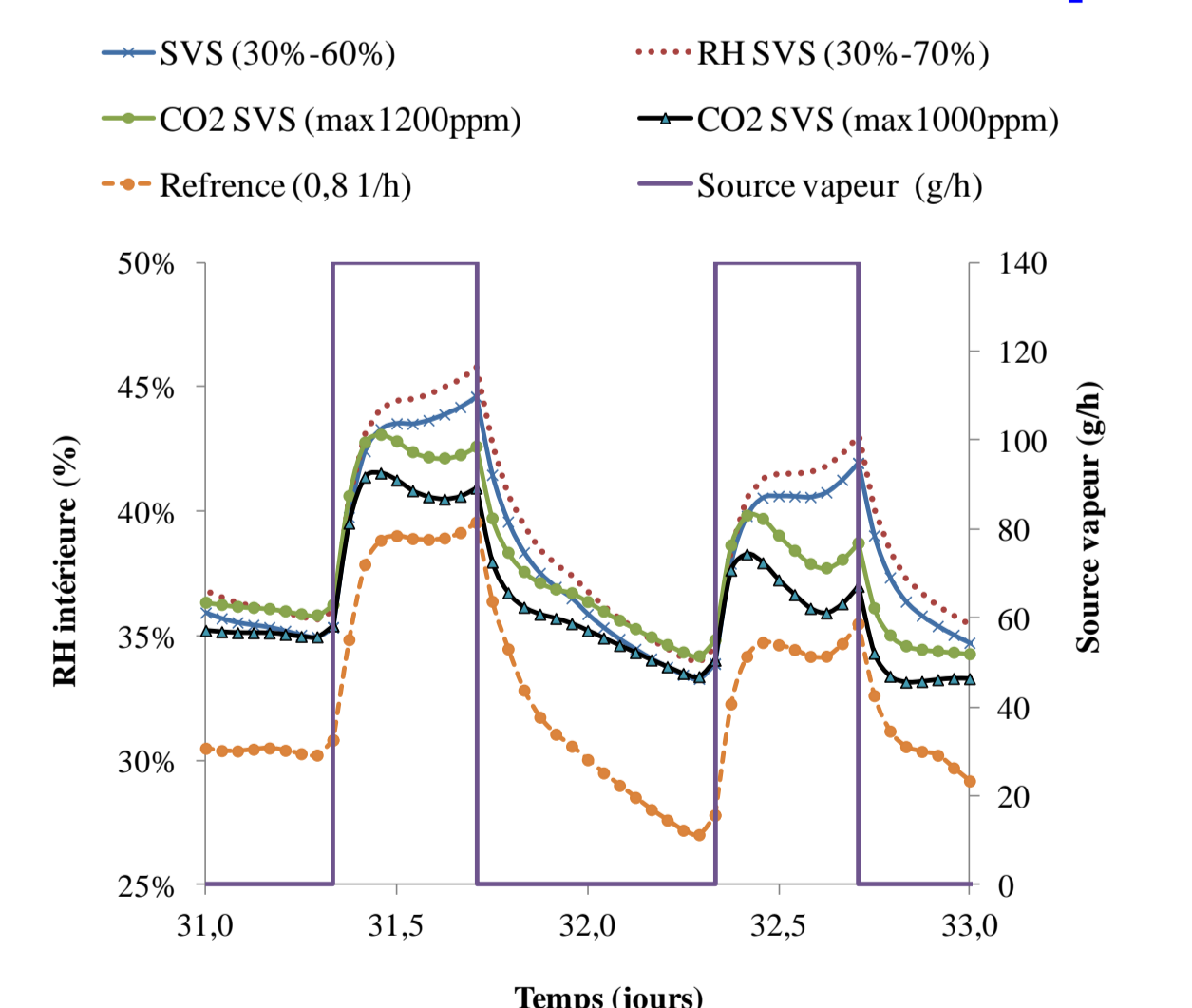
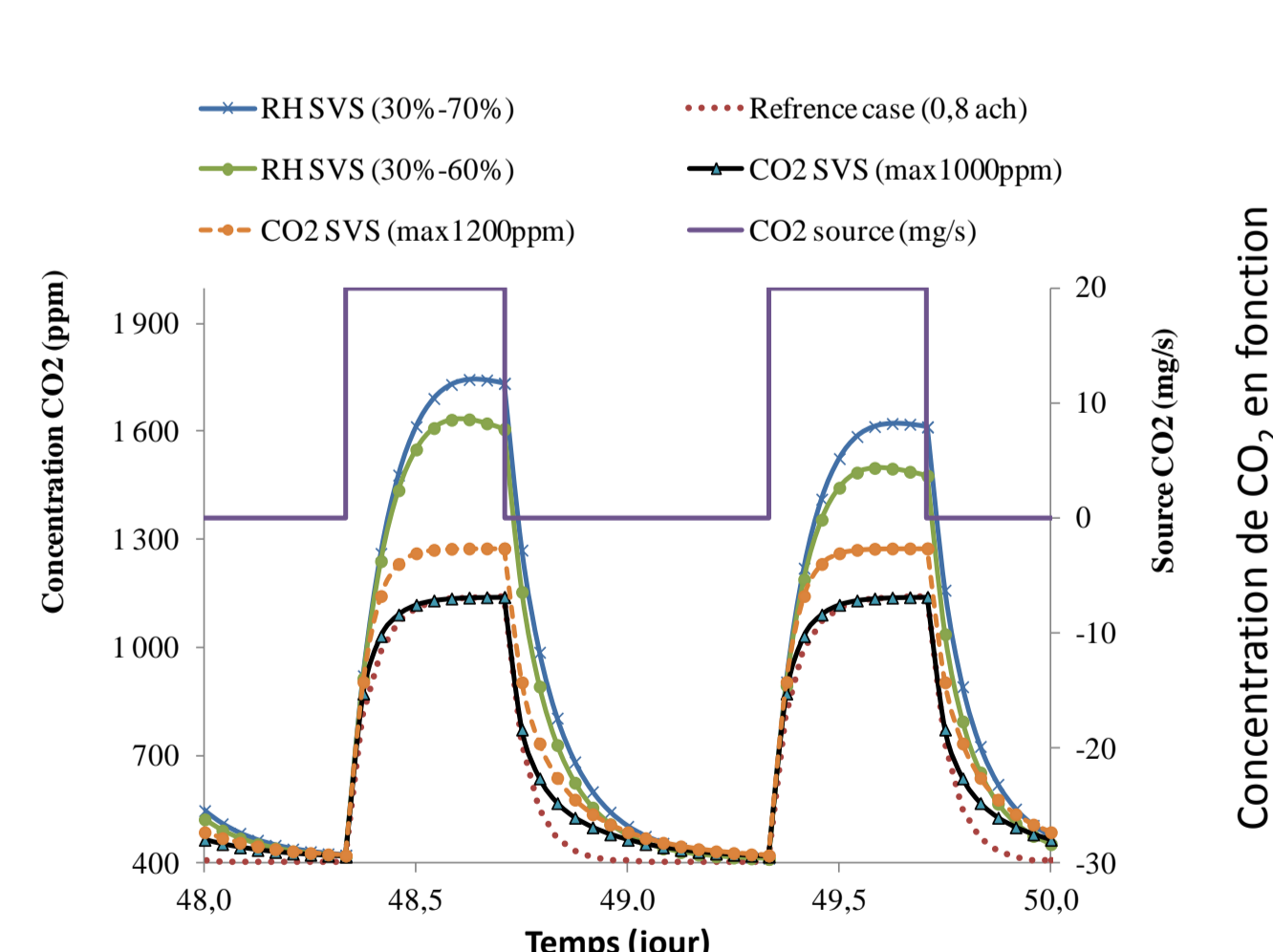


Influence de la ventilation à la demande sur le taux de ventilation et besoin énergétique

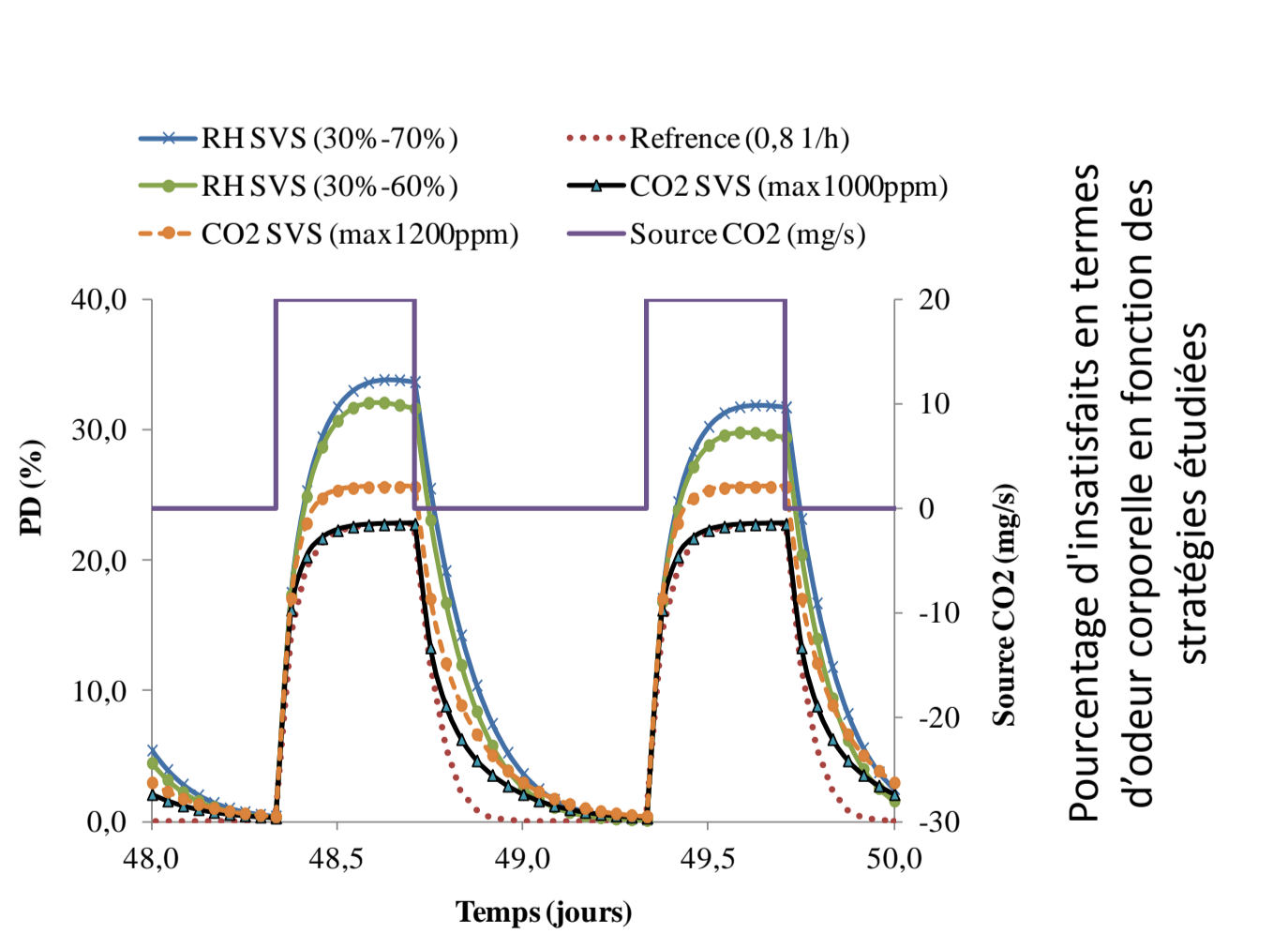


Influence des stratégies étudiées sur le besoin énergétique

Influence de la ventilation à la demande sur la qualité de l'air intérieur et PD

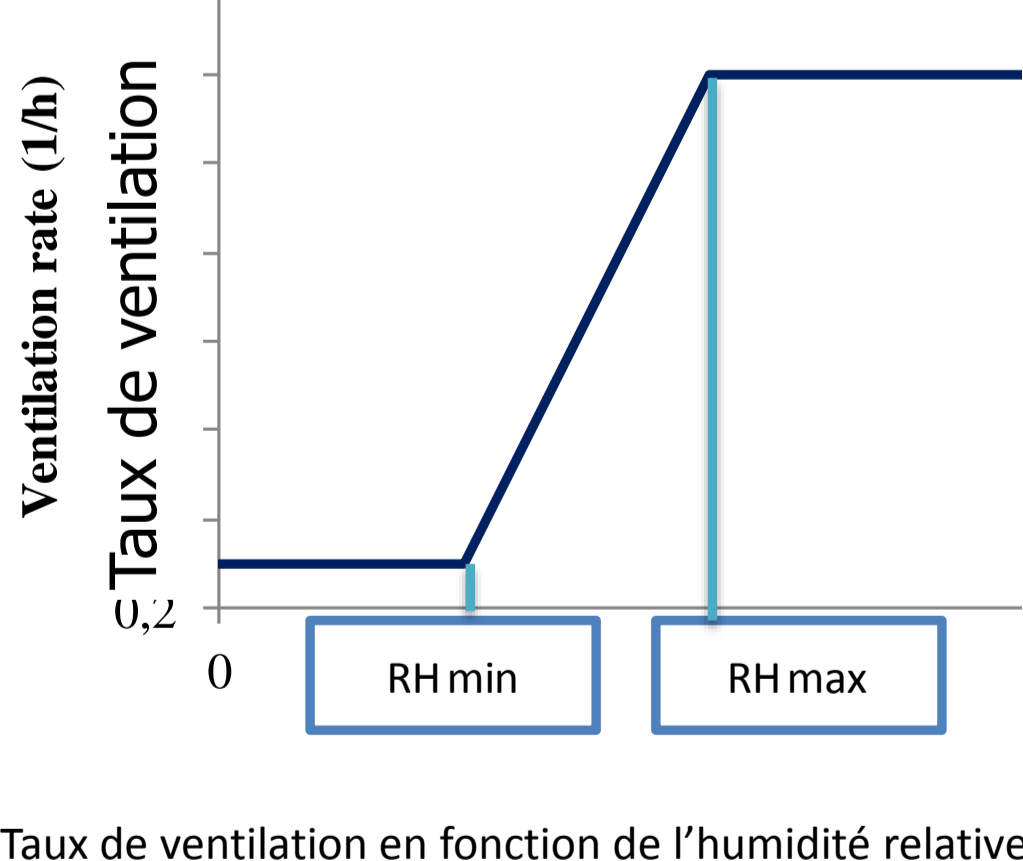
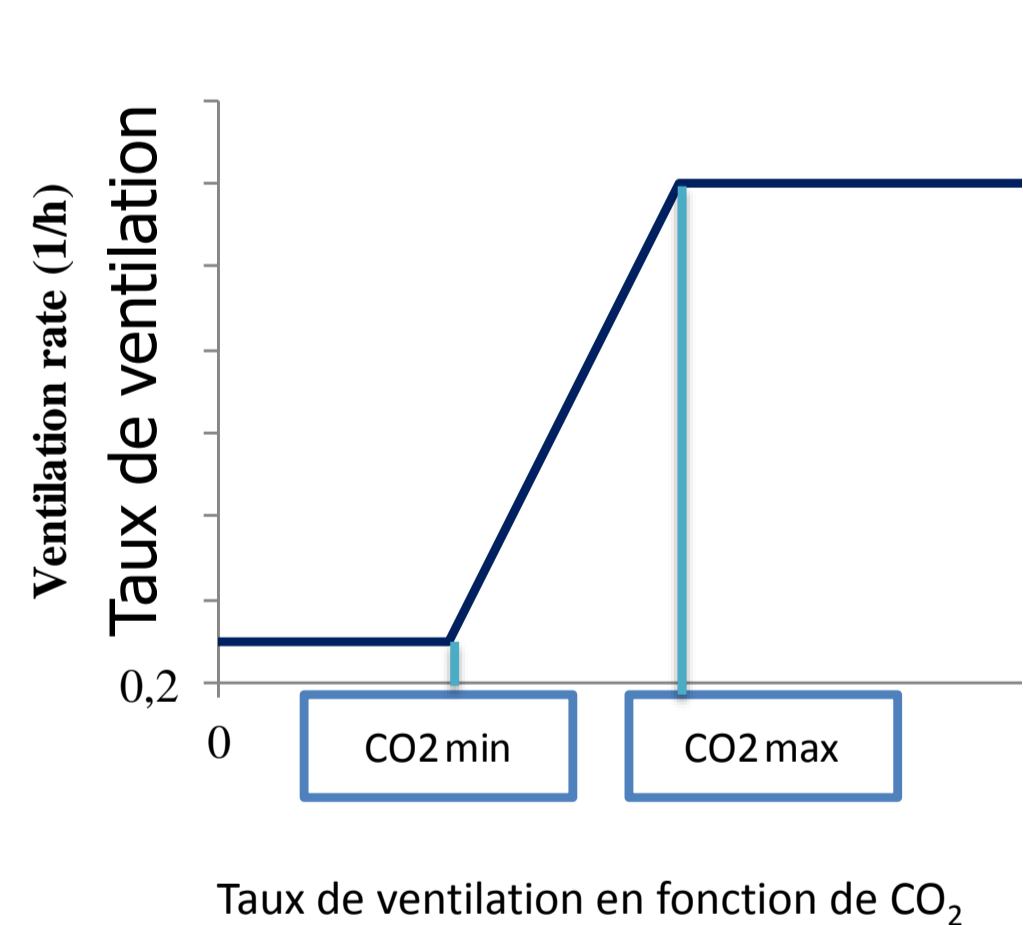


Humidité relative intérieure en fonction des stratégies étudiées



Pourcentage d'insatisfaits en termes d'odeur corporelle en fonction des stratégies étudiées

Ventilation sensible à la concentration de CO₂ (CO₂ SVS) ou à l'humidité relative (RH SVS)



Conclusions

- ❖ La ventilation à la demande permet de réduire la consommation énergétique.
- ❖ Par rapport au cas dont le taux de ventilation est constant, le système de ventilation à la demande peut réduire la consommation d'énergie d'environ 48% sans dégrader la qualité de l'air intérieur.
- ❖ Grâce à la capacité de régulation tampon hygrique du béton de chanvre, le système de ventilation sensible à l'humidité relative conduit à une consommation énergétique plus faible (environ 6,7%).
- ❖ Le système de ventilation sensible au CO₂ augmente le pourcentage de satisfaits en termes d'odeur corporelle (PD passe de 34 % à 23 %).