



Modélisations numériques 2D/3D d'un échangeur air-sol validées par des relevés expérimentaux.

Geoffroy CHARDOME (1*) & Veronique FELDHEIM (2)

Introduction

L'échangeur air-sol ou puits canadien utilise la capacité thermique de la terre, pour amortir et déphaser la variation périodique de la température extérieure afin de permettre la ventilation hygiénique d'un bâtiment tout en limitant sa consommation énergétique. Cette étude reprend une analyse systématique de modèles numériques dans laquelle les résultats des modèles 2D ont été comparés à des modèles 3D ainsi qu'aux données récoltées sur une installation existante.

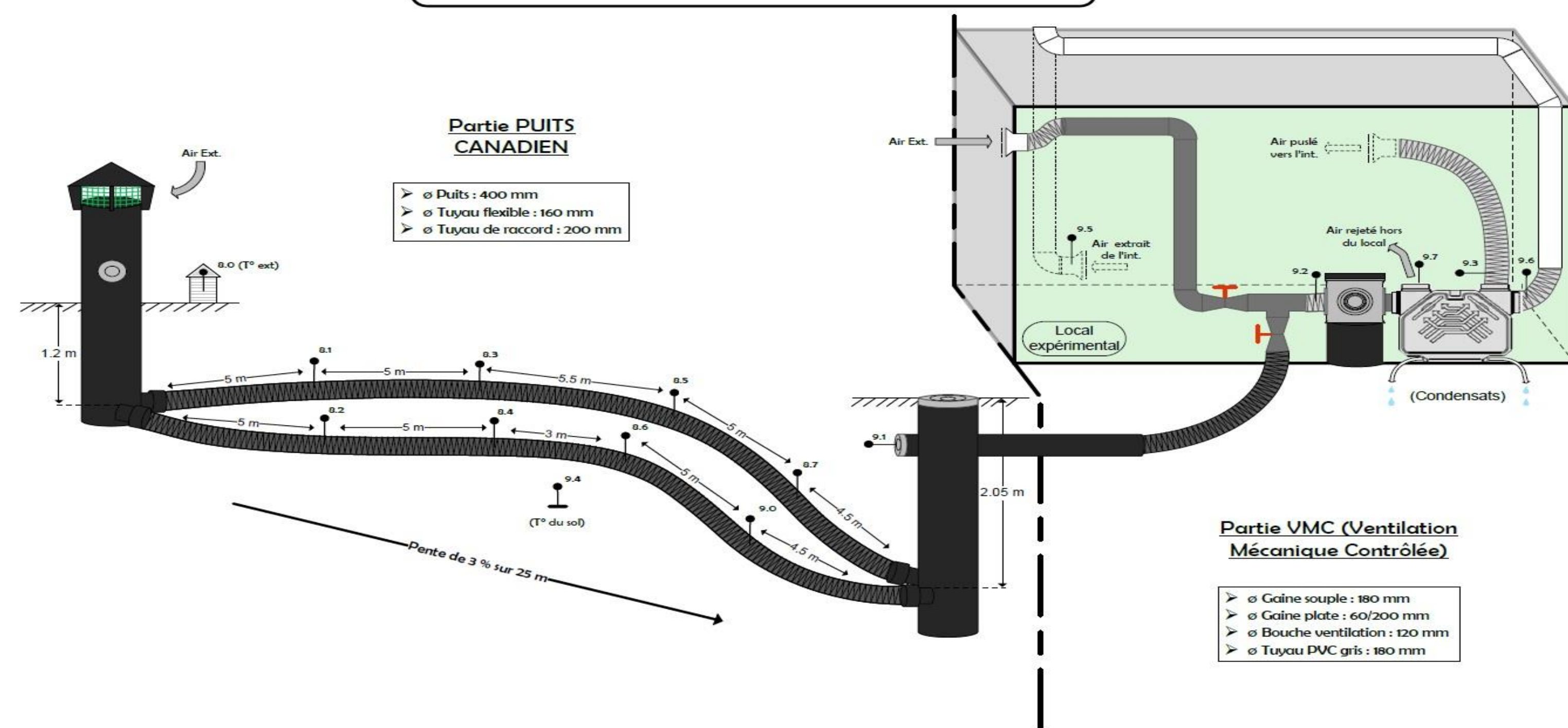
Etude

Dispositif expérimental

- Pas de temps : 15 minutes
- Mesures :
 - température extérieure ;
 - température du sol (profondeur de 2m) ;
 - températures dans chacun des tuyaux tous les 5m ;
 - température en sortie du puits.
- Caractéristiques physiques du sol – remblai sablo-caillouteux :

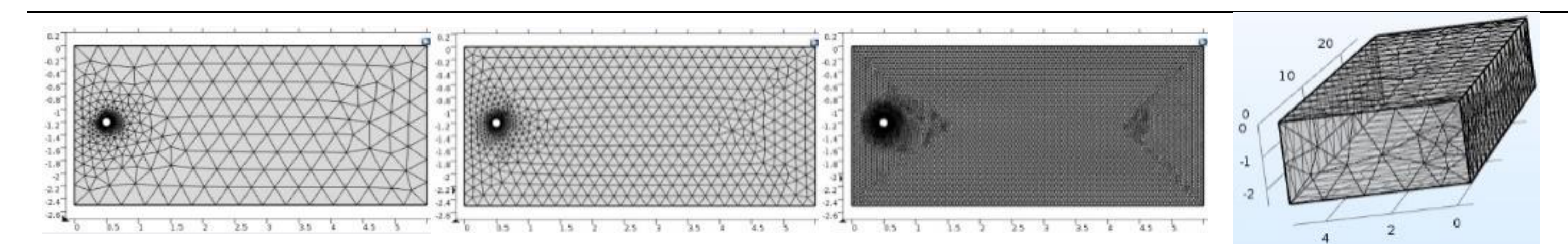
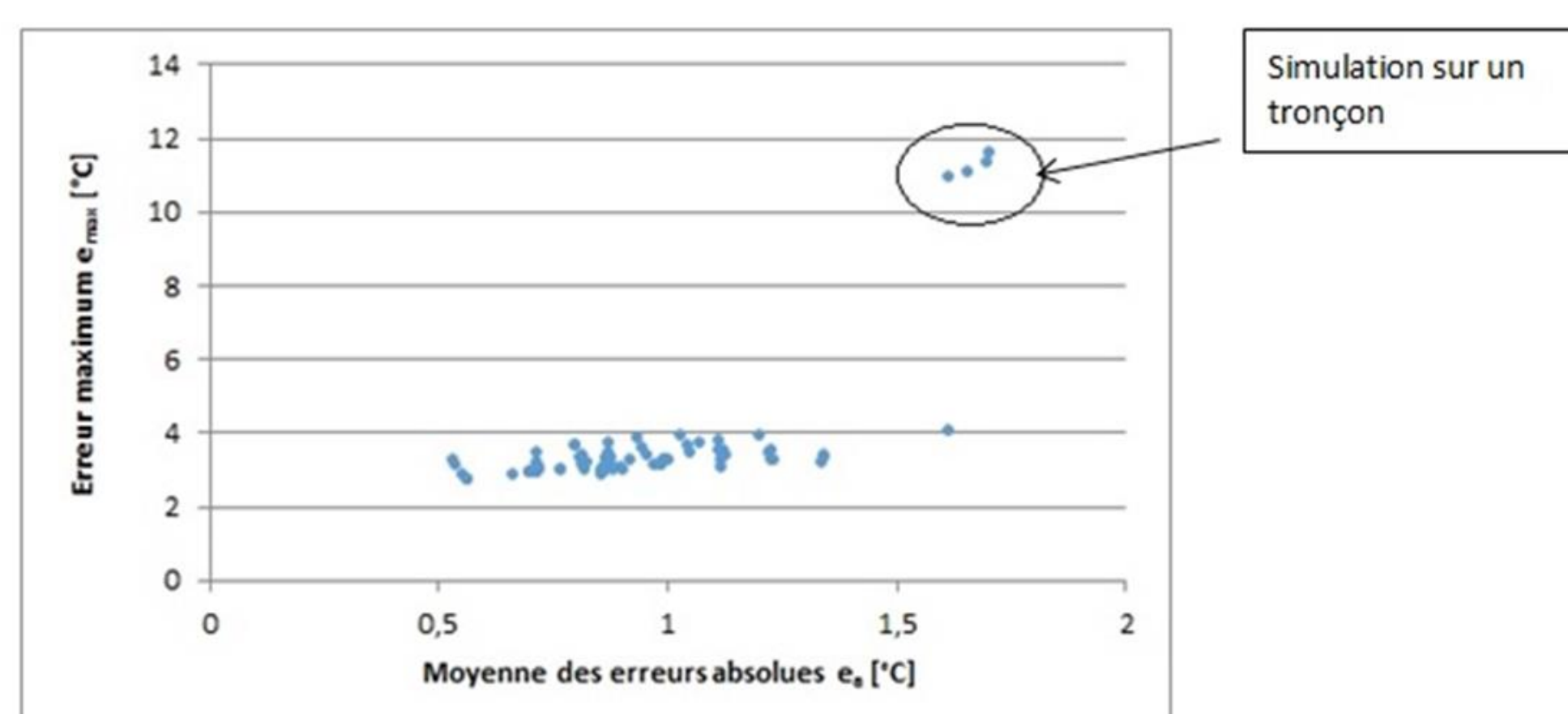
	c	ρ	λ	a	ε
Sol	$1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	1800 kg.m^{-3}	$0,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	$3,222.10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$	0,95

SYSTÈME DE VMC AVEC ENTREE D'AIR FRAIS PAR PUIITS CANADIEN OU PAR PRISE DIRECTE



Résultats et interprétation

- Etude de sensibilité :
 - Discrétisation du puits ;
 - Pente du puits de 3% ;
 - Caractéristiques du sol ;
 - Profondeur de la nappe phréatique ;
 - Température de la nappe phréatique ;
 - Coefficient de convection au niveau du tube ;
 - Coefficient de convection au niveau du sol ;
 - Maillage.



- Analyse via la moyenne des erreurs absolues suivant la formule : $e_a = \frac{\sum_{i=1}^{8760} |T_{mesurée\ i} - T_{simulée\ i}|}{8760}$.

Conclusion

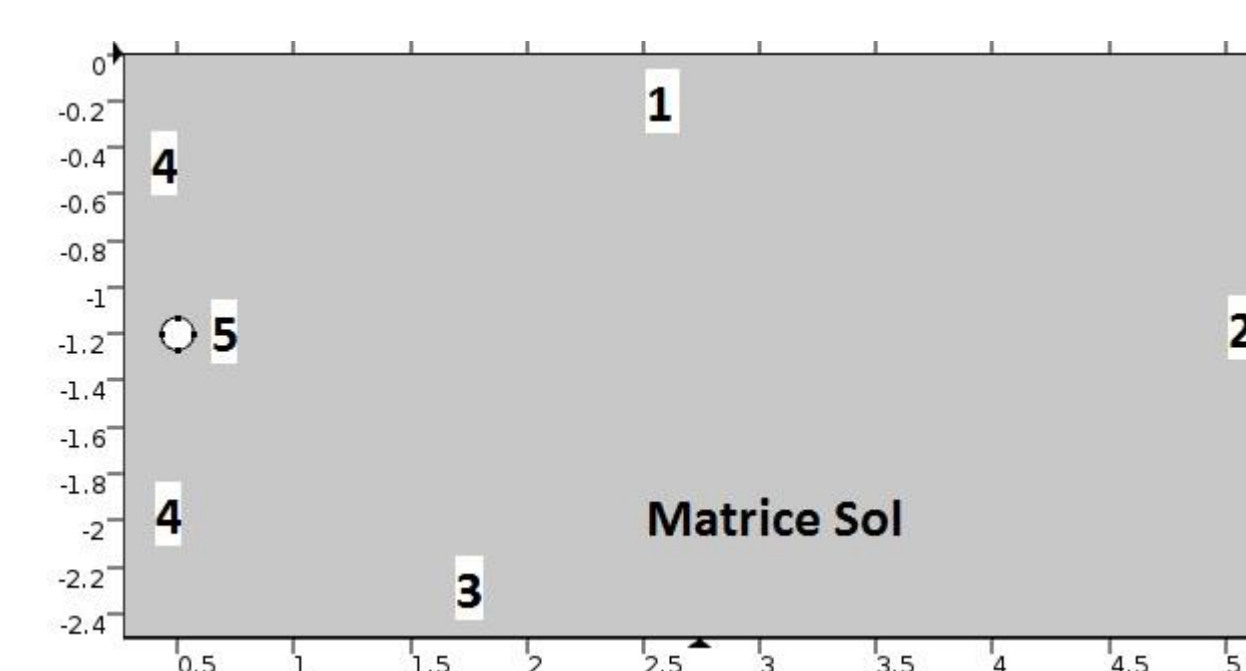
Modèle 2D retenu : $e_a = 0,7 \text{ K}$ et $e_{max} = 2,95 \text{ K}$

- Discrétisation en cinq tronçons intégrant la pente ;
- Caractéristiques du sol : $\rho = 1800 \text{ kg.m}^{-3}$, $c = 1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $\lambda = 0,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- Nappe phréatique : Profondeur - 2,5 m & Température – Moyenne des températures extérieures ;
- Coefficient de convection dans le tube : formules de Gnielinski ;
- Coefficient de convection au niveau du sol : formules pour une plaque plane de 55 m ;
- Maillage normal,

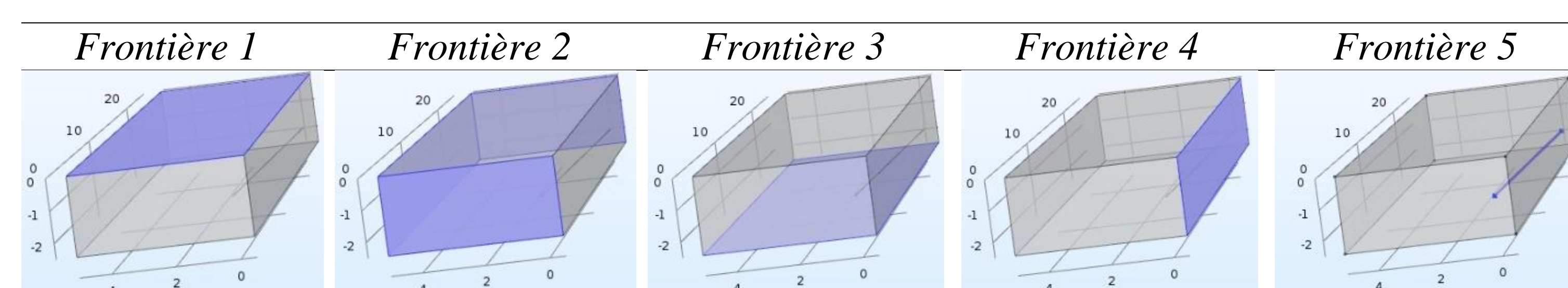
Modèle 3D : $e_a = 0,9 \text{ K}$ et $e_{max} = 3,5 \text{ K}$

Modèles numériques

Modèle 2D



Modèle 3D



- Conditions initiales : température du sol à 1m de profondeur le 01/12/2014
- Conditions limites du modèle 2D :
 - Frontière 1 : $\vec{n} \cdot (\lambda \cdot \vec{\nabla} T) = \varphi_0 + h \cdot (T_{ext} - T) + \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{amb}^4 - T^4)$;
 - Frontière 2 : adiabatique – pas d'échange ;
 - Frontière 3 : condition de Dirichlet – T nappe phréatique ;
 - Frontière 4 : symétrie – pas d'échange ;
 - Frontière 5 : condition de Fourier – $\vec{n} \cdot (\lambda \cdot \vec{\nabla} T) = h \cdot (T_{air} - T_{paroi})$.

Algorithme de résolution

