

Introduction

Ce travail de fin d'études porte sur la modélisation numérique de la convection poreuse, un phénomène essentiel dans de nombreux domaines tels que la géothermie et la mécanique des fluides. L'objectif principal de ce travail est d'améliorer un modèle de convection poreuse et de convertir le code MATLAB existant en Python.

Méthode Mathématique

Les différentes équations sont tirées des articles de Turcotte et al. (2002) et Gerya (2019).

- Linear Momentum conservation equation

$$q_x = -\frac{k}{\eta_f} \frac{\partial P_f}{\partial x}$$

$$q_y = -\frac{k}{\eta_f} \left(\frac{\partial P_f}{\partial y} + \rho g \right)$$

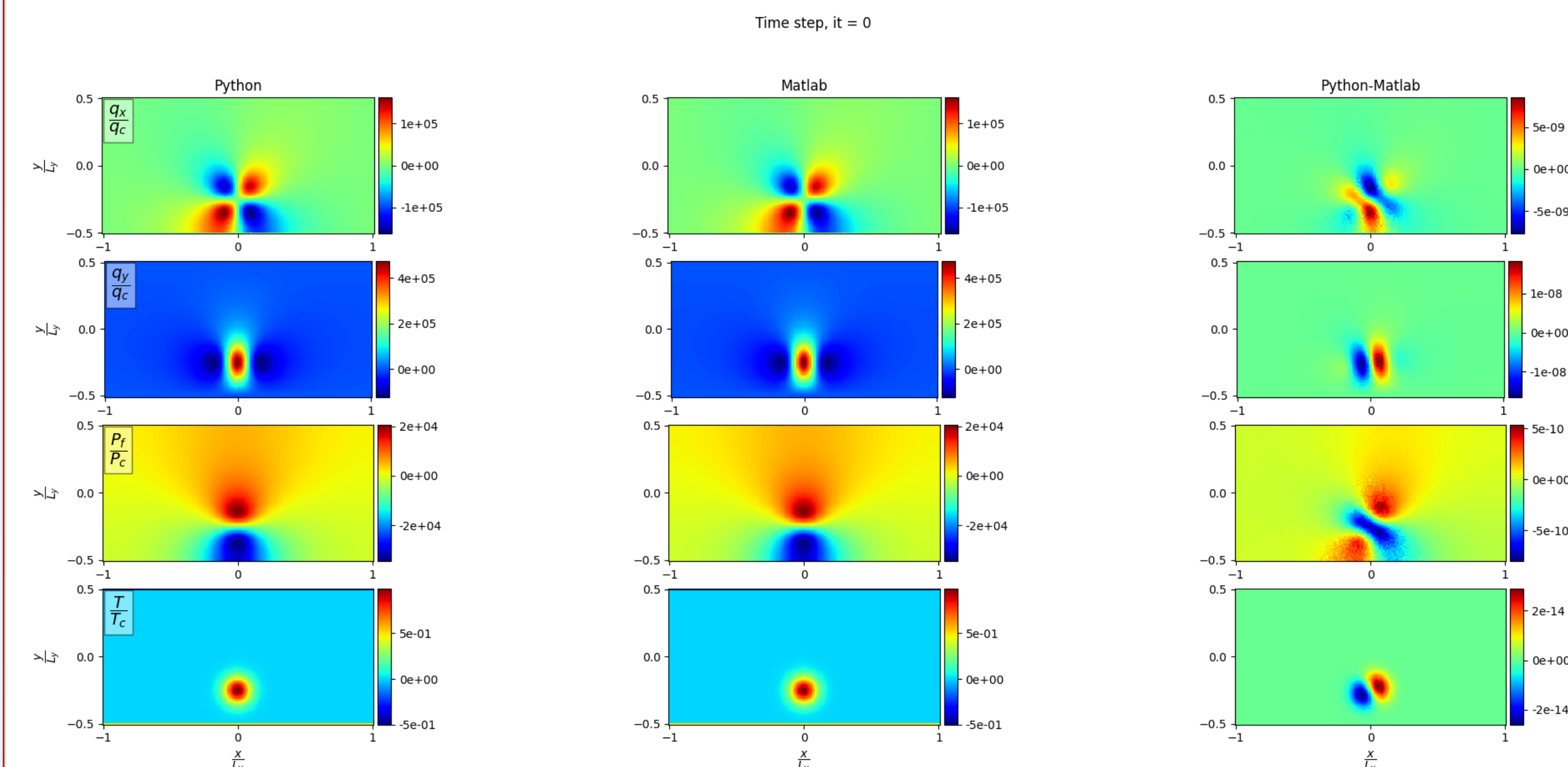
- Mass conservation equation

$$\frac{\partial P_f}{\partial t} = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \frac{1}{\beta_f}$$

- Energy conservation equation: Diffusion (left) & Advection (Right)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\lambda}{\rho c_p} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\lambda}{\rho c_p} \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad \frac{\partial T}{\partial t} = -q_x \frac{\partial T}{\partial x} - q_y \frac{\partial T}{\partial y}$$

Code Matlab / Python



Les figures comparent 4 différentes variables du code Python et Matlab, avec en premier le Flux horizontal q_x et vertical q_y , la pression P_f et la température T qui ont été normalisée par leur valeur caractéristique (q_c , P_c et T_c). On peut donc voir que les différences sont à une échelle allant jusqu'à $10e-14$. Les résultats observés permettent de considérer les différences entre les deux codes comme négligeable ce qui valide la traduction python.

Dyke circulaire

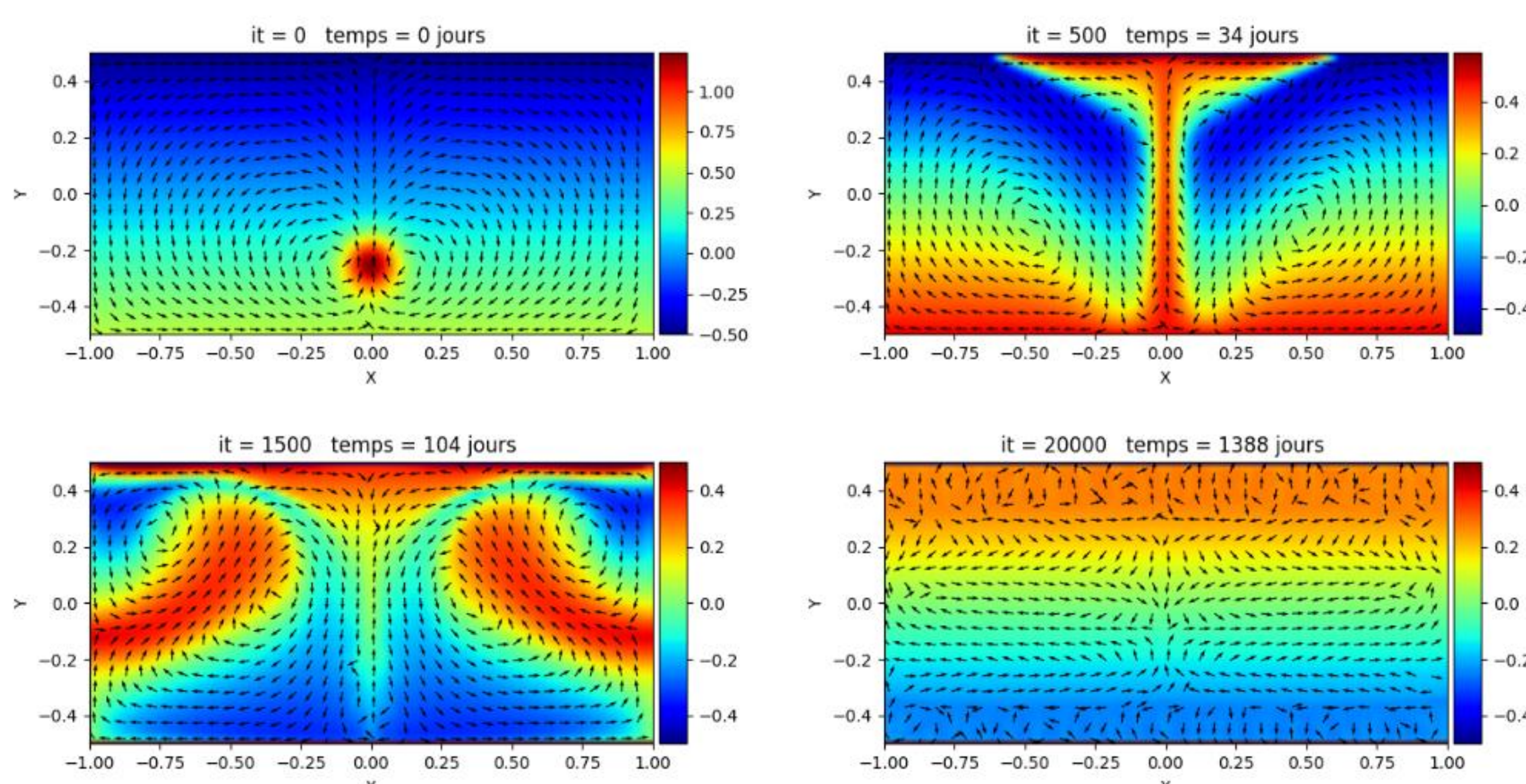


FIGURE 3 – Simulation de Dyke circulaire

Dykes et Sils

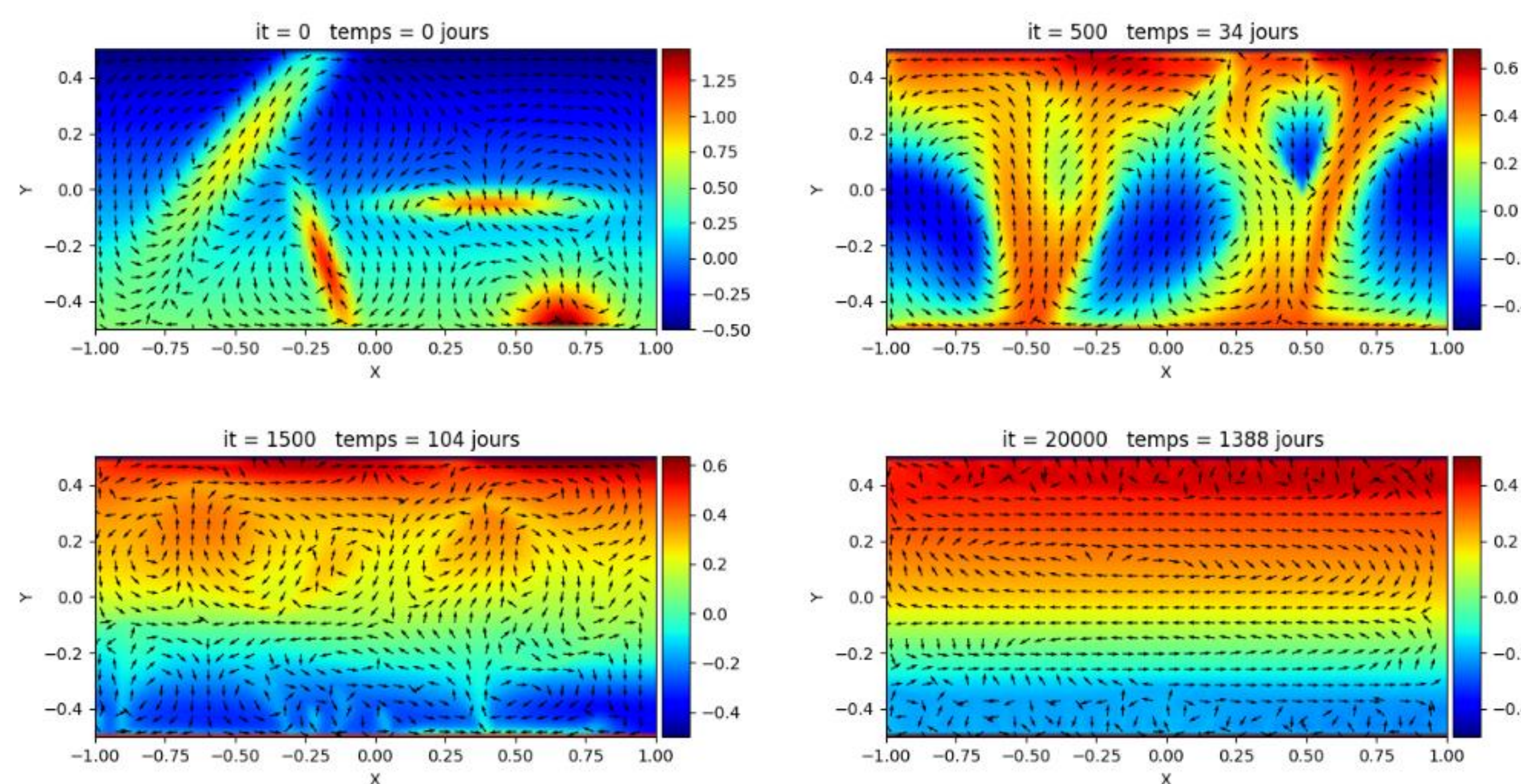


FIGURE 4 – Simulation de Dykes et sils

Pompes à chaleur

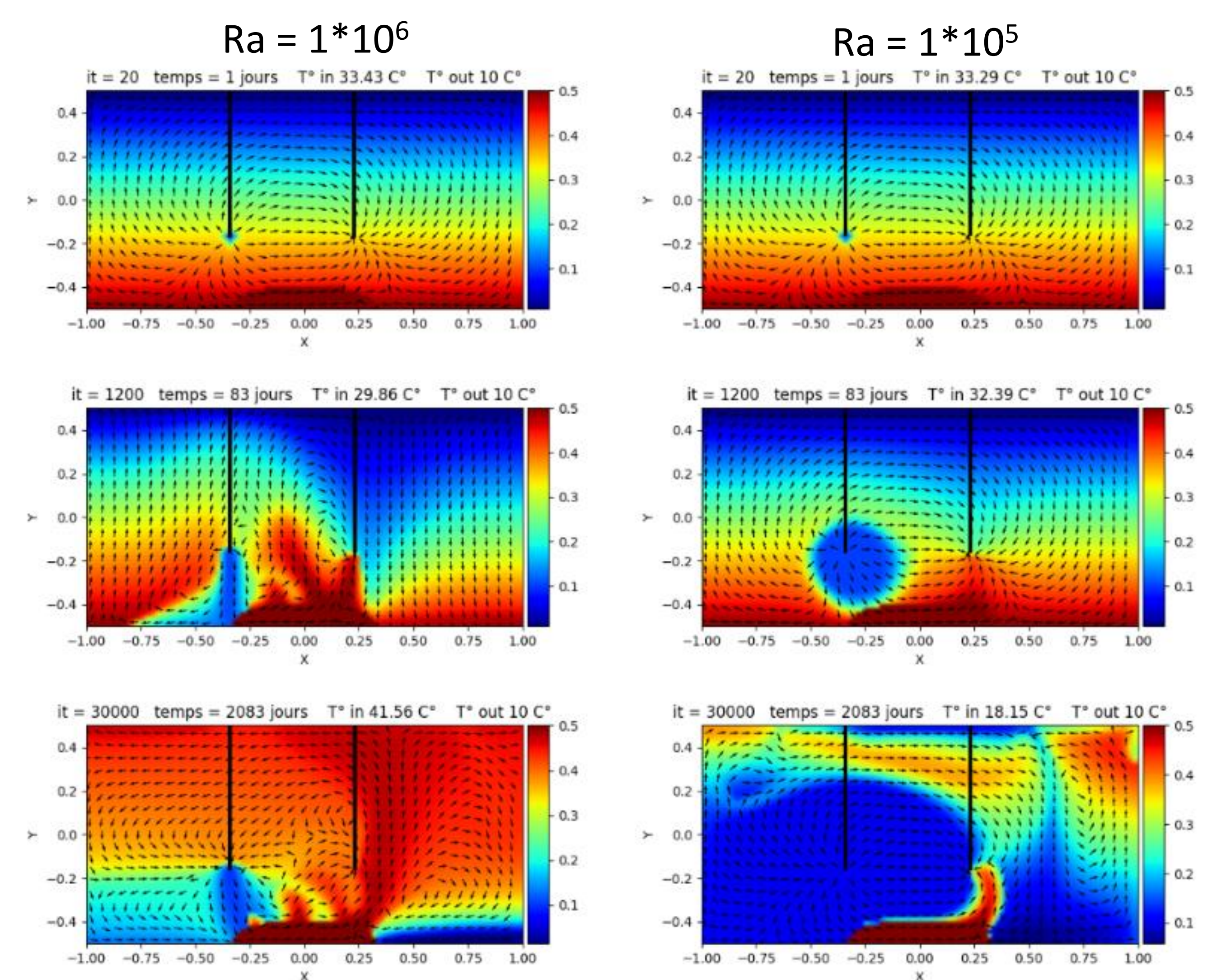


FIGURE 5 – Puits : Colonne de gauche $Ra = 1 * 10^6$, Colonne de droite $Ra = 1 * 10^5$

Discussion

La traduction monte une grande fiabilité du à la faible différence calculée entre les résultats.

Pour les différentes variantes, on peut souligner l'effet du paramètre de Rayleigh sur la simulation de pompe à chaleur. Un Rayleigh élevé génère une température finale attrayante ($\sim 41^\circ\text{C}$), comparée à une valeur basse qui diminue cette température de moitié. La stabilité thermique due à la source constante préserve les performances malgré l'injection d'eau froide. Bien que simplifiée, cette simulation éclaire le comportement des flux thermiques. Ce même effet d'advection se retrouve fortement dans les simulations de dykes et sils où l'on voit de grande cellule de convection et un déplacement de la chaleur conséquent.

Conclusion

Pour améliorer la viabilité de ce projet à l'avenir, des ajouts sont nécessaires, tels qu'un gradient de pression en fonction de la profondeur, l'introduction d'une perméabilité liée à la température, ainsi que la prise en compte de la lithologie. Ce travail m'a permis d'explorer de nouveaux langages de programmation et d'affiner ma maîtrise des plateformes de collaboration telles que GitHub.

GitHub

Une page GitHub a été créée pour ce projet où l'on y retrouve les codes en open-source et les vidéos des simulations. Ainsi qu'une explication simplifiée du travail de bachelor.

