

Modélisation du Stockage du Dioxyde de Carbone dans les Forêts

Mathématiques Appliquées et Modélisation, Polytech Nice
Cédric Boulbe, Vincent Vadez

Projet MAM3 Analyse Numérique 2 2024-2025

1 Introduction

Les forêts jouent un rôle essentiel dans le cycle du carbone en absorbant le CO₂ atmosphérique et en le stockant dans les arbres et le sol. Dans ce projet, nous modélisons les échanges de carbone entre différents compartiments de l'écosystème à l'aide d'un système d'équations différentielles ordinaires. Le sujet proposé ici s'inspire de différents travaux de l'état de l'art [Chapin et al., 2011, Friedlingstein et al., 2006, Jenkinson and Rayner, 1977, Manzoni and Porporato, 2009, Parton et al., 1987, Sitch et al., 2003] mais reste simplifié dans le but du projet. L'objectif est d'analyser le comportement du système et de résoudre numériquement les équations à l'aide des méthodes abordées dans le cours.

2 Formulation Mathématique

Dans ce projet, trois variables sont étudiées:

- $C_A(t)$: La quantité de carbone stockée dans l'atmosphère.
- $C_T(t)$: La quantité de carbone stockée dans les arbres.
- $C_S(t)$: La quantité de carbone stockée dans les sols.

Le système d'équations gouvernant les échanges de carbone peut être modélisé par:

$$\frac{dC_A}{dt} = -S(C_T) + \beta C_T + \delta C_S, \quad (1)$$

$$\frac{dC_T}{dt} = S(C_T) - \beta C_T - \delta C_T - \gamma C_T, \quad (2)$$

$$\frac{dC_S}{dt} = \gamma C_T - \delta C_S + \delta C_T. \quad (3)$$

avec:

- $S(C_T) = \alpha C_T (1 - \frac{C_T}{K})$ représente le taux de séquestration du carbone dans les arbres.
- βC_T décrit l'effet de respiration des arbres vers l'atmosphère.
- δC_T décrit l'effet de respiration des arbres vers les sols.
- δC_S est l'effet de respiration des sols vers l'atmosphère.
- $L(C_T) = \gamma C_T$ dépeint la litière des arbres (feuilles mortes et débris végétaux en décomposition) vers les sols.

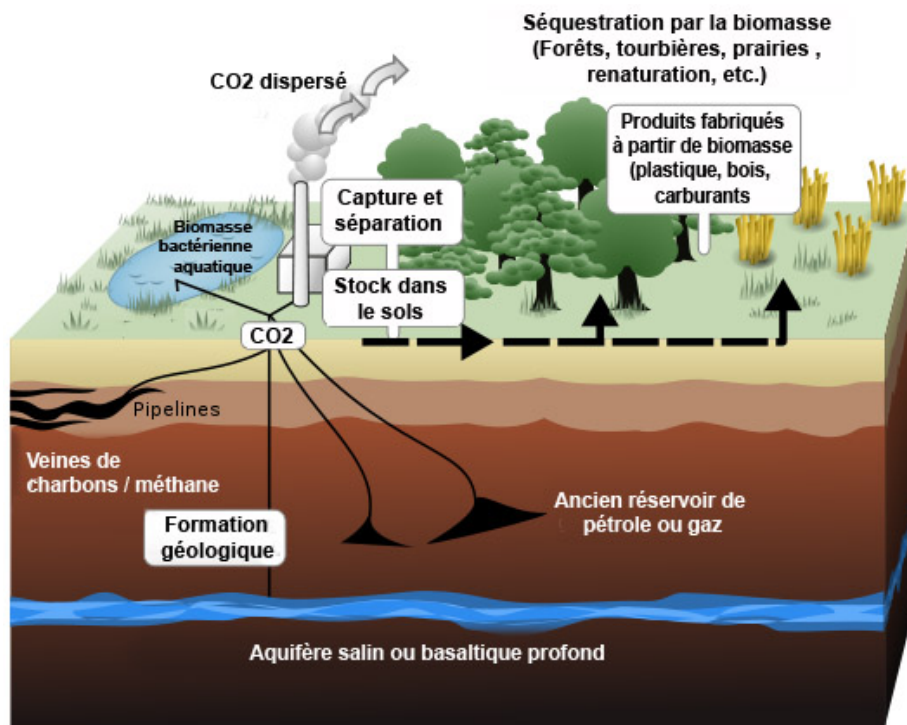


Figure 1: Séquestration Naturelle du CO_2

3 Travail Attendu

1. A l'aide de méthodes numériques vues en cours, réaliser un programme Python pour résoudre ce système.
Au moins un schéma implicite est attendu.
2. Analyser l'impact des différents paramètres ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, K$) sur la séquestration du carbone.
3. Proposer une amélioration du modèle proposé en prenant en compte d'autres effets pouvant impacter la séquestration du carbone.

References

- [Chapin et al., 2011] Chapin, F. S., Matson, P. A., and Mooney, H. A. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer, 2nd edition.
- [Friedlingstein et al., 2006] Friedlingstein, P., Cox, P., Betts, R., Bopp, L., von Bloh, W., Brovkin, V., Cadule, P., Doney, S., Eby, M., Fung, I., Bala, G., John, J., Jones, C., Joos, F., Kato, T., Kawamiya, M., Knorr, W., Lindsay, K., Matthews, H. D., Raddatz, T., Rayner, P., Reick, C., Roeckner, E., Schnitzler, K.-G., Schnur, R., Strassmann, K., Weaver, A. J., Yoshikawa, C., and Zeng, N. (2006). Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the c4mip model intercomparison. *Journal of Climate*, 19(14):3337 – 3353.
- [Jenkinson and Rayner, 1977] Jenkinson, D. S. and Rayner, J. H. (1977). The turnover of organic matter in soil. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 281(980):41–49.
- [Manzoni and Porporato, 2009] Manzoni, S. and Porporato, A. (2009). Soil carbon and nitrogen mineralization: Theory and models across scales. *Soil Biology Biochemistry*, 41(7):1355–1379.
- [Parton et al., 1987] Parton, W. J., Schimel, D. S., Cole, C. V., and Ojima, D. S. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51(5):1173–1179.
- [Sitch et al., 2003] Sitch, S., Smith, B., Prentice, I. C., and et al. (2003). Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography, and terrestrial carbon cycling in the lpj dynamic global vegetation model. *Global Change Biology*, 9(2):161–185.