

Anne De Wit

Unité de Chimie Physique Non Linéaire
Service de Chimie Physique et Biologie Théorique
CP 231, ULB, Campus Plaine

Tél: 02 650 5774

Email: adewit@ulb.ac.be

Site WEB: <http://www.ulb.ac.be/sciences/nlpc/> (sur lequel certains articles référencés ci-dessous peuvent être téléchargés)

Projet ARC-CONVINCE (2012-2017):

"Convective instabilities in porous media and sea ice"

(collaboration avec J.-L. Tison, Dépt Glaciologie et B. Knaepen, Dépt Physique):

<http://www.ulb.ac.be/recherche/presentation/fr-arcdewit.html>

Sujets de mémoires

Dans de nombreuses applications géologiques ou environnementales, des phénomènes de transport et des instabilités hydrodynamiques parfois couplés à des réactions chimiques donnent lieu à des dynamiques spatio-temporelles non triviales des concentrations. C'est le cas par exemple lors de la récupération du pétrole de gisement sous-terrains ou lors de la séquestration du CO₂ lorsque celui-ci est en contact avec des aquifères ou des hydrocarbures dans les sous-sols. Des réactions chimiques couplées à la diffusion ou la convection peuvent se produire à l'interface entre le CO₂ et l'eau ou les hydrocarbures. Ce couplage affecte la qualité de la séquestration ou de la récupération et il est donc important d'en comprendre les tenants et aboutissants. Un autre exemple est celui de la dispersion de polluants dans les sols, les rivières ou les océans: des réactions chimiques peuvent se coupler au transport des polluants et donner lieu à des variations complexes des concentrations dans le temps et l'espace. Enfin, dans les banquises, des instabilités hydrodynamiques peuvent aussi affecter la distribution de gaz au sein des glaces.

Dans ce contexte, notre objectif est de mener des recherches théoriques et expérimentales combinées visant à comprendre les différentes dynamiques et instabilités pouvant résulter du couplage entre réactions, diffusion et hydrodynamique.

Plus particulièrement, les sujets de mémoire proposés dans ce cadre sont les suivants:

1/ Etude expérimentale de l'influence de réactions chimiques sur la séquestration de CO₂ dans des aquifères salins

Lorsque deux solutions sont mises en contact dans le champ de gravité, la solution du dessus "coule" et déforme l'interface de contact si elle est plus dense que la solution du dessous. Ce genre de dynamique due à une instabilité de Rayleigh-Taylor (aussi appelée "digitation de densité") se produit lorsque du CO₂ se dissout dans l'eau d'une aquifère donnant lieu à une stratification instable d'eau riche en CO₂ au-dessus d'eau pure. Cette instabilité accroît les mouvements convectifs dans le système et augmente le taux de dissolution du CO₂. Notre objectif est de comprendre dans quelle mesure des réactions chimiques se produisant dans de tels systèmes peut modifier les dynamiques observées. Pour ce faire, le mémoire propose d'étudier soit théoriquement soit expérimentalement des systèmes modèles dans lesquels des solutions réactives sont mises en contact dans le champ de gravité avec du CO₂ de sorte que des instabilités de digitation de densité sont observées.

Référence : V. Loodts, C. Thomas, L. Rongy et A. De Wit, *Control of Convective Dissolution by Chemical Reactions: General Classification and Application to CO₂ Dissolution in Reactive Aqueous Solutions*, Phys. Rev. Lett. **113**, 114501 (2014).

2/ Etude expérimentale ou théorique de l'influence de réactions chimiques sur la digitation visqueuse

Lorsqu'un fluide déplace un autre fluide plus visqueux dans un milieu poreux, l'interface entre les deux ne reste pas plane mais se déforme en "doigts" de la solution moins visqueuse (et donc plus mobile) envahissant l'autre fluide. Ce phénomène se produit couramment lors de la récupération du pétrole de sous-sols via déplacement des hydrocarbures par de l'eau par exemple ou lors de l'entraînement de polluants visqueux par des rivières sous-terraines. L'objectif du mémoire est de comprendre dans quelle mesure l'adsorption sur la matrice poreuse ou des réactions chimiques pourraient diminuer la déformation nuisible de l'interface. Pour ce faire, nous proposons d'étudier

- théoriquement des modèles réaction-diffusion-convection de digitation visqueuse en systèmes réactifs,
- expérimentalement des systèmes modèles dans lesquels des solutions réactives sont déplacées en milieu confiné.

Références:

- Y. Nagatsu, Y. Ishii, Y. Tada and A. De Wit, *Hydrodynamic Fingering Instability Induced by a Precipitation Reaction*, Phys. Rev. Lett. **113**, 024502 (2014).
- Y. Nagatsu and A. De Wit, *Viscous fingering of a miscible reactive $A + B \rightarrow C$ interface for an infinitely fast chemical reaction: Nonlinear simulations*, Phys. Fluids **23**, 043103 (2011).

3/ Etude expérimentale de l'influence de réactions de précipitation sur le déplacement de fluides réactifs dans les milieux poreux et sur la minéralisation du CO₂

Lors de l'injection de CO₂ dans les sous-sols afin de le séquestrer dans des aquifères salins, des réactions de précipitation entre les ions carbonate et des minéraux présents dans l'eau peuvent se produire. Cette minéralisation offre un avantage certain en terme de sécurité de séquestration dans la mesure où le CO₂ est ainsi prisonnier sous forme solide dans les sous-sols. Afin de comprendre l'efficacité de ces processus de minéralisation, il faut caractériser la dispersion des produits solides de précipitation en fonction de la vitesse d'injection, de la concentration des réactifs et de la nature des ions impliqués. Pour ce faire, le mémoire analysera les caractéristiques de motifs de précipitation obtenus lors d'injection de fluides réactifs dans des milieux poreux modèles.

Références:

- Y. Nagatsu, Y. Ishii, Y. Tada and A. De Wit, *Hydrodynamic Fingering Instability Induced by a Precipitation Reaction*, Phys. Rev. Lett. **113**, 024502 (2014).
- F. Haudin, J.H.E. Cartwright, F. Brau, and A. De Wit, *Spiral precipitation patterns in confined chemical gardens*, Proc. Nat. Acad. Sci. **111**, 17363-17367 (2014).