

**Vous êtes cordialement invité(e) à
la soutenance de thèse d'Estelle BONNAUD**

**« Hétérogénéités compositionnelles dans les réservoirs de gaz acides.
Compréhension et modélisation du rôle d'un aquifère actif »**

**qui aura lieu vendredi 29 juin 2012 à 14 h
à MINES ParisTech, 60 bd Saint-Michel, 75006 Paris**

devant le jury composé de :

Bernard GUY, Ecole des Mines de Saint-Etienne

Jacques PIRONON, Université de Lorraine

François ROURE, IFP Energies Nouvelles, Rueil-Malmaison

Cécile BOESINGER, Total Infrastructures Gaz France (TIGF), Pau

Pierre CHIQUET, TOTAL, Pau

Daniel DESSERT, TOTAL, Pau

Vincent LAGNEAU, MINES ParisTech, Fontainebleau

Rapporteur

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

Examineur

Résumé : La présence d'H₂S dans un gisement est un important facteur de dévalorisation économique, c'est pourquoi connaître sa concentration et sa distribution est capital pour optimiser toutes les étapes de l'exploration à la production d'un champ. Ces dernières années, de nombreuses études ont ainsi été réalisées afin de comprendre tous les processus responsables de sa formation et de son élimination.

Dans les conditions de pression et température spécifiques aux réservoirs, l'H₂S est de loin, beaucoup plus soluble que les hydrocarbures et autres gaz. Le lessivage préférentiel de l'H₂S pourrait alors expliquer la création d'hétérogénéités compositionnelles au cours du temps. L'objectif de la thèse est d'illustrer et quantifier ce processus à l'aide de simulations numériques réalisées avec Hytec, un logiciel couplé géochimie-transport diphasique développé par Mines ParisTech.

Le lessivage préférentiel de l'H₂S est contrôlé par : la solubilité différentielle des gaz qui modifie les quantités relatives de chacun des gaz à proximité de l'aquifère ; le transport aqueux qui exporte les gaz dissous et améliore ainsi la dissolution des gaz sur le long terme ; le transport gazeux qui renouvelle les gaz dissous à l'interface et étend le lessivage du gaz à toute la structure ; les caractéristiques d'un réservoir (type d'aquifère, hétérogénéité des perméabilités).

Afin de vérifier que le modèle numérique Hytec décrit correctement, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif, le lessivage des gaz par un aquifère actif, nous avons tout d'abord testé la validité de notre modèle sur une solution analytique. Ensuite, à l'aide de simulations 2D schématiques (sections verticales rectangulaires), nous avons étudié les différents processus qui contrôlent l'appauvrissement préférentiel de l'H₂S. Pour finir, nous avons modélisé des cas plus proches de la réalité géologique, en regardant l'effet de la surface de contact et des hétérogénéités de structure.

Les résultats de simulation montrent que la dissolution préférentielle de l'H₂S dans un aquifère actif engendre effectivement un gradient de concentration initié à l'amont (zone appauvrie en gaz acide) vers l'aval de l'aquifère. L'étude de sensibilité a permis de mettre en avant le rôle prépondérant de la vitesse de l'aquifère sur le taux d'évacuation de l'H₂S à condition que le transport diffusif gazeux assure le renouvellement des gaz dissous à l'interface. Nous avons d'autre part noté l'importance de la surface spécifique de contact, plus le rapport de la hauteur de la colonne de gaz sur la longueur de l'interface est faible, plus le balayage au sein du réservoir est efficace. Dans les applications aux cas géologiques, le temps d'évacuation de l'H₂S est comparable à la durée de vie d'un gisement.

Mots clés : Hétérogénéités compositionnelles, H₂S, aquifère actif, lessivage, réservoir, dissolution, simulation numérique, transport diphasique.

Vous êtes cordialement invité(e) au pot amical qui suivra la soutenance

Compositional heterogeneities in acid gas reservoirs. Role of an active aquifer, mechanisms and simulation

Estelle BONNAUD

Abstract : The H₂S occurrence in gas reservoirs is an important factor of economic depreciation. Thus, the knowledge of its content and distribution is a critical parameter when planning field development. Over the last years, several studies have been conducted to understand the mechanisms responsible for the presence and the removal of this gas.

Under typical reservoirs conditions of pressure and temperature, H₂S is far more soluble than hydrocarbons and other gases. The preferential leaching of H₂S by an active aquifer over time could explain the creation of compositional heterogeneities. The thesis aims at illustrating and quantifying this process based on numerical simulations performed with the two-phase transport and geochemical software Hytec, developed by Mines ParisTech (France).

The preferential leaching of H₂S may be controlled by: differential solubility of gases, which changes the relative amounts of each gas near the gas-water contact (GWC); contact with an active aquifer, which can export the dissolved gases thus enhancing dissolution on long-term; diffusional transport in the gas phase, which transfers the compositional anomalies farther from the gas-water contact; geological parameters (type of aquifer, permeability heterogeneities) which can modify the transport scenario.

In order to verify that the numerical model describes correctly both qualitative and quantitative leaching of gas by an active aquifer, we first tested the validity of our model on an analytical solution. Then, using 2D schematic simulations (rectangular vertical section), we studied various processes which control the preferential H₂S removal. Finally, we modelled the case closer to the geological reality, to understand the effects of contact surface and structural heterogeneities.

The simulation results show that the H₂S preferential dissolution in an active aquifer creates a compositional gradient from the upstream of the aquifer (H₂S depleted area) to the downstream (rich-H₂S area). The sensitivity study highlights the crucial role of the aquifer speed on the H₂S removal rate, on condition that gaseous diffusion transport carries out the dissolved gases from the interface. Secondly, we noted the importance of the specific surface of contact. The higher the ratio of the height of the column of gas to the length of the interface is, the more effective the H₂S leaching is. The evacuation time of H₂S obtained during our simulations is realistic when we compare to the geological history of such formations.

Keywords : compositional heterogeneities, H₂S, active aquifer, leaching, reservoir, dissolution, numerical simulation, biphasic transport