

Modélisation de la production et du stockage du méthane biogénique par TemisFlow® dans le bassin de Guaymas (Golfe du Californie, Mexique)

La Direction Sciences de la Terre et Technologies de l'Environnement de l'IFPEN mobilise des moyens expérimentaux et numériques pour caractériser, comprendre et modéliser le sol et le sous-sol. Dans ce cadre, un logiciel de modélisation de bassin, TemisFlow®, a été développé pour répondre à ces enjeux.

Contexte du stage

TemisFlow® intègre un module dédié à la production de méthane biogénique, basé sur une relation entre le gradient géothermique ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$) et la vitesse de sédimentation (m/Ma) dans les bassins sédimentaires. Ce module identifie les conditions optimales pour la production et la préservation de méthane d'origine microbienne, en s'appuyant sur les travaux de Schneider et al. (2016) et de Clayton (1992). La formation et la préservation du méthane biogénique sont favorisées lorsque la vitesse de chauffe d'un bassin se situe entre 7 et 18 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$. Au-delà de ces limites, les conditions deviennent défavorables : une chauffe trop lente limite la conversion de la matière organique en méthane, tandis qu'une chauffe trop rapide détruit les microorganismes méthanogènes.

Le bassin de Guaymas, situé dans le golfe de Californie (Mexique), se distingue par des gradients géothermiques extrêmement élevés (135 à 804 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$) en raison de l'activité hydrothermale intense liée à l'expansion océanique rapide. Sa vitesse de sédimentation est également très élevée, atteignant des valeurs de plus de 1000 m/Ma (ou 1 m/ka). Cette forte accumulation sédimentaire est due à la productivité planctonique élevée dans les eaux de surface et un apport continental élevé. Ces données conduisent à une vitesse de chauffe de l'ordre de 200 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$. Ces conditions extrêmes contrastent avec les environnements étudiés précédemment, mais le bassin de Guaymas génère et stocke néanmoins du méthane sous plusieurs formes (dissous, gazeux et hydrates).

L'objectif du stage est donc d'évaluer si, malgré des conditions aussi éloignées de celles des environnements étudiés par Clayton (1992), le bassin de Guaymas est capable de préserver et de stocker du méthane biogénique. Le modèle de potentiel biogénique considère que même si le taux de chauffage dépasse 18 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$, un potentiel réduit de gaz biogénique peut subsister dans le système mais la question de la génération et de stockage du méthane dans ce contexte reste ouverte.

Programme du stage

Il s'agira d'investiguer le comportement du module de production de gaz biogénique implémenté dans le logiciel de bassin Temisflow®, qui jusqu'ici n'a été validé que dans le cas de bassin dont les

conditions thermiques et de carbone organique présentaient une probabilité élevée de génération et de préservation de méthane (Schneider et al., 2016 ; Torelli et al., 2021), sur le bassin de Guaymas. L'étude se basera dans une première étape sur des modèles 1D en s'appuyant sur les données disponibles. Dans un second temps, un modèle 2D sera construit puis calibré en température, pression et sur les mesures de gaz observées sur les puits étudiés pour s'intéresser à la partie migration et stockage du méthane dans les conditions actuelles.

Profil recherché

Géologie / Géosciences, Géophysique, Géochimie, Sciences de la Terre, Modélisation numérique appliquée aux géosciences

Informations complémentaires

Mots-clefs : Méthane, modélisation de bassin,

Durée et Période du stage : 5 mois (janvier 2026 - mai 2026)

Proposition de thèse en continuité envisagée : Non

Lieu du stage : IFPEN, 1 & 4 avenue de Bois Préau - 92852 Rueil Malmaison et Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université de Lille

Pour candidater :

<https://stages.ifpenergiesnouvelles.fr/search/annonceByTheme/2000>

Modeling biogenic methane production and storage using TemisFlow® in the Guaymas Basin (Gulf of California, Mexico)

The Earth Sciences and Environmental Technologies Division of IFPEN uses experimental and numerical methods to characterize, understand, and model the soil and subsoil. In this context, a basin modeling software program, TemisFlow®, has been developed to address these issues.

Internship context

TemisFlow® includes a module dedicated to biogenic methane production, based on the relationship between the geothermal gradient ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$) and the sedimentation rate (m/Ma) in sedimentary basins. This module identifies the optimal conditions for the production and preservation of microbial methane, based on the work of Schneider et al. (2016) and Clayton (1992). The formation and preservation of biogenic methane are favored when the heating rate of a basin is between 7 and 18 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$. Beyond these limits, conditions become unfavorable: too slow heating limits the conversion of organic matter into methane, while too rapid heating destroys methanogenic microorganisms.

The Guaymas Basin, located in the Gulf of California (Mexico), is characterized by extremely high geothermal gradients (135 to 804 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$) due to intense hydrothermal activity linked to rapid oceanic expansion. Its sedimentation rate is also very high, reaching values of over 1000 m/Ma (or 1 m/ka). This high sediment accumulation is due to high plankton productivity in surface waters and high continental input. These data lead to a heating rate of around 200 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$. These extreme conditions contrast with the environments studied previously, but the Guaymas Basin nevertheless generates and stores methane in several forms (dissolved, gaseous, and hydrates).

The objective of the internship is therefore to assess whether, despite conditions so different from those of the environments studied by Clayton (1992), the Guaymas Basin is capable of preserving and storing biogenic methane. The biogenic potential model considers that even if the heating rate exceeds 18 $^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$, a reduced potential for biogenic gas may remain in the system, but the question of methane generation and storage in this context remains open.

Internship program

The aim will be to investigate the behavior of the biogenic gas production module implemented in the Temisflow® basin software, which has so far only been validated for basins whose thermal and organic carbon conditions presented a high probability of methane generation and preservation (Schneider et al., 2016; Torelli et al., 2021) in the Guaymas Basin. The study will initially be based on 1D models using available data. In a second stage, a 2D model will be constructed and calibrated in

terms of temperature, pressure, and gas measurements observed at the wells studied in order to focus on methane migration and storage under current conditions.

Required profile

Geology/Geosciences, Geophysics, Geochemistry, Earth Sciences, Numerical modeling applied to geosciences

Additional information

Keywords: Methane, basin modeling,

Duration and period of the internship: 5 months (January 2026 - May 2026)

Proposed thesis in continuity: No

Internship location: IFPEN, 1 & 4 avenue de Bois Préau - 92852 Rueil Malmaison and Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université de Lille

Apply at:

<https://stages.ifpenergiesnouvelles.fr/search/annonceByTheme/2000>