

Résumé

La production de pétrole brut avec du gaz naturel et de l'eau à basse température et à haute pression favorise les conditions de formation d'hydrates de gaz qui peuvent causer de nombreux problèmes d'écoulement jusqu'au blocage des pipelines. Pour éviter le bouchage, diverses méthodes sont appliquées aux pipelines par addition d'inhibiteurs thermodynamiques (THIs), cinétiques (KHIs) et d'antiagglomérants (AAs). Récemment, l'utilisation des AAs est devenue plus courante car non seulement à cause de leur haute performance dans des conditions sévères, mais aussi grâce à la réduction du coût d'opération dû à avec une faible dose d'AAs utilisée (AA-LDHIs). La plupart des études antérieures sur la formation et transport d'hydrates de gaz se limitent à de faibles fractions d'eau et sans antiagglomérants. Pour des fortes fractions d'eau, la formation et le transport d'hydrates de gaz en présence d'AA-LDHI et/ou de sel dans les conduites d'écoulement restent mal compris.

L'objectif principal de cette étude est une meilleure compréhension de la formation et de l'agglomération des hydrates, en testant l'influence des additifs commerciaux pour éviter le colmatage. Ce travail traite plus précisément de la cinétique de cristallisation et d'agglomération des hydrates, ainsi que du transport et du dépôt des suspensions en fonction des conditions d'écoulement (en particulier dans les systèmes à haute fraction d'eau). Les effets de divers paramètres sont étudiés, notamment : à faible dose d'antiagglomérant (AA-LDHI), et fraction volumique d'eau et de salinité dans l'eau variables dans un mélange avec du Kerdane®. Des expériences ont été menées dans la boucle "Archimède". Cet appareillage, capable de fonctionner à plus de 80bar, permet de reproduire les conditions de transport de pétrole et de gaz dans les pipelines sous-marins. Il est équipé d'une sonde FBRM (Focused Beam Reflectance Measurement) et d'une sonde PVM (Particle Video Microscope) ainsi que de capteurs de température, de perte de charge, de débit et de masse volumique. La mise en circulation du fluide est assurée par une pompe Moineau et/ou un système dit de "gaz-lift". Les résultats ont révélé que dans le protocole avec gaz-lift, les hydrates se forment à la surface des bulles de gaz et des gouttelettes d'eau et leur transport a lieu dans les phases continues d'huile ou d'eau. Généralement, les particules d'hydrate ont tendance à se déposer à haute fraction d'eau et à s'agglomérer à une faible fraction d'eau. Des mécanismes de la formation des hydrates et du bouchage des conduites en présence de bulles ont été proposés. Dans le protocole avec pompe Moineau, les effets de la formation des hydrates, de l'agglomération, du dépôt et du colmatage dans le cadre d'un écoulement multiphasique ont été identifiés, analysés et évalués à fort pourcentage d'eau. Quelques mécanismes de formation d'hydrates et de bouchage dans des conditions expérimentales différentes sont aussi proposés. Un modèle a été développé pour prédire la perte de charge relative dans les pipelines une fois l'hydrate formé.

Abstract:

Production of crude oil with natural gas and water at low temperature and high pressure favors conditions for gas hydrate formation which may cause many troubles in flow assurance, up to blockage of pipelines. To prevent plugging, varieties of methods are applied to flowlines by addition of thermodynamic inhibitors (THIs), kinetic hydrate inhibitors (KHIs) and anti-agglomerants (AAs). Recently, AAs are more widely used due to not only their high performance at severe conditions but also the reduction in costs of operation at low dosage (AA-LDHIs). Mostly, previous studies on gas hydrate formation and transport have focused on low water cuts and without anti-agglomerants. On the contrary, at high water cuts, the gas hydrate formation and transport in the presence of AA-LDHI and/or salt in pipelines are not widely understood.

The principal objective of this study is a better understanding on hydrate formation and plugging by testing the role of commercial additives to avoid plugging. In details, this work deals with hydrate kinetics of crystallization and agglomeration together with slurry transport and deposition under flowing conditions (especially at high water cuts). Effects of various parameters were studied, including the amount of commercial anti-agglomerant (AA-LDHI), water volume fraction, and water salinity in a mixture of Kerdane[®] and water. The experiments were performed in the "Archimède" 80bar-pilot scale flowloop which reproduces the conditions in oil and gas transport in subsea pipelines. The experimental apparatus is equipped with a FBRM (Focused Beam Reflectance Measurement) and a PVM (Particle Video Microscope) probe and temperature, pressure drop, flowrate and density sensors. The flow was induced through Moineau pump and/or a "gas-lift" system. The results revealed that with gas-lift protocol; hydrates formed on the surface of gas bubbles and water droplets and they were transported in oil and water continuous phases. Generally, hydrate particles tend to deposit at high water cut and agglomerate at low water cut. Mechanisms of hydrate formation and plugging with and without AA-LDHI in bubble conditions were proposed. With Moineau pump protocol; effects of hydrate formation, agglomeration, deposition and plugging on multiphase flow were identified, analyzed and evaluated at high water cuts. Several mechanisms of hydrate formation and plugging were also proposed. A model was developed in order to predict the relative pressure drop in flowlines once hydrate formed.