



HAL
open science

Amélioration de l'écoulement des coulis d'hydrates de CO₂ dans les circuits de réfrigération secondaire : Effets d'additif antiagglomérant sur les propriétés rhéologiques

Véronique Osswald, Pascal Clain, Amokrane Boufares, Fatima Benmesbah,
Amira Zennoune, Didier Dalmazzone, Anthony Delahaye, Laurence
Fournaison

► To cite this version:

Véronique Osswald, Pascal Clain, Amokrane Boufares, Fatima Benmesbah, Amira Zennoune, et al.. Amélioration de l'écoulement des coulis d'hydrates de CO₂ dans les circuits de réfrigération secondaire : Effets d'additif antiagglomérant sur les propriétés rhéologiques. SFGP 2019 Nantes, Oct 2019, Nantes, France. hal-04221935

HAL Id: hal-04221935

<https://hal.inrae.fr/hal-04221935>

Submitted on 28 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Amélioration de l'écoulement des coulis d'hydrates de CO₂ dans les circuits de réfrigération secondaire :

Effets d'additif antiagglomérant sur les propriétés rhéologiques

Véronique OSSWALD¹, Pascal CLAIN^{1,2}, Amokrane BOUFARES^{1,3}, Fatima BENMESBAH^{1,4}, Amira ZENNOUNE¹, Didier DALMAZZONE³, Anthony DELAHAYE¹ et Laurence FOURNAISON¹

¹UR FRISE, IRSTEA, France

²Modéling Group, DVRC Pôle Universitaire, France

³UCP, ENSTA Paristech, France

⁴LCG, IFREMER, France

veronique.osswald@irstea.fr

RESUME

Des engagements nationaux et internationaux ont fixé des objectifs ambitieux et contraignants de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). La France s'est engagée à diviser par quatre ses émissions de GES entre 1990 et 2050. Le secteur de la réfrigération est particulièrement concerné en raison des tonnages importants de fluides hydrofluorocarbonés (HFC) mis en œuvre. L'une des solutions retenue pour réduire la quantité d'HFC consiste à limiter leur utilisation à la seule partie production de froid. Le stockage, le transport et la distribution de froid aux utilisateurs sont eux assurés par un fluide frigopporteur, neutre pour l'environnement, dans une boucle de réfrigération secondaire. Les coulis d'hydrates de CO₂ grâce à leur enthalpie de changement d'état élevée, significativement supérieure par rapport aux autres matériaux à changement de phase (MCP) et à leur température de dissociation proche de la température ambiante sont des fluides frigopporteurs particulièrement adaptés à cette application. Les clathrates hydrates de CO₂ sont des structures cristallines, semblables aux cristaux de glace, composée de molécules d'eau liées entre elles par des liaisons hydrogènes où une molécule de dioxyde de carbone peut être piégée. Des études de comportement des coulis d'hydrates de CO₂, précédemment réalisées à Irstea, ont montré qu'à partir de certaines fractions solides, les cristaux peuvent s'agglomérer jusqu'à boucher les canalisations. Cependant le recours à des promoteurs thermodynamique ou cinétiques comme des sels quaternaires (TBAB, TBPB, TBPB...)[1-3] ou du Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)[4] ont déjà permis de réduire l'agglomération, mais ce point reste crucial en vue d'une application à l'échelle industrielle.

Les travaux présentés dans cet article concernent l'étude expérimentale des effets d'un additif antiagglomérant sur le comportement rhéologique des coulis hydrates de CO₂ en écoulement dans une boucle. Le comportement du fluide est caractérisé par l'utilisation d'un viscosimètre capillaire ainsi que d'une sonde granulométrique permettant des mesures en ligne et en temps réel de la distribution des longueurs de cordes des particules solides en suspension dans le coulis. A partir des résultats expérimentaux, un modèle d'Herschel-Bulkley a été utilisé pour déterminer la viscosité apparente du coulis. Les résultats obtenus pour un coulis à une fraction d'hydrate de 10% en volume, sans additif et pour deux concentrations d'additifs 0,3 et 0,5% en masse, indiquent que les coulis d'hydrates se comportent comme des fluides newtonien rhéofluidifiants avec et sans additif. Les mesures de perte de charge et des distributions de taille de particules ont permis d'observer l'effet antiagglomérant de l'additif ainsi que de mettre en évidence le pouvoir de suspension de l'additif sur les cristaux dans la phase liquide aux deux concentrations testées. Les viscosités apparentes obtenues pour ces coulis en présence de cet additif sont relativement faibles et proches des résultats d'une étude préalablement réalisé dans une boucle de circulation équipée d'une cuve agitée mécaniquement[5] comme représentées sur la Fig. 1. De plus, ces résultats prometteurs doivent être complétés par une étude à des fractions volumiques d'hydrates plus importantes.

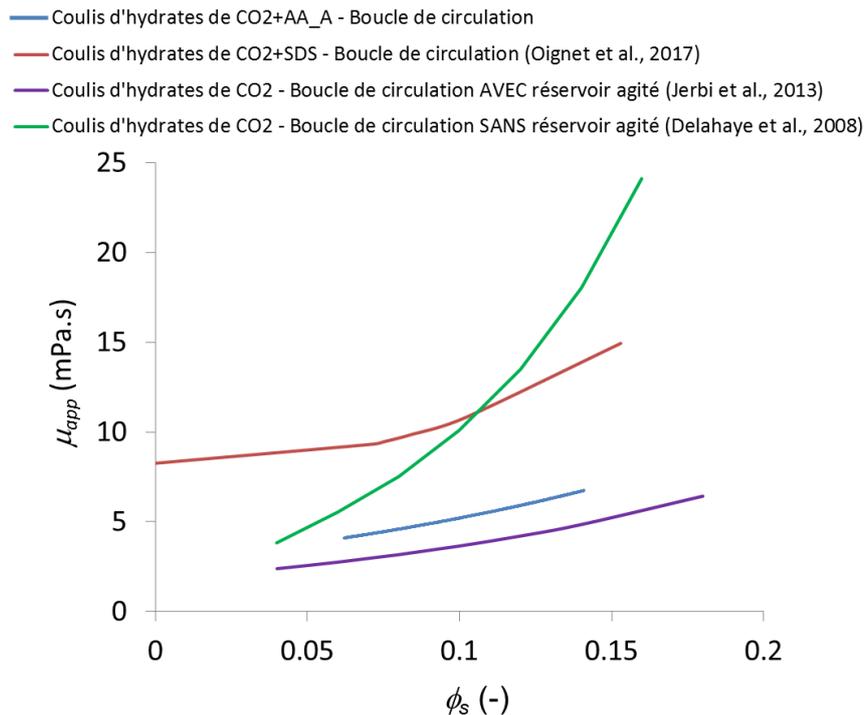


Fig. 1. Evolution de la viscosité apparente en fonction de la fraction volumique d'hydrates de CO₂ dans le coulis pour un taux de cisaillement de 400s⁻¹ – Comparaison résultats expérimentaux - littérature

MOTS-CLES DU THEME 4 : LA TRANSITION ÉNERGETIQUE

Matériaux pour l'énergie

MOTS-CLES LIBRES

Coulis d'hydrates, Réfrigération secondaire, Rhéologie, Granulométrie, Additif

RÉFÉRENCES

- [1] Clain P., Delahaye A., Fournaison L., Mayoufi N., Dalmazzone D., Fürst W. (2012), Rheological properties of tetra-n-butylphosphonium bromide hydrate slurry flow, *Chemical Engineering Journal*, 112-122
- [2] Fukushima S., Takao S., Ogoshi H., Ida H., Matsumoto S., Akiyama T., Otsuka T. (1999), Development of high-density cold latent heat with clathrate hydrate, *NKK Technical Report*, 65-70
- [3] Hashimoto S., Kawamura K., Ito H., Nobeoka M., Ohgaki K., Inoue Y. (2011), Rheological study on tetra-n-butyl ammonium salt semi-clathrate hydrate slurries. in *7th International Conference on Gas Hydrates*. 2011. Edinburgh, Scotland, United Kingdom.
- [4] Oignet J., Delahaye A., Torr  J.-P., Dicharry C., Hoang H. M., Clain P., Osswald V., Youssef Z., Fournaison L. (2017), Rheological study of CO₂ hydrate slurry in the presence of Sodium Dodecyl Sulfate in a secondary refrigeration loop, *Chemical Engineering Science*, 294-303
- [5] Jerbi S., Delahaye A., Oignet J., Fournaison L., Haberschill P. (2013), Rheological properties of CO₂ hydrate slurry produced in a stirred tank reactor and a secondary refrigeration loop, *International Journal of Refrigeration*, 4: 1294–1301