

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE EN COTUTELLE

Seif El Islam LEBOUACHERA

CANDIDAT(E) au DOCTORAT PHYSIQUE,
à **L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**
EN COTUTELLE AVEC L'UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE (ALGERIE)
SOUTIENDRA PUBLIQUEMENT sa THÈSE

le 29 janvier 2020 à 12h00

à
USTHB - Alger (ALGÉRIE)

SUR LE SUJET SUIVANT :

"Optimisation d'une formulation EOR chimique pour des réservoirs pétroliers conventionnels et Tight"

JURY :

Mohamed BELMEDANI, Professeur, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE (ALGERIE)
Rachida CHEMINI, Professeur, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE (ALGERIE)
Salah CHIKH, Professeur, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE (ALGERIE)
Nadjib DROUCHE, Directeur de Recherche, CENTRE DE RECH EN TECHNO DES SEMI COND (ALGERIE)
Julien GIGAULT, Chargé de Recherche - HDR, CNRS, UNIVERSITÉ DE RENNES 1
Bruno GRASSL, Professeur des Universités, UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR
Amane JADA, Chargé de Recherche - HDR, CNRS, UNIVERSITÉ DE HAUTE ALSACE
Mohamed KHODJA, Directeur de Recherche, SONATRACH (ALGERIE)

Pau, le 10 janvier 2020

Le Président et,
Par délégation, la Vice-Présidente de la Commission de la
Recherche

p.o. Isabelle BARAILLE



Nom : Seif El Islam LEBOUACHERA

Directeurs Thèse : Bruno GRASSL (IPREM - UPPA) et Rachida CHEMINI (USTHB – ALGERIE)

Titre français de la thèse : Optimisation d'une formulation EOR Chimique pour des réservoirs pétroliers conventionnels et Tight

Titre en anglais : Optimization of chemical EOR formulation for conventional and Tight petroleum reservoir

Résumé :

Une des méthodes de récupération assistée du pétrole les plus utilisées est l'injection de polymères (polymer flooding). L'objectif principal des travaux est d'étudier de nouvelles formulations aqueuses basées sur des mélanges polymère/microparticules afin d'améliorer les comportements rhéologiques classiques de polymère décrits dans la littérature en vue d'une application à la récupération assistée du pétrole (EOR) par la méthode chimique, dans des conditions de salinité et de température simulés à un réservoir pétrolier Algérien (6 g/L NaCl et 20-80 °C). L'ensemble des travaux basé sur de l'optimisation par plan d'expérience (Doehlert) et des mesures rhéologiques ont permis de préciser le rôle de quelques unes des caractéristiques physico-chimiques gouvernant les effets d'épaississement mis en évidence sur des composites polymère-particule à base de polyacrylamide hydrolysé (HPAM commercial, 30%) de forte masse molaire ($M_w = 10^7$ g/mol) et de particule bien définie en termes de taille (d), dispersité, et fonctionnalité : rôle de la fonctionnalité de surface des particules (0,16 à 1,2 mmol / g de COOH) sur les effets d'épaississement pour un régime semi-dilué, un régime "limite protéique" ($R_g/d > 1$), en fonction du paramètre de confinement ($pc=ID/2R_g$) qui caractérise la distance inter-particules (ID) à la taille du polymère (R_g). L'épaississement augmente linéairement avec la fonctionnalité de surface pour $pc < 10$. Ce comportement rhéologique s'explique par les interactions polymère-particules qui ont été quantifié dans des conditions diluées en utilisant des mesures de viscosité capillaire. Pour $pc > 10$, un effet contraire apparait, une fluidification est observée. Pour $pc < 10$, la fonctionnalité impacte légèrement les effets d'épaississement à plus haute température. Il est conservé sur la plage de température 20- 80°C mais avec des énergies d'activation légèrement plus élevées dans le cas de PSL les plus fonctionnalisés ($E_a = 18.8$ kJ/mol pour 0,16 mmol/g et $E_a = 29$ kJ/mol pour 1,2 mmol/g de COOH). Le choix du HPAM s'est orienté sur un polyacrylamide commercial (SNF Floerger) connu pour son utilisation en EOR, le choix des particules vers des latex, i.e. des émulsions aqueuses industrialisable de microsphères de polystyrène fonctionnalisées en surface par des fonctions acide carboxylique (PSL). En perspective aux applications EOR, une étude préliminaire a démontré que la fonctionnalité des microsphères ne modifie pas la dégradation mécanique à forts cisaillements ($< 10^5$ s⁻¹) des chaînes de HPAM en solution soumises à des écoulements transitoires élongationnels en régime laminaire dans une contraction tubulaire, dans le domaine de concentration et régime bien définis : 200 ppm en HPAM, 20 ppm en microsphère.

Résumé en anglais :

One of the most widely used enhanced oil recovery methods is polymer flooding. The main objective of the work is to study new aqueous formulations based on polymer/microparticle mixtures in order to improve the traditional rheological behaviour of polymers described in the literature for application to enhanced oil recovery (EOR) by the chemical method, under simulated salinity and temperature conditions for an Algerian oil reservoir (6 g/L NaCl and 20-80 °C). All the work based on optimization by experimental design (Doehlert) and rheological measurements made it possible to specify the role of some of the physico-chemical characteristics governing the thickening effects highlighted on polymer-particle composites based on hydrolyzed polyacrylamide (commercial HPAM,30%) with high molecular weight ($M_w = 10^7$ g/mol) and well-defined particles in terms of size (d), dispersion, and functionality: role of the surface functionality of the particles (0.16 to 1.2 mmol / g COOH) on the thickening effects for a semi-diluted regime, a "protein limit" regime ($R_g/d > 1$), depending on the containment parameter ($pc=ID/2R_g$) which characterizes the interparticle distance (ID) to the polymer size (R_g). Thickening increases linearly with surface functionality for $pc < 10$. This rheological behaviour is explained by the polymer-particle interactions that have been quantified under diluted conditions using capillary viscosity measurements. For $pc > 10$, an opposite effect appears, a fluidification is observed. For $pc < 10$, the functionality slightly impacts the thickening effects at higher temperatures. It is stored over the temperature range 20-80°C but with slightly higher activation energies in the case of the most functionalized PSL ($E_a = 18.8$ kJ/mol for 0.16 mmol/g and $E_a = 29$ kJ/mol for 1.2 mmol/g COOH). The choice of HPAM was based on a commercial polyacrylamide (SNF Floerger) known for its use in EOR the choice from particles to latex, i.e. industrialisable aqueous emulsions of polystyrene microspheres functionalized on the surface by acid functions carboxylic acid (PSL). In perspective to EOR applications, a preliminary study has been carried out demonstrated that the functionality of the microspheres does not change the degradation mechanical with high shear ($< 10^5$ s⁻¹) of HPAM solution chains subjected to elongational transient flows in laminar regime in a contraction tubular, in the well-defined concentration and regime range: 200 ppm in HPAM, 20 ppm in microsphere.