

EXPERTISE SUR LES PROPORTIONS ET QUALITE DES ARGILES :  
CONSEQUENCE SUR LE RESERVOIR ET L'ECOULEMENT, CAS D'UN  
SYSTEME POLYPHASIQUES.

N ACHI\*M.S BENZAGOUTA\*\* A/K KHIARI\*\*

\*Laboratoire des travaux publics de l'Est Constantine \*\* Université Larbi Ben

M'hidi, OEB

Introduction

Les volumes poreux disponibles dans les roches réservoirs, pour le stockage et la mobilité des fluides, sont contrôlés par divers paramètres notamment la présence d'argile remplissant partiellement ou totalement les pores tout en créant des micro-barrières responsables d'occlusion.

Des travaux antérieurs décrivent la caractérisation de l'espace poreux comme une étape importante dans la compréhension et la prévision des déplacements des fluides au sein des réservoirs (MS. Benzagouta, 1991<sup>1</sup>, R. Selley, 1998<sup>2</sup>, PD. Fernandes&al, 2012<sup>3</sup>).

Dans un réservoir la porosité et la perméabilité sont à la base d'accumulation et de mobilité du fluide, cependant plusieurs paramètres peuvent contrôler ces caractéristiques. Dans ce contexte, plusieurs travaux ont été réalisés évoquant la relation perméabilité, porosité et dépôt sédimentaire (MS.Benzagouta, 2012<sup>4</sup> & 2013<sup>5</sup>). Des travaux ont été achevés concernant la texture et son impact sur les caractéristiques pétrophysiques. La qualité du réservoir peut être déterminée à la base de la forme et la géométrie des pores et

leur distribution (SB.Coskun & al, 1993<sup>6</sup>) en investiguant sur les effets de la composition minéralogique ainsi que la texture et l'effet dia-génétique, il se trouve que le réservoir peut varier selon la variation de ces paramètres. Dans le cas d'étude, un travail expérimental a été conduit, pour établir un constat sur l'effet des argiles à taux variés ainsi que leur type concernant la qualité du réservoir. Cette caractérisation est liée à divers processus : le phénomène de gonflement mais à différents degrés dépendant du type et du taux d'argiles respectivement en plus du phénomène hydrophobe et hydrophile dus au comportement des différents minéraux. Des travaux de recherches (J-L Batignies & al. 1997<sup>7</sup>) ont mis en évidence la préférence de mouillabilité pour l'eau des grains d'illite (hydrophile) et atteste que la kaolinite adsorbe préférentiellement huile, qui confère son caractère hydrophobe.

L'ensemble de ces caractéristiques influent sur le volume poreux et surtout sur l'habilité pour l'écoulement. Ce travail expérimental fondé sur la confection de carottes à base d'une mixture de dépôts détritiques : argile et sable dont le taux est variable respectivement. L'effet de la

pression, exercée artificiellement, pour une simulation de conditions de réservoir a été pris minutieusement en considération.

### Travail expérimental

Dans notre investigation au laboratoire rapporté essentiellement sur ce synopsis où différentes fractions (15, 25 et 35%) de trois types représentatives d'argiles (bentonite, kaolinite et illite) ont été ajoutés comme liant à une ration sableuse bien déterminée : l'ensemble a été soumis à une compaction variable simulant l'état d'un réservoir gréseux (à 1000, 2000 et 3000m de profondeur). La consolidation des carottes s'est faite au laboratoire grâce à la presse uni-axial de grande précision.

Des mesures de perméabilité par le biais du dispositif oedométrique et des mesures de porosité, par la méthode de Marcel Roubault, ont été réalisées. Des essais de drainage et d'imbibition à pression atmosphérique étaient accomplis dans le but d'identifier l'impact de la mouillabilité des argiles sur les mécanismes d'écoulements dans un système bi-phasiques.

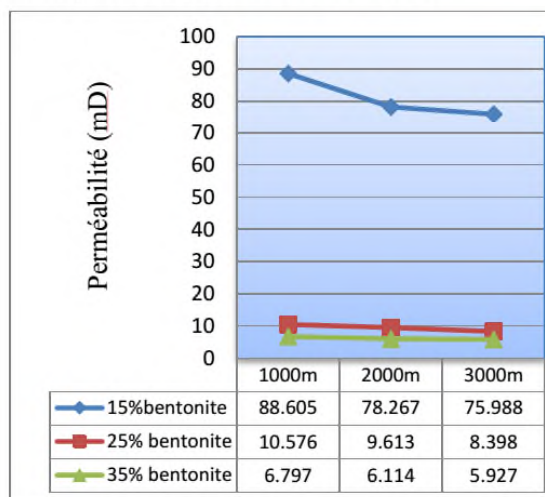
### Résultats obtenus

La compaction, traduisant l'augmentation de la profondeur, a réduit le volume poreux de la roche ainsi que la perméabilité. Pareil constat a été pour chaque type d'argile considéré.

Les résultats concernant le contrôle de la perméabilité et la porosité vis-à-vis des

différents paramètres considérés ont été comme suite :

- **Cas de la Bentonite** : Les mesures de perméabilités obtenues pour les échantillons à 25% et 35% de bentonite (figure.1), sont faibles et celles pour les échantillons à 15% sont moyennes. La perméabilité pour les échantillons à bentonite a diminué considérablement, d'une moyenne de 88%, pour une mixture de 15 et 25% de bentonite et d'une moyenne de 64%, entre 25 et 35% pour ce qui correspond aux profondeurs de 1000m et de 2000m, et de 75% pour ce qui correspond à la profondeur de 3000m.



*Figure.1 : montrant les résultats des essais de perméabilités pour les carottes à bentonite*

- **Cas de la kaolinite** : Les perméabilités obtenues pour les échantillons à 25 et 35% de kaolinite sont moyennes, tandis que celles des échantillons à 15% sont bonnes (figure.2). La perméabilité correspondant à la profondeur de 1000m de profondeur a diminué d'une moyenne de 59 % de sa

valeur initiale, en présence de 15 à 25 % de kaolinite et d'une valeur moyenne de 57 % entre 25 et 35%. A 2000m la perméabilité correspondante a diminué d'une moyenne de 42% de sa valeur initiale en présence de 15 à 25% de kaolinite et d'une moyenne de 79% entre 25 et 35%. Un changement de perméabilité a eu aussi lieu à 3000m, on constate une décroissance de 41% de la valeur initiale de la perméabilité pour les échantillons contenant 15 et 25% de kaolinite. Quand la kaolinite a augmenté pour atteindre 15 et 25% de la roche totale (échantillon), cette perméabilité a diminué d'une valeur importante de 85% de sa valeur initiale.

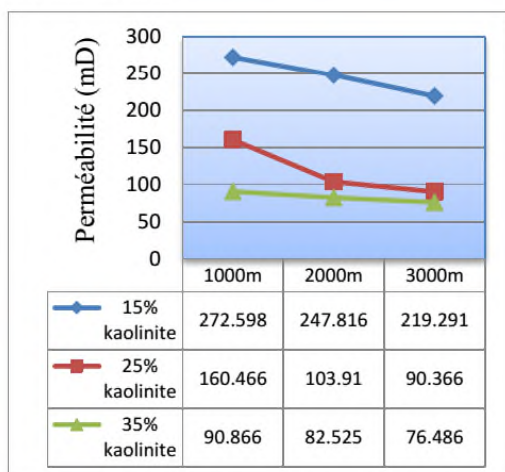


Figure.2 : montrant les résultats des essais de perméabilités pour les carottes à kaolinite

- **Cas de l'illite :** Les perméabilités obtenues (figure.3), pour les échantillons composés de 25 et 35% d'illite sont moyennes, celles des échantillons à 15% sont bonnes. La perméabilité, correspondant à 1000m de profondeur a

diminué d'une moyenne de 74%, en présence de 15 à 25% d'illite et d'une moyenne de 51% entre 25 et 35%.

La perméabilité correspondant à 2000m de profondeur a diminué d'une moyenne de 43%, en présence de 15 et 25% d'illite et d'une moyenne de 84% entre 25 et 35%.

La perméabilité correspondant à 3000m a diminué d'une moyenne de 46%, en présence de 15 et 25% d'illite et d'une moyenne de 88% entre 25 et 35% d'illite.

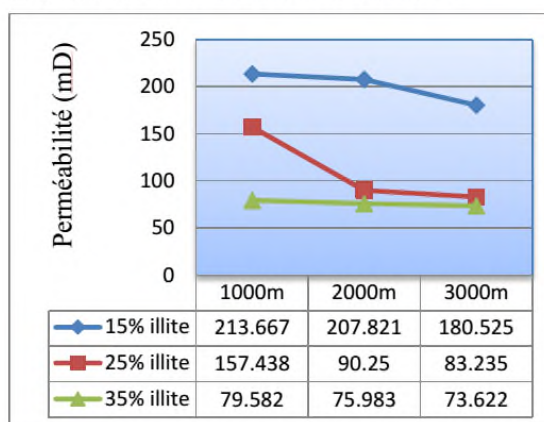


Figure.3 : montrant les résultats des essais de perméabilités pour les carottes à illite

Comme pour la perméabilité, les porosités les plus défavorables sont celles caractérisant les échantillons à bentonite. Quant aux résultats pour les échantillons à kaolinite et illite, leurs valeurs de porosité sont proches avec une légère préférence pour la kaolinite.

Avec les carottes à bentonite on a obtenus les résultats les plus faibles de perméabilité, vraisemblablement cela est du au caractère gonflant de la bentonite en contacte avec l'eau.



Les carottes à kaolinite sont les plus poreuses et les plus perméables de toutes suivies par ceux à illites. La kaolinite étant la moins gonflante des argiles étudiées, cela confirme l'impacte du gonflement des grains argileux qui vont occlure les pores. A l'opposé des mesures de perméabilité et de porosité, l'imbibition de l'échantillon à kaolinite a donné le résultat le plus faible, tandis que celle pour l'échantillon à bentonite est légèrement supérieure. L'imbibition de l'échantillon à illite s'impose comme étant de loin la plus remarquable (figure .4)

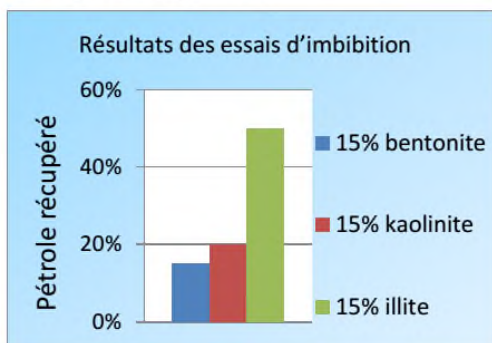


Figure.4 : montrant les résultats des essais d'imbibition pour les 3 types d'argiles

### Interprétation et Conclusion

En présence de bentonite dans les échantillons, on a constaté que les porosités et les perméabilités ont été très faibles. Pour les échantillons à illite les résultats obtenus sont nettement supérieurs et se rapprochent des résultats obtenus sur les échantillons à kaolinite qui restent les meilleurs.

Cela est expliqué par le phénomène de gonflement des argiles. Les liaisons fortes,

de la particule de kaolinite et assez fortes de la particule d'illite, impliquent que ces particules sont stables et leur structure élémentaire n'est pas affectée par la présence d'eau. A l'opposé, la bentonite qui, avec des particules à liaisons faibles, est très affectée par cette présence d'eau.

Dans nos carottes artificielles la bentonite a gonflé et les pores ont été occupés par le nouveau volume expansif des particules de bentonite. Les porosités et les perméabilités sont alors réduites.

Le contact de l'huile avec les argiles ne déstabilise pas l'équilibre des particules est n'induit aucun gonflement. C'est un autre paramètre qui contrôle la relation argile/eau/huile à savoir la mouillabilité des argiles qu'elle soit préférentiellement à l'eau (cas des illites et bentonite) ou à l'huile (cas de la kaolinite). Cette mouillabilité contrôle les déplacements des fluides dans les deux cas de drainage et imbibition ; l'illite et un peu moins la bentonite, hydrophiles sont favorables à l'imbibition leurs présence est favorable à l'expulsion de l'huile, par-contre la kaolinite hydrophobe ne permet pas le déplacement de l'huile par l'eau.

IL résulte, selon l'investigation menée que:

- La compaction qui traduit l'augmentation de la profondeur d'enfouissement, a relativement réduit le volume poreux ainsi que l'interconnexion de ces pores.

- Ce constat a été observé pour tout type d'argile considéré.
- La présence d'illite dans les réservoirs est la moins défavorable pour les propriétés pétrophysiques.
  - La présence de bentonite a affaibli considérablement la perméabilité et la porosité de la roche mais sa mouillabilité préférentielle à l'eau est favorable pour l'exploitation (water wet).
  - La kaolinite malgré que sa présence n'endommage pas beaucoup la perméabilité et la porosité ; elle est la plus redoutable dans les gisements à cause de sa mouillabilité préférentielle à l'huile (oil wet).

- 
1. Benzagouta MS, 1991 "Petrophysical Characteristics Control on the Buchan Oilfield (North Sea)" PhD Thesis, 332 pp, University of Newcastle upon Tyne, UK
  2. Selley R, 1998 "Elements of Petroleum Geology" Third Edition, Hard Copy, ISBN-13: 978-0126363708
  3. Fernandes PD, De Oliveira L & A. Rodrigo, 2012 "Analysis of oil displacement by water in oil reservoirs with horizontal wells"
  4. Benzagouta MS, 2012: "Reservoir heterogeneities determination by the use mercury injection capillary pressure (M.I.C.P) method tight case" Conference on Unconventional and Tight Reservoirs, IAP- Sonatrach, Sheraton, Algiers, September, 2013
  5. Benzagouta MS, 2013: "Investigation on the Impact of Rock Physical Properties on Permeability Variation: Case Study for the Reservoir Heterogeneity Development." Nafta, Journal Regards Technical editor B. Jambrosic
  6. Coskun SB & al, 1993: "Effects of composition, texture and diagenesis on porosity, permeability and oil recovery in a sandstone reservoir" journal of petroleum science and engineering, Vol.8
  7. Bantignies JL, Cartier C & H Dexpert, 1997: "Wettability contrasts in kaolinite and illite clays: characterization by infrared and X-ray absorption spectroscopies" Clays and minerals clay, Vol.45, N° 2. 184-193. Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique, Université Paris-Sud France