

ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA SOLUBILITE DE LA BARYTE SUR LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET RHEOLOGIQUES DE LA BOUE SALEE SATUREE ALOURDIE LORS DU FORAGE DE LA PHASE 8^{1/2}.

M^{er}. Safi. B⁽¹⁾, M^{er}. BENMOUNAH. A⁽¹⁾, R⁽¹⁾, SABER. R⁽¹⁾, M^{er}. KHERIBET. & M^{me}. HAMZA. S⁽²⁾

(1) ; *Laboratoire des Matériaux minéraux et composites L.M.M.C/Dept. Génie des matériaux/U.Bomuerdes.*
Tel(Fax): 024 81 64 08

(2) ; *Centre de recherche et développement C.R.D/SONATRACH/Boumerdes.*

Résumé :

Le forage de la phase 8^{1/2} des puits de Hassi Messaoud en Algérie constitue une étape la plus difficile, à savoir la nature de la couche géologique et le choix des paramètres régissant les opérations de forage. La chute de manière récurrente de l'alcalinité et du pH de la boue a été constatée lors de l'utilisation de baryte locale à l'alourdissement de la boue salée saturée ; se traduisant par une détérioration des propriétés rhéologiques (viscosité plastique, yield value). A cet effet, l'objectif de cette partie consiste à étudier la physico-chimie du problème de détérioration des paramètres rhéologiques.

Mots Clés :

Boue salée saturée, baryte, alcalinité, rhéologie, viscosité plastique, yield-point.

Introduction :

Les boues de forage sont des systèmes colloïdaux dispersés. Les dimensions et les propriétés des particules constituent des facteurs importants qui déterminent les propriétés des systèmes dispersés. Dans tous les cas, la boue doit garder certaines caractéristiques physico-chimique et rhéologique.[1]

On a procédé donc à l'étude l'influence de la solubilité de la baryte locale sur les propriétés physico-chimiques et rhéologiques de la boue salée saturée alourdie (BSSA) en mettant plus particulièrement, l'accent, sur l'effet de la granulométrie de la baryte et la salinité (NaCl) du milieu.

Problèmes posés lors du forage de la phase 8^{1/2} :

Sur les champs de HMD, la phase 8^{1/2} constitue la phase la plus difficile à réaliser, compte tenu de la complexité des problèmes rencontrés, un grand nombre de difficultés inhérentes à la nature des formations traversées est en effet concentré au niveau de cette phase à savoir:

- La présence des bancs salifères massifs du TS1, TS2 et TS3.
- Les venues d'eau chlorée calcique du LD2.
- La présence d'argiles fluentes du TS2.

Principales exigences :

Pour forer la phase 8^{1/2} avec un minimum de problèmes il est nécessaire d'utiliser une boue salée saturée ayant :

- Une viscosité suffisamment basse pour pouvoir circuler à travers l'espace annulaire sans perte de charge excessive.
- Une densité élevée.
- Des propriétés de suspension pour assurer le transport des déblais de forage à la surface.
- Une thixotropie afin de pouvoir développer assez rapidement un gel en cas d'arrêt de forage.

Paramètre technologiques de la boue salée saturée:

Densité ----- 2.00 à 2.02.

Vp ----- 30 à 45 Cps.

- Yield Value: ----- 8 à 14 Ibs/100 ft² jusqu'au toit du LD1.
 ----- 8 à 12 Ibs/100ft² jusqu'au toit du TA.
 ----- 12 à 20 Ibs/100ft² jusqu'à la base du TAG
 ----- 4 à 10 Ibs/100ft² jusqu'à la cimentation du casing.
 Gel 0/10 -----2/10 Ibs/100ft².
 Pb (à titre indicatif) ----- 0 à 0.5 jusqu'au toit du LD1.
 -----1 à 1.5 jusqu'au toit du TA.
 -----2.5 avant la descente du tubage.

Partie expérimentale :

Pour mettre en évidence le problème de la détérioration des propriétés rhéologiques, nous avons préparé des boues salées saturées alourdis (BSSA) avec des baryte de différentes origines (locale, Tunisienne, Turque, Intec). Ensuite, nous avons contrôlé les principales paramètres physico-chimiques et rhéologiques avant et après le vieillissement de la boue ainsi qu'après le Hot-Rolling (c'est à dire que la boue a été mise en mouvement de rotation sous une température de 120 °C pendant 16 heure).

La baryte locale et tunisienne ont été choisies pour la préparation des boues :

- A différentes granulométrie (<32, 45,60, 80, 100 µm)
- A différentes concentration de NaCl (0, 50, 100, 150, 250, 350) g/l.

Résultats et discussion :

Composition de la boue :

Pour les boues salées saturées alourdis, généralement dans 1m³ d'eau on trouve :

- Sel ----- 360kg.
- Amidon----- 35kg
- Chaux ----- 2kg
- Baryte----- selon la densité désirée.

(Pour la phase 8^{1/2} , d_b=2.02g/cm³)

Caractérisation des barytes :

Les tableaux suivants donnent la composition chimique et les densités des différentes barytes.

Tableau N°1 : Composition chimique des barytes

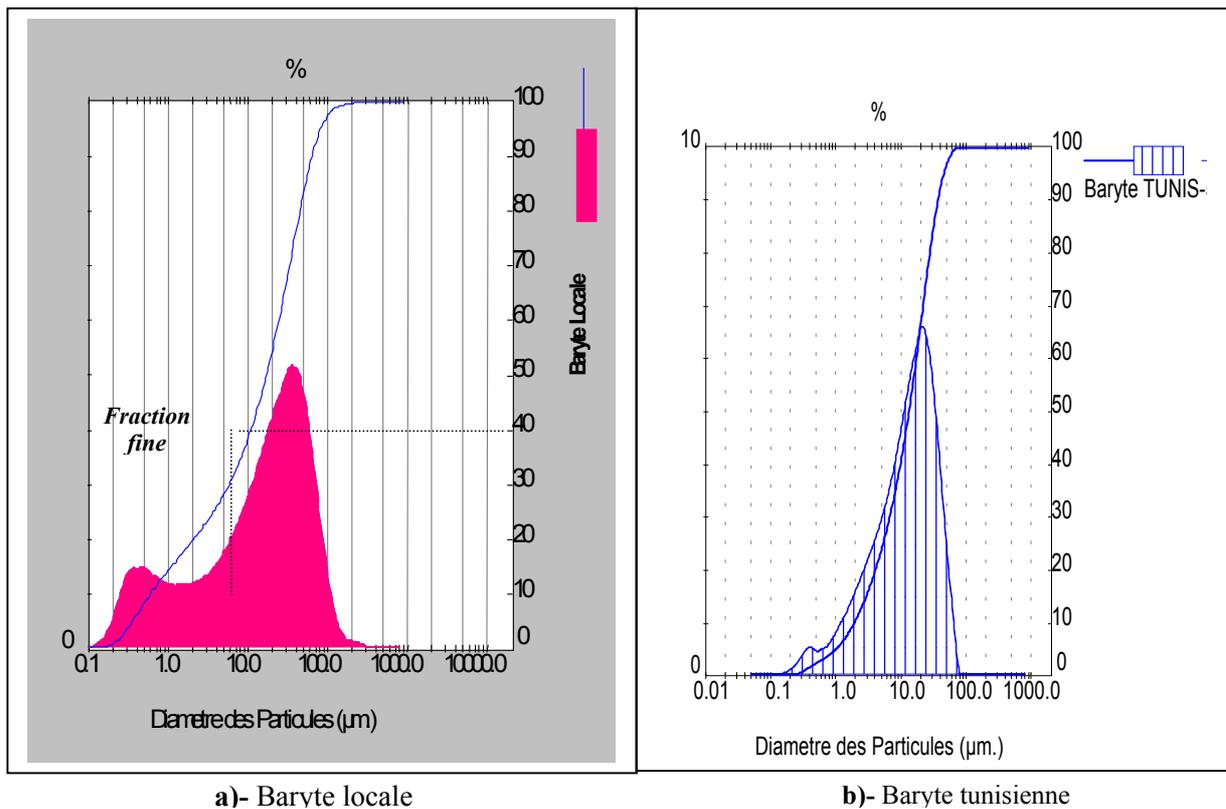
Eléments	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	SrSO ₄	PbO	ZnO	BaSO ₄
Baryte locale	1.90	.09	1.92	3.40	0.07	0.02	0.20	0.05	0.05	0.24	2.25	.049	1.00	84.1
Baryte Tunisie	.430	.070	.150	1.00	.050	.014	.190	.040	.030	.234	4.15	.029	.110	92.8
Baryte Intec	5.20	0.250	.570	.660	.050	.064	.140	.160	.030	.247	3.06	.037	.020	88.7
Baryte Turquie	3.50	.0380	.320	2.08	.070	.028	.140	.240	.040	.270	2.41	.030	.011	89.2

Tableau N°2 : Densité mesurée de différentes baryte

Type de baryte	D ₁	D ₂	D ₃	D _{moyenne}
Locale	4.33	4.35	4.29	4.32
Tunisie	4.34	4.52	4.44	4.43
Intec	4.36	4.27	4.46	4.36
Turquie	4.27	4.26	4.26	4.26

Analyse granulométrique :

Le figure suivante montre la distribution granulométrique des différentes barytes



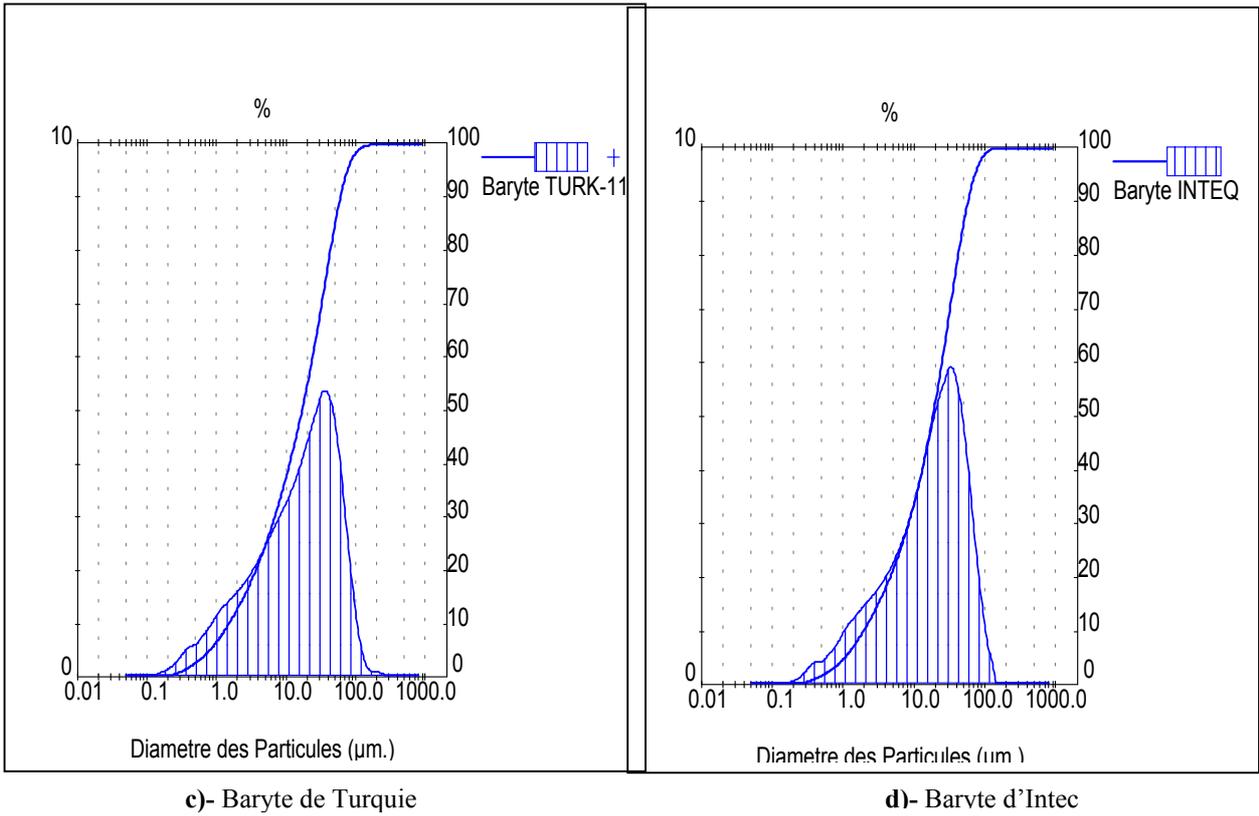


Figure 1 . Analyse granulométrique

La baryte tunisienne possède la densité la plus élevée (d'environ 4.43), ceci est expliqué par sa forte teneur en $BaSO_4$, ce qui permet de réduire la consommation de la baryte lors de l'alourdissement de la boue. D'après les résultats d'analyses granulométriques des différentes barytes (locale, tunisienne, Intec, turque), nous avons constaté que la baryte locale présente un taux plus élevé d'environ 30 % de fractions fines $<6 \mu m$. Alors que les autres baryte renferment un maximum de 20.25 %.

Mise en évidence du problème :

Les figures 2 et 3 donnent la variation des propriétés physico-chimiques et rhéologiques de la BSSA.

- Paramètres physicochimiques :

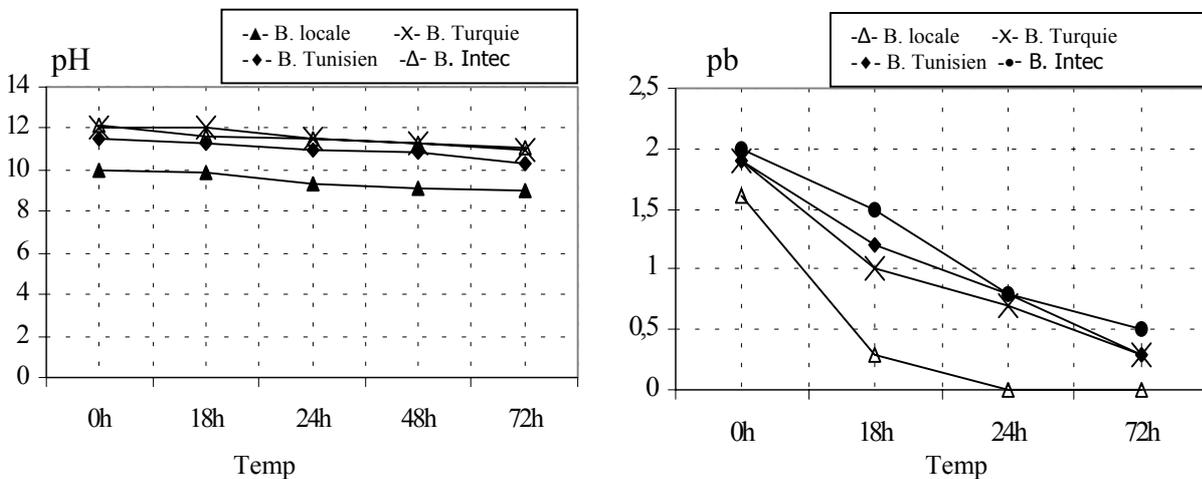


Figure 2 : Variation du pH et pb de la BSSA en fonction du temps

- Paramètres rhéologiques :

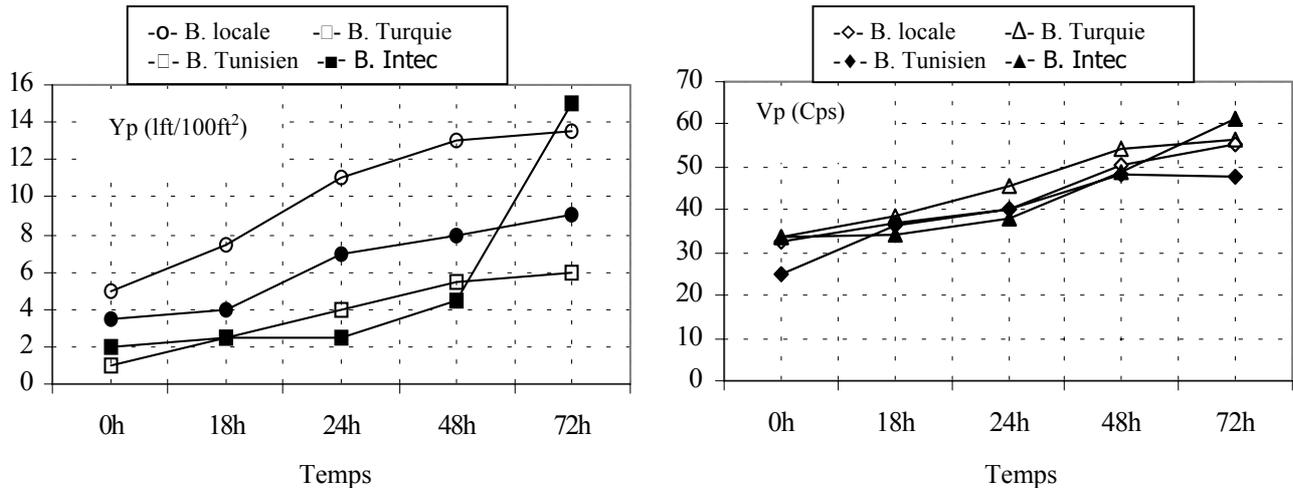


Figure3 : Variation de Y_p et V_p de la BSSA en fonction du temps

Interprétation :

A partir du contrôle chimique de la BSSA, nous constatons, une diminution importante de pH de la boue à baryte locale en fonction du temps ; Plus la boue vieillit, plus son alcalinité diminue. Cette chute d'alcalinité est considérable après l'essai au Hot-Rolling, dont la boue devient neutre avec un pH proche de 7 (figure 2) traduisant ainsi la détérioration des paramètres rhéologiques (V_p , Y_p) de la boue.(figure 3)

Cette chute d'alcalinité s'explique aussi par une solubilité de la fraction fine présentée dans la baryte locale (30%de fraction $< 6\mu\text{m}$), qui est due d'une part ; à l'augmentation de l'état de surface des grains favorisant leur activité chimique [2]. D'autre par ; par la dissolution du BaSO_4 sous l'effet sel et en particulier les ions Cl^- . [3]

La figure 3 montre que l'allure de l'augmentation en viscosité est semblable pour les quatre boues. Au bout de 24 h, la yield value augmente de 50 % par rapport à la valeur initiale, ensuite une augmentation assez faible pendant les 24 h qui se suit. La force ionique de la solution augmente par le phénomène de la solubilité de la fraction fine de la baryte locale, ce qui tend à diminué la distance entre les grains. [4]

Etude de l'effet de la granulométrie et de salinité sur les paramètres de la boue :

Pour mieux éclaircir le problème, on a procédé à l'étude l'effet des facteurs (granulométrie et salinité) sur les principales paramètres physico-chimique et rhéologiques de la BSSA.

a) Effet de la granulométrie :

On entend par granulométrie d'un produit, qu'il soit compact ou réduit en poudre plus ou moins grossière, l'ensemble de tout les facteurs qui caractérisent sa texture granulaire, c'est à dire la forme et la grosseur des grains, ainsi leur répartition ; [3]

L'étude de la granulométrie et les systèmes dispersés intéresse particulièrement les industries de la céramique, verrerie, cimenterie, l'explosifs...etc. Actuellement cette science est élargie. Aujourd'hui les scientifiques particulièrement les technologues des boues de forage s'intéressent à l'effet de la granulométrie de la baryte sur les paramètres rhéologiques et physico-chimiques des fluides de forage, ces derniers ont appliqué le problème de la

détérioration de la rhéologie de la boue destinée pour le forage de la phase 8^{1/2} par influence des particules colloïdales sur cette dernière.
 Les résultats obtenus sont illustrés dans les figures suivantes ;

• Paramètres physico-chimiques :

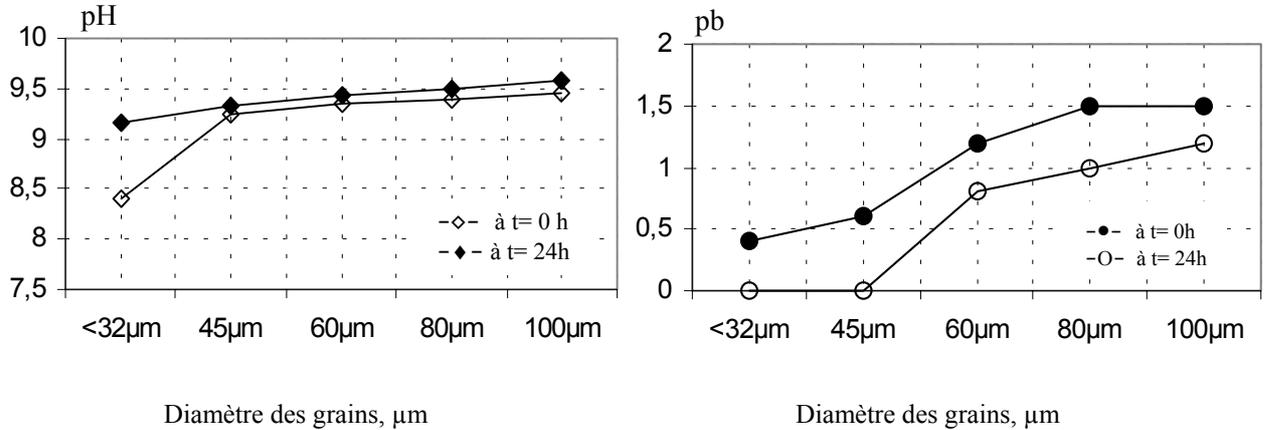


Figure 4 : Effet de la granulométrie de la baryte locale sur les paramètres physico-chimiques de la BSSA

• Paramètres rhéologiques :

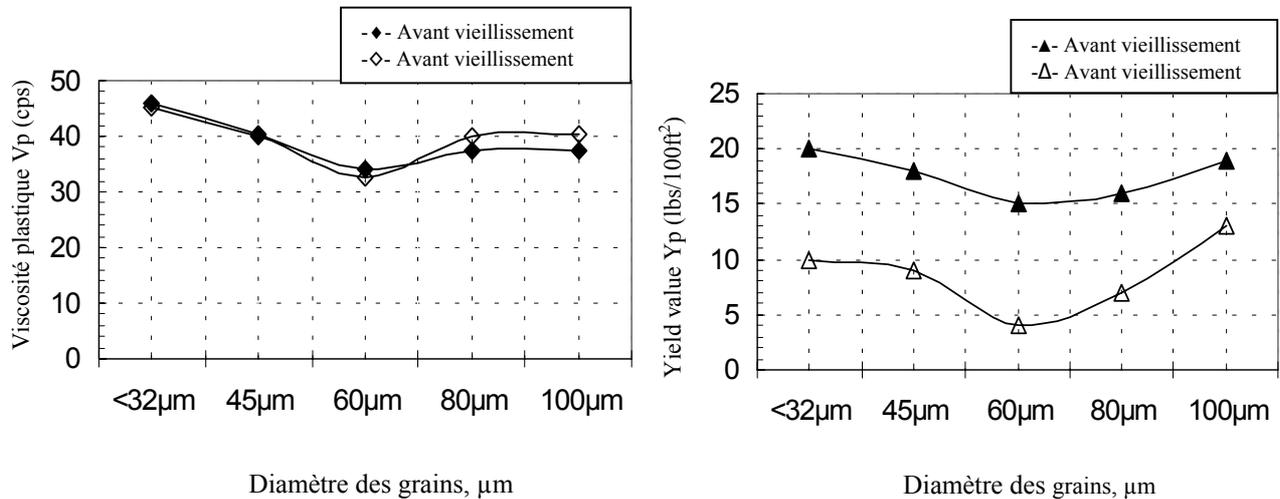


Figure 5 : Effet de la granulométrie sur les paramètres rhéologiques (Vp, Yp) de

Interprétation :

Les boues dont les dimensions des grains de baryte locale inférieure à 32 µm présentent un pH faiblement basique (pH = 9.25 avant vieillissement et pH = 8.40 après vieillissement). Après vieillissement de la boue, une assez rapide augmentation du pH est observée avec l'augmentation de la taille des grains, ensuite se stabilise à partir de 60 µm de dimensions de grains.

Cette évolution du pH provoque une augmentation significative de l'alcalinité de la boue (pb). Ce là peut s'expliquer par l'état de surface des grains de baryte (faible surface spécifique) favorisant d'autant plus l'activité chimique du BaSO₄[3].

Pour les boues dont les dimensions des grains sont inférieure ou égale à 60 µm, la chute d'alcalinité est accompagnée par une augmentation excessives les paramètres rhéologiques (figure 4), dans ce cas, une adsorption spécifique d'ions (ions indifférents) à l'interface minérale-solution est apparue à la suite de solubilité de la barytine, ainsi qu'une importante force ionique du milieu aqueux qui actent sur la double couche électrique des particules colloïdales en la comprimant. La diminution de l'épaisseur de cette couche provoque le rapprochement des particules.[5]

On observe, à partir de 60 µm, une élévation de la viscosité et la yield value bien que le milieu est basique. Ce là est due, non seulement au causes décrite précédemment , mais aussi à la décantation des gros grains. Ce qui empêche l'écoulement de la boue.

Ce problème devient intensif avec un long séjour de la boue dans le puits (conditions température, pression).

b) Effet de la salinité (effet de sel NaCl) :

Le forage de la phase 81/2 nécessite l'usage de la boue salée saturée alourdie, dont l'ajout de NaCl s'effectuer jusqu'à la saturation complète (350g/l). La confection des BSS a pour but d'éviter l'échange ionique par le phénomène d'osmose au moment de la traverse des zones salifères comportant des sels massifs (chlorures, sulfures...). Si la boue n'est pas saturée en sels, au moment de sa mise en circulation, elle rentre en réaction avec les sels parvenus des couches traversés ce qui entraîne la contamination de la boue, et par conséquent la détérioration des paramètres rhéologiques.

L'étude de l'effet de NaCl sur le comportement rhéologique de la boue a été réalisée sur des boues à base de baryte locale et tunisienne par variation de concentrations en NaCl (0, 50, 100, 150, 250, 350) g/l.

Les résultats obtenus sont représentés aux figures suivants ;

• Paramètres physico-chimiques :

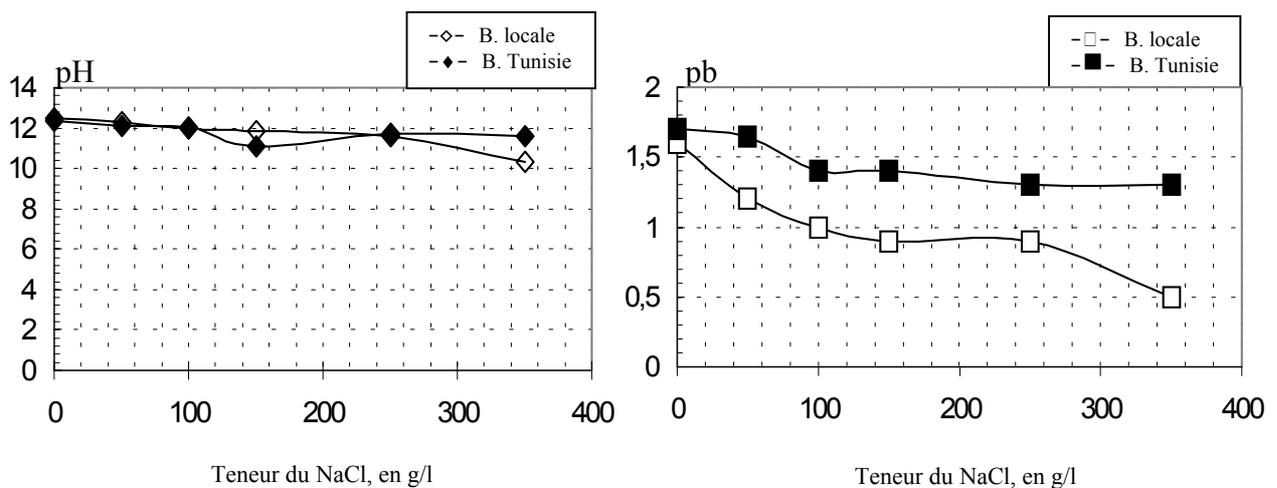
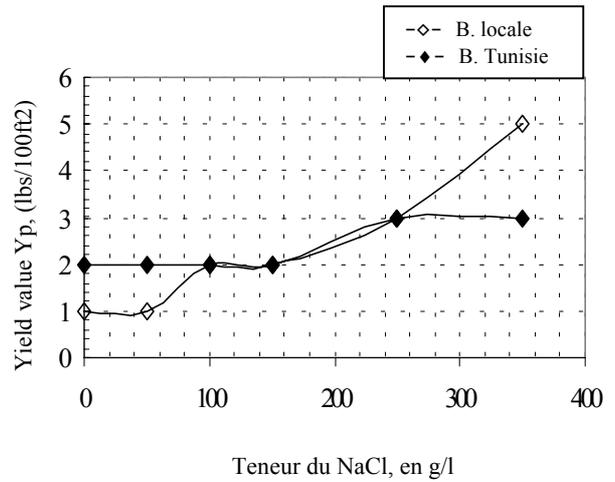
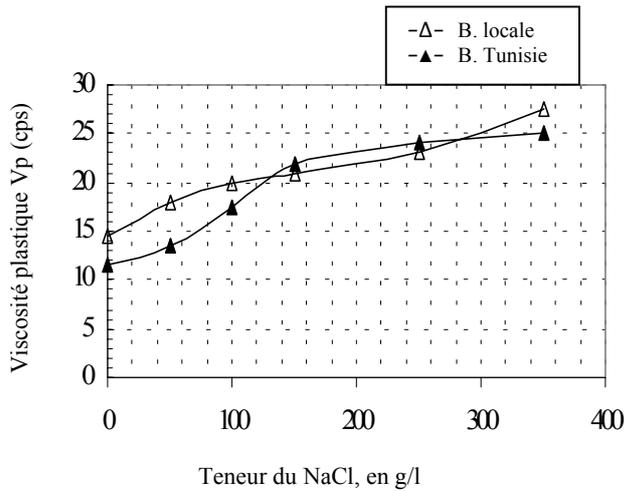


Figure 6 : Effet de sel sur les paramètres physico-chimiques (pH, pb) de BSSA

• Paramètres rhéologiques :

Avant le vieillissement



Après 24 heures de vieillissement:

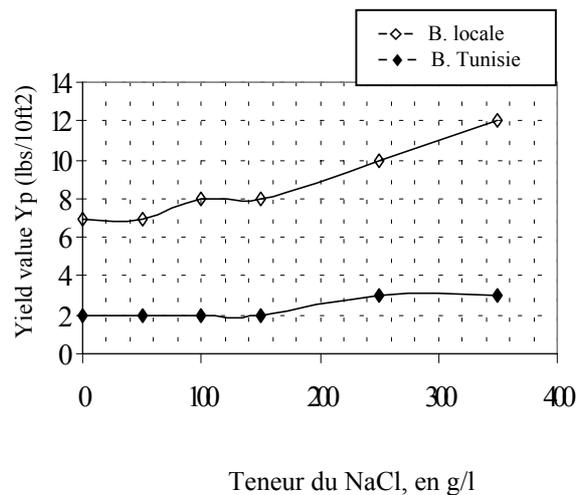
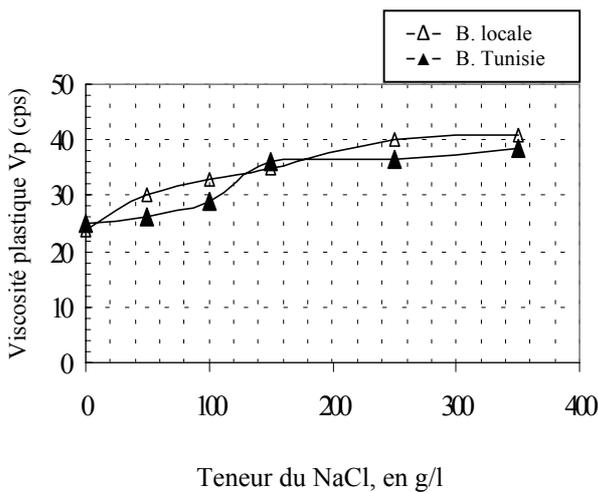


Figure 7: Effet de sel sur les paramètres rhéologiques (Vp, Yp) de BSSA

Interprétation :

Les paramètres physico-chimiques (pH, pb) de la boue sont influencé par l'addition de NaCl à forte concentration (>250 g/l). Au delà de cette concentration le pH de la boue (à base de baryte locale) diminue jusqu'à la valeur 10 et le pb diminue jusqu'à la valeur 0.6.

Les résultats des essais rhéologiques effectués avant vieillissement des boues, montrent une augmentation des Vp et Yp en fonction de l'augmentation de concentration en NaCl ;

Pour les concentrations de 250 à 360 g/l (sursaturation) en NaCl, l'augmentation de la Yield (Yp) de la boue est importante. Ceux effectués après vieillissement, montrent pratiquement les mêmes variations pour la viscosité plastique (Vp), par contre la yield value (Yp), elles sont très importantes, surtout pour les fortes concentrations de NaCl.

Aux faibles concentrations en NaCl, la force ionique de la solution n'a pas une grande influence, mais pour les fortes concentrations, elle devient importante ce qui explique les variations observées. L'effet compressif de la force ionique sur la double couche électrique a créé l'agglomération des particules de la boue en augmentant ainsi sa rhéologie.

Conclusion :

La mesure dans laquelle la boue remplit des fonctions qu'on exige d'elle, ne peut simplement se déterminer que par sa tenue et son comportement dans le trou au cours de forage.

Notre étude consiste à développer certaines propriétés de la boue et corrélérer entre elles pour une bonne tenue pendant le forage de la phase en question.

On a constaté que les paramètres rhéologiques augmentent en fonction de temps de vieillissement de la boue, cependant cette variation dépend essentiellement de la baryte utilisée. Cette détérioration des paramètres est indésirable pour la phase 8^{1/2}

Cette étude nous a permis d'élucider le problème de la détérioration des propriétés physico-chimiques la boue salée saturée qui est d'abord, un problème d'origine chimique avant qu'il soit électrique et rhéologique.

Chimique → Electrique → Rhéologique

Références bibliographiques :

- [1] : Ricard G., *Physico-chimie des boues de forage*, tome I. pp12-15, Référence IFP. Ecole Nationale du pétrole et des moteurs ,(mai 1958)
- [2] : Kolthoff I. J., *Phys.ch*, 36; 800,(1923)
- [3] : Kolthoff I et E. Sandell., *Quantitative analysis*, MINEAPOLIS-USA, (1946)
- [4] : Ziane F ., *Etude de la solubilité de baryte dans les eaux d'injection.*, CRD-SONSTRACH.BOUMERDES .(1998)
- [5] : Touray J.C., *La dissolution des minéraux. Aspects cinétiques.*, chapitre II. pp 9-17, (1948)