

# UNIVERSITE KASDI MERBAH DE OUARGLA

Faculté des hydrocarbures des énergies renouvelables des sciences de la terre et de l'univers

Département de forage et mécanique des chantiers pétroliers



**Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

Domaine : sciences et technologies

Filière : Hydrocarbures

Spécialité : Forage

Présenté par :

KHERGAG Adel

BENTEBBA Tedjani

**Thème**

Contribution à l'étude du coincement d'une garniture de forage dans les formations argileuses gonflantes

Soutenu publiquement

Le : 24 / 06 / 2018

Devant le Jury :

M. DOBBI Abd Majid

Président

UKM Ouargla

M. LEBTAHI Hamid

Encadreur

UKM Ouargla

M. LAGHRIB Youcef

Examineur

UKM Ouargla

**Année universitaire : 2017/2018**

# *REMERCIEMENTS*

Nous tenons profondément à remercier tout d'abord DIEU  
l'unique qui a permis à ce travail de voir la lumière,

*Nos remerciement sont adressés  
à notre encadreur Monsieur D<sup>r</sup> LEBTAHI Hamid ,  
pour sa disponibilité et ces précieux conseils, ainsi  
qu'à tout le personnel du département Forage et MCP*

*Nous tenons par cette occasion à présenter nos vifs  
remerciements à tous ceux qui ont collaboré de près ou  
de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre  
formation durant tout notre cursus scolaire et  
universitaire.*

# ***DEDICACES***

*A qui puis-je dédier ce travail si ce n'est à mes très chers parents, dont le sacrifice, la tendresse, l'amour, la patience, le soutien, l'aide, l'encouragement et les prières sont l'essence de ma réussite. Sans eux, je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui. J'espère que j'aurais un jour l'occasion de les remercier d'avantage.*

*puisse dieu le tout puissant*

*l'accueillir en son vaste paradis.*

*A mes chers frères*

*A mes chères sœurs.*

*A Toute ma famille et mes proches.*

*A tous mes amis.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

**Résumé :** La traversée des formations argileuses durant le forage est une opération complexe. Ces formations représentent un grand challenge car des difficultés de tout ordre peuvent surgir causées par le phénomène de gonflement des argiles. Ce processus d'expansion de l'argile conduit inévitablement au coincement de la garniture de forage. Ce phénomène nécessite plusieurs opérations d'intervention dont le battage et l'instrumentation. Si le problème n'a pas été résolu un side-track sera effectué. Pour bien cerner le phénomène du gonflement une étude expérimentale a été réalisée à l'aide d'un dispositif permettant de simuler les forces induites par l'expansion de l'argile dans différentes conditions.

**Mots clés :** coincement, déviation, gonflement des argiles, side-track et boue de forage.

**ملخص -** العبور عبر الطبقات الطينية أثناء حفر الابار البترولية تعتبر عملية معقدة. تمثل هذه الطبقات تحديًا كبيرًا لأن الصعوبات و المشاكل من أي نوع يمكن أن تنشأ بسبب ظاهرة انتفاخ الطين. من بين هذه المشاكل التصاق أنابيب الحفر مع الطين التي تستدعي العديد من التدخلات لمعالجتها. إذا لم يتم حل المشكلة ، فسيتم تنفيذ مسار جانبي كآخر حل. لفهم ظاهرة الإنتفاخ بشكل أفضل ، أجريت دراسة تجريبية باستخدام جهاز يحاكي القوى التي يسببها انتفاخ الطين تحت ظروف مختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** التصاق, إنحراف, إنتفاخ الطين, مسار جانبي و مائع الحفر.

**Abstract -** The bypassing by clay formations while oil wells drilling is a complex operation, these kind of formations represent a big challenge because of difficulties caused by the phenomenon of swelling clays. This process of clay expansion inevitably leads to pipe stuck. This phenomenon requires several operations including jarring and instrumentation. If the problem has not been solved, a side-track will be done. To understand more about the phenomenon of swelling, an experimental study is released by using a device that simulates the forces induced by the expansion of the clays under different conditions.

**Key words:** pipe stuck, deviation, clays swelling, side-track and drilling mud.

## **Abréviations**

*SN REPAL* : Société nationale de recherche et d'exploitation de pétrole en Algérie

*CFPA* : Centre de formation professionnelle et d'apprentissage

*YP* : Yield point

*PV* : Viscosité plastique (plastic viscosity)

*CEC* : Capacité d'échange cationique

*NPT* : Temps non productif (non productive time)

*CMC* : Carboxyméthyl cellulose

*RIH* : Descente de la garniture (Run in hole)

*POOH* : La remontée de la garniture (Pull out of hole)

*STB* : Stabilisateur

*DC* : Masse-tige (drill collar)

*DP* : Tige de forage (drill pipe)

*MTR* : Moteur

*PDM* : Positive displacement motor

*CEC* : Capacité d'échange cationique

*API* : American petroleum institute

*PH* : Pression hydrostatique

*PF* : Pression de formation

## **Vocabulaire et définitions. [36]**

*Inclinaison* : L'angle du puits par rapport à la verticale.

*Trajectoire* : Le cheminement du puits depuis la tête de puits jusqu'à sa profondeur finale.

*Montée en inclinaison* : Section du puits où l'inclinaison augmente (Build-up).

*Chute d'inclinaison* : Section du puits où l'inclinaison diminue (Drop-off).

*Azimut* : La direction du puits incliné par rapport au Nord.

*Cible* : Le point visé en sous-sol.

*Gradient de montée* : Croissance de l'inclinaison par unité de longueur (Build-up rate) exprimé positivement en deg/10 m, deg/30 m ou deg/100 ft.

*Gradient de chute* : Décroissance de l'inclinaison par unité de longueur (Drop-off rate) exprimé négativement en deg/10 m, deg/30 m ou deg/100 ft.

*Kick-off point* : Le point où le puits quitte la verticale.

*Dog-leg* : Le dog-leg représente un changement de direction du puits résultant d'une variation d'inclinaison et/ou d'une variation d'azimut, exprimé ( $> 0$  ou  $< 0$ ) en deg/10 m, deg/30 m ou deg/100 ft.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
--------------------	---

## PARTIE THEORIQUE

### CHAPITRE I : GEOLOGIE DE LA ZONE HASSI MESSAOUD

1	Situation géographique .....	2
3	Situation géologique .....	3
3	Historique de la découverte .....	4
4	Caractéristiques du réservoir .....	4
5	Aperçu stratigraphique .....	4
5.1	Cénozoïque .....	5
5.2	Mésozoïque .....	6
5.3	Paléozoïque .....	8
5.4	Le socle .....	9
6	Zones et numérotation des puits .....	9

### CHAPITRE II : IDENTIFICATION ET TRAITEMENT DES COINCEMENTS

1	Classification des coincements .....	10
1.1	Les coincements dûs à la formation .....	10
1.1.1	Les phénomènes d'instabilité des formations argileuses.....	10
1.1.2	Formations non consolidées .....	12
1.1.3	Formations fracturées .....	13
1.1.4	Les couches de sel .....	13
1.2	Collage par pression différentielle.....	13
1.2.1	Les conditions de coincement par pression différentielle .....	14
1.2.2	Symptômes .....	14
1.3	Coincements mécaniques .....	15
1.3.1	Trou de serrure (Key Seat) .....	15
1.3.2	Sédimentation des déblais et nettoyage du trou .....	16

1.3.3	Chute ferraille et objet divers .....	16
1.3.4	Mauvaise géométrie des parois .....	17
2	Traitement des coincements .....	18
2.1	Le battage .....	18
2.1.1	Les coulisses de battage .....	18
2.2	Bouchon décoincant .....	20
2.3	Le dévissage (back off) .....	20
2.3.1	Détermination du point de coincement .....	20
2.3.2	Méthodes de dévissage de la garniture .....	21
2.4	Le repêchage .....	21
2.4.1	Les overshots .....	21
2.4.2	Les tarauds et les cloches taraudées .....	22
2.5	Side track .....	22
2.5.1	Sélection de la zone de kick-off .....	23
2.5.2	Méthodes de démarrage du side-track .....	23

### **CHAPITRE III : PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES ARGILES**

1	Définition des argiles .....	24
2	Formation des argiles .....	24
3	Structure et minéralogie des argiles .....	24
4.1	La couche octaédrique .....	25
4.2	La couche tétraédrique .....	25
5	Les principales familles des argiles .....	25
5.1	Les kaolinites .....	25
5.2	Les Illites .....	26
5.3	Les smectites .....	26
6	Classifications des argiles .....	26
6.1	Minéraux à 7 Å .....	26
6.2	Minéraux à 10 Å .....	27
6.3	Minéraux à 14 Å .....	27



6.4	Minéraux interstratifiés .....	27
7	Propriétés des argiles .....	27
7.1	Espaces interfoliaires .....	27
7.2	Organisation de la phase solide des argiles .....	27
7.2.1	Les feuillets .....	27
7.2.2	La particule .....	27
7.2.3	L'agrégat .....	27
8	Principales caractéristiques des minéraux argileux .....	28
8.1	Degré d'hydratation .....	28
8.2	La densité de charge spécifique .....	28
8.3	La Capacité d'échange cationique (CEC) .....	29
8.4	L'interaction eau-argile .....	29
9	Définition des paramètres du gonflement .....	30
9.1	Mécanisme de gonflement des argiles .....	30
9.2	La pression de gonflement .....	30
9.3	L'indice de gonflement .....	30
9.5	Capacité de gonflement .....	31
10	Facteurs influençant sur le gonflement des argiles .....	31
10.1	Composition et nature minéralogiques .....	31
10.2	La composition physico-chimique .....	31
10.3	La nature de la structure interne d'argile .....	31
10.4	La teneur en eau .....	31
10.5	La pression extérieure appliquée .....	31

# PARTIE PRATIQUE

## CHAPITRE IV : ETUDE DE CAS

1	Introduction .....	32
2	Historique du puits OMG 512 .....	32
2.1	Localisation du puits .....	32
2.2	Représentation de la coupe lithologique du puits OKN 530 .....	33
2.3	Puits voisins .....	33
3	Déroulement des opérations .....	34
3.1	Historique des opérations avant le coincement.....	34
3.2	Manifestation du coincement .....	34
3.3	Description de l'évènement (déroulement des faits) .....	35
3.4	Détermination du point libre (FPI) .....	36
3.4.1	Mesure électrique appelée " Free point indicator" .....	36
3.4.2	Méthode mécanique par mesure d'allongement de la garniture coincée .....	36
3.5	Caractéristiques de la boue .....	37
4.4	Repêchage .....	41
4.5	Side track .....	42
4.5.1	Plan de side track .....	43
4.5.2	Préparation et mise en place d'un bouchon de ciment .....	43
4.5.3	Reforage du ciment .....	43
4.5.4	Déroulement des opérations de side track .....	44
5	Le profil de side track .....	45

## CHAPITRE V : ETUDE EXPERIMENTALE

1	Caractérisation des échantillons utilisés .....	46
2	Description de l'installation expérimentale de l'étude du gonflement .....	46
2.1	Composition .....	46
2.2	Les paramètres mesurés par l'installation .....	47
2.3	Mode opératoire .....	47

3	Plan d'étude expérimentale .....	48
4	Résultats et interprétations .....	48
4.1	Le potentiel et la cinétique du gonflement .....	48
4.1.1	Cinétique de gonflement dans l'eau distillée (pH = 7) .....	48
4.1.2	Influence du gasoil sur le gonflement .....	48
4.1.3	Influence du réducteur de filtrat sur le gonflement .....	49
4.1.4	Influence du filtrat de boue à émulsion inverse sur l'argile organophile .....	49
4.2	La cinétique de gonflement à différentes températures .....	50
4.3	La pression de gonflement .....	50
	CONCLUSION .....	52
	RECOMMANDATIONS .....	53

## **ANNEXE**

Les puits voisins

Programme d'outils

Composition de poisson

La composition de la BHA de reforage du ciment

La composition de la BHA de la section Build-Hold (1665 m à 1825 m)

La composition de la BHA de la section Drop off (1825 m à 1903 m)

La composition de la BHA de la section verticale (1903 m à 2393 m)

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE II : IDENTIFICATION ET TRAITEMENT DES COINCEMENTS

Tableaux II.1 : Les signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles fluentes .....	18
Tableaux II.2 : Signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles feuilletées .....	19
Tableaux II.3 : Les signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles réactives .....	20

## CHAPITRE IV : ETUDE DE CAS

Tableau IV.1 : Les coordonnées du puits .....	32
Tableau IV.2 : les puits voisins .....	33
Tableau IV.3 : Caractéristiques de la boue .....	37
Tableau IV.4 : Traitement d'un bouchon d'acide (15 % HCL) .....	39
Tableau IV.5 : Déroulement des opérations de repêchage du 08/02/2018 à 22/02/2018 .....	42
Tableau IV.6 : Paramètres de reforage de ciment .....	44
Tableau IV.7 : les paramètres du forage 1665m à 1825m .....	44
Tableau IV.8 : les paramètres du forage 1825m à 1903m .....	44
Tableau IV.9 : les paramètres du forage 1903m à 2393m .....	44
Tableau IV.10 : Survey du forage (1665m à 2393m) .....	45

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I : GEOLOGIE DE LA ZONE DE HASSI MESSAOUD

Figure I.1 : Situation géographique du champ de Hassi Messaoud .....	2
Figure I.2 : Situation géologique du champ de Hassi Messaoud .....	3
Figure I.3 : Les gisements entourant le champ de Hassi Messaoud .....	4
Figure I.4 : Stratigraphie de champ de Hassi Messaoud .....	5
Figure I.5 : Carte des zones de production .....	9

## CHAPITRE II : IDENTIFICATION ET TRAITEMENT DES COINCEMENTS

Figure II.1 : Argiles feuilletées .....	19
Figure II.2 : Argiles réactives .....	19
Figure II.3 : Formations non consolidées .....	20
Figure II.4 : Formations fracturées .....	21
Figure II.5 : Les couches de sel.....	21
Figure II.6 : Collage par pression différentielle.....	22
Figures II.7 : Garniture au contact du cake ; formation perméable grés .....	23
Figure II.8 : Surface de basse pression .....	23
Figures II.9 : Key seat .....	24
Figure II.10 : Sédimentation des déblais .....	24
Figures II.11 : Ferrailles dans le trou .....	25
Figures II.12 : Dog-leg; Ledges .....	25
Figure II.13 : Coulisse mécanique .....	26
Figure II.14 : Coulisse hydraulique .....	27
Figure II.15 : Bumper sub (Bowen) .....	27
Figure II.16: Stuck point Indicator Tool (Schlumberger SIT) .....	28
Figure II.17 : Overshots .....	29
Figure II.18 : Tarauds et cloches taraudées .....	30
Figure II.19 : Sid track avec Whipstock .....	31

### **CHAPITRE III : PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES ARGILES**

Figure III.1 : Structure de l'argile .....	11
Figure III.2 : La couche octaédrique .....	11
Figure III.3 : La couche tétraédrique .....	11
Figure III.4 : Kaolinite vus au microscope électronique à balayage .....	12
Figure III.5 : Smectite vus au microscope électronique à balayage .....	12
Figure III.6 : Structure multi-échelle d'une smectite .....	14
Figure III.7 : Gonflement et hydratation du matériau argileux .....	15
Figure III.8 : Courbe de gonflement en fonction du temps .....	16

### **CHAPITRE IV : ETUDE DE CAS**

Figure IV.1 : Prévision géologique du puits OMG 512 .....	33
Figure IV.2 : Variation des paramètres au moment de coincement .....	35
Figure IV.3 : Log de free point indicator .....	36
Figure IV.4 : Variations du torque .....	37
Figure IV.5 : Processus de traitement de coincement .....	38
Figure IV.6 : Log de back off électrique .....	40
Figure IV.7 : BHA laissée dans le puits .....	41
Figure IV.8 : La mise en place d'un bouchon de ciment .....	43
Figure IV.9 : Le profil de side track .....	45

### **CHAPITRE V : ETUDE EXPERIMENTALE**

Figure V.1 : Schéma de l'installation d'étude de gonflement .....	46
Figure V.2 : Cinétique de gonflement de l'argile en contact avec l'eau distillée .....	48
Figure V.3 : Influence du réducteur de filtrat sur le gonflement de l'argile .....	49
Figure V.4 : Influence du filtrat de boue à émulsion inverse sur l'argile organophile .....	49
Figure V.5 : La cinétique de gonflement à différentes températures .....	50
Figure V.6 : Pression de gonflement en présence des différentes solutions .....	50

## INTRODUCTION

L'objectif d'un forage est d'atteindre le réservoir en un temps très réduit et à un prix de revient minimal, en tenant compte de l'aspect économique et sécuritaire. Cela nécessite l'utilisation des techniques les plus adaptées aussi une bonne connaissance des paramètres de forage et de la géologie des terrains à forer.

La traversée des formations argileuses durant le forage est une opération complexe. Ces formations elles-mêmes représentent un grand challenge car des difficultés de tout ordre peuvent surgir causées par le phénomène de gonflement des argiles. Ce phénomène provoque des dégâts importants. La majorité des formations sont de type argileux qui sont la cause des problèmes des coincements.

Parmi les problèmes majeurs qui constituent un grand obstacle pour la poursuite du forage, c'est celui des coincements résultant du gonflement des argiles qui nécessite plusieurs opérations d'intervention telles que le battage et l'instrumentation et si le problème n'a pas été résolu un side track sera effectué.

La boue à base d'huile ou une boue à émulsion inverse est généralement utilisée afin d'empêcher le phénomène du gonflement et de coincement. Cependant, le mauvais choix des tensio-actifs peut provoquer la séparation des phases de la boue et modifier sa stabilité, et/ou il peut causer l'inversion de la mouillabilité de l'argile. Ceci met en évidence toute l'importance du choix du tensio-actif.

Ce travail sera présenté en cinq chapitres :

- Géologie de la zone de Hassi Messaoud.
- Propriétés physiques et chimiques des argiles.
- Identification et traitement des coincements.
- Etude de cas : Puit OMG 512.
- Étude expérimentale sur le gonflement des argiles.

Le champ de Hassi Messaoud représente l'un des champs les plus complexes au monde. C'est un gisement gréseux qui s'étend sur quelques 2200 km<sup>2</sup> avec une surface imprégnée d'huile d'environ 1600 km<sup>2</sup>. La couche productrice située à une profondeur moyenne de 3400 m se caractérise par une très grande variabilité de ses propriétés pétrophysiques.

Celles qui sont le plus directement liées à la productivité des puits, porosité et perméabilité sont encore aujourd'hui difficilement prévisibles, malgré les connaissances géologiques accumulées sur plus de 1200 puits verticaux et horizontaux qui ont été continuellement carottés au cours de ces 50 dernières années. Les propriétés pétrophysiques peuvent être une aubaine pour la productivité, comme ils peuvent provoquer une succession de problèmes à résoudre. [1]

### 1. Situation géographique :

Le champ se trouve dans l'immensité désertique du Sahara algérien, au nord du continent Africain. Il est aussi situé à 800 Km au Sud Sud-est de la capitale Alger, à 350 km de la frontière Algero-tunisienne, ainsi qu'à environ 80 km au sud-est de la ville de Ouargla et à 176 km au sud de Touggourt (Figure. I.1). [2]

\* Sa localisation en coordonnées Lambert (Sud Algérie) est :

X = [790000 - 840000] Est, Y = [110000 - 150000] Nord.



Figure I.1 : Situation géographique du champ de Hassi Messaoud. [1]



## 2. Situation géologique :

La plate-forme Saharienne est située au sud de l'Algérie alpine et appartient au Craton Nord-Africain. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes, les déformations tectoniques et la subsidence, ont modelé la Plate-forme Saharienne en un certain nombre de bassins répartis dans la province occidentale, la province orientale et la province triasique.

Il est limité géologiquement par (Figure I.2) : [2]

- Les structures de Djamaa Touggourt au Nord ;
- Le dôme de Dahar, Horst anticlinal de Hassi-Touareg Rhourde El Baguel et la dépression de Ghadamès à l'Est ;
- L'éperon haut fond d'Amguid El Biod au Sud ;
- La dépression d'Oued Mya à l'Ouest.

Il est aussi limité par les gisements suivants (Figure I.3) :

- A l'Ouest par les gisements Guellala, Ben-Kahla et Berkaoui ;
- Au Nord-Ouest par les gisements Ouarsenis N. Zidane Lakhar et Boukhezana ;
- Au Nord-est par le gisement de Rh. Chegga ;
- Au Sud-est par les gisements Rhourde El Baguel et Mesdar ;
- Au Sud-ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb.

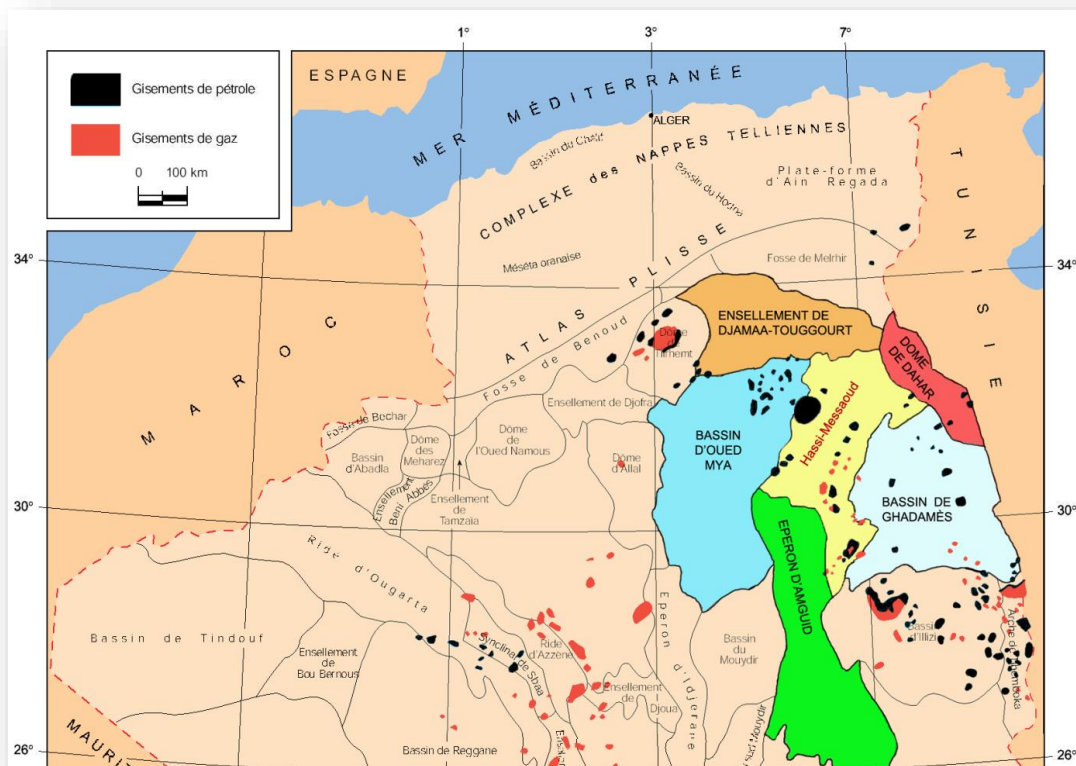


Figure I.2 : Situation géologique du champ de Hassi Messaoud. [2]

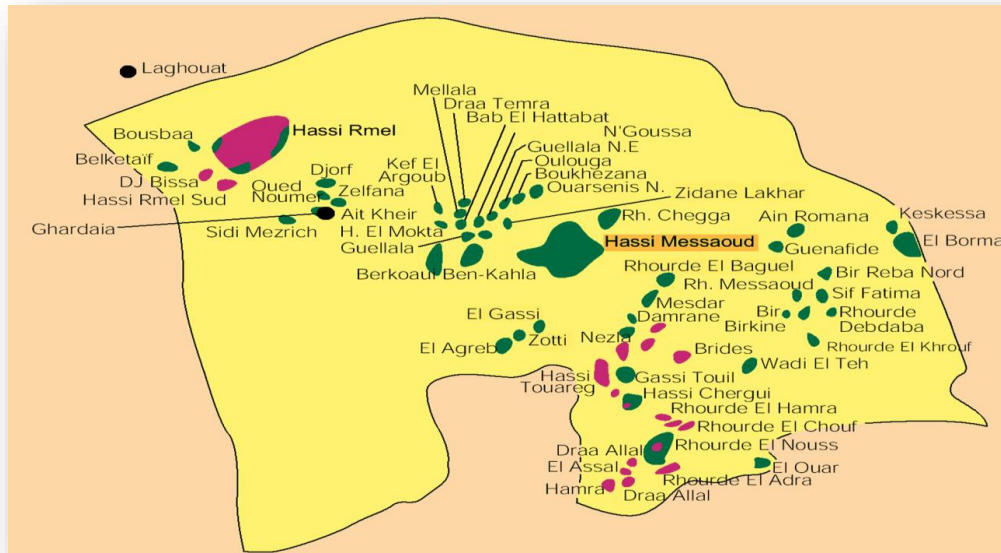


Figure I.3 : Les gisements entourant le champ de Hassi Messaoud [4]

### 3. Historique de la découverte :

Après la mise en évidence par la sismique de la structure de Hassi Messaoud, en 1956, la sismique réfraction a mis en évidence un vaste dôme structural sur lequel la société "SN REPAL" à implanter le 16 Janvier 1956, le premier puits Md1, pas loin du puits chamelier de Hassi Messaoud. Le 15 juin de la même année, ce forage a recoupé des grès cambriens à 3338m comme étant producteurs d'huile.

En mai 1957, la société CFPa a réalisé un puits Om1 à environ 7 Km au Nord-Ouest du puits Md1, ce forage confirmait l'existence d'huile dans les grès du Cambrien.

Par la suite, le champ de Hassi Messaoud fut divisé en deux concessions distinctes :

CFPa pour le champ Nord. SN. REPAL pour le champ sud.

La mise en production avait commencé en 1958 avec 20 puits d'exploitation. [3]

### 4. Caractéristiques du réservoir :

Le gisement de Hassi Messaoud se caractérise par sa formation Combro Ordovicien, sa profondeur entre 3361 à 3473 m.

La légèreté de son huile ( $API = 45,5$ ) et sa pression initiale élevée ( $482 \text{ Kg/cm}^2$ ) pour un point de bulle entre  $140$  et  $200 \text{ Kg/cm}^2$ . [2]

### 5. Aperçu stratigraphique :

Elle consiste à l'étude de la lithologie et de la terminologie des formations. La zone de Hassi Messaoud est constituée de haut et bas par les couches suivantes :

ERE	SYST	ETAGES		Ep moy	DESCRIPTION	
CENO-ZOIQUE	NEOGENE	MIO-PLIOCENE <i>discordance alpine</i>		240	Sable, calcaire, marne sableuse	
		EOCENE		120	Sable, calcaire à silex	
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	CARBONATE	107	Calcaire, dolomie, anhydrite	
			ANHYDRITIQUE	219	Anhydrite, marne, dolomie	
			SALIFERE	140	Sel massif et traces d'anhydrite	
		TURONIEN	90	Calcaire crayeux avec quelques niveaux argileux		
		CENOMANIEN	145	Anhydrite, marne, dolomie		
		ALBIEN	350	Grés, sable avec intercalations d'argile silteuse		
		APTIEN	25	Dolomie cristalline avec niveau argileux, calcaire		
		BARREMIEN	280	Argile, grés, dolomie		
		NEOCOMIEN	180	Argile, marne, dolomie, grés		
	JURASSIQUE	MALM		225	Argile, marne, calcaire, grés et traces d'anhydrite	
		DOGGER	ARGILEUX	105	Argile silteuse, marne dolomitique avec fines passées de grés	
			LAGUNAIRE	210	Anhydrite, marne dolomitique, marne grise	
		LIAS	L.D 1	65	Dolomie, anhydrite, argile	
			L.S 1	90	Alternances sel, anhydrite et argile	
			L.D 2	55	Anhydrite et dolomie cristalline	
			L.S 2	60	Alternances sel et argile	
			L.D 3	30	Alternances de dolomie et de marne	
		TRIASSIQUE	SALIFERE	TS 1	46	Alternances de sel, d'anhydrite et de dolomie
				TS 2	189	Sel massif à intercalations d'anhydrite et argile gypsifère
	TS 3			202	Sel massif et traces d'argile	
ARGILEUX	113		Argile rouge dolomitique ou silteuse injectée de sel et d'anhydrite			
GRESEUX	35		Grés, argile			
ERUPTIF <i>discordance hercynienne</i>	0.92		Andésites altérées			
PALEOZOIQUE	ORDOVICIEN	QUARTZITES D'EL HAMRA	75	Quartzites fines avec traces de tigillites		
		GRES D'EL ATCHANE	25	Grés fins à ciment argileux, bitumineux		
		ARGILES D'EL GASSI	50	Argiles schisteuses, vertes ou noires, glauconieuses à graptolithes		
		ZONE DES ALTERNANCES	20	Alternance de grés et argile. Présence de tigillites		
	CAMBRIEN	Ri	50	Grés isométriques, fins, silteux		
		Ra	120	Grés à grés quartzitiques anisométriques à niveaux de silts		
		R2	100	Grés moyens à grossiers à ciment argileux illitique		
		R3	300	Grés grossier à ciment argileux, argile silteuse		
	INFRA-CAMBRIEN	45	Grés argileux rouges			
	SOCLE					Granite porphyroïde rose

Figure I.4 : Stratigraphie de champ de Hassi Messaoud. [2]

5.1 Cénozoïque:

5.1.1 Miopliocene (e = 240 m) :

Présent sur toute la superficie du champ, il est constitué par :

Sable blanc avec fines passées d'argile brun rouge, tendre à pâteuse, Calcaire blanc, crayeux, tendre avec passées d'argile versicolore, Marne gris brun, fortement sableuse.

5.1.2 Eocene (e = 120 m) :

Constitué d'argile brune rouge, fortement sableuse, marne et fines passées d'anhydrite

blanche, calcaire dolomitique crayeux, avec parfois des rognons de silex.

Ces deux couches renferment un complexe aquifère à la limite de sa potabilité.

## 5.2 Mésozoïque :

### 5.2.1 Cretace :

**5.2.1.1 Sénonien :** Constitué de deux niveaux carbonaté (e = 107 m) et lagunaire

**5.2.1.2 Turonien** (e = 70 à 120 m) :

Ce sont des formations carbonatées, constituées de calcaire, craie, dolomie et quelques niveaux argileux, Il contient un aquifère représenté par des eaux à odeur sulfurée, utilisé pour l'injection. Ces eaux sont produites par pompage et utilisées pour le maintien de pression par injection d'eau. Leur salinité est de 210 g/l et leur densité est de 1,13.

**5.2.1.3 Cénomaniens** (e = 145 m) :

Constitué par des bancs d'anhydrites blanches, transparentes, microcristalline et dures, de marnes argileuses grises à gris verdâtre et carbonatées par endroits, de dolomies grises à gris brun, crypto cristallines et dures, puis d'un banc de calcaire blanc, tendre, microcristallin.

**5.2.1.4 Albien** (e = 350 m) :

Il est représenté par des grès et sables fins avec intercalations d'argile silteuse. Il renferme un aquifère d'eau douce utilisée pour l'injection et les besoins généraux.

**5.2.1.5 Barrémien** (e = 280 m) :

Représenté par des grès blancs à beiges, parfois gris blanc, fins à moyens, localement grossiers, friables et silico-argileux, de dolomies grises, et d'argiles versicolores.

**5.2.1.6 Néocomien** (e = 180 m) :

Représenté par des argiles grises à gris vert, localement brun rouge, silteuses et légèrement dolomitiques et de grès blancs, translucides, friables et silico-argileux.

## 5.2.2 JURASSIQUE :

**5.2.2.1 Malm** (e = 225 m) :

Constitué d'anhydrites blanches, beiges, pulvérulentes, rarement microcristalline et dures, d'argiles rouge brique à grises, tendres à indurées et silteuses, de calcaires gris blanc à gris, Cristallins et moyennement durs, de dolomies grises à gris blanc, microcristallines et dures.

Il contient un aquifère d'eau potable de salinité de 30 g/l.

**5.2.2.2 Dogger :** Représenté par deux niveaux :

- **Argileux :** Argiles brunes rouges, grises à gris-vert, silteuses et tendres à indurées et de calcaires blancs à gris blancs, tendres et crayeux. (e = 105 m).
- **Lagunaire :** Anhydrites blanches, pulvérulentes, massives et dures à moyennement dures, de calcaires gris à gris blanc, argileux et tendres à moyennement durs, d'argiles gris clair à

gris foncé, parfois brun rouge, (e = 210 m).

**5.2.2.3 Lias :** D'une épaisseur de 300 m, il est représenté par cinq niveaux :

- **LD1 :** Argiles gris clair à gris vert, parfois brun rouge, tendres, indurées et légèrement carbonatées, de calcaires dolomitiques gris à gris blanc, argileux, tendres à moyennement durs, de dolomies grises, (e = 65 m).
- **LS1 :** Sels blancs à rosâtres, transparents à translucides, massifs et durs, d'anhydrites massives, blanches, tendres à dures, d'argiles brun rouge, parfois grises, tendres et légèrement carbonatées et de calcaires dolomitiques gris beige, microcristallins et tendres (e = 90 m).
- **LD2 :** Argiles brunes rouges, rarement grises, tendres et pâteuses et de dolomies grises, parfois beiges, tendres à moyennement dures renfermant des eaux chlorurées calciques (e = 55 m).
- **LS2 :** Sels massifs blancs et rosâtres, transparents à translucides et d'argiles brun rouge, tendres, indurées et légèrement carbonatées (e = 60 m).
- **LD3 :** Argiles gris clair, tendres à indurées et légèrement carbonatées et de calcaires dolomitiques gris à gris blanc, microcristallins, argileux et durs (e = 30 m).

**5.2.3 Trias :**

Représenté par quatre niveaux :

**5.2.3.1 Salifère :** Subdivisé en trois horizons :

- **TS1 :** D'une épaisseur de 46 m, ce niveau est représenté par des sels massifs, des passées d'anhydrite, et des intercalations d'argile dolomitique.
- **TS2 :** Sels blancs, rosâtres, massifs et transparents, argiles grises à gris foncé ou brun rouge, silteuses, tendres à indurées et anhydrites blanches à gris beige, massives et pulvérulentes.
- **TS3 :** Sels blancs à rosâtres, transparents à translucides, massifs et argiles brune rouge, rarement grises, silteuses, pâteuses et indurées (e = 202 m).

Les horizons TS2 et TS3 sont le siège de manifestations d'argiles fluantes.

**5.2.3.2 Argileux :**

Argiles plus ou moins silteuses, dolomitiques et anhydritiques avec des intercalations de bancs de sel au sommet (e = 113 m).

**5.2.3.3 Gréseux :**

Grès gris clair à gris, rarement blancs, très fins à fins, friables et argileux, argiles brun rouge, rarement grises, silteuses, tendres à indurées et quelques traces de glauconie. Il se subdivise en plusieurs unités qui se différencient par leurs lithologies et leurs réponses diagraphiques (e = 35 m).

#### 5.2.3.4 Éruptif :

Andésites blanches, vertes, localement altérées, multicolores et dures, grès gris blanc, isométriques, siliceux à silico-argileux et parfois quartziques ainsi que des argiles brun rouge à gris sombre, indurées et silteuses. ( $0 < e < 92$  m)

### 5.3 Paléozoïque :

#### 5.3.1 Ordovicien :

Dans sa représentation la plus complète il est constitué de quatre termes :

##### 5.3.1.1 Les quartzites d'Hamra :

Ces sont des quartzites localement grossiers, présentant parfois des intercalations argileuses.

##### 5.3.1.2 Les grès d'El Atchane :

Ces sont des grès fins à ciment argileux, bitumineux ( $e = 25$  m).

##### 5.3.1.3 Les argiles d'El Gassi :

Elle est constituée des argiles schisteuses, carbonatées, vertes et noires, glauconieuses ou carbonatées présentant une faune (graptolites) indiquant un milieu de dépôts marins. Cette formation est surtout rencontrée sur les zones périphériques du champ ( $e = 50$  m).

##### 5.3.1.4 Zone des Alternances :

C'est une zone d'argiles indurées, alternant avec des bancs quartzitiques isométriques et de grès moyens à fins ( $e = 20$  m).

#### 5.3.2 Le Cambrien :

Essentiellement constitué de grès hétérogènes, fins à très grossiers, entrecoupés de passées de siltstones argilo micacés. On y distingue trois litho zones R1 (Ri+Ra), R2 et R3.

- **Litho zone Ri :**

Cette zone correspond au réservoir isométrique. Il a été recoupé essentiellement à la périphérie du champ, là où la série est complète ; ce sont des grès quartzites isométriques moyens à fins à ciment argileux, avec de nombreuses passées silteuses. Il repose sur le Ra supérieur par une surface d'abrasion. ( $e = 50$  m)

- **Litho zone Ra :**

Elle représente le réservoir principal. Dans sa partie supérieure et moyenne ( $e = 20$  à  $60$  m), il est formé de grès quartzites, anisométriques, moyens à grossiers, à ciment silico-argileux (kaolinite) localement constitué de quartzites franches. Dans la partie inférieure s'intercalent, de manière irrégulière, des passées centimétriques de siltstones argileux. ( $e = 100$  à  $120$  m)

- **Litho zone R2 :**

Elle est constituée de grès quartzites et quartzites gréseuses, moyens à grossiers,

anisométriques, avec parfois des niveaux micro conglomératiques, à ciment argileux assez abondant (illite). (e = 100 m)

- **Litho zone R3 :**

Elle repose sur l'Infracambrien, et parfois directement sur le socle granitique, c'est une série de comblement d'une épaisseur moyenne de 300 m, elle se compose de grès grossiers à microconglomérats feldspathique, les grains sont mal classés, le ciment est de nature argileuse avec parfois des zones à grès ferrugineux, et des intercalations d'argiles silteuses. Le R3 ne présente aucun intérêt pétrolier.

### 5.3.3 L'infracambrien :

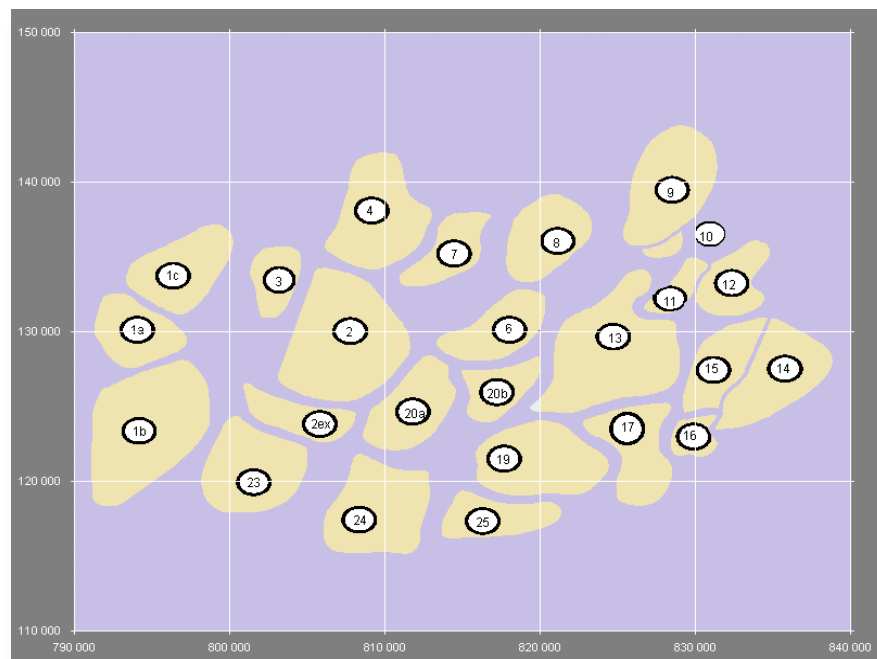
Unité lithologique la plus ancienne reconnue au Nord de la structure par le forage OMG47 à une profondeur de 4092 m. Il est composé de grès argileux de couleur rouge (e = 45 m).

### 5.4 Le socle :

Rencontré aux environs de la profondeur de 4000 m, il est constitué essentiellement de granite porphyroïde de couleur rose à deux micas. [2]

## 6. Zones et numérotation des puits :

Le champ de "Hassi Messaoud" est découpé en 25 zones dites de production, d'extension variable. Ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux et se comportant de la même manière du point de vue pression de gisement. Les puits d'une même zone drainent conjointement une quantité d'huile en place bien établie. [2]



**Figure I.5 : Carte des zones de production [2]**



On peut définir un coincement comme étant un obstacle qui provoque l'arrêt du forage dont la durée est difficilement prévisible, nécessitant parfois des opérations d'instrumentations. Avant de mettre en œuvre des moyens importants et coûteux, il est indispensable d'évaluer toutes les chances de réussite.

On peut classer les coincements en 3 catégories :

- ✚ *Les coincements dûs à la formation*
- ✚ *Coincement par pression différentielle*
- ✚ *Les coincements mécaniques*

## 1. Classification des coincements

### 1.1 Les coincements dûs à la formation :

#### 1.1.1 Les phénomènes d'instabilité des formations argileuses

Ces phénomènes peuvent être des contraintes chimiques comme des argiles réactives ou les contraintes mécaniques comme les argiles géo-pressurisées. La formation argileuse devient instable puis tombe dans le trou.

##### 1.1.1.1 Argiles fluentes :

Ces argiles sont constituées par des feuillets faiblement liés. Ces argiles se gonflent en absorbant une grande quantité d'eau libre (provenant de la boue) entre les feuillets qui glissent les uns sur les autres. Si ce phénomène n'est pas rapidement contrôlé, le trou se referme progressivement et coince la garniture. [5]

**Tableaux II.1 : Les signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles fluentes [5]**

Signes indiquant des argiles fluentes	Préventions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une augmentation du couple de rotation en forage ;</li> <li>• Des accrochages lorsque l'on dégage du fond ;</li> <li>• Des montées de pression allant jusqu'à l'impossibilité de circuler ;</li> <li>• Une augmentation de la teneur en solides dans la boue ;</li> <li>• Une modification des caractéristiques rhéologiques de la boue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter la densité de la boue ;</li> <li>• Réduire la filtration (améliorer la qualité du cake et réduire son épaisseur) ;</li> <li>• Ajouter un lubrifiant approprié dans la boue ;</li> <li>• Augmenter le débit de circulation ;</li> <li>• Choix du type de boue (au gypse, à l'huile...etc.).</li> </ul>



### 1.1.1.2 Argiles feuilletées :

Ces argiles sont moins dangereuses que les précédentes et les coincements qu'elles provoquent sont généralement plus faciles à résoudre. Ces argiles ont tendance à s'ébouler dans le puits.

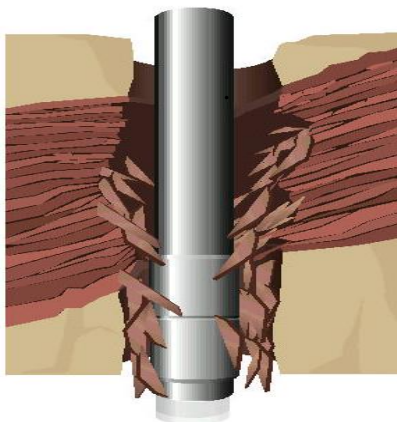


Figure II.1 : Argiles feuilletées. [5]

Tableaux II.2 : Signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles feuilletées.

Signes indiquant des argiles feuilletées.	Préventions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avancement rapide suivi d'une quantité importante des déblais sur les tamis vibrants ;</li> <li>• Accrochages au dégagement du fond à la remontée ;</li> <li>• La pression reste stable à l'exception de quelques à-coups provoqués par des retombées importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter la viscosité de la boue et réduire le filtrat ;</li> <li>• Assurer un bon nettoyage du puits en injectant régulièrement des bouchons visqueux ;</li> <li>• Passer la zone avec précaution en reforant et en circulant longuement ;</li> <li>• La rotation de la garniture permet de déplacer les déblais déposés dans l'espace annulaire.</li> </ul>

### 1.1.1.3 Argiles réactives :

Lorsqu'une formation argileuse sensible à l'eau est forée avec une quantité insuffisante d'inhibiteur, l'argile absorbe l'eau et gonfle dans les abords des parois du puits. La réaction est fonction du temps et peut prendre de quelques heures jusqu'à plusieurs jours.

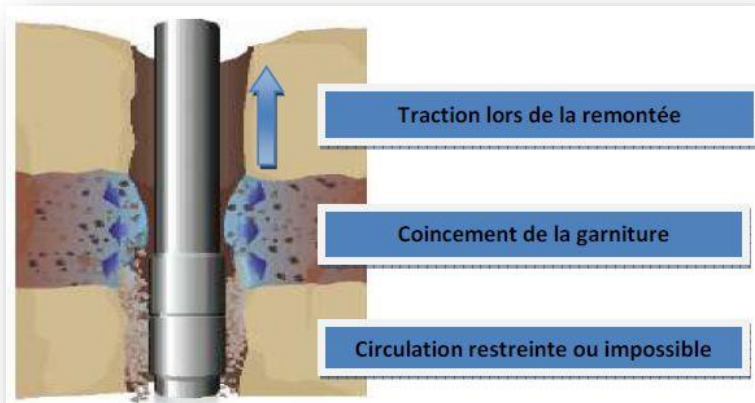


Figure III.2 : Argiles réactives. [1]

**Ce mécanisme se produit normalement :**

- ❖ En utilisant le WBM (boue à base d'eau) dans les argiles d'une formation jeunes.
- ❖ En forant avec des spécifications de boue particulièrement incorrectes.

**Tableaux II.3 : Les signes précurseurs et les actions préventives pour des argiles réactives**

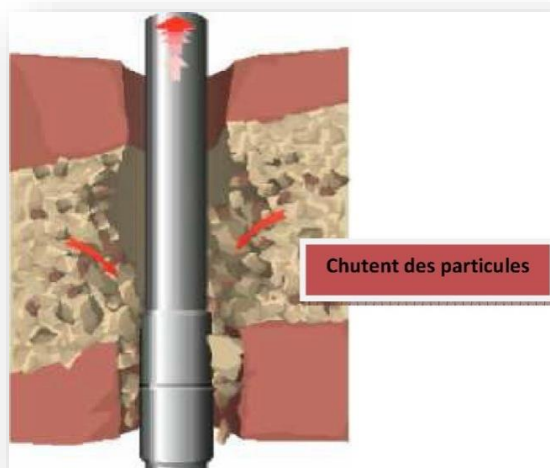
Signes précurseurs.	Préventions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traction et pistonnage ;</li> <li>• Boules d'argile aux vibrateurs ;</li> <li>• La viscosité Marsh, PV, Yp, CEC augmentent, torque et frottement augmentent ;</li> <li>• Augmentation de la pression de pompage ;</li> <li>• Bourrage de la BHA (anneau d'argile sur les stabilisateurs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimiser le temps d'exposition de la boue dans le trou ;</li> <li>• Maintenir les caractéristiques de la boue et minimiser les solides fins ;</li> <li>• Ajouter des sels (potassium, sodium, calcium, etc.) pour réduire l'attraction chimique de l'eau vers les argiles ;</li> <li>• Ajouter des additifs polymères pour réduire le contact de l'eau avec l'argile.</li> </ul>

**1.1.1.4 Contraintes mécaniques – Argiles Géo pressurisées :**

Ce sont des argiles naturellement pressurisées, dont la pression de pore est plus grande que la pression hydrostatique. Les argiles géo pressurisées sont le plus généralement provoquées par des phénomènes géologiques tel qu'une sous compaction. En utilisant une densité de boue insuffisante : l'argile compressée se fracture et tombe causant ainsi le coincement.

**1.1.2 Formations non consolidées :**

Une formation non consolidée est formée principalement de particules peu ou non liées entre elles, ce qui provoque leurs chutes dans le fond du puits. Ce phénomène se produit lorsque le Mud-cake est de mauvaise qualité ou carrément inexistant, alors les formations non liées (sables, gravillons, etc.) ne peuvent supporter les surpressions hydrostatiques.



**Figure II.3 : Formations non consolidées. [5]**

### 1.1.3 Formations fracturées :

Un système naturel de rupture dans la roche peut souvent être trouvé près des failles. Les roches qui se trouvent près des failles peuvent être cassées en grands ou petits morceaux. Si ces formations sont forées, des morceaux de terrains tombent dans le trou et bloquent la garniture de forage. Ce type de coincement peut se produire aux cours du forage.

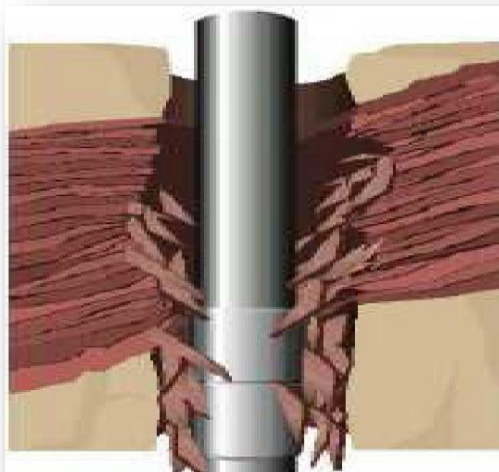


Figure II.4 : Formations fracturées. [1]

### 1.1.4 Les couches de sel :

Ce type de formation a une tendance naturelle au fluage dans des conditions de pression et de température bien définies. Si ce phénomène n'est pas diagnostiqué à temps le trou se renferme rapidement entraînant un coincement de la garniture. [6]

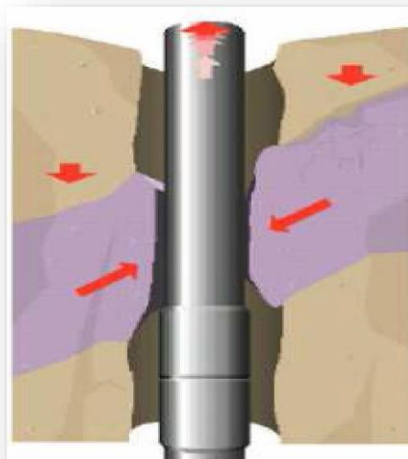


Figure II.5 : les couches de sel. [1]

## 1.2 Collage par pression différentielle :

Le collage est causé par la différence de pression entre la pression de formation  $P_F$  et la pression hydrostatique  $P_H$  de la colonne de boue : cette différence de pression s'exerce en particulier sur les masses de tiges lorsque celles-ci, immobilisées par exemple pour un ajout de tige, sont en contact avec la paroi du trou. [7]

Le cake de la boue forme un joint qui empêche l'égalisation entre les deux faces des masse-tiges. Plus le cake est épais, plus augmente la surface sur laquelle s'exerce cette différence de pression. [2]

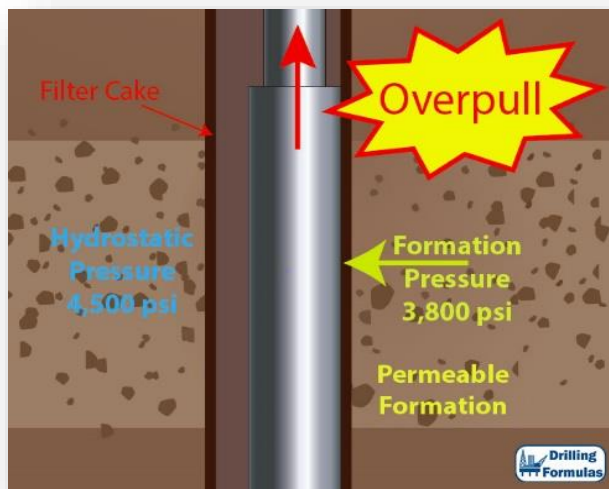


Figure II.6: Collage par pression différentielle. [8]

### 1.2.1 Les conditions de coincement par pression différentielle :

- Puits assez dévié pour que la garniture vienne au contact de la paroi ;
- Pression hydrostatique de la colonne de boue, supérieure à la pression de formation ;
- Zone perméable au point de contact des masse-tiges avec la paroi ;
- Filtrat élevé et surtout cake épais et de résistance médiocre ;
- Moment d'immobilité de la garniture. [7]

### 1.2.2 Symptômes :

Le symptôme le plus caractéristique est le fait que le coincement de la garniture sera constaté souvent juste après un arrêt de rotation et de manœuvre : ajout de tige par exemple.

La garniture sera coincée en rotation, en remontée et en descente et aucun gain ne sera obtenu par manœuvre de la garniture. La pression de circulation sera normale et aucune remontée anormale de déblais ou de retombées n'est constatée après lag-time. [7]

### 1.2.3 Explication de Phénomène :

- **Formation perméable grès, calcaire fracturé**

#### Cake :

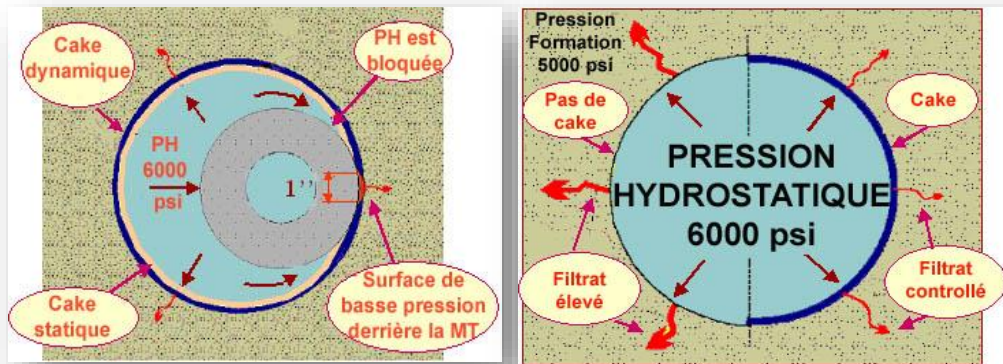
- Un cake de boue se développe sur la paroi de trou par filtration
- Le filtra élevé augmente l'épaisseur du cake
- L'épaisseur du cake augmente avec la pression différentielle

#### Sur –pression hydrostatique :

La pression hydrostatique de la boue est supérieure à la pression de formation.

- **Garniture au contact du cake :**

Puits incliné et la BHA immobile augmente les risques de coincements



Figures II.7 : Garniture au contact du cake ; formation perméable grés. [7]

### Garniture à l'arrêt :

L'immobilité de la garniture ou l'arrêt de la circulation développe le cake statique.

- **Surface de basse pression**

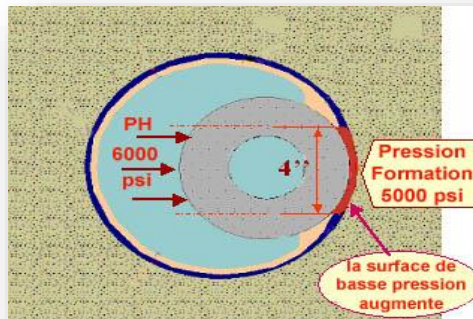


Figure III.8 : Surface de basse pression. [7]

- Une surface de basse pression se développe entre le tube et le cake
- La surpression sur la surface de contact tube/paroi détermine la force différentielle

- **Fonction du temps :**

- ❖ Avec le temps, la surface de tube au contact avec le cake augmente.
- ❖ Une action immédiate et requise pour libérer la garniture.

### 1.3 Coincements mécaniques :

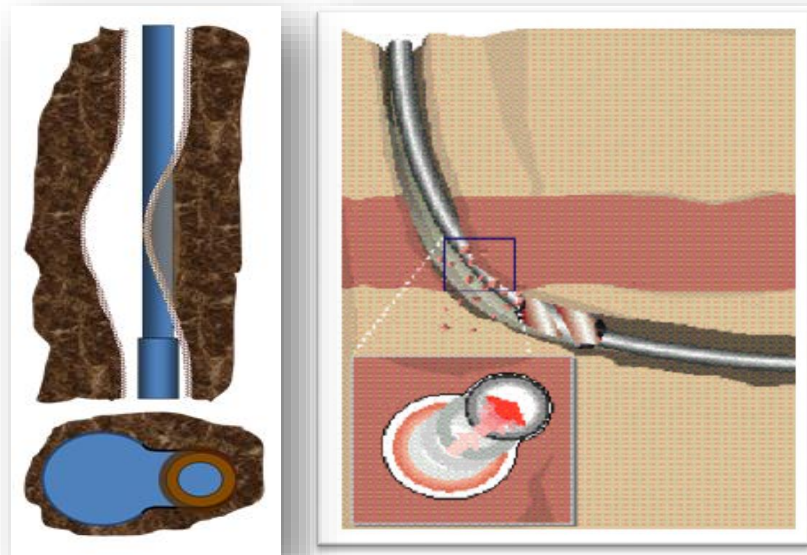
Contrairement au collage par pression différentielle, ces coincements sont presque toujours localisés sur une faible portion de la garniture et situés au niveau des changements de diamètre de la garniture. Les causes de ces coincements sont très diverses et pas toujours faciles à identifier. [9]

#### 1.3.1 Trou de serrure (Key Seat):

Les Key Seat sont des gouttières creusées dans le terrain par le frottement des tiges pendant le forage ou les manœuvres, ces gouttières se développent au niveau des dog legs ou des décrochements que sont d'autant plus profonds que : [10]

- Le terrain est tendre
- Le dog legs est élevé
- La tension des tiges est grande





Figures II.9 : key seat. [10]

### 1.3.2 Sédimentation des déblais et nettoyage du trou :

Si les déblais forés ne sont pas transportés vers la surface, dû à une vitesse de remontée insuffisante et/ou des caractéristiques boues inadaptées (Rhéologie).

Quand la circulation est arrêtée, les déblais tombent dans le trou et obstruent l'espace annulaire autour de la garniture de forage causant ainsi un coincement.

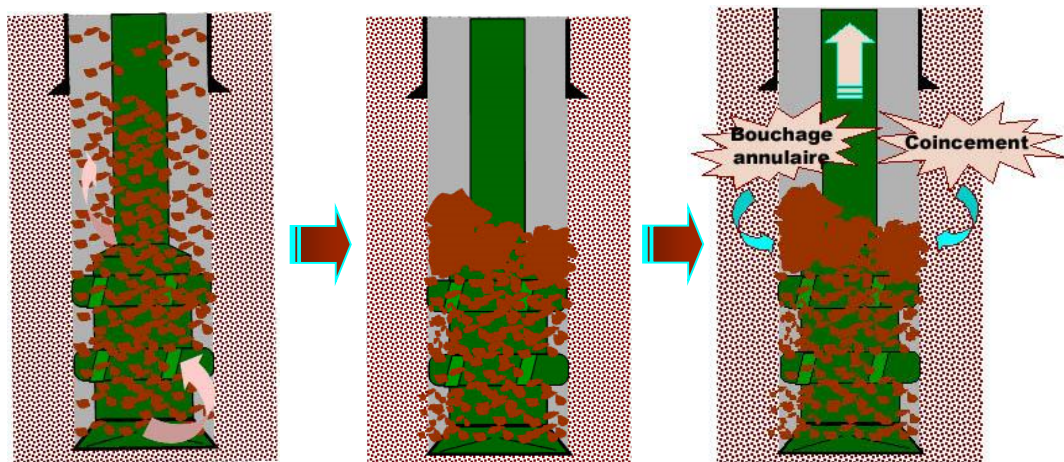
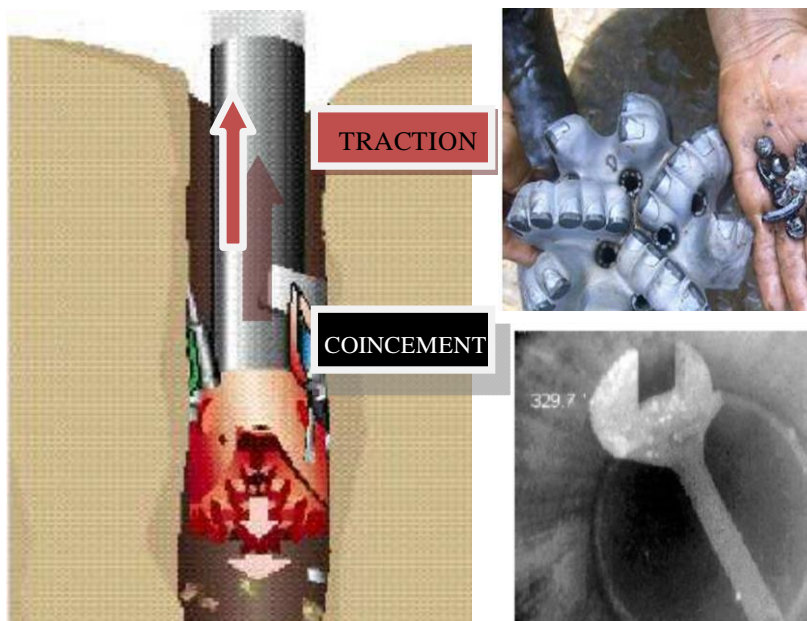


Figure II.10 : Sédimentation des déblais. [6]

### 1.3.3 Chute ferraille et objet divers :

Bien qu'il s'agisse d'un problème tout à fait différent, la présence accidentelle d'objets étrangers dans le puits peut créer des difficultés dont les symptômes ressemblent à ceux d'une anomalie de trajectoire. Il peut s'agir ici d'outils tombés dans le trou ou de matériels détruits en cours de forage. Dans le cas de chute accidentelle, la présence de ces objets n'est pas forcément identifiée immédiatement. Dans d'autres cas, cette présence peut avoir été oubliée, par exemple lorsque des molettes ont été rebroyées et partiellement repêchées : il peut rester piégé dans la paroi. [11]



Figures II.11 : Ferrailles dans le trou. [10]

### 1.3.4 Mauvaise géométrie des parois :

#### 1.3.4.1 Diminution du diamètre nominal du trou :

La diminution du diamètre du trou peut provenir du passage de l'outil dans une formation abrasive qui use la protection du diamètre de l'outil, ou un outil non adapté à la dureté de la formation et qui s'use prématurément et principalement sur son diamètre. [10]

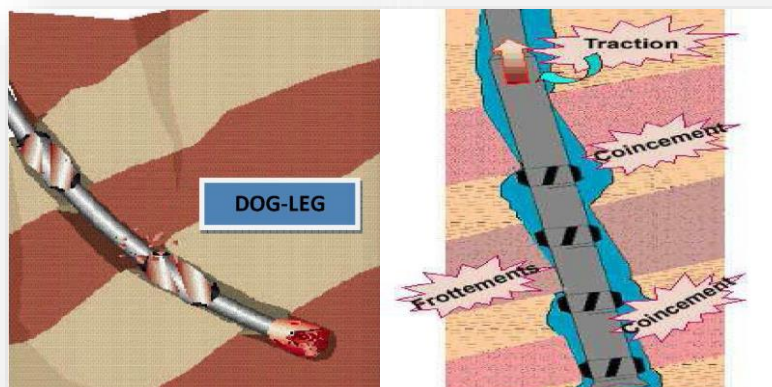
#### 1.3.4.2 Les écarts de trajectoires :

- **Dog-leg (coude) :**

Les écarts de trajectoire, en puits vertical, peuvent être provoqués involontairement par une garniture mal choisie, avec des paramètres de forage non adaptés à la garniture et par des anomalies du terrain foré, pendage par exemple : ceci entraîne une variation d'inclinaison et/ou d'azimut. [6]

- **Les Ledges :**

Les écarts de la trajectoire peuvent aussi se produire à une échelle beaucoup plus petite, à la limite, sur une hauteur correspondant à celle des épaules de l'outil.



Figures II.12 : Dog-leg; Ledges. [6]

## 2. Traitement des coincements :

Une fois qu'un coincement ait lieu, on doit procéder selon les techniques suivantes :

### 2.1 Le battage :

Cette technique est essentielle car elle permet de résoudre rapidement la plupart des coincements.

Le battage consiste à frapper fortement la partie coincée de la garniture qui joue le rôle d'enclume avec la partie libre qui joue le rôle d'un marteau et à provoquer des vibrations suffisamment importantes en amplitude et en durée pour libérer le poisson. Les outils de battage ou coulisses sont de plus en plus incorporés dans la garniture de forage.

#### 2.1.1 Les coulisses de battage :

##### 2.1.1.1 Coulisses mécaniques :

Elles permettent de battre vers le haut comme vers le bas. La force du coup est réglée par le couple à droite, l'énergie de traction ou de compression est restituée en choc vers le haut ou vers le bas. Cette coulisse simple est limitée en battage vers le bas par le poids des masses tiges qui sont situées au-dessus.

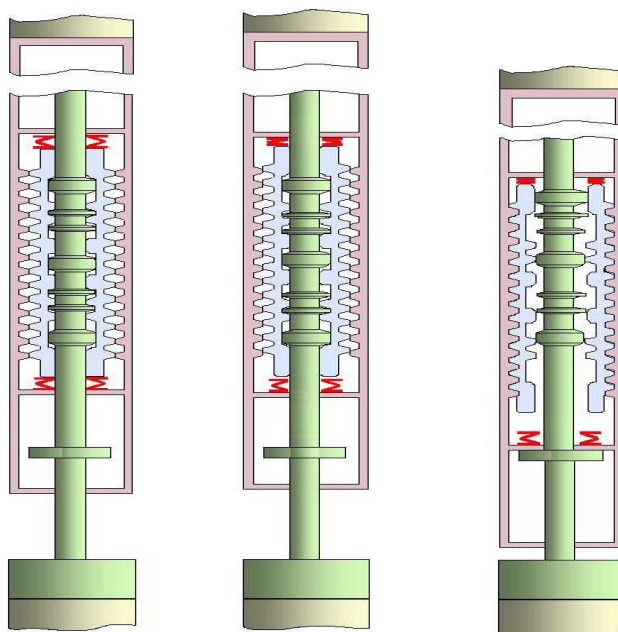


Figure II.13 : Coulisse mécanique. [12]

##### 2.1.1.2 Coulisse hydraulique :

L'outil est constitué d'un ensemble mandrin et corps extérieur. L'ensemble mandrin est composé :

- d'un mandrin, d'un marteau, piston, sub dit « Wash pipe ».

L'ensemble du corps est composé :

- d'un mandrin corps, d'un corps et «wash-pipe » corps.



Le principe de fonctionnement consiste à faire déplacer un piston dans une chambre pleine d'huile et avec deux diamètres différents. Pour battre vers le haut, une traction est appliquée sur la coulisse qui doit être au préalable en position fermée ou intermédiaire. L'huile de la chambre inférieure est comprimée et passe à faible débit dans la deuxième chambre par la restriction ; la coulisse est armée.

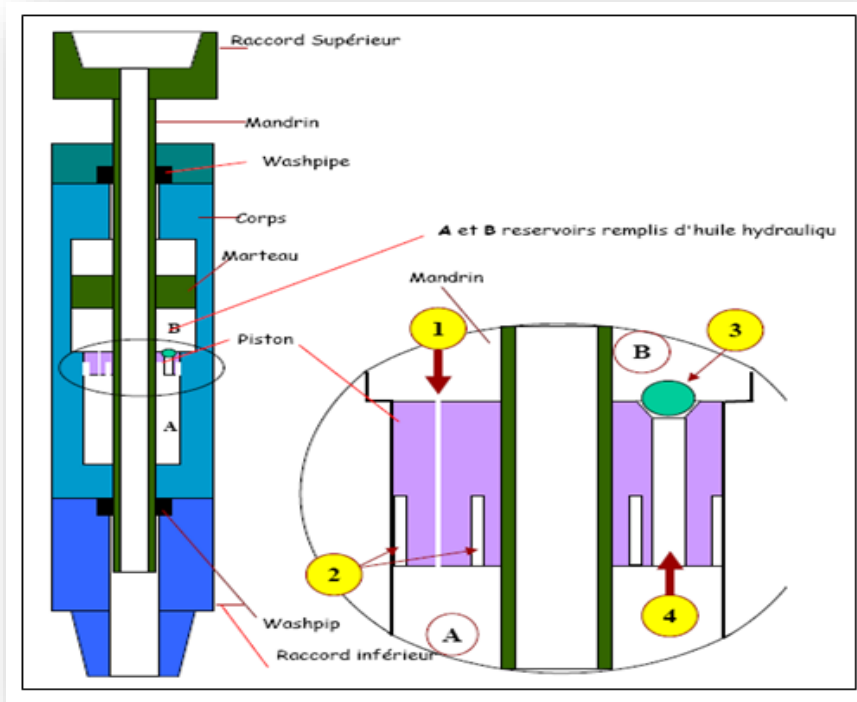


Figure II.14 : Coulisse hydraulique. [12]

### 2.1.1.3 Bumper-sub :

Les bumper-subs comportent un mandrin coulissant librement dans un corps. Ce mandrin possède un marteau à la partie supérieure pour battre vers le bas et vers le haut.

Le couple est transmis en général par un mandrin de forme hexagonale coulissant dans un corps également de forme hexagonale.

L'étanchéité s'effectue sur la partie supérieure du mandrin qui est cylindrique. [12]



Figure II.15 : Bumper sub (Bowen). [12]

## 2.2 Bouchon décoincant :

Ces bouchons seront mis en place au droit de la zone du coincement pour imprégner le cake et seront progressivement déplacés dans l'espace annulaire. Le principal but de ces bouchons est de fragiliser le cake et diminuant ainsi la surface de collage. Son action peut durer de 8 à 12 heures, durant lesquelles il faut faire travailler la garniture. [6]

### Remarque :

Le volume utile d'acide à pomper dépend de l'épaisseur « e » de la formation à dissoudre sur une longueur donnée. Sachant qu'il faut  $12.269 \text{ m}^3$  d'acide à 15 % pour dissoudre  $01 \text{ m}^3$  de cake.

- Si les essais de décoincement ne donnent aucun résultat, il faut procéder au dévissage.

## 2.3 Le dévissage (back off) :

L'objectif est de dévisser la garniture proche du point de coincement, après avoir déterminé la position du point de coincement.

### 2.3.1 Détermination du point de coincement :

Deux méthodes existent pour déterminer le point de coincement :

#### 2.3.1.1 Une mesure électrique appelée " Free point indicator" :

L'outil mesure l'allongement et la torsion des tiges de forage soumises à une traction et à un couple appliqué en surface. Le point de coincement est localisé à l'endroit où à la fois la traction et le couple ne sont plus transmis, et elle donne d'excellent résultat dans les tiges et les tiges lourdes.

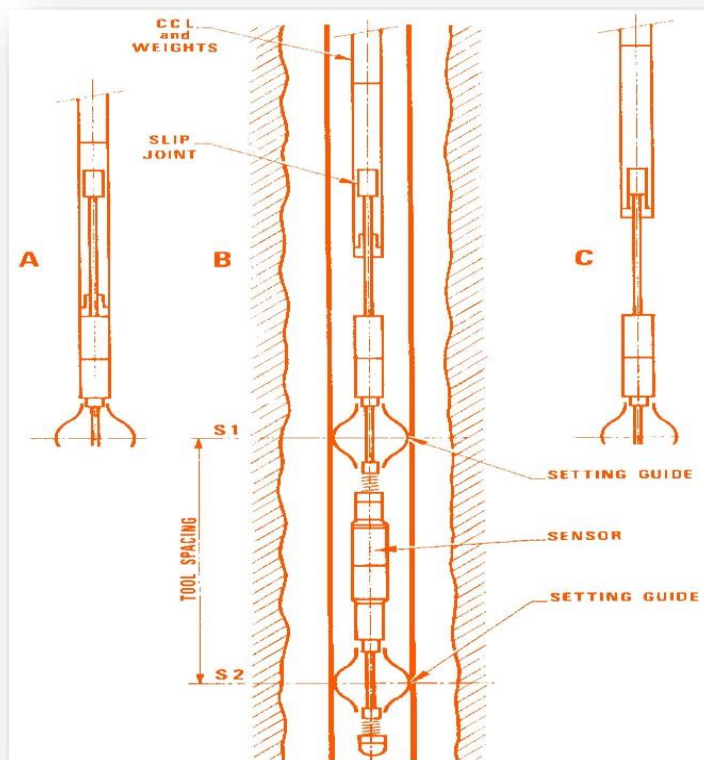


Figure II.16 : Stuck point Indicator Tool (Schlumberger SIT). [1]

### 2.3.1.2 Une méthode mécanique :

Par mesure d'allongement de la garniture coincée qui donne une connaissance approximative du point de coincement et permet d'anticiper sur le programme et le matériel nécessaire pour l'intervention après dévissage.

### 2.3.2 Méthodes de dévissage de la garniture :

#### 2.3.2.1 Dévissage à l'explosif :

L'ensemble de la garniture étant soumis à un couple à gauche, le dévissage du joint choisi est favorisé par les vibrations provoquées par une explosion déclenchée au niveau de ce joint. L'explosif est descendu au bout d'un câble conducteur qui permet ensuite de déclencher électriquement la mise à feu à partir de la surface.

#### 2.3.2.2 Dévissage mécanique :

Il s'agit de dévisser en soumettant le train coincé à un couple à gauche, cette opération est très délicate car sans l'aide de l'explosion le point de dévissage est incertain.

D'autre part elle nécessite l'application d'un couple à gauche supérieur au couple de blocage.

#### Choix du joint à dévisser :

En général, 1 à 2 joints au-dessus du point de coincement. Surtout lorsqu'il s'agit de masses-tiges, on choisira de préférence un joint de "longueur" qui est dévissé à chaque manœuvre.

### 2.4 Le repêchage :

Après avoir dévissé la partie libre de la garniture coincée on procède à des opérations de repêchage pour tenter de récupérer le poisson laissé dans le puits et diminuer les pertes ce qui augmente la chance de reprendre le puits. Le repêchage est défini comme l'ensemble des opérations qui ont pour but de reconditionner le puits après un incident qui provoque l'arrêt des opérations.

Il existe plusieurs méthodes de repêchage ; tout dépend des conditions du poisson à repêcher. [12]

#### 2.4.1 Les overshots :

Ils sont en général les premiers outils d'intervention. Leurs gammes de repêchage sont très larges.

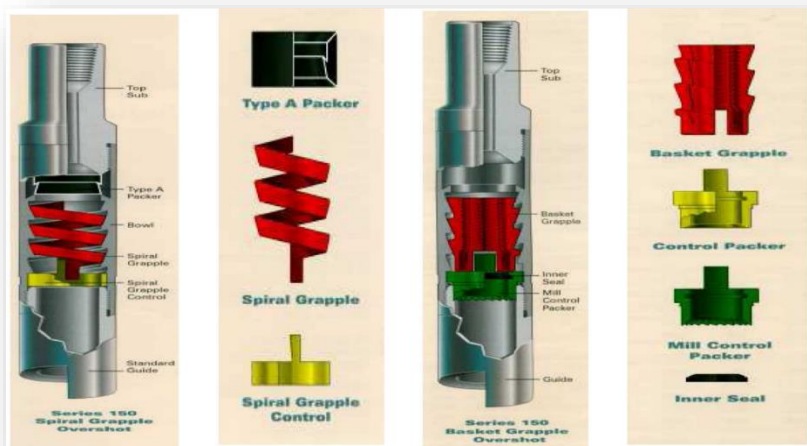


Figure II.17 : Overshots. [12]

### 2.4.2 Les tarauds et les cloches taraudées :

Il sont construits d'une seule pièce avec un filetage conique durci par traitement thermique. Ces outils permettent de faire des repêchages surpris et résolvent un bon nombre de problèmes notamment en work-over.

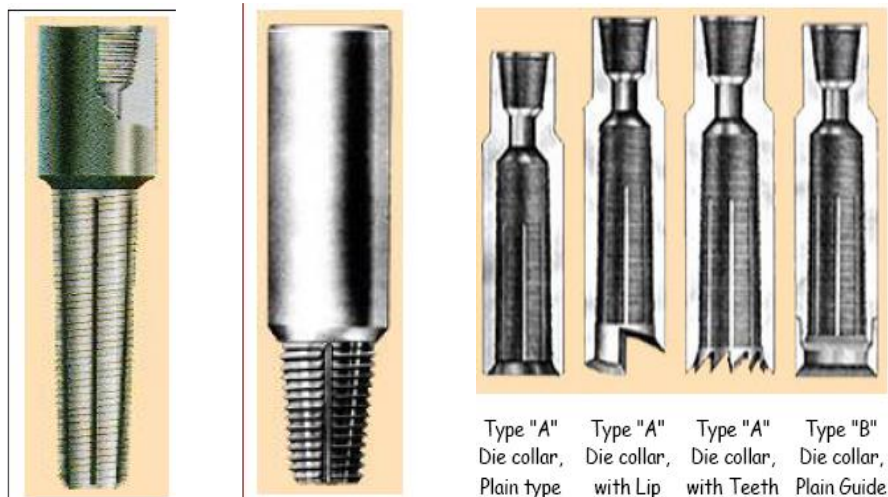


Figure II.18 : Tarauds et cloches taraudées. [12]

### 2.5 Side track :

Un side track est utilisé pour réaliser un nouveau trou à partir d'un puits existant, Cette opération consiste à abandonner la section inférieure d'un puits suite à une instrumentation infructueuse ou pour raisons géologiques. [13]

On procède à cette opération lorsque on a échoué toute les tentatives possibles de remonter le poisson ou si l'on a déterminé qu'il n'était plus rentable d'essayer de le récupérer par rapport au coût de l'opération, de forer un trou en légère déviation.

Le but est de forer en déviation au-dessus de la tête du poisson pour pouvoir ensuite poursuivre vers l'objectif parallèlement au trou abandonné mais à une dizaine de mètre.

Les opérations successives peuvent être :

- ✓ Bouchon de ciment à la cote du "side track "et attente du séchage ;
- ✓ Dans le cas d'un "side track" en trou tubé, descente d'une fraise à couteau pour ouvrir une fenêtre dans le casing ;
- ✓ Descente de la garniture de déviation : moteur de fond et raccord coudé avec un outil de forage de plus petit diamètre que la phase en cours ;
- ✓ Forage du "build-up" sur la longueur d'une tige, puis mesure de déviation ;
- ✓ Descente d'une garniture rotary pendulaire pour aléser le "build-up" et revenir vers la vertical ;
- ✓ Alésage des dog leg " avec une garniture appropriée.

La figure (Figure II.19) illustre le déroulement de l'opération side track avec un Whipstock.

**2.5.1 Sélection de la zone de kick-off :**

Dès la prise de décision de side track il est nécessaire de rechercher la zone où la formation présente les caractéristiques les plus aptes à permettre un side track. Cette opération se fait en analysant les avancements rencontrés dans le puits précédent. La formation idéale est une formation consolidée associée à une vitesse de pénétration élevée et un trou calibré.

Dans tous les cas éviter de débiter le side track dans des argiles en raison des risques de cavage en début de déviation.

**2.5.2 Méthodes de démarrage du side-track :**

Le choix de la méthode dépend essentiellement de la formation, ainsi pour une formation tendre le simple jet de boue suffisant pour amorcer la déviation, alors que pour une formation très dure il faut utiliser un whipstock.

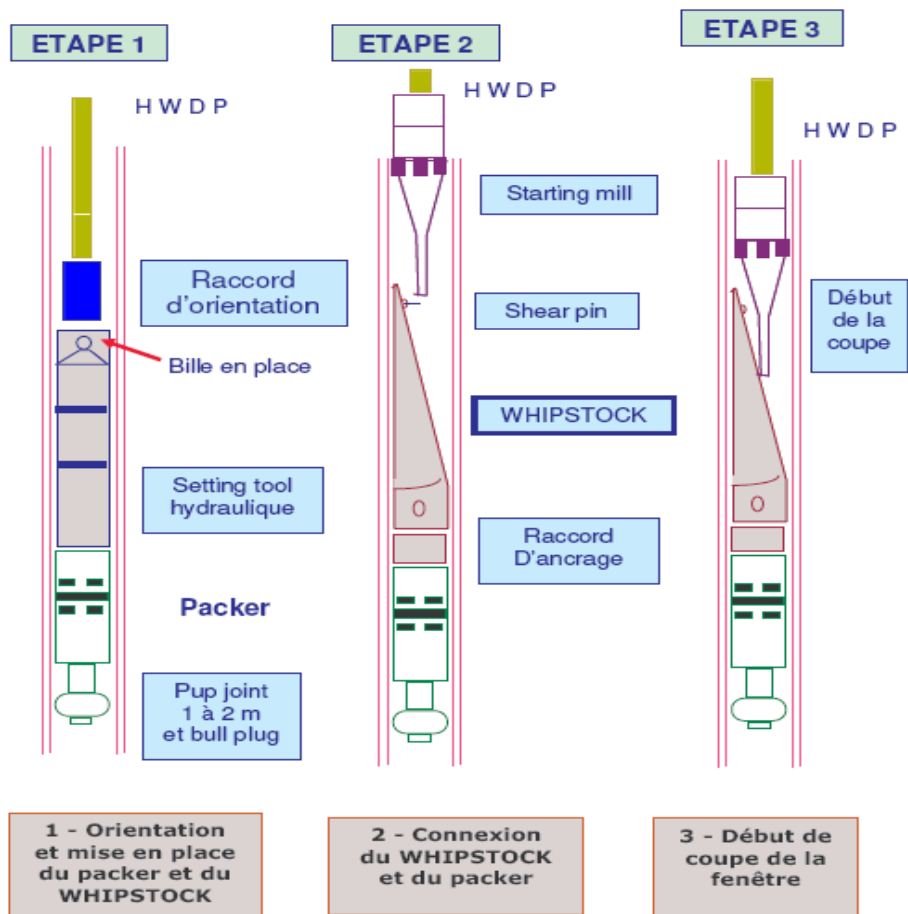


Figure II.19: Side track avec Whipstock. [14]

Les argiles sont très abondantes dans la nature et couvrent environ 42 % du volume de l'écorce terrestre.

Ce chapitre a pour objectif de définir : d'abord, l'origine des argiles, les différents types de la structure argileuse et leurs caractéristiques, puis, l'effet de l'eau et les différentes réactions physico-chimiques qui se produisent dans la structure argileuse, par la suite, le mécanisme de gonflement, et enfin les facteurs agissant sur le potentiel de gonflement.

Ces différents points vont nous permettre de comprendre le comportement de l'argile et le phénomène de gonflement sur laquelle se base notre étude.

### **1. Définition des argiles :**

A l'échelle microscopique, les argiles sont formées par assemblage de particules de taille inférieure à 2 $\mu$ m chargées négativement comme la smectite, l'illite et la kaolinite. La présence de tels minéraux rend l'argile fortement sensible aux molécules polaires d'eau. Cette sensibilité se traduit par le gonflement, le retrait et le changement des propriétés mécaniques. [15] [16]

### **2. Formation des argiles :**

Les argiles proviennent de l'altération et de la dégradation des roches : altération physique sous l'effet des variations de température, et surtout altération chimique au contact de l'eau qui permet la dégradation en particules très fine. Les conditions dans lesquelles cette dégradation a eu lieu, ainsi que l'état d'avancement de cette dégradation peuvent expliquer la grande diversité des argiles.

### **3. Structure et minéralogie des argiles :**

Les argiles sont des matériaux lamellaires constitués par l'empilement de feuillets, elles ont quatre niveaux d'organisation.

- ✓ Les plans sont constitués par les atomes ;
- ✓ Les feuillets, tétraédriques ou octaédriques, sont formés par une combinaison de plan ;
- ✓ Les couches correspondent à des combinaisons de feuillet ;
- ✓ Le cristal résulte de l'empilement de plusieurs couches.

Les minéraux argileux, comme les micas, appartiennent au groupe des phyllosilicates, c'est-à-dire, qu'il s'agit de minéraux silicatés se présentant sous forme de lamelles par suite de l'empilement de feuillets élémentaires. Chaque feuillet élémentaire résulte de l'arrangement d'un certain nombre de plans anioniques (O, OH), qui fait apparaître des cavités, soit de type tétraédrique, soit de type octaédrique. Ces cavités sont toujours associées de manière homogène et de façon planaire, conduisant à l'individualisation des couches qui sont ainsi soit tétraédriques, soit octaédriques.



La structure des argiles est complexe et nécessite, pour être décrite, de bien définir certains termes propres aux argiles. Un plan correspond à un plan d'atomes. Une couche est formée par l'empilement de plans associés (par exemple les argiles sont formées de couches tétraédriques et octaédriques). [15]

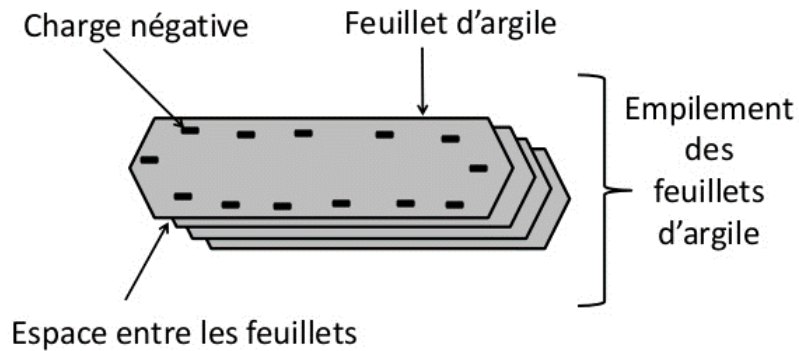


Figure III.1 : Structure de l'argile. [19]

#### 4.1 La couche octaédrique :

Est formée de cations  $Al^{3+}$  ou  $Mg^{2+}$  entourés de six groupements hydroxyle  $OH^-$ . Ces octaèdres sont reliés entre eux par des anions communs, et forment une couche plane.

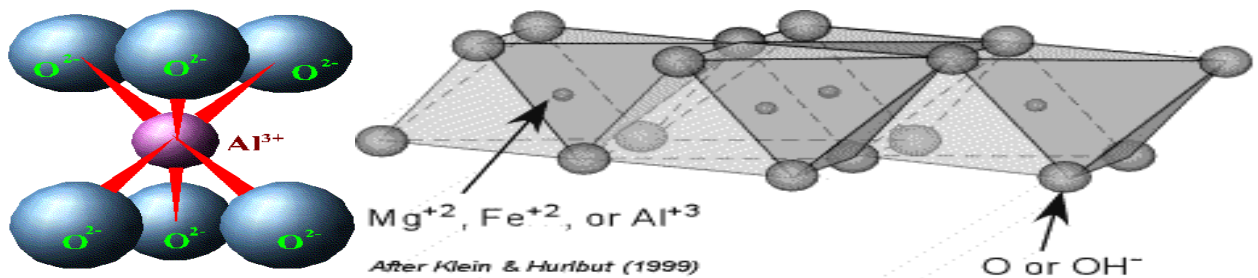


Figure III.2 : La couche octaédrique. [17]

#### 4.2 La couche tétraédrique :

Est formée par un enchainement des tétraèdres (T) constituée par des atomes de Si, Al et Fe.

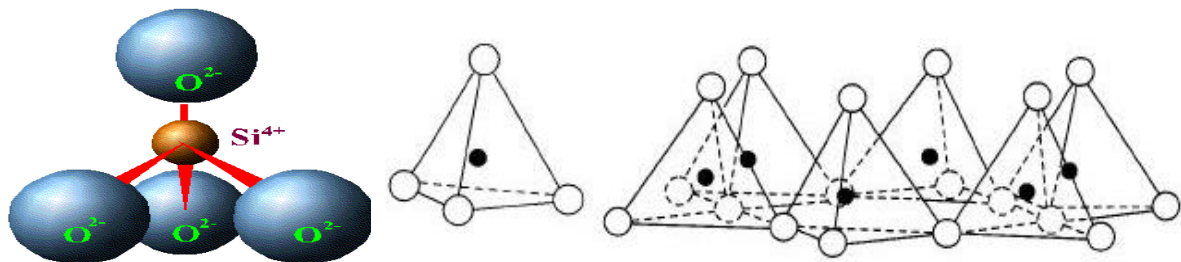
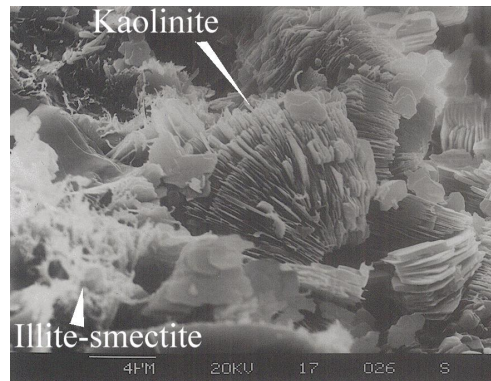


Figure III.3 : La couche tétraédrique. [17]

### 5. Les principales familles des argiles :

#### 5.1. Les kaolinites :

Leur composition (Si) (Al) O (OH), sont des argiles dites peu gonflantes. Une particule d'argile est formée d'un empilement de plusieurs feuillets. Chaque feuillet a une épaisseur approximative de 7 Å et est composé d'une couche de silice et d'une couche d'alumine. [18]



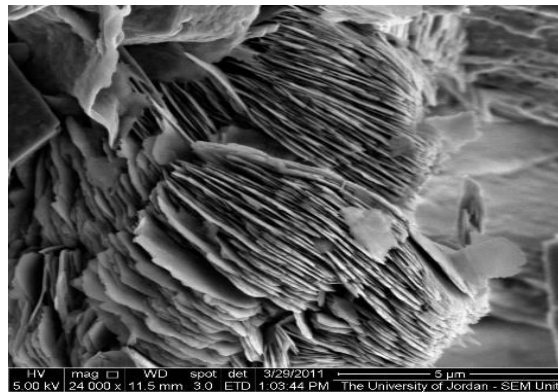
**Figure III.4 : Kaolinite vus au microscope électronique à balayage. [19]**

### 5.2 Les Illites :

Ils sont des argiles dites potentiellement gonflantes. Les liaisons entre les feuillets sont moins fortes que celles des kaolinites. Le feuillet élémentaire de l'illite est composé d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice. L'épaisseur d'un feuillet est d'environ 10 Å. Le comportement des illites se rapproche de celui des kaolinites. [20]

### 5.3 Les smectites :

Elles sont des argiles dites potentiellement très gonflantes. Le feuillet élémentaire est composé, comme pour l'illite, d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice. L'épaisseur d'un feuillet est d'environ 10 Å. Les liaisons entre les feuillets sont moins fortes que celles des kaolinites et des illites. La faiblesse de ces liaisons leur confère de grandes surfaces spécifiques et de forts potentiels de gonflement. [18]



**Figure III.5 : Smectite vus au microscope électronique à balayage. [19]**

## 6. Classifications des argiles.

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi 4 groupes : [21]

### 6.1 Minéraux à 7 Å :

Le feuillet est constitué d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T : O ou de type 1 : 1. Son épaisseur est d'environ 7 Å.



## 6.2 Minéraux à 10 Å :

Le feuillet est constitué de deux couches tétraédriques et d'une couche octaédrique. Il est qualifié de T:O:T ou de type 2:1. Son épaisseur est d'environ 10 Å.

## 6.3 Minéraux à 14 Å :

Le feuillet est constitué de l'alternance de feuillets T:O:T et de couches octaédriques interfoliaires.

## 6.4 Minéraux interstratifiés :

L'épaisseur du feuillet est variable. Ces minéraux résultent du mélange régulier ou irrégulier d'argiles. [21]

# 7. Propriétés des argiles :

## 7.1 Espaces interfoliaires :

Les espaces qui se trouvent entre les feuillets peuvent être vides ou remplis. Ils sont occupés par des cations dès que les feuillets de l'édifice présentent un déficit de charge à la suite de substitutions isomorphiques. Ces cations rétablissent l'électro-neutralité du système et en même temps assurent la liaison entre les feuillets adjacents, qui est ici de nature ionique. Ces cations peuvent être soit secs soit hydratés. Les cations les plus fréquents sont  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ . [22]

## 7.2 Organisation de la phase solide des argiles :

Trois unités structurales composent la phase solide : le feuillet (15-25 Å), la particule (200-1500 Å), l'agrégat (1,5-16 µm).

### 7.2.1 Les feuillets :

Les feuillets sont les unités structurales de base définissant la nature minéralogique, l'appartenance au type d'argile, les propriétés physico-chimiques ainsi que le comportement macroscopique. Séparés les uns des autres par une quantité d'eau variable, ils sont regroupés parallèlement au sein d'édifices que nous appellerons particules. [23]

### 7.2.2 La particule :

Les particules constituent le premier niveau d'organisation. Elles sont caractérisées par un empilement de feuillets identiques parallèlement à leur plan de base. Les forces de cohésion entre feuillets sont plus faibles que celles existant au sein du feuillet. La structure d'une particule observée dans un plan perpendiculaire au plan des feuillets montre qu'elle peut être ordonnée (distance interfeuillets constante) ou désordonnée (distance interfeuillets variable).

### 7.2.3 L'agrégat :

L'agrégat est un assemblage de particules dont l'arrangement est gouverné par le type de forces résultant des interactions entre particules. En effet, lorsque les forces répulsives sont dominantes,

les particules s'orientent parallèlement et la structure est dite dispersée. Ces particules s'assemblent au sein d'agrégats, plus au moins denses selon la texture et le nombre des particules.

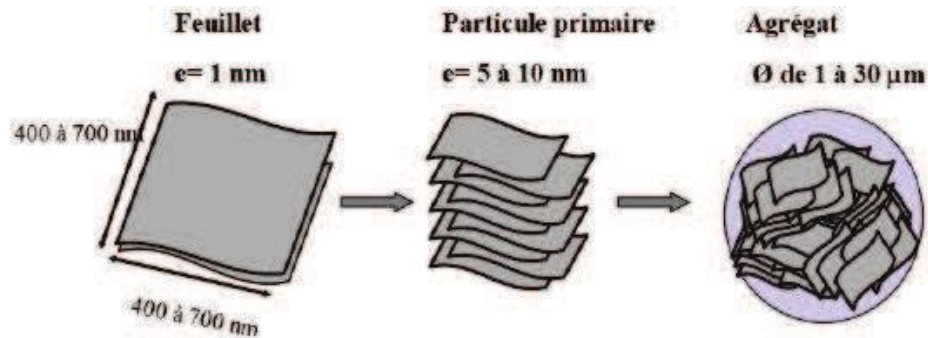


Figure III.6 : Structure multi-échelle d'une smectite. [17]

## 8. Principales caractéristiques des minéraux argileux :

Les principales caractéristiques des minéraux argileux qui influencent sur le gonflement sont les suivantes :

### 8.1 Degré d'hydratation :

Le degré d'hydratation varie d'une famille argileuse à une autre. Certains minéraux argileux ont la capacité d'incorporer dans leur structure des molécules d'eau. Cette eau modifie la dimension de la couche en provoquant son gonflement.

Ces argiles sont appelées argiles gonflantes. Les smectites, vermiculites et minéraux interstratifiés offrent des capacités d'expansion beaucoup plus importantes que celles des autres espèces argileuses.

L'incorporation d'eau est réversible à la pression atmosphérique et dépend de la température et de la pression de vapeur. Plus l'air est humide, plus l'argile pourra incorporer de l'eau.

Les minéraux gonflants ont une structure de base à 10 Å. Selon l'hydratation, une couche d'eau de 2.5 ou 5.2 Å d'épaisseur se développe. Cette hydratation conduit à une augmentation de volume pouvant atteindre 95 %. Notons qu'il existe des minéraux comprenant de l'eau adsorbée mais qui n'ont pas pour autant de propriétés de gonflement. [15]

### 8.2 La densité de charge spécifique :

La densité de charge spécifique  $\sigma$  est égale au rapport entre la capacité d'échange cationique CEC et la surface spécifique S de la particule argileuse :  $\sigma \text{ (meq/m}^2\text{)} = \text{CEC/S}$

Deux types de charge existent dans les milieux argileux :

- ✓ Une charge permanente ou structurelle liée aux substitutions ioniques ( $Al^{3+}$  pour  $Si^{4+}$  dans la couche tétraédrique ;  $Mg^{2+}$  ou  $Fe^{2+}$  pour  $Al^{3+}$  dans la couche octaédrique),
- ✓ Une charge de surface variable selon le pH du milieu lié aux réactions chimiques qui se produisent à la surface des minéraux.

La densité de charge spécifique renseigne sur le pouvoir de la particule à repousser les autres, cette répulsion étant la capacité de gonflement des minéraux argileux. L'augmentation de la densité de charge spécifique réduit le gonflement ou la pression de gonflement des matériaux argileux. [18]

### 8.3 La Capacité d'échange cationique (CEC) :

La capacité d'échange cationique (CEC) mesure la capacité d'une argile à échanger des cations. Elle est exprimée en milli 'équivalent par 100 grammes d'argiles et varie dans le même sens que la densité de charge surfacique. Donc, pour les argiles ayant une valeur élevée de CEC, elles ont tendance à peu gonfler, et cela `a surfaces spécifiques égales.

La surface spécifique des argiles est composée de la surface externe comprise entre les particules et la surface interne correspondant à l'espace interfoliaire.

L'augmentation de la surface spécifique donne un pouvoir de gonflement plus important et par conséquent un potentiel de gonflement plus élevé. [15]

### 8.4 L'interaction eau-argile :

Selon la force des liens unissant les feuillets d'argiles, ceux-ci autorisent ou non l'arrivée d'eau dans l'espace interfoliaire. Nous avons vu, avec la classification des argiles, que chez certaines argiles (kaolinites, illites), l'eau ne peut s'engager entre les feuillets.

Ces argiles sont faiblement gonflantes. En revanche, dans les smectites, la faible liaison entre feuillets fait que chaque espace interfeuillelet peut s'hydrater ; les smectites font partie des argiles dites gonflantes. L'amplitude du gonflement dépend de l'état initial et des contraintes appliquées, néanmoins la prise d'eau peut être telle que le matériau voit son volume multiplié par vingt.

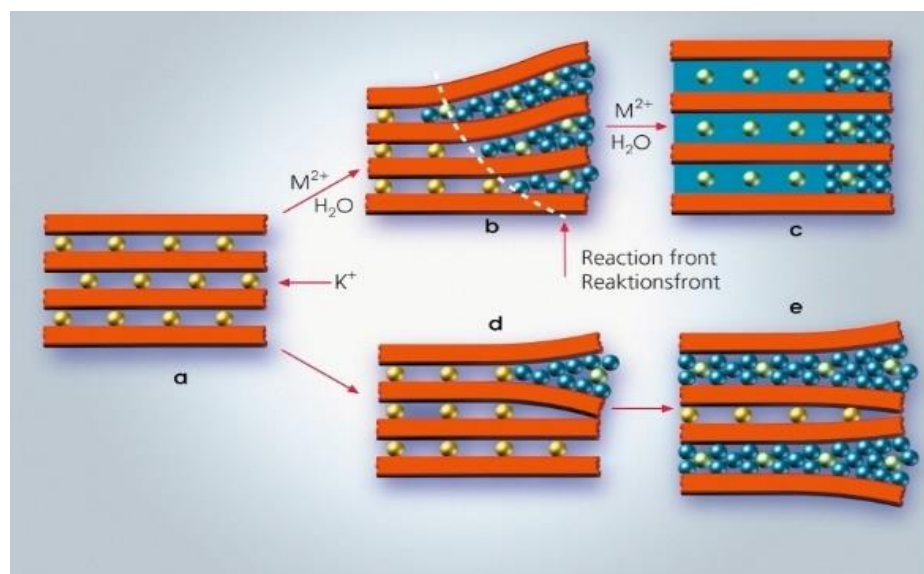


Figure III.7 : Gonflement et hydratation du matériau argileux. [17]

## 9. Définition des paramètres du gonflement :

### 9.1 Mécanisme de gonflement des argiles :

Les analyses minéralogiques montrent que certaines argiles, pour lesquelles les liaisons interfeuillettes sont très faibles, ont la propriété de fixer les molécules d'eau entre deux feuillets voisins. L'eau pénètre à l'intérieur des particules et s'organise en couches monomoléculaires, il s'agit alors d'un gonflement intraparticulaire ou interfoliaire. C'est le cas des smectites.

Ce gonflement intervient à l'échelle la plus petite de la structure argileuse mais peut présenter une ampleur très importante. [20]

### 9.2 La pression de gonflement :

La pression de gonflement représente la pression qu'il faut appliquer à un échantillon pour empêcher sa déformation au cours de l'adsorption d'eau (essai à volume constant). Elle peut être également définie par la pression qu'il faut appliquer pour ramener un échantillon à son volume avant saturation.

Dans un essai à volume constant, le volume de l'échantillon est maintenu constant pendant la saturation.

Ce mécanisme modifie la structure interne de l'argile, mais n'affecte pas la forme externe de l'échantillon. [24]

### 9.3 L'indice de gonflement :

Traduit l'importance de la déformation de gonflement induit par un déchargement par rapport à un état de contraintes donné. La déformation par gonflement est obtenue au bout d'un temps d'équilibre. [25]

### 9.4 Cinétique de gonflement :

Le processus de gonflement des argiles est contrôlé par plusieurs mécanismes superposés à différentes échelles et s'exprime de manière différée à l'échelle macroscopique. La cinétique du gonflement, c'est-à-dire la relation existant entre la déformation et le temps, est en générale la cinétique est plus ou moins lente et dure de quelques heures à quelques jours.

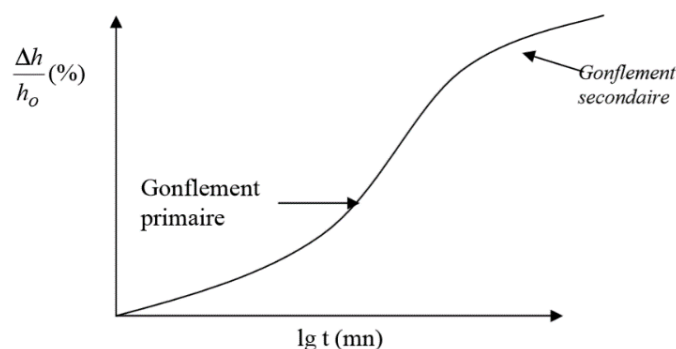


Figure III.8 : Courbe de gonflement en fonction du temps. [20]

### 9.5 Capacité de gonflement :

L'une des propriétés les plus remarquables de la bentonite est sa faculté de gonfler considérablement dans l'eau pour former des masses visqueuses et gélatineuses. Pour qu'une argile soit vraiment une bentonite au sens commercial du terme, elle doit gonfler au moins cinq fois l'équivalent de son volume au contact de l'eau. Il est admis que le gonflement des montmorillonites est principalement dû au fait que l'absorption de l'eau par la structure de la molécule s'effectue entre les feuillets et écarte les uns des autres. [24]

### 10. Facteurs influençant sur le gonflement des argiles :

Le gonflement des argiles dépend de plusieurs facteurs définis à l'échelle microscopique et macroscopique, notamment :

#### 10.1 Composition et nature minéralogiques :

Le gonflement de l'argile dépend sensiblement du pourcentage des éléments argileux actifs. Les montmorillonites sont très gonflantes, puis viennent les illites et les kaolinites. [24]

#### 10.2 La composition physico-chimique :

Le gonflement des argiles est fonction des propriétés électriques des particules argileuses. En effet, les cations fixés sur les paillettes et la concentration ionique de l'eau interstitielle affectent le gonflement. Pour un même type d'argile, le gonflement décroît suivant les ions  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $Fe^{3+}$ . [24]

#### 10.3 La nature de la structure interne d'argile :

La structure de l'argile a une influence importante sur son gonflement. Des études antérieures ont montré qu'un sol à l'état dispersé est moins gonflant qu'un sol à l'état floculé.

#### 10.4 La teneur en eau :

Pour une densité sèche donnée, le gonflement décroît avec la teneur en eau de compactage. En effet, l'augmentation de la teneur en eau provoque une diminution de la succion du sol et par conséquent du gonflement.

#### 10.5 La pression extérieure appliquée :

Le gonflement par saturation décroît lorsque la pression appliquée augmente. Pour une pression supérieure à la pression de gonflement, le sol a une tendance au tassement. [24]

## 1. Introduction :

La profondeur moyenne forée par puits dans le champ de Hassi Messaoud est d'environ 3500 m. La phase 16" d'une longueur de 1800 m constitue la plus grande section ; elle représente à elle seule 43 % d'un puits.

La section 16" (verticale) est une application longue et périlleuse.

Le puits vertical OMG 512 s'inscrit dans le cadre de développement du gisement du champ de HASSI MESSAOUD.

Cette étude a pour but de bien comprendre le phénomène du coincement qui est classé parmi les problèmes qu'il faut éviter, et aussi pour la détermination des causes, et enfin tenter de trouver le remède préventif permettant d'éviter ce genre de problème.

## 2. Historique du puits OMG 512 :

Un coincement de la garniture s'est produit le 29/01/2018 dans la phase 16" à la côte 2020 m dans le Dogger argileux, malheureusement toutes les tentatives de décoincement ont échoué ce qui amène à faire appel aux opérations d'instrumentations. [27]

### 2.1 Localisation du puits :

**Tableau IV.1 : Les coordonnées du puits. [28]**

Nom du puits		OMG512
Terrain	HASSI MESSAOUD	
Bloc	31	
Classification du puits	Développement	
Opérateur	SONATRACH	
Appareil	F22	
Emplacement de surface	LSA	X = 815582.813, Y = 151677.4127
	Latitude	N 31° 54' 56.88372"
	Longitude	E 06° 02' 09.64832"
	UTM Zone 31	X = 787098.576 Y = 3534856.992
Profondeur TD	TVD	+/- 3504 m

2.2 Représentation de la coupe lithologique du puits OKN 530 :

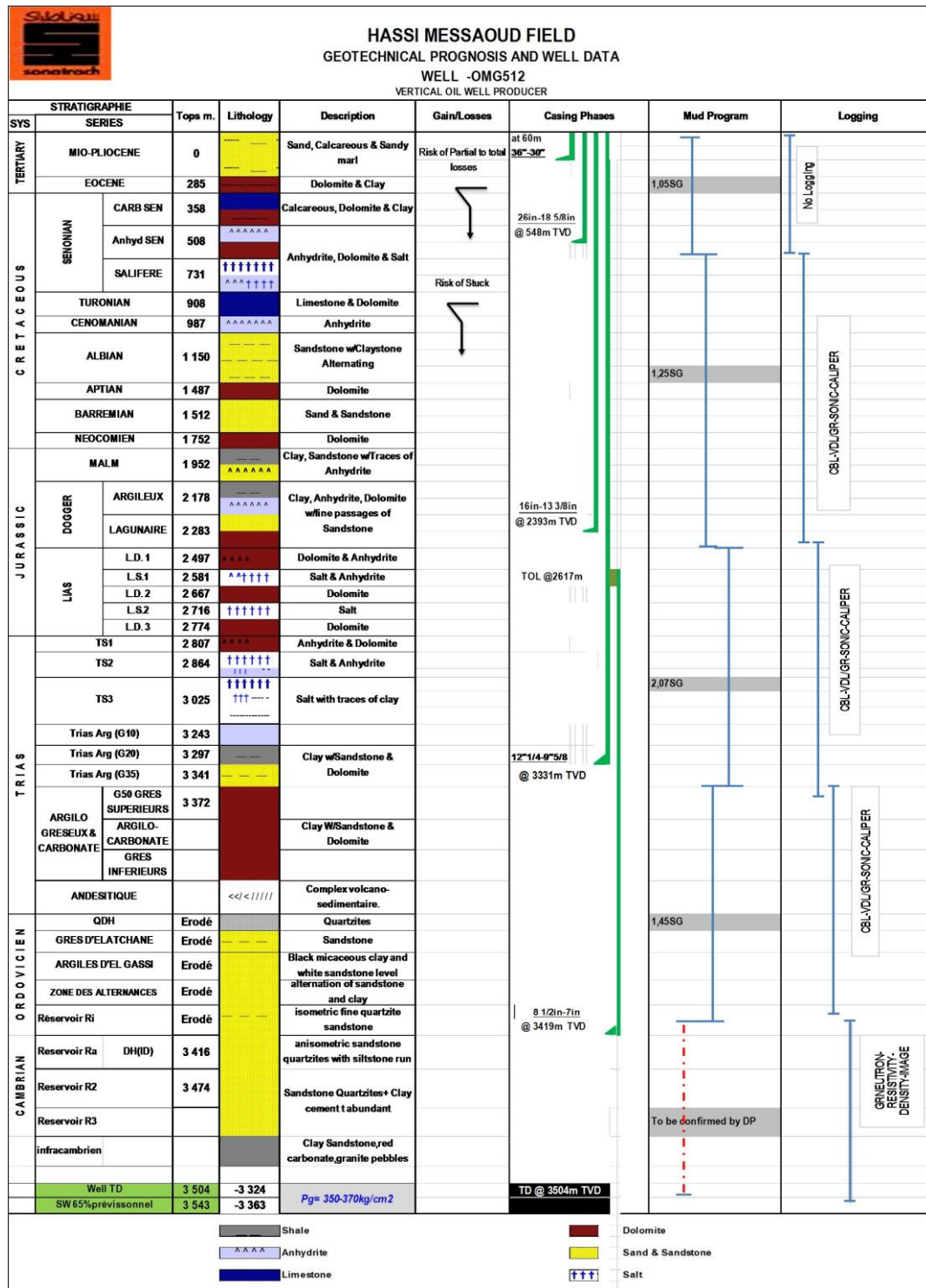


Figure IV.1 : Prévision géologique du puits OMG 512. [28]

2.3 Puits voisins :

Tableau IV.2 : les puits voisins. [28]

Puits	Distance
OMG513	0.519km
OMG51	0.974km
OMG402	1.482km



### 3. Déroulement des opérations :

#### 3.1 Historique des opérations avant le coincement :

- Forage jusqu'à la profondeur 1060 m ;
- RIH et continuer le forage jusqu'à 2161 m ;
- POOH pour changer l'outil à cause de mauvais ROP ;
- RIH et forer jusqu'à 2297 m ;
- Réparation sur TOP DRIVE /changement / (NPT : 23,25 h) ;
- Garder la circulation et contrôler le trou ;
- Atteindre la fin de la section 16" telle que la profondeur est de 2393 m ;
- POOH à 2165 m --- **Coincement de la garniture** à cette profondeur. [30]

#### 3.2 Manifestation du coincement :

**30/01/2018**

- Essayer de libérer la garniture en jarring down - sans succès (la jar ne fonctionne pas) ;
- Pompage de 4 m<sup>3</sup> d'un bouchon faible Vis + 4 m<sup>3</sup> pills de haute densité - sans succès ;
- Pompage de 6 m<sup>3</sup> d'un bouchon AVATENSIO - Battage vers le haut et vers le bas - sans succès.

**31/01/2018**

- Pompage d'un bouchon d'acide de 10 m<sup>3</sup> (15 % HCL) - - Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas).

**01/02/2018**

- Pompage d'un bouchon d'acide de 13 m<sup>3</sup> (15 % HCL) - Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas).

**02/02/2018**

- Détermination du point de coincement (free point indicator with HESP) - Le coincement est notifié à la cote 2020 m - 2035 m.
- Essayer de décoincer de la garniture - Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas).

**03-04/02/2018**

- Essayer de décoincer de la garniture - Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas) (33 h d'attente pour l'escorte).

**05-07/02/2018**

- Effectuer un back off électrique - effectuer deux coups à 2138 m & 2017 m - sans succès.
- Effectuer un back off mécanique - avec succès (récupérer 80 T de poids de garniture) ;



- Remonter de la garniture récupérée à la surface - Récupérer tous les DP 5"+ 12 HWDP 5" ;
- La garniture laissée dans le puits 149,16 m ;
- La descente de wiper trip 16" ;
- Confirmer le top - TOF 2017 m.

08/02/2018

- Rih avec Wash over sur BHA - poissons tag à 2017 m /Washover de 2017 m à 2027 m – Pooh.

09-11/02/2018

- Rih avec 11 "3/4 Screwing sub - essais de se visser sur poisson – Le vissage sur le poisson a été réalisé avec succès.

Essayé de décoincer le poisson par battage vers le haut et vers le bas - sans succès.

#### FONCTIONNEMENT PLANIFIÉ :

- Opérations de repêchage.

### 3.3 Description de l'évènement (déroulement des faits) :

Le 30/01/2018, le forage de la phase 16" a été réalisé avec succès jusqu'au point de tubage 2393 m selon le géologue SH/DP.

Après deux heures de circulation, le chef de poste commence de remonter la garniture jusqu'à 2165 m où il y a over pull de 16 T (de 110 à 126 T).

Ensuite il a essayé de libérer la garniture par la diminution de poids de cette dernière jusqu'à 90 T - sans succès, battage vers le bas (la coulisse ne fonctionne pas) où la circulation et la rotation sont perdues.

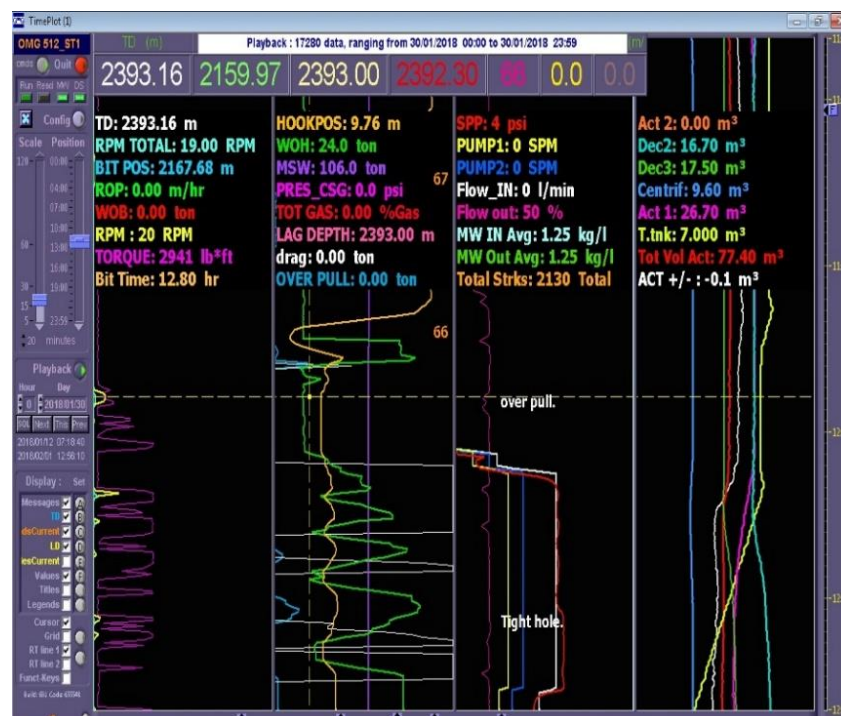


Figure IV.2 : Variation des paramètres au moment de coincement. [28]

### 3.4 Détermination du point libre (FPI) :

#### 3.4.1 Mesure électrique appelée "Free point indicator" :

Ce dernier est déterminé d'après les valeurs ci-dessous qui ont été obtenues par l'interprétation du log suivant après l'utilisation du FPI.

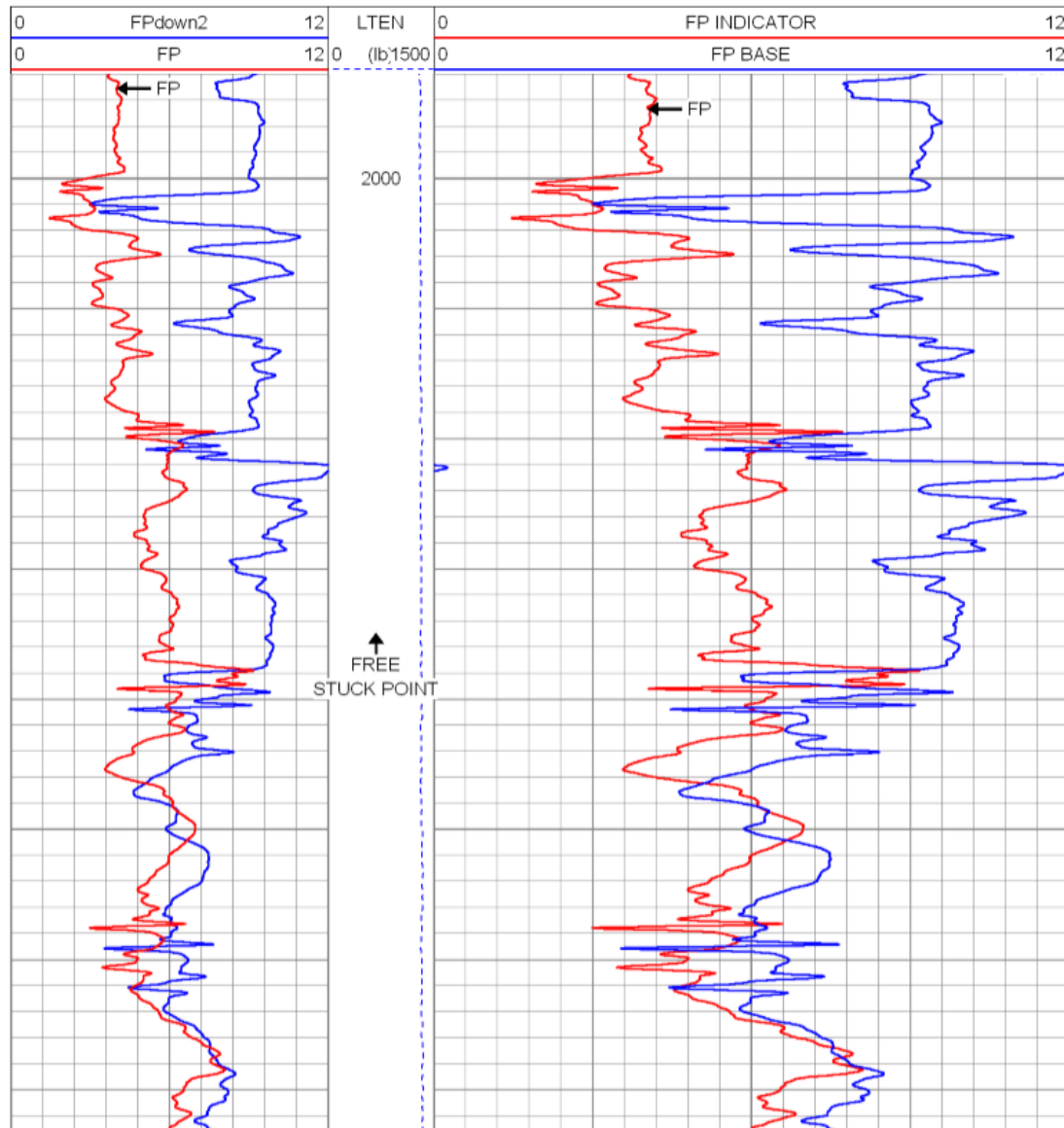


Figure IV.3 : Log de free point indicator. [29]

#### 3.4.2 Méthode mécanique par mesure d'allongement de la garniture coincée :

Cette méthode ne donne qu'une valeur approximative du point libre. La formule suivante permet de déterminer la longueur  $L$  des tiges libres : [26]

$$L = \frac{2,675 \cdot P_{DP} \cdot l}{(T_2 - T_1)}$$

$l$  : Allongement différentiel correspondant à la variation de traction exprimé en mm ;

$P_{DP}$  : Masse linéaire des tiges (corps + tool joints) exprimée en kg/m ;

$L$  : Longueur de tiges libres exprimée en m ;

$(T_2 - T_1)$  : Variation de traction appliquée sur la garniture exprimée en  $(10^3 daN)$ . [26]

**Application numérique :**

1914m des tiges 5" ; 19.5 lb/ft ; 31.83 kg/m , densité de la boue 1.25 ,  $T_1=105 (10^3 daN)$   
 $T_2=135 (10^3 daN)$   $\Delta l = 700 mm$  (par expérience).

$$L = \frac{2,675 \times 31.83 \times 700}{(135 - 105)} = 2049 m$$

**3.5 Caractéristiques de la boue :**

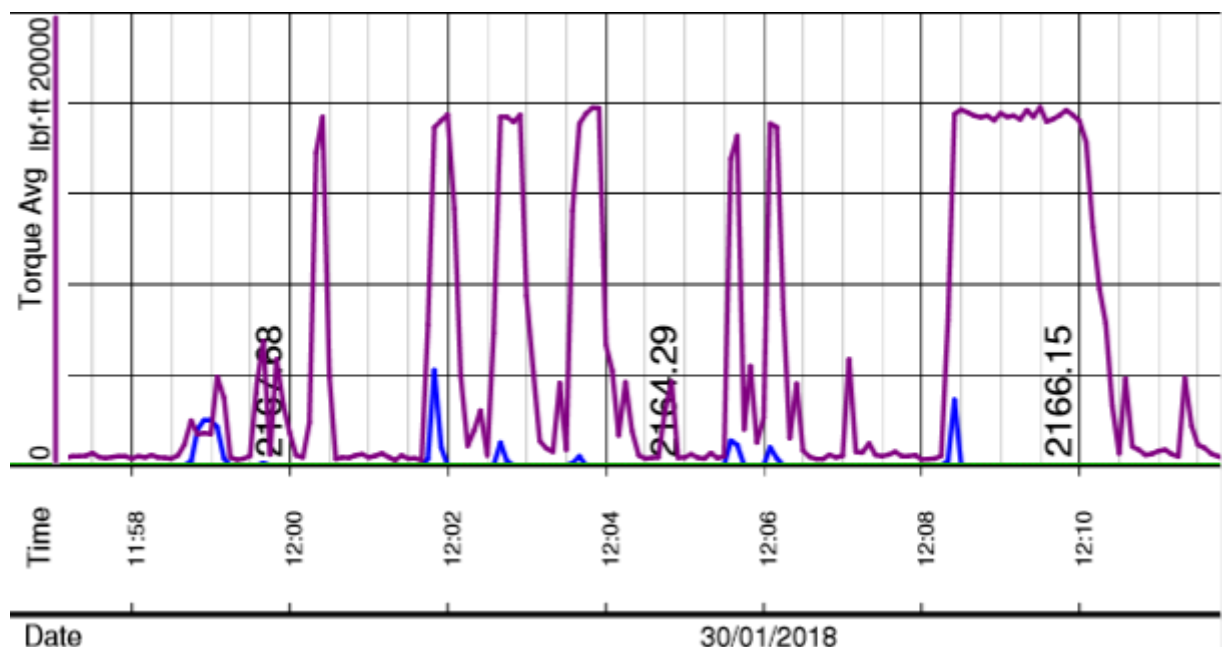
La phase 16" est forée avec une boue à émulsion inverse d=1.25 (Avoil DS.IE.70 avec oil/water ratio 70/30 et les caractéristiques suivantes :

**Tableau IV.3 : Caractéristiques de la boue. [30]**

Phase	Boue	Densité	Viscosité plastique	Yield point	OWR	Filtrat HP HT	Stabilité électrique	LGS
16"	Avoil DS.IE.70	1.25	ALAP	24 - 18	70/30	< 10	> 600	< 5

**3.6 Le torque :**

L'évolution du torque dans le but de trouver des indications sur le mécanisme de coincement, les graphes suivants schématisent l'évolution du torque en cours du forage et lors du reaming qui a précédé le coincement : [27]



**Figure IV.4 : Variations du torque. [27]**

**3.7 Conclusion :**

Le coincement est dû à la présence des argiles gonflantes (60 % d'argile dans une formation Malm) à la côte 2020 m, ces argiles sont caractérisées par une capacité importante d'adsorption et de gonflement.

Deux facteurs peuvent être à l'origine du gonflement :

- ✓ L'effet de l'eau libre dans la boue provoque une hydratation de la formation argileuse.
- ✓ L'effet de possibilité du gonflement de l'argile organophile dont la mouillabilité a été inversé par le tensio-actif.

**4. Traitement de coincement :**

**4.1 L'organigramme pour libérer la garniture coincée :**

L'utilisation de l'organigramme suivant nous permet de décider le meilleur plan d'action :

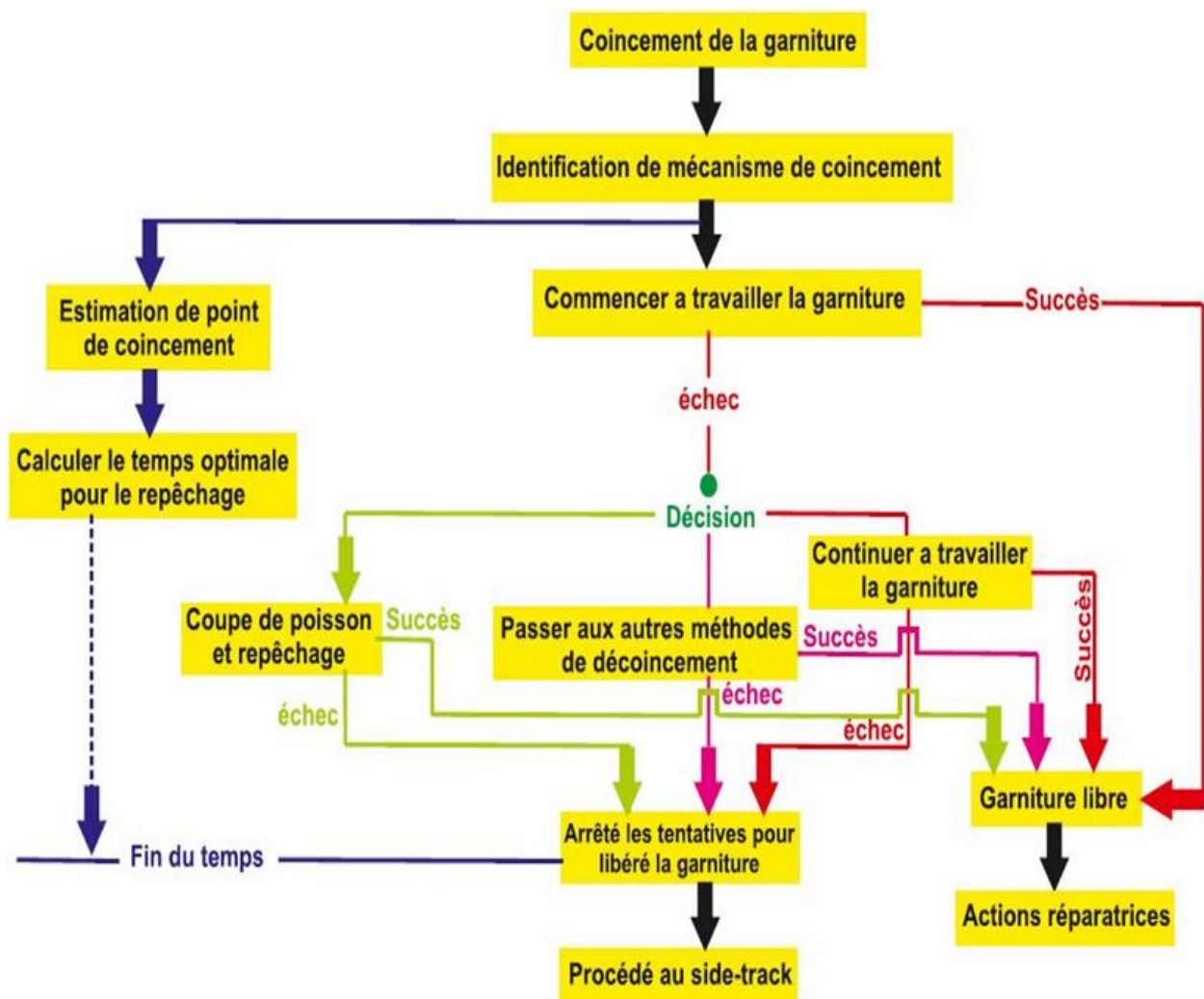


Figure IV.5 : Processus de traitement de coincement. [1]

## 4.2 Bouchon d'acide (décoinçant) :

Le volume utile d'acide à pomper dépend de l'épaisseur « e » de la formation à dissoudre sur une longueur donnée, sachant qu'il faut 12.269 m<sup>3</sup> d'acide, 15 % pour dissoudre 01 m<sup>3</sup> de cake.

**Tableau IV.4 : Traitement d'un bouchon d'acide (15 % HCl). [31]**

15 % HCL		Volume d'entrée m <sup>3</sup> :		56.6 bbls	
		9.0 m <sup>3</sup>			
Les additifs	Description	Composition par 1000 litres		Volume requis	
NI 18	Inhibiteur de corrosion	10	Lts	90	Lts
Acide citrique	Agent de contrôle du fer	6	Kg	54	Kg
Acide acétique	Agent tampon de fer	5	Lts	45	Lts
FRA-11	Réducteur de friction	1	Lts	9	Lts
HCL 33 %	Acide chlorhydrique	442	Lts	3978	Lts
D3	Agent tensioactif non-ionique	2	Lts	18	Lts
Eeau	Eau douce	540	Lts	4860	Lts

Les essais de décoincement par battage et par bouchon de décoincant ne donnent aucun résultat ; La décision de procéder à un Back off par dévissage mécanique a été prise.

## 4.3 Déroulement de l'opération du back off :

Après la détermination de la position du point de coincement. Les opérations de dévissage ont été effectuées par deux méthodes : [30]

### 4.3.1 Dévissage par l'explosif (back off électrique) :

Selon le log HESP la mise à feu du String Shot a été déclencher électriquement en deux lieux :

- **Première course :**

Avec Hesp back shot gun - sans succès -

Shot gun avec 7 lignes d'amorces 80 g.

\* Tirer 120 tonnes (poids de la garniture de 110 tonnes) ;

\* Appliquer 15000 lb.ft Couple gauche ;

\* Shoot à 2138 m (Premier 9,5" DC au-dessus du STB).

- **Deuxième course :**

Avec Hesp back shot gun - sans succès -

Shot gun avec 7 lignes d'amorces 80g.

- \* Tirer 120 tonnes (poids de la garniture de 110 tonnes) ;
- \* Appliquer 15000 lb.ft Couple gauche ;
- \* Shoot à 2017 m. [27]

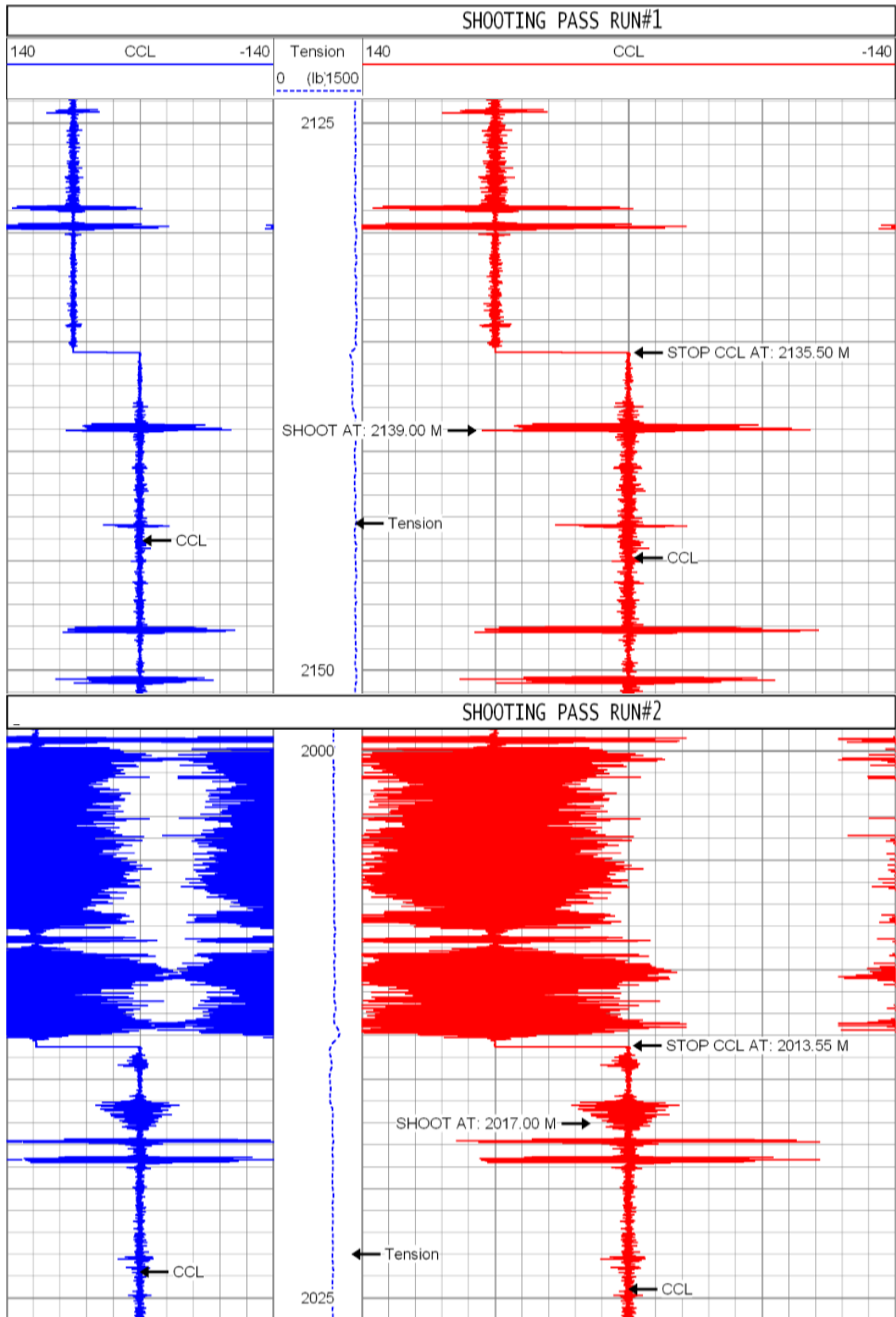


Figure IV.6 : Log de back off électrique. [34]

### 4.3.2 Dévissage mécanique :

Après l'échec de toutes les tentatives pour diviser la garniture de forage électriquement, la décision de faire un back off mécanique a été prise.

**Procédures** - avec succès.

- Calculer le poids de la garniture au point à dévisser (pour notre cas 110 T) ;
- Poids Moufle : 10 T ;
- Poids total est : 10 T + 110 T = 120 T ;
- Bloquer la garniture à 80 % de la limite de torsion des tiges (à droite) lentement, Comptabiliser le nombre de tours à droite ;
- Descendre lentement comme en forage jusqu'à avoir un poids de 10 T qui représente le poids du Moufle ;
- Remettre en tension au point neutre (110 T) ;
- Relâcher lentement le couple à droite et compter le nombre de tours du retour (Tours à gauche) ;
- L'opération de blocage est réussite car le nombre de tours de retours à gauche est égale de nombre de tours à droite ;
- Tirage de 90T ;
- Tourner à gauche jusqu'au dévissage ;
- Remontée lentement sans tourner la garniture.

La garniture après le dévissage 80 T, Poids de BHA 37 T, Récupérer tous les DP 5" + 12 x HWDP 5", La garniture laissée dans le puits 149,16 m. [27]

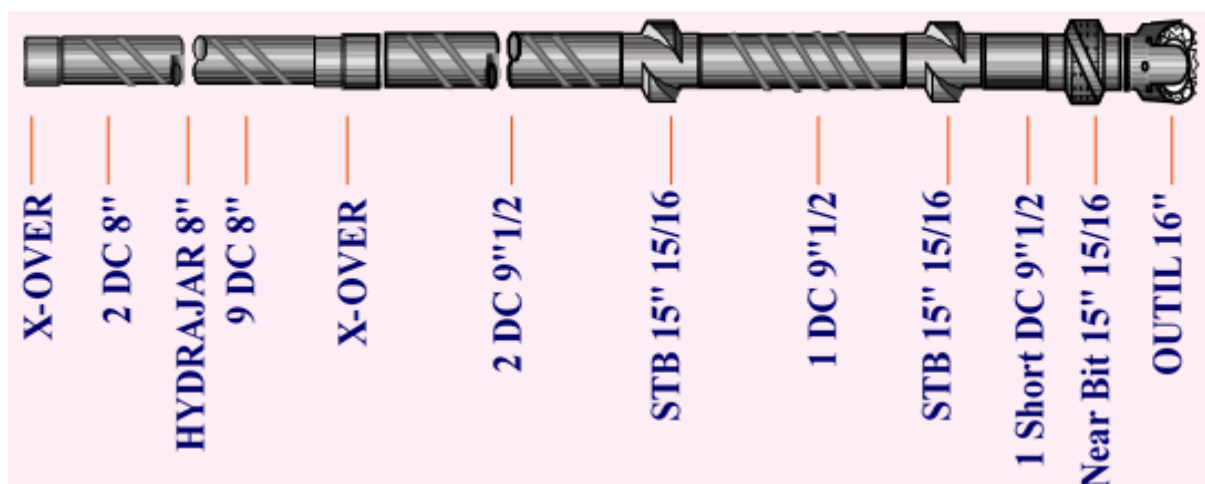


Figure IV.7 : BHA laissée dans le puits. [27]

### 4.4 Repêchage :

Afin de récupérer le poisson laissé dans le puits, l'opération de repêchage a été réalisée comme suite :



Tableau IV.5 : Déroulement des opérations de repêchage du 08/02/2018 au 22/02/2018. [27]

Opérations	Remarques
Descente de SLICK BHA.	Déterminer la cote de poisson (2017 m).
Descente WASH OVER 10 <sup>3/4</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wash over sur le poisson (2017 à 2027 m) avec les paramètres suivants :</li> </ul> WOB=1-2 ton , RPM=10-25 tr/min , Q= 1250 lpm , Spp=500 Psi.
Descente de SCREWING SUB 4 <sup>1/2</sup> .	Le vissage avec le poisson avec succès (cote 2017 m). <ul style="list-style-type: none"> <li>Tirage 30 T – Poids de poisson + garniture =114 T ;</li> <li>Essayer de libérer le poisson sans succès ;</li> <li>Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas) ;</li> </ul> Perte 4m <sup>3</sup> de boue.
Pompage d'un bouchon d'acide.	Acide 33 % HCL (attente 30 mn pour la réaction). <ul style="list-style-type: none"> <li>Battage vers le haut et vers le bas - Aucun progrès (la jar ne fonctionne pas) ;</li> <li>Triage de 170 T (garniture + top drive) ;</li> </ul> Rupture de la garniture (poids perdu 170 à 33 T) Perte 5 m <sup>3</sup> de boue.
Descente de SLICK BHA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déterminer la cote de nouveau poisson (302 m).</li> </ul>
Descente de DIE COLLAR 8 <sup>1/4</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Récupération de 387 m.</li> </ul> Nouveau Top fish 689 m.
Descente de DIE COLLAR 12" + tiges gauches (poids initial = 43 T).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Over pull 17 T Torque &gt; 9000 lb.ft</li> </ul> Nouveau Top fish 775 m.
Descente de DIE COLLAR 8 <sup>1/4</sup> + tiges gauches.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Récupération de 407 m par application d'un torque = 12000 lb.ft</li> </ul> nouveau top fish à 1182 m.
	Torque 18000 lb.ft ; Poids de poisson 12 T. Nouveau Top Fish 1588 m.
	Torque 15000 lb.ft ; Poids de poisson 11T Nouveau Top Fish 1635 m.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Récupération de 243 m.</li> </ul> nouveau top fish à 1878 m.



## Rapport d'incident sur la perte du matériel dans le puits

Après les opérations des repêchages avec la garniture et la cloche gauche, on n'a pas pu atteindre la cote pour dévisser la Screw sub, ou bien le Safety joint.

Une décision a été prise par Sonatrach d'arrêter les opérations de repêchage, et poser un bouchon de ciment et faire un Side track. [27]

### 4.5 Side track:

#### 4.5.1 Plan de Side track:

Le plan de side track a été élaboré pour éviter le poisson que l'on a décidé d'abandonner et suivre la trajectoire optimale du side track (KOP 1665 m, Azimut 107.00°, déclinaison 1.49°, dog leg 1.9°/3 m, EOB 1745 m), puis revenir progressivement à la verticalité. [32]

#### 4.5.2 Préparation et mise en place d'un bouchon de ciment :

- \* Montage de la garniture de cimentation DP 3<sup>1/2</sup>,
- \* Circulation de boue, Q = 800 Lpm, Spp = 370 Psi ;
- \* Pompage de 7,7 m<sup>3</sup> Spacer de densité d=1.5 ;
- \* Pompage de 25.9 m<sup>3</sup> de ciment de densité d=1.9 ;
- \* Déplacer par 0.3 m<sup>3</sup> de Spacer de densité d=1.5 ;
- \* Déplacer avec 13.3 m<sup>3</sup> de boue, d=1.32 ;
- \* Tag ciment 1563 m.

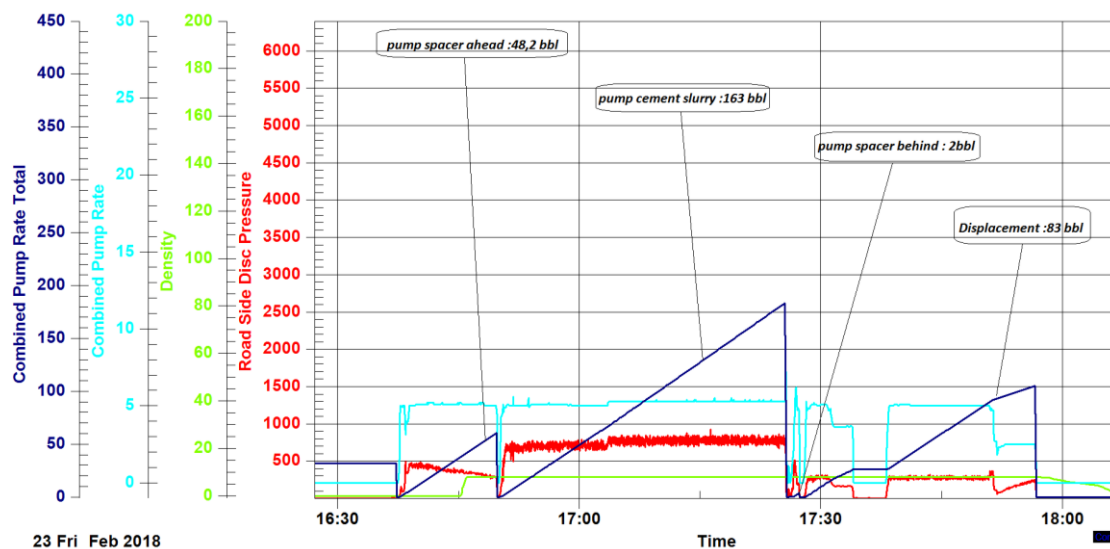


Figure IV.8 : La mise en place d'un bouchon de ciment. [33]

#### 4.5.3 Reforage du ciment :

Afin d'enlever l'excès de ciment jusqu'à la cote de KOP de 1563 m à 1665 m l'opération de reforage a été réalisée par un outil tricône de 16" avec les paramètres suivants :

**Tableau IV.6 : Paramètres de reforage de ciment. [27]**

WOB	RPM	Débit	ROP
1-6 T	50 tr/min	2000 l/min	17 m/hr

- Ciment dur au niveau du tamis vibrant.
- Test de la dureté de ciment 1651 m & 1660 m avec 20 ton/10 min - avec succès.

#### 4.5.4 Déroulement des opérations de Side track :

##### 4.5.4.1 Le forage de la section Build-Hold (1665 m à 1825 m)

Descente de la garniture avec un outil tricône de 16", PDM 2,38° (MTR) et MWD, cette partie a été forée jusqu'à la côte où des déblais proviennent à 100 % de la formations (1679 m), puis la garniture est remontée pour remplacer MTR bent 2.38° par MTR bent 1.83° et continuer le forage en mode Sliding.

A 1792 m l'inclinaison 6.52° Azimute 109.75°, le pourcentage des argiles 80 %.

**Tableau IV.7 : les paramètres du forage 1665 m à 1825 m. [27]**

WOB	RPM	Débit	SPP
1-6 T	30-60 tr/min	1800-2000 l/min	1450-2000 psi

##### 4.5.4.2 Le forage de la section drop-off (1825 m à 1903 m) :

L'objectif de cette partie est de reprendre le profil à la verticalité par réduction de l'inclinaison jusqu'à 0°, le forage a été réalisé en deux modes (Sliding + Rotary) le pourcentage de mode Sliding est diminué à chaque avancement ce qui implique l'augmentation de pourcentage de mode Rotary

A 1870 m Sliding mode 74%, Rotary 26%.

A 1890 m Sliding mode 38%, Rotary 62%.

**Tableau IV.8 : les paramètres du forage 1825 m à 1903 m. [27]**

WOB	RPM	Débit	SPP
4-10 T	30-40 tr/min	2600 l/min	2500-2670 psi

##### 4.5.4.3 Le forage de la section verticale (1903 m à 2393 m) :

La partie verticale est forée par une garniture Rotary jusqu'à la fin de la phase avec des paramètres suivants :

**Tableau IV.9 : les paramètres du forage 1903 m à 2393 m. [27]**

WOB	RPM	Débit	SPP	Torque
10-18 T	150-170 tr/min	2800 l/min	2500-2670 psi	4-16 klb.ft

Tableau IV.10 : Survey du forage (1665 m à 2393 m). [34]

MD (m)	Inc (°)	Az (°)	TVD (m)	DLS (°/30m)	B.Rate (°/30m)	T.Rate (°/30m)	CL (m)	Comment
1665.00	0.27	0.00	1664.28	0.00	0.00	0.00	0.00	KOP
1745.00	4.93	107.02	1744.18	1.88	1.75	40.13	80.00	EO Build
1825.00	4.93	107.02	1823.88	0.00	0.00	0.00	80.00	EO Hold
1879.21	1.50	107.02	1878.00	1.90	-1.90	0.00	54.21	TOF
1902.83	0.00	0.00	1901.62	1.90	-1.90	0.00	23.62	EO Drop
2393.00	0.00	0.00	2391.79	0.00	0.00	0.00	490.17	Section TD

5. Le profil de Side track

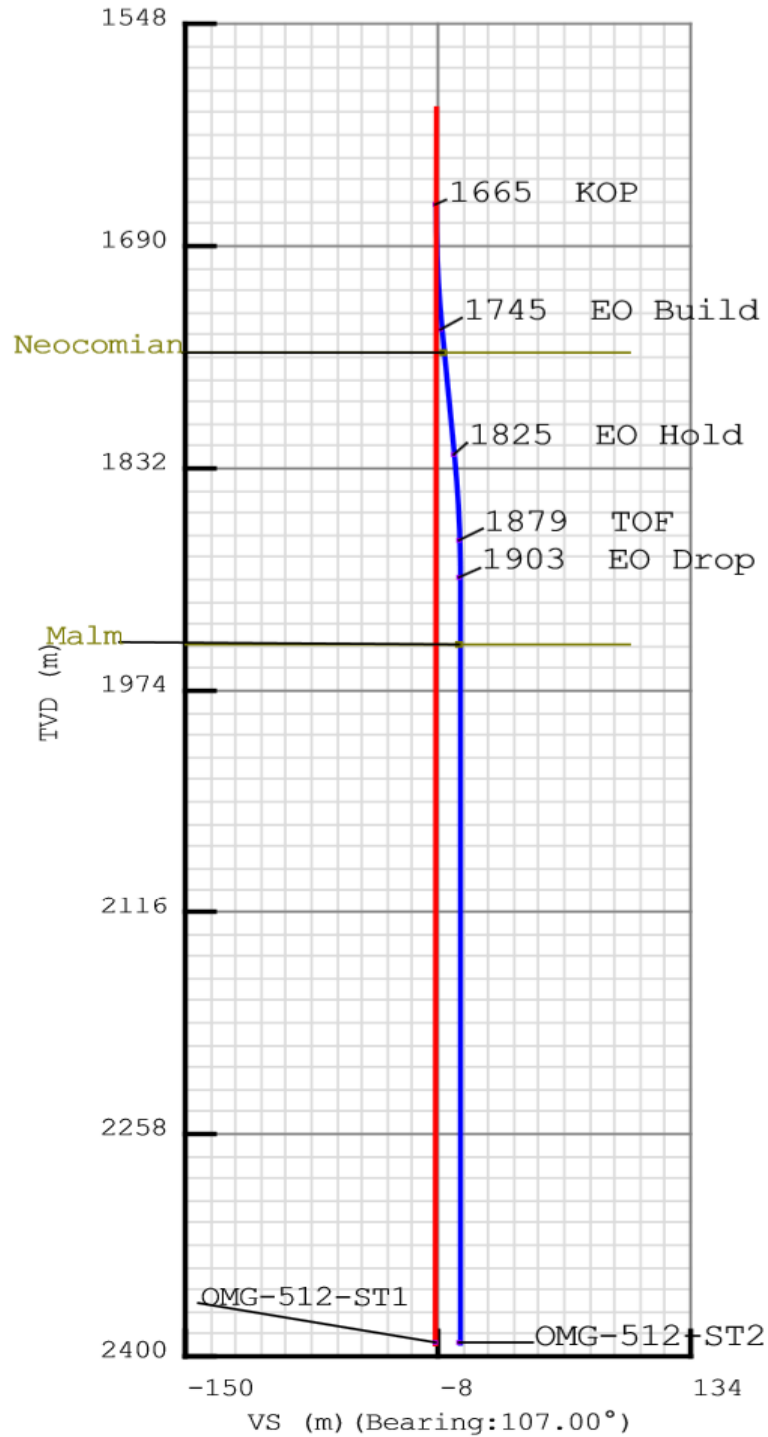


Figure IV.9 : Le profil de Side track. [34]

## 1. Caractérisation des échantillons utilisés :

- Bentonite : Type Baroid, utilisée sur chantier de densité 2,5 ;
- Réducteur de filtrat : Type QUIMAGEL C-1000P, CMC ;
- Gasoil : Commercial de Naftal, densité : 0,845 ;
- Tensio-actif : Type Moul I, Moul II, utilisé sur chantier ;
- Boue à émulsion inverse : Avoil DS.IE.70 utilisé sur chantier NABORS F22  $d = 1.25$ .

## 2. Description de l'installation expérimentale de l'étude du gonflement :

### 2.1 Composition :

Cet appareil est composé de :

- (1) : Creuset filtrant ;
- (2) : Bécher extérieur ;
- (3) : Piston ;
- (4) : Micromètre ;
- (5) : Plaque ;
- (6) : Poids marqués ;
- (7) : Support ;
- (8) : Papier filtre.

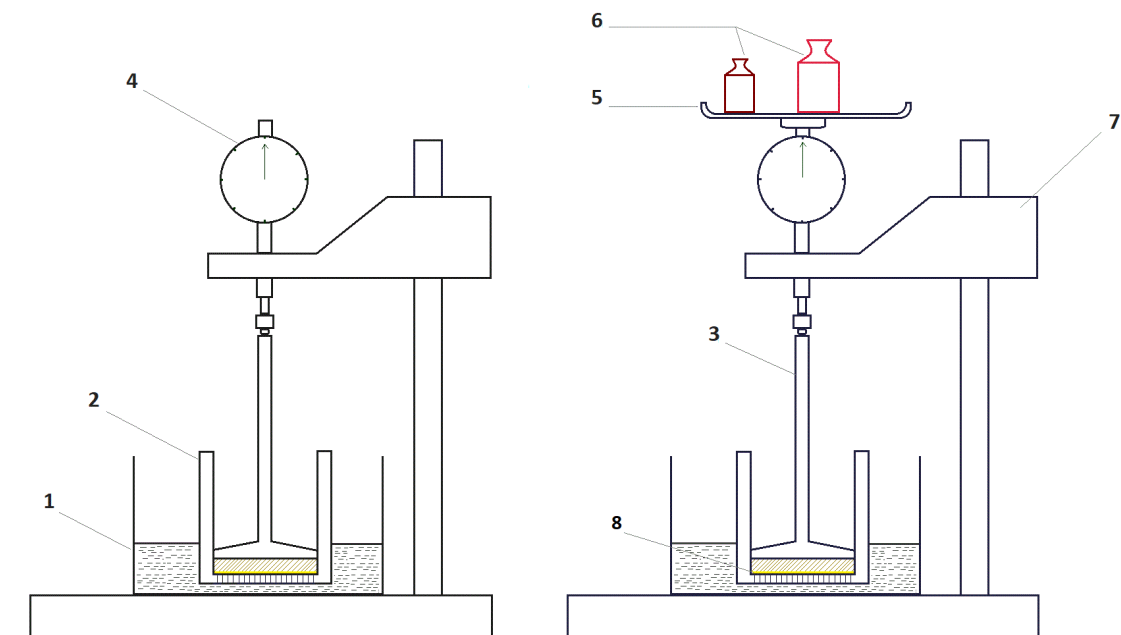


Figure V.1 : Schéma de l'installation d'étude de gonflement.

## 2.2 Les paramètres mesurés par l'installation :

L'installation permet de déterminer :

- ✓ Le potentiel du gonflement ;
- ✓ La cinétique du gonflement ;
- ✓ La pression du gonflement ;
- ✓ L'influence de la température sur gonflement.

## 2.3 Mode opératoire :

- Déposer et étaler 4 grammes de bentonite sur un papier filtre au fond d'un creuset filtrant ;
- Mettre le creuset filtrant dans le bécher extérieur ;
- Positionner le piston dans le creuset filtrant et l'ajuster sous le micromètre de tel sorte que l'aiguille du micromètre indique le zéro ;
- Ajouter un volume de 30 ml de solution dans le bécher extérieur (jusqu'au niveau de la base de piston) ;
- Le gonflement est évalué à travers la lecture du micromètre.

Cas de la détermination de la pression de gonflement :

- ✓ Ajouter un dispositif de mesure de pression ;
- ✓ Déposer des poids marqués pour empêcher le gonflement.

Cas de la préparation de l'argile à mouillabilité inversée (organophile) :

- ✓ On a mélangé 15 g de bentonite avec 10 ml de solution de tensio-actif dans un bécher dans les conditions de température ambiante pendant 24 h,
- ✓ Ce mélange est séché dans une étuve à 105°C jusqu'au poids constant.

Cas de l'Influence du réducteur de filtrat sur le gonflement :

- ✓ Une solution du réducteur de filtrat (QUIMAGEL C-1000P, CMC) dans l'eau distillée de quantité de 0.5-30 kg/m<sup>3</sup>.

Cas de la cinétique de gonflement à différentes températures :

- ✓ Bentonite est mise en contact avec l'eau distillée à 40°C et à 60°C.

### Remarque :

Le filtrat de la boue est obtenu par filtration à travers du papier filtre.

$P_{gf} = P/S$  tel que : P : la charge, S : la section de la base du piston.

### 3. Plan d'étude expérimentale :

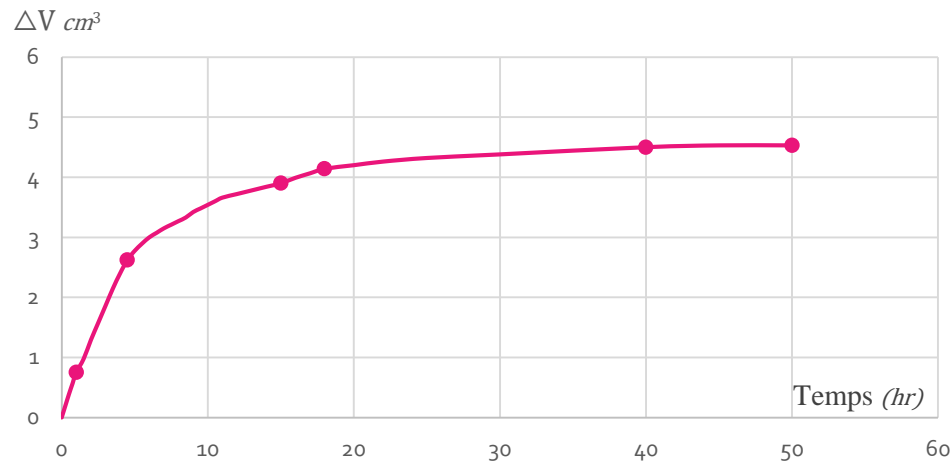
- ✓ La cinétique et le potentiel de gonflement des argiles.
- ✓ L'influence d'eau distillée, du filtrat de la boue à émulsion inverse, du réducteur de filtrat, du gasoil et de la température.
- ✓ La pression de gonflement.

### 4. Résultats et interprétations :

#### 4.1 Le potentiel et la cinétique du gonflement :

##### 4.1.1 Cinétique de gonflement dans l'eau distillée (pH = 7) :

$\Delta V$  : Le potentiel du gonflement



**Figure V.2 : Cinétique de gonflement de l'argile en contact avec l'eau distillée.**

Cette courbe indique qu'au cours des 100 premières minutes, le gonflement est rapide puis ralentit progressivement jusqu'à atteindre la valeur maximale  $4.53 \text{ cm}^3$  après 50 heures.

L'amplitude du gonflement est influencée par des propriétés microscopiques (structure, texture, minéralogie des argiles, nature et concentration d'ions).

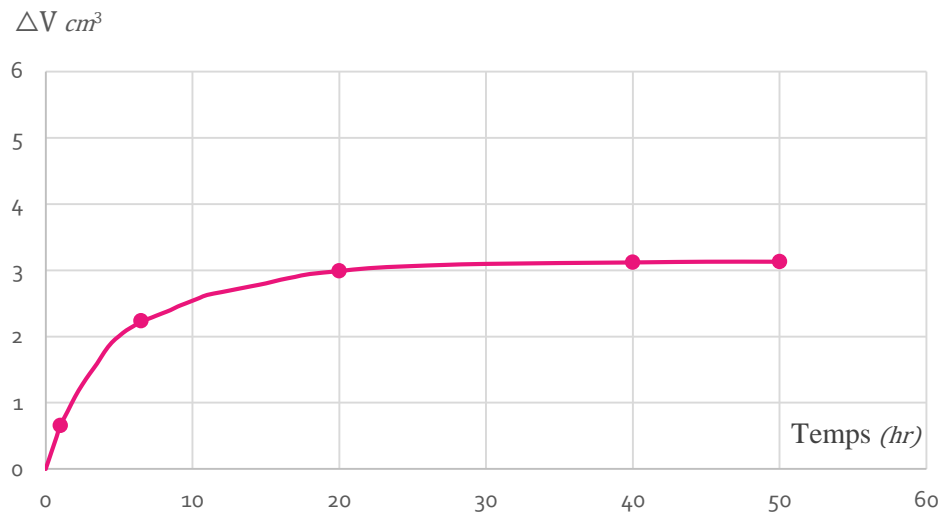
L'argile de type smectite avec de faibles liaisons entre feuillets peut s'hydrater. Cette structure et la présence des charges négatives confèrent à l'argile des propriétés hydrophiles.

Cette affinité va entraîner une adsorption de l'eau particulièrement et provoquer son gonflement.

##### 4.1.2 Influence du gasoil sur le gonflement :

Les observations ont montré que l'argile ne gonfle pas dans le gasoil à cause du caractère hydrophile des argiles, L'argile polaire chargée négativement n'a pas d'affinité envers les molécules d'huile.

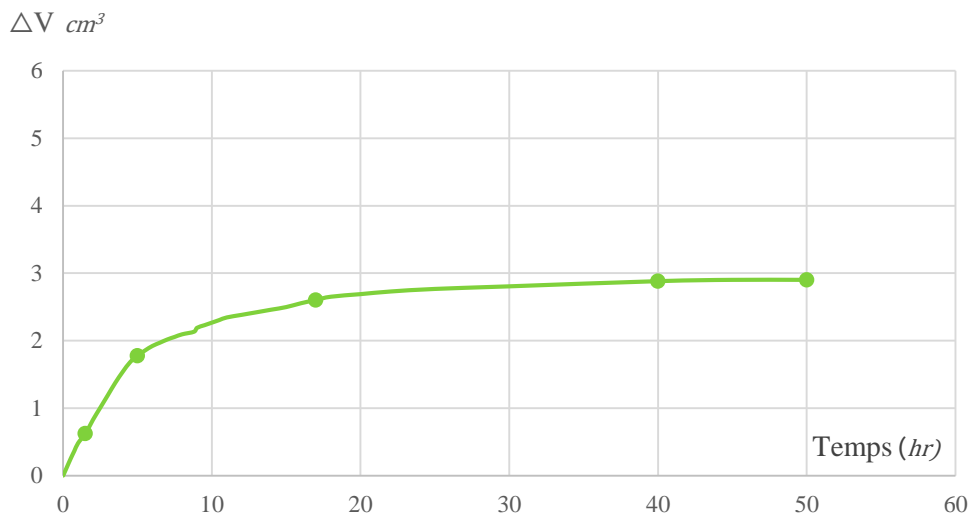
### 4.1.3 Influence du réducteur de filtrat sur le gonflement :



**Figure V.3 : Influence du réducteur de filtrat sur le gonflement de l'argile.**

La courbe montre que le réducteur de filtrat réduit le gonflement en formant un film sur l'argile. Ce film de matière organique est faiblement hydrophile sans quand affinité envers l'eau. La vitesse de gonflement est limitée avec un palier de 3.15 cm<sup>3</sup> de potentiel.

### 4.1.4 Influence du filtrat de boue à émulsion inverse sur le gonflement de l'argile organophile :

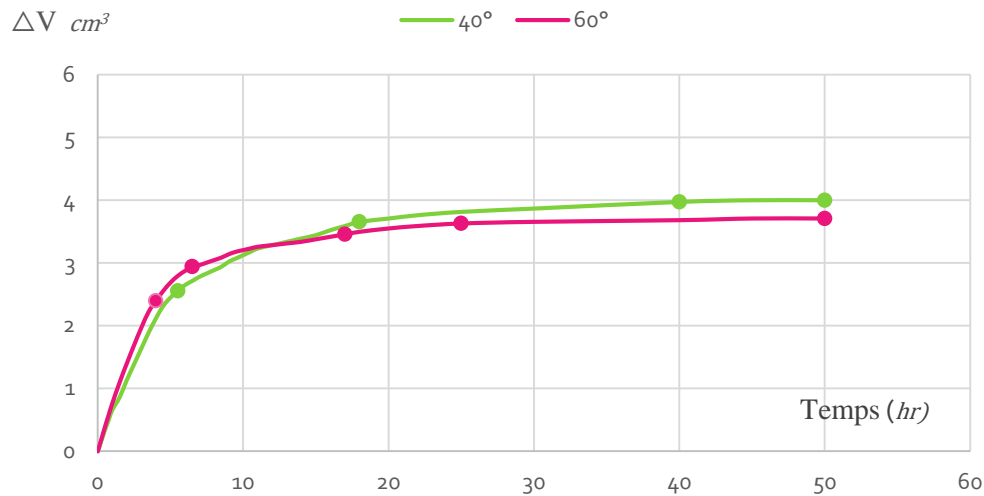


**Figure V.4 : Influence du filtrat de boue à émulsion inverse sur le gonflement de l'argile organophile**

Les résultats du taux de gonflement obtenus sur l'argile organophile dont la mouillabilité a été inversée par l'ajout des tensio-actifs confirment la possibilité de gonflement de cette argile par le gazoil, grâce à l'oléophilie de l'argile.

Le potentiel de gonflement est rapide pendant les 100 premières minutes, puis il atteint 2.9 cm<sup>3</sup> après 50 heures, correspondant à la saturation.

## 4.2 La cinétique de gonflement à différentes températures :



**Figure V.5 : La cinétique de gonflement de l'argile à différentes températures.**

Le processus d'adsorption s'accompagne d'une diminution de l'entropie  $S$  puisque l'ordre des molécules augmente  $\Delta S < 0$

Selon le 2<sup>ème</sup> principe de thermodynamique  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

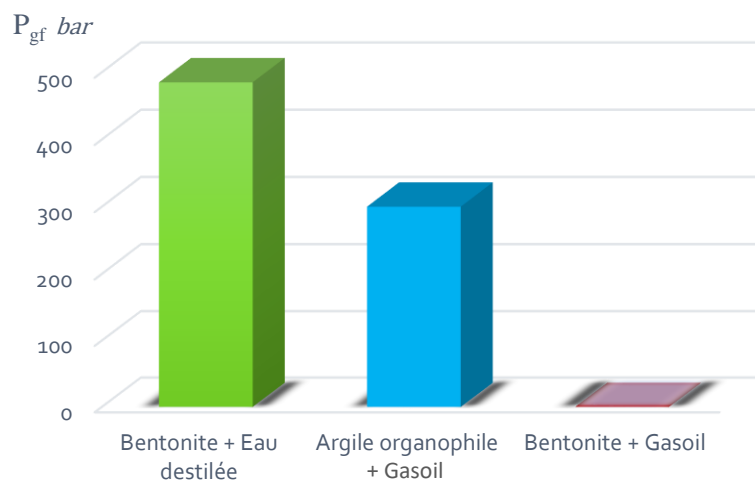
Pour les processus spontanés, le phénomène d'adsorption est favorisé lorsque  $\Delta G < 0$ .

Comme  $\Delta S < 0$  alors la variation de l'enthalpie  $\Delta H < 0$ . Donc le processus est exothermique.

Avec l'évolution de la température, l'adsorption diminue en entraînant une réduction de gonflement.

Par conséquent, avec l'augmentation de la profondeur le potentiel du gonflement diminue.

## 4.3 La pression de gonflement



**Figure V.6 : Pression de gonflement en présence des différentes solutions.**



La Figure V.6 présente l'évolution du taux de la pression de gonflement de plusieurs échantillons qui sont soumis par la suite à des essais de gonflement sous différents chargements. La pression la plus forte correspond à une grande hydratation de l'argile par l'adsorption des molécules d'eau (couleur vert).

La pression du gonflement de l'argile organophile à mouillabilité inversée est importante (300 kg/m<sup>2</sup>). Le gasoil a été adsorbé grâce à oléophilie de l'argile et la faible liaison intermoléculaires d'huile (couleur bleu).

## **Conclusion**

Cette recherche s'est intéressée en premier lieu à l'étude de problème du coincement lors du forage des formations argileuses. Le coincement de la garniture s'est produit le 29 janvier 2018 dans la phase 16" à la côte 2020 m dans le Malm sur le puits OMG 512 à Hassi Massaoud.

Les tentatives de décoincement par le battage et des bouchons d'acide pour libérer la garniture ont échoué ; ce qui amène à faire appel aux opérations d'instrumentations. L'opération de Back off a été effectuée à 2017 m de profondeur. Après l'échec de l'opération de repêchage, la décision de faire un Side track a été prise.

Afin de déterminer les causes du coincement, une étude expérimentale a été réalisée à l'aide d'une installation. Dans cette partie quatre paramètres sont mesurés : à savoir le potentiel, la cinétique de gonflement, la pression de gonflement et l'influence de la température sur le gonflement.

Les résultats obtenus démontrent que le gonflement de l'argile est seul responsable du coincement de la garniture.

Les conditions les plus favorables au gonflement ont été déterminées afin de les éviter pendant le forage.

Le choix du tension actif parmi une large gamme de produits constitue l'étape la plus importante dans la prévention du phénomène de gonflement. Ce choix est basé sur les résultats des tests de compatibilité entre le tension actif et la formation à forer.

Les essais réalisés avec une argile altérée par le tensio-actif de la boue de forage à base d'huile ont prouvés l'existence de risque de gonflement des formations argileuses en contact avec une boue à émulsion inverse.

## **Recommandations**

- ✓ Le choix et le pourcentage du tensio-actif utilisé sont très importants lors de préparation des émulsions inverse pour retarder la séparation et assurer la stabilité, et pour éviter aussi l'inversion de la mouillabilité de l'argile.
- ✓ La boue à base d'eau avec KCl est recommandée pour le forage des formations argileuses gonflantes.
- ✓ Diminution du temps d'exposition du puits à la boue de forage est nécessaire, pour limiter le volume du filtrat en face des formations argileuses.
- ✓ L'installation d'études du gonflement des argiles est très simple et efficace, elle est recommandée dans les laboratoires centraux.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Ait slimane A, Etude et choix entre l'instrumentation et le side-track, HMD, 2015 .
- [2] Document « SONATRACH » : "Géologie de HASSI Messaoud", 2004.
- [3] KRARROUBI, Etude du problème de coincement au niveau du champ de HMD, 2006
- [4] Mr Soussi, Cours de Géologie, division forage Mars 2003.
- [5] Zenasni A. Coincement induite par l'interception de, l'éruptif triasique dans le puits OML.
- [6] SLIMANI A. " Problèmes de trou", Division forage, 2004.
- [7] Document Sonatrach., mini guide forage BP abréviation mémoire. Bridge Petroleum.
- [8] Stuck pipe causes, Detection and Prevention, October 1991
- [9] LEBLOND. COURS DE FORAGE, Tome 1, Institut Français du pétrole, 1963.
- [10] John w. lee , Stuck pipe cause, solution & prévention, jan 2009.
- [11] Document Sonatrach., mini guide forage BP abréviation mémoire. Bridge Petroleum.  
Mémoire ingénieur. Université de Boumerdes, 2007.
- [12] J.P.NGUEN. Le forage, Techniques D'exploitation Pétrolière. Edition 1993.
- [13] Rapports Journaliers Sur Puit Ok N530. Documentations Sonatrach, 2008.
- [14] IFP Training. Copyright ENSPM Formation Industrie, 2004.
- [15] Géologie des argiles, documents ENSP
- [16] KHODJA M., Les fluides de forage, Etude des performances et considérations environnementales, 2008.
- [17] Site internet, clay chemistry and clays in drilling fluids
- [18] Jad Wakim, Influence des solutions aqueuses sur le comportement mécanique des roches argileuses ,2006
- [19] Site internet, wikipetro, clays structure photos
- [20] MEJNOUN A. Analyse, caractérisation, prévision et modélisation du comportement des argiles gonflantes, 2014.

- [21] LOULACHI A., Etude des performances dans un système mixte tensio-actif polymère dans les fluides de forage Aspect stabilité des argiles et endommagement des réservoirs, 2009.
- [22] FOURAR Karim, amélioration des propriétés rhéologiques des fluides de forage a base de bio polymères, 2007
- [23] COMPARON L, Thèse doctorat, Étude expérimentale des propriétés électriques et diélectriques des matériaux argileux consolidés, Paris 2005
- [24] KHADDA J, Etude en laboratoire du gonflement de l'argile des Flandres 1992
- [25] Nowamooz h, retrait/gonflement des sols argileux compactes et naturels soutenue le 2007
- [26] Drilling Data Handbook. Edition 1999.
- [27] Les rapports journaliers de forage du puits OMG 512 Sonatrach, 2018
- [28] Fiche du puits OMG 512-F22 Sonatrach, 2018
- [29] Fichier de free point indicator HESP.2018
- [30] Programme de boue du puits OMG 512 Sonatrach, 2018
- [31] Programme de pose des bouchons d'acide, Schlumberger, 2018
- [32] freeing the drill pipe (situation, action and side track proposal), Sonatrach,
- [33] Programme de pose des bouchons de ciment du puits OMG 512, Schlumberger, 2018.
- [34] Directional proposal WEATHER FORD du puits OMG 512, 2018.
- [35] OMG 512 PH16IN BACK OFF, HESP, 2018.
- [36] GRAHAM., TROTMAN, Petroleum engineering and development studies volume 2 directional drilling, 1987.

Les puits voisins : [28]



Programme d'outils : [28]

<i>Diamètre</i>	Type de l'outil	Outils de secours
36"	<b><u>TCI RR:</u></b> L3A	<b><u>TCI RR:</u></b> L3A
26"	<b><u>TCI NEW:</u></b> ER24JMRS (VAREL)	<b><u>TCI-RR:</u></b> SB445(SMITH)+ER1GMRS (VAREL)
16"	<b><u>PDC-New:</u></b> TFF913S(NOV )	<b><u>PDC RR:</u></b> MM96R (HDBS) +SB115C(SMITH)
12 1/4"	<b><u>PDC-New :</u></b> MM66 (HDBS)	<b><u>PDC RR:</u></b> T806S(BAKER)+SB117(SMITH)
8 1/2"	<b><u>PDC -NEW :</u></b> SP813W(ALDIM)	<b><u>PDC RR:</u></b> DSF713M(NOV)+DT1GMRS
6"	<b><u>IMP-NEW :</u></b> K505BPX	<b><u>IMP-RR:</u></b> K505BPX
3"3/4 Clean out	<b><u>PDC RR:</u></b> FX63 (HDBS) ou Chomp bit (SMITH)	

**Composition de poisson : [27]**

<b>Poisson dans le puits</b>			
<b>Equipement</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>OD (in)</b>
<b>XO</b>	0,80	1	8,000
<b>DC</b>	18,27	2	8,000
<b>JRH</b>	9,63	1	8,000
<b>DC</b>	82,56	9	8,000
<b>XO</b>	0,79	1	9,500
<b>DC</b>	18,39	2	9,500
<b>IBS</b>	2,30	1	9,500
<b>DC</b>	9,06	1	9,500
<b>IBS</b>	2,30	1	9,500
<b>PC</b>	2,90	1	9,500
<b>NBS</b>	1,82	1	9,500
<b>PDC</b>	0,34	1	16,000

**La composition de la BHA de reforage du ciment :**

<b>BHA de reforage du ciment</b>			
<b>Equipement</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>OD (in)</b>
<b>HW</b>	110,51	12	5,000
<b>XO</b>	0,31	1	8,000
<b>DC</b>	18,57	2	8,000
<b>JRH</b>	10,20	1	8,000
<b>DC</b>	83,01	9	8,000
<b>MWD</b>	10,00	1	8,000
<b>XO</b>	0,25	1	8,000
<b>PUS</b>	1,20	1	8,000
<b>PDM</b>	10,55	1	9,500
<b>BIT</b>	0,44	1	16,000

**La composition de la BHA de section Build-Hold (1665 m a 1825 m) :**

<b>Equipement</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>OD (in)</b>
<b>HW</b>	110,51	12	5,000
<b>XO</b>	0,31	1	8,000
<b>DC</b>	18,57	2	8,000
<b>JRH</b>	10,20	1	8,000
<b>DC</b>	83,01	9	8,000
<b>MWD</b>	19,50	1	8,000
<b>XO</b>	0,25	1	8,000
<b>PUS</b>	1,20	1	8,000
<b>PDM</b>	10,55	1	9,500
<b>PDC</b>	0,44	1	16,000

**La composition de la BHA de section Drop-off (1825 m à 1903 m) :**

<b>Equipement</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>OD (in)</b>
<b>HW</b>	110,51	12	5,000
<b>XO</b>	0,31	1	8,000
<b>DC</b>	18,57	2	8,000
<b>JRH</b>	10,20	1	8,000
<b>DC</b>	83,01	9	8,000
<b>MWD</b>	19,50	1	8,000
<b>XO</b>	0,25	1	8,000
<b>PUS</b>	1,20	1	8,000
<b>XO</b>	0,90	1	3,125
<b>STS</b>	2,36	1	15,875
<b>PDM</b>	10,55	1	9,500
<b>PDC</b>	0,34	1	16,000



**La composition de la BHA de section verticale (1903 m à 2393 m) :**

<b>Equipement</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>OD (in)</b>
<b>HW</b>	110,30	12	5,000
<b>XO</b>	0,31	1	8,000
<b>DC</b>	18,57	2	8,000
<b>JRH</b>	10,20	1	8,000
<b>DC</b>	83,00	9	8,000
<b>XO</b>	0,90	1	9,500
<b>DC</b>	18,87	2	9,500
<b>IBS</b>	2,30	1	9,500
<b>DC</b>	9,14	1	9,500
<b>IBS</b>	2,37	1	9,500
<b>PC</b>	2,84	1	9,500
<b>NBS</b>	2,21	1	9,500
<b>PDC</b>	0,34	1	16,000

# ***CHAPITRE I***

## *Géologie De La Zone De Hassi Messaoud*

## ***CHAPITRE II***

### *Identification Et Traitement Des Coincements*

# **CHAPITRE IV**

*Etude De Cas Puits OMG 512*

# **CHAPITRE V**

## *Etude Expérimentale*

## ***CHAPITRE III***

### *Propriétés Physiques Et Chimiques Des Argiles*

# PARTIE PRATIQUE

PLAN DE RECHERCHE

## **CHAPITRE IV**

*Etude De Cas Puits OMG 512*

## **CHAPITRE V**

*Etude Expérimentale*