

Université Kasdi Merbah Ouargla



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

Département de forage et mécanique de chantier pétrolier

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option: Forage

Présenté Par :

ARIF Amer, MESSAOUDI Ali

-THÈME-

Etude des pertes de circulation dans un appareil de forage

Soutenue le : 28 /05 / 2014 devant la commission d'examen

Jury:

Président:	ZIARI Sabre	MAA	Univ. Ouargla
Rapporteur:	CHATTI Djamel Eddine	MAA	Univ. Ouargla
Examineurs:	BOUCHMAA Kamel	MAA	Univ. Ouargla

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans l'appui d'un certain nombre de personne que nous aimerions remercier ici après avoir remercié le grand dieu pour son aide.

Nous remercions beaucoup notre encadreur

 *CHATTI DJAMEL EDDINE* 

pour avoir bien voulu encadré ce travail et pour tous ses conseils.

Nous tenons à remercier aussi tous nos enseignants ainsi que le groupe administratif de notre département ; et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

AMER+ALI



DEDICACE

*J'ai le grand honneur de dédier ce
modeste travail*

A ceux qui ont fait de moi un homme

*"MA MERE" et "MON PERE" qui m'ont aidés et
encouragés beaucoup durant toutes mes études.*

A Ma chère grand-mère

A mes chère frères et sœurs

A toute ma famille

A tous mes amis et mes proches

*A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant
les moments difficiles*

ALI





DEDICACE

*J'ai le grand honneur de dédier ce
modeste travail*

A ceux qui ont fait de moi un homme

*"MA MERE" et "MON PERE" qui m'ont aidés et
encouragés beaucoup durant toutes mes études.*

A Ma chère grand-mère

A mes chère frères et sœurs

A toute ma famille

A tous mes amis et mes proches

*A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant
les moments difficiles*

AMIER



ملخص:

تحدث عدة مشاكل تعيق من استمرار عملية الحفر, ومن بينها ضياع (تسرب) سائل الحفر, فلذلك يتوجب الأخذ بالاحتياطات اللازمة لتفادي أي تأخر قد ينجر عن هذا المشكل.

وفي دراستنا على مستوى ورشة الحفر في OMJ763, وبالتحديد عند الحفر على الطور $8^{3/8}$ صادف حدوث ضياع سائل الحفر, ولكن سرعان ما تمت تغطيته ومعالجته وذلك وفقا للمراحل التالية:

- تحديد نوع الضياع الحادث.

- دراسة أسباب حدوثه والنتائج المترتبة عنه.

- اختيار الحل اللازم وذلك بإضافة غطاء إسمنتي.

الكلمات الدالة: ضياع (تسرب), معالجة, غطاء إسمنتي, عصر.

Résumé :

Au cours du forage, beaucoup de difficultés peuvent survenir et entraver la poursuite des opérations, les pertes de circulation du fluide de forage constituent un sérieux problème qu'il faut traiter rapidement pour éviter les retards et les conséquences qui en découlent

A la phase $8^{3/8}$, au niveau de chantier de forage OMJ763, s'est produite une perte de circulation de la boue de forage, la maîtrise et la rapidité du traitement ont donné des résultats positifs.

Le traitement s'est déroulé selon les étapes suivantes:

- détermination des types de pertes.
- détermination des causes et évaluations des conséquences du problème.
- choix de la solution appropriée à mettre en œuvre.

Les mots clés : pertes, traitement, bouchon de ciment, squeeze.

Sommaire

Remerciements.	I
Dédicace.	II
Résumé.	III
Liste des figures et des tableaux.	VI
Liste des abréviations	XI
Introduction Générale	01
Chapitre I : Présentation du champ de Hassi-Messaoud	
1. situation du champ de Hassi-Messaoud	02
1-1.Situation Géographique	02
2. Localisation du puits OMJ763	02
2-1. Les coordonnées géographiques	02
2-2. Description du puits (OMJ763) et l'objectif	03
Chapitre II : Généralités et traitement des pertes de circulation	
1. Généralités sur les pertes	05
1-1.Définition des Pertes de circulation	05
1-2.Classification des zones à perte	07
1-3.Principaux types de pertes	08
1-4. Les indices de perte de circulation.....	10
1-5. Conséquences de la perte de circulation	10
1-6. les principales causes des pertes.....	11
1-7. Précautions à prendre lors du forage des zones à perte	13
2. Traitement des pertes en cours de forage	15
2-1.Agents de colmatage dans la boue de forage	15
2-2.Système de mélange en surface.....	19
2-3.Système de mélange au fond.....	19

Chapitre 3 : Etude de cas

1. Etude du problème de perte de circulation :cas de puits OMJ763	21
1-1. Perte partielle dans la phase 8 ^{3/8}	21
2. Données de départ	21
3 .Squeeze de ciment	28
3-1. déroulement de l'opération	28
Conclusion et recommandations	31
Bibliographie	32

Liste des figures

Figure 1-1: localisation du puits OMJ763	Page03
Figure 1-2: profils du puits OMJ763	Page04
Figure 2-1: Filtrat en fonction de la perte de circulation...	Page05
Figure 2-2: Formations susceptible à problème de perte de circulation	Page 06
Figure 2-3: Formation caverneuse	Page08
Figure 2-4: les causes de perte de circulation	Page 14
Figure 2.5 : comparaison de la capacité de colmatage avec des fractures	Page 16
Figure.3.1:Architecture de puits	Page 22
Figure 3-2: Etat d'équilibre	Page 25
Figure 3-3: circulation inverse	Page 27
Figure 3.4: fermeture sur tige pour appliquer l'opération de squeeze	Page 29

Liste des tableaux

Tableau 2-1: agents colmatant typiques	Page18
Tableau 3-1: caractéristiques de BHA	page21
Tableau 3-2: Garniture pour pose de bouchon de ciment	page23

Liste des abréviations

TAG : Trias Argilo-Gréseux.

RPM: Rotation par minute.

OD: Outside diameter.

ID: Interior diameter.

BHA: Bottom hole assembly.

WOB: Weight on bit.

PDC: polycrystalline diamond cutter.

DC: Drill collar.

DP: Drill pipe.

LMC: Lost matériel circulation.

CSG: Casing.

D.O.B: diesel-oil bentonite.

ROP: Rate Of Penetration.

PDC : Poly cristalline Diamond Compact.

HWDP: Heavy weight drill pipe .

H_T: Hauteur total.

PR: Pression.

D_{LC}: densité de laitier de ciment.

C_p: cinti poise (unité de viscosité).

Introduction Générale

Pendant la réalisation d'un puit de forage, des difficultés de tout ordre peuvent surgir et retarder l'avancement du forage.

Les pertes de circulation sont un problème qui se manifeste souvent dans l'une des phases de l'architecture du puits.

Dans le champ de Hassi Messaoud et au niveau de puits OMJ763, le forage de phase 8^{3/8} est assez problématique à cause des pertes de circulation. Ces dernières se sont manifestées au niveau du trias argileux gréseux. Elles retardent considérablement l'avancement du forage et nécessitent des remèdes assez coûteux.

L'étude des pertes de circulation dans un appareil de forage dans la phase 8^{3/8} du puits OMJ 763, situé dans le champ de Hassi Messaoud est l'objet de notre mémoire .

Après une partie portant sur les généralités des différents des pertes de circulation et leur traitement, on a exposé avec analyse le cas du puits OMJ 763, suivi du déroulement des opérations de squeeze. Pour prévenir et éviter de tels pertes, on a proposé des recommandations en conclusion.

1- SITUATION DU CHAMP DE HASSI MESSAOUD :

1-1. Situation Géographique :

Le champ de HASSI MESSAOUD se situe à 650 km au Sud-est d'Alger, et à 350 km de la frontière Algero-Tunisienne, il est considéré comme étant le plus grand gisement de la province triasique dans le bassin de OUAD MYA. Il a été découvert en 1956 et mis en production en 1958. Environ 1 300 puits ont déjà été forés dans la région.

Sa localisation en coordonnées Lambert (sud Algérie) :

790 000 @ 840 000 Est

110 000 @ 150 000 Nord

Le champ de HASSI MESSAOUD est subdivisé en deux secteurs :

Secteur Nord : zone des OM et ON.

Secteur Sud: zone des MD.

2. Localisation du puits OMJ763 :

D'après l'implantation, le secteur d'étude donne les coordonnées LSA (Lambert sud Algérie de la plateforme) : [1]

X=808886 ,14 Y=148261,27

2-1. Les coordonnées géographiques :

Latitude : N 31°53'12,89145

Longitude : E 05°57'50,79585

Les coordonnées UTM zone 31°Nord du sahara:

X=780384,01 , Y=3531464,936

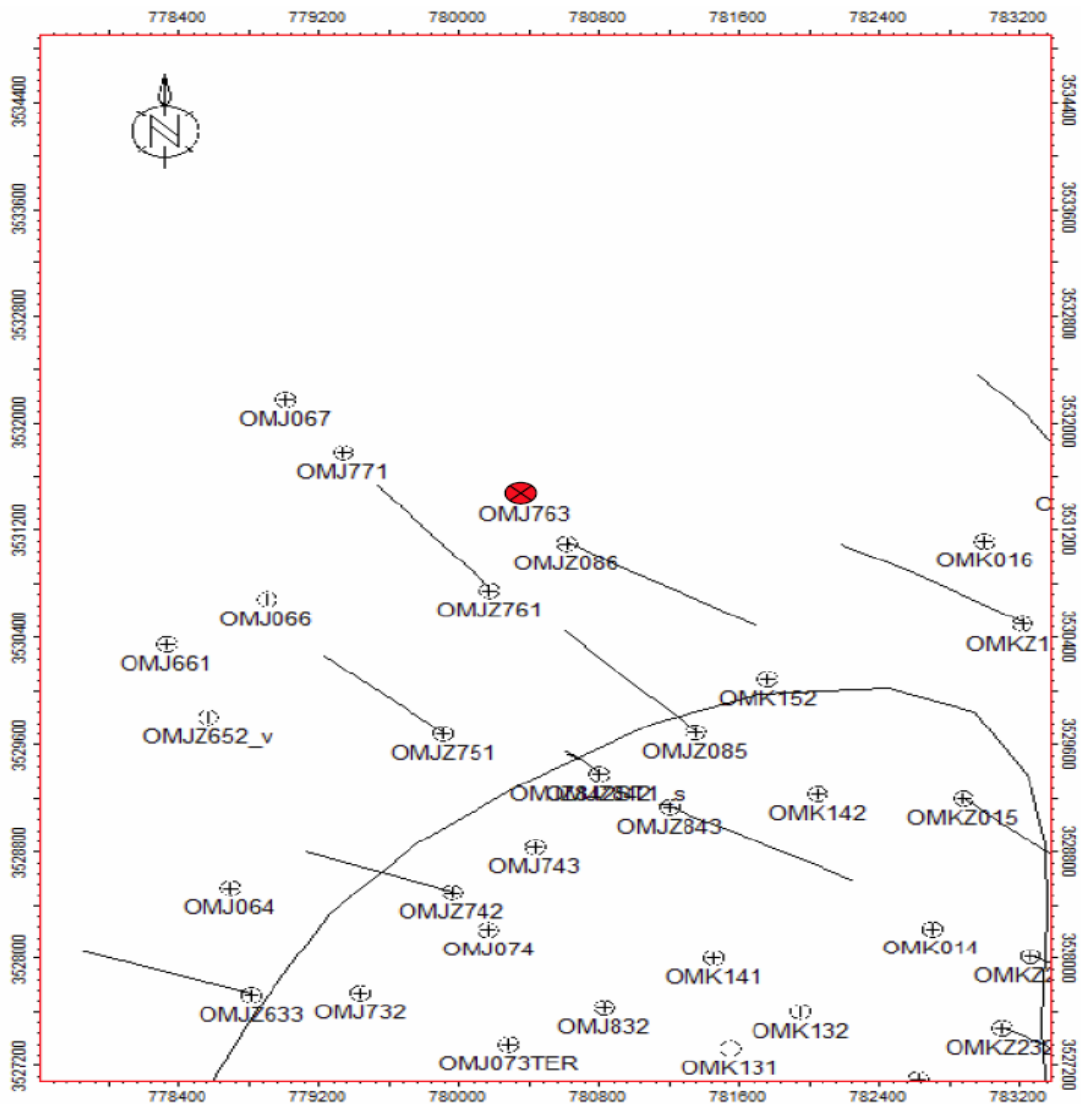


Figure 1-1: localisation du puits OMJ763

2-2.Description du puits (OMJ763) et l'objectif :

Le puits OMJ763 est un puits de développement vertical situé à HMD, il contient un réservoir combian (Ra et R2), sa profondeur final est 3464m.

Opérateur : SONATRACH.

Drilling company: l'ENTP (RIG127). [1]

2-2-1.Situation :

Le puits OMJ763 est situé au NORD de la zone 31 du gisement de Hassi Messaoud

2-2-2.Lithologie :

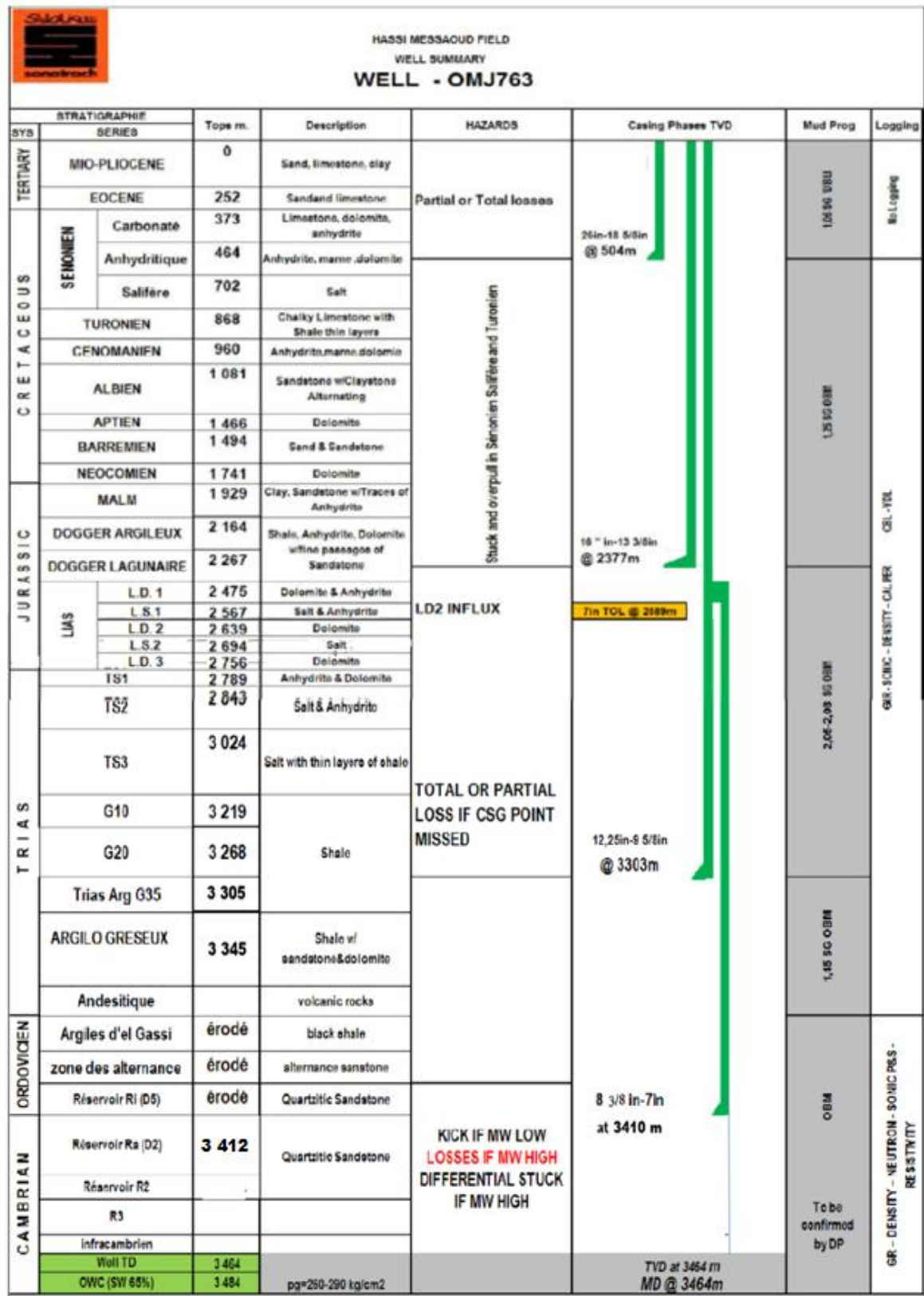


Figure 1-2: profils de puits OMJ763

1. Généralités sur les pertes

1-1. Définition des Pertes de circulation :

Les pertes de circulation sont la conséquence logique des déséquilibres de pression existants ou créés entre le milieu traversé et le fluide utilisé en forage.

Les pertes de circulation (ou perte de retour) sont définies comme la perte totale ou partielle du fluide de forage ou du laitier de ciment dans les formations de forte perméabilité, cavernueuses ou fissurées.

Les pertes de circulation ne devraient pas être confondues avec les pertes de filtrat. La figure (1) montre la relation entre le procédé du filtrat et la porosité primaire, bien que la perte de circulation puisse arriver dans les formations avec la porosité primaire et secondaire. [2]

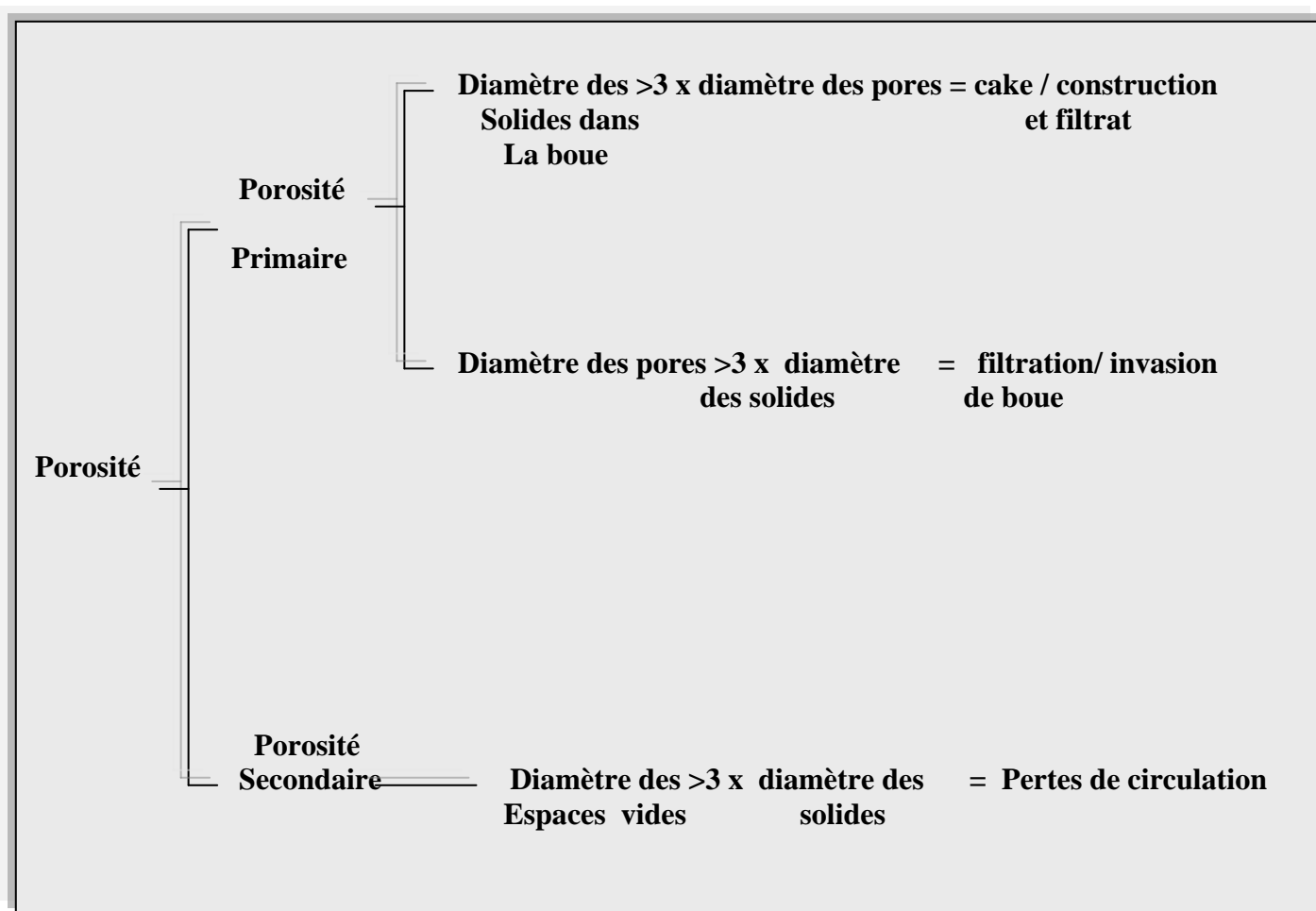


Figure 2-1 : Filtrat en fonction de la perte de circulation

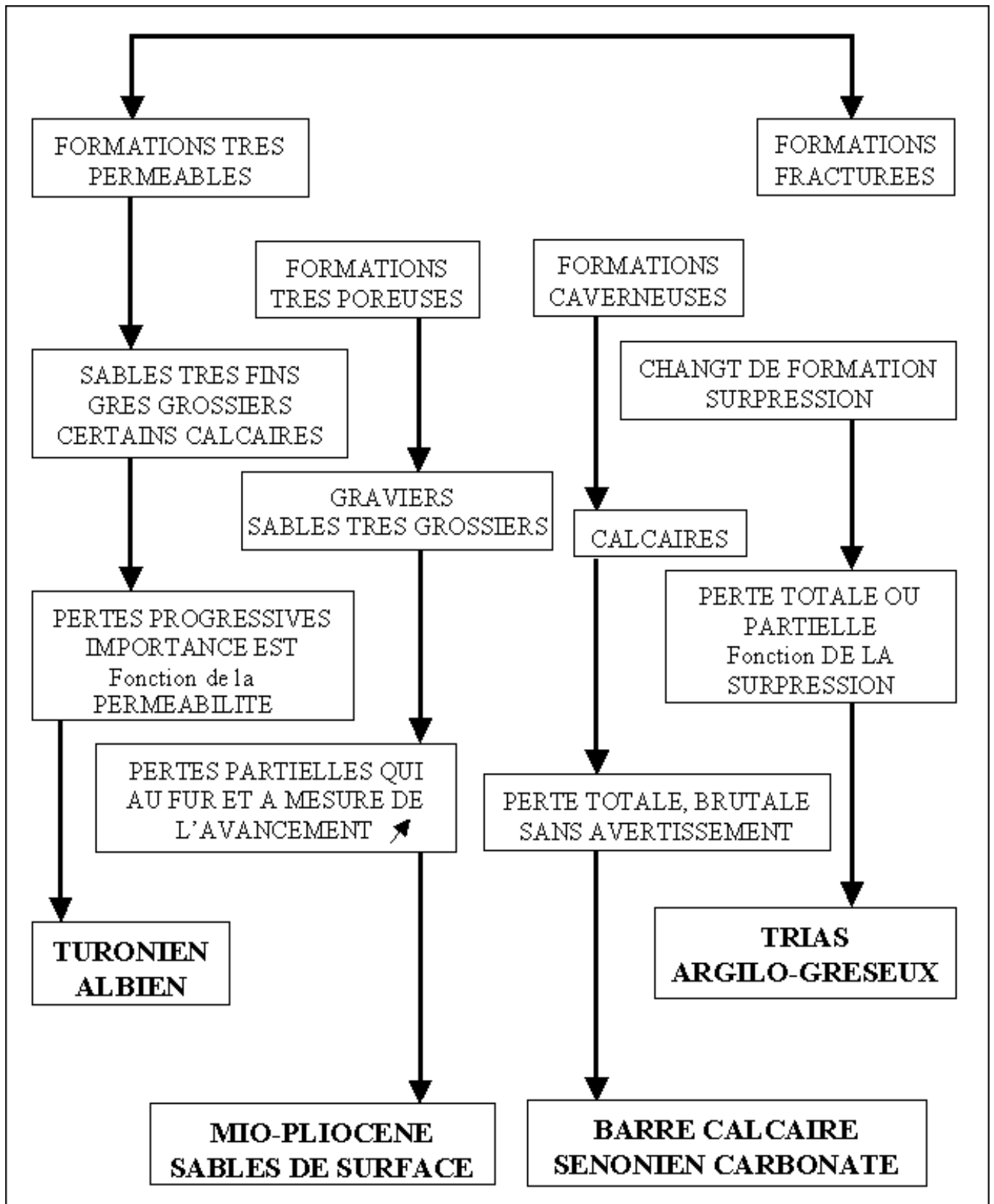


Figure 2-2 : Formations susceptibles à problème de perte de circulation

1-2. Classification des zones à perte:

Les zones de perte de circulation sont classées comme suit :

- les formations non consolidées ou très perméables,
- les formations fracturées naturellement,
- les formations fragiles
- les formations cavernueuses

a- les formations non consolidées ou perméables :

Bien qu'il soit impossible de déterminer exactement la formation capable d'arrêter la boue, il faut retenir que, pour qu'il y ait perte il est nécessaire que les ouvertures des pores soient plus grandes que les dimensions des particules de boue.(fig 2-2)

L'élément solide d'une boue n'entre pas dans les pores des couches ordinairement rencontrées telles que les argiles, les marnes ou les sables de perméabilité normale. Par contre certaines couches laissent pénétrer les phases liquides et solides de la boue en offrant des ouvertures suffisantes :

- les sables grossiers, contenant des particules de grandes dimensions, se rencontrent le plus souvent à de faibles profondeurs et constituent des terrains très perméables et peu compactés.
- les graviers contiennent un nombre insuffisant de petites particules (petits graviers ou sables) permettant d'empêcher les pertes.
- les réservoirs gréseux, les pertes dans ces zones sont des pertes par filtration. Ces dernières seront contrôlées de très près de façon à minimiser le rayon d'invasion de la formation par le fluide de forage. On réduira le plus possible le filtrat de la boue par un choix très strict des produits à utiliser dans la boue.
- les dolomies, ce sont très souvent des couches très peu consolidées s'effritant très facilement sous l'action de l'outil et sujettes à des pertes de boue. [2]

b- Les formations fracturées naturellement :

Certaines couches rocheuses sont souvent fissurées par suite des pressions de compaction dues à l'enfouissement (pression géostatique).(fig2-2)

c- Les formations fragiles :

Elles sont sensibles aux fractures provoquées. Ce sont préférentiellement des terrains de faible structure comme les argiles.

d- Les formations cavernueuses :

Elles se présentent surtout en terrains calcaires par suite du phénomène de dissolution. Dans ces zones cavernueuses, les chemins de passage du fluide sont généralement de très grande surface et constituent soit des cavités, soit des crevasses, soit des canaux. (fig 2-2)

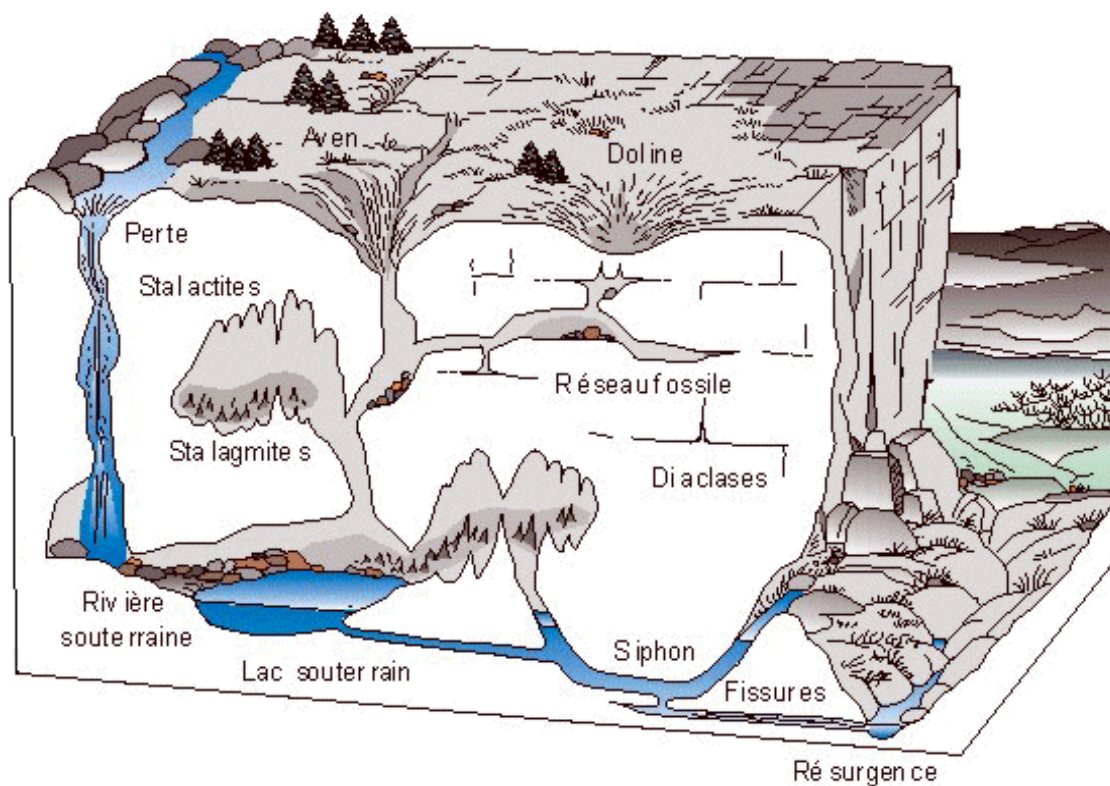


Figure 2-3: Formation cavernueuse

1-3.Principaux types de pertes :

1-3-1. Pertes partielles :

Une perte est dite partielle, si la circulation se maintient même à une très faible valeur, le trou restant rempli, il y a donc retour de boue.

Quand il y a perte partielle importante : $Q_{\text{perte}} > 5 \text{ m}^3/\text{h}$, et quand il y a perte partielle moins important : $Q_{\text{perte}} < 5 \text{ m}^3/\text{h}$.

1-3- 2. Perte totale :

Une perte est dite totale, si la circulation ne se maintient plus, le puits se vide alors jusqu'à une cote telle que la pression hydrostatique exercée par la colonne restante dans le puits équilibre la pression propre du découvert.

a- Perte naturelle :

Elle produit soit dans les vides de la roche (pore, fissures, fractures), lorsque

$$P_{\text{boue}} > P_{\text{couche}} .$$

Les pertes de circulation (naturelles) sont observées dans :

- les formations très mal consolidées (sable, gravier, etc.).
- les formations à perméabilité excessive: présence des vacuoles dues à la dissolution du lessivage d'une perte de la roche.
- les formations cavernueuses, fissurées à forte perméabilité (sable, grès).
- les formations naturellement fissurées ou cavernueuse dans leur roche.
- Les formations micro perméables récentes et non cimentées telles que l'élite de graviers de sables très grossiers.

b- Pertes par craquage:

Elles se produisent dans les vides créés (fissures ou fractures) lorsque la pression exercée par la boue est supérieure à la pression de fracturation de la roche :

- Soit à peu près systématiquement dans n'importe quel type de formation chaque fois que la formation contient des grès, sables, sables argileux ou argiles sableuses.
- Soit au niveau du plan de moindre corrosion tel que : surface de contact plan de schistosité.

1-4 . Les indices de perte de circulation :

✓ **Perte partielle :**

Dans le cas de perte de circulation partielle, on peut avoir les indices suivants:

- diminution du niveau de la boue dans les bacs.
- Si la pompe de forage est l'arrêt (cas de manœuvre) le niveau hydrostatique de la boue de forage dans le puits diminue partiellement.

✓ **Perte totale :**

Dans le cas de perte de circulation totale, on peut avoir les indices suivants :

- Si la pompe de forage est en marche (en cours de forage) on observe un retour de boue nul.
- Si la pompe de forage est à l'arrêt (cas de manœuvres) le niveau hydrostatique de la boue de forage dans le puits diminue brusquement. [2]

1- 5. Conséquences de la perte de circulation :

Les pertes de boue sont très coûteuses, les quantités de boues perdues peuvent être considérables malgré tous les remèdes utilisés. Le colmatage étant des fois impossible. Le temps des essais de colmatage est un temps mort pour le forage. Ces pertes peuvent varier à partir de la baisse du niveau du bac de circulation jusqu'à la perte complète du retour.

Les conséquences majeures de la perte de circulation sont :

- Possibilité de venue à cause de la baisse du niveau dans le puits.
- Possibilité de coincement de la garniture à cause de la mauvaise remontée des déblais.
- Coût très élevé à cause de la perte de boue, temps de mobilisation de l'appareil et l'opération de la cimentation complémentaire.
- Perte de zone de production résultant de l'endommagement excessif de la formation,

- Perte du puits. Pour résoudre le problème de la perte de circulation avec des techniques correctes, il est nécessaire de connaître le type de la zone à perte et l'historique du forage du puits juste avant la perte. [2]

1-6. les principales causes des pertes:

1-6-1. Causes liées aux caractéristiques de la boue :

a- Pression au sein de la boue trop élevée:

Comme les venues, les pertes de circulation sont la conséquence logique et directe d'un déséquilibre de pression existant ou créé, momentané ou permanent, entre le milieu traversé et les fluides utilisés en forage. Elles peuvent avoir une densité trop élevée ou une pression de refoulement (débit, caractéristiques rhéologiques) trop élevée.

Donc la raison principale des pertes de circulation est que la pression dans le puits dépasse la pression de couche.

b- Causes liées aux caractéristiques rhéologiques :

Une viscosité plastique et un yield-value trop fort entraînent à grande profondeur des pertes de charge élevées dans l'annulaire, facteur susceptible de provoquer une perte.

c- Causes liées à la thixotropie:

Une reprise de circulation ou une manœuvre trop rapide avec une boue à gel élevée provoque une surpression importante au fond. il faut noter qu'à faible profondeur et dans le cas des pertes par infiltration dans les terrains de perméabilité moyenne, le maintien d'une thixotrope élevée permet souvent l'arrêt des pertes. En effet, il y a colmatage des terrains en profondeur par la gelée d'une part et d'autre part, les pertes de charge dans l'annulaire sont négligeables pendant les premiers centaines de mètres forés en gros diamètre.

1-6-2. Causes liées aux caractéristiques de la formation:

a-Formation perméable:

Les pertes ne peuvent être que partielles dans les milieux dont la forte perméabilité est due à des vacuoles ou des fissures de faible épaisseur.

Elles peuvent devenir totales si des à coups dont la pression au fond du puits par la boue provoque l'élargissement des fissures.

b-Formation naturellement fissurée:

Une perte de boue est déclenché au droite de ces formation (calcaire) des que la pression de la colonne de la boue dépasse la pression de couche. Cette perte sera proportionnelle à la vitesse d'avancement dans la zone fracturée.

c-Formation fracturée par la boue:

Formation stratifiée (schiste), ces fractures sont provoquées par des surpressions provenant soit de la densité de la boue, soit d'une augmentation des pertes de charges dans l'espace annulaire.

d- Formation caverneuse :

Elle se produit le plus souvent dans les calcaires présentant des cavernes suite au phénomène de dissolution et érosion. Ces pertes sont difficilement colmatables.

1-6-3. Causes diverses:**a-Surpression et dépression dues aux manœuvres trop rapides:**

les articles qui regroupent des procédés de calcul et des expérimentations directes sur puits, mettent l'accent sur l'importance que peuvent atteindre ces surpressions et dépressions (5 à 50 Kg/cm²).

b- Reprises brutales de pompage:

Mise en marche brutale des pompes.

C - Reforage systématique avant ajout de tige:

Cette pratique a pour effet immédiat de supprimer les pertes de charges normales liées au débit et les surpressions dues à la manœuvre rapide.

Pour conclure, nous disons que les pertes sont les conséquences de surpressions brutales (50% des cas) qui peuvent être évitées ou pour le moins minimisées.

La prise de conscience des valeurs possibles de ces surpressions et des méthodes qu'il convient de mettre en ouvre pour les réduire, constitue la meilleure approche d'une politique de prévention. [2]

1-7. Précautions à prendre lors du forage des zones à perte :

- S'assurer que l'eau est disponible en quantité suffisante.
- Contrôler le forage (si possible) à raison d'un joint par heure.
- Se dégager du fond tous les 3 mètres de forage pour s'assurer d'un éventuel éboulement.
- Garder continuellement la tige en mouvement de translation (ramonage), pour faire remonter au maximum les cuttings.
- Garder une réserve de boue visqueuse prête à être pompée.
- Arrêter le forage et envisager de remonter en surface si des réparations s'avèrent de longue durée (exemple top drive, pompe de forage).
- Démarrer lentement les pompes et réduire au minimum la vitesse de descente de la garniture pour éviter le craquage de la formation. [2]

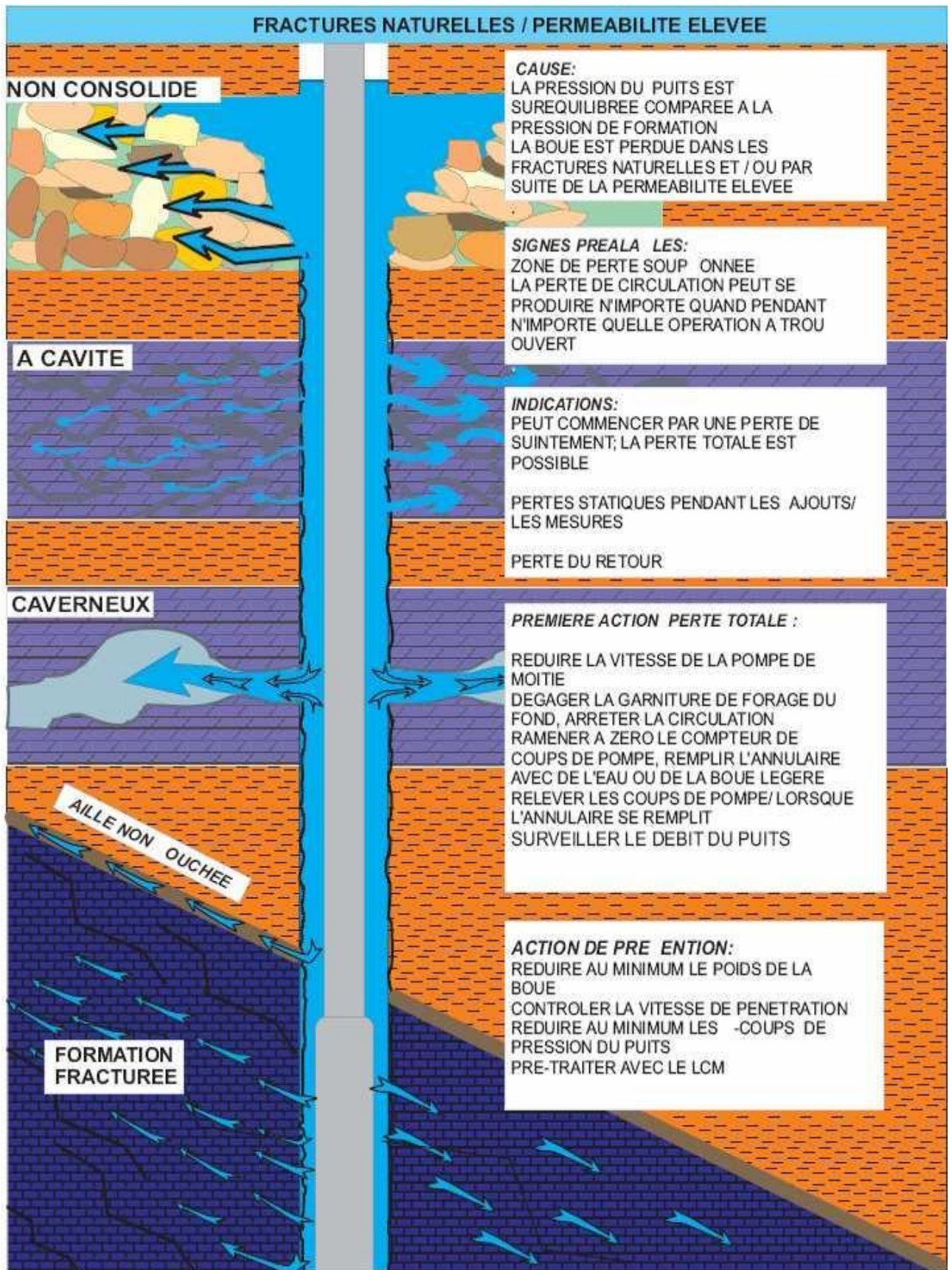


Figure 2-4: les causes de perte de circulation

2. Traitement des pertes en cours de forage :

Le premier remède consiste à pomper des produits colmatant afin de boucher les pores ou les fissures des formations à perte.

Il existe une grande variété de colmatants dont on peut citer :

- Agents de colmatage dans la boue de forage
- Système de mixage en surface
- Système de mixage de fond

Selon l'importance du degré de la perte de circulation, on adopte une technique optimale appropriée à chaque cas. [2]

2-1. Agents de colmatage dans la boue de forage:

Ces produits appelés également **LMC** (lost circulation matériel) sont ajoutés directement dans la boue.

Les L C M existent sous 4 formes :

- ✓ Granulaires
- ✓ Lamellaires
- ✓ Fibreux
- ✓ Gonflants

Ils sont plus ou moins efficaces en fonction de la dimension des fractures. Ils forment deux types de colmatage :

- Face à la formation aux abords du puits
- A l'intérieur de la formation

Le deuxième type de colmatage est recherché car il est permanent et difficile à détruire par le mouvement de la garniture.

Les colmatants granulaires sont préférables car ils pénètrent aisément dans la formation.

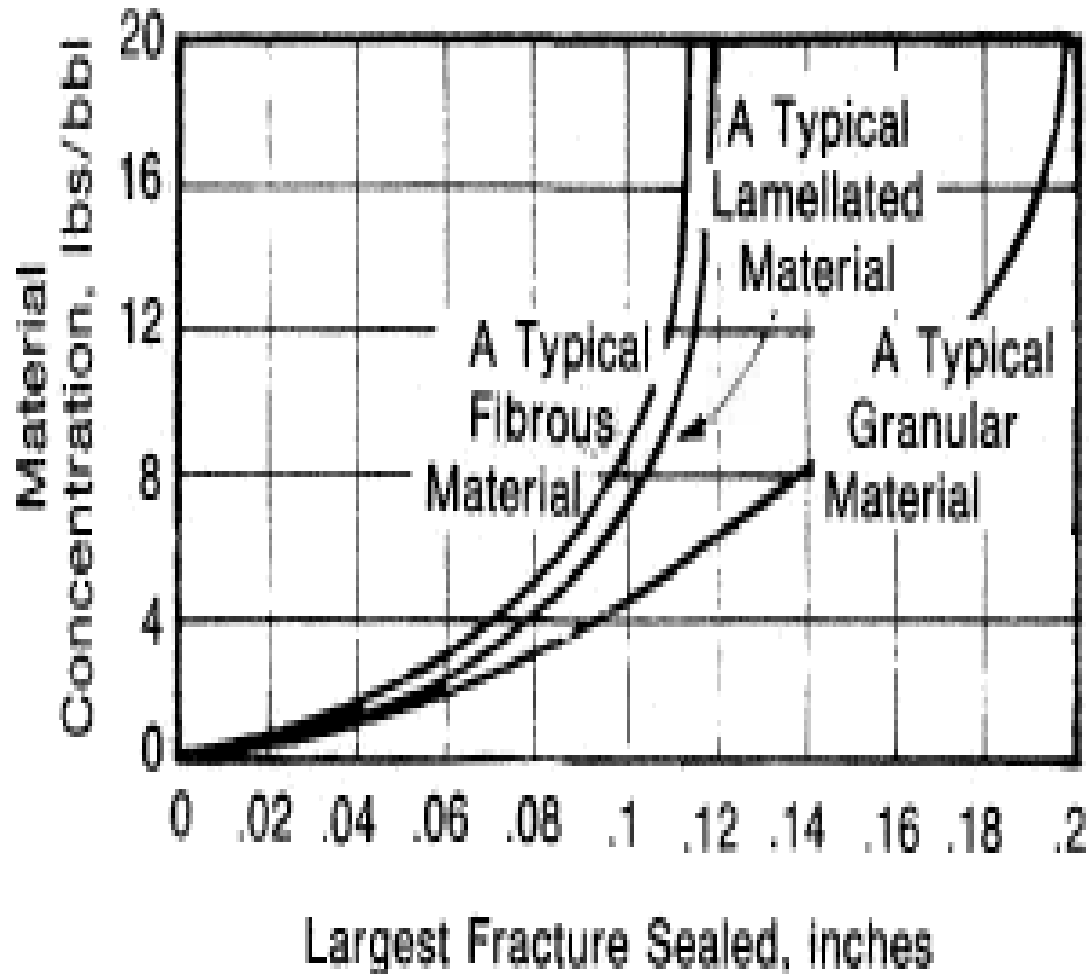


Figure 2.5 : comparaison de la capacité de colmatage avec les fractures

L'efficacité des colmatants granulaires dépend principalement de la distribution de la taille propre des particules.

Grandes particules → colmatage à l'intérieur des vides
 Petites particules → colmatage du vide entre les grandes particules.

Ce procédé continue jusqu'à ce que l'espace des vides devienne plus petit que la dimension des particules solides dans la boue, le problème devient finalement une filtration.

Un mélange des grandes, moyennes et petites particules ou un mélange des grandes et petites particules sont souvent utilisées. Tels systèmes sont usuellement plus rentables avec un taux élevé de solide comme laitier de ciment.

La taille moyenne des particules du colmatant utilisé devrait, être égale ou supérieure au 1/3 de la taille moyenne des pores. De plus la concentration minimale des solides du colmatant doit être égale à 5% par volume de solide dans la boue après mixage.

Les colmatants fibreux sont mieux utilisés pour contrôler les pertes dans des formations poreuses avec haute perméabilité car ils sont capables de former une trame sur l'ouverture du pore. Cette dernière réduit la taille des ouvertures de la formation et permet aux particules colloïdales dans la boue de se déposer en formant un cake. Les colmatants floconneux ont le même procédé que les colmatants fibreux, ce qui donne un meilleur résultat quand le traitement de perle est effectué dans une formation poreuse et perméable. L'utilisation du mélange de colmatants granulaires, floconneux et fibreux est efficace pour résoudre le problème de perte de circulation dans les différents types de zones à perte. [5]

Agent colmatant	type	Taille	Concentration (lb/bbl)	Largeur des fractures à colmater					
				0	0.04	0.08	.12	.16	0.2
Coquille de noix	Granulaire	50%---3/16+10 mesh	20	████████████████████					
		50%---10+100 mesh		████████████████████					
Plastique	Granulaire	50%---10+100 mesh	20	████████████████████					
Calcaire	Granulaire	50%---10+100 mesh	40	████████████████████					
Soufre	Granulaire	50%---10+100 mesh	120	████████████████████					
Coquille de noix	Granulaire	50%---10+16 mesh	20	████████████████████					
		50%---30+100 mesh		████████████████████					
Perlite expansé	Granulaire	50%---3/16+10 mesh	60	████████████████████					
		50%---10+100 mesh		████████████████████					
Cellophane	Lamellaire	¾ in. Ecailles	8	████████████████████					
Sciure de bois	Fibreux	¼ in –particules	10	████████████████████					
Foin	Fibreux	½ in –fibres	10	████████████████████					
Ecorce	Fibreux	3/8 in – fibres	10	████████████████████					
Ecorce de grain de coton	Granulaire	Fines	10	████████████████████					
Foin	Fibreux	3/8 in – particules	12	████████████████████					
Cellophane	Lamellaire	½ in – écailles	8	████████████████████					
Fibres de bois	Fibreux	¼ in – fibres	8	████████████████████					
Sciure de bois	Fibreux	1/16 in-particules	20	████████████████████					

Tableau 2-1: agents colmatant typiques

2-2. Système de mélange en surface:

✓ Bouchon de ciment :

Le laitier de ciment pur est très efficace pour résoudre le problème de perte par filtration ou de faible débit de perte avec l'avantage de donner une contrainte de compression finale très élevée. Le laitier avec des filtrats limités peut être utilisé pour résoudre les pertes par filtration partielle ou totale. (ce laitier contient un mélange d'argiles terre à diatomée et des colmatants). La taille des produits colmatant est augmentée avec la sévérité de la perte.

Le laitier de ciment de faible densité est utilisé généralement pour résoudre tous les problèmes de perte de circulation. L'avantage qu'il a de plus est de réduire la pression hydrostatique. [2] [5]

2-3. Système de mélange au fond:

Les systèmes mélangés au fond contiennent deux fluides ou plus qui, en faisant contact dans le découvert en face des zones à pertes, forment un bouchon visqueux. Il est pratiquement nécessaire d'éviter le mixage des fluides jusqu'à ce qu'ils soient devant la zone à perte par pompage d'un spacer ou par pompage d'un fluide par la garniture pendant que l'autre fluide est simultanément pompé par l'annulaire.

Ces systèmes ne conviennent pas avec les pertes totales où le taux de déplacement actuel n'est pas connu, du fait de la difficulté de contrôler le mixage des fluides. Pour les pertes partielles, en utilisant un bouchon boue " diesel-oil bentonite " (M-DOB) à la place des LCMS.

Les bouchons M-DOB sont une combinaison d'huile et de bentonite. Ces mélanges sont appelés "gust plugs".

Quand ce mélange se met en contact avec l'eau ou avec une boue à base d'eau, une masse avec un gel élevé est formée. Des bouchons tendres, moyens ou durs peuvent être formés en contrôlant les propriétés des composants. Le laitier de D.O.B. est pompé à travers les tiges et la boue par l'annulaire. Les inconvénients des bouchons M-DOB sont :

- Dégradation avec le temps
- Difficiles à appliquer pour les grands intervalles de temps.

- Impossible d'atteindre le taux de pompage réel par l'annulaire donc le degré de mixage ne peut être contrôlé quand la perte est très sévère.

- Aucune contrainte de compression n'est développée.

Pour augmenter la contrainte du gel des bouchons M-DOB on mélange un polymère soluble dans l'eau avec la bentonite dans l'huile. Au contact de l'eau, le polymère s'hydrate et l'argile gonfle pour former un bouchon de dureté permanente comme du ciment. [5]

1. Etude du problème de perte de circulation : cas de puits OMJ763

1-1. Perte partielle dans la phase 8^{3/8} :

A la cote 3361m, on a remarqué une chute du niveau des bacs de circulation de 520 litres par heure avec retour de boue.

La solution à ce problème de perte est :

- l'injection d'un bouchon de ciment pour le colmatage de la perte.

2. Données de départ :

2-1.BHA :

BHA			
ELEMENT	Nombre	Longueur (m)	OD (in)
PDC Bit	1	0,35	8,375
Float Sub	1	0,70	6 ¾
Nb stabilizer	1	2,10	8^{5/16}
DC short	1	4	6 ½
Stabilizer	1	2,15	8^{5/16}
DC	23	195,5	6 ½
Jar	1	9,26	6^{1/2}
XO	1	1	5 /6^{1/2}
H.W.D.P	15	129	5
Total longueur (m)	344.06		

Tableau 3-1: caractéristiques de BHA

2-2:Architecture de puits:

- Profondeur totale de la phase 8 ^{3/8} : $H_T = 3405\text{m}$
- Diamètre de forage : 8 ^{3/8} in
- Cote sabot 9 ^{5/8} : $H_S = 3300\text{m}$
- Tubage 9 ^{5/8} avec ID casing = 216.8mm. [1]

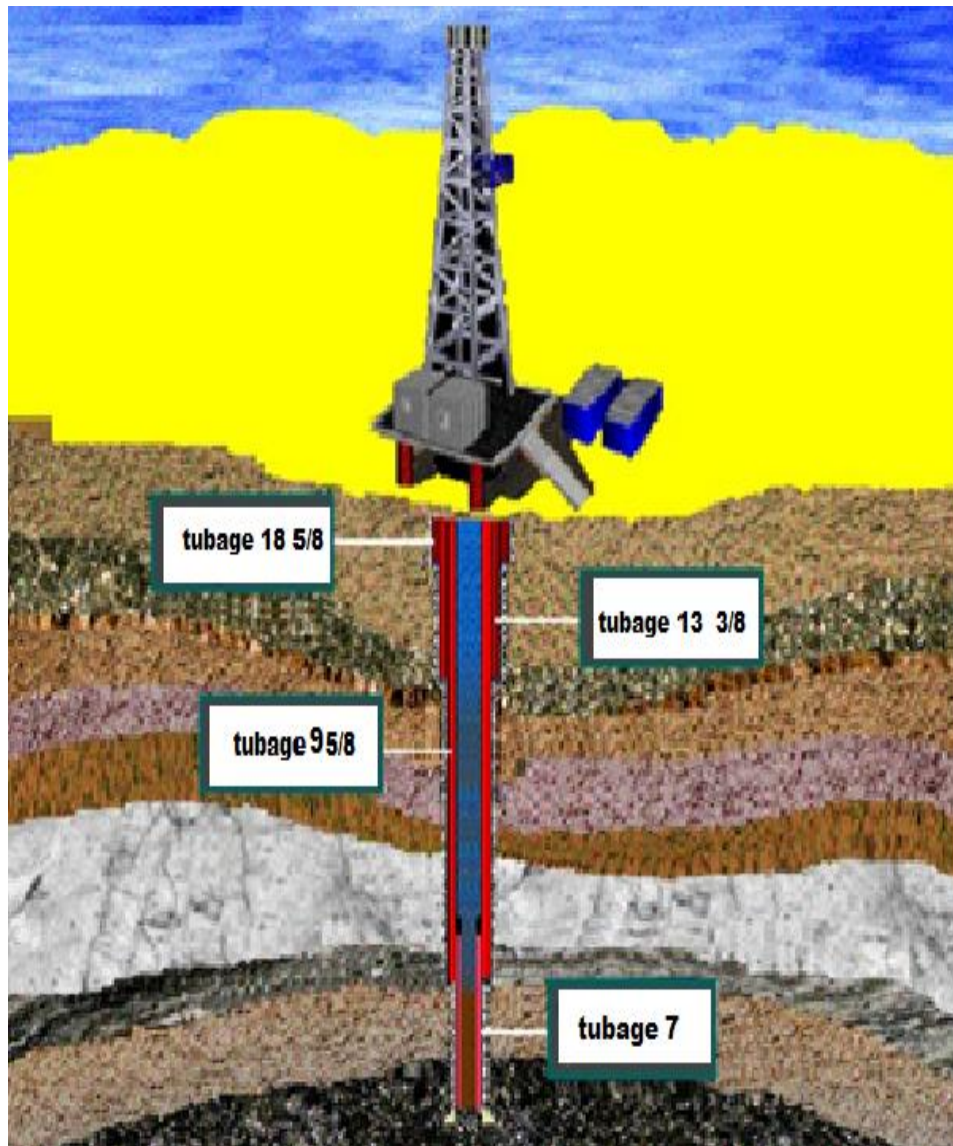


Figure.3.1:Architecture de puits

Tiges	Diamètre intérieure (m m)	Caractéristiques	Volume unit inter dp (l / m)	Longueur (m)
DP 5''	108.60	19.50 # G105 IEU IF	9.27	3360

Tableau 3-2: Garniture pour pose de bouchon de ciment

2-3. données sur la boue de forage :

- Densité $d = 1.4$
- Yield point = $12 \text{ lb} / 100 \text{ ft}^2$

2-4. Paramètre de forage :

- Débit de forage : $Q = 1700 \text{ l/min}$
- Rop = 3.8 m/h

2-5. caractéristique de bouchon laveur :

- Densité = 1.1
- Viscosité plastique = 5 cp
- Volume de spacer = 2 m^3

2-6 Caractéristiques du bouchon de ciment :

- Ciment classe G
- Densité : $d_{Lc} = 1.90$
- Viscosité plastique = 38 cp
- Temps de pompabilité = 6 heures . [1]

2-6-1. Calcul des caractéristiques du ciment et d'eau de gâchage :

$$d_{Lc} = \frac{\text{Masse de laitier total}}{\text{Volume de laitier}} \dots\dots(3,1)$$

Avec :

* Masse de laitier totale = Masse de ciment + Masse d'eau

* Volume de laitier = Volume de ciment + Volume d'eau

$$* \text{ Volume de ciment} = \frac{\text{Masse de ciment}}{\text{Densité de ciment}}$$

* Densité de ciment (poudre) = 3.15

* Volume de laitier = 5000 litres

* Densité de laitier de ciment $d_{LC} = 1.9$ [1]

donc :

* Masse de laitier = 9.5 tonnes

* D'après le formulaire du foreur on a : [4]

* Volume de laitier = 75.8 l pour 100 kg de ciment

* Volume d'eau de gâchage = 44.2 l pour 100kg de ciment

* Masse de ciment = $5000 \times 100 / 75.81 = 6.6$ tonnes

* Masse d'eau de gâchage = masse de laitier – masse de ciment
 $= 9.5 - 6.6 = 2.9$ tonne \Rightarrow volume d'eau = 2900 litres

2-7. Calcul du temps de pose du bouchon :

2-7-1. Temps d'injection du bouchon :

C'est le temps nécessaire pour injecter le volume de spacer avant et après le laitier plus le volume de laitier total à préparer. [4] [3]

$$T_{INJ} = \frac{\text{Volume spacer} + \text{Volume de laitier de ciment}}{Q_{INJ}} \dots\dots\dots(3,2).$$

Avec :

T_{INJ} : temps d'injection (min)

Q_{INJ} : débit d'injection = 500 (l/min)

Donc :

$$T_{INJ} = \frac{2000 + 5000}{500}$$

$T_{INJ} = 14 \text{ min}$

2-7-2. Temps de chasse :

C'est le temps nécessaire pour chasser le laitier de l'intérieure de la garniture jusqu'à l'équilibre (hauteur du laitier dans la découvert égale à la hauteur du laitier à l'intérieure de la garniture) (voir figure 3-1) [3]

$$T_{\text{chas}} = \frac{\text{Volume intérieur des tiges} - \text{Volume de laitier à l'intérieur tiges}}{Q_{\text{chasse}}} \dots(3,3)$$

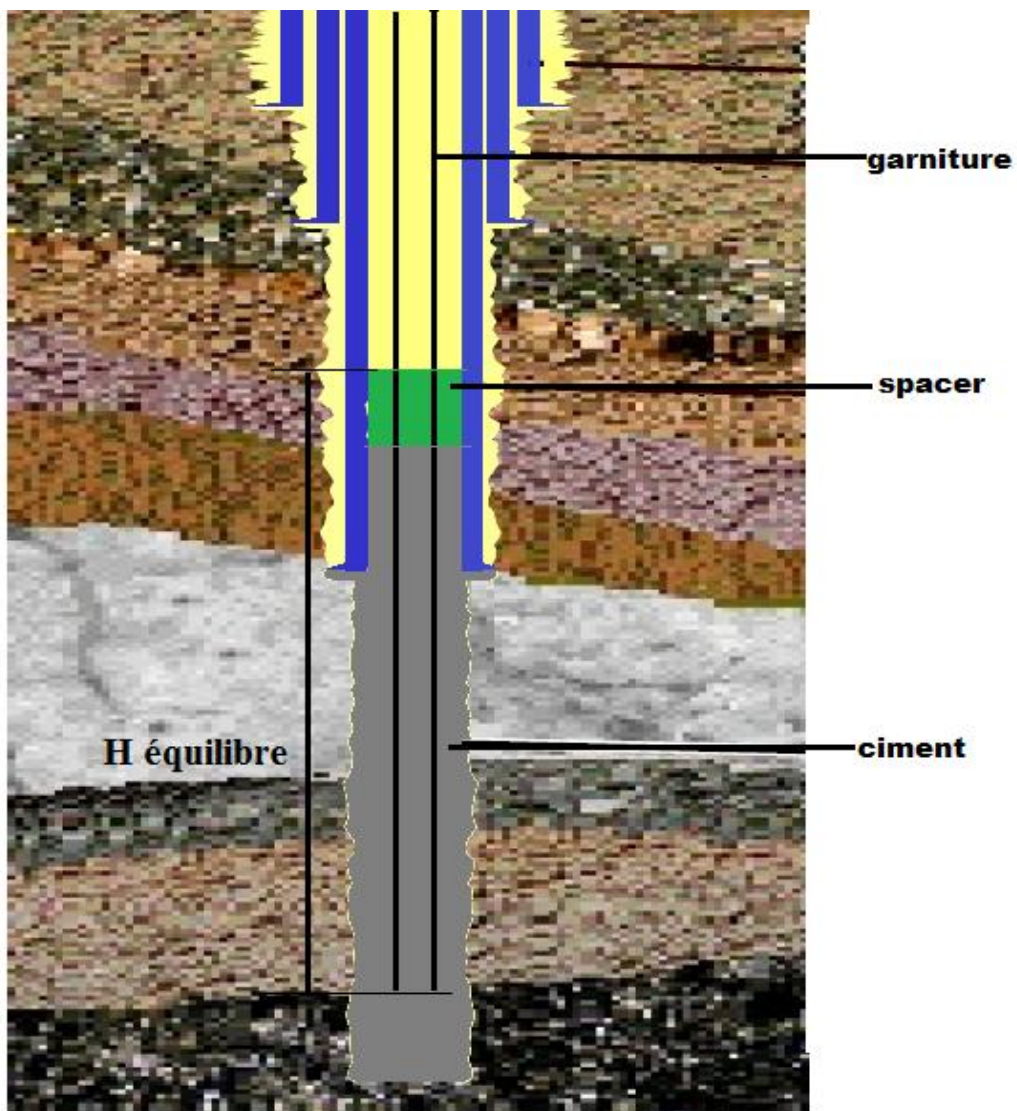


Figure 3.2: état d'équilibre

Avec :

$$T_{chas} : \text{ min}$$

$$Q_{chasse}=1000 \text{ l/min}$$

$$V_{\text{volume de laitier à l'intérieure des dp}} : \text{ litres}$$

*** Calcul de volume intérieur des tiges :**

$$\begin{aligned} \text{Volume intérieur des tiges} &= \sum V_{\text{UNITAIRE (5)}} \times \text{Longueur des tiges} \dots\dots(3,4) \\ &= 9.27 \times 3360 \\ &= 31147.2 \text{ litres} \end{aligned}$$

*** Calcul de volume de laitier à l'intérieure tige :**

On a: [3]

$$V_{\text{(Ciment+spacer)}} = V_{\text{de laitier à l'intérieure des dp}} + V_{\text{de laitier dans l' annulaire - dp}} \dots\dots(3,5)$$

Avec :

$$V_{\text{(Ciment+spacer)}} = \text{volume totale (ciment +spacer)} = 7000 \text{ litres} \dots\dots\dots(a)$$

$$V_{\text{laitier à l'intérieure des dp}} = H_{\text{équilibre}} \times V_{\text{unitaire à l'intérieure - dp}} \dots\dots\dots(b)$$

$$V_{\text{laitier dans l' annulaire - DP}} = H_0 \times V_{\text{unitaire annulaire dp-trou}} + (H_{\text{équilibre}} - H_0) \times V_{\text{unitaire annulaire dp - casing}} \dots\dots(c)$$

Avec :

$$H_0 = H_{\text{MDT}} - H_{\text{MDS}} = 3405 - 3345 = 60 \text{ m}$$

$$V_{\text{unitaire à l'intérieure DP 5''}} = 9.27 \text{ litres [4]}$$

$$V_{\text{unitaire annulaire dp 5''-trou}} = 22.3 \text{ l/m [4]}$$

$$V_{\text{unitaire annulaire dp 5''- casing}} = 23.6 \text{ l/m [4]}$$

On a : (a) =(b) +(c)

$$\begin{aligned} &H_{\text{équilibre}}(V_{\text{unitaire à l'intérieure DP}} + V_{\text{unitaire annulaire dp - casing}}) \\ &+ H_0 \times (V_{\text{unitaire annulaire dp-trou}} - V_{\text{unitaire annulaire dp - casing}}) = V_{\text{total (ciment +spacer)}} \\ &= 7000 \text{ litres} \end{aligned}$$

$$H_{\text{équilibre}} \times (9.27+23.6) + 60 \times (22.3 -23.6) = 7000\text{litres} \implies H_{\text{équilibre}} = 215.33 \text{ m}$$

$$V_{\text{volume de laitier à l'intérieure tiges}} = h_z \text{équilibre} \times V_{\text{unitaire à l'intérieure des dp}} \dots\dots(3,6)$$

$$V_{\text{laitier à l'intérieure des dp}} = H_{\text{equilibre}} \times V_{\text{unaitaire à l'interieure DP}} = 215.33 \times 9.27 = 1996.1 \text{ L}$$

$$\implies T_{chas} = (31147.2 - 1996.1) / 1000 = 29 \text{ min (voir l'equation 3-3).}$$

$$T_{chas} = 29 \text{ min}$$

2-7-3. Temps de manœuvre :

C'est le temps nécessaire pour remonter la garniture au-dessus du top ciment en fin de chasse pour une éventuelle circulation inverse. Il dépend du nombre des longueurs remontées.

En pratique ce temps est compris 2 minutes par longueur remontée.

$$T_{MAN} = \text{nombre des longueurs} \times 2$$

On a remonté 10 longueurs ==> $T_{MAN} = 8 \times 2 = 16 \text{ min}$

$$T_{MAN} = 16 \text{ min}$$

2-7-4. Temps de circulation inverse :

C'est le temps nécessaire pour déplacer le volume intérieur de la garniture fois 1.5 dans le but de nettoyer l'excès de ciment qui peut la boucher après prise de Ciment (figure 3-3). [4]

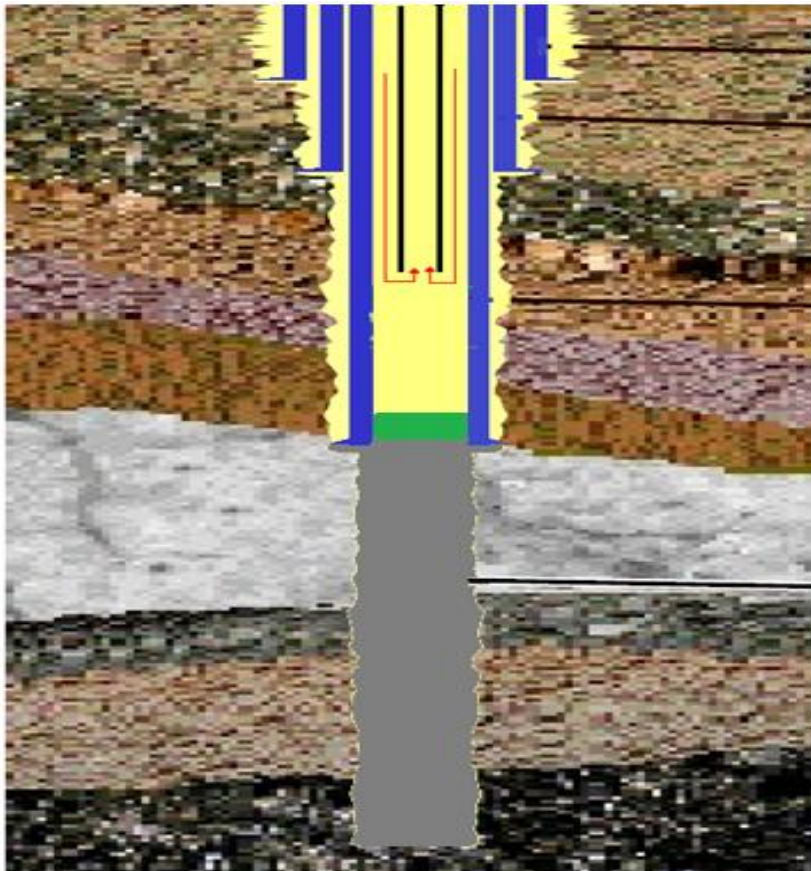


Figure 3.3 : circulation inverse

$$T_{\text{cir inv}} = \frac{\text{Volume intérieur de la garniture après remontée} \times 1.5}{Q_{\text{circulation inverse}}} \dots (3,7)$$

Avec :

*Longueur de 8 longueurs remontées = 220 m

* $T_{\text{CIR INV}}$: Temps de circulation inverse (min)

* $Q_{\text{circulation inverse}}$: 300 l/min

* $V_{\text{volume intérieur de la garniture après remontée}} = (9.27 \times 3140) = 29107.8 \text{ L}$

Donc :

$$T_{\text{CIR INV}} = 29107.8 \times 1.5 / 300 = 145.5 \text{ min}$$

$$T_{\text{CIR INV}} = 145.5 \text{ min}$$

2-7-5. Temps de sécurité :

C'est une réserve de temps pour des éventuels arrêts suites à des incidents (panne mécanique, fuite, etc..) qui peuvent arriver durant l'opération de pose de bouchon. Cette réserve de temps est nécessaire pour ne pas atteindre le temps de pompabilité (le temps où le ciment devient impompable) avant la fin de l'opération pour éviter la prise de ciment en cours d'opération. Dans notre cas [4]

$$T_{\text{sécurité}} = 1.5 \text{ heures}$$

3 .Squeeze de ciment :

- compte tenu du bilan des pertes pendant la chasse et la remontée des 8 longueurs de tiges, s'il reste un volume de laitier inférieur à 1m^3 on remonte la garniture d'extension sans squeeze.
- s'il reste un volume de laitier supérieur à 1m^3 , on fait un squeeze avec hésitation avec l'unité de cimentation tout en limitant la pression de squeeze inférieur à la pression du test d'injection ou Pression de squeeze < pression admissible.

Après la pose de bouchon et la remontée des 8 longueurs, on a remarqué une diminution de niveau de circulation de 2.8m^3 qui indique que 2.8m^3 de ciment est entré dans la formation, et 2.2m^3 est resté dans le puits.

En ce moment l'opération de squeeze commence. [3]

3-1. déroulement de l'opération :

L'opération de squeeze consiste à appliquer une pression sur la formation en fermant sur les tiges pour faire pénétrer le laitier dans la formation couvrant ainsi les zones à pertes.

- $Q=850$ l/min. $PR=700$ Psi.
- Pression de squeeze 700Psi.
- Pression de stabilisation: 650 psi pendant 15min.
- Volume pompé:3000 l.
- Volume retour:2000 l.

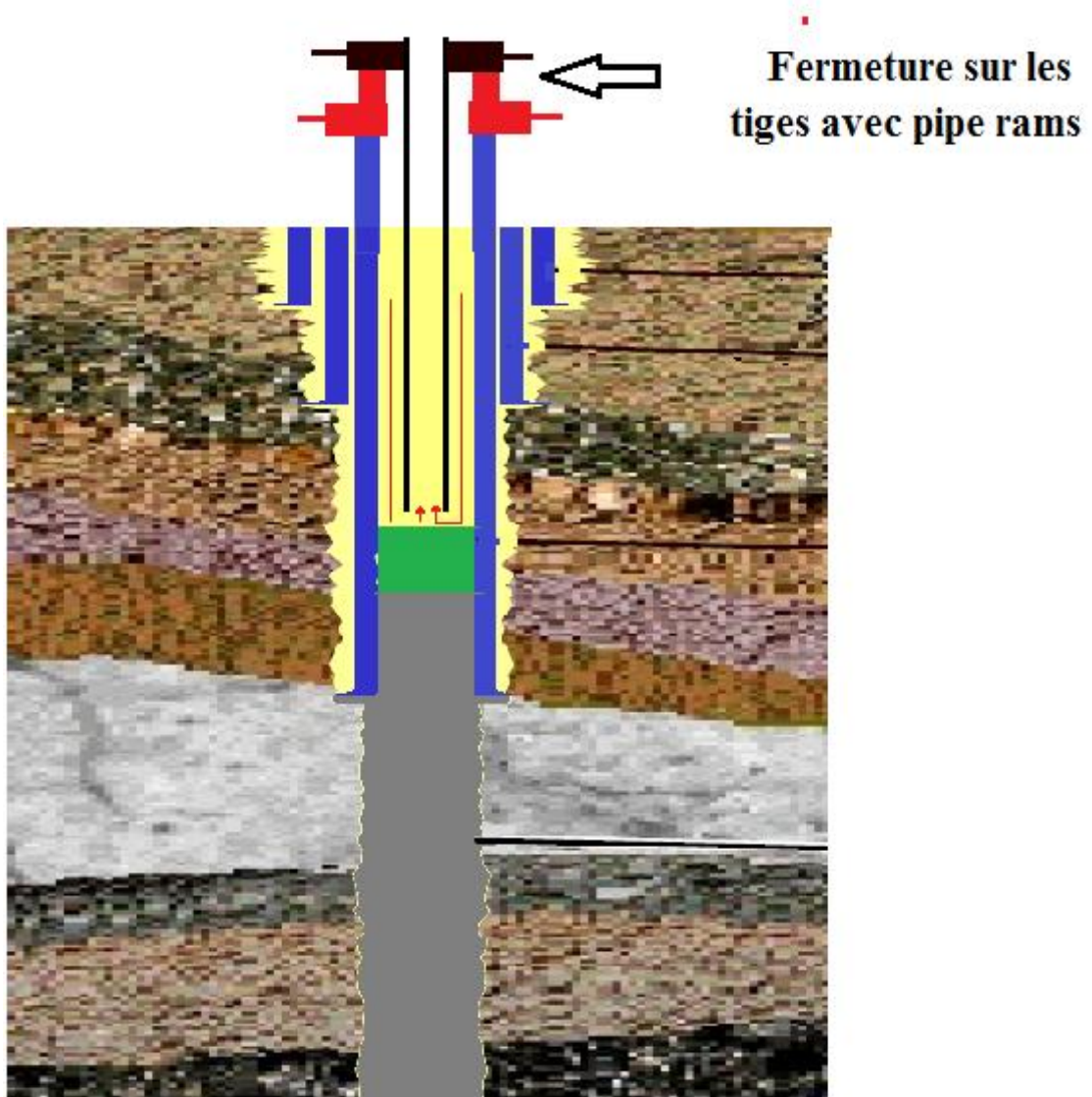


Figure 3.4:fermeture sur tige pour appliquer l'opération de squeeze

Reforage ciment

- Le refoarge ciment est entamé avec la BHA avant le pose de ciment
- Top réel ciment:3365 m
- Top théorique:3372 m
- Paramètre de reforage : $Q=1700$ l/min WOB = 2-3T

Test de formation

Le but de ce test est de connaitre la pression admissible par la formation vu le risque encouru pendant la chasse du laitier de ciment, avec les pressions et les débits requis pour la cimentation du 7^o.

- Calcul de la pression de sabot
- Calcul de la densité d'équilibre. [3]

Remarque :

Le premier test de formation est positive, le test sera jugé bon avec un débit uniforme lors de l'augmentation de la pression.

Conclusion et recommandations

Au terme de cette étude, on peut dire que le déroulement normal des opérations dans le champ de Hassi Messaoud est plus précisément celui du trias argileux gréseux est très souvent interrompu à cause du problème de perte de circulation.

Les pertes de circulation sont les conséquences logiques d'un déséquilibre de pression, existant ou créé, momentané ou permanent, entre le milieu traversé et les fluides utilisés en forage.

En cours de forage du trias argileux gréseux, on doit toujours avoir une pression hydrostatique suffisante pour éviter le fluage des argiles et éviter le risque de craquage de cette zone. Aussi, les problèmes de perte de circulation en forage peuvent être résolus si une technique correcte est appliquée pour chaque cas.

Les facteurs les plus importantes à prendre en considération sont :

- La localisation de la zone à perte devrait être déterminée avec précision sinon le colmatant serait placé dans un endroit inadéquat.
- Les produits colmatant et les techniques devraient être systématiquement adaptés aux types et aux niveaux des zones à perte pour avoir un maximum d'efficacité.

Il est utile de rappeler qu'un grand nombre de pertes pourraient être évitées en suivant les règles appropriées de forage :

- Adapter les fluides aux conditions de forage.
- Eviter la reprise brutale de pompage.
- Eviter les changements brusques des types d'écoulement.
- Eviter les suppressions et la dépression due aux manœuvres trop rapides

Bibliographie

- [1] Rapport d'implantation (programme de forage de puits) OMJ763.
- [2] thèse d'ingénieur “ Etude des pertes de Circulation le long du drain horizontal Application puits ONIZ 413” par SAADI ALI et BOUCHAKOUR ABDERRAHMAN Université de Boumerdes, promotion 2006.
- [3] thèse de magister “ détermination du volume optimal de laitier de ciment pour le colmatage des zones à pertes dans le TAG du champ de HMD. Par : Mr : FORLOUL MENAD, Université de Boumerdes année 2008
- [4] formulaire du foreur – édition Technip, Paris 1999 par G.Gabolde & J P. Nguyen.
- [5] Cour sur les fluides de forage (IAP).année 2004 par A.Slimani.