

Université Kasdi Merbah Ouargla



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

Département de forage et mécanique des chantiers pétroliers

Mémoire

*Présenté pour l'obtenir du Diplôme de Master
En Génie Pétrolier*

Option: forage

Présenté Par :

***MEHDJUBI Ishak
MESSAOUDI Mohammed Ali
OUANIS Mohammed Amine***

-THÈME-

***Optimisation de temps de forage dans la phase 8^{1/2} :
Champ de HASSI Messaoud***

Soutenue le : 29 / 05 / 2014 devant le jury composé de :

Mr: SID ROUHOU El hadj Mohammed ***Université de Ouargla*** ***Président***

Mr: DADA Saada ***Université de Ouargla*** ***Examineur***

Mr: DOBBI Abdelmadjid ***Université de Ouargla*** ***Encadreur***



REMERCIEMENTS

*Toute la gratitude à Dieu notre créateur qui nous a donné
la force pour effectuer et achever ce travail.*

Ainsi nos parents qui nous aident.

Nous tenons à remercier en premier lieu et très chaleureusement

Notre encadreur Mr DOBBI ABDEALMADJID

Pour avoir accepté de diriger notre travail, pour ses précieux conseils,

Et son esprit scientifique et sa disponibilité.

Nous remercions s'adressent aussi, aux membres de jury qui nous font

l'honneur d'accepter de juger notre travail.

*Nous remercions également toutes personnes qui nous ont aidés de près
ou de loin à la réalisation de ce travail notamment Mr BELKAMEL Aissa.*



Dédicaces



Nous dédions ce Mémoire à :

*Nos très chers parents pour leurs sacrifices et
encouragement durant nos études.*

A tout les membres des familles

MAHDJOUBI, MESSAOUDI et OUANIS

*A tous les élevés de la promotion 2013/2014 de 2^{eme} année
Master Forage de l'université Kasdi Merbah à Ouargla.*

Résumé

Les opérations de forage des puits pétroliers sont souvent confrontées à divers problèmes liés à la nature des formations traversées, à l'état des équipements utilisés et aux erreurs humaines (coincements, pistonnage, perte de la boue et venue). Ces contraintes des arrêts forcés augmentant ainsi le temps non productif de forage.

Ces sérieuses contraintes conduisent à perdre des millions de Dollars chaque année malgré que ces problèmes puissent être réduits si planification est bien faite, les conditions des terrains et les origines des problèmes sont bien maîtrisées.

Pour toutes ces raisons, notre travail est une contribution à l'optimisation des paramètres hydrauliques et mécaniques de forage en vue de minimiser le temps non productif en cours de forage .

Abstract

The operations of drilling the oil wells are often confronted with various problems involved in the nature of the crossed formations, the state of the equipment used and the human errors (wedgings, swabbing, loss of mud and arrival). These constraints of the forced stops thus increasing the no productive time of drilling.

These serious constraints result in losing million Dollars each year although these problems can be reduced if planning is well made, the conditions of the grounds and the origins of the problems are well maîtrisées.

For all these reasons, our work is a contribution to the optimization of the hydraulic parameters and mechanics of drilling in order to minimize no productive time runs from there of drilling.

اختصار

كثيرا ما تواجه عملية حفر آبار النفط مشاكل مختلفة تتعلق بطبيعة الطبقات الأرضية و المعدات المستخدمة والأخطاء البشرية (التعليق والانغلاق وضياع الطين و صعود الغاز). هذه المشاكل تجبر على انقطاع و توقف الحفر وزيادة في وقت الحفر الغير منتج

هذه المشاكل خطيرة تؤدي إلى فقدان الملايين من الدولارات كل عام على الرغم من أن هذه المشاكل يمكن الحد إذا تم التخطيط بشكل جيد، ومعرفة ظروف الأرض وأصول المشاكل أيضا

لجميع هذه الأسباب، عملنا هو المساهمة في التحسين من عناصر الحفر الهيدروليكية والميكانيكية من أجل تقليل الوقت الغير منتج للحفر

SOMMAIRE

Chapitre I: Généralité sur de champ de Hassi Massaoud

Introduction	1
I - Description sur le champ de Hassi Massaoud	4
I-1 situation géographique.....	4
I-2 situation géologique.....	4
I-3 historique de la découverte.....	5
II- description lithologique	5
II-1 CÉNOZOÏQUE.....	5
II-2 MÉSOZOÏQUE.....	6
II-3 PALÉOZOÏQUE.....	9
II-4 LE SOCLE.....	10
III-La phase 8''1/2	11

Chapitre II : Parte calcule

Introduction	12
II-1 Paramètres de forage	12
II-1-1 Paramètres mécaniques.....	12
II-1-2 Paramètres hydrauliques.....	12
II-1-3 Paramètres mécaniques.....	12
II-1-3-1 Choix de l'outil.....	12
II-2 Résultats, modèles de calcul et interprétations	13
II-2-1 Résultats	13
II-2-1-1 Résultats relatifs à un seul paramètre	13
1-1 : Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit.....	14
1-2 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de yield value.....	15
1-3 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité.....	16
1-4- Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de La vitesse de rotation.....	17
1-5- Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de poids sur l'outil.....	18
II-2-1-2 Résultats relatifs à deux paramètres	19
2-1 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité et yield value.....	19
2-2 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité et débit	20
2-3 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit et yield value.....	21
2-4 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Poids sur l'outil et la vitesse de rotation.....	22
2-5 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de la densité et le poids sur l'outil.....	23

2-6 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité et la vitesse de rotation....	24
2-7 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Yeld value et le poids sur l'outil..	25
2-8 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Yeld value et la vitesse de rotation.....	26
2-9 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit et le poids sur l'outil.....	27
2-10 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit et la vitesse de rotation.....	28
II-3 :Modèles de calcul des vitesses d'avancement.....	29
II-3-1 La vitesse d'avancement en fonction d'un seul paramètre de forage	29
1-1 La vitesse d'avancement en fonction de débit Q	30
1-2 La vitesse d'avancement en fonction de yeld value.....	30
1-3 La vitesse d'avancement en fonction de densité.....	30
1-4 La vitesse d'avancement en fonction de vitesse de rotation	30
1-5 La vitesse d'avancement en fonction de poids sur l'outil	30
II-3-2 La vitesse d'avancement en fonction de deux paramètres de forage.....	31
2-1 La vitesse d'avancement en fonction de densité et yeld value	31
2-2 La vitesse d'avancement en fonction de densité et débit	31
2-3 La vitesse d'avancement en fonction de débite yeld value.....	31
2-4 La vitesse d'avancement en fonction de Poids sur l'outil et la vitesse de rotation.....	31
2-5 La vitesse d'avancement en fonction de la densité et le poids sur l'outil.....	31
2-6 La vitesse d'avancement en fonction de densité et La vitesse de rotation.....	32
2-7 La vitesse d'avancement en fonction de Yeld value et le poids sur l'outil.....	32
2-8 La vitesse d'avancement en fonction de Yeld value et la vitesse de rotation.....	32
2-9 La vitesse d'avancement en fonction de débit et le poids sur l'outil.....	32
2-10 La vitesse d'avancement en fonction de débit et la vitesse de rotation.....	33
Conclusions et recommandations.....	34

Liste des figures

Figure II.1 : Courbe de ROP réel en fonction de débit.....	12
Figure II.2 : Courbe de ROP réel en fonction de yield value.....	13
Figure II. 3 : Courbe de ROP réel en fonction de densité.....	14
Figure II. 4 : Courbe de ROP réel en fonction de RPM.....	15
Figure II. 5 : Courbe de ROP réel en fonction de WOB.....	16
Figure II. 6 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et yield value.....	17
Figure II. 7 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et débit.....	18
Figure II. 8 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et yield value.....	19
Figure II. 9 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de WOB et RPM.....	20
Figure II. 10 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et WOB.....	21
Figure II. 11 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et WOB.....	22
Figure II. 12 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de Yield value et WOB.....	23
Figure II. 13 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de Yield value et RPM.....	24
Figure II. 14 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de débit et WOB.....	25
Figure II. 15 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de débit et RPM.....	26

Liste de tableau

Tableau II.1 : Paramètres hydrauliques et mécaniques de 20 puits dans la phase 8''1/2 ...	11
Tableau II.2 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par le débit.....	12
Tableau II.3 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par le yeld value.....	13
Tableau II.4 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité.....	14
Tableau II.5 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé l' RPM.....	15
Tableau II.6 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par le WOB.....	16
Tableau II.7 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et yeld value.....	17
Tableau II.8 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et debit.....	18
Tableau II.9: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et yeld value.....	19
Tableau II.10: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par le WOB et RPM.....	20
Tableau II.11: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et WOB.....	21
Tableau II.12: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par densité et WOB.....	22
Tableau II.13: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par Yeld value et WOB.....	23
Tableau II.14: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par Yale value et RPM.....	24
Tableau II.15: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par debit et WOB.....	25
Tableau II.16: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par débit et RPM.....	26
Tableau II.17:tableau récapitulatif des différents écarts.....	27

Notions et symboles

-Q : débit (m³/h)

-d : La densité

-H : La profondeur (m)

-YL : yield value (100/ft²)

-ROP : La vitesse d'avancement de l'outil (m /h)

-RPM : La vitesse de rotation de l'outil (tr /min)

-WOB : le poids sur l'outil (ton)

Introduction générale

Introduction générale:

Le terrain qu'on fore n'est pas homogène. Il est formé de plusieurs couches de roches différentes. Chaque roche a ses caractéristiques particulières et exige des méthodes et moyens particuliers pour être forée.

Des argiles qui contiennent de l'eau. Elles ont les caractéristiques de fluier et se manifestent dans le puits lorsqu'on les fore, coinçant ainsi les tiges et l'outil, et d'autres assoiffées qui gonflent au contact de l'eau et viennent coincer la garniture de forage.

Les sels se dissolvent dans l'eau de la boue, ce qui crée des cavages, entraînant des éboulements des terrains qui vont coincer les tiges et l'outil.

Perte de circulation: La boue permet également de maintenir les parois du puits et éviter leur effondrement. Mais si l'on fore une roche qui ne supporte pas la pression hydrostatique de la boue, cette dernière entre dans la roche et le niveau dans le puits chute, ce qui entraîne la chute de la pression qu'elle exerce sur les parois du puits et les effluents ou les argiles fluentes s'introduisent ainsi dans le puits, créant des venues ou des coincements.

Venues : Les venues lorsqu'on fore une roche contenant un effluent (eau, pétrole ou gaz) appelée « roche réservoir », il faut appliquer dessus une pression hydrostatique de la boue supérieure à la pression de l'effluent qu'elle contient. Pour augmenter la pression hydrostatique de la boue, on augmente sa masse volumique.

Il est facile de forer une zone à perte seule, il suffit de diminuer la pression hydrostatique de la boue. Il est également facile de forer une zone à venue seule, il suffit d'augmenter la pression hydrostatique de la boue.

Mais si on fore ces deux zones ensemble, en augmente la pression hydrostatique de la boue, on tombe en perte et en diminuant, on déclenche une venue.

Lorsque la pression dans le puits P_f en face d'une formation poreuse perméable est inférieure à la pression de pores (P_G) de cette formation on aura le phénomène de venue.

Les causes de manifestations de venues sont nombreux est parmi ces causes on a :

- La pression P_f est produite par la colonne de boue dans le puits inférieure à la pression de pores (P_G)
- L'effet de pistonage en manœuvre entraînant une diminution de la pression de fond
- Défaut de remplissage du puits pendant la remontée
- Perte de circulation

Introduction générale

➤ Pertes de boue

Les pertes de la boue peuvent être totales ou partielles durant les différentes phases de forage.

- Les pertes sont partielles lorsque une partie seule du volume pompé dans le puits revient en surface après passage dans le puits, celui reste plein durant l'arrêt de pompage.
- Les pertes sont totales lorsqu'il n'y a pas de retour à la goulotte et que le puits se vide partiellement ou totalement

Pistonnage

Le pistonnage peut être vers le haut ou vers le bas durant les différentes phases de forage.

Pistonnage vers le haut (swabbing) :

Pistonnage vers le haut est un phénomène qui se manifeste lors de la remontée de la garniture entraînant une dépression au fond du puits.

$$P_{\text{fond}} = (Z \cdot d_i / 10.2) - \text{DEPRESSION}$$

Cette dépression est d'autant plus importante que :

- ✓ La vitesse de remontée est trop rapide.
- ✓ La densité de rhéologie (viscosité, gel...) sont élevées.
- ✓ Le jeu entre le trou et la BHA est réduit.
- ✓ L'outil est bourré.

Le pistonnage vers le haut peut être détecté par un suivi rigoureux du retour à la goulotte et un bilan des volumes dans le trip tank.

Pistonnage vers le bas (surging) :

Le pistonnage vers le bas est aussi un phénomène qui se manifeste lors de la descente de la garniture entraînant une surpression au fond de puits.

$$P_{\text{fond}} = (Z \cdot d_i / 10.2) + \text{SURPRESSION}$$

Si cette surpression est importante, la pression de fond devient supérieure à la pression de fracturation de la formation, et par conséquent provoque une perte totale de la boue qui pourra entraîner une baisse suffisante du niveau de boue dans le puits et favorise l'envahissement du puits par le fluide de la formation.

Donc on peut résumer et citer les problèmes majeurs quand on peut les rencontrer durant le forage comme suite :

Introduction générale

- ✓ Coincements
- ✓ Venues
- ✓ Pertes de la boue
- ✓ Pistonnage

C'est la raison pour laquelle l'objectif de cette étude qui porte les problèmes peuvent effectuer le bon déroulement de l'opération forage et le choix judicieux des paramètres pour minimiser le temps non productif dans le champ de « Hassi Messaoud ».

CHAPTER I

Introduction :

Le Gisement de "Hassi Messaoud", l'un des plus grands gisement du monde, il s'étend sur une superficie voisine de 2.500 Km². Découvert en 1956 et mis en production en 1958, des investissements importants ont été réalisés et d'autres le seront dans le future pour extraire le maximum de pétrole et augmenter ainsi la récupération finale [6].

I - Description sur le champ de Hassi Messaoud [6] :

I-1 Situation géographique:

Le gisement de "Hassi Messaoud"(H.M.D) est situé à 85 Km au sud est du chef lieu de la Wilaya d'Ouargla.

Le gisement de "Hassi Messaoud" se trouve dans la province triasique dont la superficie est de plus de 280.000 Km² et qui reste à l'heure actuelle la région pétrolière la plus riche d'Algérie.

I-2 Situation géologique :

Par rapport aux gisements, le champ de Hassi Messaoud est limité par:

- Au Nord Ouest par les gisements d'Ouargla (Guellela, Ben Kahla et Haoud Berkaoui) ;
- Au Sud Ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb.
- Au Sud Est par les gisements Rhourd El Baguel et Mesdar.

Le môle de Hassi Messaoud est le résultat d'une histoire paléo tectonique assez compliquée, c'est le prolongement de la dorsale d'Amguid El Biod de plus de 800 km de long. Sa structure fait partie d'un ensemble de structures formant la province triasique Nord orientale.

Géologiquement, il est limité.

- au Nord par la structure Djamaa-Touggourt.
- à l'Ouest par la dépression d'Oued Mya.
- au Sud par le môle d'Amguid El Biod.
- à l'Est par le haut-fond de Dahra, Rhourd El Baguel et la dépression de Ghadamès.

I-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" a implanté 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 3338 m 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 :

C.F.P.A pour le champ Nord. SN.REPAL pour le champ sud.

La mise en production avait commencé en 1958 avec 20 puits d'exploitation [6] .

II- Description lithologique:

La série stratigraphique du champ de "Hassi Messaoud" est représentée de haut en bas par les formations suivantes:

II-1 CÉNOZOÏQUE:

II-1-1 MIO-PLIOCÈNE : (épaisseur moyenne = 240 m)

Constitué de :

- 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.

Ces terrains, formant un recouvrement continental essentiellement sableux, se sont mis en place par l'intermédiaire de chenaux (grande disparité de leur granulométrie horizontale et verticale). Ils sont non consolidés et leur porosité est très importante ce qui entraîne des pertes partielles ou totales et des risques d'éboulement lors du forage. Ils reposent à leur base sur l'Éocène par une surface d'abrasion.

Chapitre I

II-1-2 ÉOCÈNE : (épaisseur moyenne = 120 m)

Constitué de :

- Argile brun-rouge, fortement sableuse,
- Marne et fines passées d'anhydrite blanche,
- Calcaire dolomitique crayeux, avec parfois des rognons de silex.

Le tertiaire renferme un complexe aquifère d'eau potable.

II-2 MÉSOZOÏQUE :

II-2-1 CRÉTACÉ :

II-2-2 SÉNONIEN : constitué de deux niveaux :

- **CARBONATÉ** : (épaisseur moyenne = 107 m)

Il est constitué de calcaire dolomitique avec fines passées d'anhydrite.

- **LAGUNAIRE** : niveau représenté par deux unités à faciès lagunaire:

La première

ANHYDRITIQUE, d'une épaisseur moyenne de 219 m, elle est composée d'anhydrite blanche, cristalline, de dolomie moyennement dure, de marne et de calcaire argilo-dolomitique.

La deuxième

SALIFÈRE, d'une épaisseur moyenne de 140 m, elle est constituée de sel massif à traces d'anhydrite.

II-2-3 TURONIEN : (épaisseur moyenne = 70 m 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.

II-2-4 CÉNOMANIEN : (épaisseur moyenne = 145 m)

Chapitre I

Constitué par une alternance d'anhydrite et d'argile rouge, de marne grise et de dolomie.

II-2-5 ALBIEN : (épaisseur moyenne = 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.

II-2-6 APTIEN : (épaisseur moyenne = 25 m)

Représenté par deux bancs de dolomie cristalline encadrant un niveau argileux.

II-2-7 BARRÉMIEN : (épaisseur moyenne = 280 m)

Représenté par des grès fins carbonatés alternant avec des niveaux d'argiles et grès dolomitiques.

II-2-8 NÉOCOMIEN (épaisseur moyenne = 180 m)

Représenté de la dolomie microcristalline, des marnes et des argiles avec de fines passées de grès.

II-2-2 JURASSIQUE:

II-2-2-1 MALM (épaisseur moyenne = 225 m)

Représenté par des dépôts d'argile et de marne avec des intercalations de bancs calcaires et de dolomie accompagnées de quelques traces d'anhydrite.

Il contient un aquifère d'eau potable.

II-2-2-2 DOGGER:

Représenté par deux niveaux :

➤ **Argileux** :

Argiles silteuses, marnes dolomitiques à fines passées de grès (épaisseur moyenne = 105m).

➤ **Lagunaire** :

Anhydrite, dolomie argileuse, marne (épaisseur moyenne = 210 m).

Chapitre I

II-2-2-3LIAS:

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

- **LD1** (épaisseur moyenne = 65 m) :

Dolomie grise, dure, anhydrite blanche avec parfois des passées d'argile silteuses.

- **LS1** :

Bancs de sels et argiles avec des passées d'anhydrite blanche (épaisseur moyenne = 90 m).

- **LD2** :

Dolomies massives, microcristalline à quelques passées marneuses renfermant des eaux

Chlorurées calciques. (Épaisseur moyenne = 55 m)

- **LS2** :

Sel massif, blanc, translucide avec des intercalations argilo-salifère (épaisseur moyenne = 60 m).

- **LD3** (épaisseur moyenne = 30 m) : marnes à passées dolomitiques.

II-2-3 TRIAS:

Représenté par quatre niveaux :

II-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** (épaisseur moyenne = 189 m):

Sel massif à intercalations d'anhydrite blanche et d'argile gypsifère silteuses.

- **TS3** (épaisseur moyenne = 202m) : Sel massif à traces d'argile silteuses, tendre.

Il faut noter que les horizons TS2 et TS3 sont le siège de manifestations d'argiles fluentes.

- **ARGILEUX** : Argiles plus ou moins silteuses, dolomitiques et anhydritiques avec des intercalations de banc de sel au sommet (épaisseur moyenne = 113m).

Chapitre I

- **GRÉSEUX** : Grès fin à ciment argileux (épaisseur moyenne = 35m).
- **ÉRUPTIF** : Andésites altérées alternant avec des argiles ($0 < \text{épaisseur moyenne} < 92$ m) reposant par l'intermédiaire d'une discordance (hercynienne) sur les terrains du Primaire.

Les terrains du Trias argilo- gréseux (TAG) sont le siège de zones à pertes plus ou moins virulentes selon la position où l'on se trouve sur le champ.

Le Trias repose en discordance directement sur le Cambrien au centre de la structure et sur l'Ordovicien au niveau des zones périphériques.

II-3 PALÉOZOÏQUE:

II-3-1 ORDOVICIEN:

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

- **Les quartzites d'Hamra** : (épaisseur moyenne de 12 à 75 m) quartzites localement grossières, présentant parfois des intercalations argileuses.
- **Les grès d'El Atchane** : (épaisseur moyenne = 25m) grès fin à ciment argileux, bitumineux. Productifs sur Omj 76.
- **Les argiles d'El Gassi** : (épaisseur moyenne = 50 m) argiles schisteuses, carbonatées, vertes et noires.
- **Zone des Alternances** : (épaisseur moyenne = 20 m) argiles indurées, alternant avec des bancs quartzitiques isométriques et de grès moyens à fins.

Remarque :

La série Ordovicienne n'est présente que sur la partie sub-méridionale de la structure, du fait de l'érosion

Au centre de la structure, zone la plus exposée à l'érosion, le Trias repose directement sur le Cambrien.

II-3-2 LE CAMBRIEN:

Essentiellement constitué de grès hétérogènes, fins à très grossiers, entrecoupés de passées de sil stones argilo-micacés, ces matériaux dites grès de MESSAOUD. On y distingue trois lithozones R1 (Ri+Ra), R2 et R3.

Chapitre I

- Litho-zone Ri : 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. (épaisseur moyenne = 50 m)
- Litho-zone Ra : représente le réservoir principal.

Dans sa partie supérieure et moyenne (épaisseur moyenne de 20 à 60 m) il est formé de grès quartzites, en isométriques, moyens à grossiers, à ciment silice - argileux (kaolinite) localement constitué de quartzites franches.

Dans la partie inférieure s'intercalent, de manière irrégulière, des passées centimétriques de silt stones argileux.

L'épaisseur moyenne totale du Ra est de 100 à 120 m.

- Litho-zone R2 : est constitué de grès quartzites et quartzites gréseuses, moyens à grossiers, en isométriques, avec parfois des niveaux micro-conglomératiques, à ciment argileux assez abondant (illite). On note des intercalations millimétriques de silt. (Épaisseur moyenne = 100 m)
- Litho-zone R3 : 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 micro conglomérats 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.

II-3-3 L'INFRA-CAMBRIEN:

Unité géologique 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. (Épaisseur moyenne = 45 m)

II-4 LE SOCLE:

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

III- La phase 8''1/2 :

La phase 8''1/2 sur le champ de Hassi Messaoud, constitue la plus difficile à réaliser compte tenu de la complexité des problèmes qui y sont rencontrés ; ces problèmes on peut les résumer comme suit :

-la diffusion des eaux chlorurées du LD2, ce problème qui dépend en grande partie de la durée de réalisation de la phase, n'est plus d'actualité vu l'introduction des outils de la nouvelle génération (PDC) qui ont écourté considérablement la durée de la phase

-le fluage des argiles du TS2 nécessite une densité élevée.

-problème de perte de circulation en phase 8''1/2 dans la base du trias argileux gréseux [6].

CHAPTER II

Introduction :

II-1 Paramètres de forage :

Les paramètres de forage ce sont des facteurs qui influent sur la vitesse d'avancement, ils peuvent être classés comme suit :

II-1-1 Paramètres mécaniques:

- Caractéristiques de l'outil de forage
- -La vitesse de rotation de l'outil
- -Le poids sur l'outil de forage

II-1-2 Paramètres hydrauliques:

- Débit de forage
- La pression
- Caractéristiques de fluides de forage (densité, viscosité, filtrat)

II-1-3 Paramètres mécaniques :

Durant l'opération de forage l'outil doit traverser des formations qui ont des duretés différentes, la vitesse d'avancement peut dépasser 100 mètres par heure à quelques dizaines de centimètres par mètre, cette vitesse est aussi fonction de type d'outil

II-1-3-1 Choix de l'outil :

Compte tenu de la grande variété des caractéristiques des roches notamment la dureté, il est extrêmement difficile de choisir correctement le type d'outil pour une formation donnée notamment pour le forage d'exploration.

En forage d'exploration les données concernant les formations sont insuffisantes et le choix de l'outil est souvent conditionné aux essais qui nécessitent d'être validées plus tard.

Contrairement au forage d'exploration les caractéristiques des formations en forage de développement sont connues (dureté, épaisseur, fluides qu'elles contiennent,...) ce qui facilite énormément le choix de l'outil,

De plus, en forage de développement, le programme d'outil doit tenir en compte.

- Bits record (fiche de d'outils)
- Lithologie des formations
- Données des diagraphies.

La vitesse d'avancement (le ROP) est fonction du poids sur l'outil pour un débit de forage donné et à une vitesse de rotation (RPM) constante, il croit si on augmente le poids pour un

Chapitre II

débit constant et suffisant pour le nettoyage du fond de puits jusqu'au point où on constate que la vitesse d'avancement ne croît plus même on peut enregistrer une diminution si on continue d'augmenter le poids, cette valeur du poids s'appelle le point de bourrage (balling up).

II-2 Résultats, modèles de calcul et interprétations :

Les paramètres de forage pris individuellement ou combinés peuvent varier la vitesse d'avancement, donc il est nécessaire de trouver une meilleure combinaison entre les paramètres de forage pour avoir une vitesse optimale d'avancement en cours de forage dans le champ de Hassi Messaoud.

II-2-1 Résultats :

Suite aux études et analyses des données de 20 puits les résultats obtenus peuvent être présentés comme suit :

II-2-1-1 Résultats relatifs à un seul paramètre :

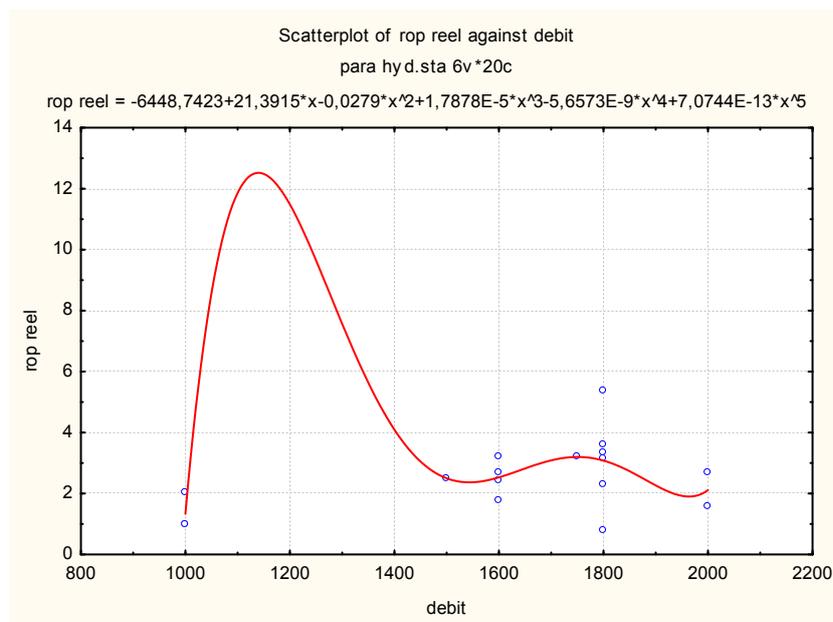
Tableau II.1 : Paramètres hydrauliques et mécaniques de 20 puits dans la phase 8''1/2.

Puits	YV (100/ft ²)	densité	Debit (l/min)	WOB (ton)	RPM (tr/min)	ROP réel (m/hrs)	ROPOpt (m/hrs)
MDZ548	14	1.54	1800	10	50	3.34	1.84
MDZ550	23	1.53	1000	5	40	2.00	2.60
MDZ555	10	1.45	1500	6	120	2.50	4.17
MDZ559	10	1.45	1800	10	40	0.78	4.69
MDZ565	15	1.43	1000	12	40	1.00	2.19
MDZ585	13	1.05	1750	15	20	3.20	4.35
OMKZ103	57	1.45	1800	8	50	3.58	3.70
OMNZ242	15	1.45	1800	10	30	5.35	2.48
OMNZ703	17	0.82	1200	9	50	2.00	3.54
OMNZ833	15	1.05	1300	18	10	3.44	3.02
OMOZ131	10	1.05	1800	16	30	3.11	0.24
OMOZ411	10	1.53	1600	17	80	3.20	0.54
OMOZ441	13	1.47	110	7	120	2.00	7.65
OMOZ472	13	1.50	2000	11	30	1.56	3.79
OMOZ522	23	1.43	1600	8	40	2.43	0.19
OMOZ543	15	1.45	1600	9	35	2.71	0.20
OMPZ451	20	1.05	1800	8	50	2.31	3.96
ONMZ103	18	1.44	1600	8	10	1.77	3.15
ONMZ263	11	1.45	1000	10	30	1.00	2.58
OMNZ201	17	1.45	2000	27	80	2.66	0.55

1-1 : Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit :

Tableau II.2 : Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par le débit .

puits	Debit (l/min)	ROP réel (m/hrs)	ROP mod (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1800	3.34	96.05	97
MDZ550	1000	2.00	29.10	93
MDZ555	1500	2.50	66.20	96
MDZ559	1800	0.78	96.05	99
MDZ565	1000	1.00	29.10	97
MDZ585	1750	3.20	90.47	96
OMKZ103	1800	3.58	96.05	96
OMNZ242	1800	5.35	96.05	94
OMNZ703	1200	2.00	32.39	94
OMNZ833	1300	3.44	43.96	92
OMOZ131	1800	3.11	96.05	97
OMOZ411	1600	3.20	75.68	96
OMOZ441	1100	2.00	24.98	92
OMOZ472	2000	1.56	120.46	99
OMOZ522	1600	2.43	75.68	97
OMOZ543	1600	2.71	75.68	96
OMPZ451	1800	2.31	96.05	98
ONMZ103	1600	1.77	75.68	98
ONMZ263	1000	1.00	29.10	97
OMNZ201	2000	2.66	120.46	98



Figurée II.1 : Courbe de ROP réel en fonction de débit.

1-2 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de yeld value :

Tableau II.3 : Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par le yeld value.

Puits	yeld value (100/ft ²)	ROP réel (m/hrs)	ROP mod (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	14	3.34	1.63	104
MDZ550	23	2.00	5.61	64
MDZ555	10	2.50	2.01	24
MDZ559	10	0.78	2.01	61
MDZ565	15	1.00	1.53	35
MDZ585	13	3.20	1.53	108
OMKZ103	57	3.58	301.14	99
OMNZ242	15	5.35	1.53	249
OMNZ703	17	2.00	0.44	348
OMNZ833	15	3.44	1.53	125
OMOZ131	10	3.11	2.01	55
OMOZ411	10	3.20	2.01	59
OMOZ441	13	2.00	1.53	30
OMOZ472	13	1.56	1.53	1
OMOZ522	23	2.43	5.61	57
OMOZ543	15	2.71	1.53	77
OMPZ451	20	2.31	2.98	22
ONMZ103	18	1.77	0.53	234
ONMZ263	11	1.00	1.45	31
OMNZ201	17	2.66	0.44	496

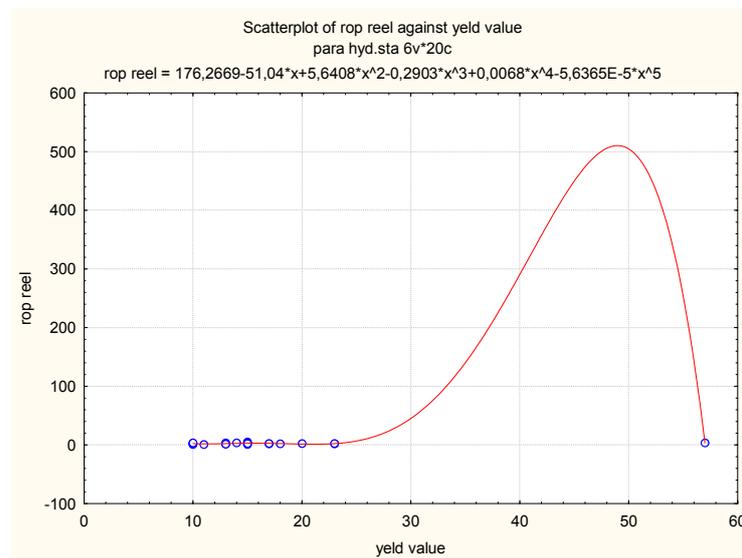


Figure II.2 : Courbe de ROP réel en fonction de yeld value.

1-3 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité :

Tableau II.4 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité.

puits	densité	ROP réel (m/hrs)	ROP mod (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1.54	3.34	17.66	81
MDZ550	1.53	2.00	18.23	89
MDZ555	1.45	2.50	13.83	82
MDZ559	1.45	0.78	13.83	94
MDZ565	1.43	1.00	13.67	93
MDZ585	1.05	3.20	0.88	261
OMKZ103	1.45	3.58	13.83	74
OMNZ242	1.45	5.35	13.83	61
OMNZ703	0.82	2.00	0.72	178
OMNZ833	1.05	3.44	0.88	288
OMOZ131	1.05	3.11	0.88	251
OMOZ411	1.53	3.20	18.23	82
OMOZ441	1.47	2.00	14.93	87
OMOZ472	1.50	1.56	17.28	91
OMOZ522	1.43	2.43	13.67	82
OMOZ543	1.45	2.71	13.83	80
OMPZ451	1.05	2.31	0.88	161
ONMZ103	1.44	1.77	13.61	97
ONMZ263	1.45	1.00	13.83	93
OMNZ201	1.45	2.66	13.83	81

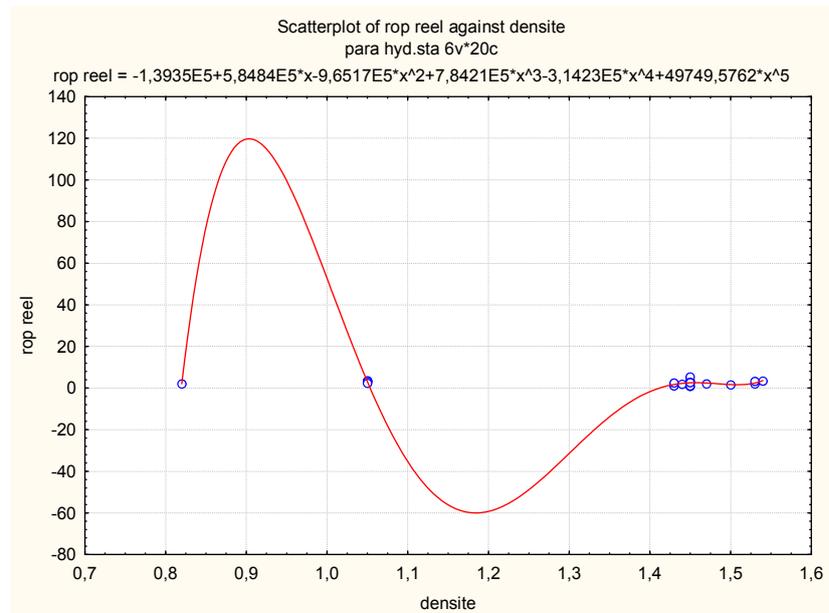


Figure II. 3 : Courbe de ROP réel en fonction de densité.

1-4- Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de La vitesse de rotation (RPM) :

Tableau II.5 : Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé l' RPM.

puits	RPM (tr/min)	ROP réel (m/hrs)	ROP mod (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	50	3.34	5.91	44
MDZ550	40	2.00	3.45	42
MDZ555	120	2.50	48.24	95
MDZ559	40	0.78	3.45	77
MDZ565	40	1.00	3.45	71
MDZ585	20	3.20	4.54	30
OMKZ103	50	3.58	5.91	39
OMNZ242	30	5.35	3.36	59
OMNZ703	50	2.00	5.91	66
OMNZ833	10	3.44	2.99	15
OMOZ131	30	3.11	3.36	8
OMOZ411	80	3.20	16.65	81
OMOZ472	120	2.00	48.24	97
OMOZ522	30	1.56	3.36	28
ONMZ103	40	2.43	3.45	49
ONMZ263	35	2.71	3.12	68
OMOZ441	50	2.31	5.91	66
OMOZ543	10	1.77	2.99	9
OMPZ451	30	1.00	3.36	31
OMNZ201	80	2.66	16.65	84

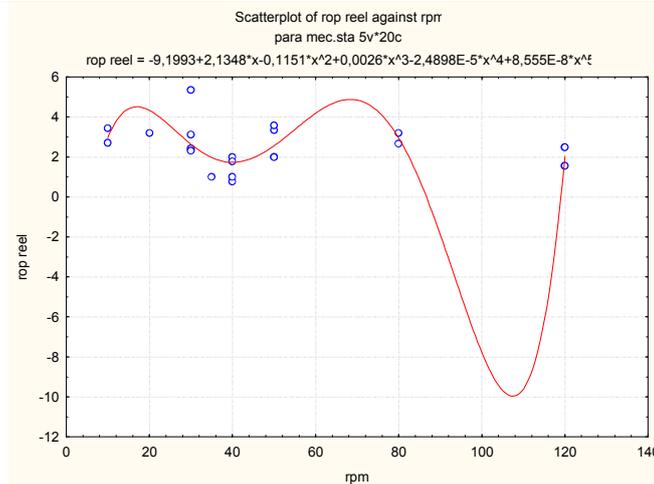


Figure II. 4 : Courbe de ROP réel en fonction de RPM.

1-5- Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de poids sur l'outil (WOB) :

Tableau II.6 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par le WOB.

puits	WOB	ROP réel (m/hrs)	ROP mod (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	10	3.34	2.29	46
MDZ550	5	2.00	2.00	0
MDZ555	6	2.50	2.17	15
MDZ559	10	0.78	2.29	66
MDZ565	12	1.00	2.77	56
MDZ585	15	3.20	2.44	31
OMKZ103	8	3.58	2.30	56
OMNZ242	10	5.35	2.29	134
OMNZ703	9	2.00	2.30	13
OMNZ833	18	3.44	2.85	21
OMOZ131	16	3.11	2.55	22
OMOZ411	17	3.20	2.70	18
OMOZ472	7	2.00	2.26	31
OMOZ522	11	1.56	2.27	7
ONMZ103	8	2.43	2.30	23
ONMZ263	9	2.71	2.30	57
OMOZ441	8	2.31	2.30	13
OMOZ543	8	1.77	2.30	18
OMPZ451	10	1.00	2.29	1
OMNZ201	27	2.66	0.76	267

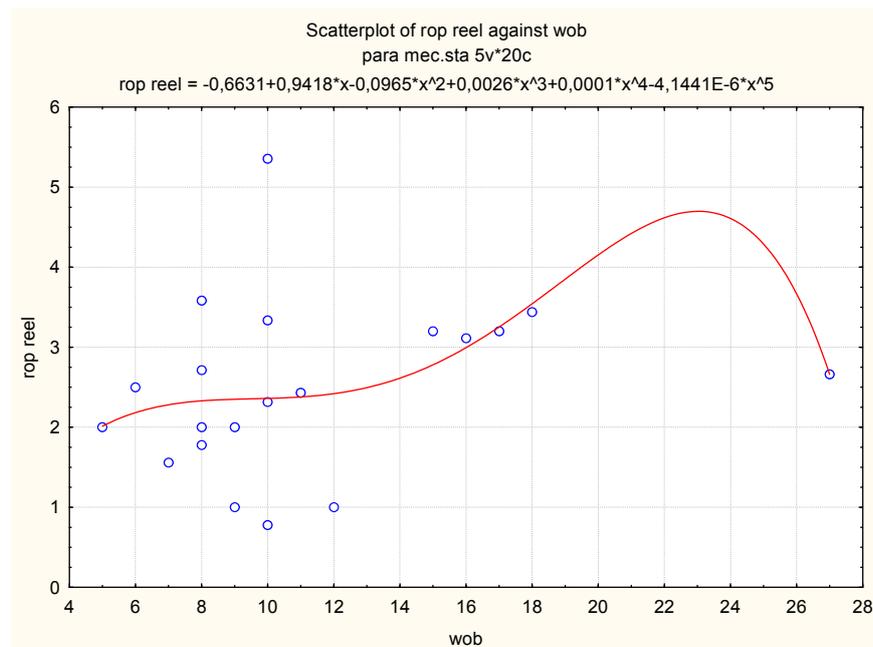


Figure II. 5 : Courbe de ROP réel en fonction de WOB.

II-2-1-2 Résultats relatifs à deux paramètres :

2-1 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité (d) et yield value (yv) :

Tableau II.7 : Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et yield value.

Puits	densité	Yeld value (100/ft ²)	ROP _{réel} (m/hrs)	ROP _{modèle} (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1.54	14	3.34	2.22	50
MDZ550	1.53	23	2.00	2.62	24
MDZ555	1.45	10	2.50	2.29	9
MDZ559	1.45	10	0.78	2.29	66
MDZ565	1.43	15	1.00	2.41	59
MDZ585	1.05	13	3.20	2.87	11
OMKZ103	1.45	57	3.58	3.64	2
OMNZ242	1.45	15	5.35	2.39	124
OMNZ703	0.82	17	2.00	2.45	19
OMNZ833	1.05	15	3.44	2.71	27
OMOZ131	1.05	10	3.11	3.11	0
OMOZ411	1.53	10	3.20	2.07	54
OMOZ441	1.47	13	2.00	2.31	14
OMOZ472	1.50	13	1.56	2.25	31
OMOZ522	1.43	23	2.43	2.56	5
OMOZ543	1.45	15	2.71	2.39	13
OMPZ451	1.05	20	2.31	2.32	1
ONMZ103	1.44	18	1.77	2.46	28
ONMZ263	1.45	11	1.00	2.31	57
OMNZ201	1.45	17	2.66	2.43	9

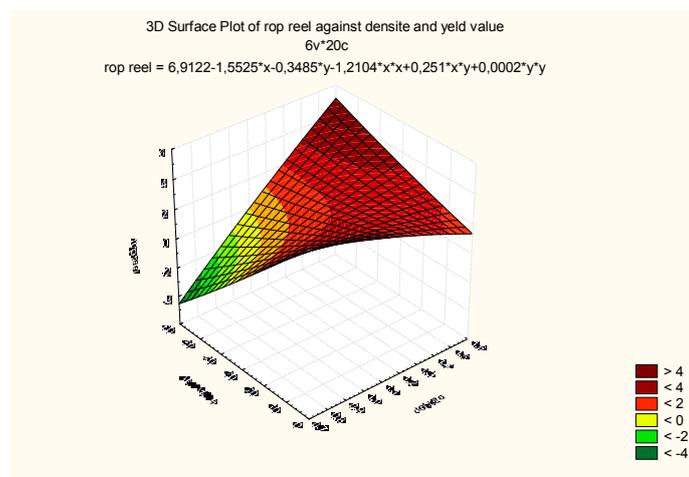


Figure II. 6 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et yield value.

Chapitre II

2-2 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité(d) et débit (Q) :

Tableau II.8 : Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par la densité et debit.

Puits	densité	Debit (l/min)	ROP (m/hrs)	réel	ROP modèle	Ecart%
MDZ548	1.54	1800		3.34	2.96	12
MDZ550	1.53	1000		2.00	2.00	0
MDZ555	1.45	1500		2.50	2.61	4
MDZ559	1.45	1800		0.78	2.71	71
MDZ565	1.43	1000		1.00	0.80	25
MDZ585	1.05	1750		3.20	2.72	18
OMKZ103	1.45	1800		3.58	2.71	32
OMNZ242	1.45	1800		5.35	2.71	97
OMNZ703	0.82	1200		2.00	1.18	69
OMNZ833	1.05	1300		3.44	0.08	3836
OMOZ131	1.05	1800		3.11	2.92	6
OMOZ411	1.53	1600		3.20	3.12	2
OMOZ441	1.47	1100		2.00	1.69	18
OMOZ472	1.50	2000		1.56	2.43	36
OMOZ522	1.43	1600		2.43	2.63	8
OMOZ543	1.45	1600		2.71	2.72	0
OMPZ451	1.05	1800		2.31	2.92	21
ONMZ103	1.44	1600		1.77	2.67	34
ONMZ263	1.45	1000		1.00	1.02	3
OMNZ201	1.45	2000		2.66	2.42	10

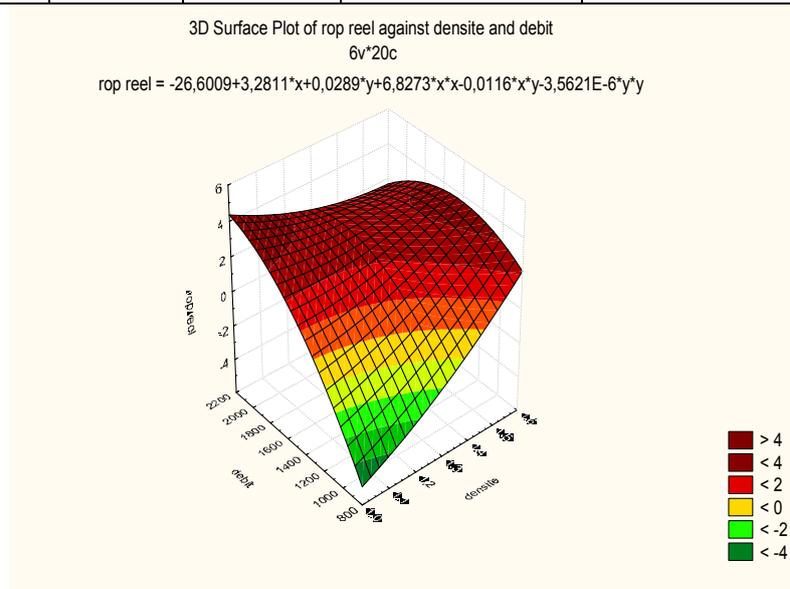


Figure II. 7 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et débit.

2-3 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit(Q) et yield value (yv) :

Tableau II.9: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et yield value.

Puits	Debit (l/min)	Yield value (100/ft ²)	ROP réel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1800	14	3.34	2.67	25
MDZ550	1000	23	2.00	1.60	25
MDZ555	1500	10	2.50	2.65	6
MDZ559	1800	10	0.78	2.59	70
MDZ565	1000	15	1.00	1.32	25
MDZ585	1750	13	3.20	2.71	18
OMKZ103	1800	57	3.58	3.45	4
OMNZ242	1800	15	5.35	2.69	99
OMNZ703	1200	17	2.00	2.20	9
OMNZ833	1300	15	3.44	2.43	41
OMOZ131	1800	10	3.11	2.59	20
OMOZ411	1600	10	3.20	2.71	18
OMOZ441	1100	13	2.00	1.70	17
OMOZ472	2000	13	1.56	2.20	29
OMOZ522	1600	23	2.43	3.01	19
OMOZ543	1600	15	2.71	2.83	4
OMPZ451	1800	20	2.31	2.78	17
ONMZ103	1600	18	1.77	2.90	39
ONMZ263	1000	11	1.00	1.18	15
OMNZ201	2000	17	2.66	2.26	18

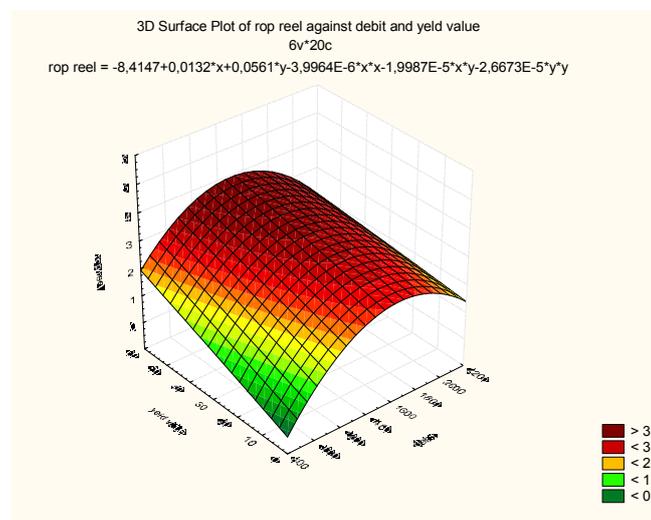


Figure II. 8 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et yield value.

2-4 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Poids sur l'outil(WOB) et la vitesse de rotation(RPM) :

Tableau II.10: Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par le WOB et RPM.

Puits	WOB (ton)	RPM (tr/min)	ROP réel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	10	50	3.34	2.44	37
MDZ550	5	40	2.00	2.00	0
MDZ555	6	120	2.50	2.73	9
MDZ559	10	40	0.78	2.50	69
MDZ565	12	40	1.00	2.65	62
MDZ585	15	20	3.20	3.10	4
OMKZ103	8	50	3.58	2.26	59
OMNZ242	10	30	5.35	2.60	106
OMNZ703	9	50	2.00	2.35	15
OMNZ833	18	30	3.44	3.40	2
OMOZ131	16	50	3.11	3.00	4
OMOZ411	17	10	3.20	2.97	8
OMOZ441	8	50	2.00	2.84	45
OMOZ472	7	120	1.56	2.70	9
OMOZ522	11	30	2.43	2.30	23
OMOZ543	8	10	2.71	2.45	59
OMPZ451	10	30	2.31	2.25	11
ONMZ103	8	40	1.77	2.80	1
ONMZ263	9	35	1.00	2.60	11
OMNZ201	27	80	2.66	3.10	14

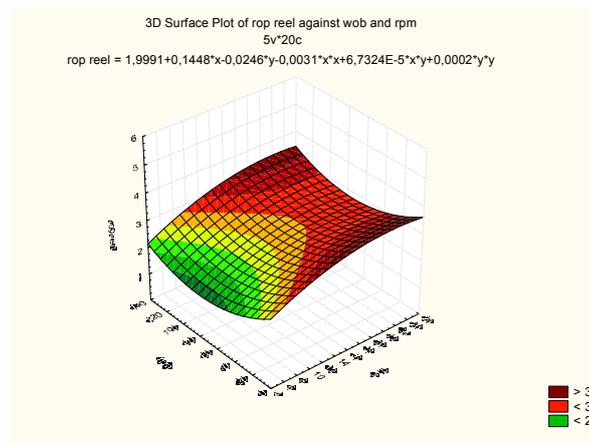


Figure II. 9 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de WOB et RPM.

2-5 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de la densité(d) et le poids sur l'outil(WOB) :

Tableau II.11: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par la densité et WOB.

Puits	densité	WOB (ton)	ROPréel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1.54	10	3.34	2.69	24
MDZ550	1.53	5	2.00	2.32	14
MDZ555	1.45	6	2.50	2.09	20
MDZ559	1.45	10	0.78	2.43	68
MDZ565	1.43	12	1.00	2.53	61
MDZ585	1.05	15	3.20	2.97	8
OMKZ103	1.45	8	3.58	2.27	57
OMNZ242	1.45	10	5.35	2.43	120
OMNZ703	0.82	9	2.00	2.22	10
OMNZ833	1.05	18	3.44	3.41	1
OMOZ131	1.05	16	3.11	3.12	0
OMOZ411	1.53	17	3.20	2.84	13
OMOZ441	1.47	8	2.00	2.25	31
OMOZ472	1.50	7	1.56	2.62	7
OMOZ522	1.43	11	2.43	2.21	20
OMOZ543	1.45	8	2.71	2.36	58
OMPZ451	1.05	10	2.31	1.70	17
ONMZ103	1.44	8	1.77	2.24	21
ONMZ263	1.45	9	1.00	2.43	5
OMNZ201	1.45	27	2.66	2.70	2

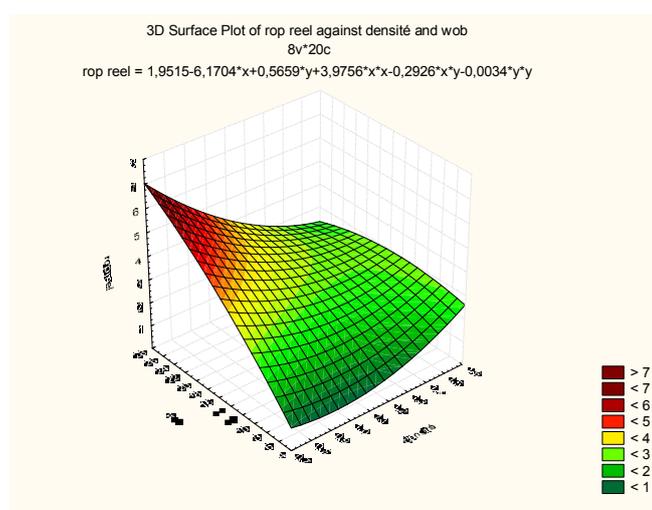


Figure II. 10 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et WOB.

2-6 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de densité(d) et la vitesse de rotation(RPM) :

Tableau II.12: Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par densité et WOB.

Puits	densité	RPM (tr/min)	ROP _{réel} (m/hrs)	ROP _{modèle} (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1.54	50	3.34	2.72	23
MDZ550	1.53	40	2.00	2.61	23
MDZ555	1.45	120	2.50	2.04	22
MDZ559	1.45	40	0.78	2.39	67
MDZ565	1.43	40	1.00	2.35	58
MDZ585	1.05	20	3.20	3.19	0
OMKZ103	1.45	50	3.58	2.37	51
OMNZ242	1.45	30	5.35	2.41	122
OMNZ703	0.82	50	2.00	2.16	7
OMNZ833	1.05	30	3.44	3.64	6
OMOZ131	1.05	50	3.11	2.73	14
OMOZ411	1.53	10	3.20	2.84	13
OMOZ441	1.47	50	2.00	2.27	31
OMOZ472	1.50	120	1.56	2.48	2
OMOZ522	1.43	30	2.43	2.35	25
OMOZ543	1.45	10	2.71	2.40	58
OMPZ451	1.05	30	2.31	1.79	11
ONMZ103	1.44	40	1.77	2.44	11
ONMZ263	1.45	35	1.00	2.41	4
OMNZ201	1.45	80	2.66	2.27	17

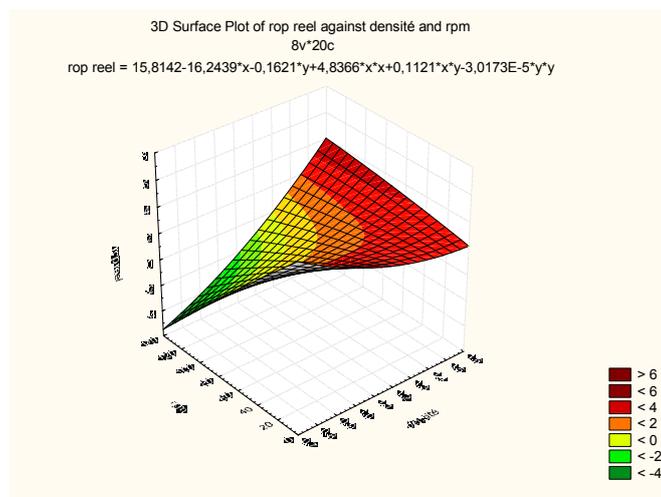


Figure II. 11 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de densité et WOB.

2-7 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Yeld value (yv) et le poids sur l'outil(WOB) :

Tableau II.13: Les écarte entre ROP_{mod} $ROP_{réel}$ calculé par Yeld value et WOB.

Puits	Yv (100/ft ²)	WOB (toon)	ROPréel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	14	10	3.34	2.40	39
MDZ550	23	5	2.00	1.94	3
MDZ555	10	6	2.50	1.74	43
MDZ559	10	10	0.78	2.38	67
MDZ565	15	12	1.00	2.63	62
MDZ585	13	15	3.20	2.90	10
OMKZ103	57	8	3.58	3.71	4
OMNZ242	15	10	5.35	2.41	122
OMNZ703	17	9	2.00	2.31	14
OMNZ833	15	18	3.44	3.04	13
OMOZ131	10	16	3.11	3.02	3
OMOZ411	10	17	3.20	3.10	3
OMOZ441	13	8	2.00	1.97	21
OMOZ472	13	7	1.56	2.51	3
OMOZ522	23	11	2.43	2.31	23
OMOZ543	15	8	2.71	2.28	56
OMPZ451	20	10	2.31	2.24	11
ONMZ103	18	8	1.77	2.20	23
ONMZ263	11	9	1.00	2.38	3
OMNZ201	17	27	2.66	2.85	7

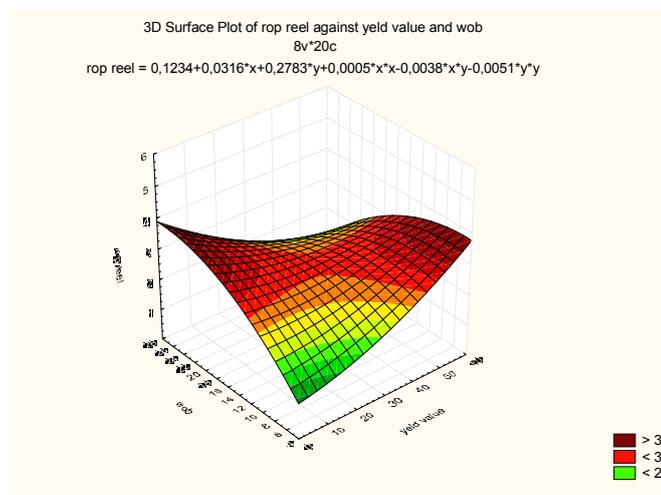


Figure II. 12 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de Yeld value et WOB.

2-8 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de Yield value (yv) et la vitesse de rotation(RPM) :

Tableau II.14: Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par Yale value et RPM.

Puits	YV (100/ft ²)	RPM (tr/min)	ROP réel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	14	50	3.34	2.22	50
MDZ550	23	40	2.00	2.20	9
MDZ555	10	120	2.50	2.07	20
MDZ559	10	40	0.78	2.56	69
MDZ565	15	40	1.00	2.35	57
MDZ585	13	20	3.20	2.79	14
OMKZ103	57	50	3.58	3.52	1
OMNZ242	15	30	5.35	2.54	110
OMNZ703	17	50	2.00	2.11	5
OMNZ833	15	30	3.44	2.97	15
OMOZ131	10	50	3.11	2.71	14
OMOZ411	10	10	3.20	2.15	48
OMOZ441	13	50	2.00	1.77	12
OMOZ472	13	120	1.56	2.59	39
OMOZ522	23	30	2.43	2.20	10
OMOZ543	15	10	2.71	2.44	11
OMPZ451	20	30	2.31	2.03	13
ONMZ103	18	40	1.77	2.95	40
ONMZ263	11	35	1.00	2.67	62
OMNZ201	17	80	2.66	1.69	57

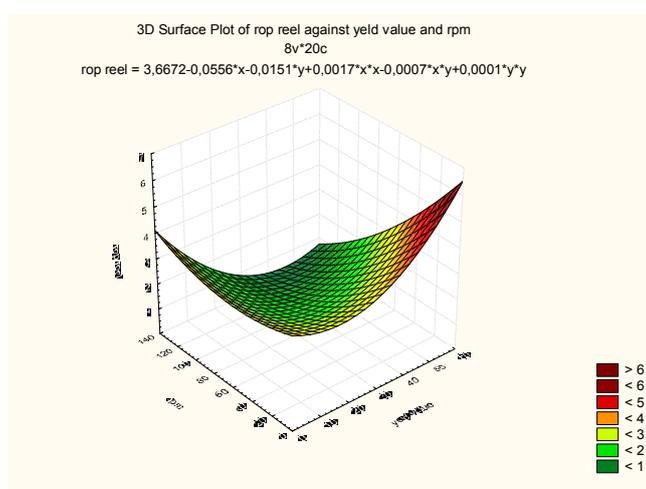


Figure II. 13 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de Yield value et RPM.

2-9 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit (Q) et le poids sur l'outil(WOB) :

Tableau II.15: Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par debit et WOB.

Puits	Debit (L/min)	WOB (toon)	ROPréel (m/hrs)	ROP modèle (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1800	10	3.34	2.66	25
MDZ550	1000	5	2.00	1.28	56
MDZ555	1500	6	2.50	2.19	14
MDZ559	1800	10	0.78	2.66	71
MDZ565	1000	12	1.00	1.98	50
MDZ585	1750	15	3.20	2.87	11
OMKZ103	1800	8	3.58	2.54	41
OMNZ242	1800	10	5.35	2.66	101
OMNZ703	1200	9	2.00	2.05	3
OMNZ833	1300	18	3.44	2.78	23
OMOZ131	1800	16	3.11	2.90	7
OMOZ411	1600	17	3.20	2.91	10
OMOZ441	1100	8	2.00	1.69	8
OMOZ472	2000	7	1.56	2.70	10
OMOZ522	1600	11	2.43	2.43	27
OMOZ543	1600	8	2.71	2.50	60
OMPZ451	1800	10	2.31	2.54	22
ONMZ103	1600	8	1.77	2.43	11
ONMZ263	1000	9	1.00	1.80	28
OMNZ201	2000	27	2.66	2.82	6

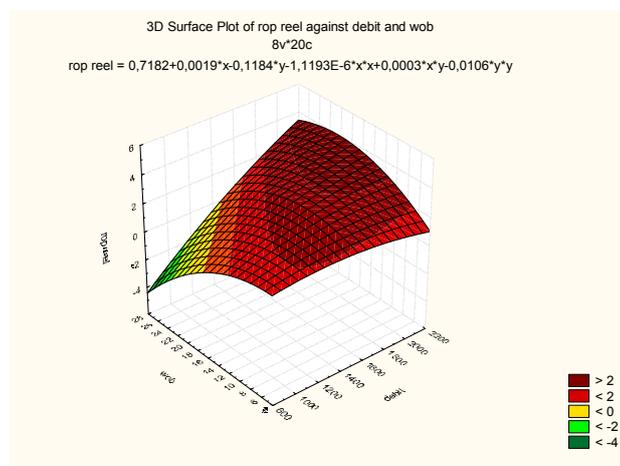


Figure II. 14 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de debit et WOB.

2-10 Résultats de la vitesse d'avancement en fonction de débit (Q) et la vitesse de rotation(RPM) :

Tableau II.16: Les écarte entre ROP_{mod} ROP_{réel} calculé par débit et RPM.

Puits	Debit (L/min)	RPM (tr/min)	ROP _{réel} (m/hrs)	ROP _{modèle} (m/hrs)	Ecart%
MDZ548	1800	50	3.34	2.69	24
MDZ550	1000	40	2.00	1.76	13
MDZ555	1500	120	2.50	3.15	21
MDZ559	1800	40	0.78	2.75	72
MDZ565	1000	40	1.00	1.76	43
MDZ585	1750	20	3.20	3.03	5
OMKZ103	1800	50	3.58	2.69	33
OMNZ242	1800	30	5.35	2.88	86
OMNZ703	1200	50	2.00	1.88	6
OMNZ833	1300	30	3.44	3.05	13
OMOZ131	1800	50	3.11	2.88	8
OMOZ411	1600	10	3.20	2.51	27
OMOZ441	1100	50	2.00	1.90	22
OMOZ472	2000	120	1.56	3,00	19
OMOZ522	1600	30	2.43	2.56	31
OMOZ543	1600	10	2.71	2.63	62
OMPZ451	1800	30	2.31	2.69	26
ONMZ103	1600	40	1.77	3.23	16
ONMZ263	1000	35	1.00	2.04	13
OMNZ201	2000	80	2.66	3.17	16

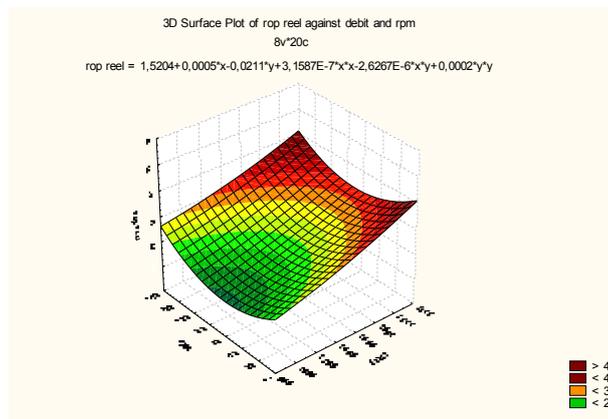


Figure II. 15 : Courbe 3D de ROP réel en fonction de débit et RPM.

Tableau II.17:tableau récapitulatif des différents écarts.

Puits	Ecart (d, YV) %	Ecart (d, Q) %	Ecart (Q, YV) %	(WOB, RPM) %	(d, WOB) %	(d, RPM) %	(YV, WOB) %	(YV, RPM) %	(Q, WOB) %	(Q, RPM) %
MDZ548	50	12	25	37	24	23	39	50	25	24
MDZ550	24	0	25	0	14	23	3	9	56	13
MDZ555	9	4	6	9	20	22	43	20	14	21
MDZ559	66	71	70	69	68	67	67	69	71	72
MDZ565	59	25	25	62	61	58	62	57	50	43
MDZ585	11	18	18	4	8	0	10	14	11	5
OMKZ103	2	32	4	59	57	51	4	1	41	33
OMNZ242	124	97	99	106	120	122	122	110	101	86
OMNZ703	19	69	9	15	10	7	14	5	3	6
OMNZ833	27	3836	41	2	1	6	13	15	23	13
OMOZ131	0	6	20	4	0	14	3	14	7	8
OMOZ411	54	2	18	8	13	13	3	48	10	27
OMOZ441	14	18	17	45	31	31	21	12	8	22
OMOZ472	31	36	29	9	7	2	3	39	10	19
OMOZ522	5	8	19	23	20	25	23	10	27	31
OMOZ543	13	0	4	59	58	58	56	11	60	62
OMPZ451	1	21	17	11	17	11	11	13	22	26
ONMZ103	28	34	39	1	21	11	23	40	11	16
ONMZ263	57	3	15	11	5	4	3	62	28	13
OMNZ201	9	10	18	14	2	17	7	57	6	16

II-3 : Modèles de calcul des vitesses d'avancement :

La comparaison des résultats issus de la pratique pour 20 puits forés dans

La région Hassi Messaoud avec ceux issus des modèles montre que les écarts sont :

- Vitesse d'avancement en fonction d'un seul paramètre de forage : Ecart% relativement élevé.
- Vitesse d'avancement en fonction de deux paramètres de forage : Ecart% décroît

$$Ecart \% = \frac{|Y_{\text{modèle}} - Y_{\text{mesuré}}| \times 100}{Y_{\text{modèle}}}$$

Y : présent la vitesse d'avancement en mètre par heure

II-3-1 La vitesse d'avancement en fonction d'un seul paramètre de forage :

La vitesse d'avancement peut être calculée par des équations simples d'une seule inconnue Mais, ces modèles ont de précisions relativement faibles « écart% relativement élevé».

1-1 La vitesse d'avancement en fonction de débit Q (l/mn) :

$$Y = \text{Rop} = -6448,7423 + 21,3915 * x - 0,0279 * x^2 + 1,7878E-5 * x^3 - 5,6573E-9 * x^4 + 7,0744E-13 * x^5 \quad (\text{II.1})$$

X ; représente le débit en litre par minute.

Y ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour Q=1800 (l/mn) ; $\text{ROP}_{\text{calculé}} = 96.05$ sachant que $\text{ROP}_{\text{mesuré}} = 2.31$ l'écart=98%

1-2 La vitesse d'avancement en fonction de yield value :

$$Y = \text{ROP (yv)} = 176,2669 - 51,04 * x + 5,6408 * x^2 - 0,2903 * x^3 + 0,0068 * x^4 - 5,6365E-5 * x^5 \quad (\text{II.2})$$

X ; représente yield value en (100/ft²).

Y ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour YV=15(100/ft²) ; $\text{ROP}_{\text{calculé}} = 2.71$ sachant que $\text{ROP}_{\text{mesuré}} = 1.53$ l'écart=77%

1-3 La vitesse d'avancement en fonction de densité :

$$Y : \text{Rop} = -1,3935E5 + 5,8484E5 * x - 9,6517E5 * x^2 + 7,8421E5 * x^3 - 3,1423E5 * x^4 + 49749,5762 * x^5 \quad (\text{II.3})$$

X ; représente la densité.

Y ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour d=1.45 ; $\text{ROP}_{\text{calculé}} = 13.61$ sachant que $\text{ROP}_{\text{mesuré}} = 1.77$ l'écart=97%

1-4 La vitesse d'avancement en fonction de vitesse de rotation (RPM) :

$$Y : \text{Rop} = -9,1993 + 2,1348 * x - 0,1151 * x^2 + 0,0026 * x^3 - 2,4898E-5 * x^4 + 8,555E-8 * x^5 \quad (\text{II.4})$$

X ; représente la vitesse de rotation (RPM).

Y ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour RPM=120 ; $\text{ROP}_{\text{calculé}} = 48.24$ sachant que $\text{ROP}_{\text{mesuré}} = 1.56$ l'écart=97%

1-5 La vitesse d'avancement en fonction de poids sur l'outil (WOB) :

$$Y : \text{Rop} = -0,6631 + 0,9418 * x - 0,0965 * x^2 + 0,0026 * x^3 + 0,0001 * x^4 - 4,1441E-6 * x^5 \quad (\text{II.5})$$

X ; représente Le poids sur l'outil (WOB) en ton.

Y ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour WOB=10 ; $\text{ROP}_{\text{calculé}} = 2.29$ sachant que $\text{ROP}_{\text{mesuré}} = 0.78$ l'écart%=66

Ces faibles résultats sont dus à l'absence des autres paramètres dans les équations de la vitesse d'avancement et qui ont un grand impact sur son évolution (WOB, RPM, Débit,.....)

Pour réduire l'écart% et de rapprocher davantage les valeurs mesurées à celles issues des modèles il faut faire introduire dans les équations des modèles d'autres paramètres de forage.

II-3-2 La vitesse d'avancement en fonction de deux paramètres de forage :

2-1 La vitesse d'avancement en fonction de densité (d) et yeld value (yv) :

$$Z:ROP = 6,9122-1,5525*x-0,3485*y-1,2104*x^2+0,251*x*y+0,0002*y^2 \quad (II.6)$$

X ; représente La densité.

y ; représente yeld value en (100/ft²).

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour d=1.45 et YV=10 ; ROP_{calculé} = 2.29 sachant que ROP_{mesuré} = 0.78 l'écart = 66%

2-2 La vitesse d'avancement en fonction de densité(d) et débit (Q) :

$$Z : Rop = -26,6009+3,2811*x+0,0289*y+6,8273*x^2-0,0116*x*y-3,5621E-6*y^2 \quad (II.7)$$

X ; représente La densité.

y ; représente debit en Toure par minute.

Z; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour d=1.45 et Q=1800 ROP_{calculé} = 2.71 sachant que ROP_{mesuré} = 0.78 l'écart=71%

2-3 La vitesse d'avancement en fonction de débit(Q) et yeld value (yv) :

$$Z : ROP= -8,4147+0,0132*x+0,0561*y-3,9964E-6*x^2-1,9987E-5*x*y-2,6673E-5*y^2 \quad (II.8)$$

X ; représente Le debit en litre par minute.

y ; représente yeld value en (100/ft²).

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour Q=1800 et YV=10 ; ROP_{calculé} = 2.59 sachant que ROP_{mesuré} = 0.78 l'écart=70%

2-4 La vitesse d'avancement en fonction de Poids sur l'outil(WOB)

Et la vitesse de rotation(RPM) :

$$Z:ROP= 1,9991+0,1448*x-0,0246*y-0,0031*x^2+6,7324E-5*x*y+0,0002*y^2 \quad (II.9)$$

X ; représente Le poids sur l'outil (ton).

y ; représente la vitesse de rotation en Toure par minute.

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour WOB=10 et RPM=40 ; ROP_{calculé} = 2.5 sachant que ROP_{mesuré} = 0.78 l'écart=69%

2-5 La vitesse d'avancement en fonction de la densité(d)

Et le poids sur l'outil(WOB) :

$$Z : ROP= 1,9515-6,1704*x+0,5659*y+3,9756*x^2-0,2926*x*y-0,0034*y^2 \quad (II.10)$$

X ; représente La densité.

Y ; représente le poids sur l'outil WOB en ton.

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour $d=1.45$ et $WOB=10$; $ROP_{calculé} = 2.43$ sachant que $ROP_{mesuré} = 0.78$ l'écart=68%

2-6 La vitesse d'avancement en fonction de densité(d) et La vitesse de rotation(RPM) :

$$Z: Rop = 15,8142 - 16,2439 * x - 0,1621 * y + 4,8366 * x^2 + 0,1121 * x * y - 3,0173E-5 * y^2 \quad (II.11)$$

X ; représente La densité.

Y ; représente La vitesse de rotation RPM en tour par minute.

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour $d=1.45$ et $RPM=40$; $ROP_{calculé}=2.39$ sachant que $ROP_{mesuré} = 0.78$ l'écart=67%

2-7 La vitesse d'avancement en fonction de Yield value (yv)

Et le poids sur l'outil(WOB) :

$$Z: ROP = 0,1234 + 0,0316 * x + 0,2783 * y + 0,0005 * x^2 - 0,0038 * x * y - 0,0051 * y^2 \quad (II.12)$$

X ; représente Yield value en (100/ft²).

y ; représente Le poids sur l'outil en (ton).

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour $YV=10$ et $Y=10$; $ROP_{calculé} = 2.38$ sachant que $ROP_{mesuré} = 0.78$ l'écart=67%

2-8 La vitesse d'avancement en fonction de Yield value (yv)et la vitesse de rotation(RPM) :

$$Z: ROP = 3,6672 - 0,0556 * x - 0,0151 * y + 0,0017 * x^2 - 0,0007 * x * y + 0,0001 * y^2 \quad (II.13)$$

X ; représente Yield value en (100/ft²).

y ; représente La vitesse de rotation en Tour par minute.

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour $YV=10$ et $RPM=40$; $ROP_{calculé} = 2.56$ sachant que $ROP_{mesuré} = 0.78$ l'écart=69%

2-9 La vitesse d'avancement en fonction de débit (Q)

Et le poids sur l'outil(WOB) :

$$Z ; ROP = 0,7182 + 0,0019 * x - 0,1184 * y - 1,1193E-6 * x^2 + 0,0003 * x * y - 0,0106 * y^2 \quad (II.14)$$

X ; représente debit en litre par minute.

y ; représente Le poids sur l'outil en (ton).

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour $Q=1800$ et $WOB=10$; $ROP_{calculé} = 2.66$ sachant que $ROP_{mesuré} = 0.78$ l'écart=71%

2-10 La vitesse d'avancement en fonction de débit (Q)

Et la vitesse de rotation(RPM) :

$$Z : ROP = 1,5204 + 0,0005 * x - 0,0211 * y + 3,1587E-7 * x^2 - 2,6267E-6 * x * y + 0,0002 * y^2 \quad (\text{II.15})$$

X ; représente Le debit en litre par minute.

y ; représente La vitesse de rotation en Toure par minute.

Z ; représente La vitesse d'avancement en mètre par heure.

Pour Q=1800 et RPM=30 ; $ROP_{\text{calculé}} = 2.88$ sachant que $ROP_{\text{mesuré}} = 5.35$ l'écart=86%

Les modèles établis pour un seul paramètre ont des précisions relativement faibles (l'écart% élevé), Pour réduire l'écart% et de faire rapprocher davantage les valeurs mesurées à celles issues des modèles nous avons fait introduire dans les équations des modèles deux paramètres de forage, les résultats sont satisfaisant puisque nous avons pu remarquer que l'écart% décroît en fonction du nombre des paramètres introduits dans les équations des modèles.

Conclusions et recommandations

Le forage des puits pétroliers est souvent perturbé par des arrêts imprévisibles générés par des incidents et des attentes (pannes des équipements de surfaces, attente matériels...). Aussi, le mauvais choix des paramètres de forage influe considérablement sur la vitesse d'avancement et par conséquent augmentation des coûts de réalisation du puits.

L'étude s'appuie sur une base des données constituée de 20 puits forés (**phase 8 ½''**) dans la région de HASSI Messaoud.

A cet effet, quinze (05) modèles sous forme des équations simples avec une seule inconnue et 10 modèles avec deux inconnues ont été établis.

Ces équations permettent de calculer la vitesse d'avancement de forage en fonction d'un seul paramètre ou deux paramètres de forage.

Les résultats issus de la pratique pour 20 puits forés dans la région Hassi Messaoud avec ceux issus des modèles montrent que les écarts% sont relativement grands, ces écarts élevés sont justifiés par l'influence limitée d'un seul facteur sur la vitesse d'avancement en absence de la contribution des autres acteurs.

Pour réduire l'écart% et de faire rapprocher davantage les valeurs mesurées à celles issues des modèles nous avons fait introduire dans les équations des modèles deux paramètres de forage, les résultats sont satisfaisant puisque nous avons pu remarquer que l'écart% décroît en fonction du nombre des paramètres introduits dans les équations des modèles

Cependant, il y a lieu de signaler que ces résultats s'appuient sur 20 puits, ce que nécessite l'enrichissement des données et de faire un calage définitif des modèles par la mise en œuvre de ces résultats dans la zone considérée dans les conditions réelles

Bibliographie

[1] DADA-S Choix des paramètres de forage et la minimisation du temps non productif au cours de forage Cas : Hassi Messaoud 2013

[2] Sid-A, Makhlouf-Y Critères de choix des paramètres et la minimisation des problèmes au cours de forage Cas: Champs Hassi Messaoud 2012

[3] JEAN-PAUL-N techniques d'exploitation pétrolières 1993

[4] DOBBI-A cours et travaux dirigés 2014

[5] SONATRACH rapports journaliers 20 puits (2003-2007)

[6] SONATRACH document dévers

ANEXE

Annexe

Annexe

puits	champ	type	appareil de réalisation	année	Profondeur(m)
OMOZ543	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2003	531
MDZ548	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2003	625
MDZ550	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2004	1002
MDZ555	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2004	901
MDZ559	HASSI MESSAOUD	H	ENF/16	2005	631
MDZ565	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2006	523
MDZ585	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2004	1068
OMKZ103	HASSI MESSAOUD	H	ENF/16	2005	597
OMNZ242	HASSI MESSAOUD	H	TP/137	2005	595
OMNZ703	HASSI MESSAOUD	H	TP/137_TP/127	2007	580
OMNZ833	HASSI MESSAOUD	H	ENF/21_ENF/15	2005	654
OMOZ131	HASSI MESSAOUD	H	ENF/21	2006	1119
OMOZ411	HASSI MESSAOUD	H	ENF/21	2006	957
OMOZ441	HASSI MESSAOUD	H	ENF/21	2005	729
OMOZ472	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2004	845
OMOZ522	HASSI MASSOUDE	H	ENF/21	2006	861
OMP451	HASSI MESSAOUD	H	TP/127	2006	1045
ONMZ103	HASSI MESSAOUD	H	ENF/16	2004	1137
ONMZ263	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2003	701
ONMZ201	HASSI MESSAOUD	H	ENF/28	2003	745