

N° Série : ...../2020

Université Kasdi Merbah Ouargla



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

**Département de Production des Hydrocarbures**

## **MEMOIRE**

**Pour obtenir le Diplôme de Master**

**Option : Production Académique/ Professionnel**

Présenté Par :

**AISSANI Sami, SAOULI Issam**

-THÈME-

---

**Perforation avec la méthode PURE charge et leur  
influence sur l'injectivité dans le champ Ourhoud**

---

Soutenue le : / 09 / 2020 devant la commission d'examen

Jury :

Président :

Rapporteur : *M<sup>elle</sup>*. ROBIE Sara

Docteur

Univ. Ouargla

Examineurs :

## **REMERCIEMENTS**

*A l'occasion, du parachèvement de notre travail, Nous remercions tout d'abord DIEU qui nous a donné la force pour terminer ce travail et pour sa grâce tout au long de notre vie estudiantine et personnelle.*

*Nous remercions également tous les enseignants du département, le doyen de la faculté DOUBBI, son adjoint Mr CHATTI Djamel, et notamment ceux de l'option production et le chef du Département: Mr. BENSACI et Mr. GHARIB.*

*Un grand remerciement spécial pour notre enseignant Mme. ROBIE Sara pour sa générosité et ses conseils.*

*Notre respect aux membres du jury qui nous fera l'honneur d'évaluer notre travail.*

*Nous témoignons notre profonde gratitude a monsieur le Directeur de champs  
OURHOUD.*

*Nous tenons à remercier monsieur chef de Département puits et monsieur le chef de Département technique puits de nous avoir faciliter la tâche pour la réalisation de cette étude.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements:*

*Aux contremètre du service mesure pour nous avoir suivis tout au long du notre recherche,*

*À messieurs HARRIDA Youcef,*

*Aux ingénieurs du service intervention pour son large soutien et le temps bénéfique qu'il nous a consacré. À messieurs:Mr. BOUDJAMAA et Mr. DABBA*

*Sans oublier, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail A ma très chère Maman  
À mon cher père « رحمه الله ».  
Qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'encourager.*

*Aussi à mes frères et mes sœurs :  
Asma, Taha, Younes, Amine, Naila, Sara et cher Oussama*

*A tous mes amis pour leur nous soutien .*

*Aussi pour mon binôme Mr.AISSANI Sami, C'était une bonne  
expérience de travaillé avec vous.*

*A mes cher enseignants, Mme. ROBIE Sara et les enseignants  
de faculté hydrocarbures Ouargla.*

*MERCI*

*Mr.SAOULI ISSAM*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail avant tout à la lumière de ma vie, la source de mon bonheur et le guide de mon chemin à : mes très chers parents.*

*Que je ne saurais jamais remercier assez pour leurs sacrifices et leur présence durant mes études et toute ma vie.*

*A mes frères : Mouad ,Zoubir,Safouane ,Tayssir.*

*A mes soeurs : Afaf ,Safia,Salwa , Ferdous.*

*A toute ma grande famille : AISSANI et KHAMIS.*

*A mes amis proches et A toute les personnes du département de Production.*

*Aussi pour mon binôme Mr.Issam SAOULI, C'était une bonne expérience de travaillé avec vous.*

*A mes cher enseignants, Mme ROBIE Sara les enseignants de faculté hydrocarbures Ouargla.*

*MERCI*

*Mr.Sami AISSANI*

## Résumé :

L'endommagement des perfs est un problème important qui influe sur la productivité des puits producteurs ou l'injectivité des puits injecteur. Ce problème apparait soit lors de l'opération de perforation ou après une certaine période de production. Notre étude sert à minimiser ou éliminer le Skin de perforation dû à l'endommagement au niveau des perfs en utilisant la méthode de PURE CHARGE. L'étude de cas sur le puits QB56 est une comparaison entre la nouvelle méthode de Pure charge et la méthode conventionnel de perforation. la méthode de PURE CHARGE avec des charges profilées à pénétration très profonde PowerJet Nova pour fournir la pénétration la plus profonde possible tel que le système PURE pour des perforations propres et un nettoyage plus efficace des tunnels; et la suppression de la tête de tir électronique flexible « eFire » pour des opérations plus sûres et plus économiques. Mots clés : Skin, endommagement, perforation, Pure charge, Power jet nova, Underbalance.

## Abstract :

The damage of perfs is a major problem which influences the productivity of producing wells or the injectivity of injection wells. This problem appears either during the perforation operation or after a certain period of production. Our study serves to minimize or eliminate Perforation Skin due to damage of the perfs using the PURE CHARGE method. In this study a comparison between the new Pure charge method and the conventional perforation method is used for QB56 well. The PURE CHARGE method with PowerJet Nova super deep penetration profiled charges to provide the deepest possible penetration such as the PURE system for clean perforations and more efficient tunnel cleaning; and the elimination of the flexible electronic "eFire" firing head for safer and more economical operations. Keywords: Skin, damage, perforation, Pure charge, Power jet nova, Underbalance.

## ملخص :

يعد تلف ثقب الطبقة الرابطة للبئر مشكلة كبيرة تؤثر على إنتاجية الآبار المنتجة أو حقن آبار الحقن. تظهر هذه المشكلة إما أثناء عملية التنقيب أو بعد فترة معينة من الإنتاج. تعمل دراستنا على تقليل أو القضاء على مشكلة تلف ثقب الطبقة الرابطة للبئر باستخدام طريقة "PURE CHARGE". دراسة الحالة للبئر QB56 هي مقارنة بين طريقة التنقيب "PURE CHARGE" الجديدة وطريقة التنقيب التقليدية. حيث ان طريقة PURE CHARGE مع المفجر من النوع PowerJet Nova لتوفير أعمق اختراق ممكن، حيث يضمن نظام PURE ثقب نظيفة وتنظيف الأنفاق بشكل أكثر كفاءة؛ وإلغاء رأس إطلاق النار الإلكتروني المرن "eFire" من أجل عمليات تنقيب أكثر أمانًا واقتصاديًا. الكلمات المفتاحية: SKIN، تلف، انتقاب، "PURE CHARGE"، المفجر باور جيت نوبا، Unbalance

## Symboles – Abréviations

**PLT** : Production Logging Tool.

**BU** : build up

**$k_w$**  : perméabilité dans la zone d'injection

**$k_o$**  : perméabilité dans la zone à huile

**S** : skin

**$r_i$**  : rayon d'injection

**K** : perméabilité

**$K_e$**  : perméabilité aux abords du puits

**$Q_f$**  : débit volumétrique mesuré dans les conditions de fond

**$\mu$**  : viscosité de fluide

**$K_i$**  : perméabilité du milieu

**h** : hauteur de la couche

**$r_e$**  : rayon de drainage ;  **$r_w$**  : rayon de puits

**$P_G$**  : pression de la limite de drainage du puits

**$P_{wf}$**  : pression à la paroi du puits .

**$S_e$**  : l'endommagement réel aux abords du puits (matrice) ;

**$S_p$**  : la perte de charge due aux perforations ;

**$S_c$**  : l'étranglement de l'écoulement du à la pénétration partielle;

**IP** : productivité

**SH-ORD** : sonatrach- ourhoud

**N-O** : nord- ouest

**S-E** : Sud-Est

**MPFM** : un débitmètre Multiphasique

**TRC** : Tous Risques Chantiers

**WAG** : Water Alternating Gas

**TCP** : Tubing Conveyed perforating

**SPF** : Shots Per Foot

**SPAN** : simulation perforation analysis

**MDT** : Modular Formation Dynamics Tester

**MPLT** : The Memory Production Logging Tool

## Liste des figures

<b>Figure I.1 :</b> Localisation du colmatage.....	6
<b>Figure I.2:</b> L'endommagement au niveau des perforations .....	9
<b>Figure I.3:</b> Courbe représentative de la variation de pression lors d'un Fall Off Test	
<b>Figure I.4:</b> Fall Off Test.....	13
<b>Figure I.5 :</b> Présentation de la chute de pression due à l'endommagement.....	15
<b>Figure I.6 :</b> Formation et extraction .....	16
<b>Figure I.7:</b> Courbe représentative de la variation de pression à l'effet de Skin.....	18
<b>Figure II.1 :</b> Situation Géographique de champs Ourhoud.....	20
<b>Figure II.2 :</b> Partenaires SH-ORD.....	21
<b>Figure II.3 :</b> Récupération secondaire à Ourhoud.....	27
<b>Figure III.1 :</b> Présentation de perforation de Casing.....	30
<b>Figure III.2 :</b> L'étape d'explosion des charges.....	30
<b>Figure III.3 :</b> Caractéristiques des charges explosives.....	31
<b>Figure III.4 :</b> Les étapes de développement des types des charges .....	32
<b>Figure III.5 :</b> tunnel crier par les charge classique.....	32
<b>Figure III.6 :</b> tunnel crier par la Powerjet. ....	32
<b>Figure III.7:</b> canons transporte par cable Wire-Line. ....	33
<b>Figure III.8 :</b> Perforation de Tubing. ....	34
<b>Figure III.9:</b> des charges descendus par Tubing. ....	35
<b>Figure III.10:</b> Perforation en surpression. ....	36
<b>Figure III.11 :</b> Perforation en sous pression. ....	36
<b>Fig. III.12:</b> Ecartement d'une charge par rapport à un tubage. ....	37
<b>Fig IV.1:</b> le changement de SKIN entre les deux méthodes de perforation. ....	41
<b>Fig IV.2:</b> les canaux de perforation avec PURE charge. ....	42
<b>Fig IV.3:</b> Les différentes étapes de perforation avec PURE charge. ....	44
<b>Fig IV.4:</b> Variation de la pression (Perforation conventionnelle). ....	45
<b>Fig IV.5:</b> Variation de la pression (perforation avec PURE charge) .....	46
<b>Fig IV.6:</b> l'installation des charge sure les canaux du système " PURE charge ". ....	46
<b>Fig IV.7:</b> Le montage (Structure) des canaux du système " PURE charge ". ....	48
<b>Fig IV.8:</b> La pression différentielle pour les essais 1 à 4. ....	49
<b>Fig IV.9:</b> La pression différentielle pour les essais 7 à 9. ....	49

<b>Fig IV.10</b> :Débit d'injection d'eau.....	<b>50</b>
<b>Fig IV.12</b> : SPAN pour la productivité par rapport à la densité des charges creux. ....	51
<b>Fig IV.13</b> : Un graphique dérivé du logiciel SPAN. ....	51
<b>Fig IV.14</b> : l'Underbalance de 2 500 psi [17,2 MPa] créé par le système PURE. ....	54
<b>Fig V.1</b> : Diagramme du chargement d'arme à feu pour la perforation sans PURE charge. ....	58
<b>Fig V.2</b> : Diagramme du chargement d'arme à feu pour la perforation PURE charge.....	58
<b>Fig V.3</b> : L'enregistrement de MDT, le changement de la perméabilité dans les différents intervalles de perforations.....	59
<b>Fig V.4</b> : le changement de la perméabilité dans l'intervalle perforer par PURE charge et l'intervalle perforer par la méthode classique.....	61
<b>Fig .V.5</b> : Comparaison du la perméabilité dans la zone 1 et la zone 2.....	62
<b>Fig .V.6</b> : la pression d'injection avant et après l'utilisation de perforation PURE. ....	62
<b>Fig .V.7</b> : Les résultats de MPLT et le profil de la quantité d'eau injecter sur les différents TAGI. ....	64
<b>Fig .V.8</b> : Profile de l'injection d'eau de l puits QB-56. ....	66
<b>Fig V.9</b> : Courbe représentative de la variation de pression de Fall Off Test de puits QB-56..	67
<b>Fig V.10</b> : Courbe Log-Log de les resautes de Fall Off Test de puits QB-56. ....	67

## **Liste des tableaux**

<b>Tab II.1 :</b> Caractéristiques de réservoir de champs Ourhoud. ....	24
<b>Tab III.1 :</b> taxonomie des canons de perforation. ....	36
<b>Tab.V.1 :</b> Data des intervalles de perforation. ....	56
<b>Tab.V.2 :</b> les intervalles de perforation. ....	57
<b>Tab.V.3:</b> le changement de la perméabilité dans les zones de perforation.....	61
<b>Tab.V.4:</b> la quantité d'eau injecter sur les différents intervalles.....	65
<b>Tab.V.5:</b> Les résultats de Fall-Off test.....	68

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	2
<b>Chapitre I : Généralité sur perforation</b> .....	4
I.1 Définition et signification de l'endommagement.....	5
I.2 Localisation de l'endommagement.....	5
I.2.1 Au fond du puits.....	6
I.2.2 la paroi du puits.....	6
I.2.3 Aux abords des puits.....	6
I.2.4 Accumulations de particules.....	7
I.3 L'origine de l'endommagement de la formation au champ Ourhoud.....	7
I.3.1 Endommagement dû à la formation.....	7
I.3.2 Endommagement dû aux opérations sur puits (forage, work-over et Snubing) .....	8
I.3.3 Endommagement dû aux perforations.....	8
I.3.4. Endommagement dû à La pénétration partielle.....	9
I.3.5. Endommagement dû à d'inclinaison (Skin de déviation) .....	9
I.3.6 Endommagement d'Un puits horizontal.....	9
I.3.7 Endommagement dû à la stimulation.....	9
I.3.8 Endommagement dû à l'injection d'eau.....	10
I.3.9 Endommagement du l'exploitation de puits .....	10
I.4 Détection des endommagement.....	11
I.5 Evaluation de l'endommagement au moyen des Essais de Puits.....	11
I.5.1.1 Définition.....	11
I.5.1.2 But des Essais.....	11
I.5.1.3 Objectifs des essais.....	11
I.5.1.4 Les différents types d'essais de puits.....	12
I.5.2 Puits idéal.....	14
I.5.3 Puits endommagé.....	14
I.5.3.1 Notion d'effet pariétal.....	14
I.6. Signification Physique de L'endommagement.....	15
I.6.1 Modification de la perméabilité .....	15
I.6.2 Chute de pression supplémentaire.....	15
I.7 Expression de l'endommagement.....	16

I.7.1	Notion De Skin .....	16
I.7.2	Index de productivité.....	17
I.7.3	L'effet de l'endommagement sur Ip.....	18
	<b>Chapitre II : Champs Ourhoud.....</b>	<b>19</b>
II.1	Situation Géographique.....	20
II.2	Historique de découverte.....	20
II.3	Situation géologique.....	21
II.4	Subdivision géologique du réservoir.....	22
II.5	Formation TAGI .....	22
II.5.1	Le TAGI inférieur (Lower TAGI) .....	22
II.5.2	Le TAGI moyen (Middle TAGI) .....	23
II.5.3	Le TAGI supérieur (Upper TAGI) .....	23
II.6	Caractéristiques de réservoir.....	23
II.7	Procède d'exploitation du champ .....	24
II.7.1	Système de production d'huile.....	24
II.7.2	Traitement de pétrole brut.....	24
II.7.3	Expédition du brut.....	24
II.7.4	Système gaz lift.....	25
II.7.5	Système d'injection de gaz.....	25
II.7.6	Système d'injection d'eau.....	25
II.7.7	Water Alternating Gas (WAG) .....	25
II.7.8	Système satellites.....	25
II.7.9	Récupération secondaire à Ourhoud.....	26
II.8	Des problèmes des dépôts .....	27
	<b>Chapitre III : Perforation conventionnelle.....</b>	<b>28</b>
III.1.	Introduction.....	29
III.2.	Définition de la perforation.....	29
III.3.	Principe de travail .....	29
III.4.	Mécanisme de perforation du casing .....	29
III.5.	Composition de la charge creuse .....	30
III.6.	Type des charges.....	32
III.7.	Type de canon .....	33
III.7.1.	Canons transporters par cable "Wire Line Conveyed Guns" .....	33

III.7.2. Support de charges pour tubing descendu par câble “Through-Tubing Hollow Carrier Guns ” .....	33
III.7.3. Canons descendus à l’aide de tubings “Tubing Conveyed Perforating TCP” .....	34
III.8. Performance des charges.....	36
III.8.1. Perforation en surpression “Overbalanced” .....	36
III.8.2. Perforation en sous pression “Underbalanced” .....	36
III.8.3 Pénétration.....	37
III.8.4 Diamètre du trou .....	37
III.8.5 La perforation conventionnelle à des problèmes majeure.....	37
<b>Chapitre IV : Perforations par la méthode « PURE CHARGE ».....</b>	<b>39</b>
IV.1. Introduction .....	40
IV.2. Pourquoi le PURE a été créé.....	40
IV.3. Applications .....	40
IV.4. Les avantages .....	40
IV.5. But de l’utilisation de PURE charge .....	41
IV.6. Un Underbalance dynamique augmente la productivité .....	41
IV.7. Technique de Pure charge .....	42
IV.8. Principe de de technique Pure charge .....	43
IV.9. La différence entre la perforation conventionnelle et la perforation avec PURE charge.....	45
IV.10. Montage durant l’utilisation du système “ PURE charge” .....	46
IV.11. Le nettoyage des perforations est indépendant du Underbalance (sous-équilibre) initial .....	49
IV.12. La conception personnalisée produit des résultats positifs(résultat réussi).....	50
IV.13. Etude de SPAN (Simulation Perforation Analysis) .....	50
IV.14. Système de perforations PURE Clean : Étude de cas par Schlumberger.....	51
IV.14.1. Détails.....	51
IV.14.2. Perforer l’intervalle horizontal du réservoir d'eau profonde (Deepwater Reservoir) .....	51
IV.14.3. Obtenez une pénétration extra profonde et propre avec un contrôle flexible.....	53
IV.14.4. Dépasser les attentes de injectivités avec une configuration optimale perforante....	53

<b>Chapitre V : Etude d'un cas « puits QB-56».....</b>	<b>55</b>
V.1. Historique de puits QB-56.....	56
V.2. Déroulement de l'opération de PURE charge.....	56
V.3. Diagramme du chargement d'arme à feu (Gunloading Diagram) .....	57
V.4. L'enregistrement de MDT (Modular Formation Dynamics Tester) .....	60
V.5. Les résultats de MPLT.....	63
V.6. Les résultats de test FALL OFF.....	66
<b>Conclusion .....</b>	<b>70</b>
<b>Recommandation.....</b>	<b>72</b>
<b>Annexe</b>	
<b>Bibliographie</b>	

# **Introduction**

## Introduction

Le pétrole et le gaz constituent la matière première la plus demandée dans le monde entier, donc ils jouent un rôle très important dans l'économie mondiale, soit pour les pays consommateurs soit pour les pays producteurs. C'est pour cela l'Algérie a consacré une grande importance au secteur des hydrocarbures, depuis sa nationalisation en février 1971.

Afin d'obtenir les hydrocarbures sous la forme que nous pouvons utiliser dans notre vie quotidienne, nous devons passer par un processus différent commençant par l'exploration: c'est-à-dire rechercher les endroits où la topographie du sous-sol permet de piéger les hydrocarbures. L'exploration du pétrole consiste à étudier la géologie pétrolière, géophysique et Les sismique. tel que :

- Les étude géologique : Les caractéristiques géologiques des gisements pétroliers diffèrent en fonction de leur âge, de leur profondeur et de leur thermique.
- Les étude géophysique : La sismique réflexion est la méthode principale , les études géologique s'intéressant a la formation des gisement et l'étude des structures internes c'est la géophysique.
- Les sismique : sur terre avec les camion vibreur (les donnée sont enregistrera laide sismographe ) et sur marine avec un bateau (les onde sismique ce capte par les géophone).

Le forage est la seule méthode pour confirmer la présence d'hydrocarbures et pour définir : la qualité de l'effluent du puits (huile saturée de gaz eau, la perméabilité du réservoir et la production potentielle et la quantité d'huile.

La complétion d'un puits de forage est l'ensemble des opérations de finition du puits, qui doivent permettre sa mise en service optimale, que ce soit en production, en injection (pour la fracturation) ou en observation.

la production de pétrole et de gaz est la phase la plus longue du cycle de vie du puits et de la vie du champ pétrolifère.

L'exploitation de ces richesses qui se trouvent à des cotes profondes nécessite l'installation d'un système qui va assurer la production de ces réserves vers la surface avec un débit optimum en toute sécurité. tel que : 40% des réserves exploiter de manière primaire par simple pompage et moins 60% sont exploiter en injectant de l'eau ou de gaz et 2% utilisant de méthode de récupération triaire les réserves ne constituant qu'une partie de ressources estimé.

Cette production peut être diminuée à cause de la chute de pression ou de la diminution de la perméabilité. Cette dernière peut être le résultat de L'endommagement d'une formation, et il

peut revêtir plusieurs formes on peut les diviser en 3 aspects : mécanique, physico-chimique et organique.

L'endommagement des perfs est un problème important qui influe sur la productivité des puits producteurs ou l'injectivité des puits injecteur.

Ce problème apparait soit lors de l'opération de perforation ou après une certaine période de production .

Cette étude sers à minimiser ou éliminer le Skin de perforation dû à l'endommagement au niveau des perfs en utilisant la méthode de PURE CHARGE.

Notre travail est deviser en 5 chapitres:

Le chapitre **1** faire l'objet d'une recherche bibliographique approfondie sur l'endommagement de de la formation au champ Ourhoud.

Dans Le Chapitre **2** s'occupe de la définition géologique de notre réservoir. Dans ce chapitre on trouve des informations sur champs d' **Ourhoud**, sa structure géologique, les procédures d'exploitation et les différents problèmes de son exploitation.

Le chapitre **3** faire l'objet d'une recherche bibliographique approfondie sur opération de perforation.

Le chapitre **4** présente l'objectif principal de ce travail qui est la méthode de Pure Charge et leur application au niveau de différents part de monde.

Dans le dernier chapitre (**5**) on fait l'utilisation de la méthode de Pure Charge au niveau de champ Ourhoud. une étude de cas sur QB 56 : puits injecteur .Et comparative entre deux zone sure le même puits l'un perforer avec l'utilisation de Pure Charge et l'autre sans Pure Charge.

Finalement on termine le mémoire par une conclusion générale et quelques recommandations.

# **Chapitre I**

## **Généralité sur perforation**

**I.1 Définition et signification de l'endommagement :**

L'endommagement représente toutes les incrustations que ça soient minérales ou organiques pouvant altérer la perméabilité naturelle par leur déposition à l'intérieur du réservoir ou en obturant les perforations voire même le Tubing de production.

La mise en évidence d'un endommagement se fait par la constatation d'une baisse de température, de pression et de débit (ex: les asphaltènes). Il s'exprime par la baisse de l'indice de productivité et par le coefficient d'endommagement (le Skin) lorsque celui-ci est positif.

L'endommagement d'une formation peut revêtir plusieurs formes dont on citera:

- Un aspect mécanique aux particules solides ayant pénétré dans la formation (particules provenant de la formation elle-même, particules introduites et transportées par l'invasion des fluides étrangers lors des diverses opérations effectuées dans le puits).
- Un aspect physico-chimique dû à l'action du filtrat sur la formation elle-même et/ou sur les effluents qui y sont contenus.
- Un aspect organique dû à l'action du filtrat, ou du chlorures d'hydrogène lors des traitements sur les fractions lourdes de certains bruts.

Eventuellement, un endommagement peut être causé à la suite d'une combinaison des facteurs cités ci-dessus. [10]

**I.2 Localisation de l'endommagement:**

L'endommagement est défini comme étant un obstacle empêchant l'écoulement des fluides du réservoir vers le puits, le schéma ci-dessous illustre parfaitement les zones de localisation de l'endommagement tenant compte de la configuration du puits.

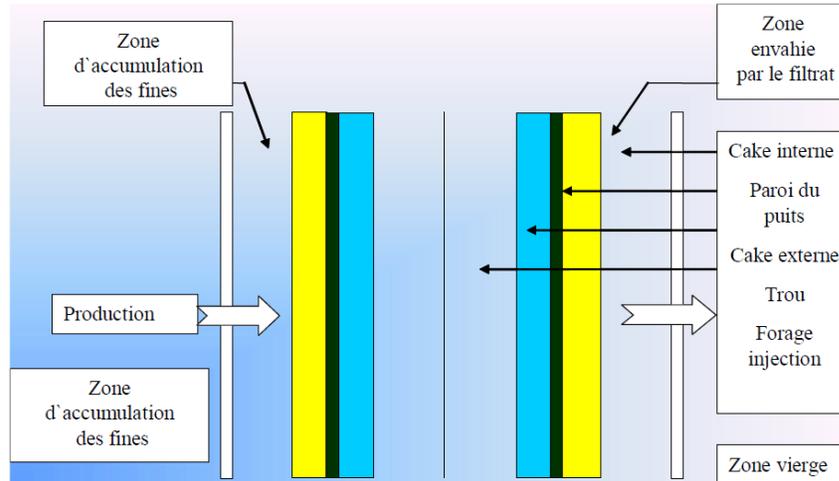


Figure I.1 Localisation du colmatage

### I.2.1 Au fond du puits :

Généralement, on trouve des dépôts constitués par des sédiments d'origine diverses (Particules issues de la formation, produits de corrosion des équipements) ou des précipités (sels, paraffines, asphaltènes).

### I.2.2 la paroi du puits:

#### I.2.2.1. Cake externe:

Le cake externe est formé de particules solides minérales ou organiques déposées lors du forage sur la paroi du trou, consolide les parois du puits, réduit l'infiltration de la boue dans la formation. Son élimination se fait mécaniquement par grattage ou chimiquement par lavage aux solvants ou aux acides.

### I.2.3 Aux abords des puits:

#### I.2.3.1. Le cake interne:

Le cake interne est constitué par de fines particules solides provenant de la boue, du ciment et des fluides de complétions, se localise dans une très mince couronne aux abords immédiats du puits et bloque les pores, rendant le milieu peu perméable.

#### I.2.3.2. La zone envahie :

Au-delà du cake interne se trouve la zone envahie par les filtrats de la boue et du ciment, qui vont modifier l'environnement naturel du milieu poreux. On peut ainsi observer

- Changement de mouillabilité

- Formation d'émulsions
- Gonflement et /ou délitage des argiles
- Précipitations diverses (minérales et parfois organiques) en cas d'incompatibilité d'un filtrat avec les fluides en place.

**I.2.4 Accumulations de particules :**

Divers types de particules organiques résultant des modifications des conditions thermodynamiques liées à la production, peuvent être la cause de colmatage du réservoir.

**I.3 L'origine de l'endommagement de la formation au champ Ourhoud :**

Le diagnostic de l'origine et du type de l'endommagement est vitale pour le choix d'un bon traitement. Plusieurs causes sont à l'origine de l'endommagement empêchant ainsi les puits de produire avec un potentiel optimum. Ces facteurs peuvent être soit apparentés à la production même, soit aux opérations Work-Over, Snubbing et les opérations de forage. [4]

**I.3.1 Endommagement dû à la formation :**

Cet endommagement est la cause principale d'abaissement de la productivité des puits, il est caractérisé par deux importants paramètres, sa composition et sa localisation.

Dans le domaine pétrolier on retrouve plusieurs types d'endommagement, parmi les quels nous citerons: [7]

- a) **Dépôts de sel** : le changement de température et de pression associé à la production, engendre la précipitation de sel des fluides de formation richement salés.
- b) **Dépôts des sulfates** : Les sulfates sont des dépôts difficiles à enlever chimiquement. Ils se forment principalement à cause de l'incompatibilité entre les eaux d'injection et l'eau de formation. Ils peuvent être présents dans le tubing, dans les perforations et même dans la formation.
- c) **Migration des fines** : Lors de la production, quand le débit choisi est grand et l'écoulement est turbulent, il se produit la migration des particules fines (des argiles, des sables...) de la formation vers les abords de puits provoquant un bouchage des perforations d'où la baisse de la productivité.
- d) **Dépôts organiques (les asphaltènes)** : le dépôt d'asphaltènes est un problème dans la production de champ de d'Ourhoud. Il cause un problème de production très sérieux. Ces dépôts se localisent dans le tubing, dans les crépines, au niveau des perforations et dans la formation.

e) **Gonflement des argiles:** qui est due à l'invasion du filtrat des boues à base d'eau, workover et les fluides de complétion, ce qui trouble l'équilibre entre l'eau de formation et l'argile, qui se gonfle et réduit sévèrement la perméabilité.

### **I.3.2 Endommagement dû aux opérations sur puits (forage, Work-Over et Snubing) :**

Pour des normes de sécurité les opérations de forage, Work-Over et parfois de Snubbing sont exécutées en tuant le puits et ceci en utilisant une boue à base d'huile qui peut provoquer un endommagement sévère.

#### **I.3.2.1. Le colmatage des perforations :**

Au cours des opérations de WorkOver ou de Snubbing, un filtre cake se forme toujours dans les perforations.

#### **I.3.2.2. Changement de mouillabilité :**

La mouillabilité est l'aptitude des parois à être recouverte préférentiellement d'un film d'huile ou d'eau. Les solvants et les tensioactifs présents surtout dans le filtrat des boues à émulsion inverse peuvent altérer la mouillabilité de la roche, la formation devient donc mouillable à l'huile ce qui diminue la perméabilité relative à l'huile.

#### **I.3.2.3. Water Block :**

Le phénomène de Water Blocking peut être défini comme un obstacle au flux des fluides de réservoir et il est causé par l'augmentation de l'eau aux abords du puits ainsi cette augmentation se traduit par une baisse de perméabilité relative à l'huile ou au gaz. Il se produit par suite de l'invasion de la boue dans la formation au cours du forage ou pendant les travaux de chantier (Work Over, Snubbing) ou bien pendant la production avec un WOR élevé.

Le Water Block a autant de chances de se produire que :

- La perméabilité de la couche est plus faible.
- La pression de la couche est moins élevée.

### **I.3.3 Endommagement dû aux perforations :**

La plupart des opérations de perforations sont en Over-balance ce qui conduit à la formation d'un filtrat de cake dans les tunnels de perforations causant ainsi un skin (Figure I.2) et une baisse de pression aux abords des puits, dit le colmatage des perforations  $S_p$  : Effet de perforation, dû la pénétration des charges et à leur densité de tir.

$$S_p = \frac{1-R_p}{R_p} \left( \text{Ln} \frac{r_e}{r_w} - 0.75 \right)$$

$r_e$ : Rayon de drainage.

$r_w$ : Rayon du puits.

$R_p$ : Rayon de pénétration.

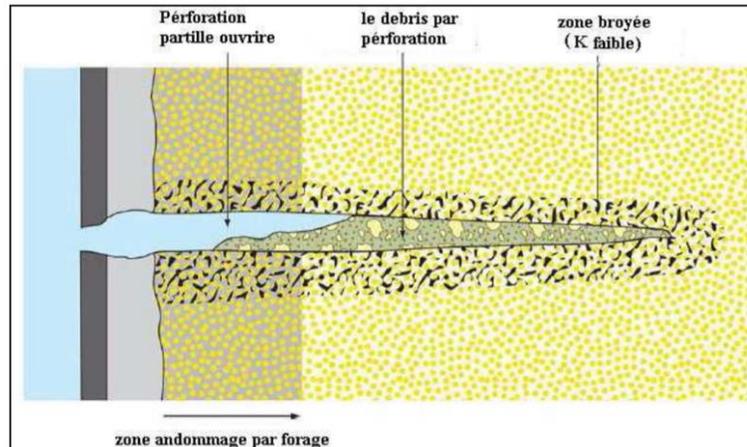


Figure I.2: L'endommagement au niveau des perforations

### I.3.4. Endommagement dû à La pénétration partielle :

La perforation d'une partie seulement de la hauteur du puits provoque une restriction des lignes d'écoulement aux abords du puits. Elle contribue à l'existence d'un skin positif (pseudo skin  $S_c$ ) qui varie en fonction de l'épaisseur de la formation, du diamètre du puits et de la hauteur perforée.

### I.3.5. Endommagement dû à d'inclinaison (Skin de déviation) :

L'inclinaison du puits améliore les écoulements aux abords du puits, elle contribue à un skin négatif.

### I.3.6. Endommagement d'Un puits horizontal :

Un puits horizontal peut sous certaines conditions être traité comme un puits vertical affecté d'un skin négatif dû à l'amélioration apportée aux écoulements.

### I.3.7 Endommagement dû à la stimulation :

Dans le cas d'une acidification, l'endommagement est causé par des réactions Secondaires si l'acide utilisé n'est pas évacué à temps (très rapidement).

Après une fracturation hydraulique, la fracture soutenue peut être bouchée partiellement par le fluide transportant les agents de soutènement (gel de frac). Aussi améliore considérablement les écoulements aux abords du puits, elle conduit à un skin négatif.

**I.3.8 Endommagement dû à l'injection d'eau :**

L'injection d'eau dans le champ Ourhoud est très nécessaire soit pour le maintien de pression ou bien pour le dessalage. Mais dans certains cas cette eau cause des problèmes dans le réservoir tels que[4] :

- ✓ Saturation en eau aux abords du puits si le débit d'injection n'est pas bien contrôlé (Water-Block).
- ✓ Blocage par des dépôts de sulfates (Scale) dû à l'incompatibilité de l'eau d'injection et celle de la formation.

L'injection d'eau va abaisser la température, ce qui peut favoriser la formation :

- ✓ De précipité ou de dépôts (les asphaltènes ; paraffine, ...) suite à la baisse des seuils de solubilité ;
- ✓ D'émulsion ;
- ✓ Des dépôts de sulfates dus à l'incompatibilité de l'eau d'injection et celle de la formation.

**I.3.9 Endommagement du l'exploitation de puits :****➤ Cas du puits producteur:**

Les endommagements naturels sont généralement associée à la production. La vitesse important des fluides près du puits peut causer la migration d'argiles et crée un effet de clapet restreignant la production, la chute de pression conséquente près du puits durant la production peut provoquer la précipitation de Scales, paraffines, et asphaltant.

**➤ Cas des puits injecteurs:**

L'endommagement des puits injecteurs peut provenir:

- Des argiles.
- De l'huile.
- Des bactéries.

Dans les puits injecteurs, les solides en suspension dans le fluide injecté (eau) peuvent à nuire à l'injectivité; il est donc important de connaître la qualité et la composition des eaux d'injection et eaux de la formation. Le mélange d'eaux de différentes provenances pour l'injection doit être fait avec précaution en raison des réactions chimiques possibles entre des eaux incompatibles provoquant la précipitation de produits qui peuvent boucher le puits. Le mélange d'eau contenant des sulfates avec de l'eau de formation contenant du Broyum créera des précipités de sulfates de Baryum miscibles. Des produits de

décomposition de bactéries peuvent apparaître et les traitements par bactéricides s'avérant nécessaire.

#### **I.4 Détection des endommagement :**

Plusieurs méthodes d'usage très classique sont disponibles dont nous retiendrons[8] :

- Echantillonnage et analyses de laboratoire,
- Essais de puits,
- Historique complet des puits,
- Analyse du système de production.
- Diagraphie de production (PLT ...) : Les diagraphies de production jouent un rôle très important pour la détection des endommagements. Le PLT par exemple permet de savoir la participation de chaque banc perforé à la production totale du puits, donc une bonne localisation de l'endommagement.

#### **I.5 Evaluation de l'endommagement au moyen des Essais de Puits :**

##### **I.5.1.1 Définition :**

On entend par essais de production d'un puits l'ensemble des dispositions prises pour mesurer un certain nombre de grandeurs relatives aux couches traversées. [8]

##### **I.5.1.2 But des Essais :**

Le but des essais est :

- Evaluer la capacité de production, ou potentiel, de chaque puits.
- Contrôler l'efficacité des opérations de mise en production.
- Déterminer le taux de production efficace de chaque puits.
- A partir de ces résultats confrontés avec les conditions économiques, déduire les règles d'une exploitation optimale du gisement.

##### **I.5.1.3 Objectifs des essais:**

- Déterminer la nature et les caractéristiques de l'effluent (fluide produit) .
- Mesurer les volumes de cet effluent produit par le puits dans des laps de temps déterminés.
- Mesurer la pression régnant dans le gisement et les pressions en cours de production.
- Evaluer la perméabilité des couches aux abords du puits (zone altérée) .
- Evaluer la perméabilité des couches au-delà de cette zone (K intrinsèque).

### I.5.1.4 Les différents types d'essais de puits :

#### I.5.1.4.1. Drawdown (Essai en débit) :

L'essai en débit est une série de mesures de pression de fond pendant la période de production à un débit qui doit être maintenir constant. Généralement, le puits est fermé avant l'essai pendant un temps suffisant pour atteindre la pression de gisement.

#### I.5.1.4.2. Build Up (Essai en fermeture ou la remontée de pression) :

Le test Build Up est le test le plus utilisé dans le domaine pétrolier, ce test nécessite la fermeture du puits, l'augmentation de la pression de fond en face de la formation doit être mesurée en fonction du temps. L'essai BU décrit la remontée de la pression de fond en fonction du temps après la fermeture du puits.

#### I.5.1.4.3. FALL OFF Test (Essai d' injection):

En Fall Off Test on mesure le déclin de pression correspondant à la fermeture du puits (figure I.3, figure I.4). Ce test est similaire au test du Build Up (pour les puits producteurs). C'est un essai spécifique aux les puits injecteurs. Dans ce cas la fermeture provoque non pas une remontée de pression, comme c'est le cas des puits producteurs, mais un déclin de pression ce qui nous l'allure de la courbe suivant : [8]

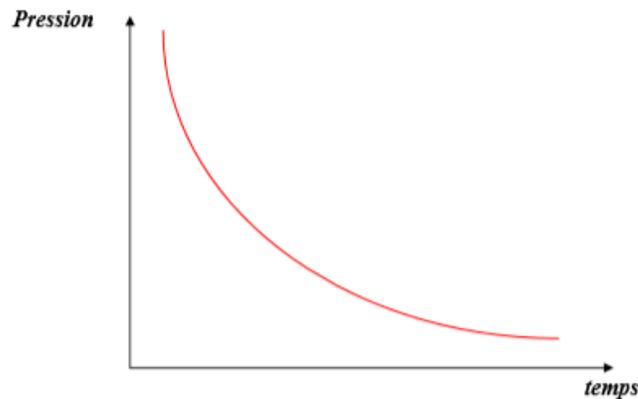


Figure I.3: Courbe représentative de la variation de pression lors d'un Fall Off Test

#### ➤ OBJECTIF DU FALL OFF TEST:

Le but de Fall Off Test, est d'identifier les raisons qui justifient la chute d'injection du puits. Et calcul de l'endommagement possible de la formation qui causer la chute de l'injectivité.

L'objectif de fall off test réalisé sur un puits injecteur est de déterminer les paramètres suivants :

- La capacité du puits.
- La perméabilité dans la zone d'injection  $k_w$ .
- La perméabilité dans la zone à huile  $k_0$ .
- Le skin du puits  $S$ .
- Le rayon d'injection  $r_i$ .

Malgré de son importance, Fall Off test contient des avantages et des inconvénients:

✓ Avantages:

Les débits d'injection sont souvent bien et facilement contrôlés.

✓ Inconvénients:

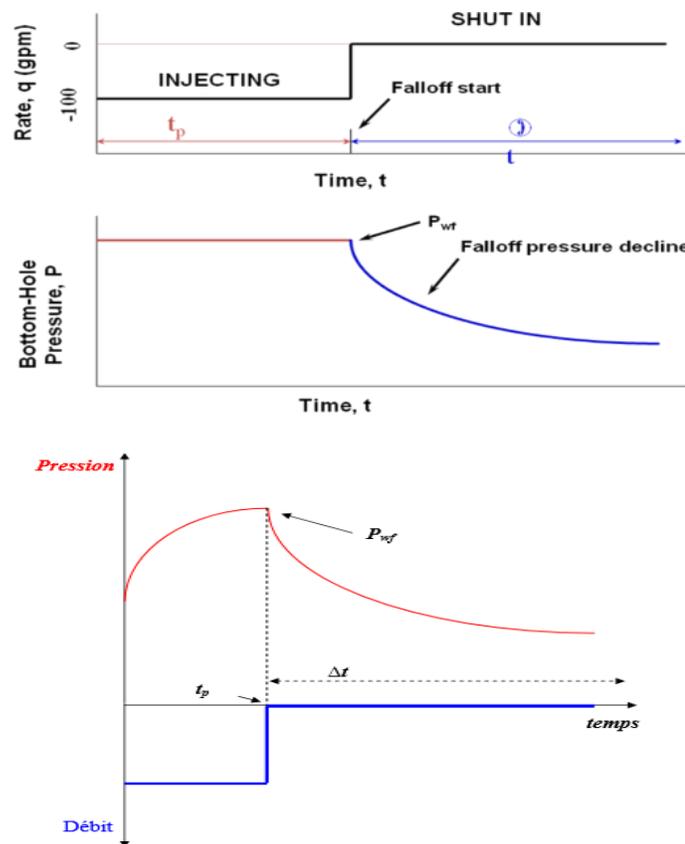


Figure I.4: Fall Off Test

Les analyses peuvent être compliquées, et les résultats erronés due aux l'effets du fluide injecté, sauf, si le fluide est similaire au fluide de la formation.

➤ **PROCÉDURE DE TEST:**

- Remontée du Flapper valve située dans son siège.
- Descente de deux enregistreurs et ancrage dans les sièges.
- Descente de l'EFST (position ouvrer), avec horloge et ancrage dans le siège.
- Mise en injection du puits pendant un temps bien déterminé (2-7 heures).
- Fermeture automatique du fond du l'EFST.
- Fermeture manuelle en surface.
- Enregistrement de Fall Off durant un temps.
- Remontée des enregistreurs de fond.
- Remise en place de la vanne de sécurité de fond.

### **I.5.2 Puits idéal :**

On définira un puits idéal comme un puits de rayon  $a$ , ouvert sur toute la hauteur  $h$  de la couche dont la perméabilité  $K$  n'a pas été altérée.

### **I.5.3 Puits endommagé :**

#### **I.5.3.1 Notion d'effet pariétal :**

La transmission de la pression n'est pas uniforme à travers tout le réservoir, elle est affectée par l'hétérogénéité locale se trouvant aux abords immédiats du puits (3-5 ft), à savoir que la perméabilité aux abords du puits  $K_e$  devient différente de la perméabilité lointaine  $K_i$ .

En conséquence toute diminution de perméabilité aura un effet similaire à une perte de charge ou, en d'autre terme, à une chute de pression constante, celle-ci est appelée « effet pariétal » ou ‘ ‘ **Skin** ‘ ‘ qui peut être déterminé au moyen de tests en régime transitoire. Dans la pratique, la courbe d'évolution de pression d'un puits ne coïncidera pas avec la courbe d'un puits idéal (figure I.5).

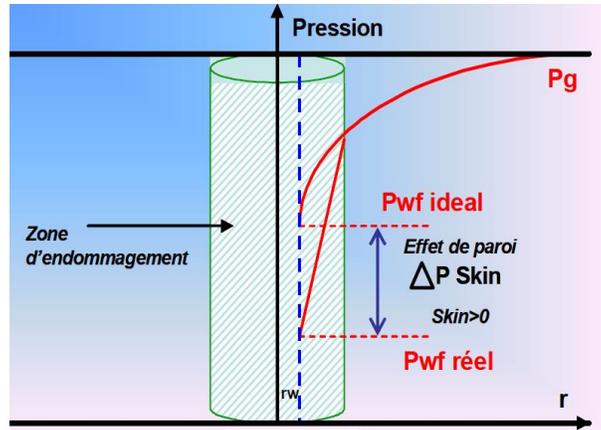


Figure I.5 : Présentation de la chute de pression due à l'endommagement

**I.6 Signification Physique de L'endommagement :**

**I.6.1. Modification de la perméabilité :**

La perméabilité représente la facilité avec laquelle une formation permet à un fluide de la traverser, donc détermine la capacité de production.

La loi de DARCY appliquée à un fluide pour un écoulement radial circulaire permanent, dans un milieu homogène entre la paroi d'un puits de rayon  $r_w$  et sa limite extérieure de drainage de rayon  $r_e$ , permet d'écrire la relation suivante[10] :

$$P_G - P_{wf} = \frac{\mu Q_f}{4\pi K_i h} \left( \ln \frac{r_e}{r_w} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$Q_f$  : débit volumétrique mesuré dans les conditions de fond ;

$\mu$  : viscosité de fluide ;

$K_i$  : perméabilité du milieu ;

$h$  : hauteur de la couche ;

$r_e$  : rayon de drainage ;  $r_w$  : rayon de puits ;

$P_G$  : pression de la limite de drainage du puits ;

$P_{wf}$  : pression à la paroi du puits.

**I.6.2 Chute de pression supplémentaire :**

En effet, les particules solides, les dépôts organiques et la présence des argiles disséminées dans la matrice, sous forme de passées ou de bancs dans les réservoirs  $r_w$  et  $r_e$  seraient une cause indirecte du colmatage des canaux assurant le drainage des huiles vers le puits (figure I.6). Des minéraux argileux (kaolinite, illite) plus ou moins libres sont charriés par l'effluent, viendraient boucher les

pores, ayant pour conséquence des pertes de charges supplémentaires causant ainsi des pertes en production.[10]

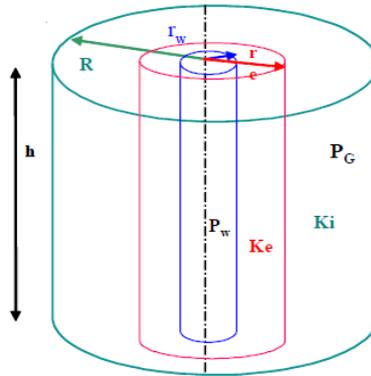


Figure I.6 formation et extraction

Dans le cas d'un colmatage du réservoir, on aura deux couronnes cylindriques de limites  $a$ ,  $r$  et  $R$  et deux perméabilités respectives  $K_e$  et  $K_i$ .

$K_e$  : perméabilité de la zone endommagée ;

$K_i$  : perméabilité de la zone vierge ou non endommagée ;

$r_w$  : rayon du puits ;

$r_e$  : rayon d'endommagement.

Le rayon d'endommagement  $r_e$  représente la zone endommagée, pratiquement le volume du traitement principal est basé sur 1 à 1.5 m de pénétration radial.

Alors d'après l'équation (1) on obtient la chute de la pression due au colmatage de la formation par la formule suivante :

$$P_G - P_{wf} = \frac{\mu Q_f}{2\pi h} \left[ \frac{1}{K_e} \ln \frac{r_e}{r_w} + \frac{1}{K_i} \ln \frac{r_e}{r_w} \right] \dots \dots \dots (2)$$

### I.7 Expression de l'endommagement :

#### I.7.1 Notion De Skin :

La notion de skin, est définie par un facteur sans dimension déterminé par des essais de puits. Il représente les degrés d'endommagement total d'un puits sans toutefois différencier l'endommagement matriciel (que l'acidification peut être une solution) de l'endommagement secondaire causé par la configuration du puits lui-même qui est caractérisé par le coefficient appelé communément le Pseudo-Skin.

Le skin représente une perte de charge supplémentaire ( $\Delta P_{skin}$ ) localisée aux abords du puits.

- $S > 0$  si la couche près du puits est colmatée (perte de charge additionnelle)

- $S < 0$  si la couche près du puits est améliorée.

**I.7.2 Index de productivité :**

L’index de productivité (ou d’injectivité) d’un puits qui est défini comme le débit associé à une dépression entre le fond du puits et le gisement, c’est un potentiel du puits et s’exprime pour un cas d’un liquide dans un écoulement radial circulaire, régime permanent :

$$IP = \frac{Q}{P_G - P_f} \dots \dots \dots (9)$$

L’IP d’un puits en production diminue durant sa production, ceci s’explique par :

- ✓ Turbulence pour un débit important ;
- ✓ L’existence du gaz libre ;
- ✓ Viscosité importante ;

Compressibilité de la roche réduit la perméabilité K.

Il existe deux types d’IP :

- ✓ **IPr** : productivité réelle en  $m^3 /h/ Kg /cm^2$ ;
- ✓ **IPth** : productivité théorique de même dimension.

$$IP_{th} = \frac{Q}{P_G - P_f - P_s} \dots \dots \dots (10)$$

La productivité d’un puits (IP) est fonction de la perméabilité et la conductivité (KH).

En effet, une diminution ou une augmentation de K engendrera directement une diminution ou une augmentation de l’IP.

Si un réservoir présente :  $S > 0$  Alors  $\Delta P_s$  est élevé, K réduit, IP faible d’où chute de débit de production, dans ce cas le puits doit être restauré par stimulation.

**L’effet de l’endommagement sur Ip:**

IPR et l’équation de Hawkins sont essentielles pour comprendre l’effet de l’endommagement de la formation sur la productivité du puits

Pour un puits d’huile L’équation d’**IPR**:

$$q = \frac{Kh(P_G - P_{wf})}{141,2\mu\beta \left( \ln \frac{r_e}{r_w} + S \right)} \dots \dots \dots (11)$$

**q** : débit d’huile conditions de fond (bbl/j) ;

**K** : perméabilité (md) ; **h** : hauteur du réservoir (ft) ; **μ** : viscosité d’huile (cp) ;

**P<sub>G</sub>** : pression de gisement (psi) ; **P<sub>wf</sub>**: pression de fond dynamique (psi) ;

$r_e$  : rayon de drainage (ft) ;  $r_w$  : rayon du puits (ft) ;  $S$  : skin total ;

**I.7.3 L'effet de l'endommagement sur IP :**

IPR et l'équation de Hawkins sont essentielles pour comprendre l'effet de l'endommagement de la formation sur la productivité du puits (figure I.7).

Pour un puits d'huile L'équation d'IPR: [10]

$$q = \frac{Kh(P_G - P_{wf})}{141,2\mu\beta\left(\ln\frac{r_e}{r_w} + S\right)} \dots\dots\dots(11)$$

$q$  : débit d'huile conditions de fond (bbl/j) ;  $K$  : perméabilité (md) ;

$h$  : hauteur du réservoir (ft) ;  $\mu$  : viscosité d'huile (cp) ;

$P_G$  : pression de gisement (psi) ;  $P_{wf}$  : pression de fond dynamique (psi) ;

$r_e$  : rayon de drainage (ft) ;

$r_w$  : rayon du puits (ft) ;

$S$  : skin total ;

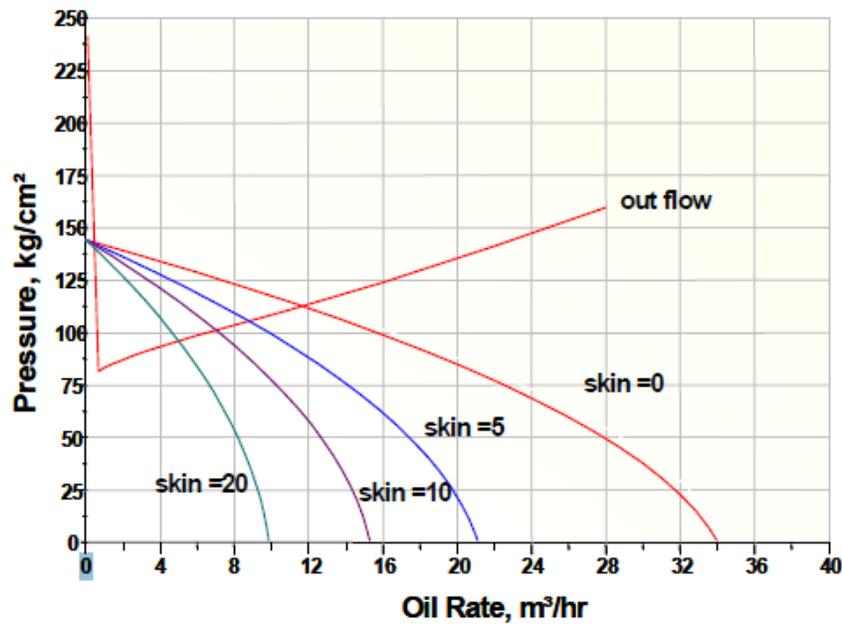


Figure I.7: Courbe représentative de la variation de pression à l'effet de skin

# **Chapitre II**

**champ Ourhoud**

**II.1. Situation Géographique :**

Le champ de pétrole Ourhoud (autrefois appelé Qoubba), est situé au sud du champ d'Anadarko à Hassi Berkine, à 320 km au Sud-Est de la ville pétrolière de Hassi Messaoud et 1200 km au Sud-Est d'Alger. Le champ d'Ourhoud fut découvert en juillet de l'an 1994, est considéré comme le deuxième plus grand gisement en Algérie avec un périmètre d'exploitation de 263,4Km<sup>2</sup>. Le champ d'Ourhoud est délimité par les coordonnées UTM suivantes (Figure II.1) :[4]

X minimum : 405248,9.

Y minimum : 3376147.

X maximum : 426628,4.

Y maximum : 3403776.



**Figure II.1 : Situation Géographique de champs OURHOUD**

**II.2 Historique de découverte :**

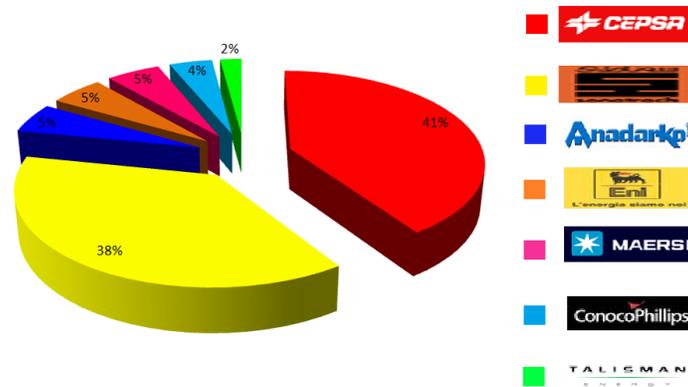
Les premières explorations en matière d'hydrocarbures en Algérie remontent à la fin de l'année 1890 dans le bassin de Chélif. Cependant c'est en 1948 que la découverte à caractère commerciale, et la première fois à Oued Guétrini, à 150Km au Sud d'Alger.

Les explorations au champ Ourhoud ont commencé en Mai 1992 suite à la signature de l'accord entre Sonatrach et Cepsa qui permette l'exploration de bloc 406 dans le bassin de Berkine.

En Juillet 1994 le gisement d'Ourhoud fut découvert, il s'étend sur deux autres blocs le 405 et le 404.

Sonatrach est associée avec six compagnies étrangères dans la mesure où le gisement chevaucher trois blocs (Figure II.2) :[4]

- Sur le bloc 404, Sonatrach est associée à Anadarko (qui a comme associés Agip et Maersk).
- Sur le bloc 406, la compagnie nationale est associée à l'espagnole Cepsa.
- Tandis que sur le bloc 405, elle est associée à Burlington Ressource (qui a comme associé Talisman).



**Figure II.2 : Partenaires SH-ORD**

**II.3. Situation géologique :**

Le gisement d’Ourhoud est situé dans le bassin intra-cratonique de Ghadamès où se trouvent d’épaisses séries Paléozoïques et Mésozoïques. Ces deux séries sont séparées par la discordance Hercynienne.

Le gisement d’Ourhoud est localisé dans les blocs 404/406A/405 du bassin de Ghadamès et contient une huile légère sous saturée dans les grés du Trias Argilo Gréseux Inférieur (TAGI), piégée dans une structure anticlinale faillée. Le réservoir possède des caractéristiques petro physiques de grande qualité.

L’intervalle de production du réservoir est le Trias Argilo gréseux Inférieur (TAGI) situé immédiatement au-dessus de la discordance Hercynienne, qui est généralement rencontré à une profondeur de 3100 mètres dans la région de Qoubba; le point le plus élevé de la structure se situe à -2772 m/NM, et le contact huile/eau est interprété à -3056 m/NM. La hauteur utile moyenne est d’environ 31,5 m. Les valeurs moyennes de porosité et de perméabilité sont respectivement de 15% et 200 mD. L’huile est fortement sous-saturée aux conditions initiales du réservoir, et à une densité de 0,8115 au stockage. La pression initiale du réservoir est de

348,11bar à la profondeur de référence de -2978 m/NM et la température de gisement est de 102°C.[4]

#### **II.4 Subdivision géologique du réservoir :**

L'horizon producteur est constitué par les grès du TAGI, d'âge triasique. Ces grès continentaux ont été déposés par un système fluvio-deltaïque dans une large vallée, situé le long du système de faille Pan –Africain. L'épaisseur totale du TAGI varie de 88 à 108m. La hauteur utile définie par une porosité, tirée de la diaggraphie densité >10% et un Cut-off en rayons gamma de 90°API, varie de 17 à 59m parmi les puits existants.

Les trois unités stratigraphiques principales ont été corrélées avec les sept puits disponibles et décomposées en onze couches dont les caractéristiques réservoirs ont été établis à l'aide des diaggraphies et des mesures sur carottes. Pour chaque couche, les cartes isopaques des hauteurs totales, des hauteurs utiles ainsi que des porosités et des perméabilités ont été établies et introduites dans le simulateur afin de déterminer l'accumulation d'huile en place et d'optimiser le plan de développement du gisement.

Le contact huile eau a été interprété à -3056 m/NM à partir de l'analyse diaggraphiques et de l'interprétation des données de pression (MDT) des sept puits.[4]

#### **II.5 Formation TAGI :**

Cette formation a résulté d'une déposition de matériaux silicate composés essentiellement des dépôts fluviaux. l'épaisseur total du TAGI augmente selon la direction N-O vers S-E allant de 80 jusqu'à 115mètres.

Le TAGI d'Ourhoud est divisé en trois principales unités (couche) :[4]

##### **II.5.1 Le TAGI inférieur (Lower TAGI) :**

Le TAGI inférieur a environ 32-58mètres d'épaisseur et est classé du bas vers le haut à travers un complexe de faciès associés et déposés dans un environnement aride, incluant : tubes provisoire en tresses, dépôts lenticulaires à faible énergie, dépôts éoliens, dépôts marginaux et sur pilotis, plaines d'inondation et dépôts distaux de méandres en forme de cloche.

L'orientation des dépôts de l'intervalle complet du TAGI inférieur donne un trend SO-NE et s'épaissit vers le SE. Ce niveau est formé par les sédiments qui se sont formés sur la discordance Hercynienne. Au dessus du contact huile/eau, les grès de la base et du sommet du TAGI inférieur sont caractérisés par des propriétés réservoir de bonne qualité. Cependant leur étendue latérale dépend des faciès rencontrés c.-à-d. de l'environnement de dépôt.

**II.5.2 Le TAGI moyen (Middle TAGI) :**

L'épaisseur utile du TAGI moyen varie entre 10 et 30 mètres et se compose essentiellement de grès. Les grès montrent deux trends de granulométrie l'une fine et l'autre à grains grossiers homogènes. En général, l'unité réservoir a une direction N-S le long du champ. La qualité du réservoir est excellente et le coefficient  $H_u/H_t$  (hauteur nette/hauteur totale) est partout très élevé. Les environnements de dépôts interprétés incluent des cours d'eau à méandres de forte et faible sinuosité, des cours d'eau en tresses, des plaines d'inondation fluviales et des nappes de sable éoliennes. Ces dépôts sont la preuve d'un épisode correspondant à un transport de sable important et d'un dépôt par de grands cours d'eau. Des strates éoliennes moins importantes existent aussi.

**II.5.3 Le TAGI supérieur (Upper TAGI) :**

Le TAGI supérieur montre une distribution de l'épaisseur totale qui est essentiellement le contraire du TAGI intermédiaire, c.-à-d. où le TAGI intermédiaire est fin, le TAGI supérieur est épais. Il s'épaissit en allant vers S-O et vers N-E de 27 à 42mètres.

Deux axes de dépôts sont définis à l'Ouest et à l'Est du champ. Il en résulte que les niveaux du TAGI supérieur ont des directions de dépôts multiples au sein de l'unité, avec des changements de faciès latéraux très variables. Cette unité représente le dernier stade de dépôt du TAGI avant d'être recouvert par le trias Carbonaté.

Cette période de dépôt commence avec une énergie fluviale élevée qui diminue à la fin du TAGI. Des failles contemporaines pourraient influencer l'épaisseur de l'intervalle.

**II.6. Caractéristiques de réservoir :**

La variation latérale de faciès de réservoir d'Ourhoud n'est pas très importante, avec une épaisseur moyenne de 80 à 100 mètres.

Le maximum d'épaisseur s'enregistre dans la terrasse qui dépasse les 100m, alors que le maximum est à l'Ouest de la partie du champ, 89m dans la partie Sud-Ouest du champ, cette diminution est due à l'érosion lors la genèse des couches.[4]

La superficie de réservoir est de 140Km<sup>2</sup>, avec une profondeur moyenne de 3180m.

Les caractéristiques du Réservoir (Tab II.1).

Tab II.1 : Caractéristiques de réservoir de champs ourhoud

Température de réservoir	102°C
Pression de réservoir	348 bars
Porosité moyenne	16 %
Perméabilité moyenne	200 mD
Degré API	42,5
GOR	64 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Gradient de pression	1,02 psi/m

## II.7 Procède d'exploitation du champ :

### II.7.1 Système de production d'huile :

Le système comprend une collecte de 7 satellites ayant chacun :

- un manifold de collecte pour un certain nombre de puits.
- un débitmètre Multiphasique (MPFM).
- Une connexion de manifold vers la ligne principale de raccordement liant le satellite au CPF.

### II.7.2 Traitement de pétrole brut :

Le pétrole brut provenant des différents puits arrive au CPF à travers 7 satellites.

Arrivé au CPF, le pétrole brut passe par 3 trains composés chacun de :

- Une séparation huile / gaz / eau.
- Un dessalage électrostatique.
- Une stabilisation de brut par distillation atmosphérique.

Le pétrole brut ainsi traité et ramené aux spécifications commerciales (densité, TVR, salinité) est envoyé vers les bacs de stockage.

### II.7.3 Expédition du brut :

A partir des bacs de stockage, le brut est repris par une pomperiez d'expédition et est acheminé par un pipe de 24" vers le pipe 30" OH3 (de SH / TRC) situé à 21Km du CPF et au point kilométrique 0 (PK 0). De là, le pétrole brut produit est acheminé jusqu'à Haoud EL Hamra.

**II.7.4 Système gaz lift :**

Le gaz lift est prévu pour chaque tête de puits BP et comprend un système de distribution individuelle et collective qui suit le système de collecte huile via les satellites correspondants.

**II.7.5 Système d'injection de gaz :**

Les trois puits d'injection gaz, sont situés à l'extrême Nord du champ. Une seule ligne principale alimente le manifold au satellite 7 où le gaz est séparé en 3 lignes de distribution alimentant les puits.

**II.7.6 Système d'injection d'eau:**

L'eau de production traité et l'eau Albion / Barremian sont mélangées en amont des pompes d'injection d'eau. Les pompes délivrent l'eau vers deux collecteurs, un serve les satellites du Nord et l'autre ceux du Sud. Chacun d'eux alimente les lignes d'injection d'eau des puits via un manifold d'injection d'eau sur chaque satellite.

**II.7.7 Water Alternating Gas (WAG):**

L'huile d'Ourhoud est de haute qualité (~43° API) mais elle a un GOR faible, donc une très bonne candidate pour l'injection de gaz miscible qui permet la réduction de la viscosité et de la densité d'huile et le gonflement de celle-ci.

Pour cela Le (WAG) à Ourhoud est mis en application comme processus de récupération secondaire ayant pour but l'accélération et l'augmentation de taux de récupération et surtout assurant un meilleur contact entre le gaz miscible et le volume de réservoir.

Le processus de WAG consiste à l'injection alternative d'eau et de gaz soit six mois pour chacun. QB16 était choisi comme le premier candidat et actuellement ce system est en cour d'exécution pour d'autres puits.

**II.7.8 Système satellites :**

Chaque station satellite possède un système de décomposition concernant la surpression pour l'élimination de vapeur et de liquide en service dans le circuit venant du manifold de production et du manifold de teste.

Au satellite 6, le système de sécurité est monté sur le manifold de production LP, puisque le manifold de teste est conçue pour une estimation plus élevé (600#) afin de faire face à la future condition de fonctionnement du système de production HP.

Le lanceur de pige (Racleur) du trunk line est également protégé par une soupape de sécurité résistant au feu extérieur. Les lignes de refoulement venant de chaque vanne de détente sont envoyées vers une fosse de captation.

Un by passe (ligne de déviation) autour de la soupape de sécurité installée sur le manifold de teste sera employé pour dépressuriser le flow line. Le liquide décomprimé est conduit à une fosse de captation.

Chaque fosse de captation du satellite est dimensionnée pour 259m<sup>3</sup>. Le contenu de la fosse peut être transféré manuellement vers un camion, si nécessaire.

Un collecteur de drain allant vers la fosse de captation est prévu à chaque satellite pour récupérer le liquide résiduel venant du lanceur de pige du trunkline, et le package d'injection chimique.

### **II.7.9 Récupération secondaire à Ourhoud :**

Le scénario de maintien de pression consiste à produire l'eau de l'Albien/Barrémien et puis l'injecter dans les puits injecteurs d'eau qui se trouve dispersés et au périphérique. Il existe aussi la réinjection de gaz dans le sommet du réservoir (Figure II.3 ). Les résultats des testes d'interférence indiquent que l'aquifère est faiblement connecté à la zone à huile dans la direction Est-Ouest car l'existence des failles orientés de Nord-est / Sud-ouest est que l'injection périphérique dans l'aquifère ne peut pas servir de support à la production du centre de champ. En conséquence l'injection d'eau dans l'aquifère au périphérique n'est pas adéquate pour un maintien de pression complet de réservoir ainsi une injection dispersée sur la structure est requise. [12]

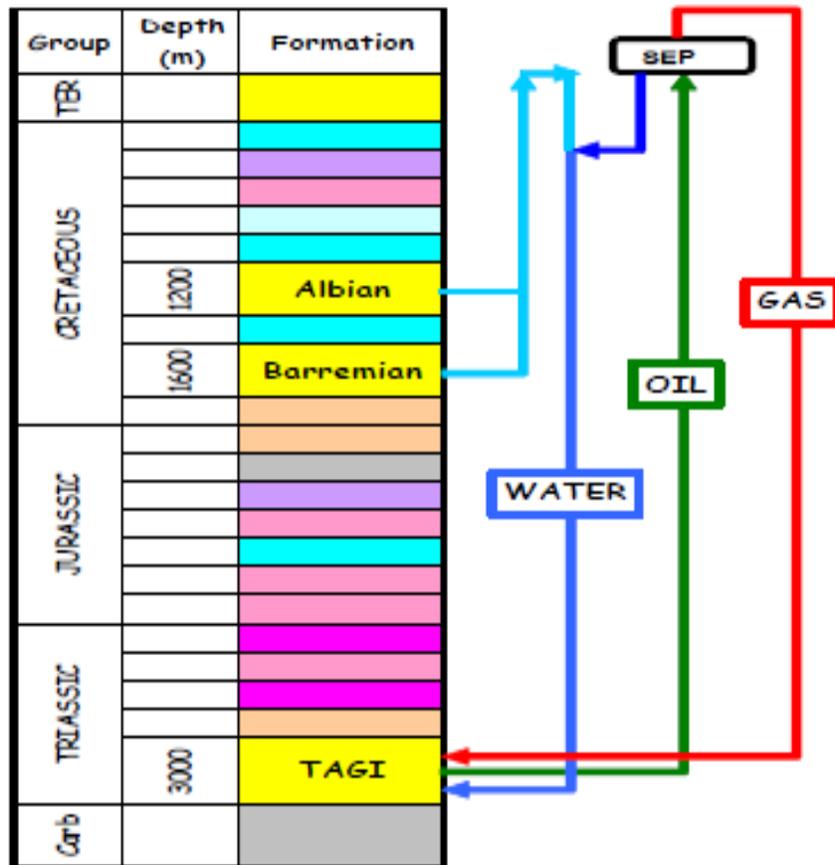


Figure II.3 : Récupération secondaire à Ourhoud

**II.8 Des problèmes des dépôts :**

- Dépôt de sulfate de calcium.
- Corrosion bactérienne.
- Dépôts d’asphaltènes.
- Dépôts de chlorure de sodium.
- Dépôts organiques.
- Venues de sable.

# **Chapitre III**

## **Perforation conventionnelle**

**III.1. Introduction :**

Dans les puits cuvèles il est nécessaire de réaliser une opération de perforation, il existe plusieurs méthodes pour la réaliser, parmi ces méthodes il y'a la méthode des explosifs, qui est basé généralement sur le travail au câble (Wireline électrique), ce type consiste à descendre des canaux à charges explosifs (les charges creuses), qui se diffères d'une société à une autre du coté analyse et design et d'une méthode à une autre du coté géométrie et performance des charges.

**III.2. Définition de la perforation :**

La perforation est l'opération qui permet d'établir une communication des fluides entre le fond du puits (producteur ou injecteur) et la formation, par la création des trous dans le casing qui passent à travers le ciment jusqu'à la formation.

**III.3. Principe de travail :**

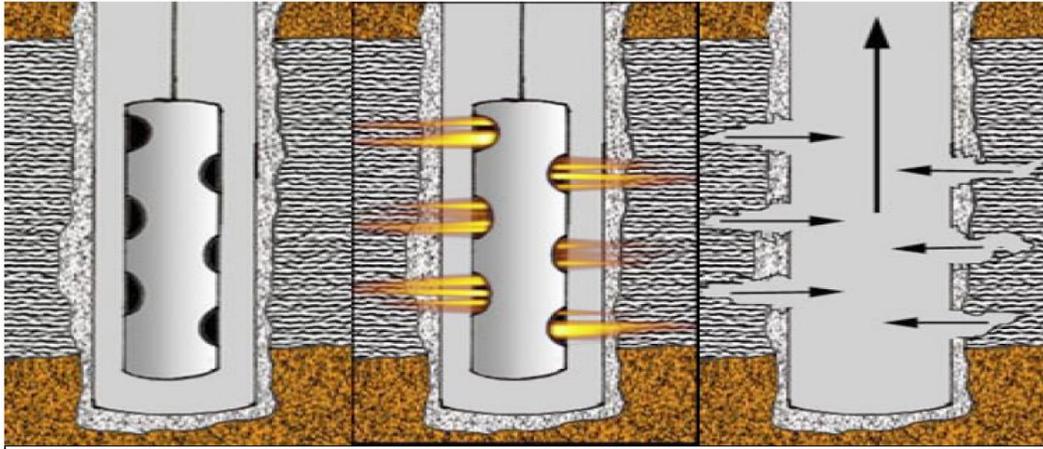
Le principe des perforations à charge creuse est disponible dans n'importe quelle documentation technique ou commerciale du fournisseur. L'ingénieur de la complétion doit faire en sorte que le choix des charges réponde aux conditions du puits tout en fournissant une efficacité de perforation maximum.

Les performances de chaque type de charge sont disponibles chez le fournisseur. Le cordon détonateur qui relie toutes les charges au détonateur dans la tête de puits doit correspondre aux explosifs sélectionnés.

Le détonateur est amorcé par une décharge électrique, lorsque le Wireline est utilisé ou par une goupillé de mise à feu opérée par une tête de tir mécanique ou hydraulique, lorsque l'on descend les charges dans le puits avec les tubings (TCP ou Tubing Conveyed Perforating).[9]

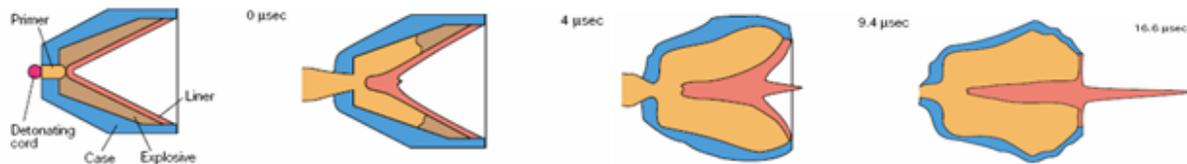
**III.4. Mécanisme de perforation du casing :**

La technologie précédente, en utilisant un pistolet perforant pour faire les tunnels. Le pistolet cylindrique est descendu en bas du cuvelage ou de la colonne de production jusqu'à ce qu'il soit vis-à-vis de la zone du réservoir. Les balles ou les explosifs sont portés par le perforateur et visent les parois du fond du puits, après le tire les trous devient doux et ronds (Figure III.1).[9]



**Figure III.1 Présentation de perforation de casing**

La charge formée par la vitesse élevée crée une pression très élevée de choc de 1.5 million de livre par pouce carré ,à l'entrée de tunnel 150.000 livres par pouce carré pulvérisent la roche adjacente et détruisent la cimentation entre les grains, et crée des tunnels qui sont en général 0.25 à 0.4 pouce de diamètre et de 6 - 12 pouces de longueur (Figure III.2) .



**Figure III.2 L'étape d'explosion des charges.**

### III.5. Composition de la charge creuse :

L'amorce : est un petit explosif secondaire de sensibilité plus élevée, qui assure le déclenchement correct de la charge par le cordeau détonant.

Le cordeau détonant: est aussi un explosif Secondaire contenu dans une gaine externe flexible protectrice. Il est relie aussi au détonateur, qui transmet la détonation à chaque charge creuse.

Le boîtier (l'enveloppe): a pour but de soutenir et garder la pression de détonation de la charge.

Le cône: l'effondrement du cône sous la pression de détonation est l'action critique de la formation

L'explosif: est choisi sur la base de la température désirée de la charge et l'aptitude de l'explosive d'être mécaniquement pressé dans la forme conique de la charge creuse. Plus la

mixture de l'explosif est uniforme et homogène, plus la formation du jet sera meilleure et la pénétration sera profonde (Figure III.3).[9]

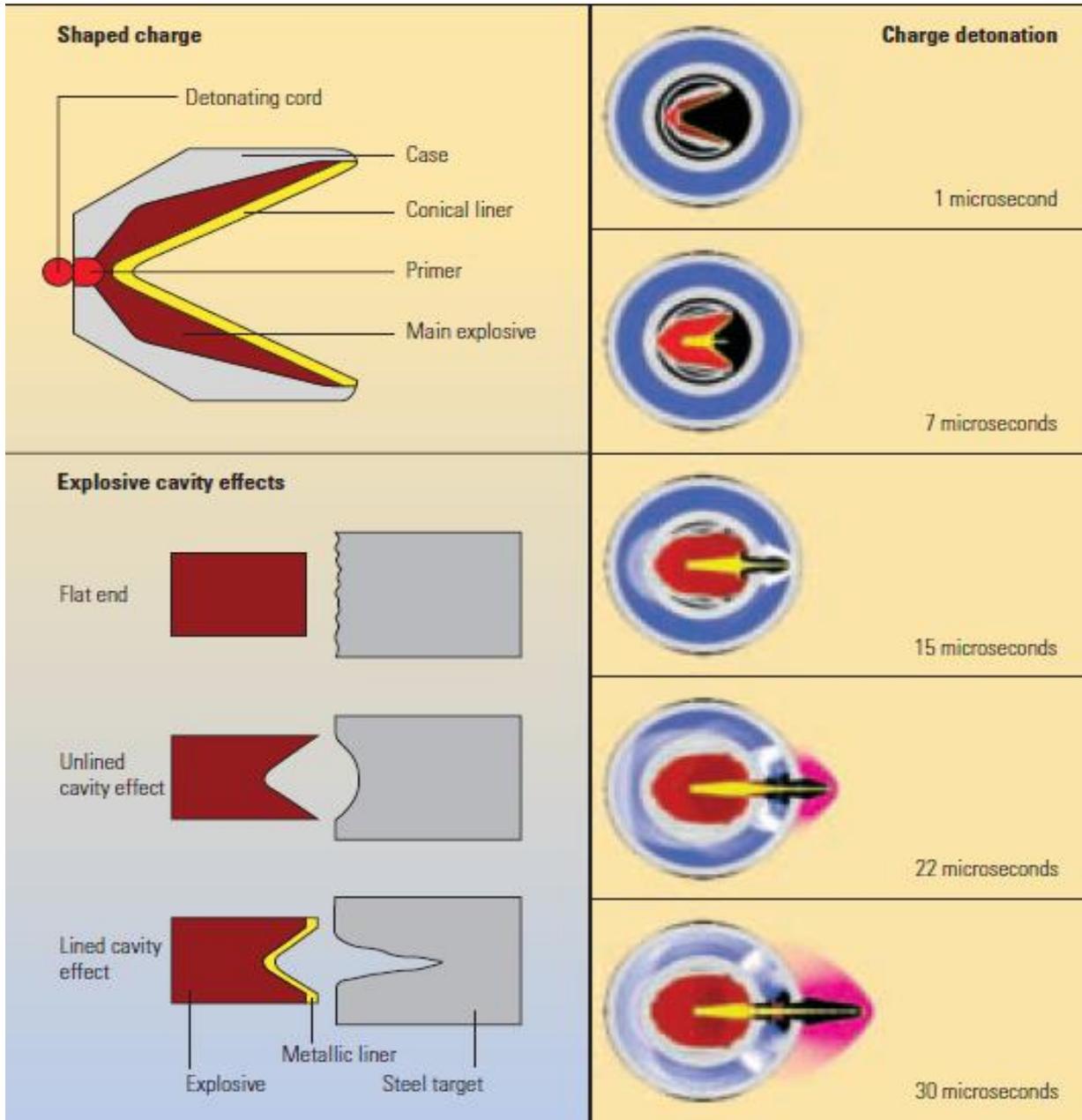


Figure III.3 Caractéristiques des charges explosives

### III.6. Type des charges :

Les différents types de charge utilisés pour la perforation sont plus nombreux parmi lesquels on cite 3 types selon l'histoire de découverte (Figure III.4).



**Figure III.4 Les étapes de développement des types des charges**

Le Powerjet est le plus utilisé car elle a plusieurs avantages :

- Pénétration Plus grande
  - Augmentation de la productivité
  - Plus de chance de rencontrer les fractures
  - Augmentation du rayon effectif du puits
  - Réduit la chute de pression au travers de perfo:
- Retarde la déposition des paraffines et asphaltènes
- Retarde le WorkOver—Optimisation des coûts et réduction des risques
- Amélioration de la qualité des Perforations
  - Plus grande densité de coups avec la même pénétration.
  - Meilleure pénétration par coup.
  - Meilleure productivité



**Figure III.5 : tunnel crier par les charge classique**



**Figure III.6 : tunnel crier par la powerjet**

### III.7. Type de canon :

Il y a 3 types de canons perforateurs :

- ❖ Canons pour casings transportés par câble.
- ❖ Support de charges pour Tubings descendu par câble.
- ❖ Canons descendus à l'aide de Tubing (TCP).

#### III.7.1 Canons transporters par cable “Wireline conveyed guns” :

Ces types de canons sont généralement descendus dans le puits avant l'installation de la colonne de production (Figure III.7) . En conséquence, un déséquilibre hydrostatique ne peut normalement pas être appliqué, bien que dans des complétions simples à gros diamètres certains canons de ce type peuvent être descendus à l'intérieur du Tubing avec un des équilibres hydrostatiques.

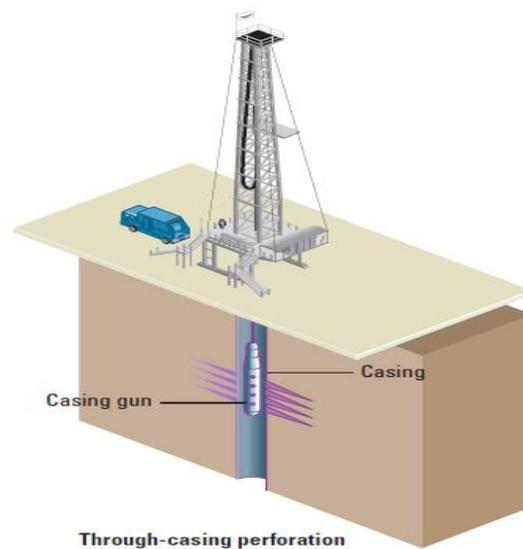
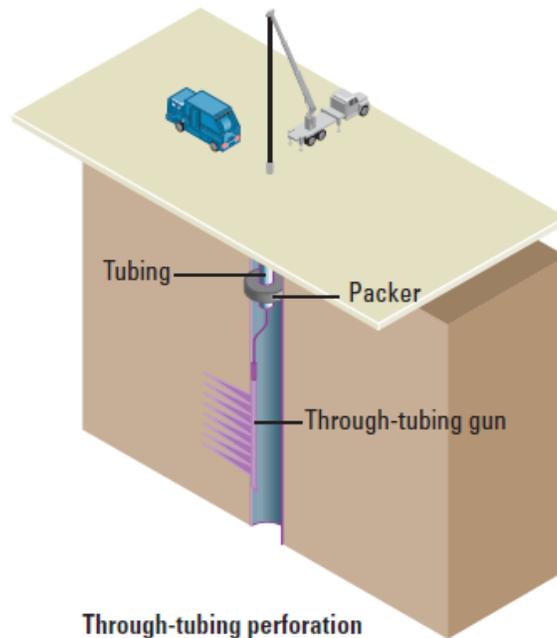


Figure III.7 canons transporte par cable wire line

#### III.7.2 Support de charges pour tubing descendu par câble (Through-Tubing Hollow) :

Ces canons sont une version plus petite que les canons de casing qui peuvent être descendus dans les Tubings (Figure III.8) .la dimension des charges est donc plus petite, d'où des performances inférieures à celles des autres canons. Les perforations se font seulement sur 0° ou 180° avec un maximum de 4 charges par foot sur un canon de 2.1/8'' et de 6 charges par foot pour un canon de 2.7/8'' de diamètres extérieur.

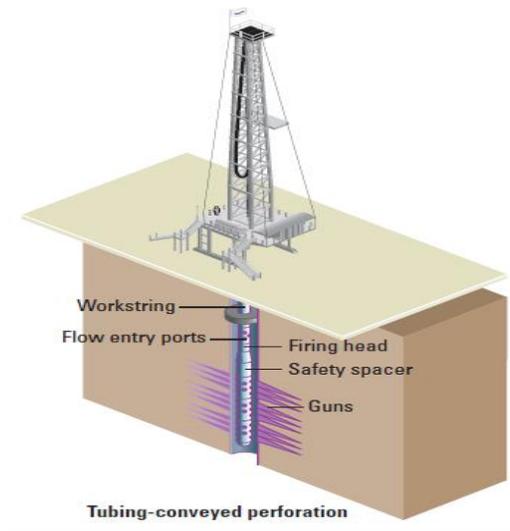
Ils sont normalement installés sur un dispositif ayant un axe décentré à cause de l'espace qu'il peut y avoir entre le tubage et les canons.



**Figure III.8 : Perforation de tubing**

### **III.7.3 Canons descendus à l'aide de tubings "Tubing Conveyed Perforating TCP" :**

Les canons TCP sont une variante des canons de Casing qui sont descendus à l'aide de Tubings permettant d'installer une longueur de canon beaucoup plus importante (Figure III.9). Une longueur de plus de 1000ft est possible (spécialement utile dans les puits horizontaux) ainsi que la perforation sous une extrême dépression sans risque pour les canons de remonter hors du trou. Dans les opérations de complétion ils peuvent être descendus et suspendus à la bonne profondeur avant l'installation de la colonne de production ou être descendus au travers du Tubing à l'aide d'une unité de Coiled Tubing.[9]



**Figure III.9: des charges descendus par tubing**

❖ **Avantages de TCP :**

- ✓ Suppression d'une opération au câble électrique ;
- ✓ Possibilité de perforer sous dépression avec des charges de caractéristique équivalentes aux canons de Casing de gros diamètres.

Les principaux problèmes associés avec les TCP sont :

- ✓ Le positionnement des canons est plus difficile ;
- ✓ Le puisard doit être foré plus profond pour loger la longueur de canons si ils sont largués au fond du puits après la mise à feu ;
- ✓ Une mise à feu ratée à un coût très élevé
- ✓ La détection de la mise à feu est incertaine ;
- ✓ En raison d'une longue période d'exposition suite à un temps de mise en place important, des charges d'une qualité plus importante peuvent aussi être demandées ;
- ✓ Détérioration possible des enregistreurs.[9]

Tab III.1 : Taxonomie des canons de perforation

System pistolet	application		
	Wireline Through Tubing	Wireline Through Casing	Tubing conveyed
Bande	X		
pivot	X		
Pétoncle	X		
Haute efficacité	X	X	
Haute densité de tir	X	X	X

**III.8. Performance des charges :**

**III.8.1. Perforation en surpression “Overbalanced” :**

Si le puits doit être perforé en surpression, un contrôle strict du fluide utilisé sera alors nécessaire pour s’assurer qu’il est compatible avec le type de formation et les fluides du réservoir (Figure III.10). Les fluides doivent aussi être propres pour éviter tout dommage dans la formation.



Figure III.10: Perforation en surpression

**III.8.2. Perforation en sous pression “Underbalanced” :**

Pour optimiser le nettoyage des perforations, une situation de sous pression peut être utilisée (Figure III.11). Un niveau de déséquilibre (baisse de pression hydrostatique) est basé sur un nombre important d’études sur le gisement là où des perforations de type TCP doivent être utilisées.[2]

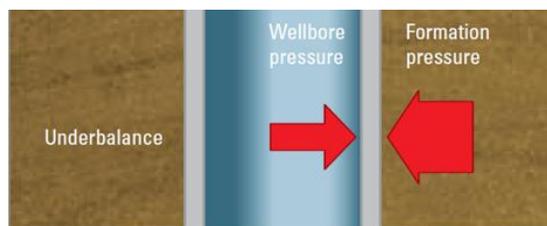
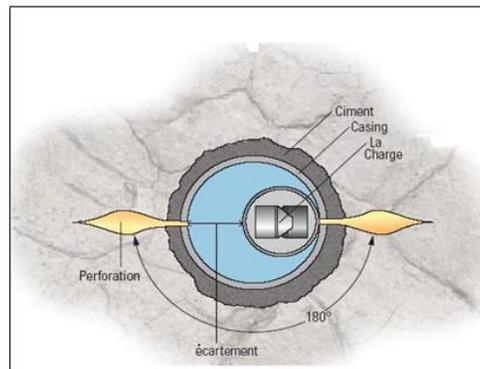


Figure III.11 : Perforation en sous pression

**Densité de tir (Shot Density) :** C'est le nombre de charge par unité de longueur, Shots Per Foot (SPF), Les plus courantes se situent entre 1 et 4 SPF mais, avec certains dispositifs elles peuvent atteindre 12 voire même un peu plus.

**Espacement (Spacing) :** L'espacement est la distance longitudinale séparant deux charges successives sur un canon. Il est donc directement en fonction de la densité de tir.

**Écartement (Clearance) :** Il indique la distance existant entre une charge et la paroi intérieure du casing dans la direction du tir. Son effet peut être important (Figure III.12).



**Figure III.12: Ecartement d'une charge par rapport à un tubage**

### **III.8.3 Pénétration :**

En général, le bon résultat, il doit au minimum dépasser l'espace endommagé lors du forage. Toutefois, pour obtenir un impact à forte densité, les canons peuvent être limités par la dimension des charges qui peuvent être installées, ce qui aura un effet sur la pénétration.[1]

### **III.8.4 Diamètre du trou :**

Le diamètre du trou obtenu est en fonction du type de casing et doit être :

- Entre 6 mm et 12 mm pour des complétions normales ;
- Entre 15 mm et 25 mm pour des complétions de type filtre à graviers "Gravel Packed".
- Entre 8 mm et 12 mm si les fracturations doivent être exécutées là où des billes d'étanchéité sont utilisées.

### **III.8.5 La perforation conventionnelle à des problèmes majeurs :**

Le problème d'escorte qui n'est pas toujours disponible pour transporter les canons explosifs, à cause de ce problème cette opération n'est pas toujours disponible. Cette opération nécessite une opération de stimulation car elle endommage les abords des puits (skin > 0) donc on aura une perte d'argent, une perte de temps et une perte de production.

- Produit une faible pénétration qui ne permet pas de dépasser la zone endommagée.

des avantages utilisés dans :[1]

- les zones à mauvaise cimentation.
- les formations non consolidées.
- les zones à percé d'eau/gaz.
- Cette technique ne coûte pas chère.

# **Chapitre IV**

**Perforations par la méthode  
« PURE CHARGE »**

**IV.1. Introduction :**

Le système de perforations « PURE » (The PURE Clean Perforations System) minimise ou élimine les problèmes de perforation en optimisant le Underbalance dynamique du puits, qui est l'Underbalance transitoire qui se produit juste après la création de la cavité de perforation. Le logiciel de conception propriétaire spécifie une configuration de perforation personnalisée et le processus de complétion optimal. Cette approche génère et contrôle l'Underbalance dynamique, plutôt que de se fier à la pression estimée du réservoir pour créer un Underbalance. Le système de perforations PURE est réalisé avec succès dans des formations rocheuses dures et molles, les réservoirs de pétrole et de gaz, les grès et les carbonates et minimise également la perturbation de la liaison hydraulique ciment / sable.

**IV.2. Pourquoi le PURE a été créé ? :**

- Traditionnellement l'Underbalance existe avant la détonation des armes à feu.
- Cependant nous voulons l'Underbalance immédiatement après la création des perfs.
- 95% de l'ensemble de perforation n'atteindre pas cet objectif :
  - ✓ Le puits souvent va à l'Overbalance juste après la détonation des charges.
  - ✓ Il revient à l'Underbalance plus tard, mais souvent trop tard et trop lent (les perfs sont déjà endommagées).[17]

**IV.3. APPLICATIONS :**

Complétion perforés dans des réservoirs consolidés avec des perméabilités > 0,5 mD et des pressions > 1200 psi.[13]

**IV.4. Les avantages :**

- Augmentation de la productivité et de l'injectivité des puits.
- Traitements d'acidification et de fracturation hydraulique plus efficaces.
- Réduction des volumes de fluides de traitement.
- Logiciel personnalisé pour créer et contrôler l'Underbalance dynamique pour des résultats optimaux.
- Grand différentiel de pression dynamique dû à Underbalance ou un suréquilibre statique initial modeste.
- Densité de tir effective plus élevée. [13]

#### IV.5. But de l'utilisation de PURE charge :

L'utilisation de perforation avec nouveau système perforation dit PURE charge à permettre de créer un tunnel de perforation profond, propre et large, afin de minimiser ou éliminer l'endommagement de réservoir créé par perforation (skin perforation) (Figure IV.1), cela nous permet de d'améliorer la productivité ou l'injectivité.[17]

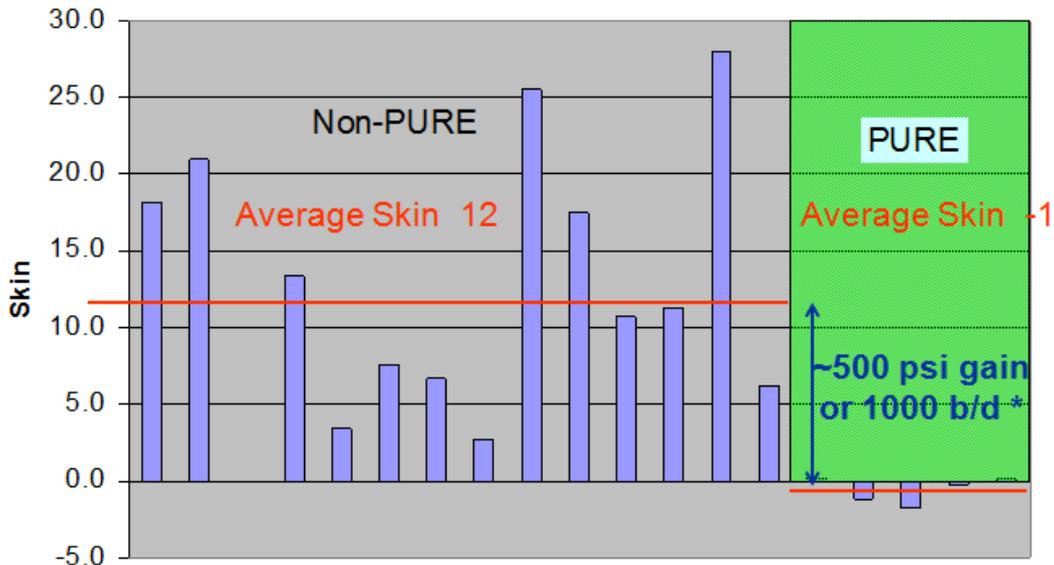


Figure IV.1 : le changement de SKIN entre les deux méthodes de perforation

#### IV.6. Underbalance dynamique augmente la productivité:

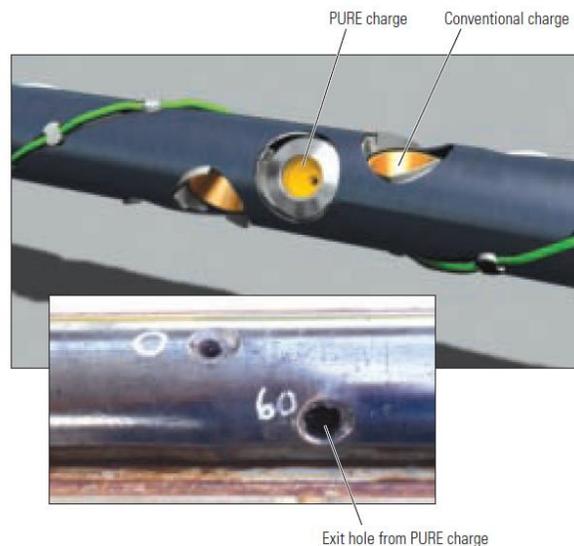
Le système de perforations PURE Clean optimise l'Underbalance dynamique, Underbalance transitoire produit juste après la création de la cavité de perforation. La perforation Underbalance est la méthode préférée pour éliminer les débris de perforation et les endommagements de la zone écrasée, résultant en des tunnels de perforation plus productifs. La différence de pression requise entre le réservoir et le puits (le degré de Underbalance requis) dépend principalement des propriétés de la roche telles que la perméabilité et la résistance. Les roches dures et serrées, par exemple, peuvent nécessiter jusqu'à 4000 psi de Underbalance. Le système PURE utilise du matériel spécialisé pour la planification des travaux et la prévision de la productivité afin de concevoir un système de perforation unique et un processus de complétion qui générera et contrôlera la dynamique Underbalance optimale pour un puits spécifique, à partir d'un

différentiel de pression statique modeste. En tenant compte des propriétés du réservoir, puits et « Gun String » (chaîne de pistolet), le système minimise ou élimine systématiquement les endommagements de perforation et améliore la productivité. [13]

#### IV.7. Technique de Pure Charge :

Cette technique de perforation est une innovation de Schlumberger, elle se base sur un principe simple qui est perforet et nettoyer en même temps.

Une perforation profonde , un grand diamètre et un tunnel propre ont un effet sur l'écart de pression dynamique qui se produit dans un puits lors de perforation immédiatement après la détonation des fusils de perforateur, donc le PURE CHARGE impose un grand Underbalance transitoire dans le puits juste après quelques centaines de millisecondes de détonation des guns de perforation, cette pression aspire tous les déchets du a l'explosion des canaux. Ces déchets sont accumulés dans les canaux (les canaux sont creusés à l'intérieur ), pour être récupérés en surface. Ce système de perforation PURE est effectué avec succès dans des formations dures, tendres (grès ou carbonates), soit dans les gisements de pétrole ou de gaz.



**Figure IV.2 : Les canaux de perforation avec PURE charge**

Dans le système de PURE charge, les boîtiers de pistolet sont chargés avec deux chefs d'accusation de forme classiques et charges pures (Figure IV.2 ), qui créent de grands trous dans le support (en médaillon). Les volumes internes des seules armes ne sont pas suffisants pour créer la condition Underbalance dynamique nécessaire pour l'aspiration de débris.[17]

**IV.8. Principe de technique Pure charge:**

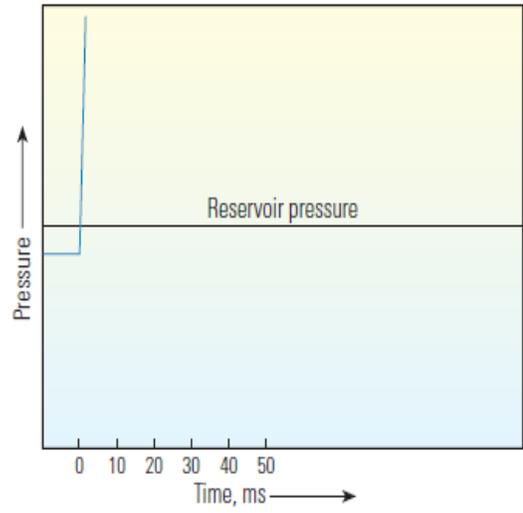
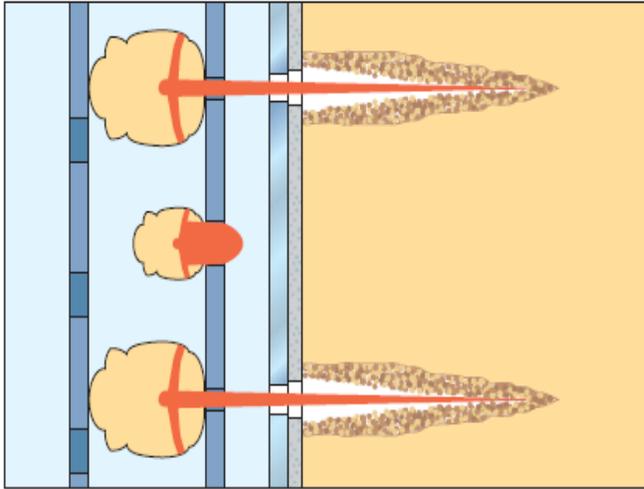
En plus des frais de la méthode conventionnelle ou classique, les systèmes de perforation PURE peuvent inclure des chambres PURE spéciales et charges PURE intercalés le long d'un train de canaux. Les explosives PURE ne pénètrent pas dans le tubage du sondage, mais créent trous supplémentaires ouverts afin d'augmenter la différence de pression transitoire et optimiser le nettoyage de la perforation (Figure IV.3).

Après la détonation des charges génèrent des tunnels de perforation dans la formation (0 à 100 uS).

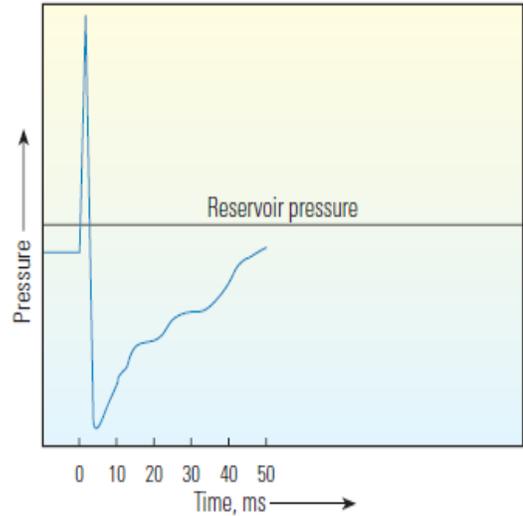
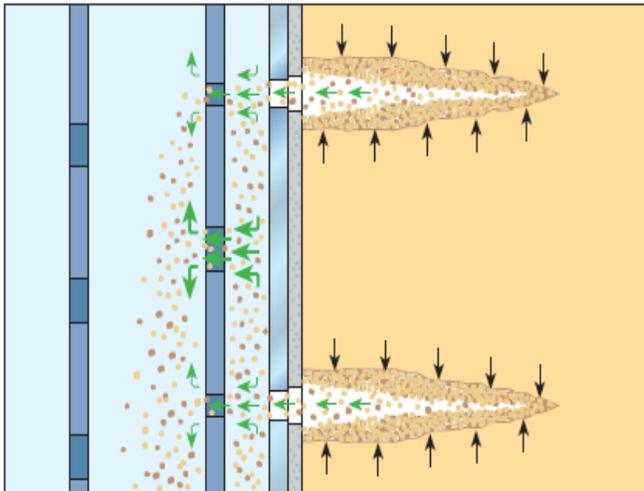
La conception PURE utilise les conditions de puits et les paramètres de canaux pour créer instantanément une dépression à travers un intervalle optimal perforé (100 à 200 ms).

La rupture de la traction de la zone écrasée (Crused Zone) autour de tunnels de perforation et des flux de poussée de la formation suppriment les endommagements induits et les débris résiduels (300 à 400 ms) poste perforations. L'application rapide de pression différentielle élevée est la clé de perforation PURE (Figure IV.3).[17]

Detonation



Dynamic Underbalance and Inflow



Clean Perforation Tunnels

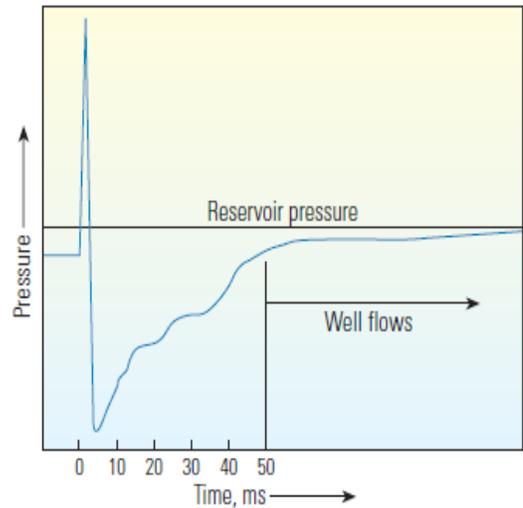
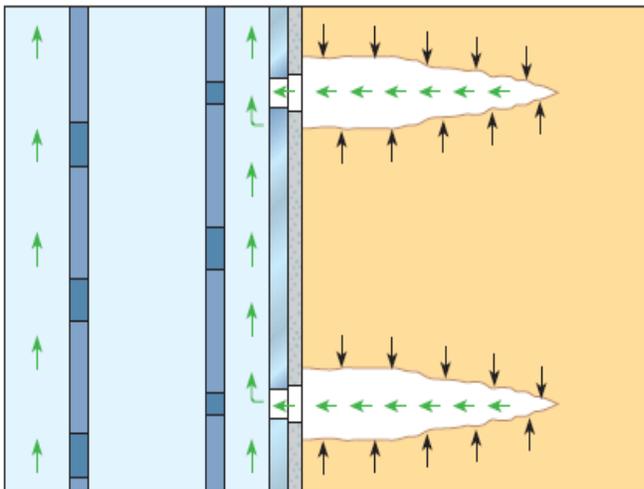
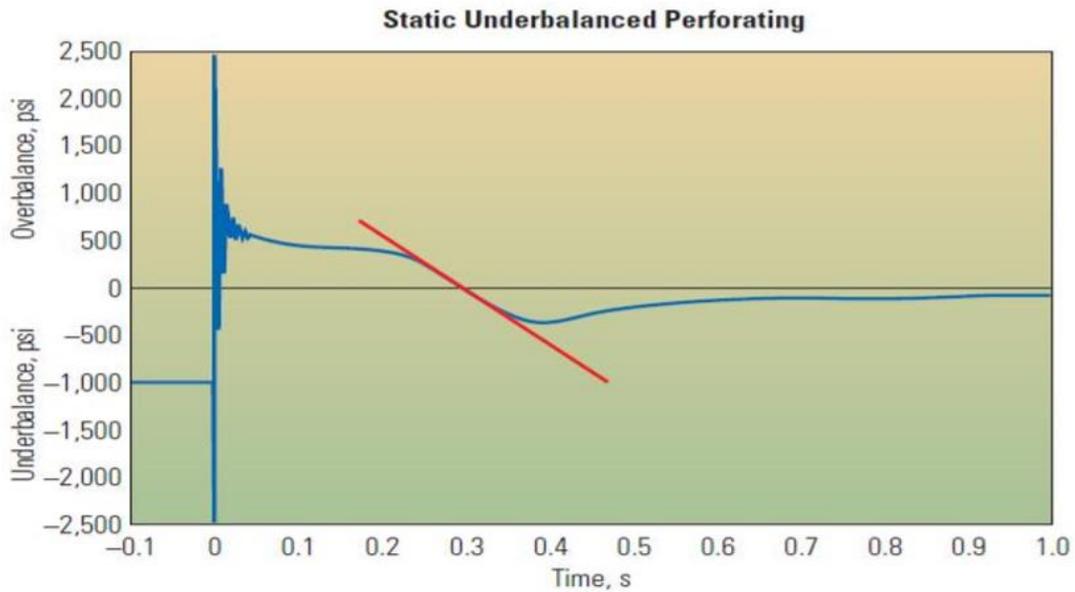


Figure IV.3: Les différentes étapes de perforation avec PURE charge

**IV.9. La différence entre la perforation conventionnelle et la perforation avec PURE charge :**

Au début le puits est dans une état d'Underbalance. Après la détonation des charges creuses on obtient une augmentation de la pression de fond et le puits va à l'Overbalance. Pour que ce puits revienne à l'Underbalance, il met du temps et lorsqu' il revient, la valeur de la pression n'est pas suffisante pour le nettoyage des tunnels; ce système est appelé Underbalance statique (Figure IV.4).[2]



**Figure IV.4: Variation de la pression (Perforation conventionnelle)**

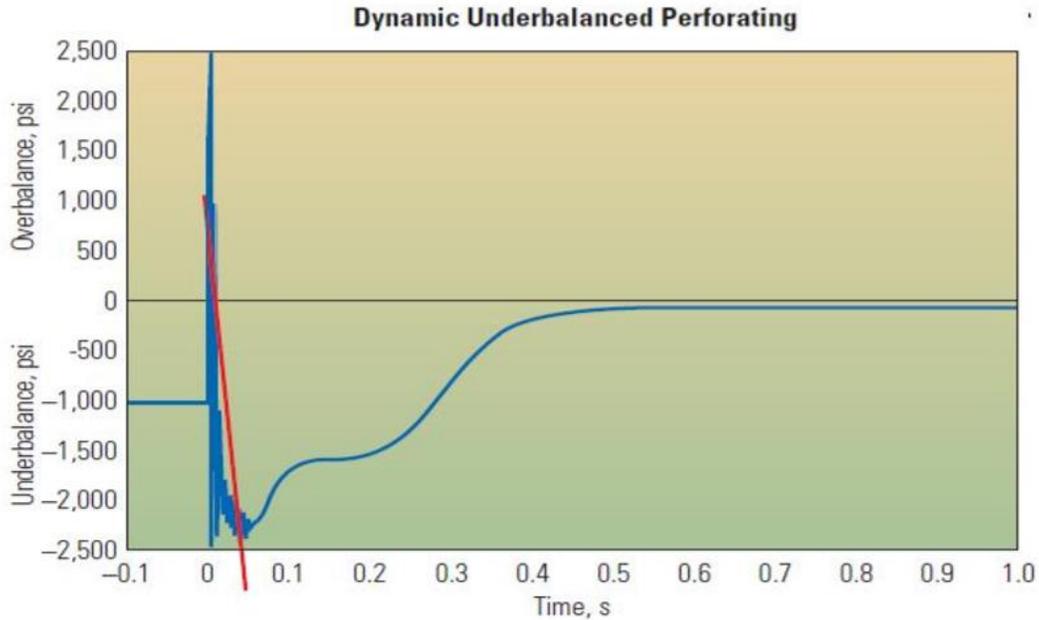


Figure IV.5: Variation de la pression (perforation avec PURE charge)

#### IV.10. Montage durant l'utilisation du système " PURE charge ":

Le montage des canaux du système " PURE charge " est le même que pour la perforation traditionnelle, le seul changement se trouve au niveau de la répartition des charges est aussi l'utilisation d'un enregistreur de la différence de pression lors de la détonation, généralement on trouve 3 charges creux et une PURE charge (Fig IV.6).



Figure IV.6: l'installation des charge sure les canaux du système " PURE charge "

Le " Wire-Line " ou encore " Electrical-Line " c'est le moyen traditionnel par lequel on descend des charges explosives pour accomplir une opération de perforation de la couche productive. Ce moyen qui est le Wire-Line présente un avantage primordial à savoir la lecture directe de données

en surface dite en anglais "Surface Read Out", connu en industrie pétrolière par l'abréviation (SRO) et aussi par son avantage sur le plan logistique comparé à d'autres moyens.[17]

Bien que, les charges de perforation ont tout d'abord été classées selon qu'elles sont utilisées avant ou après la complétion. Aujourd'hui n'importe quel type de système de perforation peut être descendu en utilisant le "Wire-Line" avec une large variété des outils d'explosives peu importe le type de canaux utilisés ces systèmes sont optimisés pour une combinaison des canaux et ce en respectant l'environnement des abords du puits, le réservoir et les fluides en place ainsi que la géométrie de la complétion.

Dans le cas des puits horizontal on utilise le Coiled Tubing pour réaliser l'opération de perforation. le Coiled-Tubing a beaucoup des avantages parmi les quelles la facilité à transporter, le temps de montage et démontage réduit et la vitesse de manœuvre élevée.

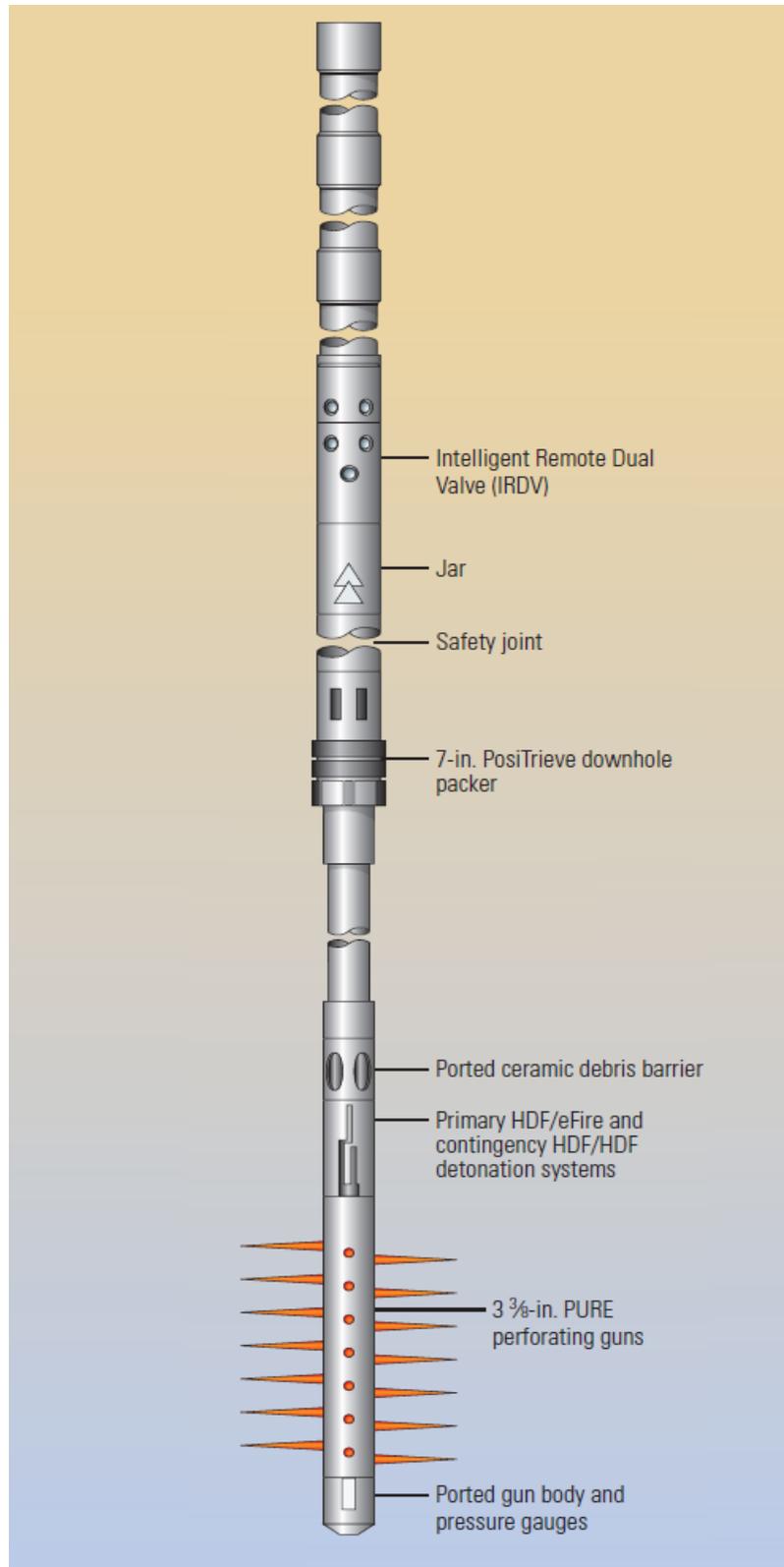
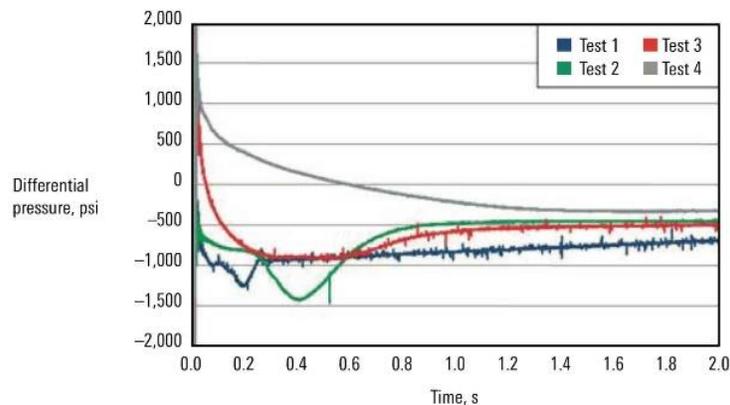


Figure IV.7: Le montage (Structure) des canaux du système ‘ PURE charge ‘

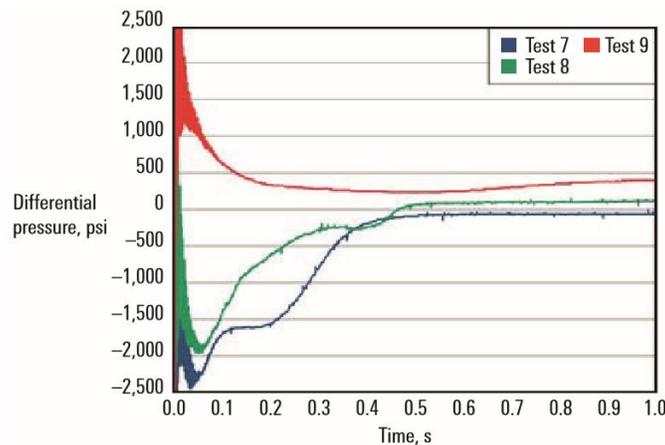
#### IV.11. Le nettoyage des perforations est indépendant du Underbalance initial :

Perforant classique repose sur un grand statique, sous-pression initiale qui est établie avant que les canons sont tirés et qui est basé sur la pression du réservoir estimée. Des expériences menées au Schlumberger Productivity Enhancement Research Facility (PERF) à Rosharon, Texas, ont montré que c'est l'Underbalance dynamique maximal - et non l'Underbalance initial - qui régit le nettoyage des perforations. Dans les essais, la pression du puits c'est avéré varier considérablement pendant la demi-seconde immédiatement après l'explosion des charges.



**Figure IV.8: La pression différentielle pour les essais 1 à 4.**

La pression différentielle (entre la pression de puits wellbore a pression de pore) pour les essais 1 à 4 a montré que l'Underbalance dynamique maximal variait de 400 à 1 300 psi (FigIV.8).

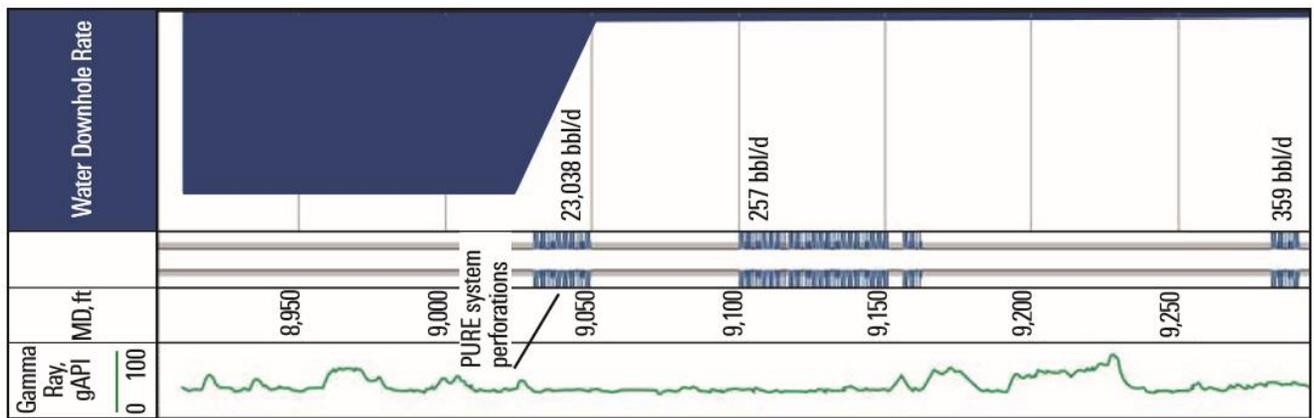


**Figure IV.9: La pression différentielle pour les essais 7 à 9.**

Les tests 7 à 9 ont montré une plage de -300 à 2 400 psi pour l'Underbalance dynamique maximal (FigIV.9).[13]

#### IV.12. La conception personnalisée produit des résultats positifs (résultat réussi) :

Un contrôle (soigné) de la dynamique du puits est essentiel au succès de la complétion perforée. Les expériences PERF ont montré de manière concluante que les variations précédemment négligées des paramètres du puits ont un effet profond sur les performances de complétion. Une amélioration significative peut être obtenue en tenant compte de la géométrie complétion, fluides et matériaux de perforation dans la conception des travaux de perforation. En raison de ce degré de customisation (personnalisation), le système PURE a été utilisé avec succès dans des formations de roches dures et molles, des réservoirs de pétrole et de gaz, des grès et des carbonates.



**Figure IV.10 : taux d'injection**

Une section de 20 FT (20 pieds) de perforation du système PURE dans un puits du versant nord de l'Alaska a augmenté l'injection, taux de près de 500%, de 194 à 1152 BBL/FT (**Figure IV.10**). [13]

#### IV.13. Etude de SPAN (simulation perforation analysis) :

Le SPAN (Simulation Perforation Analysis) de Schlumberger démontrent que le taux de perméabilité de la zone écrasée à la perméabilité d'une formation intact ( $k_c/k$ ) a une influence significative sur le rendement des puits.

D'après la figure IV.11, on remarque que lorsqu'on augmente la pénétration la productivité augmente. En outre, la productivité par l'utilisation de PURE est la plus élevée car la PURE charge nettoye les perfs et ramène la perméabilité de zone endommagée presque égale à la perméabilité de la zone intacte.

La figure IV.12 montre que la PURE charge est plus efficace et donne un débit de production plus levée même si on augmente la densité des charges creux dans les autres cas. Le nettoyage de perforations par PURE charge ( $k_c/k = 1$ ) améliore la productivité meilleure que l'augmentation de la densité des charges (12 spf) ou la longueur de perforation.[3]

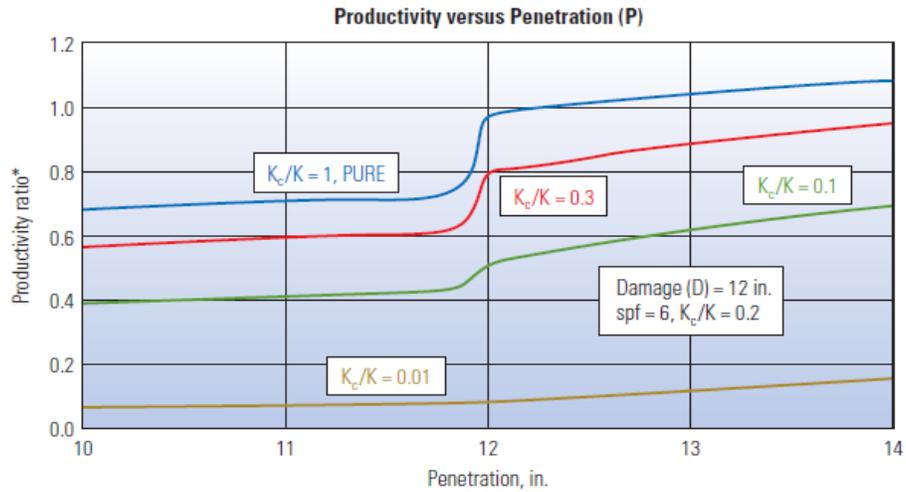


Figure IV.11 : SPAN pour la productivité par rapport à la pénétration

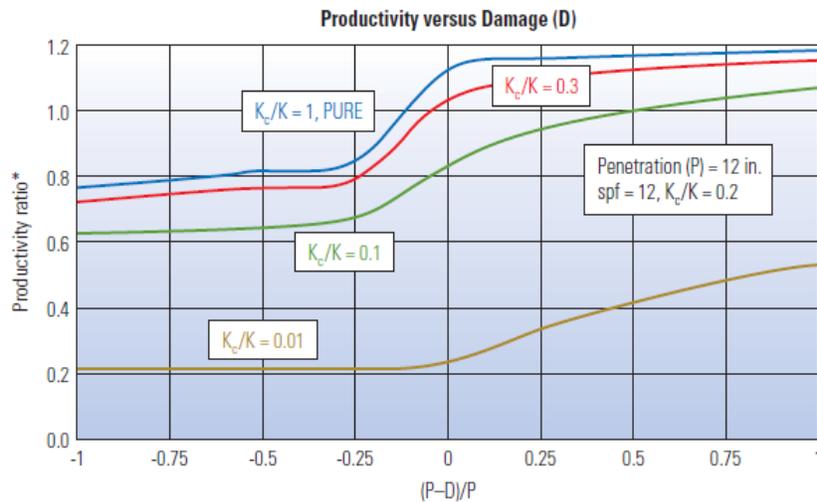


Figure IV.12 : SPAN pour la productivité par rapport à la densité des charges creux

**IV.14. Système de perforations PURE Clean : Étude de cas par Schlumberger**

Le système de perforation à Underbalance dynamique permet de dépasser l'estimation d'injectivité de 6000 bbl/d.

L'exécution des charges PowerJet Nova et du système de perforations PURE Clean améliore les opérations dans les réservoirs en eau profonde (Deepwater Reservoir), en Asie du Sud-Est.[5]

**IV.14.1. Détails**

- **Challenge:**

Perforez efficacement un réservoir en eau profonde pour augmenter la production tout en minimisant les dommages de perforation et la SKIN.

- **Solution:**

Construisez et déployez une chaîne des canons perforante horizontale customisé qui comprend des charges profilées à pénétration très profonde PowerJet Nova pour fournir la pénétration la plus profonde possible; le système PURE pour des perforations propres et un nettoyage plus efficace des tunnels; et la suppression de la tête de tir électronique flexible « eFire » pour des opérations plus sûres et plus économiques.

- **Résultat:**

Un Underbalance de 2 500 psi [17,2 MPa] a permis d'atteindre une injectivité post-puits de 18 000 bbl/d, dépassant les attentes des clients de 6 000 bbl/d.

**IV.14.2. Perforer l'intervalle horizontal du réservoir d'eau profonde (Deepwater Reservoir) :**

Les puits d'injection dans un réservoir en eau profonde (Deepwater Reservoir) en Asie du Sud-Est fournissent un support de pression intégré pour la production. Un puits d'injection, foré à une profondeur d'eau de plus de 4 000 pi [1 219 m], a une section presque horizontale qui devait être perforée sur de nombreux intervalles séparés. Une fois (Après) une perforation réussie, les intervalles seraient fracturés hydrauliquement pour augmenter l'efficacité de l'écoulement; On s'attendait ensuite à ce que les performances d'injectivité soient de 12 000 bbl/d.[5]

**IV.14. 3. Obtenir une pénétration extra profonde et propre avec un contrôle flexible :**

L'opérateur a collaboré avec Schlumberger pour déterminer la meilleure méthodologie de perforation possible pour atteindre les objectifs de test. Des propriétés réalistes de la roche ont été introduites dans le logiciel d'analyse de perforation des roches contraintes SPAN Rock. De plus, le logiciel du système PURE a été exécuté pour déterminer le niveau de pression de l'Underbalance dynamique optimal qui assurerait un nettoyage efficace des tunnels de perforation pour une meilleure injectivité. Les résultats des deux études ont été évalués et Schlumberger a recommandé l'utilisation de charges pénétrantes extra-profondes PowerJet Nova couplées au système PURE pour des opérations de perforation optimales. Les charges PowerJet Nova améliorent l'efficacité en transférant l'énergie explosive dans le jet perforant, augmentation spectaculaire de la pénétration. Alors que la perforation conventionnelle repose sur un Underbalance initial important et statique qui est établi avant le tir des canons, le système de perforation PURE améliore le Underbalance dynamique immédiatement après la création de la cavité de perforation, éliminer les débris de perforation et les dommages de zone écrasée et créer des tunnels de perforation plus productifs. Ces deux technologies ont été utilisées avec une tête de tir électronique eFire pour fournir une perforation plus sûre (sans danger), plus efficace et plus rentable. Ce système unique crée des impulsions de pression qui sont converties en une signature spéciale pour communiquer avec la tête de tir. La tête du système ne nécessite pas de paramètres de fond de trou préenregistrés, offrant un contrôle total sur l'opération de perforation.[5]

**IV.14.4. Dépasser les attentes de injectivités avec une configuration optimale perforante :**

La section du puits a été perforée en utilisant les charges, la technique et le mécanisme de mise à feu (Firing) proposés. La longueur de la perforation a totalisé environ 1 880 pieds [573 m] avec 1 110 pieds [338 m] supplémentaires de sections d'espacement. Pendant la perforation, les jauges de fond ont mesuré un Underbalance dynamique de 2 500 psi [17,2 MPa], ce qui a facilité un nettoyage efficace des canaux (channels) de perforation. En outre, les performances d'injection après perforation ont été mesurées à 18 000 bbl/d à la même pression d'injection, une augmentation significative par rapport au débit d'injection prévu de 12 000 bbl/d. Chaque étape de l'opération a été exécutée et achevée avec succès, permettant aux opérations de fracturation de commencer.

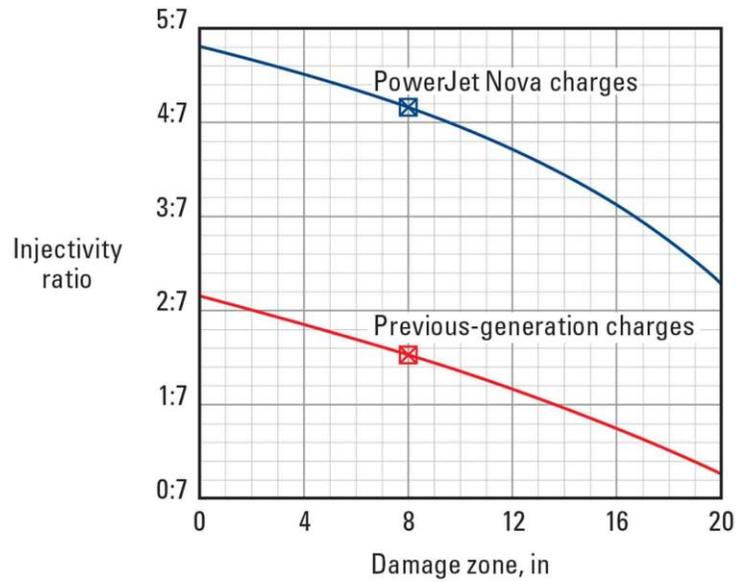


Figure IV.13 : Un graphique dérivé du logiciel SPAN

La figure IV.13 montre que l'utilisation de charges PowerJet Nova fournirait les meilleures performances d'injectivité pour l'opération.[5]

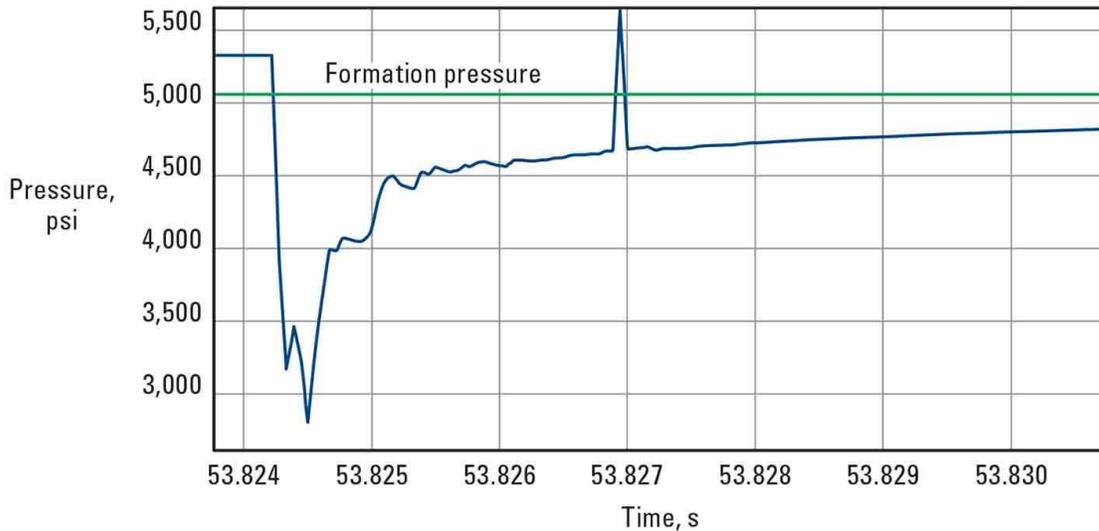


Figure IV.14: l'Underbalance de 2 500 psi [17,2 MPa] créé par le système PURE.

Une jauge de fond a capturé le Underbalance de 2 500 psi [17,2 MPa] créé par le système PURE (fig IV.14). Cet Underbalance dynamique a éliminé les débris de perforation des tunnels immédiatement après le tir des canons.[5]

# **Chapitre V**

**Etude d'une cas  
« puits QB-56 »**

### V.1. Historique de puits QB-56 :

Le puits QB-56 est un puits injecteur d'eau, le début de l'opération de forage est le 07/01/2005, et la mise en injection le 04/07/2005. Au début l'injection a été bien et en grande débit mais après certaines années d'injection le débit commence à diminuer, les ingénieurs décident de faire des nouvelles perfs et ils ont choisis le TAGI U3 (uper 3) pour réaliser deux intervalles l'un par la méthode classique et l'autre par la méthode PURE charge (Tab.V.1 ).

Dans ce chapitre en essayant de faire une comparaison entre l'intervalle foré par la méthode classique et l'intervalle foré par la méthode PURE charge en bassons sur la variation de débit d'injection.[14]

**Tab.V.1 : Data des intervalles de perforation**

TAGI U3	Haut	Fond	Interval	Description d' arme à feu (Gun)	Date
Avec PURE	3214,00	3216,40	2,40	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ",6spf,60 deg phasing	01-jun-2012
Son PURE	3216,40	3218,80	2,40	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ",6spf,60 deg phasing	01-jun-2012

### V.2. Déroulement de l'opération de PURE charge:

- ✓ Objectif de l'emploi.
- ✓ Accès et évacuation.
- ✓ Environnement de travail.
- ✓ Risques et contrôles.
- ✓ Plans d'urgences.
- Essai de pression toutes le lignes de surface.
- Montage de train de wireline.
- Verification des canaux :
  - ✓ Mesure de longueur
  - ✓ Déphasage
  - ✓ Densité de charge
- Le puits est perforée dans des intervalles (tableauV.2)

Tab.V.2 : les intervalles de perforation.

	Haut	Fond
Avec PURE charge	3214,00	3216,40
Sans PURE charge	3216,40	3218,80

- Reconfirmer les intervalles à être perforés (Perforation check list doit être complétée à ce point).
  - Mesurer la longueur d'enregistrement de CCL à Top tir.
  - Vérifier et enregistrer toutes les dimensions de la chaîne de pistolet pour confirmer que les intervalles chargés indiquées sont corrects et correspondent à diagramme de chargement du fusil.
  - Tester le fonctionnement de CCL et tête de tir et confirmer le signal dans le camion.
  - Descente le train de perforation à l'aide de wireline avec une vitesse de sécurité bien calculer (diminuer la vitesse lors de la traversée de tête de puits) en entrant dans la doublure jusqu'à fond du puits (observer la perte de poids).
  - Corrélation de la profondeur à CCL/VDL.
  - Superposer le journal de corrélation dans le journal de référence pour vérifier la profondeur.
  - Connectez-vous jusqu'à la position de perforation-haut tir est positionné à 3230 mRT.
  - Perforer l'intervalle (3230-3245 mRT).
  - Laissez bien s'écouler 15 minutes et laissez le débris de tomber et de faire enregistrer la perforation.
  - A la fin on remonte le train et prendre les percussions nécessaires lors de la récupération des armes à feu à la surface.
  - En fait la vérification visuelle.
- Démontage de matériel. [14]

### V. 3. Diagramme du chargement d'arme à feu (GUNLOADING DIAGRAM):

pour effectuer deux intervalles, l'un par la méthode classique(**FigureV.2**), et l'autre par la méthode de chargement PURE(**FigureV.1**), nous utiliserons 2 canaux de 6,1 m pour chacun, l'un pour la charge et l'autre pour exercer le poids avec la même charge de pistolet pour les deux méthodes :

en utilisant 47 cartouches de la charges PJ3406 et "3.3 / 8" taille de canaux avec 60 deg Phasing de 6 SOF de densité de tir.

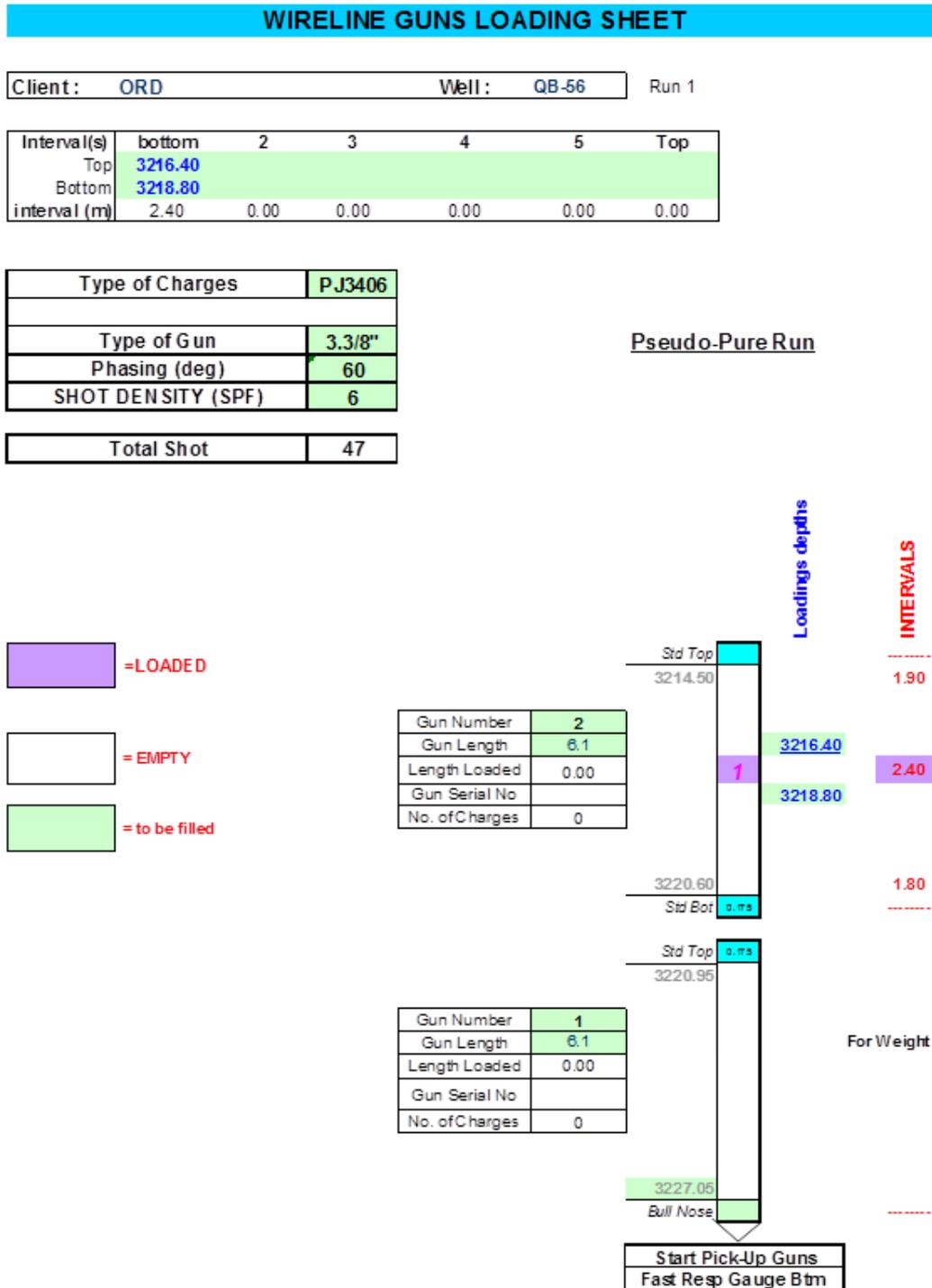


Figure V.1 : Diagramme du chargement d'arme à feu pour la perforation sans PURE charge.

**WIRELINE GUNS LOADING SHEET**

Client: **ORD** Well: **QB-56** Run 2

Interval(s)	bottom	2	3	4	5	Top
Top	3214.00					
Bottom	3216.40					
interval (m)	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Type of Charges	PJ3406
Type of Gun	3.3/8"
Phasing (deg)	60
SHOT DENSITY (SPF)	6
Total Shot	47

**PURE Run**

Position of PURE ports determined by Schlumberger

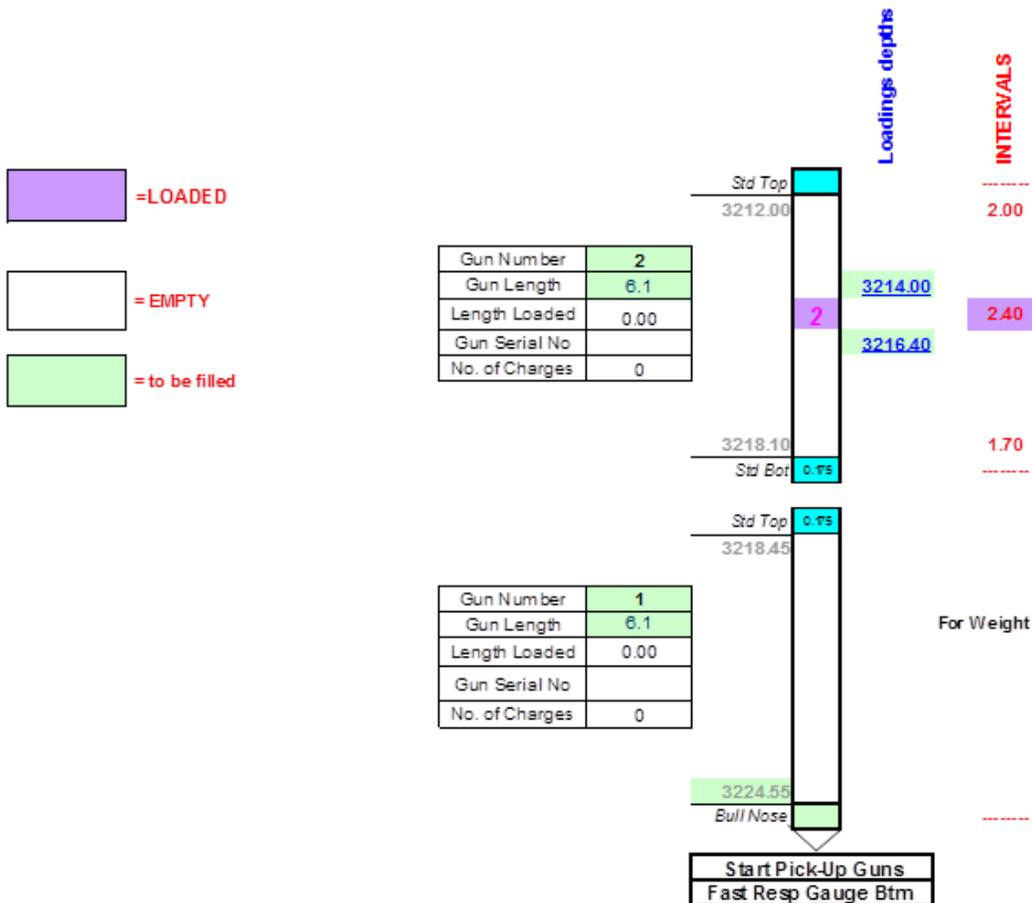


Figure V.2 : Diagramme du chargement d'arme à feu pour la perforation PURE charge.

V. 4. L'enregistrement de MDT (Modular Formation Dynamics Tester) :

On utilise le MDT pour détecter et observer l'évolution de la perméabilité des différents intervalles de perforation afin de déterminer la perméabilité moyenne pour chaque intervalle (Figure V.4).

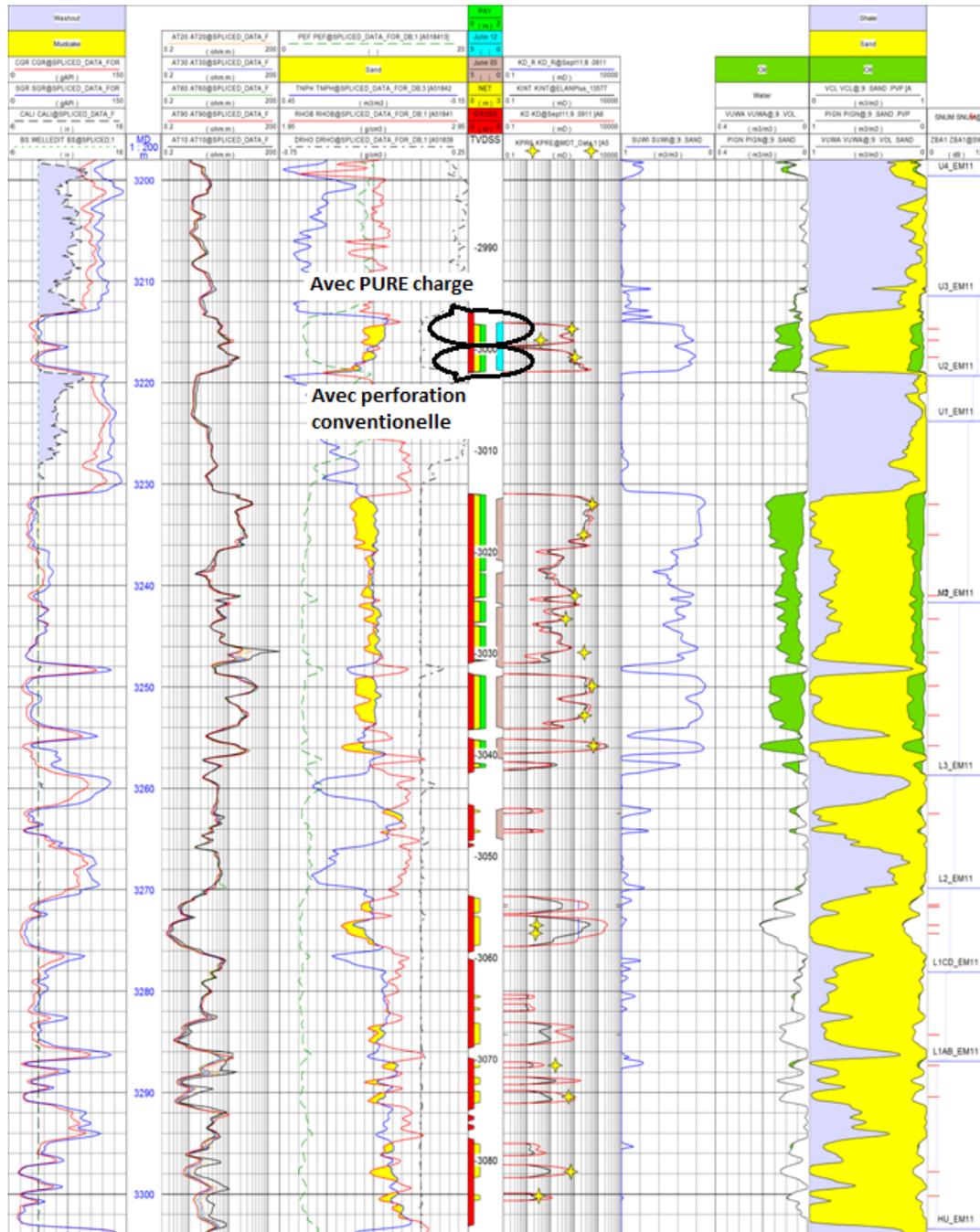


Figure V.3 : L'enregistrement de MDT, le changement de la perméabilité dans les différents intervalles de perforations.

D'après l'enregistrement de MDT on voit clairement que la perméabilité change dans les différents intervalles de perforations, et on remarque que l'intervalle perforer par PURE charge possède une faible perméabilité par rapport à l'intervalle perforer par la méthode classique (fig V.4).[11]

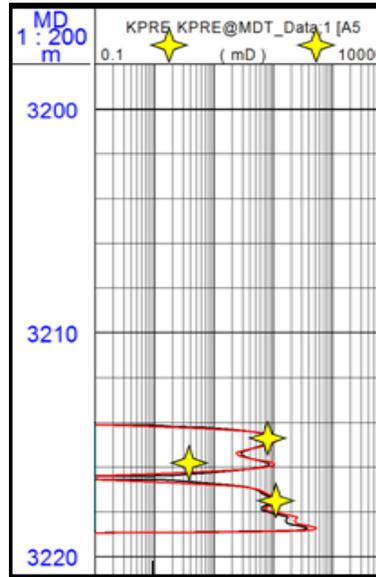


Figure V.4 : le changement de la perméabilité dans l'intervalle perforer par PURE charge et l'intervalle perforer par la méthode classique.

Tab.V.3: le changement de la perméabilité dans les zones de perforation

ZONE 1	MD (m)	K (md)
TAGI U3	3214,60	80
TAGI U3	3215,10	25
TAGI U3	3215,90	90
<b>ZONE 2</b>		
TAGI U3	3217,50	90
TAGI U3	3218,00	100
TAGI U3	3218,80	400

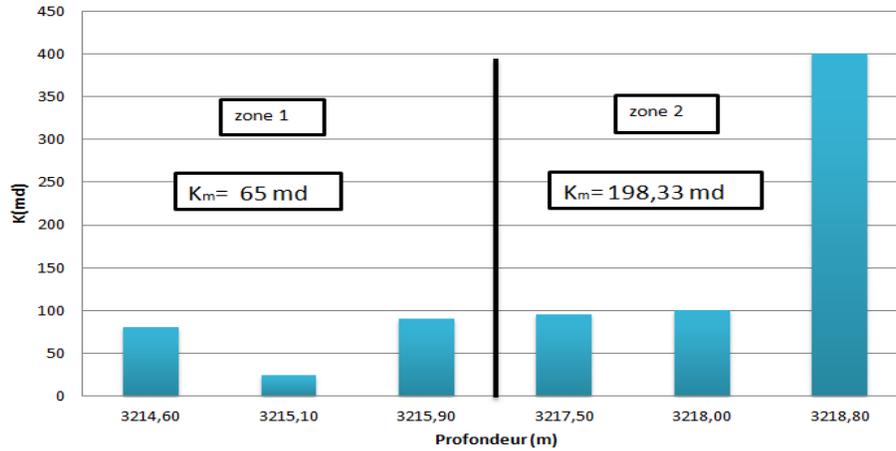


Figure .V.5: Comparaison du la perméabilité dans la zone 1 et la zone 2

La figure V.5 montre la perméabilité moyenne des zones calculée par la méthode arithmétique, les résultats indiquent que la perméabilité de la zone 2 (sans PURE,  $K_m=198,33$  md) est le triple de la perméabilité de la zone 1 (avec PURE,  $K_m=65$  md).

Pour faire l'étude sur un puits injecteur, il faut assurer que la pression d'injection est toujours le même, le graphe (Fig .V.6) montre la stabilité de cette pression avant et après l'utilisation de perforation PURE.

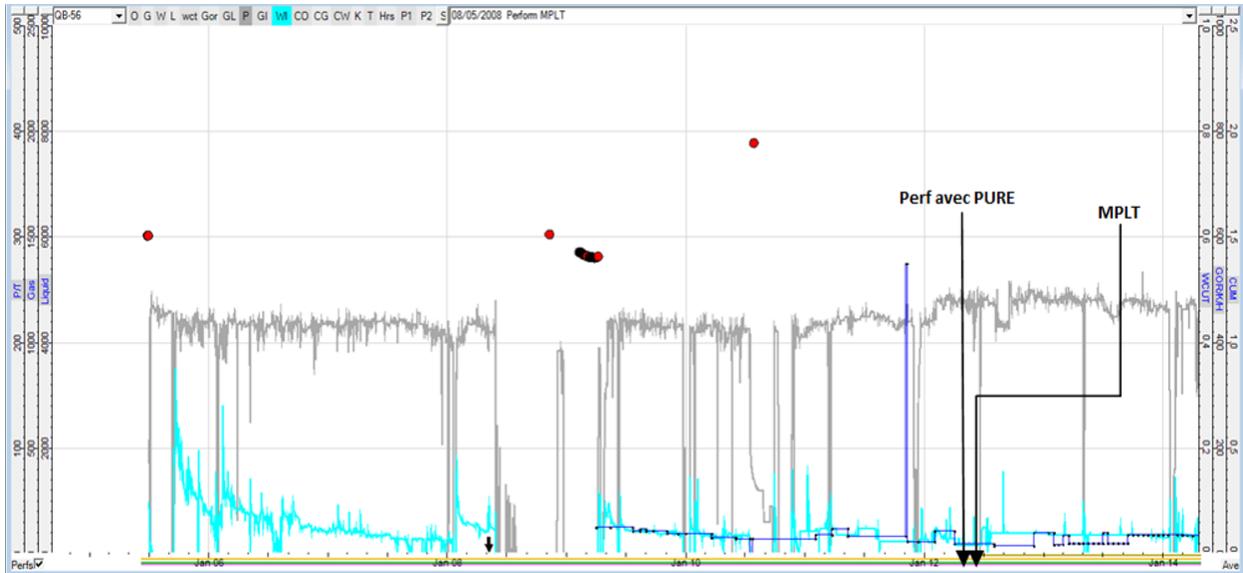


Figure .V.6: la pression d'injection avant et après l'utilisation de perforation PURE.

**V. 5. Les résultats de MPLT:**

D'après les résultats données par MPLT qui indiquent le profil de la quantité d'eau injecter sur les différents TAGI de réservoir (L3,M1,U1,U3) (Fig .V.7) on remarque que ce profil est presque nul dans le TAGI L3 est faible dans M1 mais très élève dans U3.

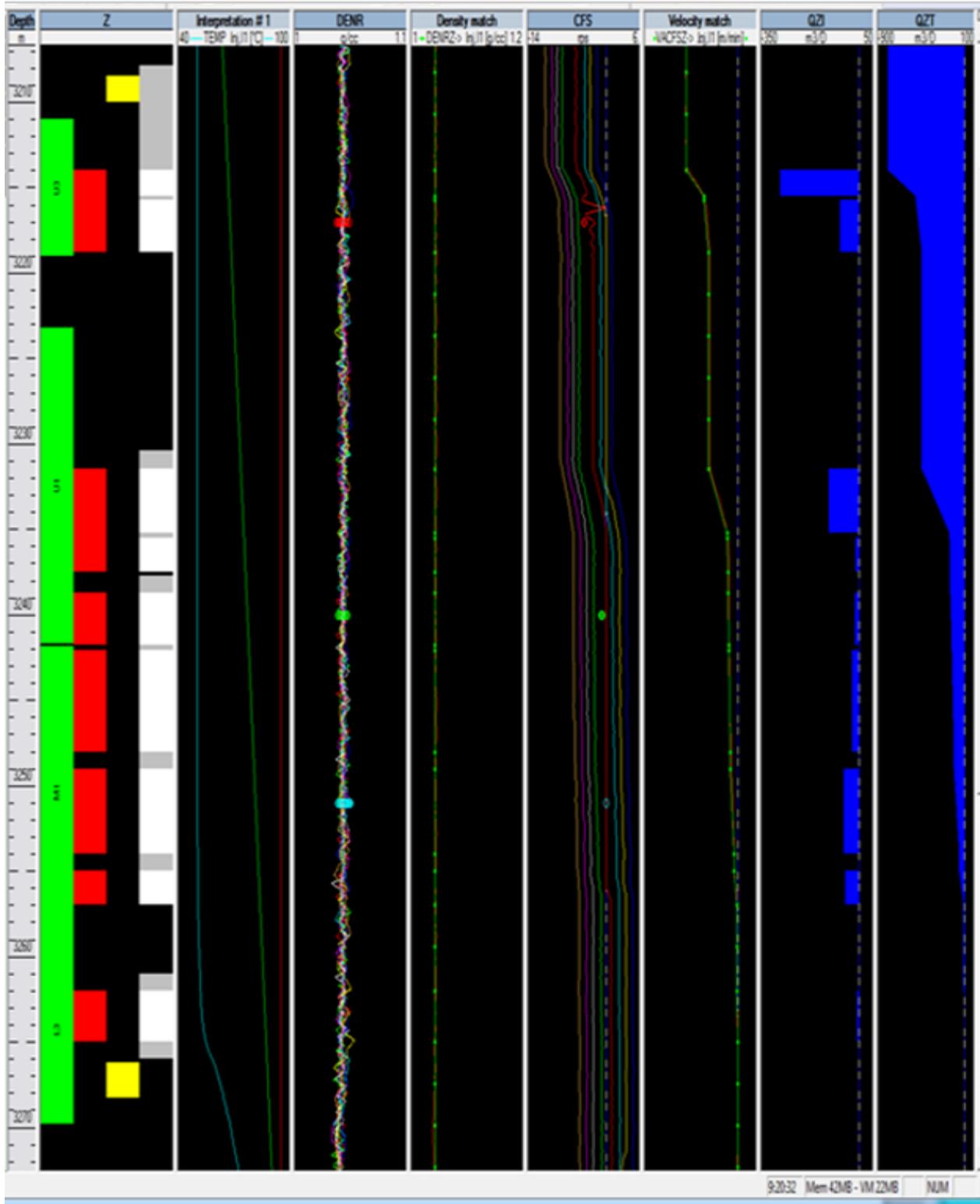


Figure.V.7: Les résultats de MPLT et le profil de la quantité d'eau injecter sur les différents TAGI

D'après les résultats données par MPLT qui indiquent le profil de la quantité d'eau injecter sur les différents TAGI de réservoir (L3,M1,U1,U3) (Fig .V.7) on remarque que ce profil est presque nul dans le TAGI L3 est faible dans M1 mais très élève dans U3.

Les contributions d'injection d'eau U1, M1 et L3 sont de 66,8% ; 31,9% et 1,4% respectivement. Notre étude sert à étudier le TAGI U3 dans lequel la PURE charge a été réaliser sur l'un des deux zones perforé, MPLT montre bien que le débit d'injection de la zone perforer avec PURE est plus grand que le débit de la zone perforer par la méthode classique, malgré qu'on a déjà montrer que la perméabilité de la zone perforer avec la méthode classique est plus grande que celle avec PURE. Tous ces résultats nous confirme l'efficacité de la méthode PURE charge sur l'augmentation de débit d'injection.

**Tab.V.4: la quantité d'eau injecter sur les différents intervalles**

Zones m	Intervalle m	Water m <sup>3</sup> /d
3214,0-3216,4	2,4	-227,75
3216,4-3218,8	2,4	-51,08
3231,4-3232,9	1,5	-72,54
3233,0-3234,7	1,7	-20,32
3234,8-3235,9	1,1	-32,20
3235,9-3237,5	1,6	-4,82
3238,7-3241,8	3,1	-12,66
3242,1-3245,0	2,9	-4,82
3245,0-3248,0	4,0	-37,50
3249,0-3252,2	3,2	-59,08
3252,2-3254,0	1,8	-13,86
3255,0-3257,0	2,0	-70,88
3262,0-3265,0	3,0	-7,73
Total avec PURE charge	2,4	-227,75
Total avec perforation classique	28,3	-387,49
Total	30,7	-615,24

Le tableau V.4 confirme les résultats obtenue à partir de l' MPLT, on constate que la quantité injecter par la couche perforer en PURE charge est supérieur par rapport à l'autre couche, elle représente **36,53%** de la quantité totale injecté.

La figure V.8 donne l'historique d'injection depuis l'année 2006 jusqu'à 2013, on observe que depuis la date de perforation avec PURE charge le débit d'injection augmente d'une façon remarquable malgré qu'on a perforé un intervalle de 2,4 mètres.

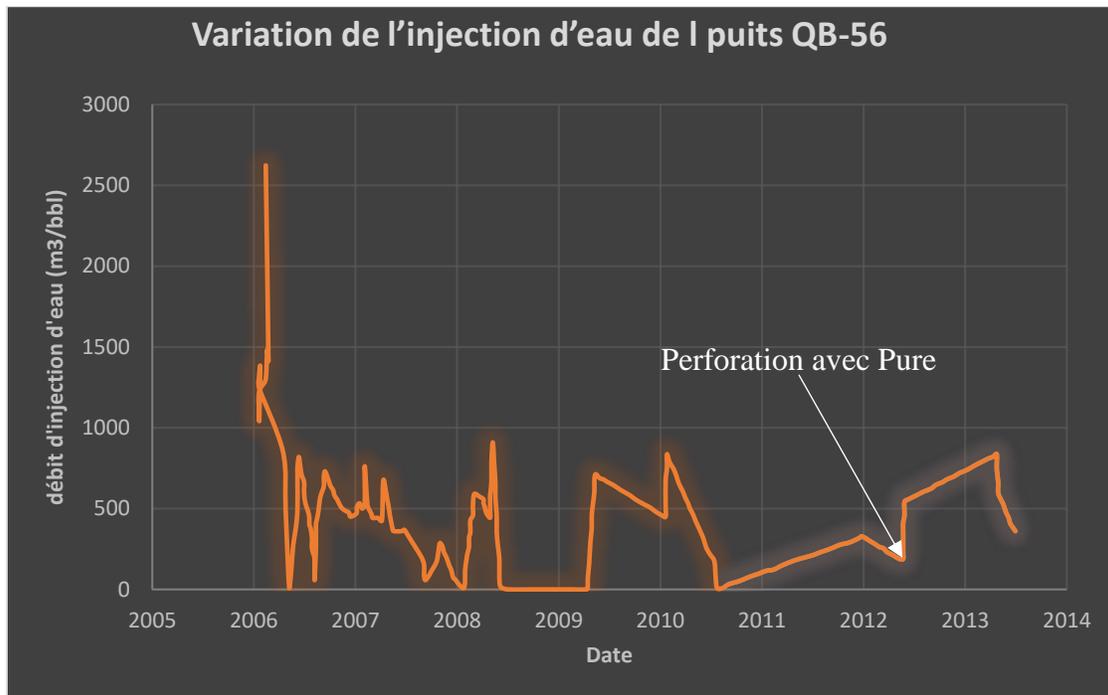


Figure .V.8: Variation de l'injection d'eau de l puits QB-56

## V. 6. Les résultats de test FALL OFF :

Le test fall off est réaliser pour déterminer la capacité de puits, la perméabilité et le Skin. Lorsque le fluide est injecter dans le réservoir la pression de fond augment et après fermeture elle diminue (période de Fall off).

La pression finale est 6541 psi à 3210 mRT après 03 heures de fermeture (fig. V.9 fig.V.10).

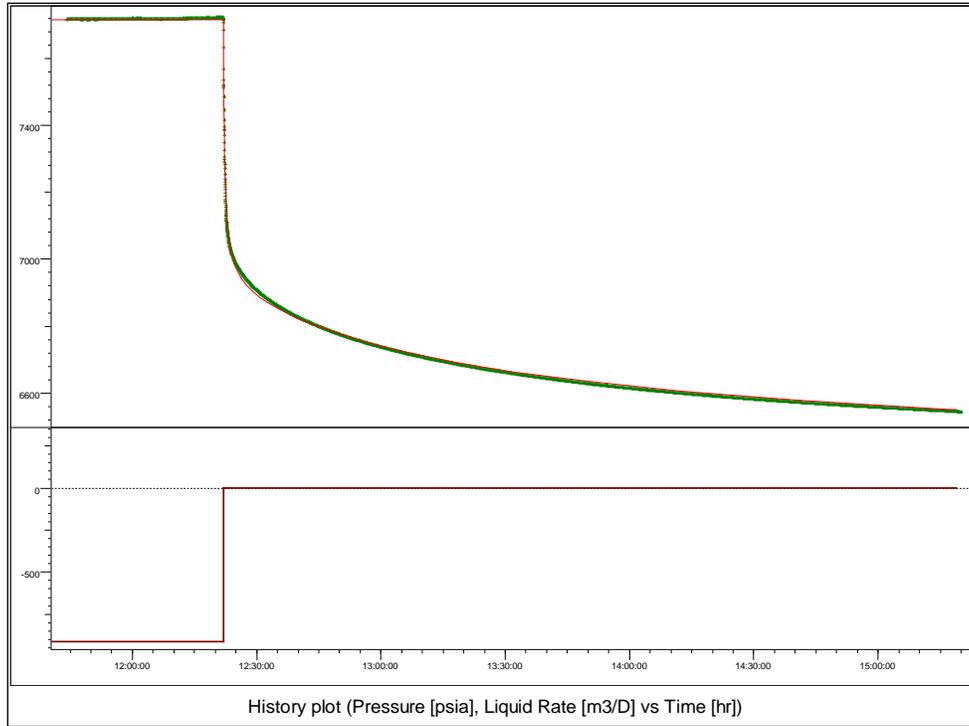


Figure V.9: Courbe représentative de la variation de pression de Fall Off Test de puits QB-

56

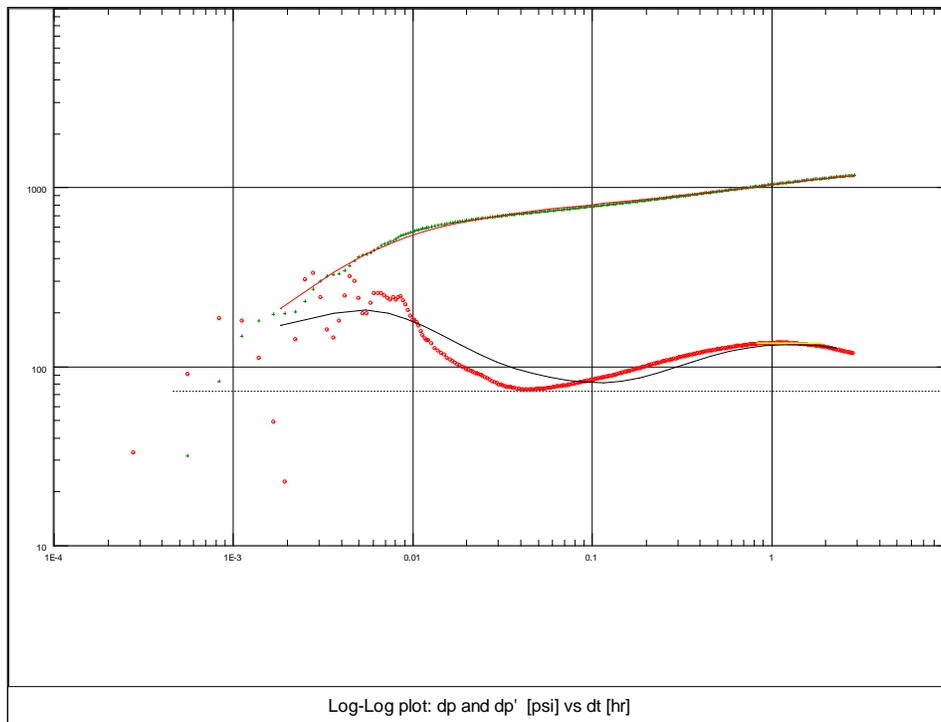


Figure V.10: Graph log-log P(t) de les resautes de Fall Off Test de puits QB-56

Pour calculer le skin et la perméabilité, on réalise un test FALL OFF avec logiciel saphir qui nous permet d'obtenir directement les résultats sans faire des calculs et sans utiliser les formules de Well test.

Les résultats de test sont donnés par le tableau (Tab.V.5).

**Tab.V.5: Les résultats de FALL OFF test obtenus par le Saphir.**

	Résultat	Unité
C	9,22	bbbl/Psi
S	0,37	-
Pi	62591	Psia
K.h	300	md.m
K	12	Md
Ri	30,1	M
M	0,765	-
D	0,0304	-
$\Delta P$	55,2913	Psi

Les résultats de test Fall Off donnent un Skin qui est égale à 0,37 ce skin est idéal pour un puits injecteur (le Skin des puits injecteurs est limité par un intervalle de jusqu'à) ce qui montre que la PURE charge a une influence importante sur cette résultat car l'intervalle perforé avec PURE donne 66,8% de l'ensemble de débit d'injection.

Vérifier l'Annexe 2 il y a une brève étude économique des résultats et de la rentabilité de la technique de charge PURE et une comparaison avec la perforation conventionnelle( Annexe 2). La facture total de l'opération (Annexe 2 : Fig.1 Tab 1) , les Valeur de débit d'injection dans les deux zones(Annexe2 : Fig3, Fig4) , l'influence de l'augmentation de quantité injecté dans QB 56 sur quantité produit dans le puits voisin QB 49 (récupération secondaire Water Drive ) et variation de débit après et avant l'application de technique pure charge (Annexe 2 : Tab3, Fig6, Fig7).

On réalise que l'opération de PURE charge devient rentable juste après une semaine (Annexe2 :Tab4) de leur utilisation Par contre l'opération son PURE devient rentable après 17 jour de leur utilisation.(Annex2 : Tab 5)

# Conclusion

## Conclusion

---

### Conclusion

Notre étude sert à minimiser ou éliminer le Skin de perforation dû à l'endommagement au niveau des perfs en utilisant la méthode de PURE CHARGE. Durant notre étude on a conclu :

- La méthode conventionnelle est en over-balance ce qui conduit à la formation d'un filtrat de cake dans les tunnels de perforations causant ainsi un skin et une baisse de pression aux abords des puits, dit l'endommagement dû aux perforations.
- La méthode de PURE CHARGE est la méthode préférée pour éliminer les débris de perforation et les dommages de la zone écrasée, résultant en des tunnels de perforation plus productifs.
- L'utilisation de la méthode de PURE CHARGE est efficace pour les puits injecteurs.
- Le logiciel du système PURE a été exécuté pour déterminer le niveau de pression de Underbalance dynamique optimal qui assurerait un nettoyage efficace des tunnels de perforation pour une meilleure injectivité.
- L'analyse de MPLT confirme l'efficacité de la méthode PURE charge sur l'augmentation de débit d'injection.
- MPLT montre bien que le débit d'injection de la zone perforer avec PURE est plus grand que le débit de la zone perforer par la méthode classique.
- Les résultats de test Fall Off montre bien l'efficacité technique de la méthode PURE charge, tel que : L'analyse de Fall Off nous donne un Skin qui est inférieur au Skin calculé avant la réalisation de la perforation avec PURE charge. Skin qui est égale à 0,37 ce skin est idéal pour un puits injecteur.

# **Recommmandation**

## Recommandation

**Recommandation** Après les résultats de cette étude, il est recommandé d'utilisation de charges pénétrantes extra-profondes PowerJet Nova couplées au système PURE pour les opérations de perforation optimales (figure 01). Les charges PowerJet Nova améliorent l'efficacité en transférant l'énergie explosive dans le jet perforant, augmentation spectaculaire de la pénétration. Ces deux technologies ont été utilisées avec une tête de tir électronique flexible « eFire » pour fournir une perforation plus sûre (sans danger), plus efficace, plus rentable et plus économiques (voir l'annexe02).

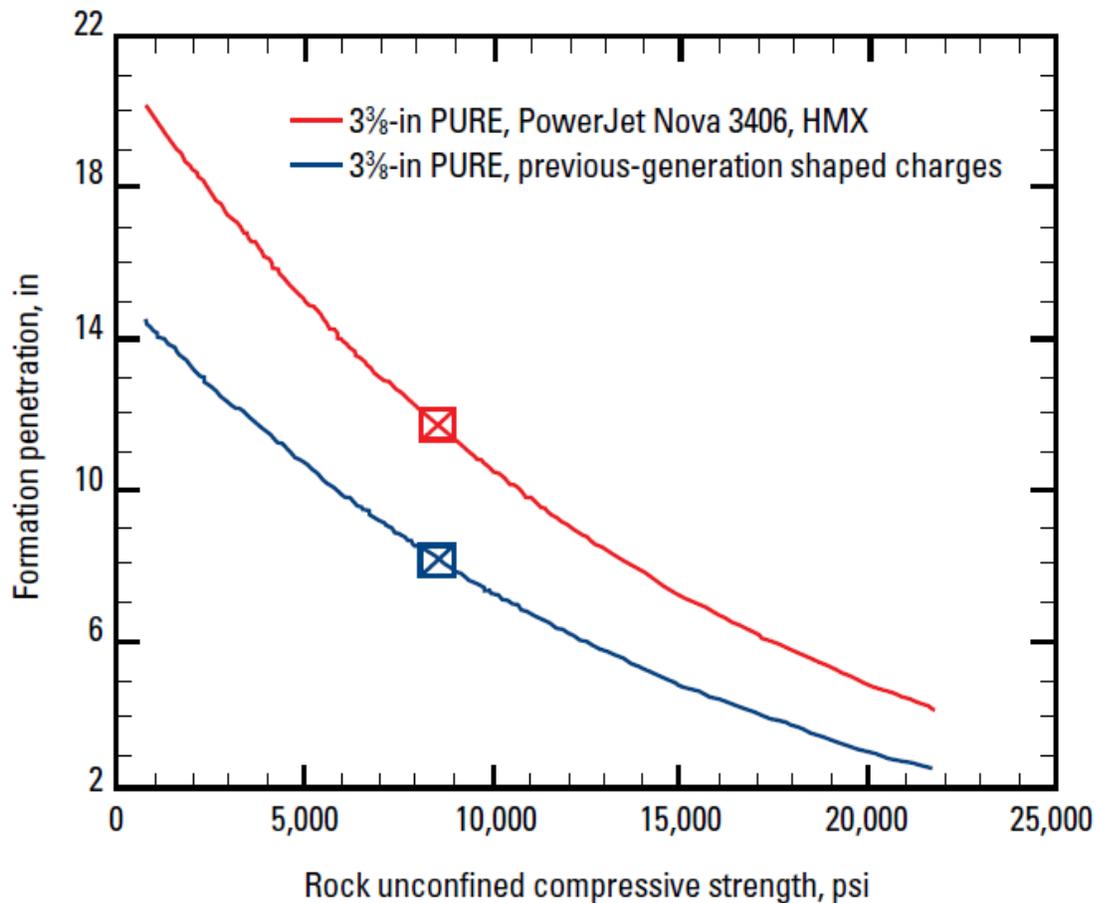


Figure 1 : Pénétration de la formation par les différentes charges

# **Annexe**

Annexe- 1

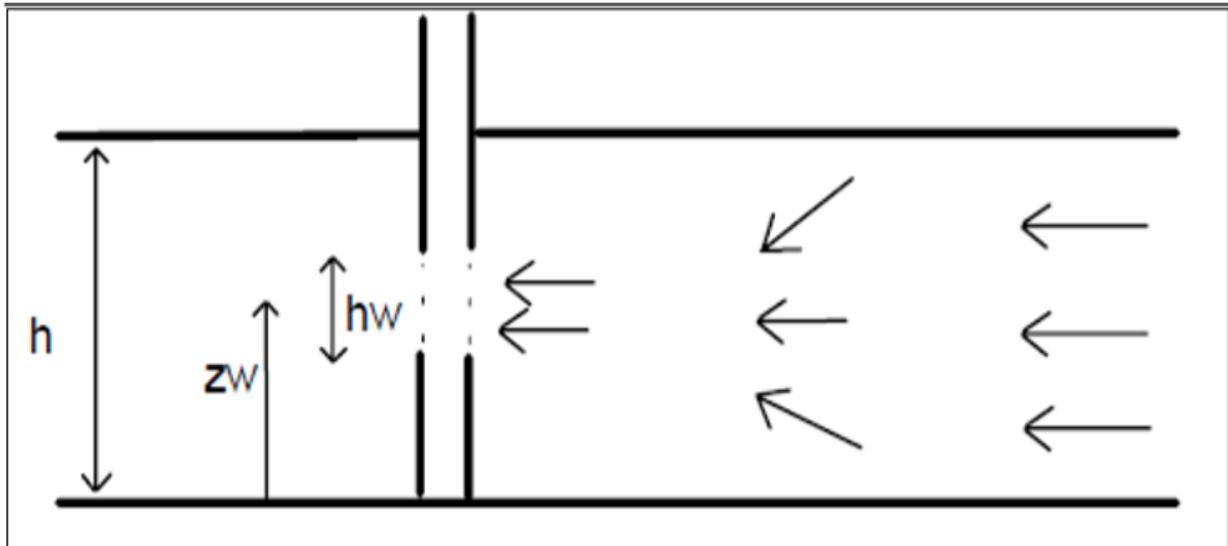


Figure 1 : La pénétration partielle

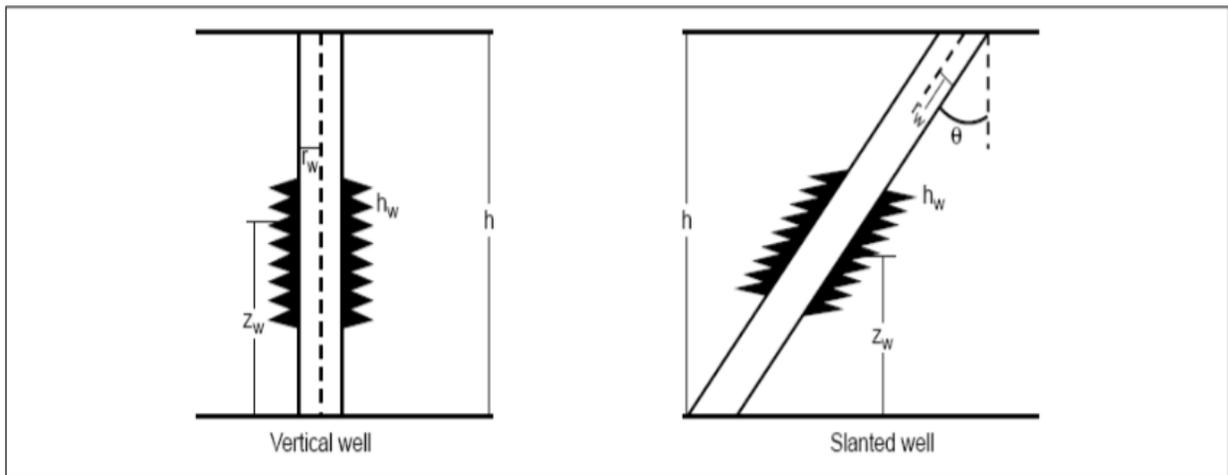


Figure- 2 : Skin d'inclinaison

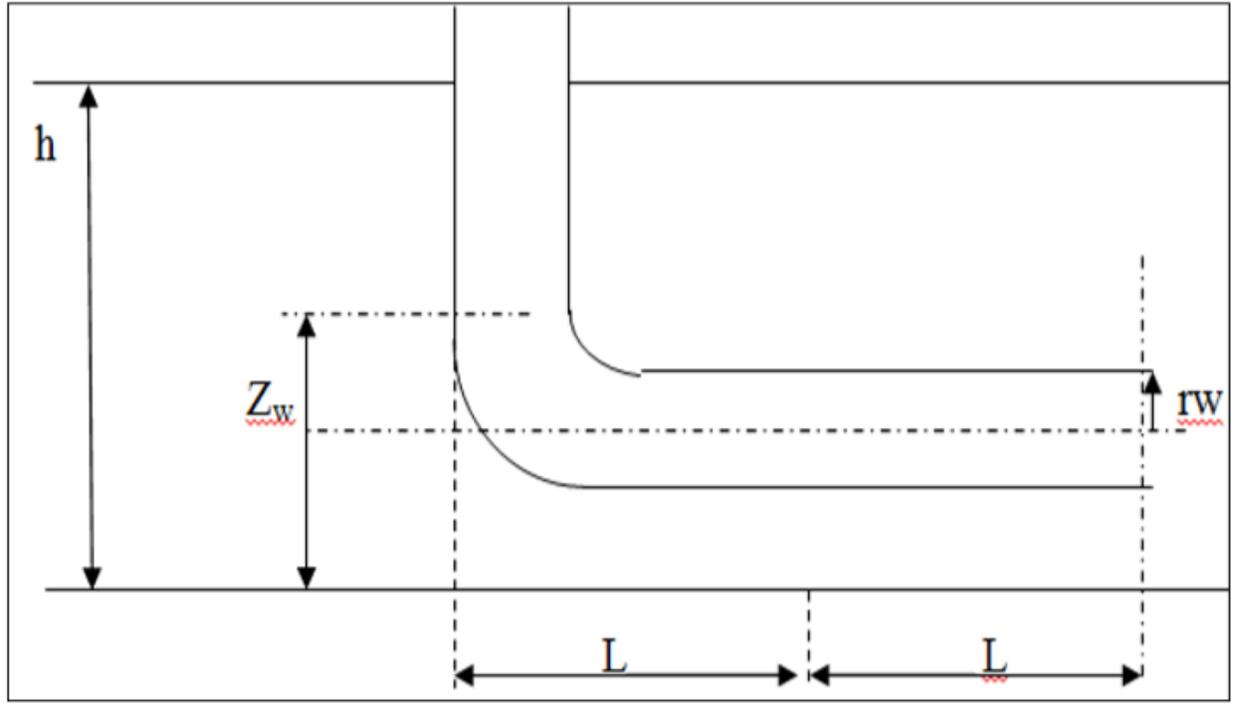


Figure- 3 : Skin d'Un puits horizontal

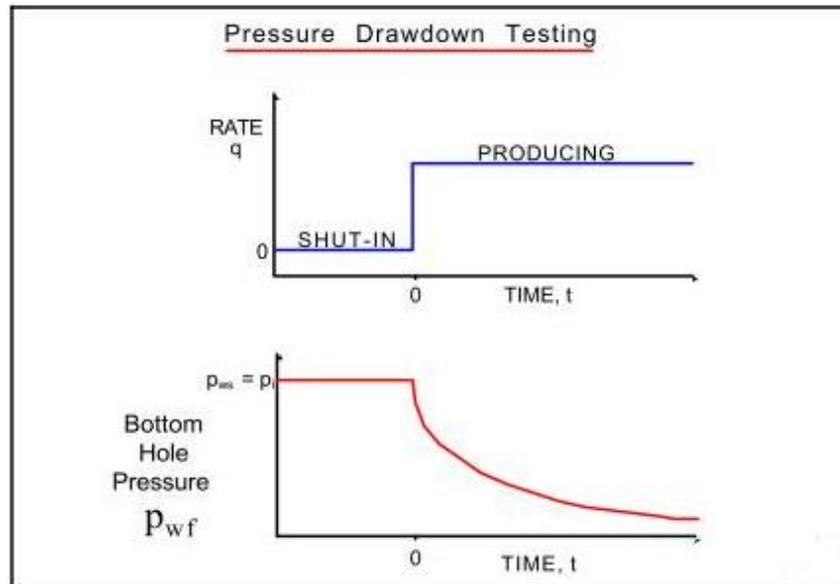
### Drawdown (Essai en debit) :

L'objectif principal de Drawdown est d'obtenir :

- Le skin total.
- La perméabilité effective ou totale du réservoir.
- L'efficacité de l'écoulement.
- L'aire de drainage.
- La position des failles.
- La limite et la forme de réservoir.
- Les caractérisations des fractures naturelles ou artificielles.
- Rayon de drainage de l'écoulement.

Il est appliqué :

- Aux nouveaux puits.
- Aux puits en déplétion de production.
- Les interférences entre les puits (limites).



**Figure- 4 : Drawdown (Essai en debit)**

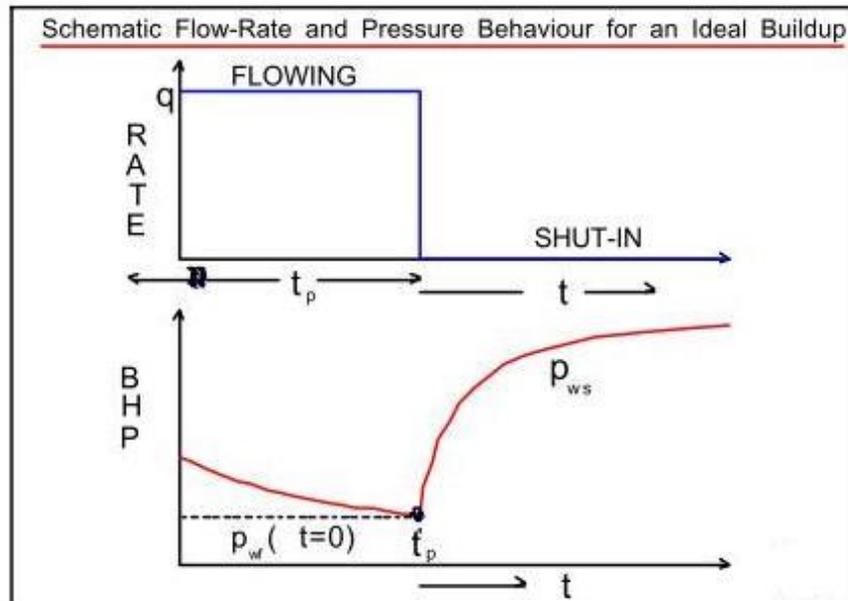
Quand le débit de production est constant  $Q_0$  pendant le régime transitoire, le puits se comporte comme s'il se trouve dans un réservoir infini.

### **Build Up (Essai en fermeture ou la remontée de pression) :**

Le test Build Up est le test le plus utilisé dans le domaine pétrolier, ce test nécessite la fermeture du puits, l'augmentation de la pression de fond en face de la formation doit être mesurée en fonction du temps. L'essai BU décrit la remontée de la pression de fond en fonction du temps après la fermeture du puits

L'objectif de ce test est d'évaluer et d'analyser:

- La pression statique du réservoir  $P_{ws}$
- La perméabilité effective de réservoir.
- L'endommagement aux abords du puits.
- La présence d'une faille proche du puits et les limites du réservoir.
- L'interférence entre puits producteurs.
- Les limites du réservoir dans le cas où il n'y a pas un aquifère active.



**Figure- 5 : Essais de fermeture**

L'essai Build Up nécessite la fermeture du puits et l'enregistrement de l'augmentation de la pression en fonction du temps. Les techniques habituelles d'analyse exigent un débit constant pendant le temps production, soit à partir du début ou après une période de dernier débit assez longue pour avoir une distribution stable de pression avant fermeture.

Le temps de fermeture est symbolisé sur la figure (III. 3) représente le débit avant la fermeture et le comportement idéal de la pression durant la période de Build Up. La pression est mesurée juste avant la fermeture et enregistrée en fonction du temps pendant la période de remontée. Ensuite l'analyse des résultats de Build Up est utilisée pour évaluer l'état de la formation.

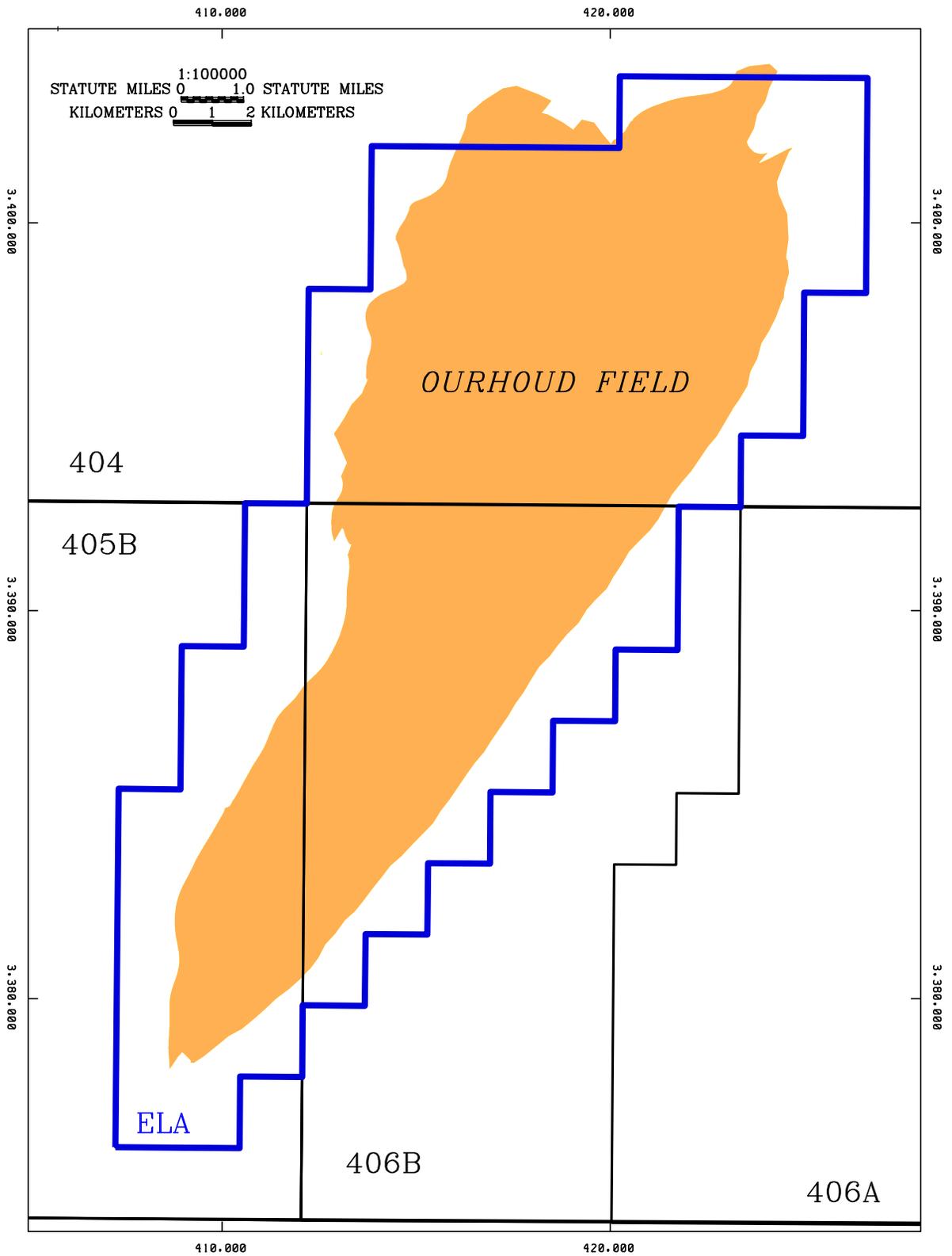


Figure- 6 : Description du champ

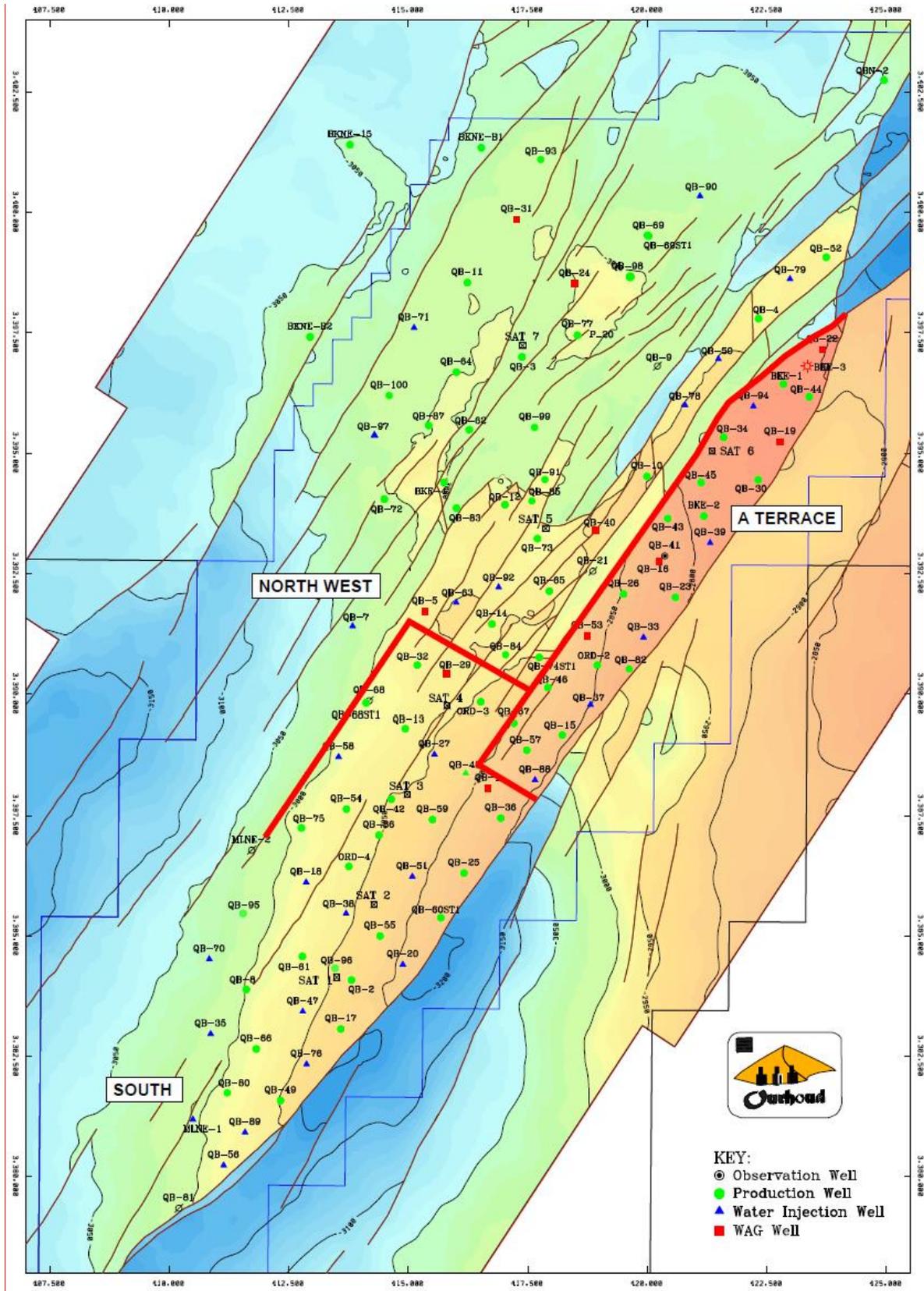
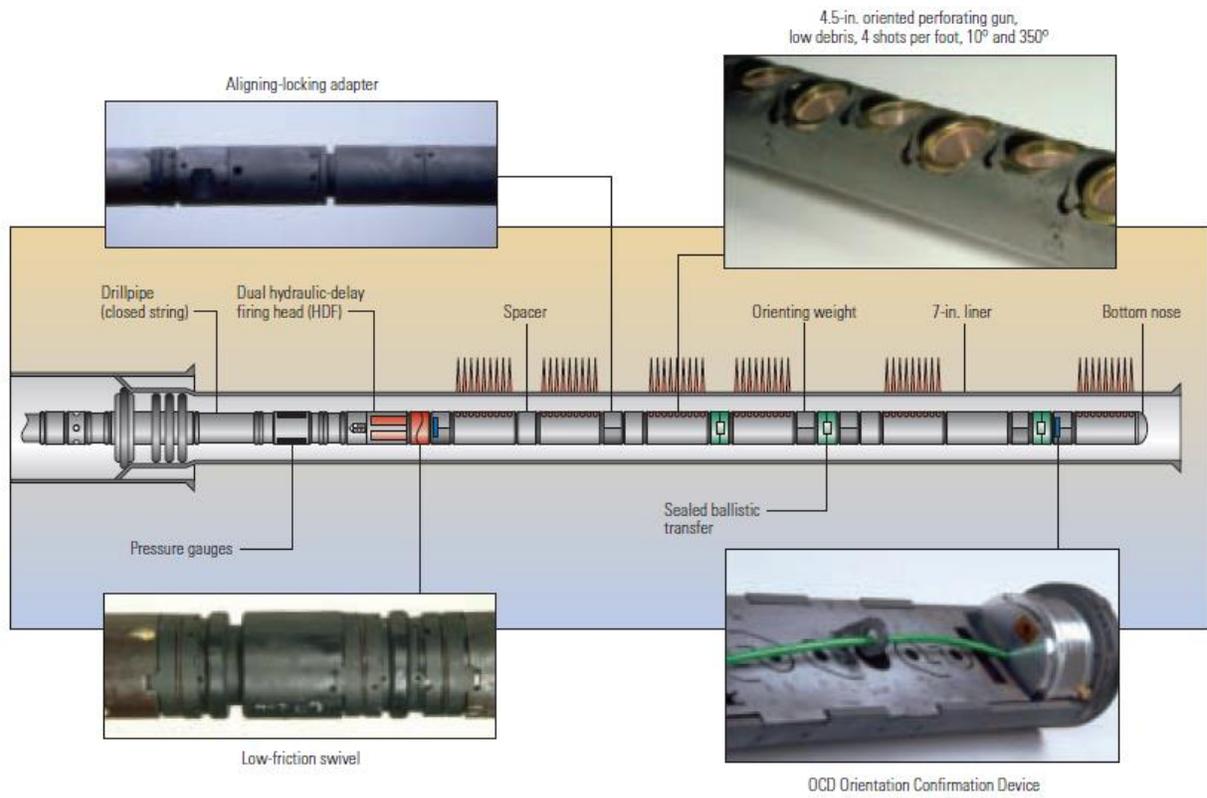


Figure- 7 : Compositions du Champ



**Figure- 8 : Montage durant l'utilisation du système " PURE charge"**

Ourhoud		SUBSURFACE DEPARTMENT SINGLE WI WELLHEAD				
WELL : QB56		BLOCK : 404				
FIELD : Ourhoud		COUNTRY : Algeria		COMPLETED: 22-Sep-04		
TREE SCHEMATIC			DESCRIPTION			
			Tree Cap	Make / Type	9 1/2" OTIS Quick Release	
				Size / Rating	5 1/8" 5,000 psi WP	
				Lift Threads	5" 20ppf New VAM	
				Fittings	1/2" API LP NV 10,000 psi WP	
			Flow Cross	Sw ab Valve	Make	FMC
					Type	Model 120 Gate Valve, FE
					Size	5 1/8"
					Rating	6650 psi WP
				Kill Wing Valve	Make	FMC
					Type	Model 120 Gate Valve, FE
					Size	3 1/8", c/w 3" WECO 1502 outlet
					Rating	6650 psi WP
				Flow Wing Valve	Make	FMC
					Type	Model 120 Gate Valve, FE
			Size		5 1/8"	
Rating	6650 psi WP					
Actuator Valve	Make					
	Type					
	Size					
	Rating					
Actuator Assy.	Type					
	Plots					
Upper Master Valve	Make	FMC				
	Type	Model 120 Gate Valve, FE				
	Size	5 1/8"				
	Rating	6650 psi WP				
Lower Master Valve	Make	v				
	Type	Model 120 Gate Valve, FE				
	Size	5 1/8"				
	Rating	6650 psi WP				
"C" Section Tbg Spool	Make / Type	Cameron				
	Size / Rating	13-5/8" x 11" / 5,000 psi WP				
	Outlet 1 Valve	Gate Valve, 2 1/16" 5,000 psi WP				
"B" Section Csg spool	Make / Type	Cameron				
	Size / Rating	20 3/4" 3K x 13-5/8" 5K psi WP				
	Outlet 3 Valve	Gate Valve, 2 1/16" 5,000 psi WP				
"A" Section Csg spool	Make / Type	Cameron				
	Size / Rating	20 3/4" / 3,000 psi WP				
	Outlet 5 Valve	Gate Valve, 2 1/16" 5,000 psi WP				
Adaptor Assembly	Make / Type	Cameron				
Tubing Hanger	Size / Rating	11" x 5 1/8" / 5,000 psi WP				
	Fittings	SSSV Port / Test Port				
Casing Hanger	Make / Type	Cameron				
	Size / Rating	13 5/8" x 9 5/8" / 5,000 psi WP				
Remarks	Control line fitted to HP Nipple, Ni Cr Alloy 825 Wall thickness 0.065" Needle valve left in Tree Cap					
AUTHOR :			DATE :	24-Sep-04		

Figure- 9 : La tête de puits QB-56



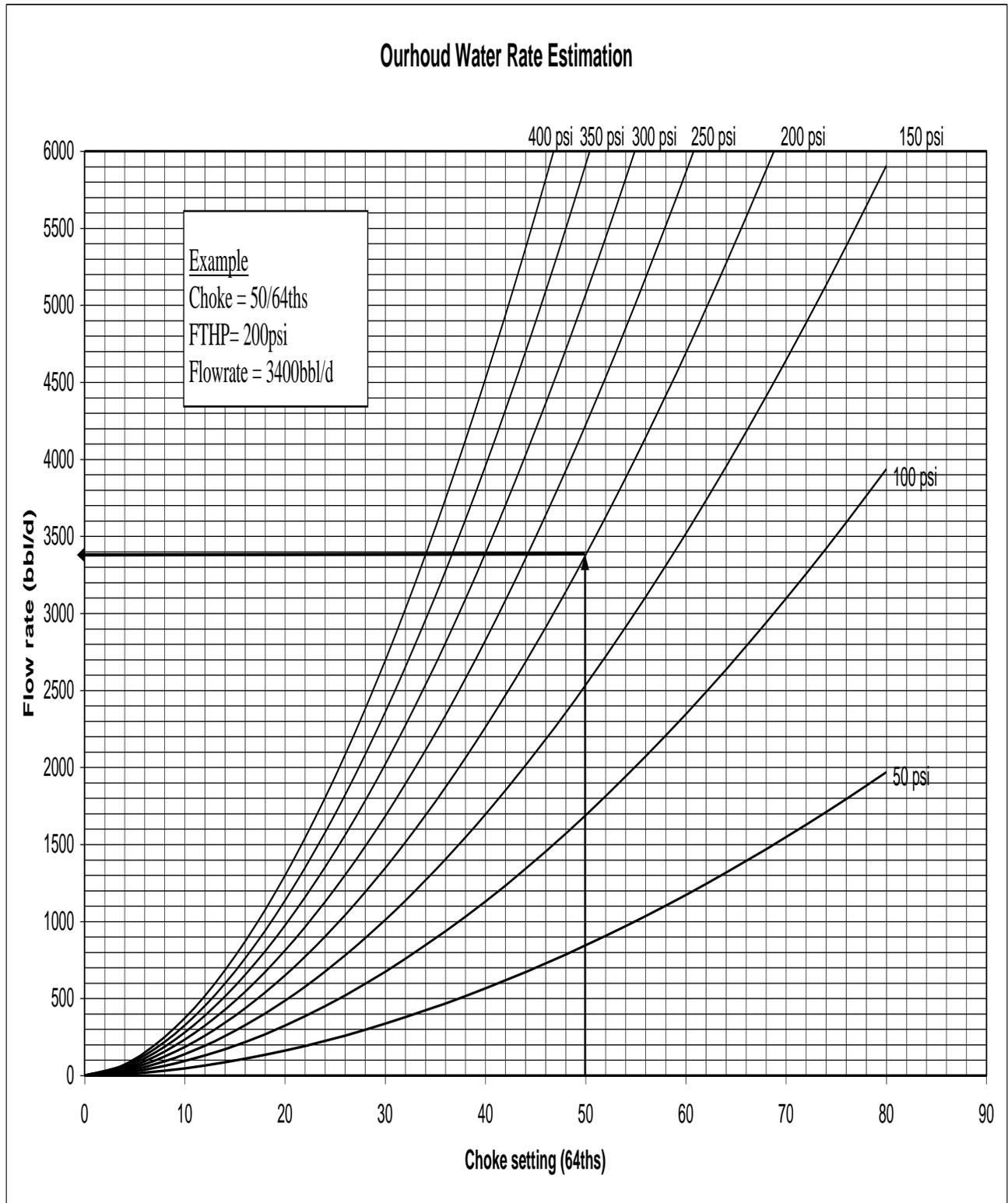


Figure- 11 : Estimation du débit d'eau

# Annexe

## Annexe 2 :

### . Étude économique de la Technique « PURE CHARGE » :

Service Instructions:  
3"3/8 Pure PowerJet Perforation

Ln	Local SPN	Local Desc	Qty	UOM	Price	Disc	Amount
10	SERV	<b>Service Charge</b>					
20	OP	Perforating Eline base charge (one per well in campaign)	1	EA	27,043.50		27,043.50
		<b>Book Price: 27,043.50</b>				<b>Discount: 0.00</b>	<b>Est Sub Total: 27,043.50</b>
30	PURE-FPG	<b>PURE Fast Pressure Gauge</b>					
40	FLAT	Dynamic Underbalance Gauges Flat Charge	1	RUN	7,600.00		7,600.00
		<b>Book Price: 7,600.00</b>				<b>Discount: 0.00</b>	<b>Est Sub Total: 7,600.00</b>
50	PURE-3375	<b>PURE Gun System, 3-3/8 inch</b>					
60	P3375PJ3406	Pure Gun System, 3-3/8in PowerJet, 3406, PJ, Max 6 SPF					
70	GUNLEN	Gun or Blank Footage Charge	2.4	M	5,006.56	50.00%	6,007.87
80	SHOTHMX	HMX Charge per Shot	43	SHT	493.40	50.00%	10,608.10
		<b>Book Price: 33,231.94</b>				<b>Discount: 16,615.97</b>	<b>Est Sub Total: 16,615.97</b>
90	HSD-3375	<b>Wireline Conveyed High Shot Density Gun System, 3-3/8 inch</b>					
100	TYPE 3 - 3375PJ3406	Perforating HSD, 3-3/8in PowerJet, 3406, Max SPF 6					
110	GUNLEN	Gun or Blank Footage Charge	2.4	M	1,488.75		3,573.00
120	SPGUNLENHMX	Spacer	3.7	M	333.75		1,234.88
		<b>Book Price: 4,807.88</b>				<b>Discount: 0.00</b>	<b>Est Sub Total: 4,807.88</b>

Figure .1 : La facture total de l'opération

Tab .1 : Détails de la facture totale

type	Par mètre(m)	Sur intervalle perforé
Prix de perforation par Eline	27043.50 \$	27043.50 \$
Prix de charge creux	1488.75 \$	3573.00 \$
Prix de PURE charge	6923.32 \$	16615.97 \$
Prix de spacer	333.75 \$	1234.88 \$
Prix de PURE Fast Pressure Gauge	7600.00 \$	7600.00 \$
Prix TOTAL	11680.69 \$	56067.35 \$

Pour 2.4m on 'a :

Tab .2: La différence de prix de l'opération (avec/ son) PURE CHARGE

Prix de l'opération son PURE CHARGE	Prix de l'opération avec PURE charge
31851.38 \$	52494.35 \$

	Top	Bottom	interval		débit d'injection
Avec PURE charge	3214,00 m	3216,40 m	2.4 m		227.75 m3/d
Sans PURE charge	3216,40 m	3218,80 m	2.4 m		51.08 m3/d

Figure .2 : Le débit d'injection dans les deux zones

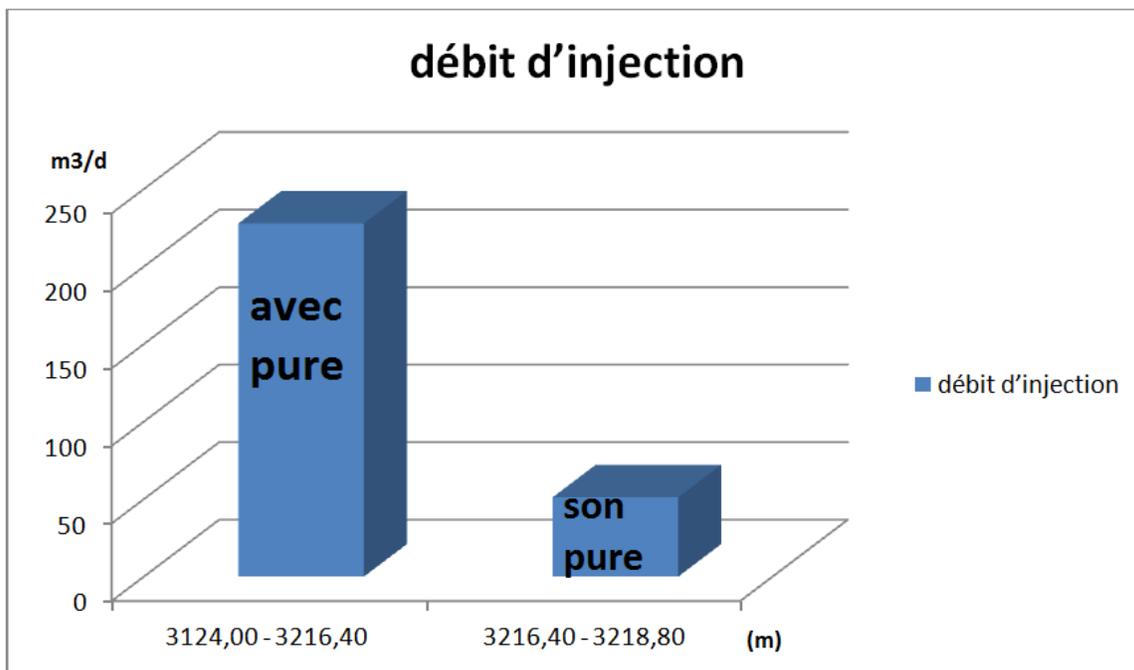


Figure.3 : Valeur de débit d'injection dans les deux zones

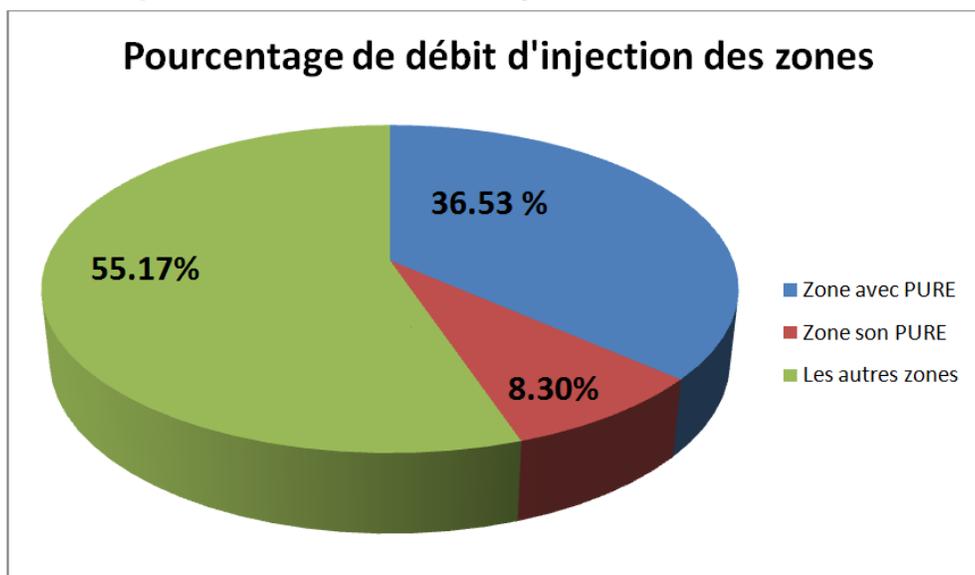
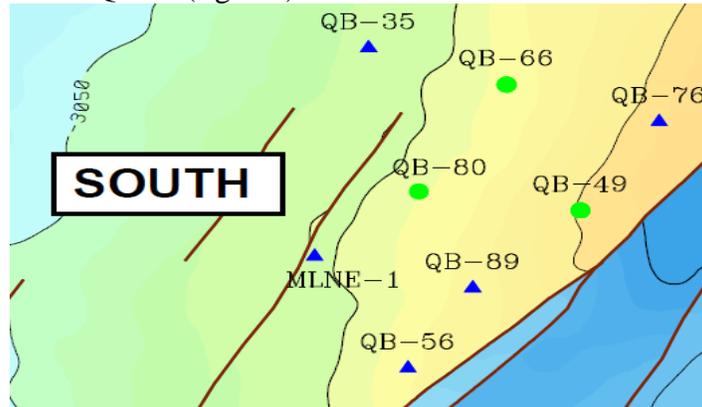


Figure.4 : Pourcentage de débit d'injection des zones

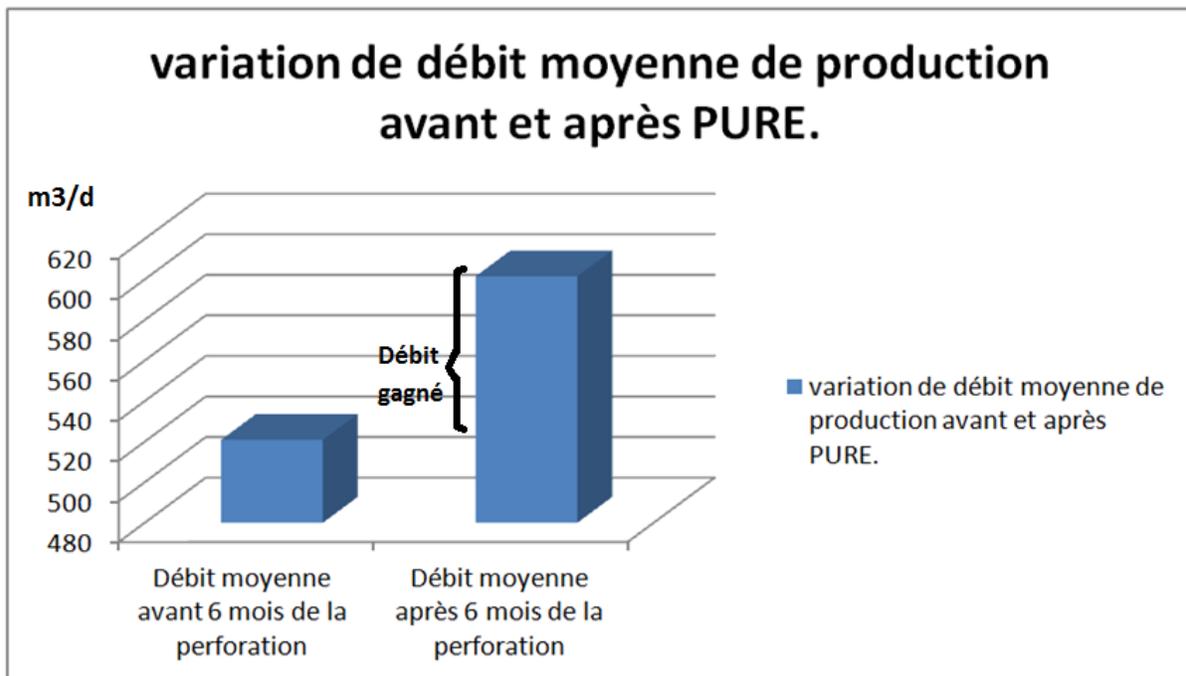
En va déterminer l'influence de l'augmentation de quantité injecté dans QB 56 sur quantité produit dans le puits voisin QB 49 (fig V.1).



**Figure.5 : L'état des puits adjacents au puits QB-49**

**Tab .3: Comparaison des performances des puits QB (56/49)**

	QB56	QB49
Débit moyenne avant 6 mois de la perforation	264.93 m <sup>3</sup> /d	520.88 m <sup>3</sup> /d
Débit moyenne après 6 mois de la perforation	377.54 m <sup>3</sup> /d	601.49 m <sup>3</sup> /d



**Figure.6 : Débit moyenne de production de puits QB-49**

Alors de débit gagné égal :

$$601.49 - 520.88 = 80.61 \text{ m}^3/\text{d}$$

## Annexe

Pour une augmentation de 112.61 m<sup>3</sup>/d d'injection on obtient 80.61 m<sup>3</sup>/d de plus sur la production.

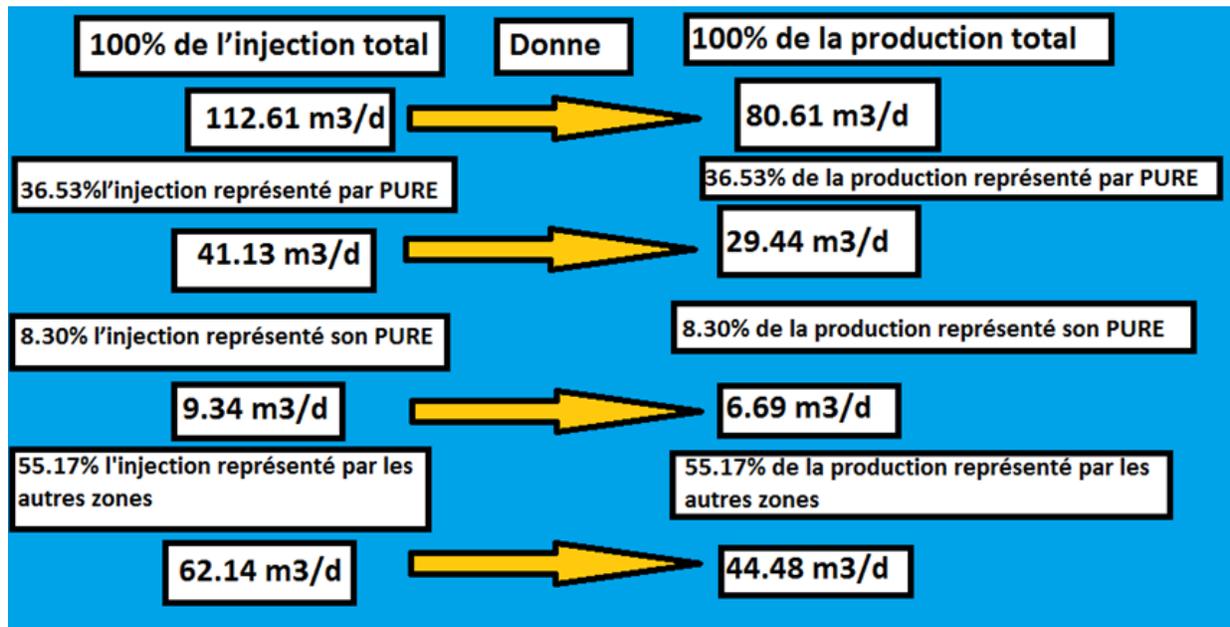


Figure.7 : Le rapport de l'injection totale à la quantité de production

On a déjà parlé qu'intervalle perforé avec PURE charge représente 36,53% de l'ensemble de débit injecté, donc le PURE nous donne 41.13 m<sup>3</sup>/d de débit injecté et 29.44 m<sup>3</sup>/d.

**Alors :**

Pour perforation avec PURE on 'a:

$$29.44 \text{ m}^3/\text{d} = 185.15 \text{ bbl/d}$$

Et Pour perforation son PURE on 'a:

$$6.69 \text{ m}^3/\text{d} = 42.07 \text{ bbl/d}$$

### 7.2. Calcule de bénéfice net :

L'intervalle de prix de baril dans les 6 mois après la perforation 2012 et [92.10 -98.56 \$]. On va travailler avec minimum **92.10 \$**

Pour un baril de pétrole on enlève 1 \$ sur leur prix de vente, ce chiffre représente l'ensemble des charges, depuis la sortie de brute à partir de puits jusqu'à leur chargement sur les bateaux.

Alors on va travailler avec 91.10 \$ pour calculer directement le bénéfice net.

D'après le contrat signé l'état avec sonatrach et les six sociétés étrangères de l'organisation ourhoud, La répartition de bénéfice net se fait selon le schéma au-dessous :[15]

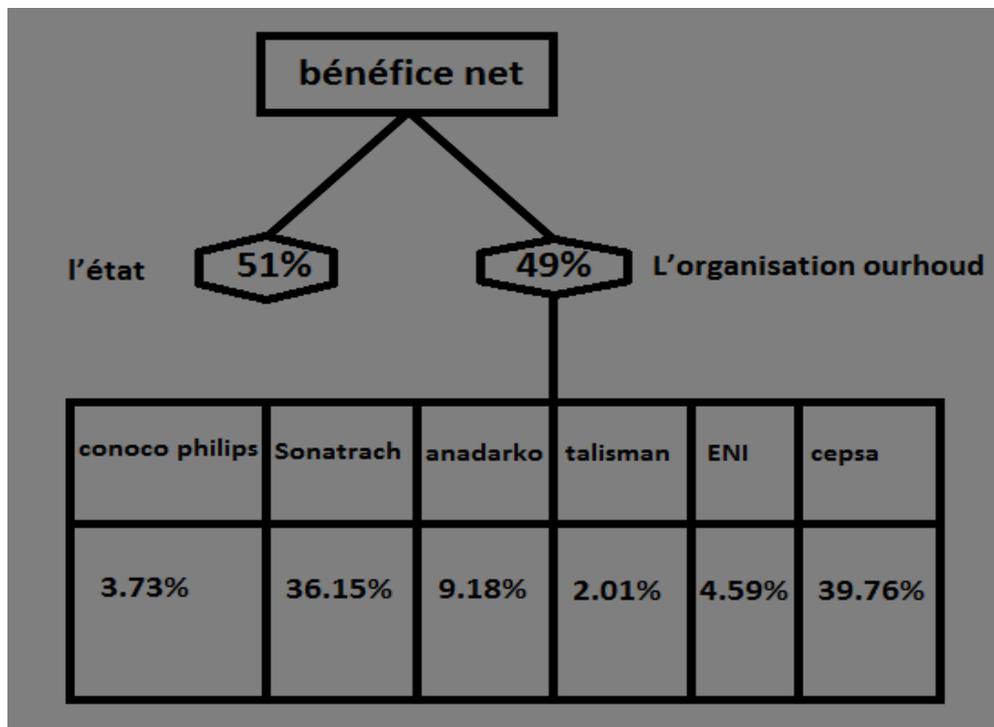


Figure.8 : La répartition de bénéfice net

Celons le bénéfice de puits QB-49 on à construire les tableaux au-dessous :

- 7.2.1 Pour perforation avec PURE :

Tab.4: le bénéfice de puits QB-49

Jour	Récupération PURE	Bénéfice de l'tat	Bénéfice d'ourhoud
1	16867.16\$	8602.25\$	8264.90\$
2	33734.33\$	17204.50\$	16529.82\$
3	50601.49\$	25806.75\$	24794.73\$
4	67468.66\$	34409.01\$	33059.64\$
5	84335.82\$	43011.27\$	41324.55\$
6	101202.96\$	51613.50\$	49589.45\$
7	118070.12\$	60215.76\$	57854.35\$

## Annexe

---

- 7.2.2 Pour perforation son PURE:

**Tab.5 : le bénéfice de puits QB-49 son PURE CHARGE**

Jour	Récupération PURE	Bénéfice de l'tat	Bénéfice d'ourhoud
1	3832.57\$	-	-
2	7665.15\$	-	-
3	11497.73\$	-	-
4	15330.30\$	-	-
5	19162.88\$	-	-
6	22995.46\$	-	-
7	26828.03\$	-	-
14	53655.98\$	-	-
16	61321.12\$	31273.77\$	30047.35\$
17	65153.59\$	33228.38\$	31925.20\$

D'après les tableaux suivants en remarque que l'opération de PURE charge dévient rentable juste après une semaine de leur utilisation

$$57854.35\$ > 52494.35 \$$$

Par contre l'opération son PURE devient rentable après 17 jour de leur utilisation.

$$31925.20\$ > 31851.38 \$$$

### Bibliographie

- [1]. Apport Deep Pénétration Perforation sur la Production et l'Injectivité du puits, Par : S.Boudif DP/HMD/EP.
- [2]. Bakker, Eelco, et al. "The New Dynamics of Underbalanced Perforating." US Patent Application Publication No 2003 (2003): 0089498.
- [3]. Documentations de la société SCHLUMBERGER.
- [4]. Documentations Du Organisation OURHOUD.
- [5]. Dynamic Underbalance Perforating System Helps Exceed Injectivity Estimate by 6,000  
bbl\_d \_ Schlumberger\_files/ date 05/2020.
- [6]. Fracture globale de l'opération réalisé par Schlumberger
- [7]. Fiorentino calpo. Formation damage, gas and oil magazine 2009.
- [8]. G.Bourdarot. "Les essais de puits; méthodes et interprétation" Editions Technic, 1996.
- [9]. IMPORTANCE OF PERFORATION PROCESS AND ITS TECHNIQUES by Jawad Farid Dalhousie University Halifax Faculty of Engineering Petroleum Engineering Program, Nova Scotia February, 2012.
- [10]. Institut Algérien du Pétrole (IAP).
- [11]. MDT, rapport sur le puits de la région Ourhoud 2012.
- [12]. Perrin, Denis, and Georges Gaillot. Techniques d'exploitation pétrolière: La Production de fond. Editions OPHRYS, 1995. II.7.9 Récupération secondaire à Ourhoud
- [13]. PURE Clean Perforations System \_ Dynamic Underbalance \_ Schlumberger\_files/ date 05/2020
- [14]. Programme d' operation: *QB 56 ADD PERFORATIONS PROGRAM*  
ORGANISATION OURHOUD
- [15]. Rapport du bénéfice de puits QB-49 / Organisation OURHOUD 2012 [15]
- [16]. Rapport de l'injection totale à la quantité de production De l'Organisation OURHOUD 2012
- [17]. 19 search for perfect perforations 2006, Schlumberger.