

Demande d'un Permis exclusif de recherches

Bassin oligocène d'Alès

**3 – Programme de travaux et engagements
financiers**

Janvier 2009

Sommaire du Programme des travaux et engagements financiers

1 – Introduction

2 - Programme d'exploration

- 2-1 Etudes préliminaires avant le dépôt de la demande de permis
- 2-2 Etudes à prévoir dans la phase exploration

3 - Calendrier de la phase exploration

4 – Discussion sur les objectifs et leur développement

- 4-1 Développement des réservoirs situés sous le Sannoisien
- 4-2 Développement du Sannoisien seul
- 4-3 Développement simultané du Sannoisien et des réservoirs plus profonds

5 - Economie du projet

- 5-1 Investissements
- 5-2 Scénarios de production
- 5-3 Viabilité du projet d'exploration du Bassin oligocène d'Alès

6 – Engagements financiers

Programme de travaux et engagements financiers

1 - Introduction

Le champ de Maruéjols a été découvert en 1947 dans les calcaires asphaltiques du Sannoisien à faible profondeur, entre 470 et 1230 m. Il a été reconnu sur environ 4 km² par neuf puits forés entre 1947 et 1951 (8 puits de Maruéjols et Lussan-2). Les débits d'huile très lourde et soufrée ne dépassaient pas au mieux 5 m³/j. A cette époque où le pétrole coûtait moins de 3 \$ le baril, le champ n'était pas rentable et la production a été arrêtée en 1950 après avoir produit quelques 1200 tonnes (7,500 barils).

Avec l'augmentation de la demande mondiale de pétrole qui était légèrement supérieure à la capacité de production, le prix du baril a presque doublé au cours de l'année 2008, permettant ainsi le développement de nombreux nouveaux champs qui n'étaient pas auparavant commercialement viables.

Nous avons alors décidé de faire une évaluation géologique et économique du Bassin Oligocène d'Alès, pour savoir si le prix du pétrole actuel permettait de relancer un développement de Maruéjols et d'envisager une nouvelle phase d'exploration.

Nous avons commencé notre évaluation par une **étude détaillée des puits de Maruéjols** et par une étude économique rapide de cette accumulation d'huile lourde pour savoir si le développement de ce champ pouvait être rentable avec un prix du pétrole dépassant **70 € par baril (100 \$/bl)**. Malheureusement, ainsi qu'il est expliqué en détail dans le Mémoire géologique joint à cette demande, cette étude a conclu que **les investissements à prévoir pour le développement de ce champ n'étaient pas compatibles avec les profits attendus.**

Par contre, les études géologiques, géophysiques et géochimiques ont **confirmé l'intérêt de l'exploration du bassin oligocène d'Alès** pour trois types d'objectifs possibles :

- des **pièges plus profonds** dans lesquels les **calcaires asphaltiques du Sannoisien** auraient atteint la fenêtre à huile, mobilisant ainsi les asphaltés. De plus, pour de tels pièges, l'huile produite devrait être plus légère, et sa viscosité plus faible du fait de l'augmentation de température, permettant des débits d'huile plus importants. Une sismique de bonne qualité avec un maillage suffisant devrait répondre à cette question.
- Des indices importants d'huile observés en dessous des calcaires asphaltiques du Sannoisien entre 1230 à 1600 m (dans les brèches éocènes de Mar-1 et de Lussan-2, dans les grès du Crétacé supérieur de Mar-4, et dans les calcaires du Lias de Lussan-2) montrent l'intérêt de l'exploration des **objectifs profonds**. Ces objectifs consistent en des réservoirs de nature très diverse : **brèches** à éléments calcaires de l'Eocène, **calcaires à rudistes** du Coniacien, divers **niveaux gréseux** du Crétacé supérieur et **calcaires urgoniens sub-récifaux**. Ces réservoirs ont été alimentés par les **schistes bitumineux** du Santonien. Ces schistes bitumineux sont si riches du point de vue organique qu'ils ont été exploités pendant plus d'un demi-siècle à Vagnas sur la bordure nord du bassin pour produire par pyrolyse du pétrole lampant, des huiles de graissage et du gaz

d'éclairage. La justification du forage d'un puits à 1800-2200 m reste cependant liée à la découverte de structure fermée de taille suffisante.

- Des indices de gaz combustible ont été rencontrés en cours de forage dans le Stéphaniens de Lussan-2. Il est possible que des réservoirs profonds, en particulier les calcaires urgoniens, dans des blocs effondrés dans le fond du bassin, aient pu collecter du gaz produit par le Stéphaniens qui existe sous la surface de décollement de la série mésozoïque..

2 - Programme d'exploration

2- 1 : Etudes préliminaires avant dépôt de la demande de permis

Des études préliminaires ont été menées par MouvOil avant le dépôt de la demande de permis. Elles comprennent la recherche et l'analyse des documents, des rapports et des publications géologiques, géophysiques, et de production se rapportant à cette zone, et les résultats des puits forés en 1947-1952 et 1960-1965, puis en 1980-1982 (dans le cadre d'un essai d'injection de vapeur sur le champ de Maruéjols). Les logs électriques des puits de Maruéjols ont été interprétés, dans la mesure du possible. Enfin, Les rapports techniques de l'essai d'injection de vapeur ont été étudiés en détail (§ 2-1-3 du Mémoire géologique).

Nous avons commandé au BRGM le 2 décembre 2008 les bandes magnétiques de certaines sections pour les retraiter et essayer d'en améliorer la qualité. Ce sont les sections LGC 01, 04, 05, 06, 09 et 10 de la campagne digitale Bouquet 1985, et 1T 5 de la campagne analogique SAB 1T tirée en 1969. Les bandes de la section SAB 1T n'ayant pas été retrouvées, le BRGM nous a proposé en remplacement la section LGC 02, ce que nous avons accepté. Le retraitement des bandes magnétiques de lignes tests LGC 01, 04, 05 et 06 a commencé à **titre de test** dès que nous avons reçu les bandes magnétiques, au début de janvier 2009, et les premiers résultats sont encourageants.

Par ailleurs, de courtes campagnes de terrain entre 2001 et 2007 ont permis de revisiter les affleurements de roches mères sur les bordures Nord et Est du Bassin oligocène d'Alès, de prendre quelques échantillons, et de revoir les couches qui peuvent être considérées comme des réservoirs potentiels. Plus récemment, pendant l'été 2008, le bassin a été visité plusieurs fois pour avoir une idée précise des conditions dans lesquelles une campagne sismique pouvait être réalisée, et de la localisation possible des lignes sismiques. Une **étude préliminaire de l'impact** d'une exploration pétrolière dans le Bassin oligocène d'Alès et du développement éventuel d'un champ de pétrole a été faite au cours de l'été 2008.

Nous avons d'autre part rencontré, il y a quelques années, des responsables de la Société Minière de l'Asphalte du Centre (SMAC) pour obtenir des informations sur les caractéristiques des calcaires asphaltiques du Sannoisien.

2-2 : Etudes à prévoir dans la phase exploration

Les études à prévoir pendant la phase d'exploration sont de trois sortes :

- Etudes géologiques complémentaires de surface: géomorphologie à partir des cartes topographiques existantes et des photos aériennes, mesure des pendages

en surface de façon à localiser les failles et aider ainsi l'interprétation de la sismique, échantillonnage en surface des réservoirs potentiels et mesure de leur porosité et de leur perméabilité (calcaire à rudistes coniaciens et grès éocènes), re-échantillonnage des roches mères (calcaires sannoisiens et schistes bitumineux santoniens) et détermination de leurs caractéristiques géochimiques (Rock-Eval : TOC, S2, HI, et Tmax).

- Détermination de la **géométrie du bassin** aussi bien pour l'exploration des calcaires sannoisiens que des réservoirs plus profonds : brèches éocènes, calcaires à rudistes coniaciens, sables du Crétacé supérieur, et calcaires urgoniens, attendus entre 1800 et 2200 m.

Pour l'**objectif sannoisien**, la connaissance détaillée de la géométrie de la structure de **Maruéjols** est nécessaire pour apprécier la possibilité de **pièges plus profonds** sur les flancs de la structure où l'huile pourrait être plus légère, donc plus facile à produire. Elle devrait permettre aussi de localiser les zones faillées au voisinage desquelles les calcaires sannoisiens peuvent être très fracturés.

Pour les **objectifs anté-sannoisiens** profonds, un forage ne serait justifié que si au moins un piège stratigraphique ou une structure fermée de taille suffisante était confirmée.

- **Evaluation des réservoirs** dans le puits d'exploration avec la réalisation d'un jeu complet de logs électriques, le carottage des réservoirs imprégnés et des essais de production prolongés après acidification, aussi bien pour les calcaires sannoisiens que pour les objectifs plus profonds.

1 - La connaissance de la géométrie du bassin passe d'abord par le **retraitement des lignes sismiques disponibles** : comme indiqué plus haut, les bandes magnétiques de sections tests sont en cours de traitement et les premiers résultats sont satisfaisants, le **retraitement sera étendu à l'ensemble des lignes** de la campagne LGC Bouquet 1985, pour la partie qui est située dans le Bassin oligocène d'Alès.

Une **campagne sismique complémentaire** devra être réalisée ensuite avec un maillage qui couvre les parties les plus prospectives du Bassin d'Alès, et reconnaisse certaines zones qui sont pratiquement inconnues (voir Fig. 15 du Mémoire géologique).

Parmi les zones inconnues, aucune ligne récente n'a été tirée au sud de 85 LGC 10, c'est à dire dans toute la partie Sud du Bassin. Dans cette partie, quatre sections transversales et une section longitudinale sont nécessaires, soit 40 km de section. Une section supplémentaire est nécessaire dans la partie Nord du Bassin, au Nord de 85 LGC 4, soit 8 km de section. Compte tenu de la petitesse du bassin et de la présence probable d'un réseau de failles, il est souhaitable d'avoir un meilleur maillage de la région de Maruéjols. Pour cela il convient de tirer une ligne longitudinale doublant la ligne analogique SAB 1T 5 (25 km), et trois lignes transversales entre LGC 04 et 05, entre LGC 05 et 06 entre LGC 06 and 07 (25 km), soit un total de **100 km** de sections. Le nombre et le tracé définitif des lignes sismiques devraient dépendre des conditions de surface et du tracé des routes et des chemins carrossables, de façon à minimiser l'impact de la sismique sur l'environnement.

Pour **limiter les nuisances environnementales**, nous avons prévu d'utiliser la technologie **Vibroseis**. Les camions vibrateurs utiliseraient au maximum les routes et chemins carrossables. La campagne sismique pourrait être faite de préférence au début

de l'automne après les moissons et les vendanges, et avant les fortes pluies d'automne. **Nous avons une bonne expérience de l'utilisation d'une équipe Vibroseis en Europe.** Le coût maximum d'un tel programme, en utilisant un dispositif léger suffisant pour avoir une bonne pénétration jusqu'à 2800 m de profondeur est estimé à **0.5 M €**, y compris le processing des sections et leur interprétation.

2 - La deuxième condition demande le forage d'un **puits** :

- Si la sismique confirme **l'existence d'une structure au niveau du Crétacé supérieur**, un puits d'exploration serait foré à **une profondeur de 1800/2200 m** de façon à étudier à la fois les calcaires asphaltiques du Sannoisien et reconnaître les séries plus profondes de l'Eocène à l'Urgonien. Au vu du programme complet de logs électriques, et de tests après perforation du casing et acidification, le coût du forage de 1800 à 2200 m de profondeur est estimé à **2.4 millions d'euros** (voir le détail de l'estimation des coûts dans l'Annexe 1).
- Si par contre aucune structure profonde de taille suffisante n'était mise en évidence, un puits de **1400 m de profondeur** serait suffisant pour tester les brèches éocènes de Lussan-2 ou les calcaires asphaltiques sannoisiens à un emplacement où ils sont plus profonds. Le coût du forage proprement dit et des logs électriques serait de **l'ordre de 1.4 M €**. Par contre si un programme extensif de tests était nécessaire, le **coût total du forage et des tests pourrait atteindre 1.9 million d'euros** ainsi qu'il est expliqué dans l'Annexe 2.

3 – Calendrier de la phase exploration

Année 1 : la première année, comptée à partir de l'attribution du permis, serait consacrée aux études géologiques complémentaires de surface, à l'échantillonnage des roches mères et des réservoirs, à la détermination en laboratoire des porosités et perméabilités des échantillons de réservoirs et des caractéristiques géochimiques des roches mères et au **retraitement de l'ensemble des bandes magnétiques** des lignes de la campagne 85 LGC situées dans le Bassin oligocène, selon la description donnée au § 2-1.

Année 2 : La deuxième année serait consacrée à la préparation de la campagne **sismique Vibroseis** (reconnaissance du terrain, localisation des profils, contacts avec les propriétaires et les autorités locales, étude d'impact et recensement des espèces protégées), et à **sa réalisation**. Toutefois pour minimiser l'impact sur l'environnement, la campagne sismique devrait avoir lieu à l'automne.

Année 3 : Au cours de la troisième année, la sismique serait traitée et interprétée. Des cartes isobathes à différents niveaux seraient établies, et un ou des emplacements de forage seraient déterminés. Les autorisations administratives nécessaires au forage seraient obtenues après la réalisation d'une étude d'impact sur le site de forage.

Année 4 : L'année 4 serait consacrée au **forage**, enregistrement des logs électriques, test des réservoirs et essais de production, en cas de résultats positifs. La fin de l'année 4 serait nécessaire à l'étude des résultats du forage de façon à pouvoir décider si le projet peut être commercial. MouvOil déciderait s'il doit ou non demander une extension du permis.

4 – Discussion sur les objectifs et leur développement

4-1 : Développement des réservoirs situés sous le Sannoisien.

Nous avons vu (§ 1-2-2 du Mémoire géologique) l'existence de 5 m d'excellentes **roches mères santonniennes** sur la terminaison nord du bassin. Nous n'avons pas de renseignements directs sur l'extension de celles-ci, ni sur leur épaissement éventuel vers le Sud. Cependant, l'existence d'indices d'huile significatifs à la base de l'Eocène dans les puits de Maruéjols-1 et de Lussan-2, dans le Crétacé supérieur de Maruéjols-4 et dans le Lias de Lussan-2 témoigne de l'**existence d'une roche mère profonde**, au moins dans la moitié Nord du Bassin.

Ces roches mères santonniennes peuvent être associées à différents types de réservoirs : **brèches éocènes**, biostromes de **calcaires à rudistes du Coniacien**, sables et grès dans plusieurs niveaux du Crétacé supérieur, et **calcaires sub-récifaux urgoniens**.

Les forages profonds effectués dans le Bassin oligocène d'Alès ont montré que pratiquement **tous les niveaux ayant quelque perméabilité, situés sous le Sannoisien, étaient imprégnés**. Le problème de l'exploration du Bassin semble être **avant tout un problème de réservoir**. La géométrie des brèches éocène doit être déterminée. Les calcaires à rudistes coniaciens, qui sont observés sur les bordures occidentale et orientale, sont probablement présents dans la plus grande partie du bassin. Il est cependant difficile de prévoir leur qualité de réservoir en profondeur (porosité et perméabilité). Remarquons cependant que les calcaires coniaciens et urgoniens ont été plissés une première fois suivant une direction E-W lors de la phase pyrénéo-provençale, et une seconde fois suivant la direction N-S lors de la réjuvenation alpine. La superposition de deux phases sensiblement orthogonales devrait avoir engendré une **fracturation notable** de ces calcaires qui a dû augmenter sensiblement la perméabilité. Les calcaires urgoniens ont pu être aussi **karstifiés** au cours du Crétacé supérieur. Par contre, les sables et grès du Crétacé supérieur sont souvent mal triés et argileux, et leur qualité de réservoir reste erratique.

En résumé, deux facteurs : diversité des types de réservoirs et présence de roches mères augmentent la probabilité de découverte. Nous considérons que **l'exploration profonde pour la reconnaissance d'objectifs dans l'Eocènes, le Crétacé supérieur et l'Urgonien est justifiée**, suivant les critères d'évaluation utilisés dans la profession.

Dans le cas d'un résultat positif, une épaisseur imprégnée de 70 à 150 m peut être raisonnablement espérée (70 m de brèches, et/ou de 10 à 30 m de calcaire à rudistes, 20 à 30 m de grès à peu près propres, et/ou 50 m de calcaires urgoniens).

Dans toutes les hypothèses retenues pour le calcul économique, les dépenses d'exploration sont estimées à 5 M € (campagne sismique, puits d'exploration, et dépenses connexes). Nous avons fait l'hypothèse d'un développement minimal d'un **module élémentaire de 4 km²** comprenant 5 puits (le puits d'exploration, plus 4 puits supplémentaires supposés à 2000 m de profondeur) pour un investissement supplémentaire de 10 M €, plus 5 M€ de dépenses diverses (génie civil, unité de production, management). S'il y a lieu, on pourra envisager plusieurs mailles élémentaires de développement.

Pour l'étude économique des réservoirs profonds, nous avons considéré :

- une hypothèse basse de 4 puits produisant 100 b/d (400 b/d pour un module de 4 km²)
- une hypothèse haute de 5 puits produisant 200 b/d (1000 b/d pour 4 km²)

4-2 : Développement du Sannoisien seul

Nous avons vu dans le Mémoire géologique que les réservoirs sannoisiens de Maruéjols avaient une porosité matricielle très faible, l'asphalte qui les imprègne n'étant pas mobile, et que l'huile était produite à partir de **fractures seulement** (Mémoire géologique, § 2-1-3). Dans ces conditions, le débit primaire espéré des puits de Maruéjols ne dépasserait pas sur un long terme 2 à 3 m³/j, et les réserves du champ seraient faibles. Un calcul économique rapide donnée ci-dessous (§ 5-3 Hypothèse 1) montre que **le champ de Maruéjols n'est pas rentable économiquement**.

Nous pouvons considérer, par contre, l'hypothèse de **l'exploration d'un piège sannoisien profond**, un module élémentaire 4 km² comprenant 9 puits (le puits d'exploration et 8 puits supplémentaires à 1000 m équidistance des puits 1 km, soit un investissement de 15 M €, plus 5 M € de dépense d'exploration.

Pour l'étude économique, nous avons considéré :

- une hypothèse basse à 8 puits produisant 40 b/d (320 b/d pour le champ)
- une hypothèse haute à 9 puits à 50b/d (450 b/d pour le champ)

S'il y avait lieu, on envisagerait plusieurs modules élémentaires de développement. On étudierait par ailleurs l'utilisation de **puits horizontaux** qui devraient permettre d'obtenir un meilleur drainage de ce type de réservoir, et d'augmenter d'une façon significative le débit des puits, tout en minimisant leur nombre. Toutefois la présence de nombreuses failles de faible rejet peut rendre difficile l'application généralisée de forages horizontaux.

4-3 : Développement simultané du Sannoisien et des réservoirs plus profonds

Nous avons combiné les deux hypothèses précédentes (basse et haute), en supposant que la structure fermée au Crétacé supérieur correspond aussi à un piège plus profond dans les calcaires sannoisiens. Les investissements comprennent alors en plus des dépenses d'exploration, 4 puits à 2000 m (dual completion) et 4 puits à 1000 m, soit 15 M €, plus 5 M € de dépenses diverses (unité de production, génie civil, management et divers) et 5 M € de dépenses d'exploration.

Pour l'étude économique, nous considérerons toujours **un module de 4km²**, avec :

- une hypothèse basse : 400 b/d pour le (ou les) réservoirs profonds et 320 b/d pour le Sannoisien, total 720 b/d)
- une hypothèse haute 1000 b/d pour le (ou les) réservoirs profonds et 450 b/d pour le Sannoisien, total 1450 b/d)