EDF

Projet Salins des Landes

BENESSE-LES-DAX

INTERPRETATION GEOPHYSIQUE

MARS 2008

Nombre de pages : 29	Révision : 0	Etat : BPA	Date de diffusion :

P.RENOUX Emis (nom, visa)	*P. RENOUX* Vérifié (nom, visa)	*J. GRAPPE / P. de LAGUERIE* Approuvé (nom, date, visa)

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 3
2. GEOLOGIE 4
2.1. Introduction 4
2.2. Caractéristiques des structures diapiriques 4
2.3. Méthodologie et sources d'information 5
2.4. Géologie régionale 5
3. DONNEES DISPONIBLES 9
3.1. Puits 9
3.2. Sismique 2D 10
4. RE-TRAITEMENT DES DONNEES SISMIQUES 14
5. INTERPRETATION DES DONNEES DE PUITS 15
5.1. Forage BE3 (cotes KB) 15
5.2. Forage LAL 1 (cotes KB) 17
6. INTERPRETATION SISMIQUE 18
6.1. Calage sismique 18
6.2. Choix des marqueurs 20
6.3. Interprétation des profils sismiques : faciès reconnus 22
6.4. Cartes isochrones et isobathes 25
7. CONCLUSION 29

LISTE DES PLANCHES

1. Carte isochrone du toit de L'Eocène
2. Carte isobathe du toit de L'Eocène
3. Carte isochrone du toit de l'Albien Supérieur
4. Carte isobathe du toit de l'Albien Supérieur
5. Carte isochrone du toit du Keuper
6. Carte isobathe du toit du Keuper

OBJET PRINCIPAL DE LA REVISION ET NATURE DES MODIFICATIONS
Emission originale.

1. INTRODUCTION

EDF a confié à GEOSTOCK, l'étude du développement d'un stockage souterrain de gaz naturel en cavités salines le long du tracé du gazoduc principal alimentant le Sud-Ouest (artère Espagne France).

Dans la perspective d'un tel stockage, les objectifs en terme de profondeur d'implantation des cavités se situent entre 1000 et 1 500 m.

Une première étude, basée sur des considérations techniques, économiques et environnementales, a conduit à identifier comme objectif les plus prometteurs la zone de Benesse-lès-Dax (environ 10 km au Sud de Dax cf. figure 1 "Situation géographique").

D'un point de vue lithologique, la structure salifère, n'était reconnue que par les affleurements de Keuper Marneux et les installations minières de CSME (Groupe Salins).

En vue d'évaluer la faisabilité d'un projet de stockage sur le diapir de Benesse, des travaux préliminaires de reconnaissance ont donc été envisagés en 2007 :

- Retraitement des profils sismiques 2D existants (recherche pétrolière) centrés sur les zones potentielles d'implantation du futur stockage, avec pour objectif de préciser la géométrie du sel,
- Recensement des puits disponibles sur la zone (pétroliers ou miniers).

2. GEOLOGIE

Afin de replacer l'interprétation géophysique dans son contexte, nous reprenons ici la description géologique de la zone de Dax présentée dans l'étude de préfaisabilité de juin 2007.

2.1. Introduction

Les séries salifères de par les caractéristiques visco-plastiques des principaux sels qui les composent et leur faible densité (halite[1]) ont la faculté de se mettre en mouvement et de percer les strates sus-jacentes (phénomènes diapiriques au sens large) particulièrement lors des phases d'extension qui affectent un bassin (la présence d'une charge sédimentaire importante ayant pour effet d'intensifier ce phénomène).

Quelques 1500 forages pétroliers ont été effectués dans le bassin Aquitain sur une surface qui ne dépasse pas 80 000 km^2. La plupart des champs pétroliers du bassin Aquitain sont liés à la tectonique salifère. Néanmoins, le Trias d'Aquitaine est relativement mal connu du fait qu'il ne constitue pas un objectif en tant que tel pour la recherche pétrolière qui soit arrêtera son investigation dès qu'elle aura atteint ce niveau (réservoirs sus-jacents), soit aura pour cible les flancs de la structure (diapir). Qui plus est, les forages "mal implantés" sont le plus souvent anciens et mal investigués (logging limité). Environ 150 forages ont atteint le Trias, un nombre beaucoup plus limité a traversé le sel.

Compte tenu de la présence d'une très épaisse série sédimentaire au-dessus du Trias en Aquitaine, celui-ci se trouve à de très grandes profondeurs incompatibles avec la réalisation d'un stockage en cavité saline (on peut en estimer la limite à 2000 m). Les sites favorables seront donc à rechercher là où le sel aura atteint la surface ou bien s'en sera rapproché suffisamment par suite des caractéristiques évoquées plus haut.

2.2. Caractéristiques des structures diapiriques

Certains traits des structures diapiriques méritent d'être rappelés ici car ils ont des conséquences essentielles sur la finalité de cette étude, c'est-à-dire le lessivage du massif salifère.

Au cours de son mouvement ascendant, le sel entraîne avec lui les autres roches déposées pendant les mêmes séquences sédimentaires détruisant litage et stratification (argiles, dolomie, anhydrite, etc.). Il peut entraîner aussi des roches magmatiques intrusives. Toutes ces roches non lessivables sont qualifiées d'insolubles et vont encombrer le fond de la cavité diminuant d'autant le volume utile. La limite économique pour envisager un lessivage se situe autour de 30% d'insolubles (à noter qu'une quinzaine de puits seulement donne une information pertinente pour estimer l'aptitude au lessivage).

---

[1] Par la suite, on désigne la halite par le terme générique de "sel"

Il est admis généralement que les insolubles se concentrent sur les bords de la structure diapirique et laissent en quelque sorte le passage au sel. Ces insolubles sont néanmoins présents au cœur sous forme de blocs dont la taille est un paramètre important difficile à cerner, un bloc de taille relativement petite (quelques dizaines de mètres de coté) pouvant rendre les opérations de lessivage extrêmement ardues voire les interdire. Par expérience, les corrélations entre puits sont souvent impossibles à une distance de l'ordre de 100 m. A noter que les blocs sont fréquemment injectés de sel à une échelle centimétrique ou décimétrique (visible souvent sur carottes mais pas sur diagraphies) ce qui est un élément favorable au lessivage. La présence de sel dans toutes les infractuosités est également un élément favorable pour l'intégrité de la future cavité. Dans tout ce qui suit, on utilise le terme de banc à la place de bloc ce qui permet de ne pas présager de la taille.

Concernant les formations Keupériennes, elles sont fréquemment contemporaines d'émissions basaltiques et il n'est pas rare lors de l'halocinèse que des blocs de toutes tailles soient entraînés et se retrouvent de façon erratique dans la formation salifère diapirique (ophites, dolérites, etc.). Ces éléments sont malheureusement indétectables sur les sections sismiques.

Dans un diapir, il convient d'être également prudent quant aux conclusions que l'on peut tirer des pendages car ce qui est observé peut être le résultat de plis de deuxième voire de troisième ordre et donc ne pas refléter une tendance générale comme un déversement par exemple.

2.3. Méthodologie et sources d'information

La bibliographie est généralement ancienne, années 70 et début 80 (voir références en fin de rapport), à l'exception notable d'un article de la Division Géosciences-Réservoir de TOTAL paru en 2006 (J. J. Biteau et al).

Nous avons pu consulter, grâce à l'amabilité des géologues de L'IFP, les données publiques concernant les puits d'exploration (en général les rapports finaux et les "Logs dits Fondamentaux", "habillés" de la lithologie (avec certaines diagraphies).

Les cartes géologiques du BRGM qui sont également publiques, apportent de précieux renseignements pour la géologie de surface mais aussi pour un dégrossissage du contenu des séries traversées par les sondages.

2.4. Géologie régionale

Le Bassin Aquitain est caractérisé par une évolution géodynamique polyphasée très fortement influencée par le substrat hercynien, les zones de failles héritées (N110 et N160 et les "conjuguées") ayant joué un rôle majeur pendant la période d'extension du Secondaire aussi bien que pendant la période de compression du Tertiaire.

La phase d'extension de direction NE-SW qui a commencé pendant le Trias et le début du Lias, est caractérisée par d'importants dépôts évaporitiques qui peuvent être accompagnées de manifestations de type basaltique (dolérites, "ophites").

L'ouverture de l'Atlantique (légère extension WNW-ESE) à la fin du Lias et pendant le Dogger est contemporaine du développement d'une plateforme carbonatée (réservoirs pétroliers) qui se continuera au Malm (développement de failles normales E-W).

Au cours du Crétacé inférieur, les déplacements relatifs des plaques européenne et ibérique ont engendré l'individualisation de fosses ("dépocentres") de Parentis et de Arzacq-Tarbes (extension N-S puis NW-SE, phénomènes de coulissage). L'importante charge sédimentaire engendrée (Aptien-Albien) a favorisé la mise en mouvement du sel triasique qui a migré vers les bords des bassins nouvellement formés, constituant des rides salifères et provoquant l'érosion des formations anté-Crétacé. La fin du Campanien (Crétacé Supérieur) est marquée par les premiers mouvements compressifs (subduction de la plaque ibérique) provoquant la migration vers le Nord des fosses (remplies de turbidites) les plus proches des Pyrénées. Le maximum de la compression est atteint à l'Eocène (phase pyrénéenne) qui se traduit par un raccourcissement de l'ordre de 80 km de moins en moins marqué quand on s'éloigne de la chaîne des Pyrénées.

Le résultat de l'ensemble des mouvements observés est l'individualisation de 5 provinces géologiques qui sont du Nord au Sud :

- La plate-forme du Médoc où le Crétacé Supérieur repose en discordance sur le Trias ou le Jurassique Inférieur
- Le sub-bassin de Parentis, "depot-centre" assymétrique (intense structuration de son flanc Sud où s'étaient déposé les évaporites du Trias et du Lias)
- La plate-forme Nord-Aquitaine et le seuil landais, domaine stable où le Crétacé Inférieur est absent (structures salifères de grande amplitude).
- Le bassin d'avant-pays pyrénéen caractérisé par des "depot-centres" flanqués de rides salifères. On distingue, du Nord au Sud et de plus en plus étroits, les sous-bassins d'Arzacq, de Tarbes et des Comminges (remplissage turbiditiques)
- La Chaîne des Pyrénées (axe E-W), au cœur cristallin et métamorphique, avec plis et chevauchements vers le Nord (symétrie du côté espagnol) impliquant le Secondaire et le début du Tertiaire (niveau de décollement constitué par les évaporites du Trias et du Lias). La faille Nord-pyrénéenne sépare le cœur de la zone des plis et chevauchements. Le front de chevauchement Nord-pyrénéen correspond à la limite Nord de la zone plissée et chevauchante.

La série triasique est de type germanique : niveaux rouges et grès à la base (équivalent Bunter), puis carbonates et argiles rouges (équivalent Muschelkalk) enfin évaporites au sommet (équivalent Keuper). Des coulées basaltiques sont souvent observées (Ophites).

Les dépôts évaporitiques du Trias trouvent une limite au Nord selon la Flexure celt-Aquitaine (ligne Arcachon/Toulouse). La limite Sud est beaucoup plus délicate à définir de par l'effet de la compression pyrénéenne. De larges communications existaient avec le domaine ibérique.

Il est très difficile d'avoir une idée de l'épaisseur originelle des dépôts évaporitiques du Trias du fait de leur mise en mouvement possible. Les travaux les plus récents issus de l'industrie pétrolière (J. J. Biteau et al, 2006) nous disent (sans le démontrer ni l'argumenter) que ces dépôts ("Triassic ductile deposits") ne présentent que des variations faibles et locales ("minor and local thickness variations"). Ceci tend à aussi dire que les manifestations paroxysmales pourraient être limitées. Aucune corrélation n'est possible à l'échelle du bassin. Nous n'avons aucune idée de l'ampleur des diachronismes probables dans un bassin de cette taille.

Le Diapir de Dax (figure 2). Le Trias affleure au Sud de la ville (présence d'ophites dans la ville même). D'importantes sources thermales existent dans la ville (la zone hydrothermale est liée à l'existence d'une lame de dolomie du Crétacé redressée en position verticale le long du flanc Nord de la structure salifère (Carte géologique 1/50000ème de Dax). Situées au Sud de la structure (Donzacq et Pouillon), les exploitations ont été abandonnées.

La potasse a été exploitée (sylvinite, carnallite et kiesérite). La mine de Boudigot a fonctionné de 1948 à 1957 (production brute : 66 000 tonnes en 1957). Les mines de sel ont été ennoyées. Le diapir de Dax fait toujours l'objet d'une exploitation limitée par forages à Saint Pandelon (activités menées par le groupe Salins dont les données ne sont pas publiques). Selon les informations recueillies, le pourcentage d'insoluble est de l'ordre de 10 à 15 % sur les puits en exploitation.

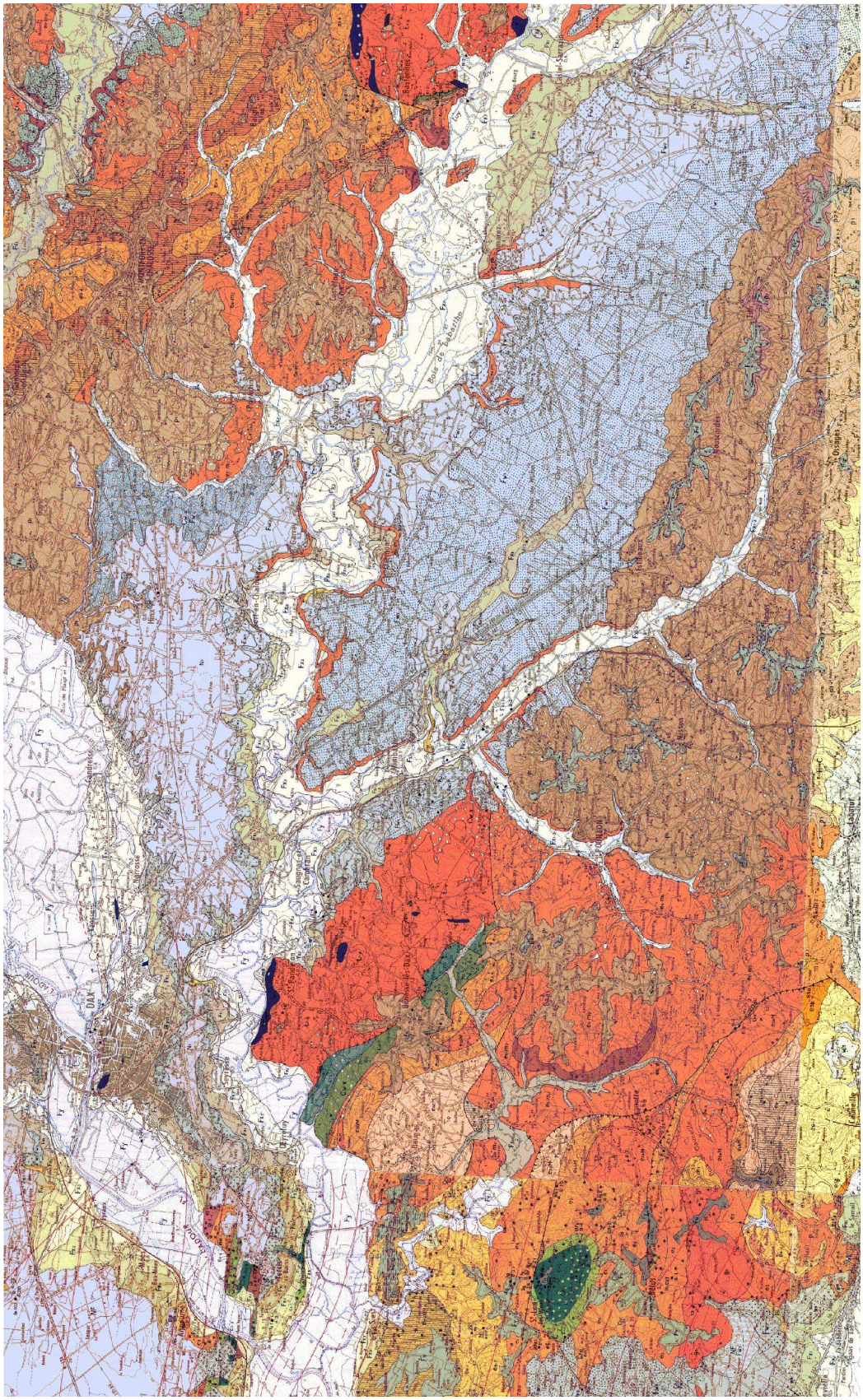

Figure 1 – Extrait de la carte géologique du B.R.G.M, Feuille de Dax – Illustration du diapir étudié, zone de Benesse-lès-Dax

3. DONNEES DISPONIBLES

Le système de coordonnées utilisé durant le projet est du Lambert 2 étendu avec comme datum de référence le NTF, Greenwich.

3.1. Puits

Puits	Lambert 2 étendu (NTF, Greenwich)		Géographiques	
	X (m)	Y (m)	Latitude (deg décimal)	Longitude (deg décimal)
BE2	327118.90	1854266.00	43.63746061	-1.04154473
BE3	327418.70	1854963.50	43.64383979	-1.03820852
CG1	325963.90	1847423.10	43.57556747	-1.05217458
CG101	327019.00	1847166.70	43.57367317	-1.03900712
CL1	334524.80	1852208.80	43.62180834	-0.94890804
Cl2	334154.00	1852633.20	43.62548012	-0.95371143
CL3	333726.70	1853275.90	43.63109078	-0.9593272
CL6	332494.80	1852760.50	43.62599712	-0.97428888
CL7	333076.30	1854107.40	43.63831237	-0.96780082
CL9	331894.70	1852631.50	43.62461127	-0.98164001
CLH1	338111.10	1852186.00	43.62294177	-0.90456359
EST1	337446.60	1853015.50	43.63014439	-0.91320237
LAR1	335819.60	1851630.50	43.61710032	-0.93260476
LAL1	334276.90	1852476.70	43.62412095	-0.9521111
MAS1	323461.00	1851410.10	43.61039374	-1.08523214
MIM1	332004.60	1853016.90	43.62811386	-0.98048266
PO1	330628.90	1848423.60	43.58634373	-0.99508084
PO101	330914.20	1850951.90	43.60915593	-0.99288049
PON1	331800.90	1851223.60	43.61193277	-0.98206412
SL1	321854.40	1850788.30	43.60418003	-1.10474964

SL2	321481.20	1851031.40	43.60621595	-1.1094929
TE1	320423.20	1858278.00	43.67086844	-1.12651511

Table 1 - Liste des 22 forages pétroliers

3.2. Sismique 2D

Après une sélection des profils existants réalisée au B.R.G.M, 20 profils ont été sélectionnés et 13, après déstockage réussi, ont été retraités sous la supervision du BRGM (M. F. HANOT et S. MARC).

Le tableau ci-dessous donne le statut des 20 profils sélectionnés.

A la fin du traitement, début d'interprétation, 13 lignes (en grisé) ont été rentrées en station CHARISMA (Figure 2 et 3):

Lignes	Statut final	Commentaires
81HAB1	données traitées et fournies au client	
81HAB2	données traitées et fournies au client	
81HAB4	données brutes définitivement inexploitables	Vectorisation du traitement antérieur (stack) + migration = annulé
81HAB6	données traitées et fournies au client	
81HAB7	données traitées et fournies au client	
81HAB8	données traitées et fournies au client	
81HAB9	données traitées et fournies au client	
81HAB10	données traitées et fournies au client	
HAB 23	données brutes définitivement inexploitables	Vectorisation du traitement antérieur (stack) + migration = annulé
83HAB26	données traitées et fournies au client	
83HAB27	données traitées et fournies au client	
86HAB33	données traitées et fournies au client	
75XY4	données traitées et fournies au client	
81GOA4	données traitées et fournies au client	
LO 24	pas de données brutes	Réponse de TOTAL: pas de données traitées disponibles
DA 404	données brutes pour la partie Nord	Réponse de TOTAL: pas de données traitées disponibles sauf une partie d'une section sismique d'une qualité très moyenne (donc pas vectorisable)
DA 412	pas de données brutes	Réponse de TOTAL: pas de données traitées disponibles
Options		
81GOA1	données traitées et fournies au client	
SAU1V2	ligne non choisie	
82SAU19	ligne non choisie	

Table 2 - Liste des 20 profils sismiques 2D sélectionnés au B.R.G.M

Ces 13 profils présentent les caractéristiques suivantes :

- Campagne HAB : en couverture C30 pour un dispositif de 96 traces (50 m entre trace)
- Campagne XY : en couverture C20 pour un dispositif de 48 traces (100 m entre trace)
- La qualité de la sismique est bonne.

brgm — Geoscience for a sustainable Earth

GES

BRGM

DAX

81HAB2

SW — NE

LINE DIRECTION

FINAL MIGRATION

REPROCESSING

NOMINAL COVERAGE 48000 %

FIELD RECORDING

INSTRUMENT SN-348
RECORDING LENGTH ..... 4 S
SAMPLE RATE ..... 4 MS
FILTER ..... UNKNOWN
NOTCH ..... OFF
NO OF CHANNELS/SHOT 96
GP INTERVAL ..... 50 M
SP INTERVAL ..... 50 M

SOURCE ..... VIBRATOR
TYPE OF VIBRATOR ..... UNKNOWN
SWEEP FREQUENCY ..... 13 - 65 HZ
SWEEP LENGTH ..... 26 S
SWEEP TYPE ..... LINEAR
NUMBER OF VIBRATORS 3
GEOPHONE TYPE ..... SM-4 10 HZ
GEOPH. PATTERN 1 LINE OF 36 GEO

```
TRACE NO.  1                    48   49                   96
           X--------------------X * X--------------------X
           2675 M            325 M   325 M            2675 M
```

RECORDING DATE: 1981

RECORDED BY CGG

Figure 2 – Exemple de lignes retraitées pour le projet

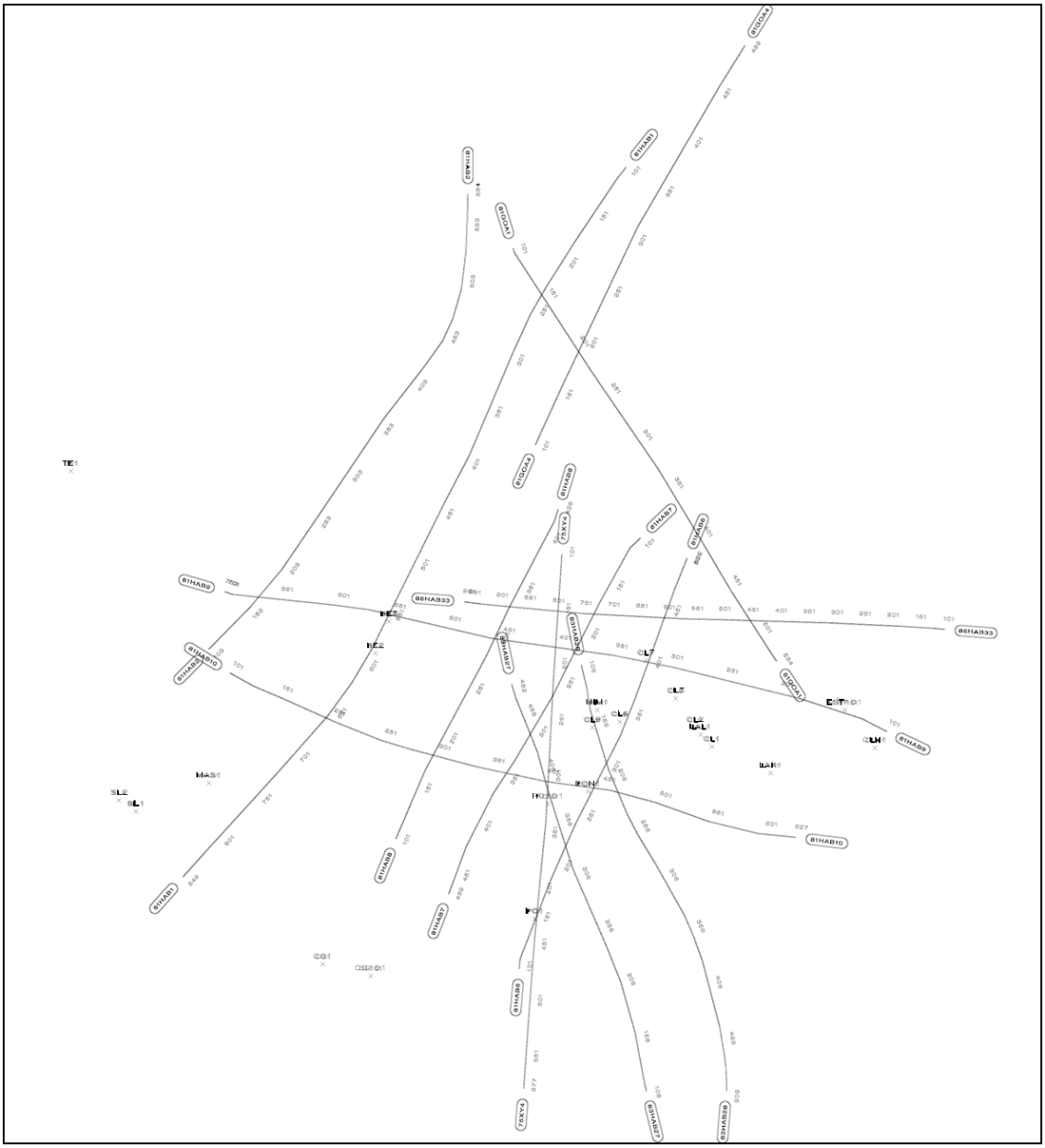

Figure 3 – Plan de position des 13 lignes sismiques 2D utilisées lors du projet

4. RE-TRAITEMENT DES DONNEES SISMIQUES

Les profils sismiques ont été traités par GES Budapest sous la responsabilité du BRGM (M. HANOT) et supervisés par GEOSTOCK. Le traitement des données a commencé mi-octobre 2007, pour s'achever le 11 Janvier 2008.

Le traitement sismique est décrit sur la têtière des sections (cf. Figure 4).

```
RECORDED BY CGG

PROCESSING SEQUENCE

PROCESSING LENGTH: ......... 4 S
LABEL-EDITING
AMPLITIDE RECOVERY BY (T/250)**1.2
TRACE EQUALIZATION
PHASE CORRECTION (VIBRO)
SURFACE CONS. SPIKE DECONVOLUTION
 LENGTH OF OPERATOR ...... 150 MS
 WHITE NOISE ............... 1 %
 WINDOWS FOR OPERATOR:
 ................  100 - 1000 MS
 ................  900 - 2000 MS
 ................ 1900 - 3900 MS
CDP GATHERING
FIELD STATIC CORRECTION (RES.)
AUTOMATIC STATIC ADJUSTMENTS
 PACKING OPTION: 4 TRACES
 WINDOW FOR COMPUTATION:
 ................ 200 - 3500 MS
AUTOMATIC STATIC ADJUSTMENTS
 3 ITERATIONS
 WINDOW FOR COMPUTATION:
 ................ 200 - 3500 MS
VELOCITY ANALYSISSES (V.SPECTRA)
 4 ITERATIONS
AGC TYPE AMPLITUDE ADJUSTMENT
 WINDOW LENGTH: ......... 800 MS
PRESTACK RANDOM NOISE ATTENUATION
DMO VELOCITY ANALYSIS
NMO CORRECTION
MUTES
BANDPASS FILTERING 10,13-65,70 HZ
AGC TYPE AMPLITUDE ADJUSTMENT
 WINDOW LENGTH: ......... 800 MS
DMO STACKING
TIME VARIANT BANDPASS FILTERING
    0 -  600 MS:   13,16-65,70 HZ
  800 - 2400 MS:   10,13-60,65 HZ
 2600 - 4000 MS:   10,13-50,55 HZ
F-X MIGRATION (TAU32)
TIME VARIANT BANDPASS FILTERING
 (SEE ABOVE)
COHERENCY ENHANCEMENT
TIME VARIANT BANDPASS FILTERING
 (SEE ABOVE)
AGC TYPE AMPLITUDE ADJUSTMENT
    0 - 1000 MS: ........ 200 MS
 1000 - 4000 MS: .......  800 MS
FIELD STATIC CORRECTION (REG.)
TRACE LENGTH: ...... -200-4000 MS

END OF PROCESSING: DECEMBER 2007

DATUM PLANE 0 M

DISPLAY PARAMETERS
HORIZONTAL SCALE APPROX. ... 1 : 20000
VERTICAL SCALE ............... 10 CM/S
TRACE INTERVAL ................. 25 M
POLARITY ........ ACQUISITION POLARITY

PROCESSED BY GES LTD., BUDAPEST, HUNGARY
1151 SZANTOFOLD 7-9.  TEL: (361)-3052600
H-1601 PO.BOX 2.      FAX: (361)-3075156
```

Figure 4 – Séquence de retraitement appliquée au 13 lignes sismiques

L'origine des sections sismiques est référencée au Datum Plane (DP) = 0m (par rapport à la mer).

5. INTERPRETATION DES DONNEES DE PUITS

Au total 22 puits ont été utilisés (cf. Table 1).

Deux puits sont représentatifs de la zone : BE3 (Benesse 3) et LAL1 (Lassale 1) qui ont tous deux atteints le sel.
Ils sont caractéristiques des séries situées dans le diapir et hors diapir.

5.1. Forage BE3 (cotes KB)

Alluvions : 0-52 m.

Cénomanien : 52-143 m calcaire dolomitique à dolomie vacuolaire (cargneules).

Ces descriptions ne sont pas compatibles avec la carte géologique indiquant du Keuper t7-9 argiles bariolées et gypse. Les dolomies devraient être plutôt considérées comme appartenant au "cap rock" du diapir.

143-315 "Cap rock" sensu-stricto correspondant aux insolubles contenus dans la masse diapirique affleurante, la halite étant lessivée par les agents météoriques.

143-160 m Argile plastique

160-200 m Anhydrite avec passées argileuses

200-315 Argile salifère noire, légèrement dolomitique à passées d'anhydrite.

Diapir

325-486 m Sel massif blanc incolore avec passées d'argile rouge, grise ou noiratre-anhydrite.

486-673 mD : Argile salifère rouge ou grise, sableuse, passées d'anhydrite et de sel.

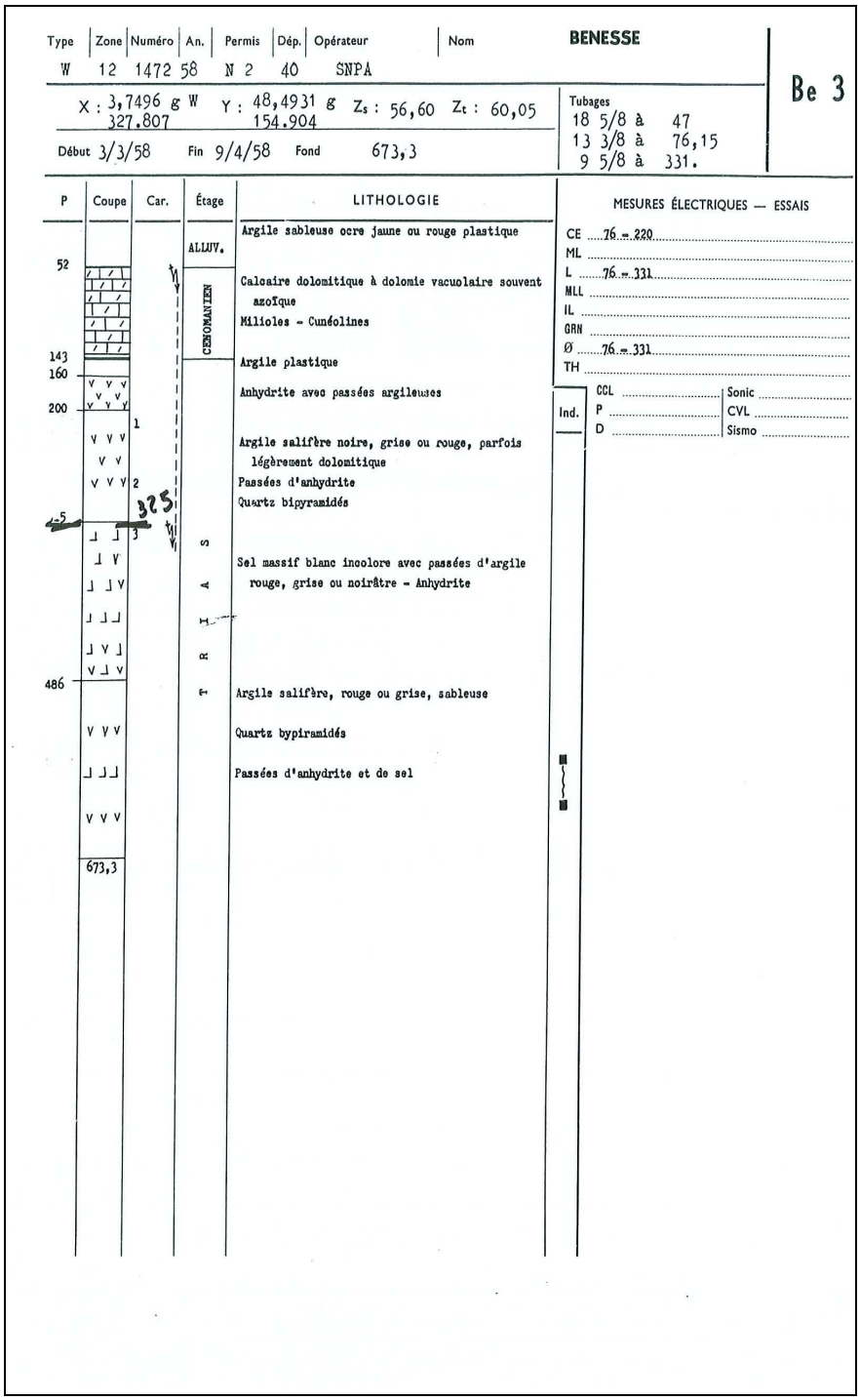

Figure 5 - Fiche fondamentale du puits BE3

5.2. Forage LAL 1 (cotes KB)

Ce forage, situé hors diapir atteint le sel à une cote de 2664 m

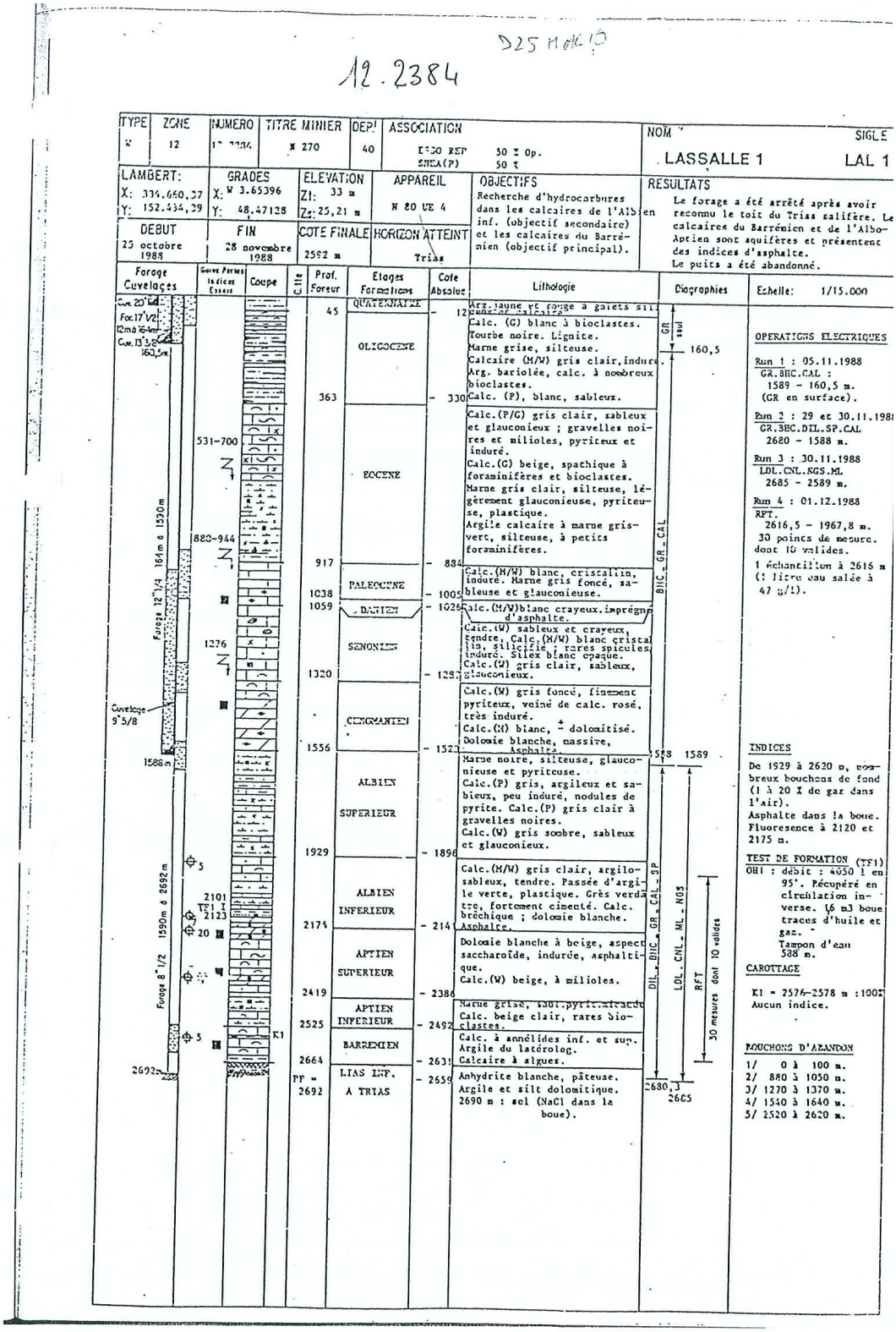

Figure 6 - Fiche fondamentale du puits LAL1

6. INTERPRETATION SISMIQUE

L'un des objectifs de l'interprétation des profils sismiques est de préciser la géométrie de la structure salifère (toit, base, limites latérales).

6.1. Calage sismique

Le calage sismique a été effectué en plusieurs étapes, dont les résultats sont énumérés ci-dessous :

Le puits CL1 situé hors des lignes sismiques disposait d'un sismosondage. Le puits LAL 1, lui aussi situé hors des lignes sismiques, disposait d'une diagraphie sonique qui a été digitalisée, puis intégrée en temps avant d'être chargé en station.

L'interprétation du sismosondage fournit les valeurs suivantes :

Sismosondage du puits Clermont 1 SNPA

Lambert 3-(Lambert 2 étendu)

X	=	334 908 (334524.8)
Y	=	152 167 (1852208.8)
Zs	=	26.49 m
Ztr	=	30.99m
TD	=	3518 m
P	=	cote sismo par rapport à la table de rotation
p	=	cote du bas de la charge par rapport à Tr
E	=	Base de la charge
D	=	offset charge sismographe
P-p	=	cote du sismo par rapport bas de la charge
T'	=	Tcos arctg d/P-p
T"	=	T'+p/VWz
VWz	=	2400 m/s=Vc
P charge	=	20m
DP	=	0 m
Cs	=	3 ms Ts, 26 ms TWT

Formation	Z tr (P)	T''(tr) ms)	Vtr (m/s)	TWT Tr (ms)	Z DP (m)	TWT DP (ms)	V DP (m/s)
	0	0		0			
	200	83	2400	166	169	140	2414
Eocene	366	156	2320	312	335	286	2342
	600	228	2630	456	569	430	2000
	900	327	2752	654	869	628	2767
Eocene inférieur	1051	381	2758	762	1020	736	2771
Sénonien (toit Crétacé 1196m)	1176	410	2868	820	1145	794	2884
Cénomanien (1490m)	1500	482	3125	964	1469	938	3132
Albien	1718	519	3310	1038	1687	1012	3333
	2110	613	3442	1226	2079	1200	3465
Aptien	2524	698	3616	1396	2493	1370	3639
Aptien inférieur	2885	756	3816	1512	2854	1486	3841

Table 3

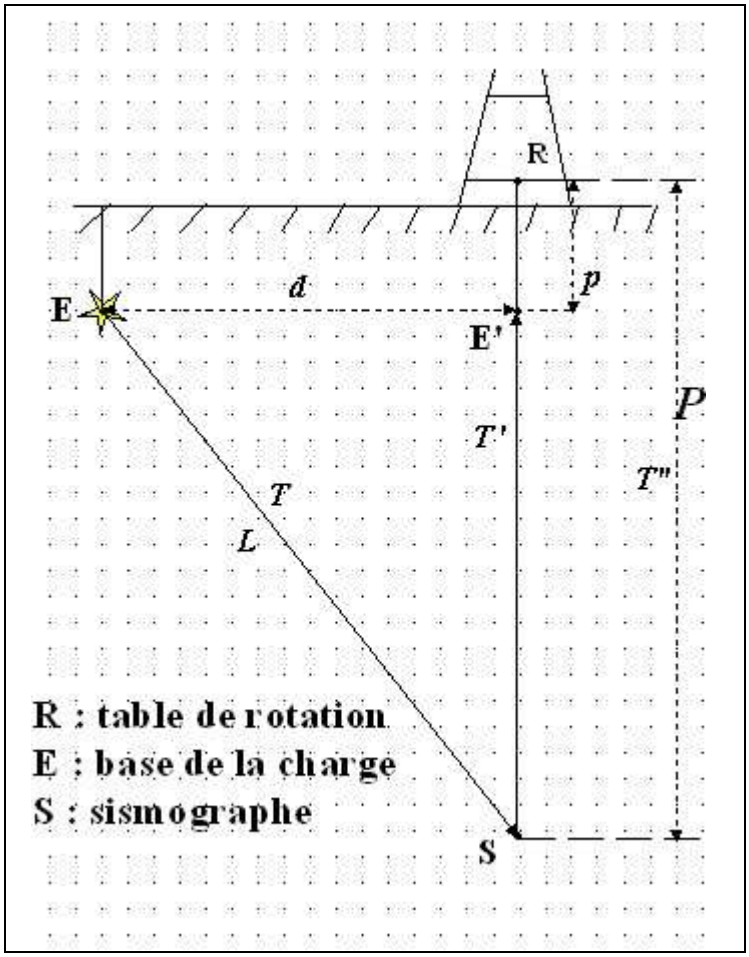

Figure 7

Les valeurs de vitesses ont été extrapolées aux puits Lassale 101 et Estibeaux 101 situé sur la ligne HAB9.

LASSALE 101 (calculé) Ztr = 33 m, Zs = 25.21 m
Cs = 14 msTs, 28 ms TWT DP

Formation	Z tr (P)	TWT Tr (ms)	V DP (m/s)	Z DP (m)	TWT DP (ms)
	0	0			
Eocene	363	312	2342	330	282
Eocene inférieur	917	664	2771	884	638
Sénonien	1059	738	2884	1026	711
Cénomanien	1320	844	3132	1287	821
Albien	1556	940	3333	1523	913
Aptien	2174	1202	3639	2141	1177
Aptien inférieur	2419	1.267	3841	2386	1242
(Keuper)	2664	(1332)	(4000)	2631	1315

Table 4

ESTIBAUX 101 (calculé) Ztr = 59.90 m, Zs = 53.63m
Cs = 50 ms TWT DP

Formation	Z tr (P)	V DP (m/s)	Z DP (m)	TWT DP (ms)
	0			
Eocene	538	2342	478	408
Eocene inférieur	1462	2771	1402	1.012
Sénonien	1648	2884	1588	1.101
Cénomanien	1875	3132	1815	1.159
Albien	2075	3333	2015	1.206
Aptien	3611	3639	3551	1.952
Aptien inférieur	4158	3841	4098	2.134
Jurassique	4363	(4000)	4303	2.152

Table 5

6.2. Choix des marqueurs

La réflectivité est basée sur des variations verticales de vitesse-densité. Le coefficient de réflexion s'exprime selon :

$R = (\rho 2V2-\rho 1V1)/(\rho 2V2+\rho 1V1)$

Avec $\rho 1V1$: produit densité vitesse du terrain supérieur
$\rho 2V2$: produit densité vitesse du terrain inférieur

Sur la base des faciès lithosismiques analysés, on peut identifier de haut en bas, les interfaces sismiques suivantes :

- Toit de l'Eocène (Eocene toit, en rouge) (compression) : d'après le log fondamental et la diagraphie sonique, ce niveau correspond à une interface marnes-calcaire avec une brutale diminution du temps de transit (130-60 µs/ft soit en vitesse 2300-5000 m/s)
- Toit de L'Albien Supérieur (Albien up, en vert) (dépression) : d'après le log fondamental et la diagraphie sonique, il correspond à une interface dolomies-marnes avec une brutale augmentation du temps de transit (50-80 µs/ft soit en vitesse 6000-3750 m/s.

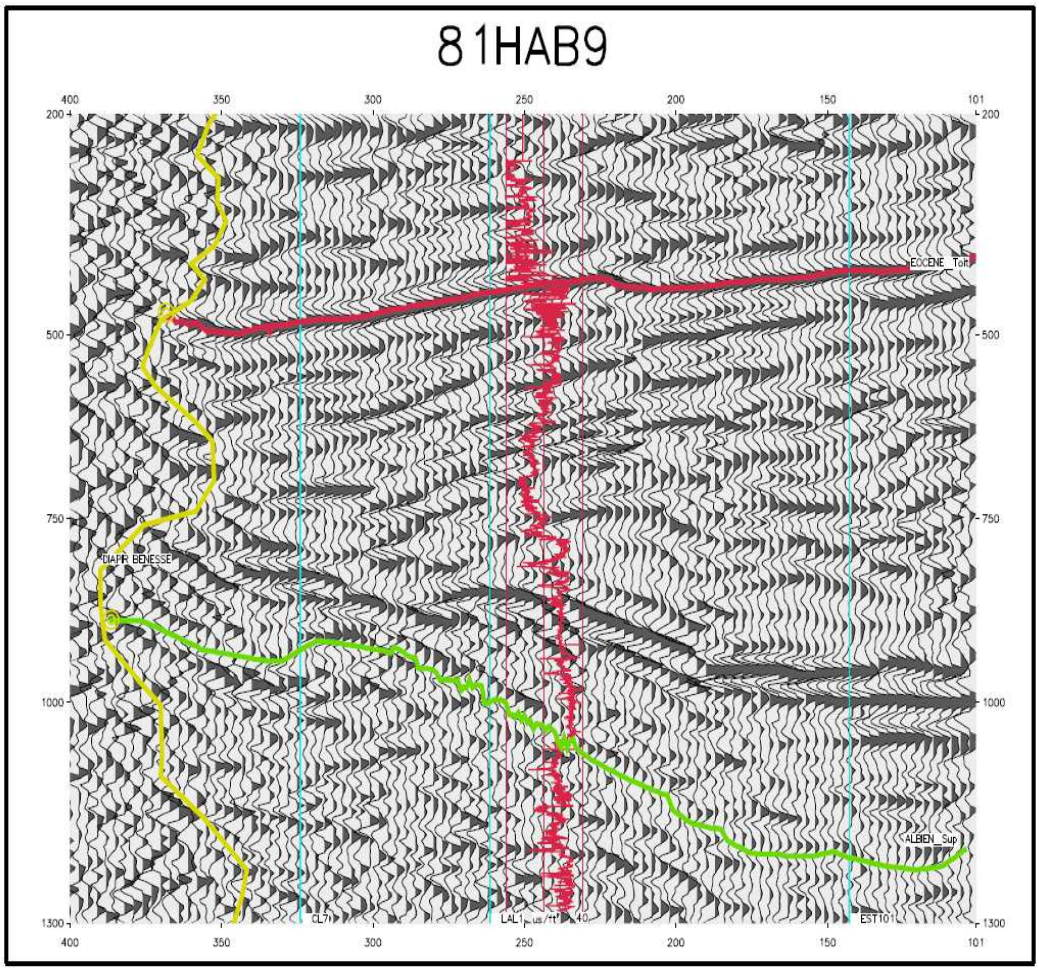

Figure 8 - Superposition du sonique sur la section HAB9 (projetée), les marqueurs rouge (Eocene) et vert (Albien) correspondent à de brusques variations du sonique.

- Toit du KEUPER salifère
  Il a été pointé de deux façons
  - En profondeur : Toit du KEUPER salifère (absent sur la figure 8)
  - En diapir par une bordure de type faille, permettant de matérialiser les "overhangs" (jaune)

Lorsqu'il perfore une couche, il est matérialisé par une absence de pointé.

6.3. Interprétation des profils sismiques : faciès reconnus

D'une manière générale, deux types de faciès sont observables:

- Chaotique dans les diapirs
- Parallèles – convergents sur les flancs

Les valeurs de vitesse ont été appliquées à tous les puits selon :

Puits	Lambert 2 étendu				TOIT EOCENE			
	X (m)	Y (m)	Z sol	Ztr	Côte Eocene_Toit (m)	Côte Eocene_Toit (m MSL)	Vitesse utilisée (m/s)	Côte Eocene_Toit (ms DP)
BE2	327118.90	1854266.00	67.20	73.30	∅	∅	∅	∅
BE3	327418.70	1854963.50	56.60	60.05	∅	∅	∅	∅
CG1	325963.90	1847423.10	53.85	58.28	∅	∅	∅	∅
CG101	327019.00	1847166.70	58.40	63.20	623.00	559.80	2342.00	478.05
CL1	334524.80	1852208.80	26.49	30.99	364.00	333.01	2342.00	284.38
CL2	334154.00	1852633.20	25.03	28.48	360.00	331.52	2342.00	283.11
CL3	333726.70	1853275.90	21.42	24.87	433.00	408.13	2342.00	348.53
CL6	332494.80	1852760.50	25.25	29.35	331.00	301.65	2342.00	257.60
CL7	333076.30	1854107.40	18.30	24.80	620.00	595.20	2342.00	508.28
CL9	331894.70	1852631.50	26.25	30.35	330.00	299.65	2342.00	255.89
CLH1	338111.10	1852186.00	55.88	56.27	∅	∅	∅	∅
EST1	337446.60	1853015.50	53.63	59.90	538.00	478.10	2342.00	408.28
LAR1	335819.60	1851630.50	54.47	57.97	468.00	410.03	2342.00	350.15
LAL1	334276.90	1852476.70	25.21	33.00	363.00	330.00	2342.00	281.81
MAS1	323461.00	1851410.10	57.45	61.88	∅	∅	∅	∅
MIM1	332004.60	1853016.90	40.25	43.55	250.00	206.45	2342.00	176.30
PO1	330628.90	1848423.60	75.40	78.90	749.20	670.30	2342.00	572.42
PO101	330914.20	1850951.90	36.47	41.27	530.00	488.73	2342.00	417.36
PON1	331800.90	1851223.60	80.30	85.00	562.00	477.00	2342.00	407.34
SL1	321854.40	1850788.30	70.24	73.74	∅	∅	∅	∅
SL2	321481.20	1851031.40	65.59	69.09	∅	∅	∅	∅
TE1	320423.20	1858278.00	10.20	13.65	∅	∅	∅	∅

Table 6

Quatre puits miniers issus de la banque de données du BEPH et atteignant le Keuper ont été intégrés : DA.CR-CD 1,3 6 et BE.B-CD0

Puits	Lambert 2 étendu				TOIT ALBIEN SUPERIEUR			
	X (m)	Y (m)	Z sol	Ztr	Côte Albien_Sup (m)	Côte Albien_Sup (m MSL)	Vitesse utilisée (m/s)	Côte Albien_Sup (ms DP)
BE2	327118.90	1854266.00	67.20	73.30	676.00	602.70	2700.00	446.44
BE3	327418.70	1854963.50	56.60	60.05	∅	∅	∅	∅
CG1	325963.90	1847423.10	53.85	58.28	∅	∅	∅	∅
CG101	327019.00	1847166.70	58.40	63.20	∅	∅	∅	∅
CL1	334524.80	1852208.80	26.49	30.99	1717.00	1686.01	3333.00	1011.71
CL2	334154.00	1852633.20	25.03	28.48	1450.00	1421.52	3333.00	853.00
CL3	333726.70	1853275.90	21.42	24.87	1561.00	1536.13	3333.00	921.77
CL6	332494.80	1852760.50	25.25	29.35	1323.00	1293.65	3333.00	776.27
CL7	333076.30	1854107.40	18.30	24.80	∅	∅	∅	∅
CL9	331894.70	1852631.50	26.25	30.35	1685.00	1654.65	3333.00	992.89
CLH1	338111.10	1852186.00	55.88	56.27	∅	∅	∅	∅
EST1	337446.60	1853015.50	53.63	59.90	2075.00	2015.10	3333.00	1209.18
LAR1	335819.60	1851630.50	54.47	57.97	∅	∅	∅	∅
LAL1	334276.90	1852476.70	25.21	33.00	1556.00	1523.00	3333.00	913.89
MAS1	323461.00	1851410.10	57.45	61.88	1199.00	1137.12	3333.00	682.34
MIM1	332004.60	1853016.90	40.25	43.55	∅	∅	∅	∅
PO1	330628.90	1848423.60	75.40	78.90	3095.20	3016.30	3333.00	1809.96
PO101	330914.20	1850951.90	36.47	41.27	∅	∅	∅	∅
PON1	331800.90	1851223.60	80.30	85.00	2186.00	2101.00	3333.00	1260.73
SL1	321854.40	1850788.30	70.24	73.74	?	?	∅	∅
SL2	321481.20	1851031.40	65.59	69.09	96.00	26.91	2400.00	22.43
TE1	320423.20	1858278.00	10.20	13.65	178.00	164.35	2400.00	136.96

Table 7

Puits	Lambert 2 étendu				TOIT KEUPER			
	X (m)	Y (m)	Z sol	Ztr	Côte Keuper_Sup (m)	Côte Keuper_Sup (m MSL)	Vitesse utilisée (m/s)	Côte Keuper_Sup (ms DP)
BE2	327118.90	1854266.00	67.20	73.30	∅	∅	∅	∅
BE3	327418.70	1854963.50	56.60	60.05	143.00	82.95	2400.00	69.13
CG1	325963.90	1847423.10	53.85	58.28	∅	∅	∅	∅
CG101	327019.00	1847166.70	58.40	63.20	∅	∅	∅	∅
CL1	334524.80	1852208.80	26.49	30.99	3403.00	3372.01	4000.00	1686.01
CL2	334154.00	1852633.20	25.03	28.48	∅	∅	∅	∅
CL3	333726.70	1853275.90	21.42	24.87	?	?	∅	?
CL6	332494.80	1852760.50	25.25	29.35	2350.00	2320.65	4000.00	1160.33
CL7	333076.30	1854107.40	18.30	24.80	∅	∅	∅	∅
CL9	331894.70	1852631.50	26.25	30.35	∅	∅	∅	∅
CLH1	338111.10	1852186.00	55.88	56.27	∅	∅	∅	∅
EST1	337446.60	1853015.50	53.63	59.90	∅	∅	∅	∅
LAR1	335819.60	1851630.50	54.47	57.97	∅	∅	∅	∅
LAL1	334276.90	1852476.70	25.21	33.00	2690.00	2657.00	4000.00	1328.50
MAS1	323461.00	1851410.10	57.45	61.88	∅	∅	∅	∅
MIM1	332004.60	1853016.90	40.25	43.55	∅	∅	∅	∅
PO1	330628.90	1848423.60	75.40	78.90	∅	∅	∅	∅
PO101	330914.20	1850951.90	36.47	41.27	∅	∅	∅	∅
PON1	331800.90	1851223.60	80.30	85.00	∅	∅	∅	∅
SL1	321854.40	1850788.30	70.24	73.74	∅	∅	∅	∅
SL2	321481.20	1851031.40	65.59	69.09	∅	∅	∅	∅
TE1	320423.20	1858278.00	10.20	13.65	∅	∅	∅	∅

Table 8

6.4. Cartes isochrones et isobathes

L'identification des principaux horizons sismiques:

- Toit de l'Eocène calcaire
- Toit de l'Albien sableux
- Toit du sel

a permis d'établir les cartes isochrones et isobathes de ces horizons Ces cartes sont illustrées par les planches 1 à 6.

6.4.1. Cartes de l'Eocène (Planche 1 et 2)

La vitesse de conversion temps-profondeur a été déterminée au puits EST1 (cf. chapitre 6.1 et fixée à 2342 m/s).
La ride diapirique sépare deux domaines structuraux:

A l'Ouest des pendages sub-verticaux au flanc du diapir et à l'Est des pendages plus modérés. Ce domaine est séparé en deux par la continuation de la ride en profondeur (ride de LAR 1) .Les deux diapirs associés de Téthieu au nord et de Massips au sud.

La carte isobathe est conforme aux affleurements du Keuper, lequel est dans la partie Ouest recouvert par les affleurements du Luy et de l'Adour.

La structure verticale du diapir s'explique par la protrusion dans des roches compétentes (calcaires Crétacés et Tertiaires).

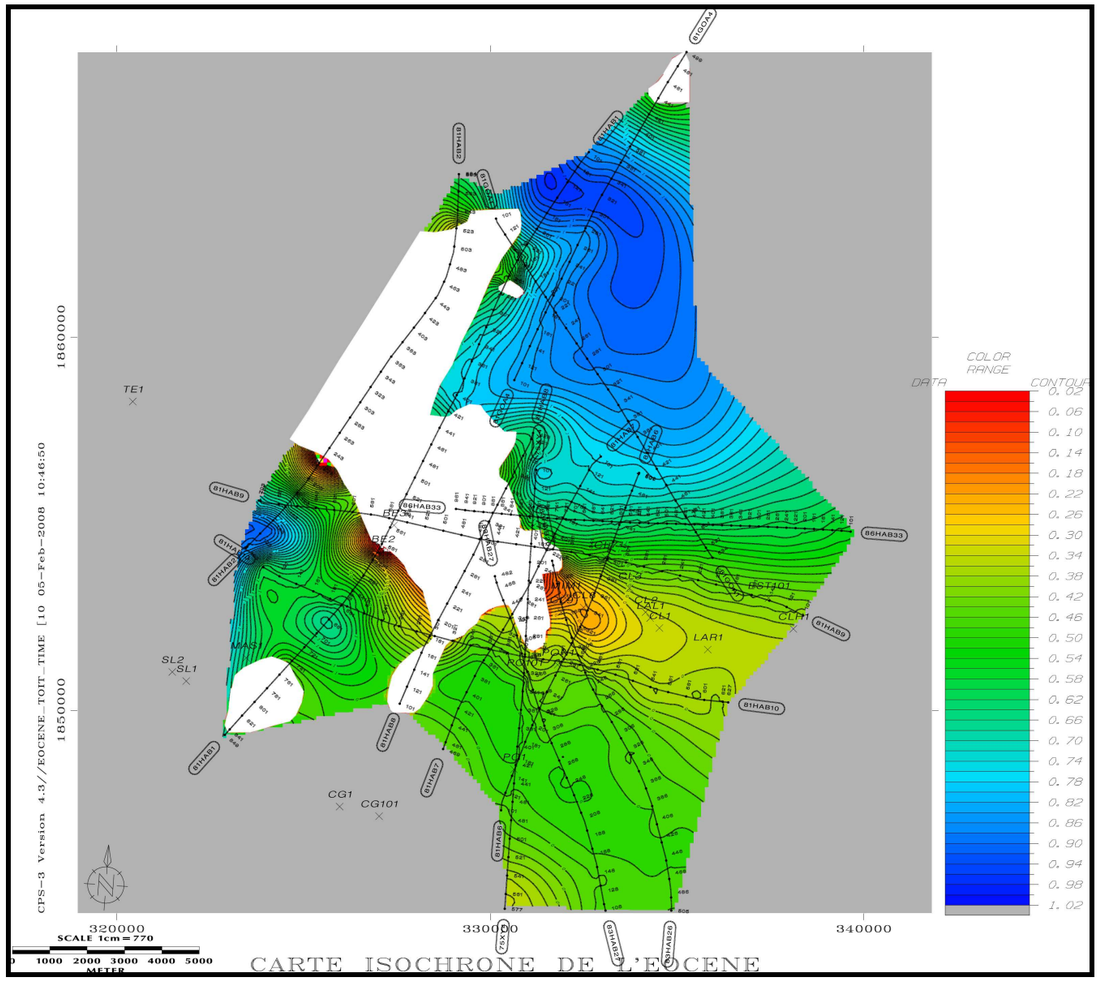

Planche 1

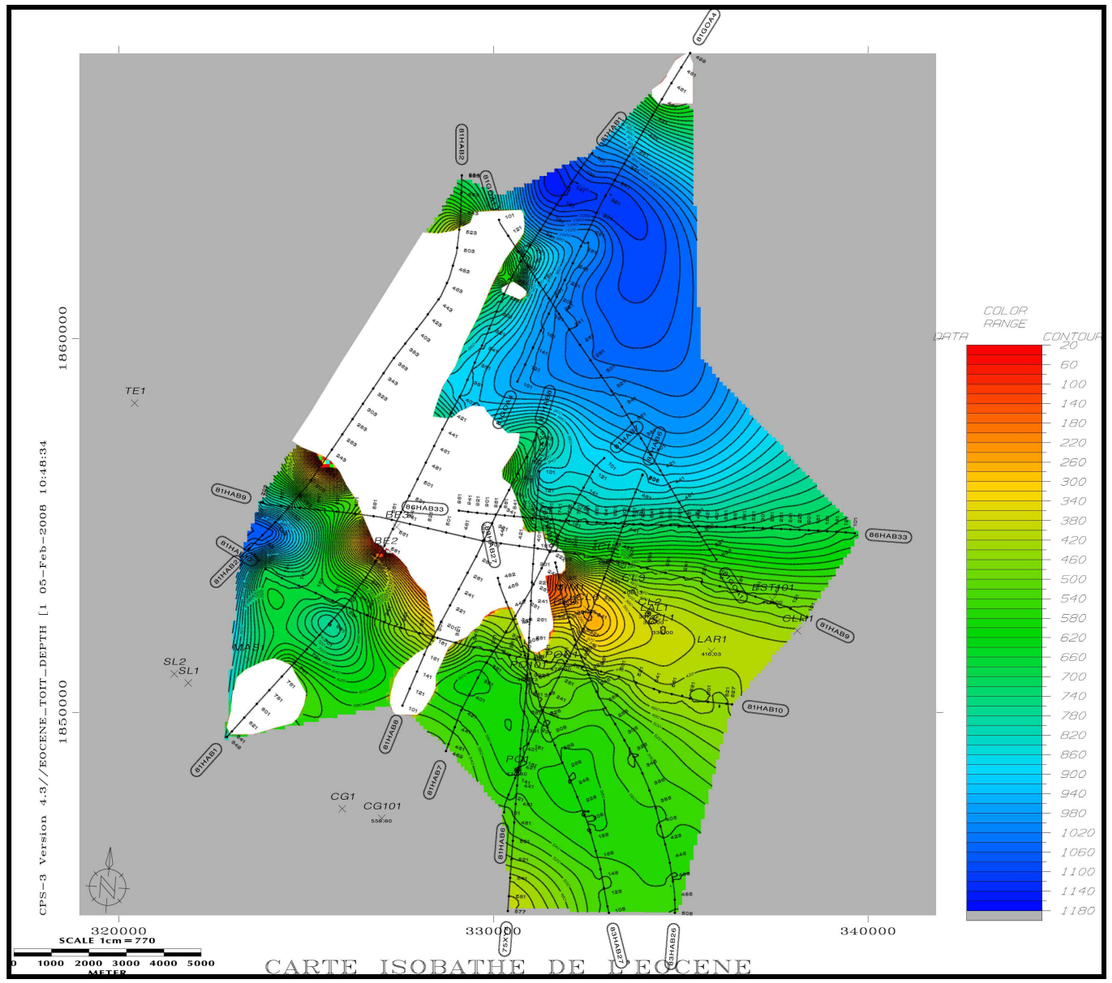

Planche 2

6.4.2. Cartes de l'Albien (pl2)

La vitesse de conversion temps-profondeur a été déterminée au puits EST1 (cf. chapitre 6.1 et fixée à 3333 m/s).
La dissymétrie des flancs Est et Ouest du diapir est semblable à celle de l'Albien.

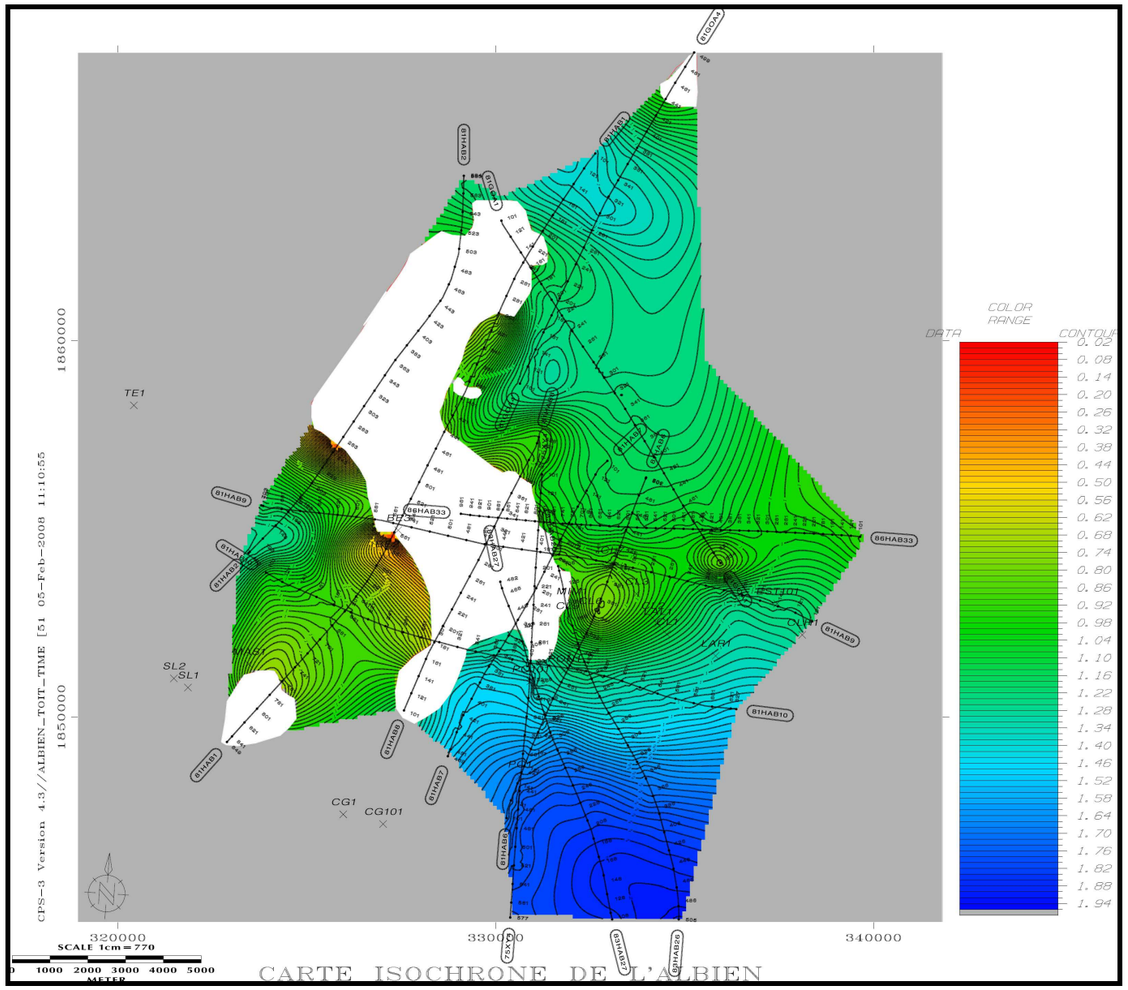

Planche 3

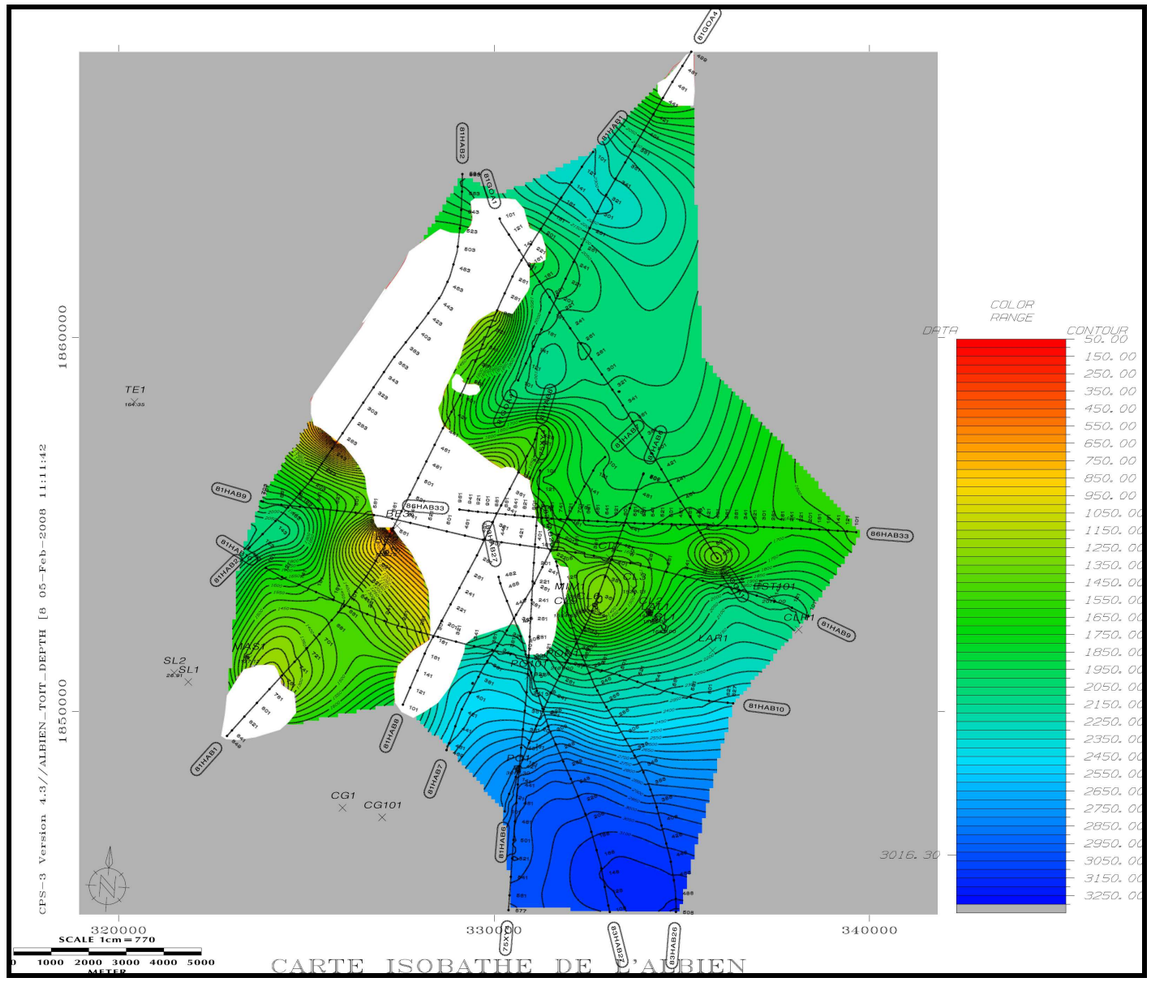

Planche 4

6.4.3. Cartes du Keuper (pl3)

La vitesse de conversion temps profondeur a été déterminée au puits EST1 (cf. chapitre 6.1 et fixée à 4000 m/s).

La dissymétrie des flancs Est et Ouest du diapir est semblable à celle de l'Albien.

Cette carte constitue un écorché de la base du diapir. Sa hauteur est plus importante du côté Est (4500 m) que du coté Sud Ouest (3400 m), ce qui s'explique par la provenance de l'approvisionnement en halite du coté Est, soit pour des raisons tectoniques ou sédimentologiques de départ.

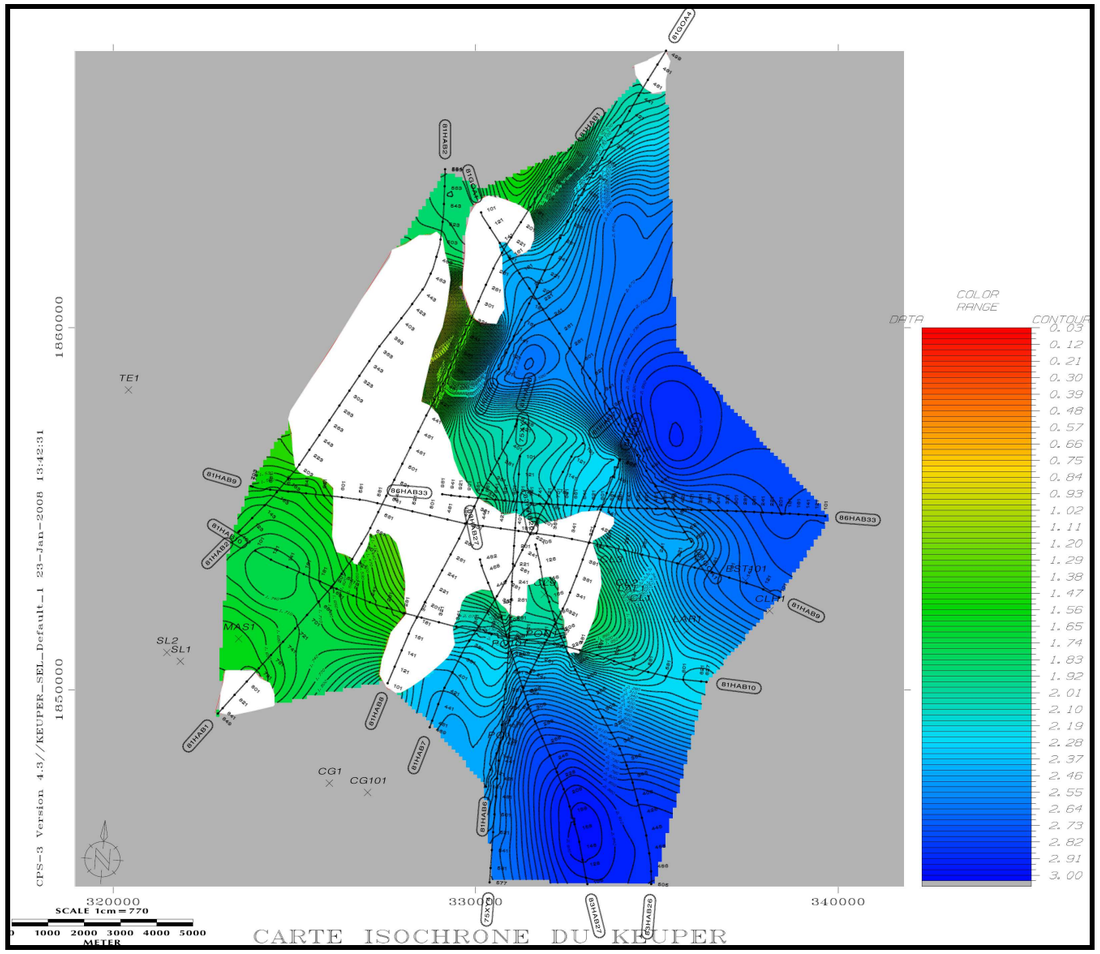

Planche 4

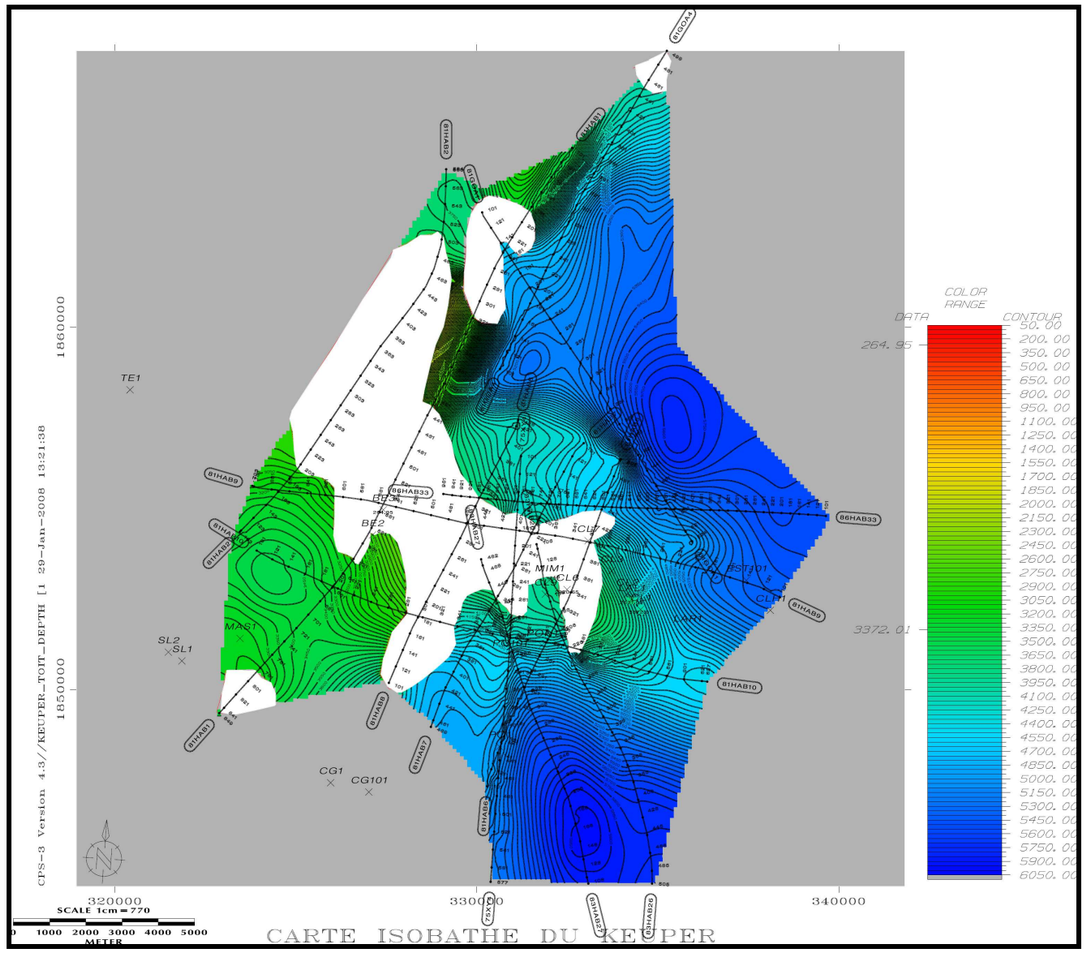

Planche 5

7. CONCLUSION

Cette étude est la synthèse de toutes les données accessibles : 31 puits profonds et core drills, 13 lignes sismiques et carte géologique de surface.

La prise en compte des puits pétroliers est importante car leur objectif était la reconnaissance des pièges dans les biseaux stratigraphiques sur les flancs du diapir. Ils permettent d'affiner l'interprétation sismique.

Les pendages observés à l'affleurement sont compris entre 50 et 70° (Poignant).

La zone la plus favorable pour établir un stockage en cavité saline sera donc la convergence de la superposition des cartes de l'Albien et de l'Eocène permettant de délimiter la zone de racine du diapir.

Cette zone est analogue à la carte d'affleurement du Keuper (zone de diapirisme actif) suivant un axe Seyresse –Suzan.

Malheureusement, a cause de leur géométrie, les bancs de dolérites ne peuvent pas être cartés par la sismique (discrétion des objets vis-à-vis de la méthode).