Document public

Caractérisation géologique du secteur de l'Agglomération de Béziers à partir de la réinterprétation des profils sismiques et définition de zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-60640-FR
Décembre 2011

Document public

Caractérisation géologique du secteur de l'Agglomération de Béziers à partir de la réinterprétation des profils sismiques et définition de zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-60640-FR
Décembre 2011

R. Coueffé, P. Fleury, L. Capar.
Avec la collaboration de
E. Le Goff

Vérificateur : Olivier Serrano	Approbateur : Marc Audibert

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

I

Mots clés : Retraitement sismique, Interprétation géologique, Pointé sismique, Coupe sismique, Carte structurale, Ecorché, Karst, Béziers, Plaine du Languedoc, Sud-Est de la France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Coueffé, R., Fleury, P., Capar, L. (2011). Caractérisation géologique du secteur de l'agglomération de Béziers à partir de la réinterprétation des profils sismiques et définition de zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-60640-FR, 139 pp., 31 ill., 3 ann.,

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent projet « karst sous couverture Béziers » fait suite à l'étude de faisabilité réalisée en 2009 par le BRGM (Fleury et al., 2009) pour le compte de la Communauté d'Agglomération de Béziers Méditerranée (CABM). Réalisé dans le cadre d'une convention de recherche et développement partagée entre la CABM et le BRGM, il a pour objectif l'« Identification et la caractérisation des ressources en eau souterraine des aquifères karstiques sous couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers ».

Le projet phasé en deux temps prévoit (i) la détermination de zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance puis (ii) la réalisation de ces ouvrages afin de caractériser la ressource des aquifères carbonatés sous couverture. Par zones favorables, on désigne des secteurs où de puissants ensembles carbonatés mésozoïques (potentiellement karstifiés) sont accessibles par forage sous la couverture cénozoïque.

Ce rapport intermédiaire du projet présente la synthèse des travaux mis en œuvre pour arriver au premier objectif, à savoir la définition de zones potentielles pour l'implantation d'un ou plusieurs forages. Pour ce faire, le retraitement de 7 lignes sismiques unitaires a été entrepris afin d'imager la structure du sous-sol dans l'emprise de l'agglomération de Béziers. L'interprétation de ces lignes sismiques a permis de déterminer des structures géologiques potentiellement favorables pour la recherche de terrains carbonatés karstifiés.

Afin d'orienter le choix des zones, le BRGM s'est appuyé sur l'interprétation géologique des profils sismiques pour réaliser deux produits cartographiques complémentaires :

- une carte d'isopaques des terrains formant la couverture cénozoïque. Elle permet de visualiser, dans les secteurs où les données sont suffisamment fiables, l'épaisseur des terrains de couverture, et par conséquent d'exclure les zones pour lesquelles un forage de reconnaissance des terrains mésozoïques ne pourrait se faire à un coût raisonnable ;
- un écorché anté-cénozoïque figurant la nature possible des terrains et les principales structures tectoniques présentes sous cette couverture cénozoïque. Cette cartographie prédictive permet d'identifier les zones pour lesquelles le substratum anté-cénozoïque pourrait correspondre à des terrains carbonatés potentiellement karstifiés.

L'interprétation de ces cartes, couplée à l'ensemble des informations hydrogéologiques disponibles sur le secteur d'étude, a ainsi permis de définir quatre zones potentielles pour l'implantation d'un forage de reconnaissance. L'intérêt de ces dernières est évalué qualitativement selon quatre critères principaux ((i) l'accessibilité, (ii) la favorabilité lithostratigraphique, (iii) le potentiel hydrogéologique, (iv) la localisation et la vulnérabilité). Au vu de ces critères, un classement de ces zones a été réalisé. Les

sites d'implantations potentiels pour la réalisation d'un forage de reconnaissance sont soumis aux membres du comité de pilotage. Un à deux secteurs seront alors choisis pour mener en 2012 des investigations complémentaires (acquisition d'une nouvelle ligne sismique, mission de reconnaissance géologique de terrain). A l'issue de ce travail, le ou les sites d'implantations seront choisis.

Sommaire

1. Introduction 11

2. Cadre géologique régional 13

2.1. LOCALISATION 13

2.2. CADRE STRUCTURAL REGIONAL 14

2.3. CADRE GEODYNAMIQUE GENERAL 16

2.4. DONNEES DISPONIBLES DANS LA ZONE D'ETUDE 18

2.4.1. Cartes géologiques 18

2.4.2. Données de forage 19

2.4.3. Données sismiques 20

2.4.4. Données bibliographiques : coupes géologiques, cartes structurales, cartes géophysiques 22

2.5. NATURE PROBABLE DES TERRAINS MESOZOÏQUES SITUES SOUS COUVERTURE CENOZOÏQUE DANS LA ZONE D'ETUDE 25

3. Retraitement des données sismiques 29

3.1. PRESENTATION DE LA SISMIQUE REFLEXION 29

3.2. AQUISITION DE LA DONNEE DE SISMIQUE REFLEXION 29

3.2.1. Principe de la sismique réflexion et acquisition des données sismiques brutes 30

3.2.2. Déstockage de la donnée 33

3.3. TRAITEMENT SISMIQUE ET SEQUENCE DE TRAITEMENT SISMIQUE 34

3.3.1. Traitement sismique 34

3.3.2. Séquence de traitement sismique 34

3.3.3. Récapitulatif (simplifié) des différentes étapes de retraitement sismique 36

3.3.4. Exemple de différentes étapes de traitement 36

4. Méthodologie d'interprétation géologique des profils sismiques retraités 49

4.1. PRINCIPES GENERAUX 49

4.2. POINTE DES FAILLES, SCHEMA STRUCTURAL 49

4.3. DES REFLECTEURS SISMIQUES AUX HORIZONS GEOLOGIQUES 51
4.3.1. les puits avec ou sans loi de conversion temps-profondeur. 51
4.3.2. Les affleurements / données de surface fournies par les cartes géologiques. 51
4.3.3. L'analyse des relations géométriques entre les principaux marqueurs. .. 52
4.3.4. Les cartes gravimétriques disponibles sur la zone d'étude. 52
4.3.5. L'intersection entre les profils sismiques retraités. 52
4.3.6. Les interprétations géologiques de ligne sismique unitaire publiées antérieurement à cette étude. 52

5. Interprétation géologique des profils sismiques retraités 53

5.1. PROFIL LS86C 54

5.2. PROFIL LS86D 55

5.3. PROFIL LS86E 56

5.4. PROFIL LS86F 57

5.5. PROFIL LS86P 57

5.6. PROFIL B1A 58

5.7. PROFIL B9 58

6. Valorisation cartographique de l'interprétation des profils sismiques 61

6.1. CARTOGRAPHIE STRUCTURALE DU MUR DE LA COUVERTURE CENOZOÏQUE 61
6.1.1. Données de base pour la construction du modèle 62
6.1.2. Paramètres de calcul de la grille 63
6.1.3. Incertitudes et limites d'usage des données fournies : 68

6.2. CARTOGRAPHIE PREDICTIVE DES TERRAINS MESOZOÏQUES LOCALISES SOUS LA COUVERTURE CENOZOÏQUE 68

6.3. SELECTION DE ZONES POUR L'IMPLANTATION D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE 71
6.3.1. Zone 1 : Calcaires du Jurassique supérieur de la Galiberte (communes de Lespignan – Sauvian) 74
6.3.2. Zone 2 : Calcaires marins du Crétacé supérieur dans la structure de Béziers 76
6.3.3. Zone 3 : Calcaires du Jurassique supérieur ou du Crétacé supérieur 77
6.3.4. Zone 4 : Calcaires aaléno-bajociens de la structure de Coulobres 77

6.3.5. Synthèse 78

7. Conclusion 79

8. Bibliographie 81

Liste des illustrations

Illustration 1. Localisation de l'agglomération de Béziers et de l'emprise de la zone d'étude sur la carte géologique à 1/250 000 (feuille n°38 – Montpellier), avec position des principales structures géologiques connues régionalement. 13

Illustration 2. Schéma structural régional de la marge du Golfe du Lion (Séranne et al., 1995). En jaune, les bassins oligo-miocènes de Narbonne-Sigean et de l'Hérault (BH). Encadrée en noir, l'emprise de la zone d'étude. 15

Illustration 3. Synthèse des principaux évènements géodynamiques connus à l'échelle régionale, reportés le long de l'échelle stratigraphique. 17

Illustration 4. Localisation des données utilisées sur fond géologique à 1/250 000 : découpage des cartes géologiques à 1/50 000 (rectangles en pointillés noirs avec numéros des cartes), tracé de l'ensemble des profils sismiques acquis dans la zone d'étude (traits fins noirs), tracé des profils sismiques retraités dans le cadre de cette étude (traits épais bleus), puits pétroliers (points noirs avec sigle des puits) et coupes géologiques publiées (traits épais rouges avec nom des coupes). 21

Illustration 5. Coupes géologiques publiées. A, B : d'après Arthaud et Séguret, 1981. C : d'après Delahaye et Lepercq, 1991 ; D : d'après la carte géologique à 1/50 000 – Feille Pézenas (1015) ; E : d'après Séguret et al., 1995. 23

Illustration 6. Carte gravimétrique de la zone d'étude : digitalisation des courbes isovaleurs gravimétriques (en mgal) représentées sur la « carte de l'anomalie de Bouguer après correction topo-isostatique et stripping du Tertiaire (Néogène) » figurée en Planche 12b du rapport de Debéglia et Mercier (1981). 24

Illustration 7. Carte avec la nature des terrains mésozoïques rencontrés à l'affleurement et dans les sondages pétroliers dans le secteur d'étude. 27

Illustration 8. Acquisition sismique sur le terrain (camions vibrateurs = sources sismiques ; réseau de géophones = récepteurs ; camion laboratoire = laboratoire d'enregistrement). 30

Illustration 9. Supports d'enregistrement sur le terrain, magnétique à gauche et bande carter à droite. 31

Illustration 10. Données sismiques brutes : tirs sismiques et documents terrain. 32

Illustration 11. Chaîne permettant d'obtenir un profil sismique retraité à partir de l'acquisition des données sur le terrain. 33

Illustration 12. Traitement sismique sur des données brutes et profil sismique retraité. 34

Illustration 13. Profil B9 après atténuation des bruits. 37

Illustration 14. Profil B9 après atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains. 38

Illustration 15. Profil B9 après l'analyse de vitesses des marqueurs en position réelle. 39

Illustration 16. Profil B9 après migration et addition des traces. 40

Illustration 17. Profil B9 après amélioration de la cohérence : section finale. 41

Illustration 18. Profil LS86F après mise à jour de la géométrie. 43

Illustration 19. Profil LS86F après atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains. 44

Illustration 20. Profil LS86F après l'analyse de vitesses des marqueurs en position réelle. 45

Illustration 21. Profil LS86F après migration et addition des traces. 46

Illustration 22. Profil LS86F après amélioration de la cohérence : section finale 47

Illustration 23. Méthodologie d'interprétation géologique des profils sismiques : exemple de la tranche TD 0.00-1.00 dans l'intervalle CDP290-526 de la ligne LS86D. A : Image sismique vierge. B : Line-drawing des réflecteurs, identification des discontinuités stratigraphiques et tectoniques. C : Pointé des failles et calage stratigraphique des horizons sismiques. 50

Illustration 24. Répartition des points de calage et des points de contrainte dans la zone d'étude, utilisés pour réaliser le modèle surfacique du mur des dépôts cénozoïques de couverture. Losanges bleus : points de calage fournis par le pointé sismique ; Ronds jaunes : points de calage fournis par les puits pétroliers ; Croix noires : points de calage fournis par les affleurements ; Carrés rouges : Points de contraintes dérivés du modèle géologique régional. 63

Illustration 25. Grille des cotes du mur des dépôts cénozoïques de couverture, calculée par interpolation « régionale » des mesures sur les puits pétroliers de la zone d'étude, des cotes à l'affleurement et des valeurs évaluées par conversion des temps sismiques en profondeurs. Localisation des points de calage et des points de contrainte dérivés pris en compte dans le modèle optimal. 65

Illustration 26. Grille finale des profondeurs du mur des dépôts cénozoïques de couverture, calculée par interpolation « optimale » des données réelles sur les points de calage (mesures sur les puits pétroliers, cotes à l'affleurement, valeurs évaluées par conversion des temps sismiques en profondeurs) et des données fictives dérivées du modèle régional. 66

Illustration 27. Isopaques du mur des dépôts cénozoïques de couverture, construites à partir de la grille à maille 200 m. Points noirs : localisation des points de calage et des points de contrainte de la surface modélisée. 67

Illustration 28. Carte géologique prédictive des terrains mésozoïque présents immédiatement sous la couverture cénozoïque. 70

Illustration 29. Carte de la zone d'étude figurant la limite de la zone d'étude, la limite des communes de l'agglomération de Béziers, les isopaques et, les zones pour lesquelles la couverture cénozoïque serait d'épaisseur inférieure à 200 m (surlignées en rouge). 71

Illustration 30. Carte des faciès prédominants composant le substratum mésozoïque de l'agglomération de Béziers. Hachures serrées simples : faciès marneux et marno-calcaires prédominants. Rectangles inclinés : faciès carbonatés (et/ou dolomitiques) prédominants. 72

Illustration 31. Localisation des 4 zones présélectionnées pour l'acquisition de données complémentaires et/ou l'implantation de forage de reconnaissance. 73

Liste des annexes

Annexe 1 Dossier des forages profonds 85
Annexe 2 Légende générale de l'interprétation géologique des profils sismiques 113
Annexe 3 Liste des planches hors-texte..... 117

1. Introduction

Faisant suite à l'étude de faisabilité réalisée en 2009 par le BRGM (Fleury et al., 2009) pour le compte de la Communauté d'Agglomération de Béziers Méditerranée (CABM) et dans le cadre de la convention de recherche et développement partagée entre la CABM et le BRGM, le projet « Identification et caractérisation des ressources en eau souterraine des aquifères karstiques sous couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers » a été engagé avec pour premier objectif la détermination de zones favorables pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance. Par zones favorables, on désigne des secteurs où de puissants ensembles carbonatés mésozoïques (potentiellement karstifiés) sont accessibles par forage sous la couverture cénozoïque.

Afin de satisfaire à ce premier objectif, le retraitement de 7 lignes sismiques unitaires a été entrepris afin d'imager la structure du sous-sol dans l'emprise de l'agglomération de Béziers. L'interprétation de ces lignes sismiques doit permettre de déterminer des structures géologiques potentiellement favorables pour la recherche de terrains carbonatés karstifiés.

Afin d'aider au choix des zones, le BRGM s'est appuyé sur l'interprétation géologique des profils sismiques pour réaliser deux produits cartographiques complémentaires :

- une carte d'isopaques des terrains formant la couverture cénozoïque. Elle permet de visualiser, dans les secteurs où les données sont suffisamment fiables, l'épaisseur des terrains de couverture, et par conséquent d'exclure les zones pour lesquelles un forage de reconnaissance des terrains mésozoïques ne pourrait se faire à un coût raisonnable ;
- un écorché anté-cénozoïque figurant la nature possible des terrains et les principales structures tectoniques présentes sous la couverture cénozoïque. Cette cartographie prédictive permet d'identifier les zones pour lesquelles le substratum anté-cénozoïque pourrait correspondre à des terrains carbonatés potentiellement karstifiés.

Le présent rapport fait état des données sismiques retraitées, présente la séquence de traitement et décrit sommairement les principales informations fournies par l'interprétation géologique des profils sismiques retraités. Il mentionne également les paramètres utilisés pour la réalisation des produits cartographiques valorisant l'interprétation des profils sismiques. Enfin, les données hydrogéologiques recueillies sont compilées afin de définir, à partir des cartes établies, les zones d'intérêt potentiel pour la réalisation d'ouvrages de reconnaissance.

Le rapport est structuré en 6 chapitres principaux :

- le chapitre 1 concerne l'introduction ;

- le chapitre 2 présente le cadre géologique régional et replace les données sismiques retraitées dans le contexte géodynamique, sédimentaire et structural de la zone d'étude ;
- le chapitre 3 détaille le processus de retraitement des données sismiques ;
- le chapitre 4 décrit la méthodologie utilisée pour l'interprétation géologique des données sismiques retraitées ;
- le chapitre 5 fournit une description sommaire de l'interprétation géologique des profils sismiques, mentionne les principales structures identifiées et signale les incertitudes ;
- le chapitre 6 introduit la méthodologie appliquée pour réaliser les produits cartographiques dérivant de l'interprétation des profils sismiques et présente les cartes obtenues. Les informations géologiques et hydrogéologiques disponibles sur la zone d'étude sont ainsi utilisées pour définir des sites potentiels pour l'implantation d'ouvrages de reconnaissance. La pertinence de ces derniers est discutée et évaluée selon différents critères.

2. Cadre géologique régional

2.1. LOCALISATION

La zone d'étude est rattachée à la partie septentrionale du bassin de Narbonne-Sigean et à la terminaison méridionale du bassin de l'Hérault, deux bassins oligo-miocènes de la marge du Golfe du Lion (Illustration 1) développés sur un substratum mésozoïque structuré principalement lors des évènements compressifs pyrénéens.

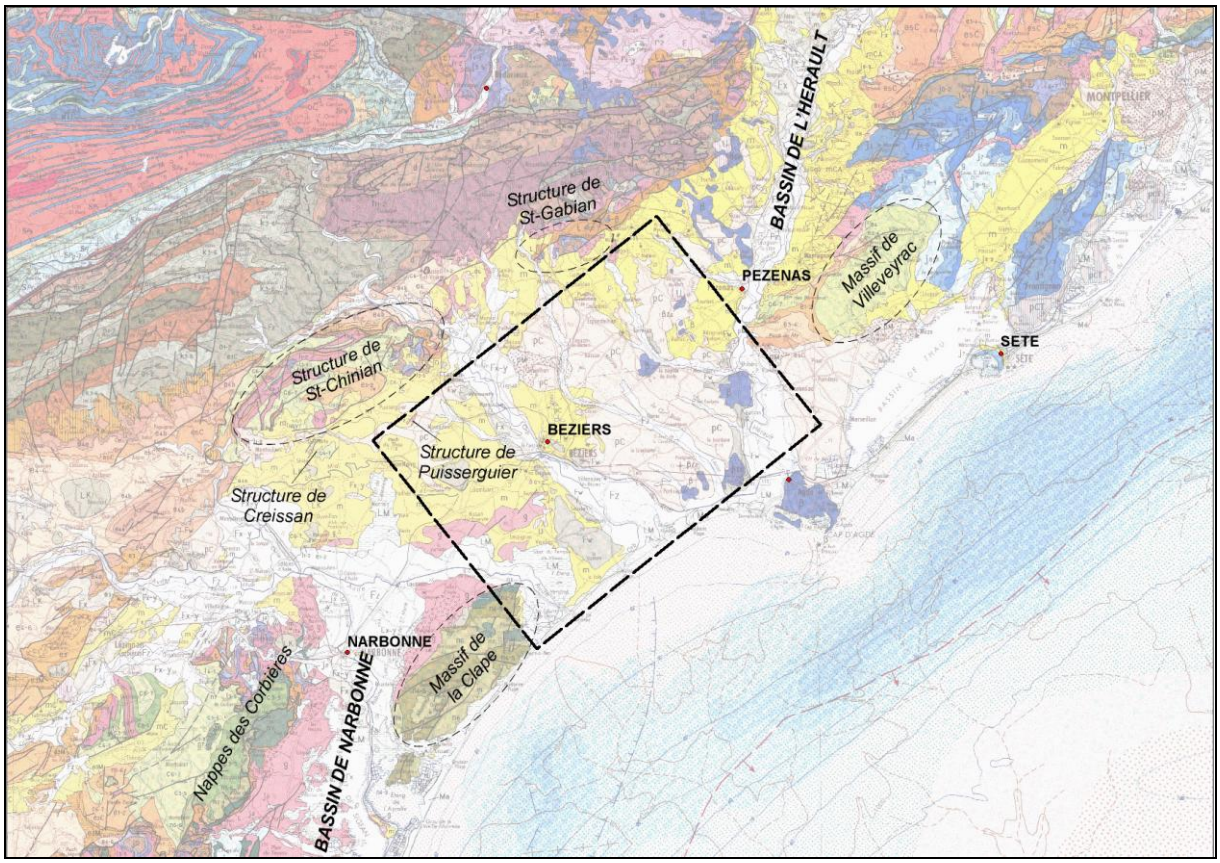


Illustration 1. Localisation de l'agglomération de Béziers et de l'emprise de la zone d'étude sur la carte géologique à 1/250 000 (feuille n°38 – Montpellier), avec position des principales structures géologiques connues régionalement.

Plus précisément, la zone d'étude, centrée sur l'agglomération de Béziers, appartient à la Plaine du Bas-Languedoc dont le substratum immédiat est composé de terrains cénozoïques (pliocènes et miocènes essentiellement). Elle prend la forme d'un quadrangle d'une superficie légèrement inférieure à 500 km², limité (Illustration 1) :

- au Nord-Ouest par le versant sud de la Montagne Noire et en particulier les structures en écailles mobilisant des terrains mésozoïques (St-Chinian) ;
- au Sud par le chaînon de la Clape ;
- au Sud-Est par le littoral.

Au Sud-Ouest, les terrains oligo-miocènes constituant la couverture cénozoïque se prolongent sur quelques kilomètres jusqu'au front des nappes des Corbières.

Au Nord-Est, aux environs de Pézenas, la zone d'étude recoupe probablement la prolongation méridionale du faisceau de failles des Cévennes, qui limite dans ce secteur les bassins oligo-miocènes de l'Hérault et de Narbonne.

La partie orientale de la zone d'étude conserve les témoins de manifestations volcaniques récentes.

Régionalement, au-dessus du substratum paléozoïque déformé au cours de l'orogenèse varisque, la couverture mésozoïque est déformée du fait de son implication dans la tectonique compressive engendrée par l'orogenèse pyrénéenne (Crétacé supérieur à Eocène). Aux séries évaporitiques du Trias, succèdent les carbonates et les marnes du Lias puis les carbonates du Jurassique moyen et supérieur. La lacune de la majeure partie du Crétacé résulte de la surrection et de l'érosion induite par l'émersion de l'Isthme ou Bombement durancien (Aptien-Albien ; Crétacé moyen) (Baudrimont et Dubois, 1977). La sédimentation reprend au Crétacé terminal et se poursuit durant l'Eocène par la mise en place, au sein de bassins syntectoniques développés au front des chevauchements pyrénéens, de dépôts continentaux clastiques alimentés par le démantèlement des reliefs. Ces bassins sont recouverts en discordance par les premiers sédiments synrift datés de l'Oligocène. Le postrift est représenté par l'ensemble des dépôts miocènes, pliocènes et quaternaires, couvrant actuellement la plus grande surface des Plaines du Languedoc.

2.2. CADRE STRUCTURAL REGIONAL

Du point de vue régional, les principaux éléments structuraux sont de direction NE-SW à NNE-SSW (Illustration 2) :

- bordure cévenole limitant le massif ancien de la Montagne Noire et les terrains de couverture mésozoïques ;
- failles normales affectant les terrains mésozoïques ;
- chevauchements pyrénéens reconnus dans les nappes des Corbières mais également au front de la structure de St-Chinian ;
- bordures (failles normales) des bassins oligo-miocènes.

Cette direction commune à la majorité des structures résulte d'une histoire complexe, polyphasée (cf. section « Cadre géologique régional ») et a conduit à la formation de géométries dont la cinématique reste délicate à reconstituer.

Sous couverture cénozoïque, peu de données ont été publiées concernant la structuration du bâti mésozoïque. Les seules informations disponibles sont des coupes régionales, à l'échelle de la marge du Golfe du Lion, de direction perpendiculaire aux structures (Arthaud et Séguret, 1981 ; Gorini, 1993 ; Gorini et al., 1991 ; Arthaud et Laurent, 1995 ; Séranne et al., 1995). Ces coupes imagent clairement une géométrie de marge passive avec le développement de fossés dans la partie la plus externe de la marge (bassin de l'Hérault).

Entre la faille des Cévennes à l'Ouest et la faille de Nîmes à l'Est (Illustration 2), plusieurs fossés d'effondrement successifs (« fossés du Languedoc ») sont alignés suivant la direction cévenole (NE-SW à NNE-SSW). Il s'agit de demi-grabens dissymétriques limités par des failles normales à l'Ouest qui accommodent le basculement des bassins vers le Nord-Ouest. La géométrie dissymétrique de ces bassins résulterait d'un décollement du substratum mésozoïque sur le socle paléozoïque, se développant au niveau des horizons argilo-évaporitiques triasiques (Keuper), lors de la phase extensive oligo-aquitanienne.

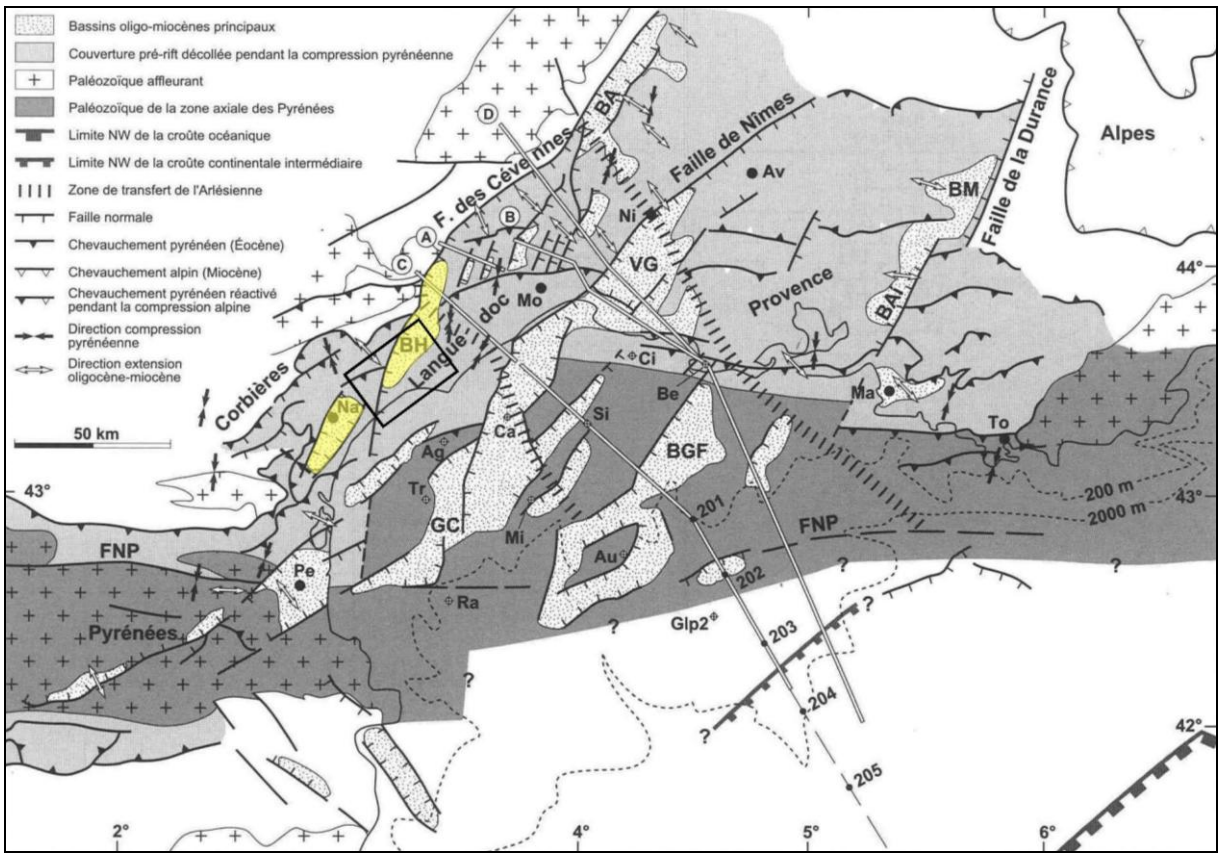


Illustration 2. Schéma structural régional de la marge du Golfe du Lion (Séranne et al., 1995). En jaune, les bassins oligo-miocènes de Narbonne-Sigean et de l'Hérault (BH). Encadrée en noir, l'emprise de la zone d'étude.

2.3. CADRE GEODYNAMIQUE GENERAL

L'histoire cénozoïque des fossés du Languedoc – en particulier la localisation des bassins de l'Hérault et de Narbonne-Sigean – est conditionnée par l'héritage structural affectant le substratum immédiat.

On distingue plusieurs grandes phases structurantes antérieures à la distension oligocène qui constitue l'évènement géodynamique régional le plus récent (Illustration 3) :

(1) l'orogenèse hercynienne suivie de la fracturation tardi-hercynienne (330-230 M.A.) ;

(2) la sédimentation mésozoïque en contexte distensif de marge passive, la zone étudiée constituant alors l'une des bordures du bassin du Sud-Est ;

(3) au Crétacé, l'émersion du domaine sédimentaire durant l'intervalle Barrémien à Albien en relation avec le « bombement durancien », manifestation précoce de la phase pyrénéo-provençale ;

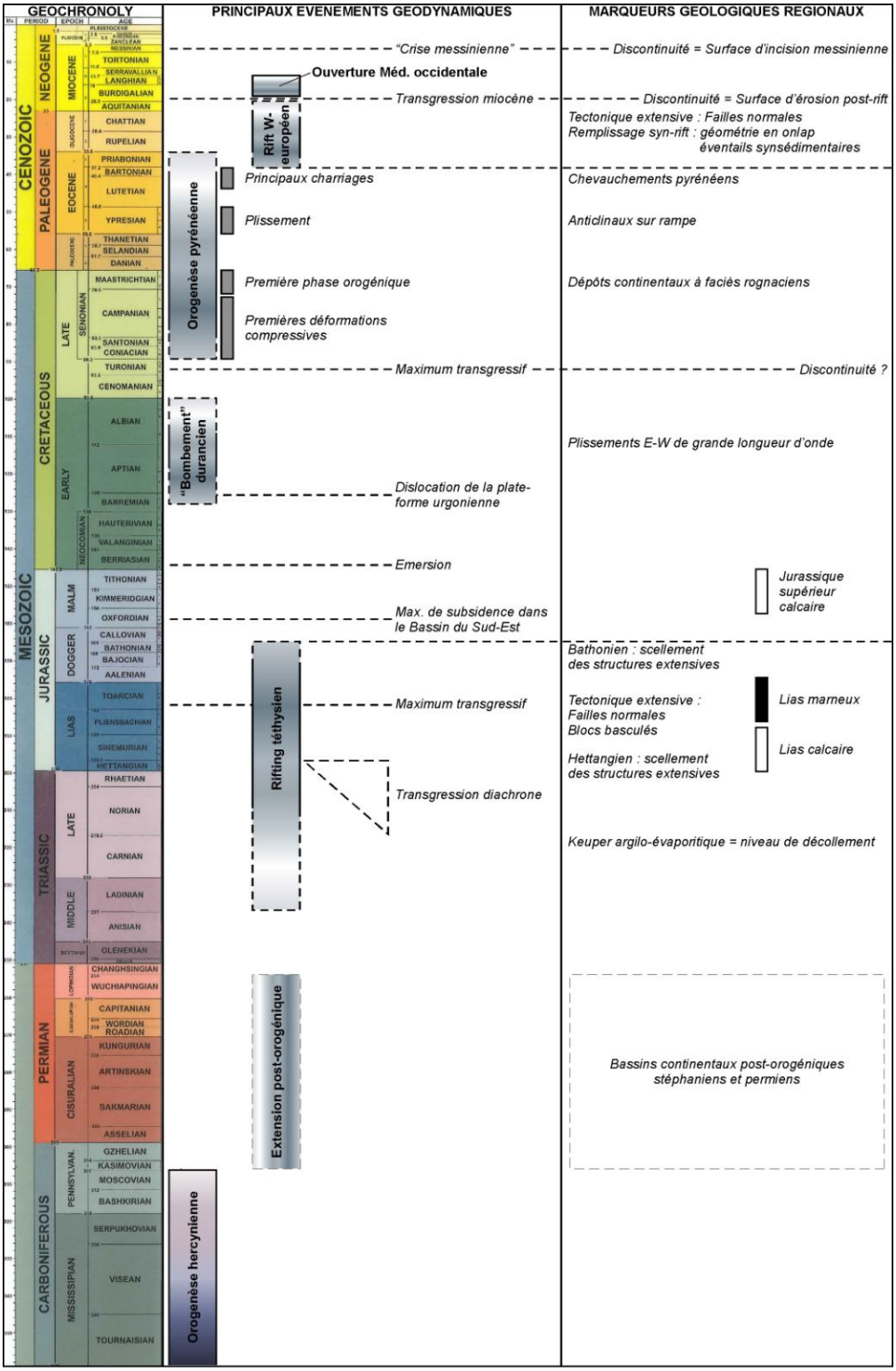


Illustration 3. Synthèse des principaux évènements géodynamiques connus à l'échelle régionale, reportés le long de l'échelle stratigraphique.

(4) l'orogenèse pyrénéenne depuis le Crétacé supérieur jusqu'au paroxysme de déformations compressives à l'Eocène, phase de plissement majeure dans le Languedoc et en Provence (Arthaud et Séguret, 1981). Des manifestations tardives sont décrites régionalement dans l'Oligocène inférieur (bassin de Saint-Martin-de-Londres) ;

(5) du Stampien jusqu'à l'Aquitanien (Mattauer, 1962), une période de distension crée, dans le Sud-Est de la France, une succession de fossés d'effondrement d'orientation générale NE-SW. Ces fossés d'effondrement sont des témoins de la phase distensive oligo-aquitanienne liée au rifting ouest-européen qui affecte l'ensemble du pourtour de la chaîne alpine à cette époque (plaine du Rhin, Bresse, couloir rhodanien, Limagnes, …). Ce phénomène est également en relation avec la dérive vers le Sud-Est du bloc Corso-Sarde et l'ouverture du bassin nord-Baléares (Carey, 1958). Durant tout cet intervalle, les accidents mis en place antérieurement, et en particulier les structures chevauchantes induites lors de la compression pyrénéenne, ont pu être réactivés en faille normale ;

(6) l'histoire géodynamique de la région se poursuit postérieurement au rifting oligo-aquitanien par un remplissage sédimentaire miocène scellant les structures extensives (épisode post-rift), puis par l'évènement climato-eustatique messinien à l'origine d'importants processus de karstification.

2.4. DONNEES DISPONIBLES DANS LA ZONE D'ETUDE

2.4.1. Cartes géologiques

La zone d'étude est couverte pour partie par 4 cartes géologiques à 1/50 000 (Illustration 4) : St-Chinian (1014), Pézenas (1015), Béziers (1039) et Agde (1040). Elle est par ailleurs localisée dans l'emprise de la carte géologique à 1/250 000 Montpellier (Feuille n°38).

Les cartes géologiques fournissent une information concernant les terrains affleurant (proche de la surface du sol). Dans la zone d'étude, il s'agit principalement de dépôts quaternaires et miocènes appartenant à la couverture cénozoïque, dans lesquels pointent très localement des terrains mésozoïques dont la structure est mal connue. Citons le cas des terrains liasiques et triasiques de la structure de Puisserguier affleurant dans l'intervalle CDP 650-700 de la ligne LS86P. Dans ce cadre, les cartes géologiques n'offrent que peu d'informations pour l'interprétation des profils sismiques.

Toutefois, si dans la zone d'étude, l'information concernant la structure des terrains mésozoïques et les calages en surface des horizons sismiques sont quasiment inexistants, l'examen des cartes et la consultation des notices offrent la possibilité de faire des analogies entre les objets géologiques observés à l'affleurement hors emprise de la zone d'étude et les structures mises en évidence par la sismique. Les cartes géologiques permettent alors d'affiner l'interprétation géologique des profils sismiques.

2.4.2. Données de forage

L'emprise de la zone d'étude contient 19 forages pétroliers (Tableau 1) dont la localisation est reportée sur l'Illustration 4. Le log descriptif de ces ouvrages est fourni en annexe 1.

Hormis le puits Portiragnes 1 stoppé dans les dépôts aquitaniens, tous les autres forages de la zone d'étude atteignent le substratum mésozoïque et fournissent par conséquent une information ponctuelle importante sur la nature des terrains anté-cénozoïques.

Ident.	Nom puits	Sigle	Opérat.	Date	Prof. tot.	Niveau atteint	T=f(p)
18-1017	Puisserguier 1	PUI1	SNPLM	1947	288.68	Hettangien	Non
18-1024	Puisserguier 2	PUI2	SNPLM	1948	583.90	Rognacien	Non
18-1012	Béziers 1	B1	SNPLM	1947	397.20	Aptien	Non
18-1020	Béziers 2	B2	SNPLM	1948	550.60	Aptien	Non
18-1027	Béziers 3	B3	SNPLM	1948	299.30	Coniacien-Santonien	Non
18-1073	Coulobres 1	CLB1	SNPLM	1949	1702.05	Houiller	Oui
18-1045	Coulobres 2	CLB2	SNPLM	1950	1790.30	Houiller	Non
18-1046	Coulobres 3	CLB3	SNPLM	1950	1822.30	Autunien	Non
18-1061	Coulobres 4	CLB4	SNPLM	1951	1773.00	Houiller	Non
18-1130	Lieuran 1	LIE1	SNPLM	1951	1599.04	Houiller	Oui
18-1135	Lespignan 1	LSP1	SNPLM	1952	1000.47	Crétacé sup.	Oui
18-1150	Serignan 1	SGN1	SNPLM	1954	2539.75	Lias	Non
18-1134	Servian 1	SER1	SNPLM	1952	1711.26	Socle métam.	Non
18-1142	Portiragnes 1	PTG1	SNPLM	1952	1148.00	Aquitanien	Non
18-1139	Montblanc 1	MTB1	SNPLM	1952	511.35	Pliensbachien	Non
18-1235	Montblanc 101	MTB101	CEP	1961	2800.00	Sinémurien	Non
18-1068	Pouzolles 1	PZS1	SNPLM	1953	387.00	Hettangien	Non
18-1136	Florensac 1	FL1	SNPLM	1952	379.15	Jurassique supérieur	Non
18-1263	Valensac 1	VAC1	ESSOREP	1964	4578.50	Domérien	Non

Tableau 1. Inventaire des puits pétroliers présents dans l'emprise de la zone d'étude. Ident. : Identifiant BEPH ; Operat. : Opérateur ; Prof. tot. : Profondeur totale de l'ouvrage ; T=f(p) : Présence d'une courbe de conversion temps-profondeur.

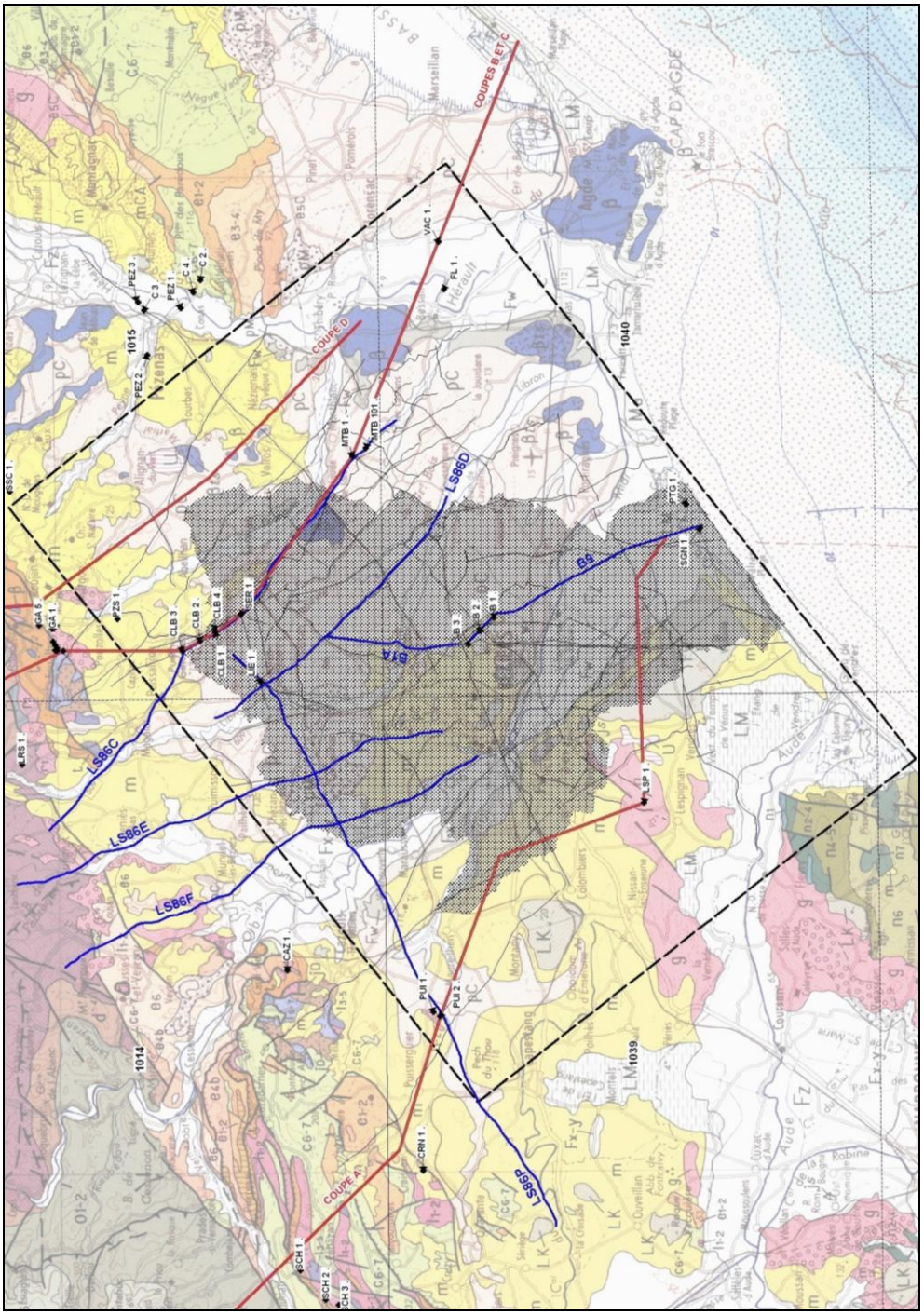
La consultation des informations contenues dans la Banque du Sous-Sol (1768 ouvrages recensés, dont 220 de profondeur déclarée supérieure à 100 m et 110 disposant d'une coupe géologique) a révélé un seul sondage géologique (identifiant n°1039-8X-0081, dénommé dans le présent rapport « forage de Grand Duc »)

traversant les dépôts cénozoïques sur 55 mètres d'épaisseur, avant d'atteindre des calcaires du Jurassique supérieur sur 70 mètres.

2.4.3. Données sismiques

De nombreuses données sismiques ont été acquises entre 1949 et 1985 dans le cadre de l'exploration pétrolière, fournissant une couverture assez dense sur l'emprise de la zone étudiée (Illustration 4).

Toutefois, les données de qualité, retraitables dans un délai suffisamment court et avec un budget raisonnable, fournissent un maillage beaucoup plus lâche. Les données acquises dans les années 1960 constituent la grande partie des données disponibles. Elles se présentent sous format analogique et nécessitent une importante phase de transcription et reconstitution des géométries. Dans le cadre du projet, seules 2 lignes (B1A et B9) de la campagne Béziers (B) de 1962 ont fait l'objet d'un retraitement. Dans la continuité du profil LS86-D, ils forment une image de la structure des terrains depuis quasiment la bordure languedocienne jusqu'au littoral méditerranéen.


LS86C
LS86E
LS86F
LS86D
LS86P
COUPE A
COUPE D
COUPES B ET C
CAP D'AGDE
Marseillan
Agde
Hérault
Aude
Libron
Orb
Vidourle
Vistre
Vaunage
Nîmes
Montpellier
Lunel
Lattes
Frontignan
Sète
Pézenas
Béziers
Narbonne
Lespignan
Vendres
Coursan
Gruissan
Leucate
Port-la-Nouvelle
Lézignan-la-Cèbe
Cazouls-lès-Béziers
Puisserguier
Montady
Colombiers
Nissan-lez-Enserune
Villeneuve-les-Maguelone
Mèze
Poussan
Pomérols
Montbazin
Gigean
Vendargues
Saint-Jean-de-Vedas
Saint-Gély-du-Fesc
Saint-Mathieu-de-Treviers
Saint-Martin-de-Londres
Saint-Drézéry
Saint-Bauzille-de-Putois
Saint-Christol
Saint-Geniès-de-Varimadeu
Saint-Pierre-de-Rivière
Saint-Pierre-de-Mèze
Saint-Pierre-de-Vassols
Saint-Pierre-de-Lamanon
Saint-Pierre-de-Boeuf
Saint-Pierre-de-Bailhès
Saint-Pierre-de-Bailhès
Saint-Pierre-de-Bailhès

Les données numériques récentes (postérieures à 1970), beaucoup plus rares dans l'emprise de la zone d'étude, ont été retenues en priorité pour un retraitement sismique : 5 des 8 lignes de la campagne Languedoc-Sud (LS86) acquise en 1986 ont ainsi été sélectionnées. Les lignes LS86-C, LS86-D, LS86-E et LS86-F de direction NW-SE offrent une couverture assez riche sur la moitié nord de la zone d'étude et permettent d'imager les principales structures suivant une direction qui leur est perpendiculaire. La ligne LS86-P recoupe les lignes LS86-D, LS86-E et LS86-F et assure la cohérence de l'interprétation de ces différentes lignes.

2.4.4. Données bibliographiques : coupes géologiques, cartes structurales, cartes géophysiques

Les résultats des campagnes de prospection pétrolière assez récentes (années 1980) et les travaux académiques sur les bassins oligo-miocènes du Languedoc n'ont donné lieu qu'à de très rares publications.

Concernant les coupes géologiques disponibles dans la littérature, en dehors des coupes régionales à l'échelle de la marge du Golfe du Lion (Gorini, 1991 ; Séranne et al., 1995), on doit mentionner les sections (Illustration 5) publiées par Arthaud et Séguret (1981) et par Delahaye et Lepercq (1991) sur la base des données de forages pétroliers (localisation des coupes Illustration 4). On signalera également la coupe dessinée par Berger et al. (1981) en marge de la carte géologique à 1/50 000 – Feuille n°1015 (Pézenas).

L'interprétation des lignes de la campagne LS86 semble n'avoir jamais été publiée, hormis au sein de rapports pétroliers confidentiels.

La zone d'étude dispose d'une couverture en données gravimétriques assez denses qui ont fait l'objet d'une valorisation au travers d'une étude régionale publiée par le BRGM (Debeglia et Mercier, 1981). De manière générale, les cartes gravimétriques figurent les variations spatiales de l'anomalie gravimétrique de Bouguer qui correspond à la différence entre le champ de pesanteur terrestre mesuré et le champ de pesanteur théorique calculé, en tenant compte de divers paramètres tels que l'altitude, la latitude et l'influence de la topographie. Les cartes d'anomalie résiduelle rendent ainsi compte de la variation latérale de la densité des roches en profondeur.

Pour la zone d'étude (Illustration 6), les cartes de Debeglia et Mercier (1981) montrent :

- des anomalies négatives révélant un déficit de masse en profondeur, coïncidant avec le cœur des grabens oligo-aquitaniens ;
- des anomalies positives signifiant un excédent de masse en profondeur, marquant les points hauts mésozoïques sous couverture cénozoïque. Pour la plupart, ces anomalies positives ont été explorées en forage par les opérateurs pétroliers.

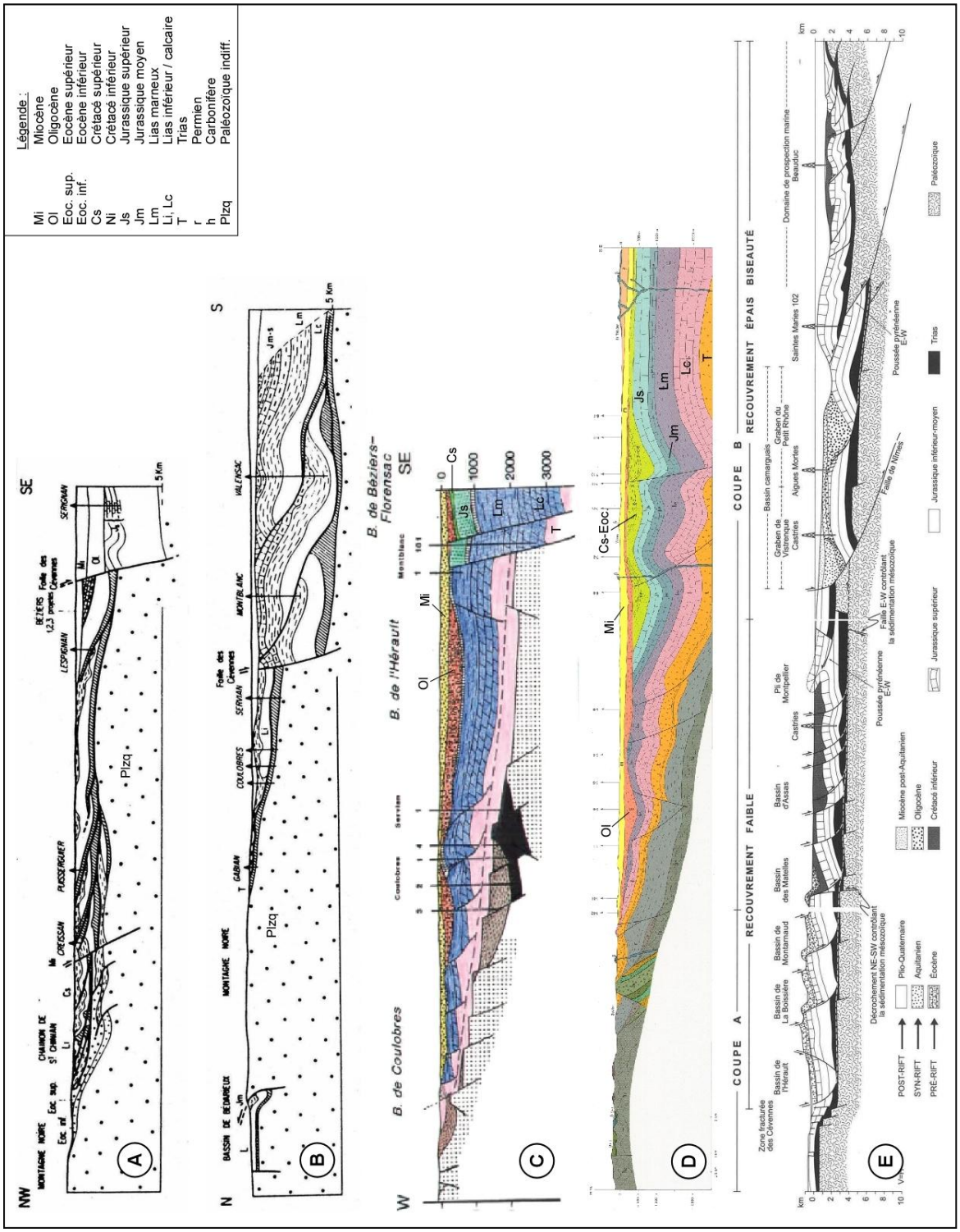


Illustration 5. Coupes géologiques publiées. A, B : d'après Arthaud et Séguret, 1981. C : d'après Delahaye et Lepercq, 1991 ; D : d'après la carte géologique à 1/50 000 – Feille Pézenas (1015) ; E : d'après Séguret et al., 1995.

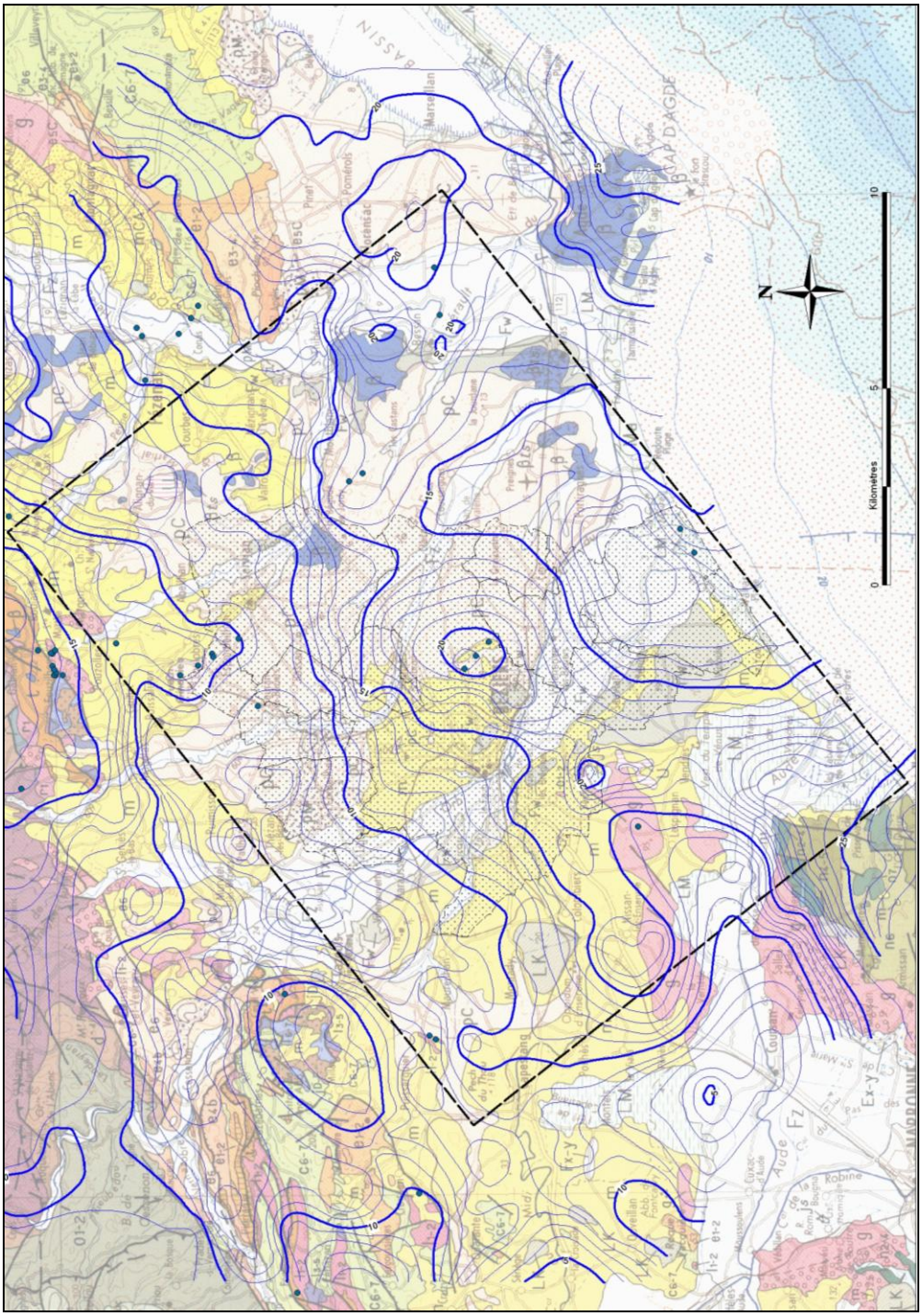


Illustration 6. Carte gravimétrique de la zone d'étude : digitalisation des courbes isovaleurs gravimétriques (en mgal) représentées sur la « carte de l'anomalie de Bouguer après correction topo-isostatique et stripping du Tertiaire (Néogène) » figurée en Planche 12b du rapport de Debéglia et Mercier (1981).

2.5. NATURE PROBABLE DES TERRAINS MESOZOÏQUES SITUES SOUS COUVERTURE CENOZOÏQUE DANS LA ZONE D'ETUDE

Les terrains du Crétacé supérieur continental (faciès rognaciens) constituent, dans les forages pétroliers où ils sont décrits, un ensemble peu puissant (25 m à Montblanc 101 ; 52 m à Florensac 1) intercalé entre le Cénozoïque (Aquitanien ou Burdigalo-Langhien suivant la localisation) et le Jurassique (Jurassique supérieur dans les 2 forages précités). Ces faibles épaisseurs suggèrent des occurrences ponctuelles, probablement sous forme d'affleurements résiduels piégés sous couverture au contact du substratum carbonaté jurassique. A Puisserguier 2, les faciès rognaciens sont reconnus sur au minimum 130 m, en fond de forage, sous une écaille de Trias et de Lias

Concernant le Crétacé supérieur marin (Cénomanien à Santonien), il n'est reconnu dans la zone d'étude qu'au droit de la structure de Béziers, sous forme de faciès essentiellement calcaires de puissance relativement importante puisque le sondage Béziers 2 en a rencontré près de 400 m sans les traverser dans leur totalité.

Si l'Urgonien est bien connu à l'affleurement immédiatement au Sud de la zone d'étude (Massif de la Clape) et bien que les cartes paléogéographiques publiées (cf. Synthèse du Sud-Est de la France ; Debrand-Passard et Courbouleix, 1984) figurent une extension possible des faciès carbonatés urgoniens dans la zone d'étude, aucun des forages pétroliers disponibles ne justifie cette hypothèse. Tous les forages profonds atteignant le Mésozoïque indiquent une absence systématique de Crétacé inférieur avec fréquemment un contact direct entre le Cénozoïque ou des faciès continentaux paléogènes à crétacés (faciès rognaciens) et les termes calcaires massifs du Jurassique (Jurassique supérieur, Dogger ou Lias inférieur). Cependant, il ne peut être exclu que du Barrémo-Aptien à faciès calcaires récifaux (type faciès urgoniens) existe au droit du sondage Béziers 2, interrompu dans l'Aptien après avoir traversé une succession quasi-complète du Coniacien au Cénomanien.

Comme suggéré par la coupe figurée en marge de la carte géologique à 1/50 000 – Feuille Pézenas (Coupe D ; Illustration 5) les forages pétroliers soulignent une meilleure préservation et un caractère plus complet de la succession sédimentaire jurassique en cheminant depuis le Nord-Ouest vers le Sud-Est. De façon assez systématique, l'analyse des logs descriptifs et l'examen des quelques pointements mésozoïques identifiés à l'affleurement démontrent que (Illustration 7) :

- les terrains liasiques forment l'essentiel du substratum mésozoïque reconnu sur la bordure nord-ouest de la zone d'étude : Lias calcaire à l'affleurement dans la structure de Puisserguier et dans les puits Pouzolles 1 et Lieuran 1 ; Lias marneux dans les puits Servian 1, Coulobres 2 et 3 ;
- en cheminant vers le Sud-Est, les puits Coulobres 1, Coulobres 4 et Montblanc 1 ont reconnu, sous couverture cénozoïque, du Dogger calcaire (Aalénien à Bajocien à Coulobres, Bajocien à Bathonien à Montblanc) ;

- les puits Montblanc 101, Serignan 1, Florensac 1 et Valensac 1, les plus éloignés de la bordure cévenole, ont quant à eux rencontré des calcaires du Jurassique supérieur.

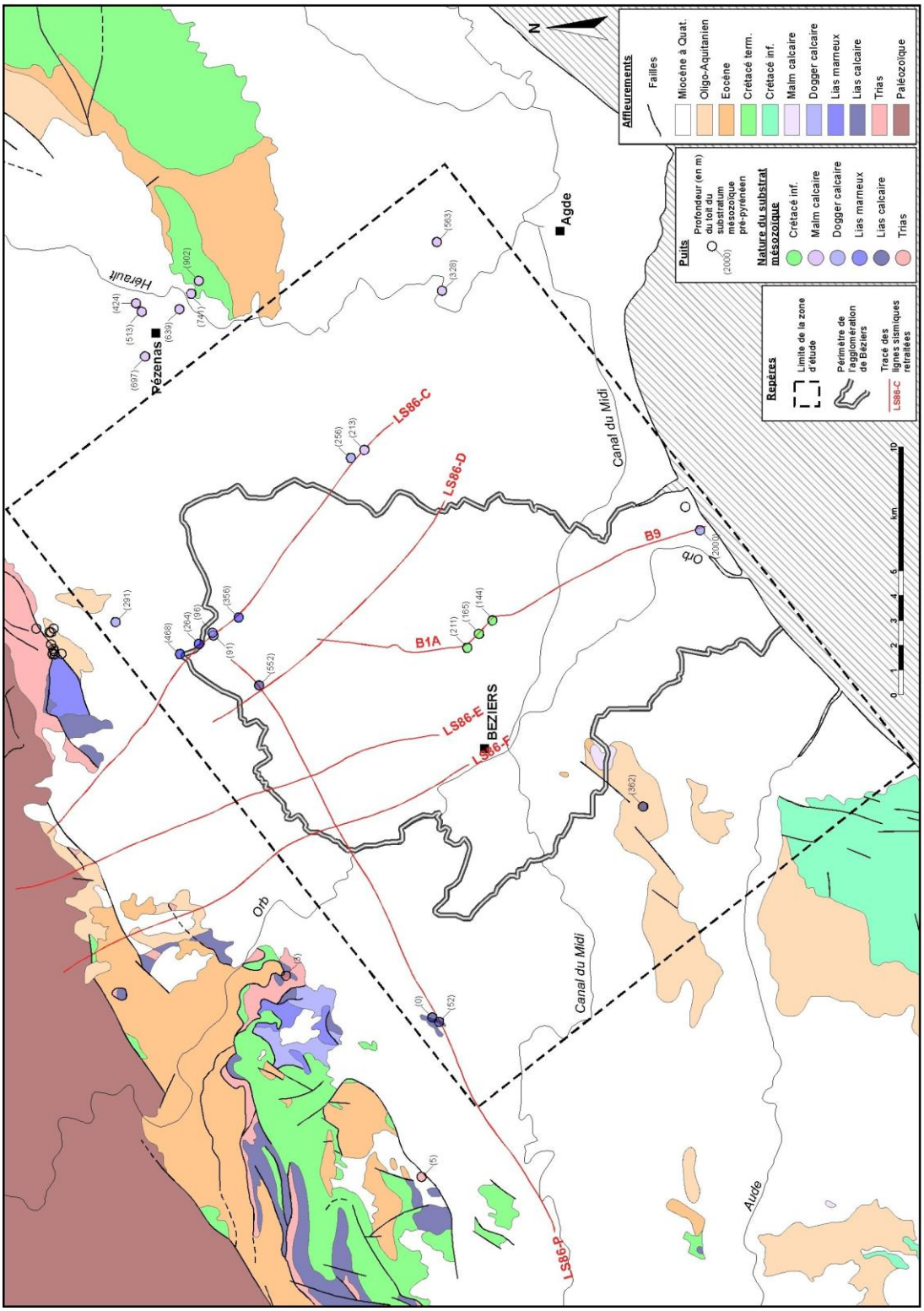


Illustration 7. Carte avec la nature des terrains mésozoïques rencontrés à l'affleurement et dans les sondages pétroliers dans le secteur d'étude.

3. Retraitement des données sismiques

3.1. PRESENTATION DE LA SISMIQUE REFLEXION

La sismique réflexion est une méthode géophysique (non destructive) de prospection permettant de repérer la disposition des structures géologiques dans le sous-sol. Cette technique permet d'obtenir une image verticale du sous-sol. L'acquisition des lignes sismiques a été réalisée pour la recherche pétrolière. Dans le cadre du projet « Identification et caractérisation des ressources en eau souterraine des aquifères karstiques sous couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers », 117 kilomètres de données de sismique réflexion ont été étudiées (Illustration 4), à partir de 7 lignes distinctes afin d'identifier des réservoirs carbonatés. Ces données sismiques, disponibles sur la zone d'étude, permettent d'avoir une image du sous-sol et d'en définir la géométrie (couches géologiques, failles). Elles ont été enregistrées pour les 2 plus anciennes en 1962 et 1986 pour les 5 récentes. Les profils récents (1986) ont été acquis directement au format numérique, contrairement aux profils de 1962 enregistrés au format analogique (bande carter). Le retraitement de ces derniers présente ainsi une phase préliminaire supplémentaire visant à numériser et géo-référencer les lignes.

Les lignes récentes et anciennes sont identifiées ci-après, la longueur de chaque ligne est ainsi précisée :

Lignes récentes :

- LS86C 22,31 km ;
- LS86D 13,27 km ;
- LS86E 18,75 km;
- LS86F 19,31 km;
- LS86P 27,10 km.

Lignes anciennes :

- B1 5,58 km ;
- B9 10,81 km.

Le kilométrage de l'ensemble du projet est ainsi de **117,13 km.**

3.2. AQUISITION DE LA DONNEE DE SISMIQUE REFLEXION

La sismique réflexion a pour objectif d'obtenir une image du sous-sol. Pour cela des acquisitions sismiques sont entreprises sur le terrain (Illustration 8), afin d'obtenir ce qui est nommé la donnée sismique brute.

Aujourd'hui, pour obtenir ses informations, un dispositif d'acquisition est déployé sur le terrain. Il est composé :

- de camions vibrateurs qui sont les sources sismiques ;
- d'un réseau de récepteurs, appelés géophones ;
- de camions laboratoires qui enregistrent les données.

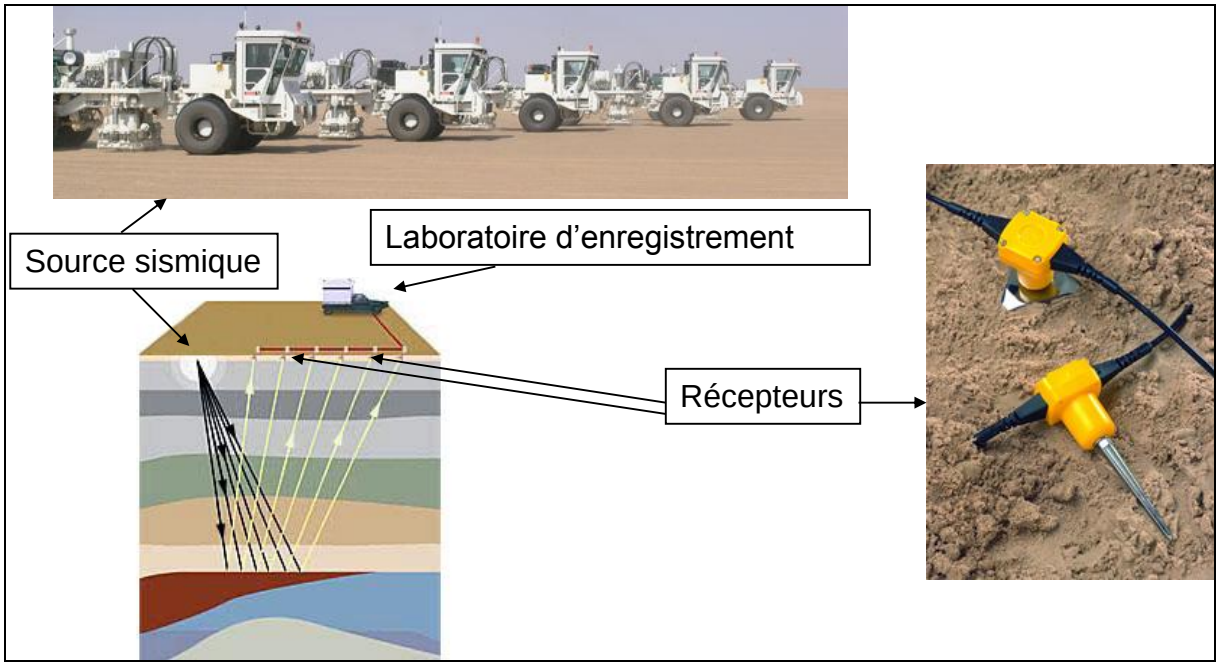


Illustration 8. Acquisition sismique sur le terrain (camions vibrateurs = sources sismiques ; réseau de géophones = récepteurs ; camion laboratoire = laboratoire d'enregistrement).

Les données sismiques brutes ainsi acquises se composent de tirs sismiques et de documents terrain (Illustration 10).

3.2.1. Principe de la sismique réflexion et acquisition des données sismiques brutes

La méthode récente est basée sur l'utilisation d'un réseau de camions vibrateurs qui impulsent des ondes dans le sous-sol, grâce à des plaques vibrantes situées sous les camions. Ces ondes vont être réceptionnées par les géophones implantés à espace régulier dans le sol et transmises aux camions laboratoires. Lors des campagnes anciennes, les sources sismiques étaient produites par de la dynamite. C'est le cas pour les profils datant de 1962.

Les ondes vont se propager dans le sous-sol à la vitesse caractéristique de la couche géologique traversée. Lorsqu'il y aura un changement dans la nature de la couche géologique, alors la vitesse de propagation de l'onde sera différente ; cela produira à l'interface de deux couches une variation de vitesses qui se traduira par un signal

nommé « signal sismique ». Ce signal est réceptionné par les géophones et enregistré dans le laboratoire d'enregistrement. Pour les données de 1986 le support est magnétique, il est sur bandes carter pour les données de 1962 (Illustration 9).

Illustration 9. Supports d'enregistrement sur le terrain, magnétique à gauche et bande carter à droite.

Les données sismiques brutes (Illustration 10) sont constituées (1) du signal sismique (tir sismique) enregistré sur des supports magnétiques, (2) des informations sur les paramètres d'enregistrement et de déploiement du dispositif d'acquisition (rapport d'enregistrement), (3) des coordonnées des positions de tous les géophones et de tous les impacts issus des sources sismiques (camions vibrateurs ou explosions pour la dynamite).

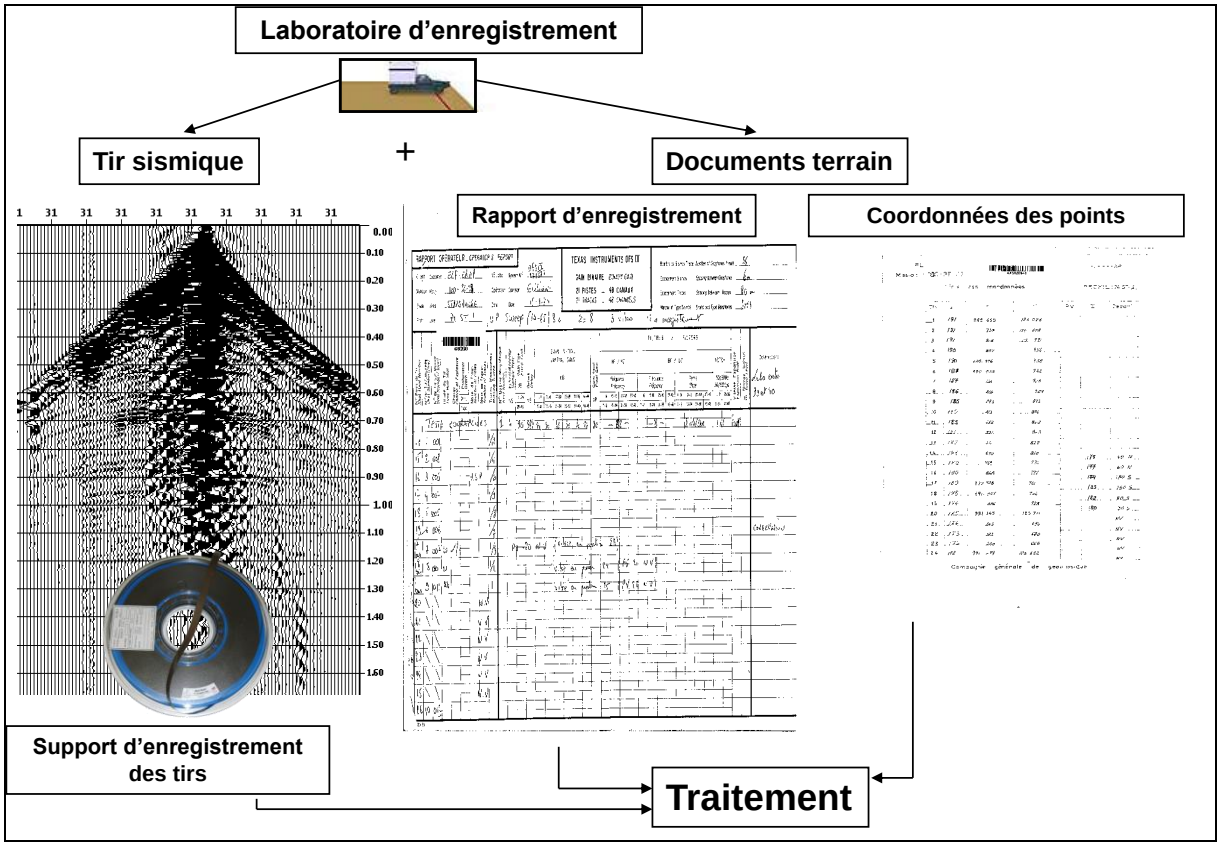


Illustration 10. Données sismiques brutes : tirs sismiques et documents terrain.

Les données acquises sur le terrain sont, pour les tirs sismiques, transcrites au format des logiciels informatiques de traitement des données sismiques. Ces données sont ensuite envoyées dans un centre de traitement des données sismiques afin d'obtenir après l'application d'un traitement, un profil sismique retraité ou ligne sismique retraitée (Illustration 11).

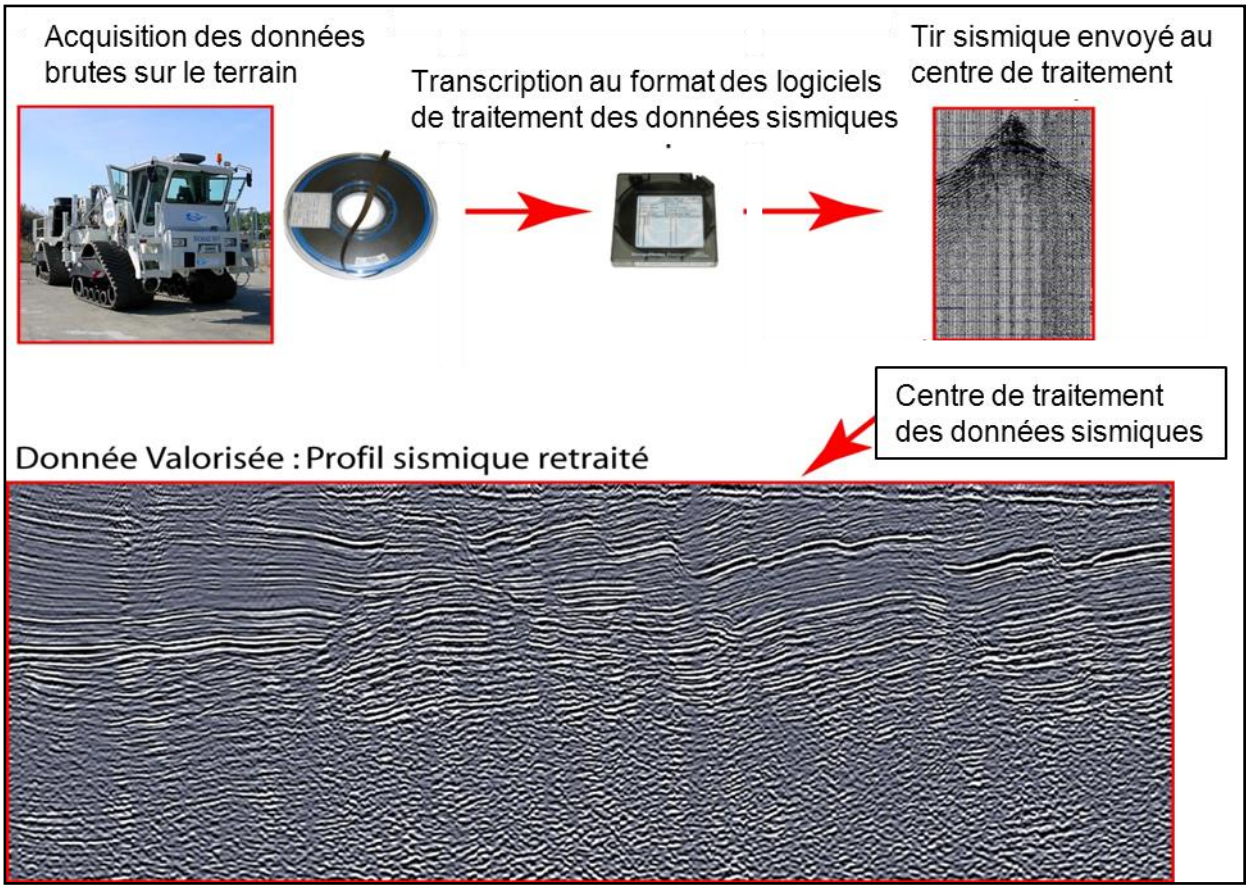


Illustration 11. Chaîne permettant d'obtenir un profil sismique retraité à partir de l'acquisition des données sur le terrain.

3.2.2. Déstockage de la donnée

Les données sismiques ont été en grande partie acquises par des compagnies pétrolières. D'après le code minier français, ces données tombent dans le domaine public après 10 ans. Il est néanmoins nécessaire de s'adresser aux opérateurs qui les ont acquises pour les obtenir si ces derniers sont toujours présents sur le territoire national. C'est la phase de déstockage qui comprend :

- la demande des données auprès des opérateurs pétroliers ;
- la réception et le contrôle des données et des documents reçus ;
- la transcription des tirs sismiques au format des logiciels informatiques de traitement sismique ;
- la transcription des coordonnées des points de tirs sismiques et des positions géophones du format papier au format numérique (dans le cas de lignes anciennes acquises au format analogique).

3.3. TRAITEMENT SISMIQUE ET SEQUENCE DE TRAITEMENT SISMIQUE

Le traitement des données sismiques n'est pas univoque, et nécessite la mise au point et la supervision d'une séquence de traitement avant l'obtention du profil sismique final.

3.3.1. Traitement sismique

Les données sismiques brutes ne donnent pas une image du sous-sol exploitable directement. En effet de nombreux signaux parasites viennent perturber le signal sismique issu des interfaces géologiques. Il est donc nécessaire de leur appliquer une séquence de traitement sismique pour obtenir l'image finale sous la forme du profil sismique retraité (Illustration 12).

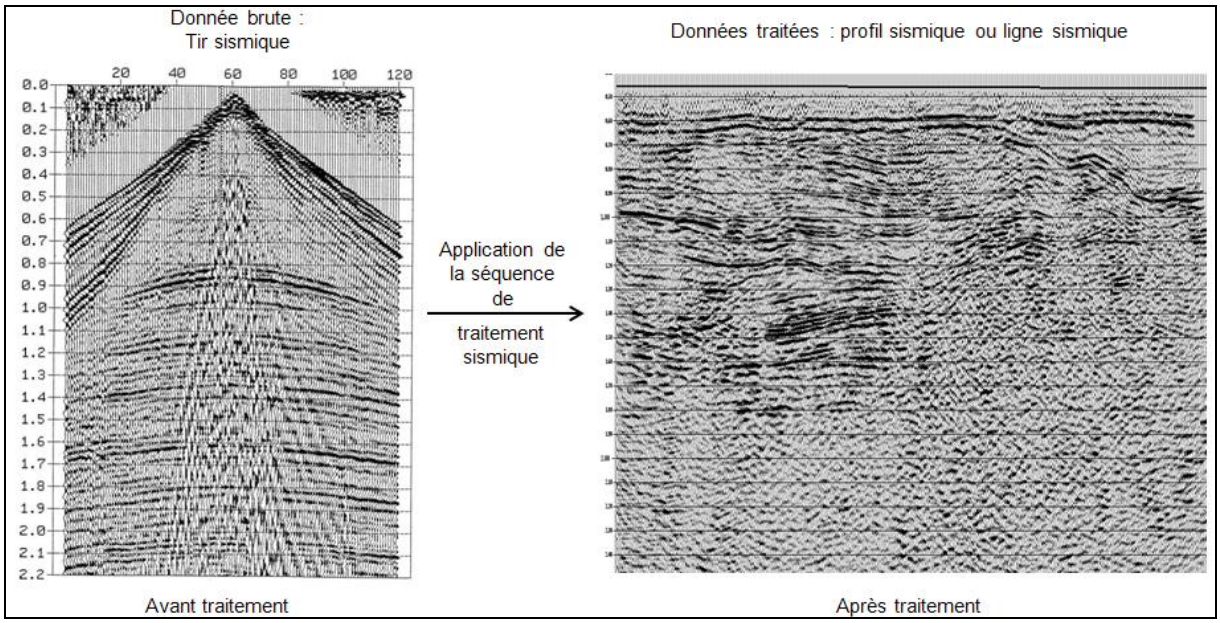


Illustration 12. Traitement sismique sur des données brutes et profil sismique retraité.

La séquence de traitement sismique comporte plusieurs étapes, nécessaires à l'obtention du profil sismique retraité. Ces étapes dans la séquence de traitement permettent d'atténuer voire d'éliminer tous les artéfacts, signaux parasites et/ou bruits enregistrés lors de l'acquisition et d'appliquer les processus nécessaires à l'obtention d'une image finale.

3.3.2. Séquence de traitement sismique

Les données sismiques sur la zone d'étude, ont été acquises à des dates différentes (1962 et 1986). On observe ainsi une évolution dans les méthodes et les paramètres d'acquisition. Ainsi la méthode d'acquisition des lignes récentes est plus complète (30

images par point récepteur), alors que les lignes anciennes, présentent une couverture simple (une seule image par point récepteur). Il a donc fallu adapter la séquence de traitement à chacune des deux méthodes d'acquisition. Néanmoins, certaines étapes sont communes à toutes séquences de traitement (mise à jour de la géométrie, atténuation des artéfacts, signaux parasites, bruits, migration, addition des traces).

a. Mise à jour de la géométrie

Après le déstockage des données, il faut effectuer l'opération de la mise à jour de la géométrie des données sismiques. Cette étape consiste à décrire sous un langage informatique le dispositif d'enregistrement sur le terrain et de géo-référencer les points de tirs sismiques et les positions des récepteurs.

b. Atténuation des artéfacts, des signaux parasites et des bruits

Néanmoins, le traitement sismique consiste à appliquer un certain nombre de filtres pour atténuer voire éliminer les signaux parasites, dus par exemple au bruit anthropique lié aux lignes à haute tension de fréquence 50 Hz, à l'effet de la Terre qui agit comme un filtre éliminant les hautes fréquences (déconvolution), ou bien encore aux effets d'absorption de l'énergie en fonction de la profondeur (récupération des amplitudes).

Le traitement sismique doit aussi s'affranchir d'anomalies introduites par les variations d'altitude entre les points de tirs et les récepteurs (nommées corrections des statiques terrains), ainsi que des hétérogénéités dans les 20 premiers mètres du sous-sol. Ces hétérogénéités entrainent une distorsion dans le temps de propagation des ondes sismiques, qui provoque une déformation des horizons sismiques. Il faut donc corriger cette distorsion afin d'obtenir l'image réelle de l'horizon.

c. Migration avant addition

Le système d'acquisition sismique est responsable pour les zones à forts pendages d'un décalage des horizons imagés par rapport à leur position réelle.

La migration est le procédé qui permet la mise en place des horizons à leur position réelle. Pour cela il est nécessaire d'avoir des vitesses qui décrivent la vitesse de propagation de l'onde sismique dans les milieux traversés. On effectue ainsi une analyse des vitesses des marqueurs sismiques en position réelle.

La technique de la migration avant addition des traces (migration pré-stack ou PSTM : pre stack time migration) permet de pouvoir attribuer des vitesses aux différents marqueurs sismiques en position réelle. Ceci permet d'obtenir un champ de vitesses de migration, en position réelle. Cette technique permet de mieux imager les évènements pentés, mais aussi les failles.

Le résultat de la migration avant addition est d'obtenir toutes les traces élémentaires constitutives de la ligne sismique traitée en position réelle.

d. L'addition des traces

Après avoir effectué la migration avant addition, l'addition des traces va permettre d'obtenir le profil sismique retraité.

Un traitement après la migration et l'addition des traces permet d'améliorer l'image finale (amélioration de la cohérence).

3.3.3. Récapitulatif (simplifié) des différentes étapes de retraitement sismique

Une fois les données sismiques brutes acquises les étapes suivantes du retraitement sont mises en œuvre :

1. mise à jour de la géométrie ;
2. élimination des bruits (édition, filtrage, etc…) ;
3. récuperation des amplitudes ;
4. attenuation du bruit du aux lignes à hautes tension ;
5. attenuation de l'effet de la Terre (déconvolution) ;
6. corrections des statiques terrains ;
7. analyse de vitesses des marqueurs en position réelle ;
8. migration avant addition des traces ;
9. addition des traces ;
10. amélioration de la cohérence.

3.3.4. Exemple de différentes étapes de traitement

a. Ligne ancienne B9

Les profils suivants sont obtenus, ils correspondent aux étapes de retraitement précisées ci-après :

- atténuation des bruits (Illustration 13) ;
- atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains (Illustration 14) ;
- analyse de vitesses des marqueurs en position réelle (Illustration 15) ;
- migration et addition des traces (Illustration 16) ;
- amélioration de la cohérence : section finale (Illustration 17).

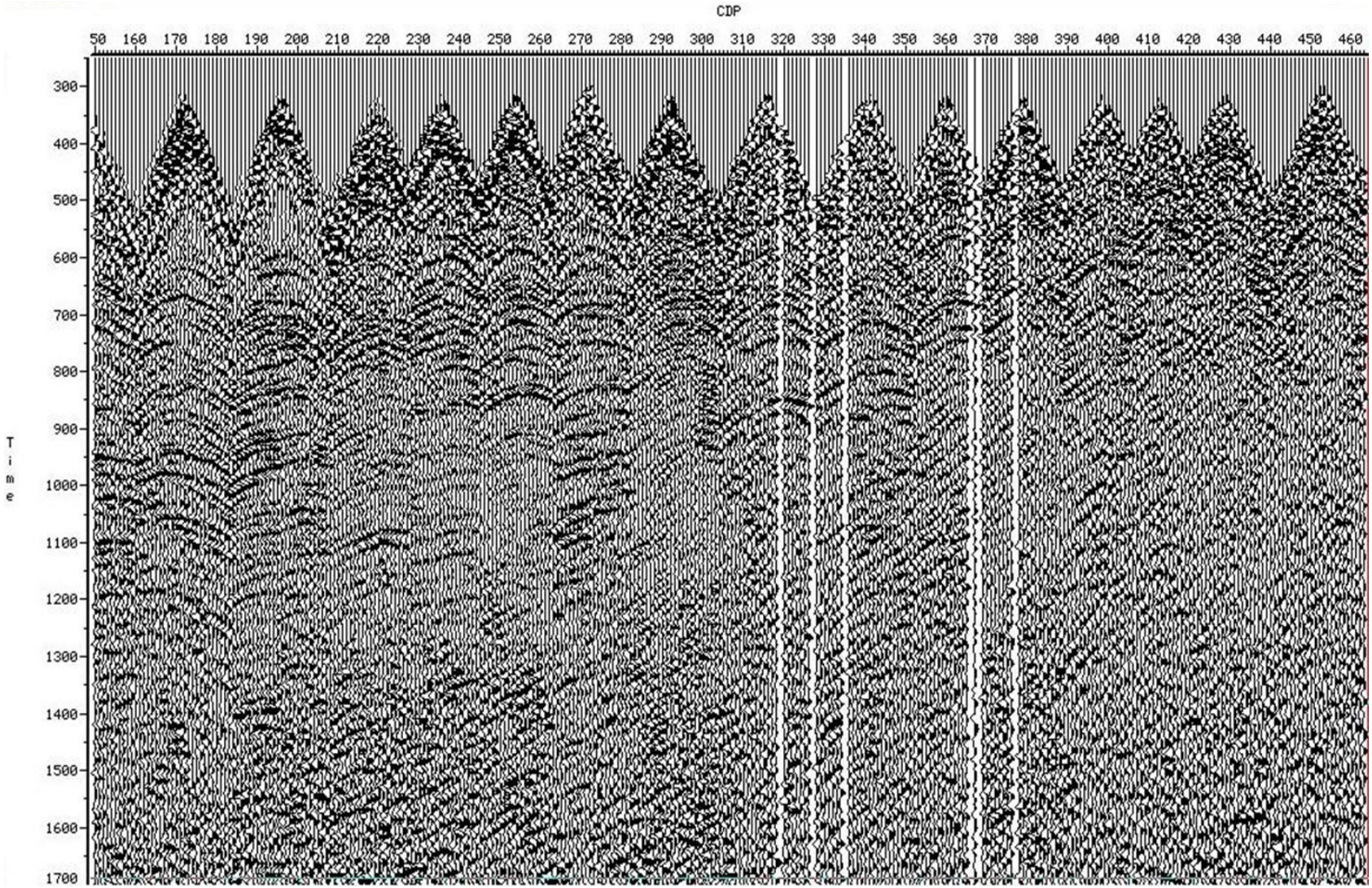


Illustration 13. Profil B9 après atténuation des bruits.

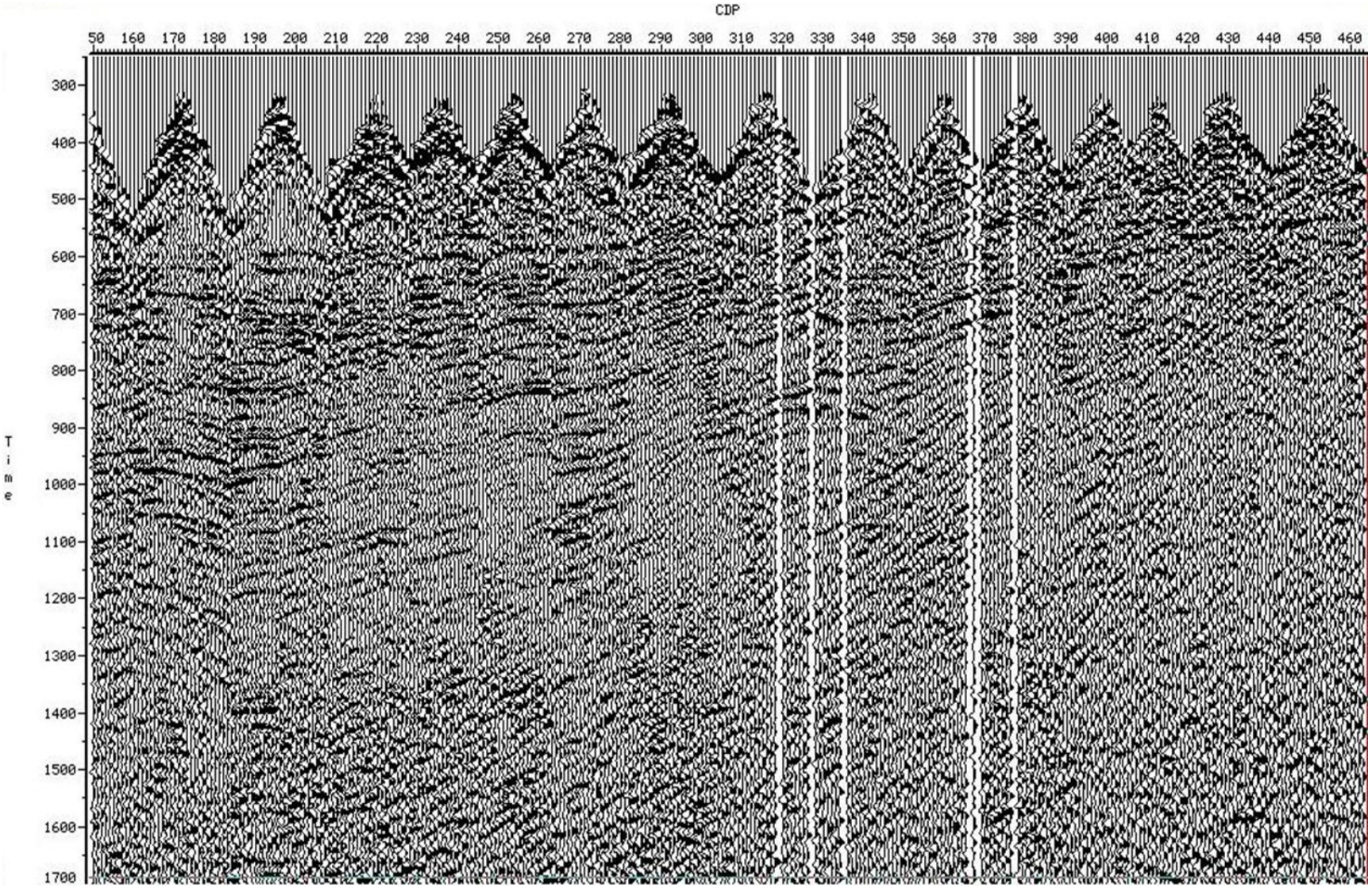


Illustration 14. Profil B9 après atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains.

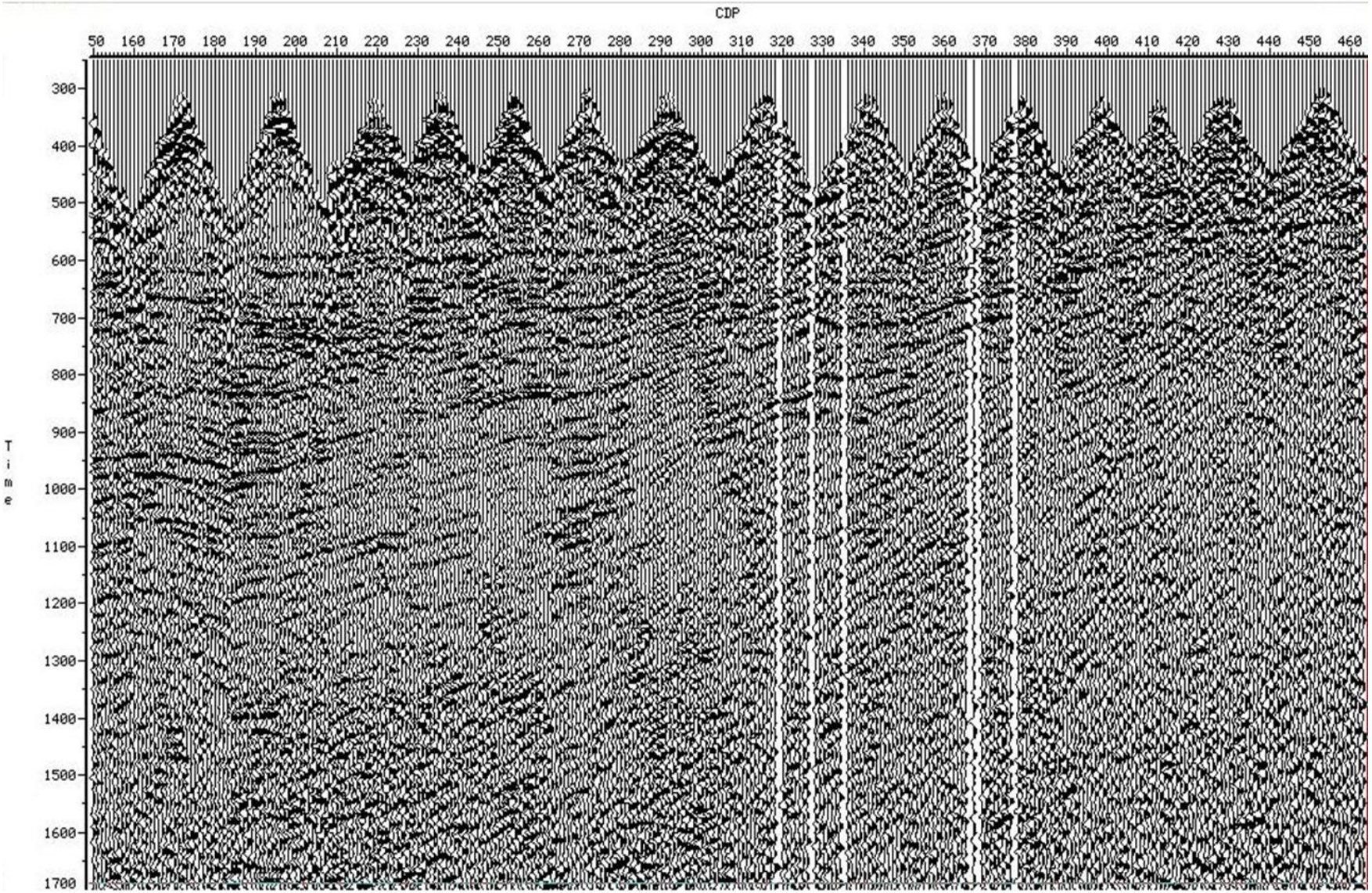


Illustration 15. Profil B9 après l'analyse de vitesses des marqueurs en position réelle.

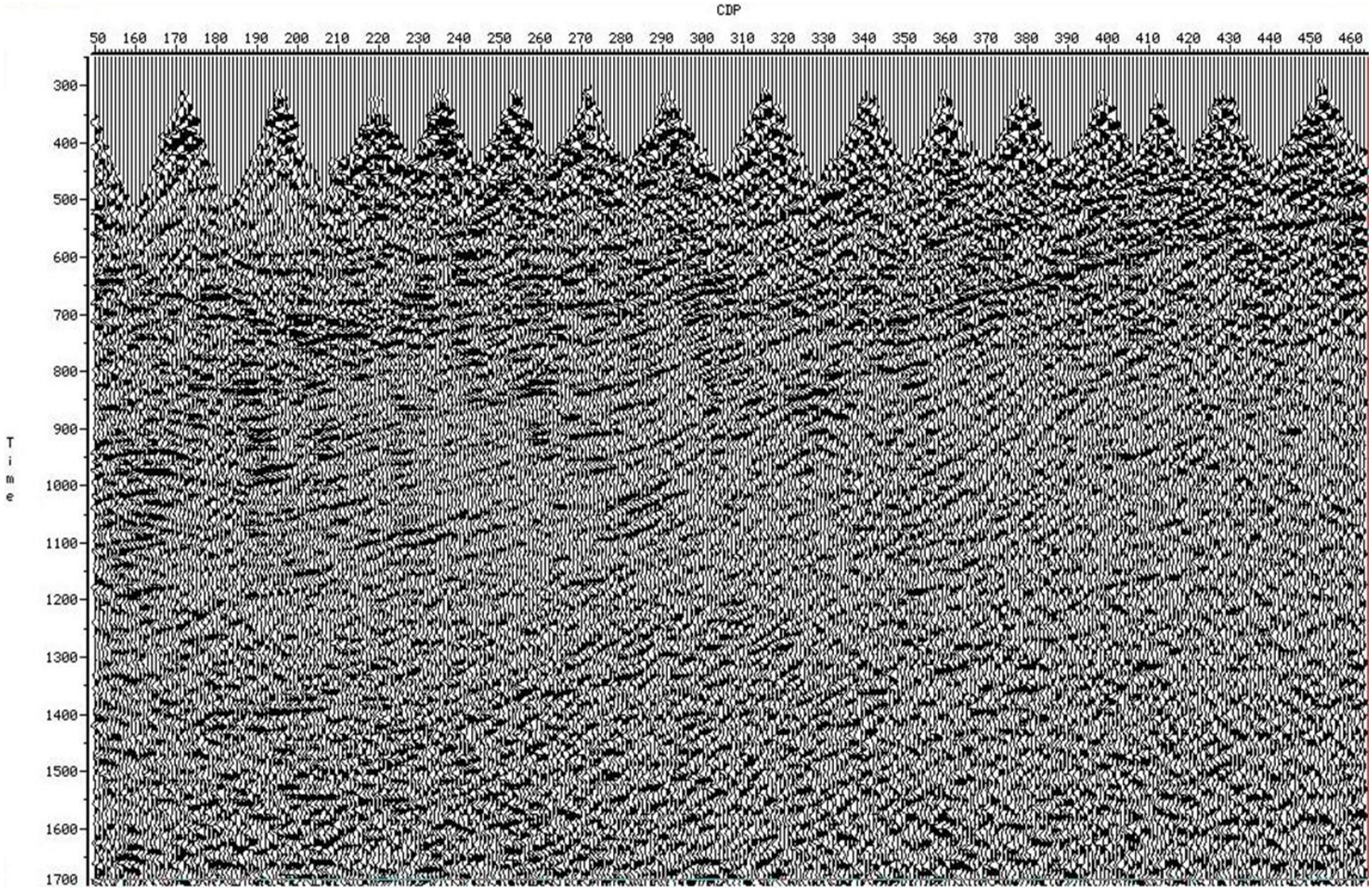


Illustration 16. Profil B9 après migration et addition des traces.

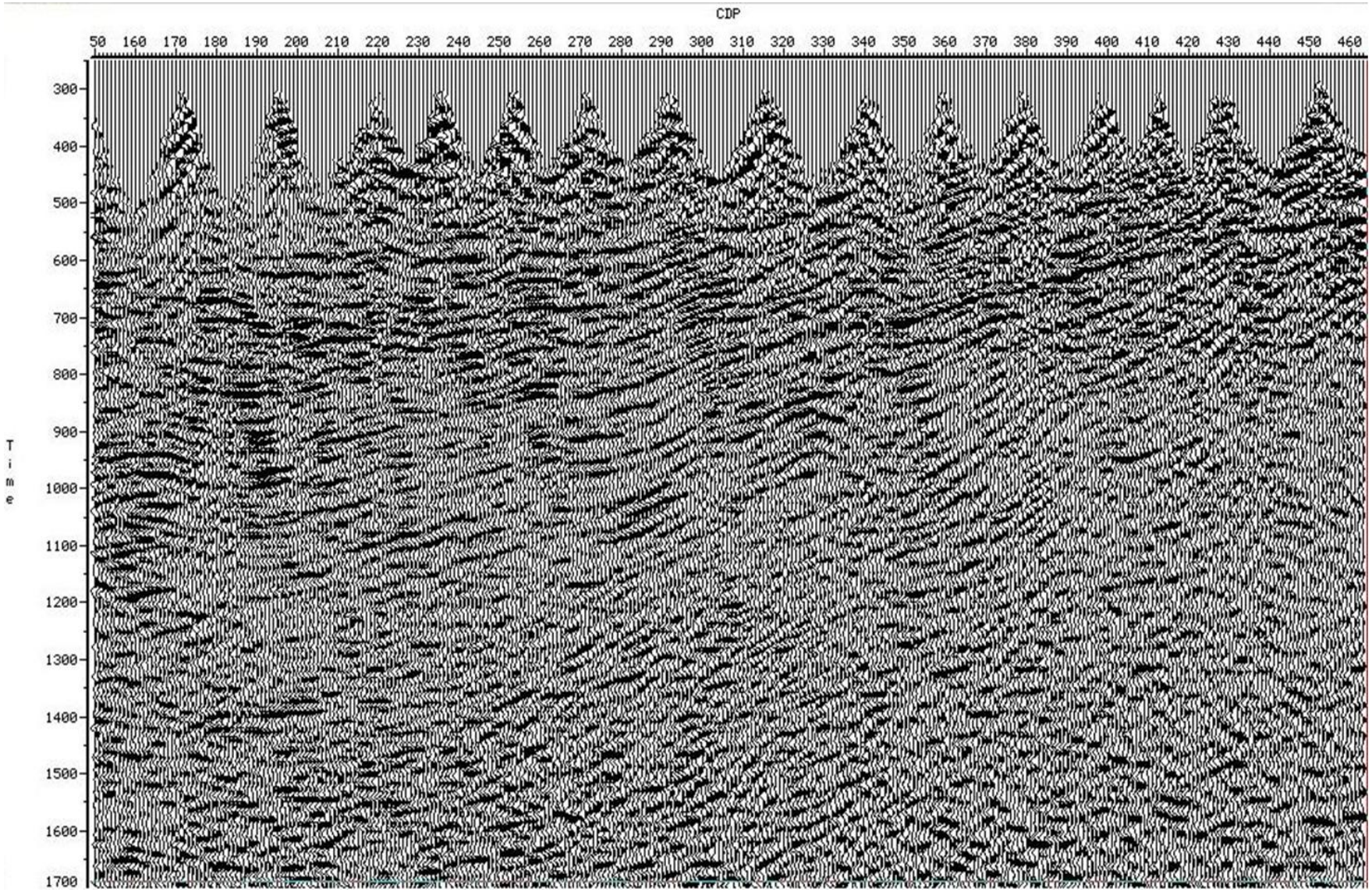


Illustration 17. Profil B9 après amélioration de la cohérence : section finale.

b. Ligne récente LS86F

Les profils suivants sont obtenus, ils correspondent aux étapes de retraitement précisées ci-après :

- mise à jour de la géométrie (Illustration 18) ;
- atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains (Illustration 19) ;
- analyse de vitesses des marqueurs en position réelle (Illustration 20) ;
- migration et addition des traces (Illustration 21) ;
- amélioration de la cohérence : section finale (Illustration 22).

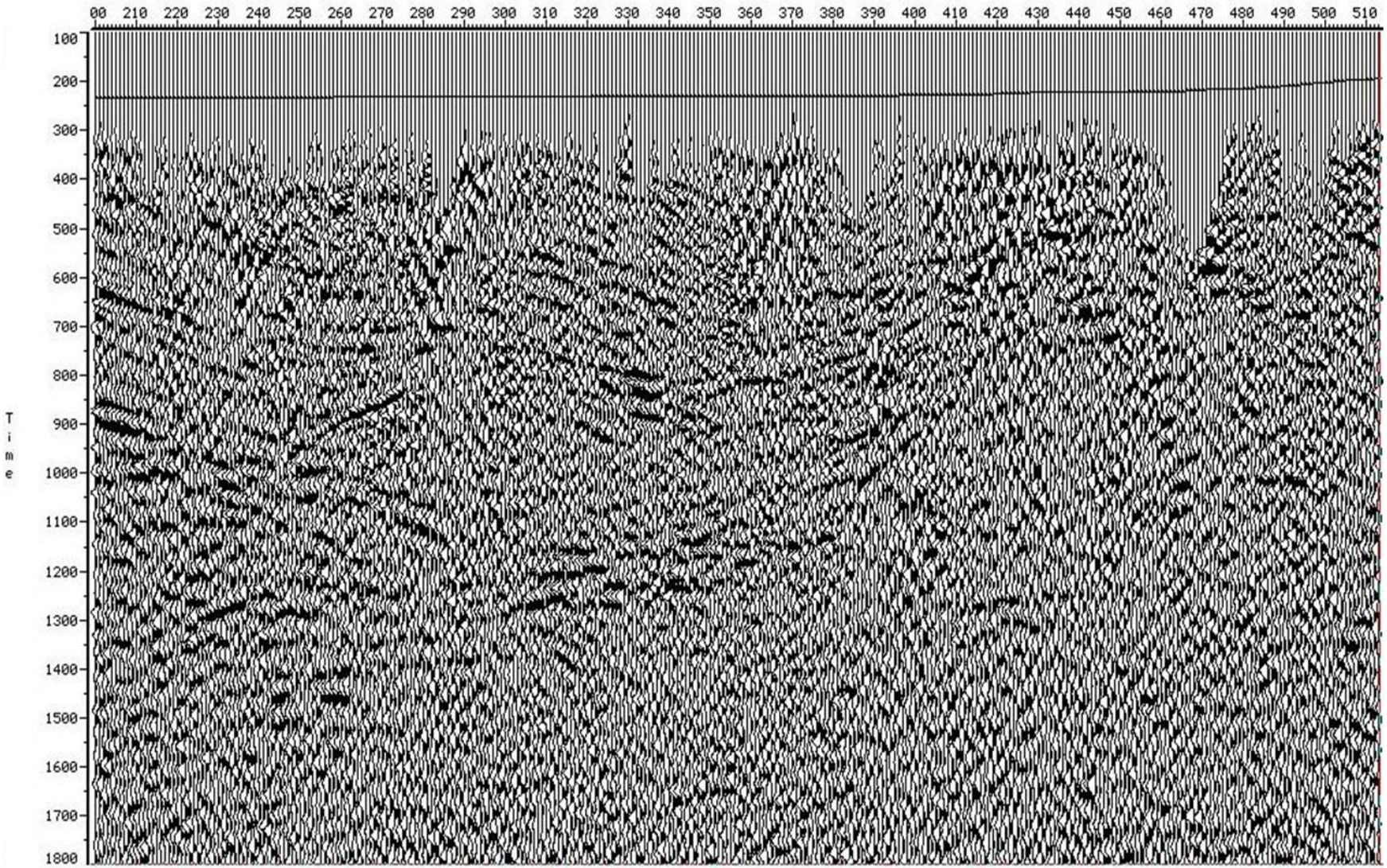


Illustration 18. Profil LS86F après mise à jour de la géométrie.

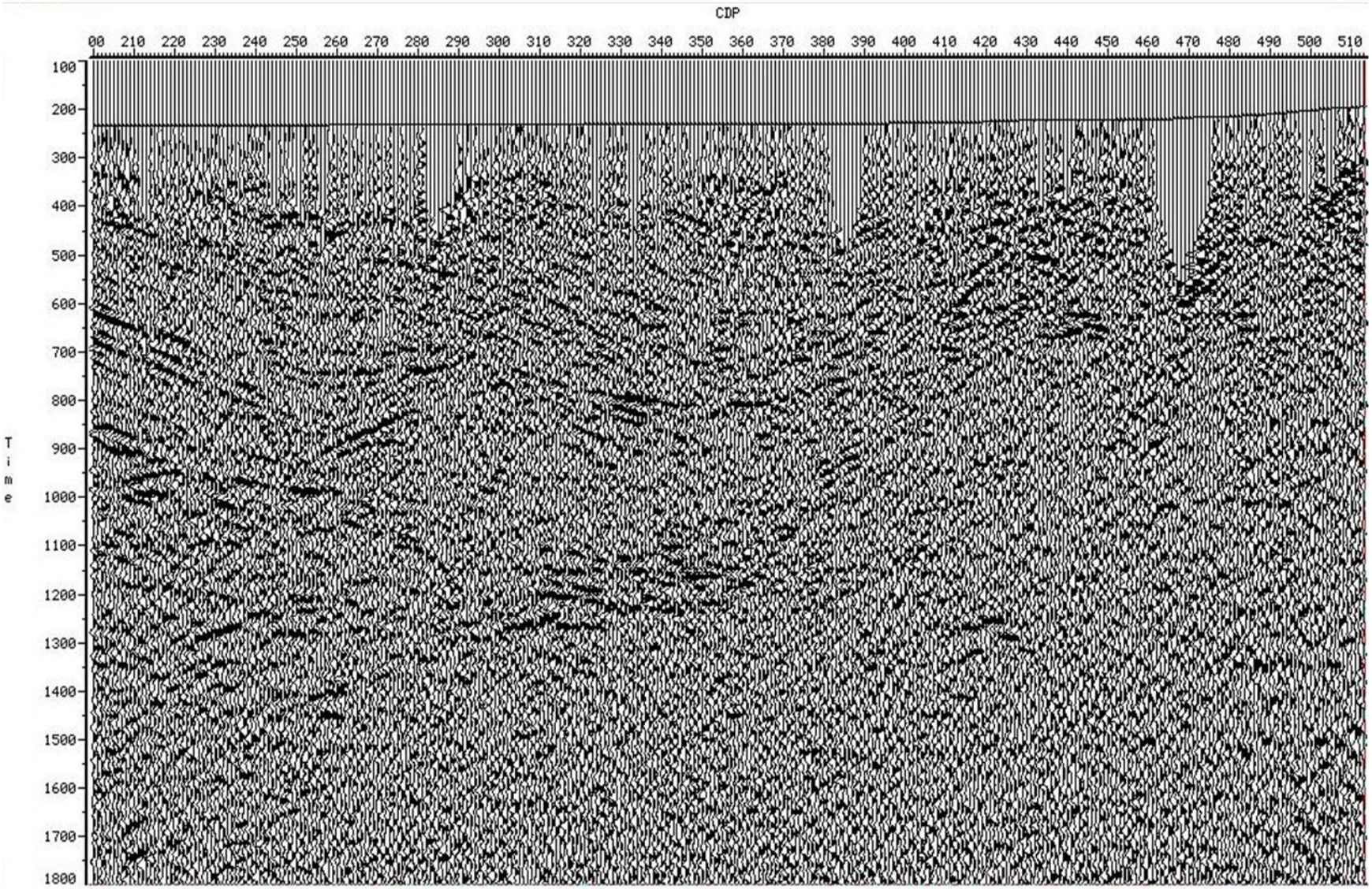


Illustration 19. Profil LS86F après atténuation de l'effet de la Terre et application des corrections statiques terrains.

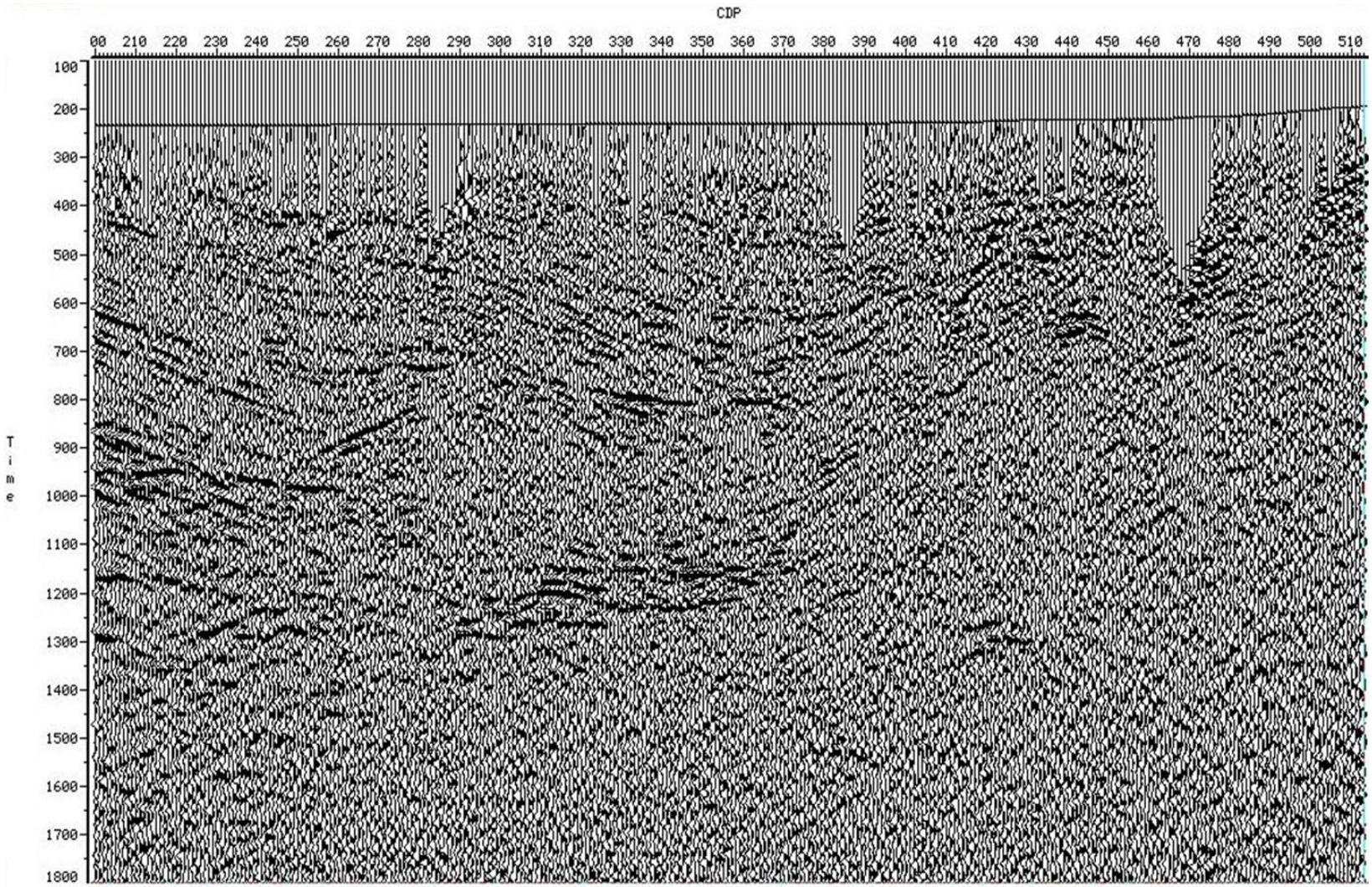


Illustration 20. Profil LS86F après l'analyse de vitesses des marqueurs en position réelle.

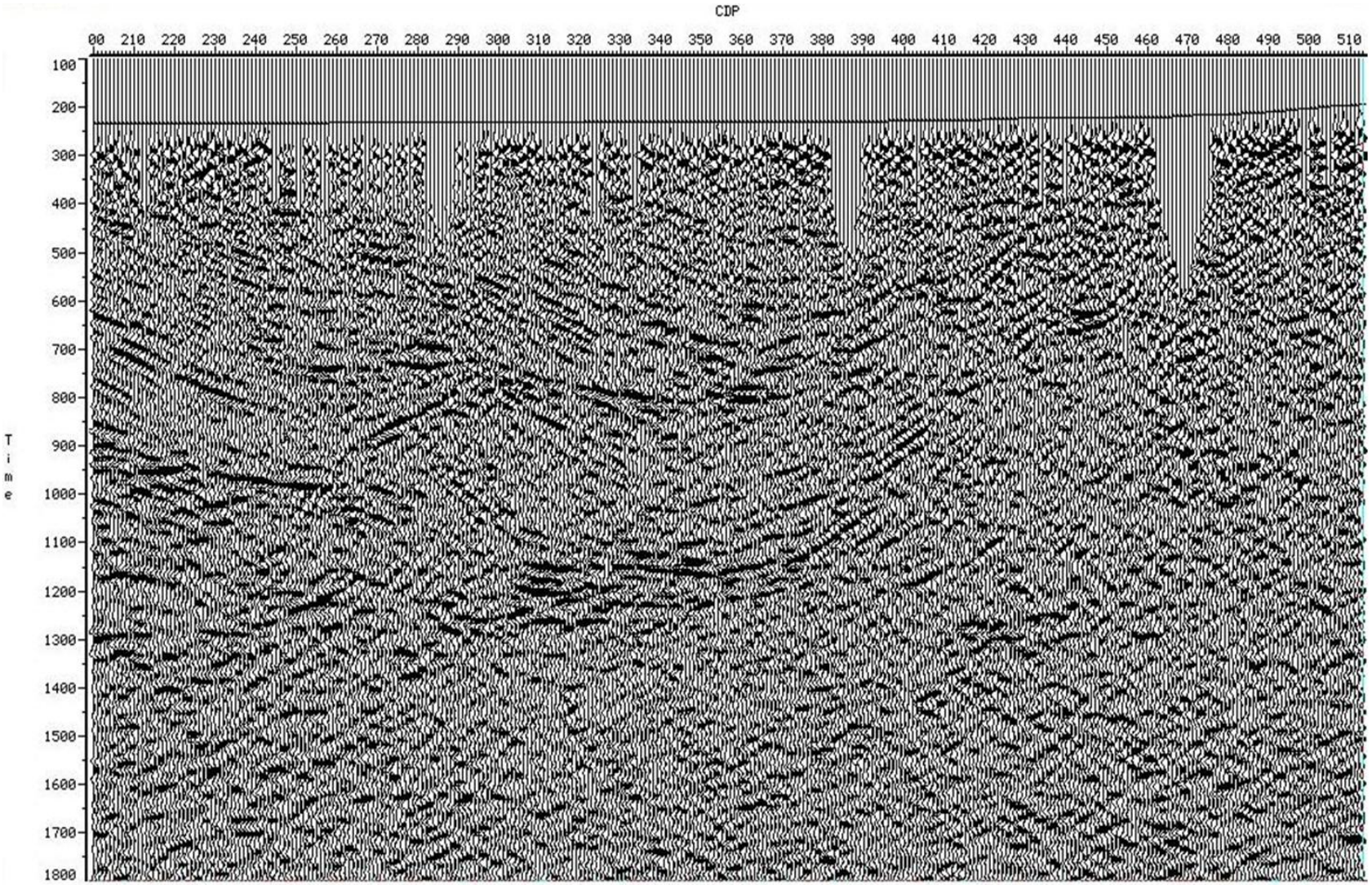


Illustration 21. Profil LS86F après migration et addition des traces.

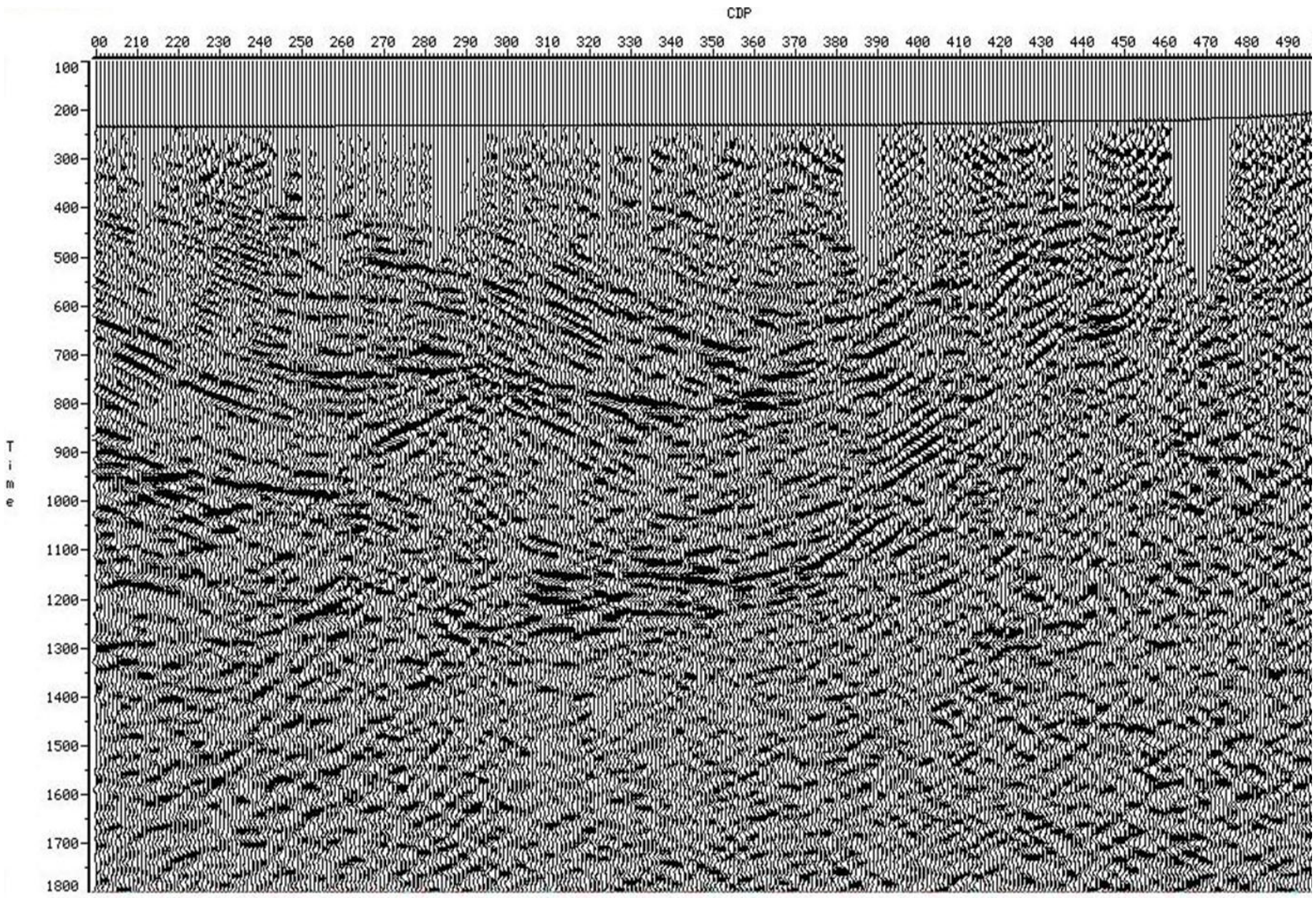


Illustration 22. Profil LS86F après amélioration de la cohérence : section finale

4. Méthodologie d'interprétation géologique des profils sismiques retraités

4.1. PRINCIPES GENERAUX

Les profils sismiques retraités ont fait l'objet d'une interprétation géologique en 2 étapes principales (Illustration 23) :

► Pointé des réflecteurs et définition du réseau de failles ;

La première étape a consisté à travailler sur les réflecteurs sismiques sans préjuger de leur nature et de leur âge. L'examen de la géométrie des réflecteurs et de leur relation (*onlap*, *toplap*, …) permet de hiérarchiser les marqueurs sismiques et de mettre en évidence des signatures acoustiques particulières (sur la base des variations verticales d'amplitude) qui caractérisent certains intervalles stratigraphiques, de repérer les principales discontinuités et d'identifier les principales failles.

► Identification des horizons géologiques, détermination d'un schéma structural ;

La seconde étape a consisté à interpréter les réflecteurs sismiques en termes d'horizons géologiques, à partir des données de calage (forages). En l'absence de données de calage il est nécessaire de proposer des hypothèses sur l'âge potentiel des principaux horizons et des principales discontinuités. En tenant compte de la succession sédimentaire ainsi définie et des structures connues en surface, l'interprétation géologique du profil sismique rend compte d'un schéma structural et d'une coupe sismique, qui sont mis en regard avec les interprétations publiées et les informations de surface fournies par les cartes géologiques.

4.2. POINTE DES FAILLES, SCHEMA STRUCTURAL

Le pointé des failles a été rendu possible par la prise en compte de plusieurs types de données :

► Des données directes telles que celles fournies par les cartes géologiques et par les puits pétroliers.

La détermination de la localisation de certaines failles sur la sismique s'est faite à partir des éléments structuraux figurés et répertoriés sur les cartes géologiques à 1/50 000 et à 1/250 000. En outre, l'analyse des cartes géologiques permet de déterminer la nature des accidents (faille, chevauchement, décrochement), le fonctionnement normal / inverse des failles et d'évaluer des ordres de grandeur de rejets.

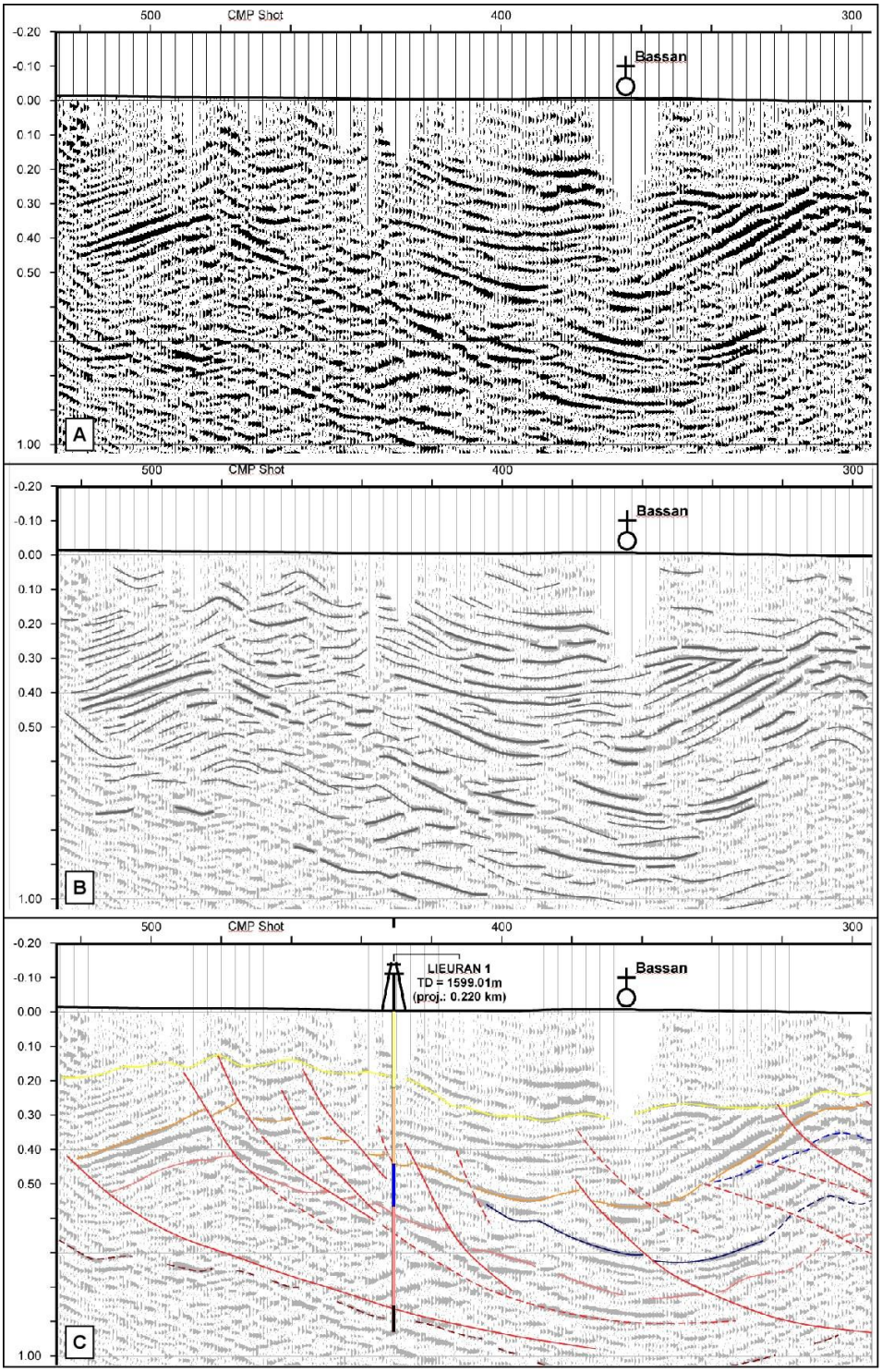


Illustration 23. Méthodologie d'interprétation géologique des profils sismiques : exemple de la tranche TD 0.00-1.00 dans l'intervalle CDP290-526 de la ligne LS86D. A : Image sismique vierge. B : Line-drawing des réflecteurs, identification des discontinuités stratigraphiques et tectoniques. C : Pointé des failles et calage stratigraphique des horizons sismiques.

Dans la zone d'étude, les puits ayant rencontré des failles (Puisserguier 2, Montblanc 101, Valensac 1, …), des zones de broyage (Montblanc 1, Coulobres 3) et ceux ayant traversé des écailles tectoniques (Puisserguier 2, Lespignan 1) ont contraint l'interprétation structurale des profils sismiques.

► Des données indirectes déduites de l'analyse géométrique des réflecteurs.

Le repérage de discontinuités au niveau des principaux réflecteurs et l'identification de décalages verticaux récurrents de réflecteurs successifs bien marqués sont particulièrement efficaces dans les domaines géologiques où dominent les structures distensives et permettent de pointer la plupart des failles majeures.

Les domaines à structure compressive dominante (plis, faille inverse) sont assez fréquemment caractérisés par la géométrie « bombée » de certains groupes de réflecteurs, avec une convexité orientée vers le haut. La forme bombée des réflecteurs est interprétée comme la signature de structures antiformes souvent associées à des chevauchements de pendage faible. Cette analyse géométrique des réflecteurs est apparue un outil efficace pour localiser le tracé de failles inverses et de chevauchements, particulièrement dans les zones où les pendages des accidents tectoniques sont faibles par rapport à la stratification générale.

4.3. DES REFLECTEURS SISMIQUES AUX HORIZONS GEOLOGIQUES

Pour l'interprétation géologique des principaux marqueurs sismiques et leur attribution stratigraphique, plusieurs sources d'informations ont été recoupées :

4.3.1. les puits avec ou sans loi de conversion temps-profondeur.

Les 19 puits pétroliers exécutés dans l'emprise de la zone d'étude (Tableau 1 ; Illustration 4) ont été analysés afin de calibrer au mieux l'âge probable des principaux réflecteurs identifiés sur les lignes. Ce travail a été facilité par l'existence, pour 3 puits (Lieuran 1, Lespignan 1, Coulobres 1), de lois de conversion temps-profondeur qui permettent de caler les horizons géologiques sur les coupes sismiques. Pour les autres, en l'absence de lois t=f(p), les informations relatives à la succession stratigraphique, à l'épaisseur des formations et à la structuration des terrains ont été prises en compte dans l'interprétation géologique.

4.3.2. Les affleurements / données de surface fournies par les cartes géologiques.

Les données de surface sont dans certains cas les seules informations géologiques directes utilisables pour l'interprétation géologique (cas des lignes LS86-E et LS86-F). Ces données sont plus particulièrement importantes dans les zones structurées, plissées ou faillées, ou dans les zones où sont superposés des bassins tertiaires à un substratum mésozoïque pointant localement à l'affleurement. L'information géologique fournie par les cartes géologiques ne permet cependant pas un pointé précis des

horizons géologiques (les 100 premiers mètres étant souvent délicats à interpréter) mais elle permet de contraindre l'âge relatif des terrains.

4.3.3. L'analyse des relations géométriques entre les principaux marqueurs.

Cette analyse reste particulièrement valable pour le Cénozoïque. Au cours de cet intervalle stratigraphique, la chronologie des évènements géologiques majeurs est relativement bien maîtrisée dans le Languedoc (cf. section 1.3). Elle permet d'attribuer un âge relatif à chacune des principales discontinuités en prenant pour hypothèse qu'elles sont la signature sismique des évènements géologiques (Illustration 3).

Ainsi, sous la surface d'incision messinienne, la base du Miocène post-rift (Burdigalien à Langhien) est une surface de discontinuité assez aisée à reconnaître car elle scelle les structures distensives affectant les séries syn-rift. La base de l'Aquitanien et de l'Oligocène sont également des surfaces de discontinuité reconnues régionalement qui sont utilisées comme repères stratigraphiques.

4.3.4. Les cartes gravimétriques disponibles sur la zone d'étude.

La comparaison de la géométrie des réflecteurs sismiques anté-cénozoïques avec les cartes gravimétriques montre une bonne adéquation entre les anomalies gravimétriques et la structuration géologique du substratum mésozoïque. Les points hauts mésozoïques correspondent à des anomalies positives souvent bien marquées, dont la plupart ont guidé l'implantation des forages d'exploration pétrolière. Les principales anomalies gravimétriques négatives coïncident avec le cœur des hémi-grabens oligocènes.

4.3.5. L'intersection entre les profils sismiques retraités.

Elle permet (i) de contraindre indirectement l'âge des terrains imagés sur des lignes dépourvues de données directes et (ii) d'assurer la cohérence spatiale de l'interprétation structurale. C'est dans cette optique qu'a été retraitée la ligne LS86-P qui même si elle reste délicate à interpréter car d'orientation parallèle aux principales structures, fournit un profil de liaison entre les lignes LS86-C, LS86-D, LS86-E et LS86-F.

4.3.6. Les interprétations géologiques de ligne sismique unitaire publiées antérieurement à cette étude.

Pour les lignes de la campagne LS86 comme pour celles de la campagne B, aucune interprétation géologique n'a été à notre connaissance publiée. En revanche, les coupes géologiques publiées par Arthaud et Séguret (1981) et Delahaye et Lepercq (1991) (coupes B et C ; Illustration 5) apparaissent comme un guide intéressant pour l'interprétation de la ligne LS86-C dont les coupes suivent approximativement le tracé.

5. Interprétation géologique des profils sismiques retraités

Ce chapitre décrit les principales caractéristiques structurales et lithostratigraphiques révélées par l'interprétation géologique de chacun des profils sismiques retraités constitués.

Cette partie se réfère aux images vierges et interprétées des profils sismiques, images fournies sous forme de planches hors-texte dont la liste est détaillée en Annexe 2.

Chaque profil sismique fait l'objet d'une présentation sous 3 formes :

- une planche présentant l'image sismique vierge en mode « wiggle » (échelle horizontale : 1 cm = 250 m ; échelle verticale : 10 cm = 1 sec.TD) ;
- une planche présentant, à la même échelle que l'image vierge, l'image sismique interprétée où sont figurés les principaux horizons géologiques et les principales failles. Cette planche est à considérer comme une image du pointé sismique ;
- une planche présentant, toujours à la même échelle, l'image sismique interprétée où sont figurés sous forme de polygones les principaux ensembles lithostratigraphiques. Cette planche fournit une coupe sismique.

Ces planches sont accompagnées d'un cartouche d'entête (*header*) présentant les caractéristiques techniques propres aux lignes sismiques : paramètres d'acquisition, séquence et paramètres de retraitement, échelle de restitution.

Sur les planches d'interprétation, sont figurés :

- la position exacte ou la projection des puits pétroliers exécutés sur ou à proximité du tracé des lignes, avec leur nom, la profondeur atteinte (TD) et la distance de projection par rapport au tracé ;
- les intersections avec les autres lignes sismiques retraitées dans le cadre de cette étude ;
- les repères géographiques principaux (communes, vallées, …) et en particulier, la limite de l'emprise de la zone d'étude et la limite du périmètre de l'agglomération de Béziers.

La légende générale de l'interprétation géologique des profils sismiques est fournie en Annexe 1.

5.1. PROFIL LS86C

Ce profil sismique est incontournable pour la compréhension de la géométrie des terrains car, bien que localisé en marge des limites de l'agglomération de Béziers et isolé des autres lignes étudiées, il offre une image continue d'assez bonne qualité des structures existantes depuis la bordure paléozoïque au NW jusqu'aux premières structures extensives de la marge de la Méditerranée occidentale au Sud-Est. D'une direction parallèle et situé relativement proche des profils LS86D et LS86E, il a grandement aidé à la compréhension des géométries et à la détermination stratigraphique des unités sismiques repérées.

Les calages stratigraphiques des horizons sont rendus aisés par la présence de 7 puits pétroliers sur ou à proximité immédiate du tracé de la ligne LS86C, dont un (Coulobres 1) dispose de données de calage des temps sismiques en profondeur.

L'image sismique vierge est composée de quatre segments distincts (Planches 1A, 1B) :

- intervalle CDP001-220 : l'image sismique est très délicate à interpréter. Les réflecteurs, d'amplitude assez similaire, apparaissent peu continus, avec des pendages très variables. Cet intervalle correspond à la bordure du bassin, caractérisée ici par un socle paléozoïque soit affleurant (intervalle CDP001-025), soit proche de la surface (intervalle CDP025-125), recouvert par du Mésozoïque (Trias, Lias subaffleurant dans l'intervalle CDP100-150) qui lui-même est situé sous une fine couverture miocène ;
- intervalle CDP220-655 : l'image sismique est beaucoup plus lisible, avec une succession de réflecteurs d'amplitude variable, relativement continus, montrant des relations géométriques bien exprimées. Le Mésozoïque semble bien marqué avec une superposition de réflecteurs continus de forte amplitude, à géométrie fréquemment arquée. L'intervalle CDP450-655 voit le développement de réflecteurs parallèles correspondant à des horizons oligo-aquitaniens et signant un graben au droit d'un synforme mésozoïque ;
- intervalle CDP655-690 : l'image sismique est rendue sourde par le volcanique récent de surface absorbant l'énergie et ne permettant pas d'obtenir des réflexions exploitables ;
- intervalle CDP690-884 : l'image sismique d'assez bonne qualité montre des réflecteurs bien marqués, de grande continuité, soulignant une géométrie contrastée entre horizons cénozoïques sub-tabulaires et horizons mésozoïques calés par les puits Montblanc 1 et Montblanc 101) ondulant ou plongeant nettement vers le Sud-Ouest (intervalle CDP840-884).

Du point de vue structural, l'interprétation géologique du profil LS86C met en évidence (Planche 1C) :

- dans l'intervalle CDP150-380, la présence d'un hémi-graben peu profond, épaulé au NW par la couverture mésozoïque et le substratum paléozoïque et s'appuyant au Sud-Est sur le rebord ouest de la structure positive de Coulobres ;

- dans l'intervalle CDP380-450, la structure de Coulobres est d'une interprétation délicate. Elle semble correspondre à un point haut du substratum paléozoïque, et apparaît superposée à un décollement intra-triasique enracinant la plupart des failles à pendage faible visibles à l'Ouest. Il pourrait s'agir d'une structure antiforme formée lors de la compression pyrénéenne, largement affectée par les failles normales induites par la phase extensive oligo-aquitanienne ;
- dans l'intervalle CDP450-710, un important graben se développe au droit d'un synforme mésozoïque (et probablement paléozoïque). Il s'appuie sur les structures positives de Coulobres et de Montblanc ;
- dans l'intervalle CDP710-840, le profil LS86C montre du Miocène directement en contact avec du Jurassique supérieur. Malheureusement, l'image sismique ne permet pas de suivre les horizons jurassiques et comprendre la géométrie de la structure positive de Montblanc ;
- au-delà du CDP840, le profil voit les horizons du Jurassique supérieur clairement plongés vers le Sud-Est et le développement d'un nouveau remplissage oligo-aquitanien.

5.2. PROFIL LS86D

Entre les CDP100 et 300, l'image vierge (Planche 2A) quasiment illisible – même si l'on suit avec difficulté la discontinuité infra-miocène – sépare deux domaines distincts :

- au Nord-Ouest (intervalle CDP300-526), un segment où l'image est de bonne qualité jusqu'à 1.00 secTD. Les réflecteurs de forte amplitude sont assez continus et montrent des relations géométriques complexes, soulignant des discontinuités qui permettent de proposer des attributions stratigraphiques aux unités sismiques distinguées, cohérentes avec les calages fournies par le puits Lieuran 1 (CDP432) ;
- au Sud-Est (intervalle CDP001-100), un segment où l'image sismique semble perturbée par un plongement fort d'un triplé de réflecteurs de forte amplitude, marquant probablement le toit du Mésozoïque.

Des CDP300 à 526, l'interprétation géologique du profil LS86D repose sur le suivi des horizons dont l'attribution stratigraphique est fixée par le puits Lieuran 1 (Planches 2B, 2C). Le demi-graben oligo-aquitanien imagé entre les CDP460 et 300 est implanté au droit du flanc Nord-Ouest d'un synclinal mésozoïque. Un point haut mésozoïque (CDP440-500) armé par le Lias calcaire forme l'épaulement de ce demi-graben.

La médiocre qualité de l'image sismique dans l'intervalle CDP100-300 serait induite par un point haut jurassique sous une couverture cénozoïque formée uniquement de dépôts miocènes. Le fort contraste de vitesse sismique entre les dépôts clastiques miocènes et les faciès calcaréo-dolomitiques du Jurassique supérieur à moyen pourrait être à l'origine de la perte de qualité du signal sismique. Dans cet intervalle, l'interprétation géologique et, plus particulièrement, le pointé des horizons intra-jurassiques restent très hypothétiques en l'absence d'une continuité suffisante des réflecteurs et de la moindre signature sismique.

L'interprétation géologique de l'intervalle CDP000-100 a été réalisée par analogie des signatures sismiques rencontrées dans la partie sud-est de la ligne LS86C (intervalle CDP760-884) et en particulier les réflecteurs de très forte amplitude censés représenter le sommet du Jurassique supérieur. L'accident reporté au droit du CDP100, initiant le fort plongement des réflecteurs vers le Sud-Est, pourrait représenter l'un des témoins les plus occidentaux des failles normales de la marge de la Méditerranée et marquer la pénétration du profil LS86D dans un compartiment à structures extensives prédominantes, avec un approfondissement important de la base du remplissage syn-rift.

5.3. PROFIL LS86E

L'image sismique vierge est composée de deux segments distincts (Planche 3A) :

- intervalle CDP001-510 : l'image sismique, assez riche, fait apparaître de nombreux réflecteurs continus dans l'intervalle 0.05 - 1.10 secTD, Cet intervalle correspond à un bassin cénozoïque avec une assez bonne pénétration dans le soubassement mésozoïque ;
- intervalle CDP500-740 : l'image sismique, beaucoup moins lisible, présente des réflecteurs arqués peu continus, de géométrie beaucoup plus chaotique. Dans cet intervalle, le substratum mésozoïque est à l'affleurement sous forme de Lias dans l'intervalle CDP600-620. Il est recouvert par la couverture cénozoïque dans l'intervalle CDP500-600. Au-delà du CDP620, le profil empiète sur la bordure paléozoïque du bassin.

Pour ce profil, on ne dispose d'aucun point de calage direct (Planche 3B) hormis les raccords possibles avec les affleurements liasiques de l'intervalle CDP600-620. L'intersection avec la ligne LS86P se fait au CDP223.

En l'absence de point de calage, l'attribution stratigraphique des réflecteurs sismiques dans la couverture cénozoïque s'est faite par reconnaissance des 2 principales discontinuités (Planche 3B), infra-miocène (base du post-rift) et infra-oligocène (base du syn-rift).

Comme pour le proche profil LS86F de direction parallèle, la base du remplissage syn-rift est marqué par plusieurs réflecteurs de forte amplitude présentent des géométries contradictoires avec une tectonique extensive. Reposant en discontinuité sur le Jurassique et scellé par les dépôts syn-rift oligo-aquitaniens, ils sont mis en relation avec les évènements compressifs pyrénéens et sont attribués à l'intervalle compréhensif Crétacé terminal (phase pyrénéennes précoces) à Eocène (phase pyrénéenne tardive).

L'attribution stratigraphique des réflecteurs sismiques sous couverture cénozoïque s'est faite sur la base des signatures acoustiques du Lias calcaire (superposition de réflecteurs de forte amplitude encadrés par deux zones sourdes chaotiques correspondant aux zones d'enracinement des principales failles dans le Lias marneux et dans le Trias argilo-évaporitique). Dans l'intervalle CDP001-350 (Planches 3B, 3C), le profil LS86E montre une image assez unique du type de structures affectant le

Mésozoïque, masquées par la couverture tertiaire. Les réflecteurs décrivent une succession de plis symétriques serrés (longueur d'onde faible) tronqués par les discontinuités pyrénéennes.

5.4. PROFIL LS86F

Comme pour le profil LS86E, l'image vierge (Planche 4A) se décompose en deux parties distinctes :

- intervalle CDP001-500 : de nombreux réflecteurs continus sont visibles dans l'intervalle 0.05 - 1.10 secTD. Ils caractérisent essentiellement le remplissage d'un bassin cénozoïque, avec une faible pénétration dans le soubassement mésozoïque ;
- intervalle CDP500-748 : beaucoup moins lisible, ce segment de ligne sismique présente une géométrie beaucoup plus chaotique, avec des réflecteurs arqués peu continus. Le substratum mésozoïque affleure sous forme de Trias et de Lias dans l'intervalle CDP630-700. Il est recouvert par une fine couverture cénozoïque dans l'intervalle CDP500-630. Au-delà du CDP700, le profil pénètre dans les terrains paléozoïques du rebord occidental de la Montagne Noire.

Aucun point de calage direct n'est disponible (Planche 4B) en dehors des raccords (délicats) avec les affleurements triasiques et liasiques de la partie nord-ouest de la ligne. L'intersection avec la ligne LS86P se fait au CDP241.

En l'absence de point de calage, l'attribution stratigraphique des réflecteurs sismiques dans la couverture cénozoïque s'est faite par reconnaissance des 2 principales discontinuités (Planche 4B), infra-miocène (base du post-rift) et infra-oligocène (base du syn-rift).

En base du remplissage syn-rift (Planche 4C), quelques réflecteurs de forte amplitude présentent des géométries anomaliques, en contradiction avec une tectonique extensive. D'âge post-jurassique et anté-oligo-aquitanien, ils sont interprétés comme les marqueurs des évènements compressifs pyrénéens et de ce fait sont attribués à un intervalle compréhensif Crétacé supérieur (Rognacien ?) à Eocène.

L'attribution stratigraphique des réflecteurs sismiques sous couverture cénozoïque s'est faite sur la base des signatures acoustiques du Lias calcaire (superposition de réflecteurs de forte amplitude encadrés par deux zones sourdes chaotiques correspondant aux zones d'enracinement des principales failles dans le Lias marneux et dans le Trias argilo-évaporitique).

5.5. PROFIL LS86P

Ce profil a une direction perpendiculaire aux autres profils LS86 retraités, parallèle aux principales structures reconnues régionalement à l'affleurement. Il constitue un profil de jonction entre les lignes LS86D, LS86E et LS86F.

L'image sismique vierge (Planche 5A), de bonne qualité, montre des géométries très variées de réflecteurs caractérisés par de fortes variations d'amplitude. Les discontinuités sont multiples et, du fait de la direction de la ligne parallèle aux structures, il n'est pas évident de discriminer les discontinuités d'origine stratigraphique des discontinuités tectoniques.

De ce fait, l'interprétation géologique proposée (Planches 5B, 5C) fournit une image assurément trop simpliste de la géométrie des terrains et de la complexité structurale révélée par ce profil. L'interprétation respecte toutefois les informations fournies par les puits pétroliers situés sur ou à proximité immédiate du tracé du profil et les intersections avec les profils LS86D, LS86E et LS86F.

L'information principale fournie par cette interprétation concerne la variation importante des temps sismiques affectant le mur des dépôts post-jurassiques (série syn-pyrénéenne du Crétacé supérieur à l'Eocène, série syn-rift oligo-aquitanienne, série post-rift moi-pliocène) : du simple au double dans le seul intervalle CDP0-370 correspondant à l'emprise de l'agglomération de Béziers.

5.6. PROFIL B1A

Ce profil court assure la continuité entre les lignes LS86D et B9. Ces trois lignes unitaires forment un transect composite intéressant permettant d'imager le passage des structures de bordure du bassin aux structures extensives de la marge de la Méditerranée occidentale.

L'image sismique vierge (Planche 6A), même après retraitement, est de mauvaise qualité, caractérisée par une très faible continuité des réflecteurs et une absorption importante des réflexions au-delà de 0.200 à 0.300 secTD.

Toutefois, calée à ses deux extrémités par l'intersection avec les lignes LS86D et B9 (de bien meilleure qualité), elle permet de prolonger (de manière très interprétative) la principale discontinuité marquant la base de la série post-rift (Planches 6B, 6C).

5.7. PROFIL B9

Ce profil assure la continuité du transect NW-SE formé avec les lignes LS86D et B1A. Son interprétation est facilitée par la présence de 5 puits sur ou à proximité immédiate de son tracé :

- Béziers 1, Béziers 2 et Béziers 3 à son extrémité nord-ouest ;
- Portiragnes 1 et Sérignan 1 à son extrémité sud-est.

Le retraitement fournit une image sismique vierge de bonne qualité, en particulier dans l'intervalle CDP001-460 figurant une géométrie en éventail très bien exprimée (Planche 7A). Cette particularité géométrique est cohérente avec le développement en épaisseur des séries syn-rit et post-rift sur la marge de la Méditerranée occidentale (Planches 7B, 7C). Malheureusement, la série pré-rift, dont le toit va en s'approfondissant vers le SE, ne dispose pas d'une image sismique suffisamment

marquée pour être interprétée au-delà des informations fournies par le puits Sérignan 1.

L'intervalle CDP460-644 présente une image de qualité médiocre (Planche 7A), assez comparable à celle obtenue par le retraitement de la ligne B1A à la différence qu'au moins le mur de la série post-rift est calé par les puits Béziers 1, Béziers 2 et Béziers 3 en appliquant une loi de vitesse similaire.

Au final, l'interprétation géologique de la ligne sismique B9 ne permet pas d'avancer une quelconque hypothèse sur la nature de la structure de Béziers, la seule structure de la Plaine du Languedoc à préserver en position haute des faciès carbonatés du Crétacé moyen à supérieur.

A en juger les informations sur le pendage fournit dans le Crétacé moyen à supérieur des puits Béziers 1, 2 et 3, il semblerait toutefois que l'augmentation du pendage (vers le Nord) des couches depuis Béziers 1 vers Béziers 3 puisse s'inscrire dans une géométrie de flanc nord d'anticlinal. Selon cette hypothèse, la structure de Béziers pourrait correspondre à un anticlinal sur rampe développé lors des évènements pyrénéens, repris par les structures extensives oligo-aquitaniennes.

6. Valorisation cartographique de l'interprétation des profils sismiques

Dans l'objectif d'identifier des configurations géologiques favorables à la présence de réservoirs carbonatés karstifiés, l'interprétation géologique des profils sismiques a été utilisée, en complément des données de forages et des données d'affleurement, pour réaliser deux produits cartographiques complémentaires :

- une carte d'isopaques des terrains formant la couverture cénozoïque. Elle permet de visualiser, dans les secteurs où les données sont suffisamment fiables, l'épaisseur des terrains de couverture, et par conséquent d'exclure les zones pour lesquelles un forage de reconnaissance des terrains mésozoïques ne pourrait se faire à un coût raisonnable (épaisseur inférieure à 200 m) ;
- un écorché anté-cénozoïque figurant la nature possible des terrains et les principales structures tectoniques présentes sous cette couverture cénozoïque. Cette cartographie prédictive permet d'identifier les zones pour lesquelles le substratum anté-cénozoïque pourrait correspondre à des terrains carbonatés potentiellement karstifiés.

6.1. CARTOGRAPHIE STRUCTURALE DU MUR DE LA COUVERTURE CENOZOÏQUE

Sur la base des profondeurs aux puits, des profondeurs déduites des pointés sismiques et des affleurements, un modèle en isohypses et isopaques de la surface limitant dépôts cénozoïques de couverture et terrains du substratum mésozoïque (potentiellement composé d'ensembles calcaires karstifiés) a été construit.

Du point de vue terminologie, dans le but de représenter le plus justement possible la géométrie du toit des séries mésozoïques (cibles pour la recherche d'aquifères karstiques), la surface modélisée représente la limite entre :

- les formations géologiques postérieures (dépôts miocènes burdigaliennes à tortoniennes et plio-quaternaires, composant la série dite « post-rift ») et synchrones (dépôts oligo-aquitaniennes, formant la série dite « syn-rift ») à l'épisode de rifting oligo-aquitanien ;
- les formations géologiques antérieures à l'épisode de rifting oligo-aquitanien (série dite « anté-rift »). Jusqu'alors, la série pré-rift était considérée comme correspondant au substratum mésozoïque : dépôts carbonatés du Crétacé supérieur tels que ceux rencontrés en forage dans les puits pétroliers (Béziers 1, Béziers 2 et Béziers 3) ; terrains calcaréo-dolomitiques du Jurassique supérieur à moyen ou du Lias inférieur (« Lias calcaire ») ; marno-calcaires du Lias moyen à supérieur (« Lias marneux »). Toutefois, l'interprétation géologique des lignes sismiques retraitées dans le cadre de ce projet (en particulier, celle des lignes LS86E et LS86F) a conduit à la reconnaissance de discontinuités multiples sous les

dépôts syn-rift oligo-aquitaniens qui amènent à envisager l'existence d'unités sismiques rapportées à des formations géologiques synchrones des évènements pyrénéens précoces (faciès rognaciens) et tardifs (Eocène supérieur probable). Bien que n'appartenant pas strictement au substratum mésozoïque ciblé dans le cadre de cette étude (car ne disposant pas à priori d'un quelconque potentiel de karstification), ces unités anté-rift du Crétacé terminal et de l'Eocène n'ont par défaut pas été différenciées des formations marno-calcaires mésozoïques classiques.

6.1.1. Données de base pour la construction du modèle

La modélisation du mur des dépôts cénozoïques syn-rifts a été réalisée à partir de 3 jeux de données :

a. Données sismiques

L'interprétation géologique des profils sismiques retraités a donné lieu à un pointé sous station sismique (SeisVision®). Le pointé sismique sous station fournit, en tout point des profils retraités, le temps sismique (en temps double) auquel l'interface est identifiée. Afin d'obtenir des données exploitables pour la modélisation, il a été nécessaire de convertir les temps sismiques en profondeur. Sur la zone d'étude, 3 puits (Coulobres 1, Lieuran 1 et Lespignan 1) disposent de données de conversion (Tableau 1), lesquelles ont permis de fabriquer une carte des vitesses sismiques à la maille 200 m. Appliquées aux temps pointés, les vitesses sismiques ont permis le calcul sous SeisVision® de la profondeur de l'interface le long des coupes formées par les profils retraités. Les données issues de l'interprétation sismique n'ont pas été prises en compte dans leur totalité et un échantillonnage le long des profils a conduit à prendre une valeur tous les 250 m, générant 355 points de contrainte pour la construction de la surface à modéliser (Illustration 24).

b. Données de puits

Hormis le puits Portiragnes 1 qui n'atteint pas la base du remplissage syn-rift, chacun des puits pétroliers (Tableau 1) contenus dans la zone d'étude fournit la profondeur (ou cote exacte) du contact entre couverture cénozoïque et substratum mésozoïque (Illustration 7). A noter qu'en complément, un forage recensé en BSS (forage de Grand Duc identifié en BSS sous le n°1039 8X 0081) constitue le seul ouvrage, en dehors des sondages pétroliers, qui a reconnu la base des dépôts oligo-miocènes (à 55 m de profondeur).

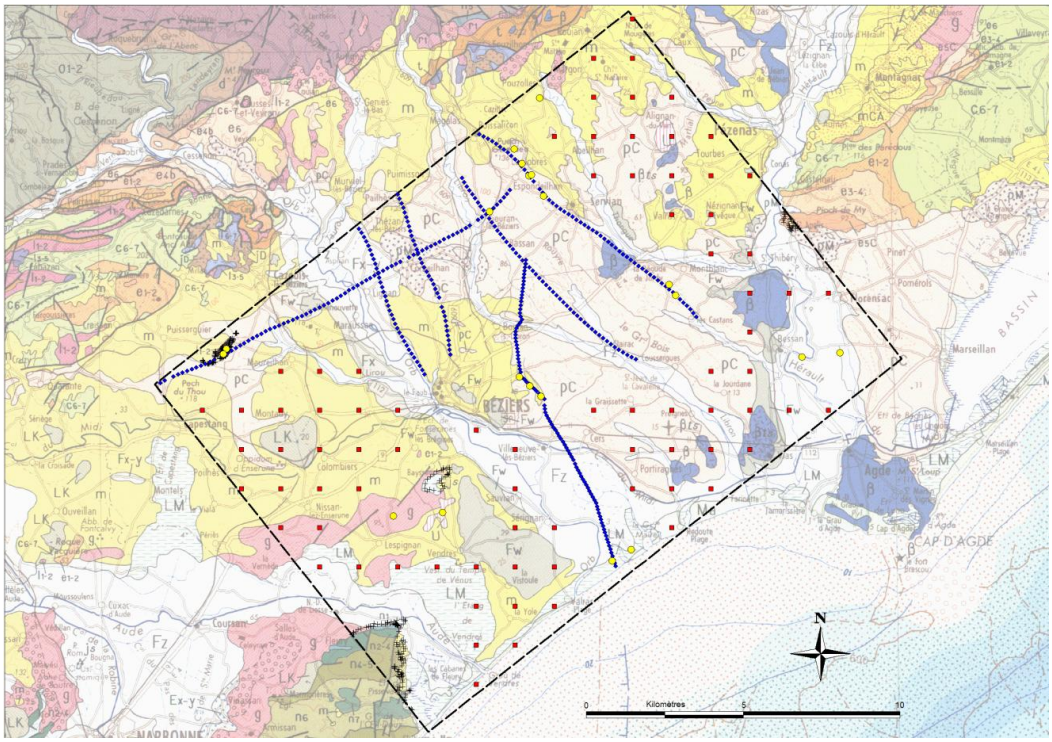


Illustration 24. Répartition des points de calage et des points de contrainte dans la zone d'étude, utilisés pour réaliser le modèle surfacique du mur des dépôts cénozoïques de couverture. Losanges bleus : points de calage fournis par le pointé sismique ; Ronds jaunes : points de calage fournis par les puits pétroliers ; Croix noires : points de calage fournis par les affleurements ; Carrés rouges : Points de contraintes dérivés du modèle géologique régional.

c. Données d'affleurement

Les contours limitant les terrains affleurants mésozoïques (Lias de la structure de Puisserguier, Jurassique supérieur du dôme de Lespignan, Crétacé inférieur de la terminaison orientale du Massif de la Clape, Crétacé terminal de la bordure occidentale du synclinal de Villeveyrac ; Illustration 1) représentent l'intersection du mur des dépôts syn- et post-rifts avec la topographie. De ce fait, ils constituent des points de calage nécessaires à la modélisation.

Les contours utilisés sont ceux de la carte géologique à 1/50 000 extraits des cartes harmonisées départementales produites par le BRGM pour les départements de l'Hérault et de l'Aude. Pour pouvoir être utilisés, les contours ont été discrétisés en points séparés les uns des autres de 100 à 200 m, avec un total de 609 points de passage utilisés pour la construction de la surface à modéliser (Illustration 24).

6.1.2. Paramètres de calcul de la grille

Les données réelles prises en compte pour la modélisation sont dispersées à l'échelle de la zone d'étude (Illustration 24) ; elles ne permettent malheureusement pas de

procéder à une interpolation capable de générer une grille de résolution fine à l'échelle de toute la zone. Dans ce contexte, le BRGM a appliqué une méthodologie particulière, consistant à réaliser et combiner 2 interpolations distinctes à l'aide du module d'interpolation GDM©.

► Une **première interpolation dite « régionale »** basée sur les données réelles, a permis d'obtenir une grille sur toute la zone d'étude, à maille lâche, composée de 400 pixels (20 × 20) de 2000 m de côté (Illustration 25).

Pour cette première interpolation, les paramètres de calcul de la grille sont les suivants :

- méthode d'interpolation : krigeage avec variogramme linéaire sans dérive ;
- maille : 2000 m (résolution : 20 pixels × 20 pixels) ;
- voisinage : 15 000 m × 15 000 m. Pour calculer la valeur d'un pixel dans les grilles, sont prises en compte toutes les valeurs associées aux données voisines situées dans un carré de moins de 15 km de côté ;
- seuil de fusion : 50 m. Si deux données sont distantes de moins de 50 mètres, la valeur retenue après fusion correspond à la moyenne des valeurs des deux données.

► Une **seconde interpolation dite « optimale »**, basée encore sur les données réelles, a pris pour point de contrainte, en l'absence de données réelles (puits, sismique, affleurement) dans un voisinage proche (à moins de 1 km), les valeurs « régionales » calculées à partir de la première interpolation. Ces points de contrainte fictifs (dérivés du calcul à échelle régionale) sont au nombre de 85 (Illustration 24). Cette seconde interpolation permet d'obtenir une grille sur toute la zone d'étude, composée de 40 000 pixels (200 × 200) de 200 m de côté (Illustration 26).

La grille finale a été construite sur la base des paramètres suivants :

- méthode d'interpolation : krigeage avec variogramme linéaire sans dérive ;
- maille : 200 m (résolution : 200 pixels × 200 pixels) pour le modèle optimal ;
- voisinage : 5 000 m × 5 000 m pour le modèle optimal. Pour calculer la valeur d'un pixel dans les grilles, sont prises en compte toutes les valeurs associées aux données voisines situées dans un carré de moins de 5 km de côté ;
- seuil de fusion : 50 m. Si deux données sont distantes de moins de 50 mètres, la valeur retenue après fusion correspond à la moyenne des valeurs des deux données.

A noter que pour simplifier le travail préparatoire aux calculs, aucune faille n'a été prise en compte, ni dans le modèle régional, ni dans le modèle optimal.

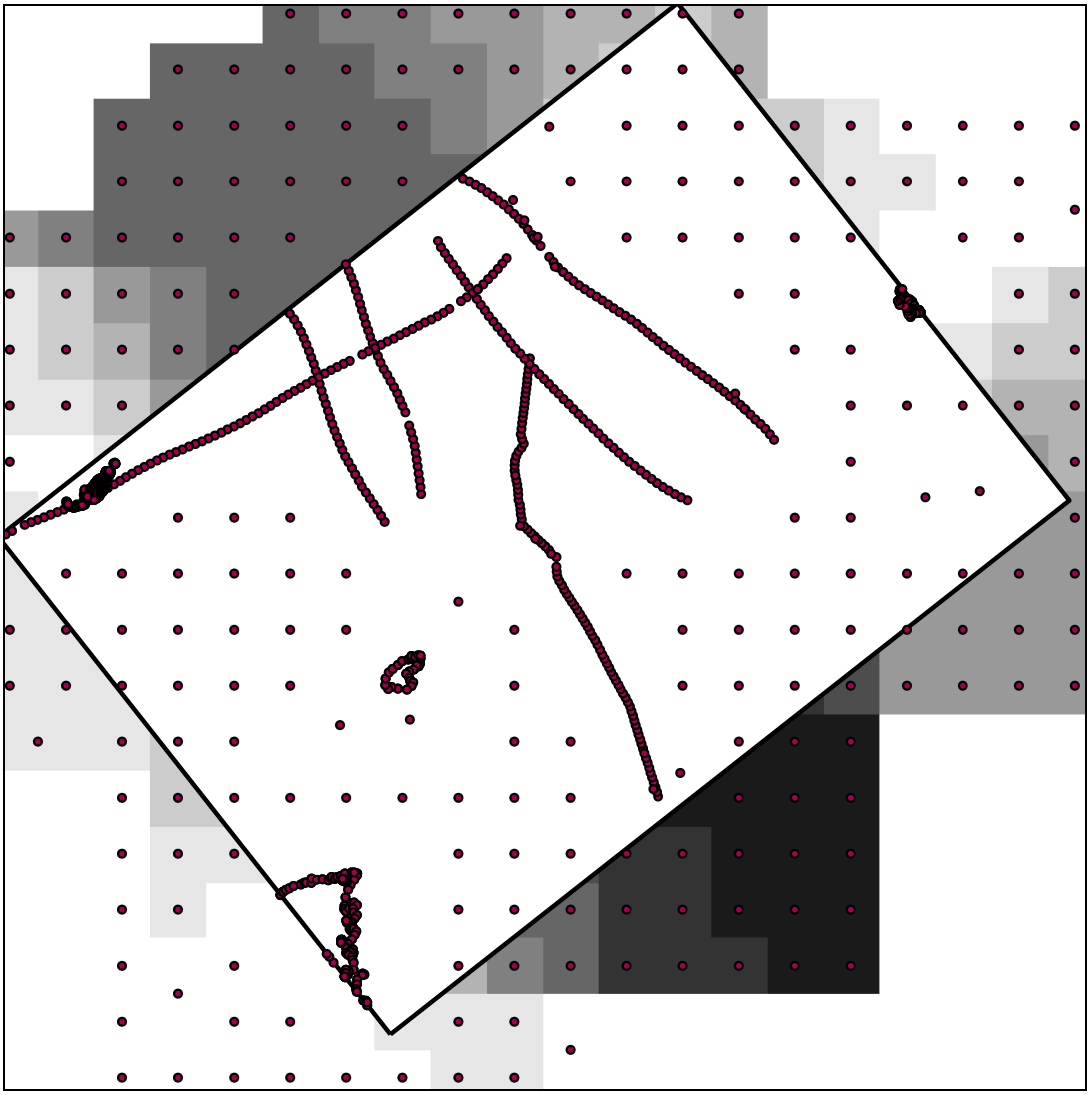


Illustration 25. Grille des cotes du mur des dépôts cénozoïques de couverture, calculée par interpolation « régionale » des mesures sur les puits pétroliers de la zone d'étude, des cotes à l'affleurement et des valeurs évaluées par conversion des temps sismiques en profondeurs. Localisation des points de calage et des points de contrainte dérivés pris en compte dans le modèle optimal.

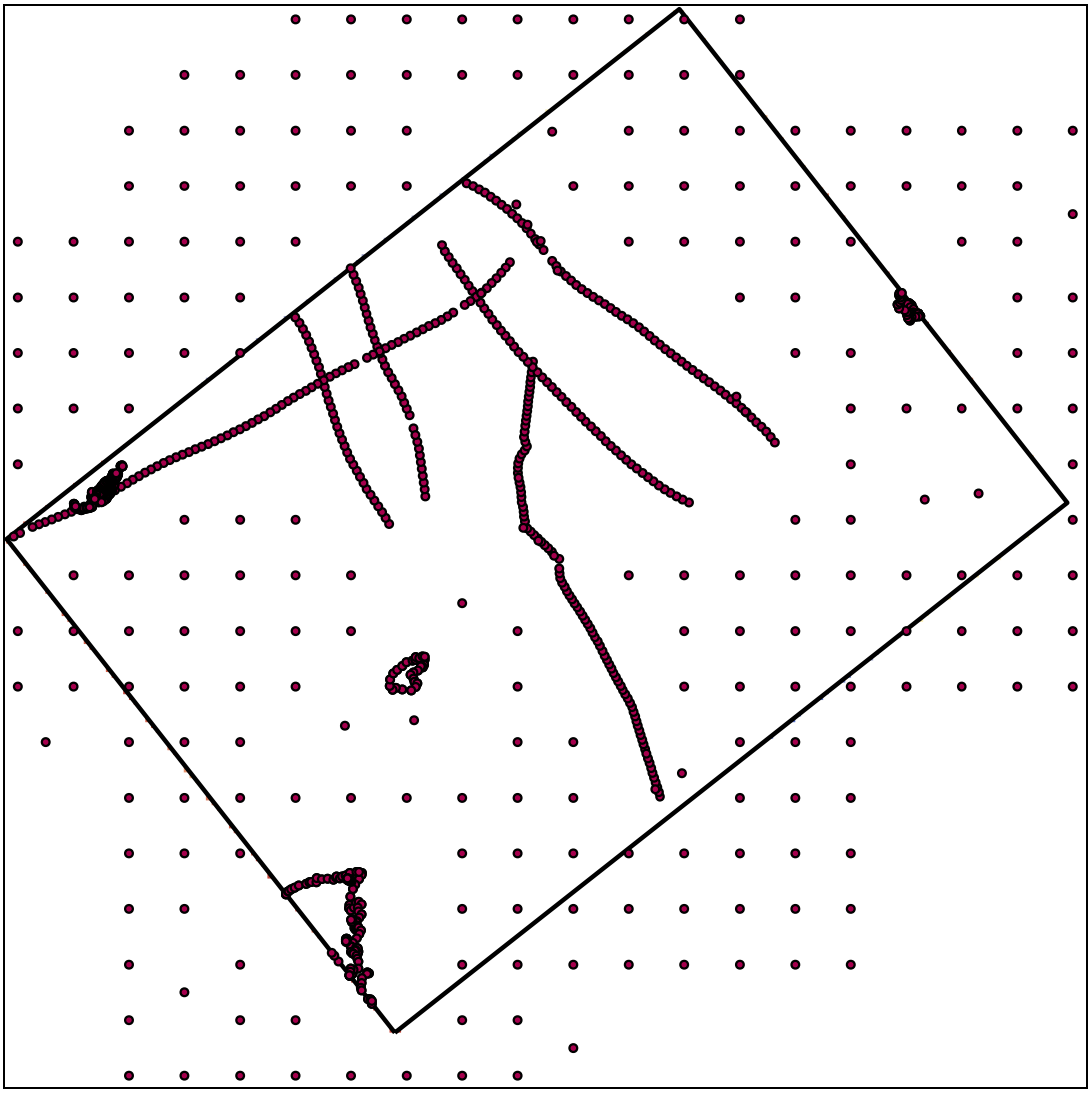


Illustration 26. Grille finale des profondeurs du mur des dépôts cénozoïques de couverture, calculée par interpolation « optimale » des données réelles sur les points de calage (mesures sur les puits pétroliers, cotes à l'affleurement, valeurs évaluées par conversion des temps sismiques en profondeurs) et des données fictives dérivées du modèle régional.

Afin de faciliter la lecture et l'utilisation des résultats de la modélisation, des isopaques des dépôts syn- et post-rift ont été générés sous ArcGis© à partir de la grille à maille 200 m. Elles sont présentées en format réduit sur l'Illustration 27, au format A3 sur la Planche 8.

La cartographie en isopaques (Illustration 27) révèle le caractère compartimenté de la zone d'étude avec deux bassins oligo-aquitaniens d'axe WSW-ENE, dont la présence est soulignée par des surépaisseurs : 500 à 700 m pour le graben de Thézan-les-Béziers, plus de 1000 m pour le bassin côtier de Sérignan-Portiragnes.

Entre ces deux bassins, la carte en isopaques souligne la présence d'une zone haute WSW-ESE centrée sur Béziers à faible recouvrement cénozoïque.

Enfin, la géométrie des isopaques depuis Vendres jusqu'à Magalas suggère la présence d'un axe structural bien marqué, de direction nord-sud, bordant à l'Est le dôme de Lespignan (Jurassique supérieur affleurant) et situé dans le prolongement de la bordure orientale du massif de La Clape. Cet axe nord-sud est également perceptible sur la carte gravimétrique figurée sur l'Illustration 6.

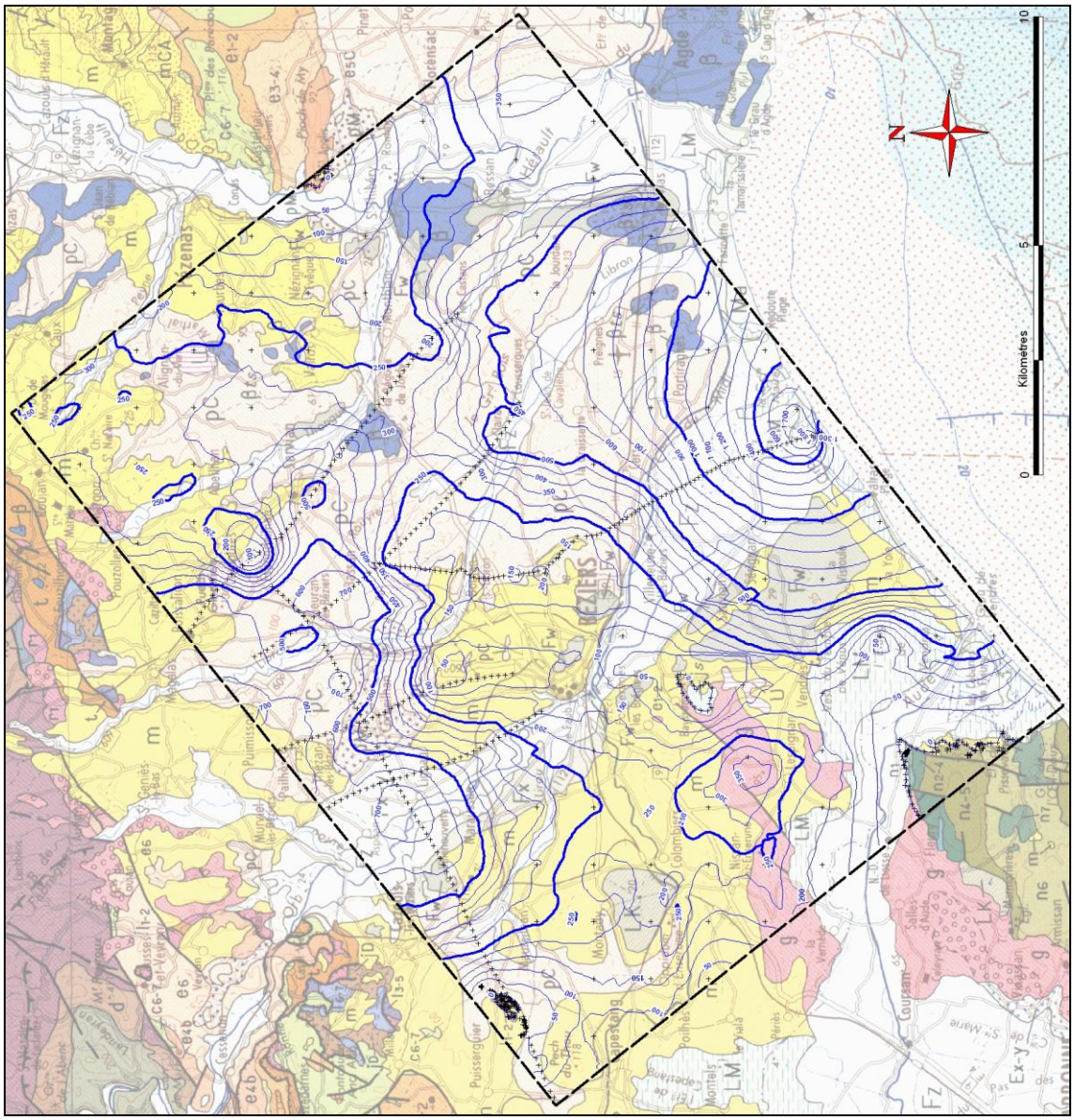


Illustration 27. Isopaques du mur des dépôts cénozoïques de couverture, construites à partir de la grille à maille 200 m. Points noirs : localisation des points de calage et des points de contrainte de la surface modélisée.

6.1.3. Incertitudes et limites d'usage des données fournies :

Les isohypses / isopaques calculées ont été produites pour être représentées à l'échelle du 1 / 125 000. **L'échelle maximale d'utilisation de ces cartes est par conséquent celle du 1 / 125 000.**

Les principales incertitudes liées à la modélisation sont les suivantes :

- l'incertitude liée à l'interprétation des puits pétroliers : épaisseur des objets étudiés parfois faible, descriptions lithologiques ambigües ou difficiles à interpréter notamment au contact entre terrains cénozoïques et substratum mésozoïques, passages latéraux de faciès rendant délicate la détermination d'une limite entre unités géologiques, sondages rencontrant des failles ;
- l'incertitude liée à l'interprétation géologique, à sa traduction au niveau du pointé sismique et aux lois de vitesse utilisées pour convertir les temps sismiques en profondeur ;
- l'incertitude liée à la faible densité des points de calages qui a nécessité l'intégration de points de contrainte fictifs afin de pouvoir disposer d'une carte isopaque sur la zone d'étude. Aussi, il est impératif de lire la carte en tenant compte de la répartition des points de calage utilisés : en l'absence de données proches, les calculs sont à affecter d'une incertitude plus importante ;
- l'incertitude liée à la maille de calcul de 200 m. Même si la topographie peu contrastée de la zone limite cette incertitude, l'approximation peut être importante dans les zones de vallées et dans les zones à pente forte ;
- l'incertitude liée au Modèle Numérique de Terrain de l'IGN (au minimum +/- 5 m), qui, combiné aux isohypses du mur de la couverture cénozoïque, a permis de construire la grille de profondeur de laquelle dérivent les isopaques.

Compte tenu de toutes ces incertitudes, les cartes proposées sont des cartes prédictives et en aucun cas des cartes définitives. La modélisation devra être mise à jour avec l'acquisition de nouvelles connaissances.

Le BRGM n'apporte aucune garantie quant à l'exactitude et au caractère exhaustif des informations délivrées. Les cartes ne sont que le reflet de l'état des connaissances disponibles au moment de leur élaboration, de telle sorte que la responsabilité du BRGM ne saurait être engagée en cas où des investigations nouvelles amèneraient à revoir les contours ou les caractéristiques de certaines formations.

6.2. CARTOGRAPHIE PREDICTIVE DES TERRAINS MESOZOÏQUES LOCALISES SOUS LA COUVERTURE CENOZOÏQUE

La cartographie proposée (Illustration 28) a pour objectif de représenter la nature – et, dans la mesure du possible, la structure – des premiers terrains mésozoïques rencontrés sous la couverture cénozoïque.

Elle s'appuie en premier lieu sur les données disponibles fournies par les puits pétroliers et les cartes géologiques à 1/50 000 et à 1/250 000 (Illustration 7). Les interprétations géologiques des profils sismiques retraités dans le cadre de ce projet fournissent des données complémentaires qui permettent d'appréhender la structure de la série pré-rift (Planches 1C à 7C). Les données de subsurface (puits, sismique) fournissent des informations ponctuelles (puits) ou en coupe (sismique) mais elles ne permettent toutefois pas d'évaluer l'extension des structures (longueur d'onde, emprise) et pouvoir aisément dessiner des contours cartographiques. Pour aider à la délimitation des structures en subsurface, le BRGM a utilisé les cartes gravimétriques disponibles sur la zone d'étude dont la plus représentative est figurée sur l'Illustration 6. La cartographie proposée (Illustration 28) repose enfin sur les hypothèses fondamentales déduites de l'analyse des données disponibles (voir section 2.5). Ainsi, les puits pétroliers et les pointements mésozoïques repérés à l'affleurement sur les cartes géologiques soulignent une meilleure préservation et un caractère plus complet de la succession sédimentaire jurassique en cheminant depuis le Nord-Ouest vers le Sud-Est.

Au final, la carte distingue, dans l'emprise stricte de l'agglomération de Béziers, 4 unités au sein du substratum mésozoïque (Illustration 28) :

- le Lias inférieur calcaire (Hettangien à Sinémurien à faciès calcaréo-dolomitiques) ;
- le Lias moyen et supérieur marneux (Pliensbachien et Toarcien à faciès marneux et marno-calcaires) ;
- le Jurassique moyen et supérieur calcaire (Bajocien à Kimméridgien à faciès calcaires et dolomitiques) ;
- un ensemble indifférencié couvrant le Jurassique supérieur et le Crétacé, à faciès calcaires prédominants.

Ces ensembles lithostratigraphiques semblent structurés par un important accident nord-sud à jeu décrochant sénestre (Illustration 28), limitant deux compartiments distincts :

- le compartiment ouest est constitué principalement de Lias calcaire, avec deux corniches de Jurassique moyen à supérieur calcaire préservées immédiatement au Sud de Corneilhan et dans le prolongement du dôme de Lespignan ;
- le compartiment est présente des structures plus variées. Il est composé principalement de faciès calcaires du Jurassique supérieur et du Crétacé mobilisés au sein de structures normales typiques de la marge de la Méditerranée occidentale.

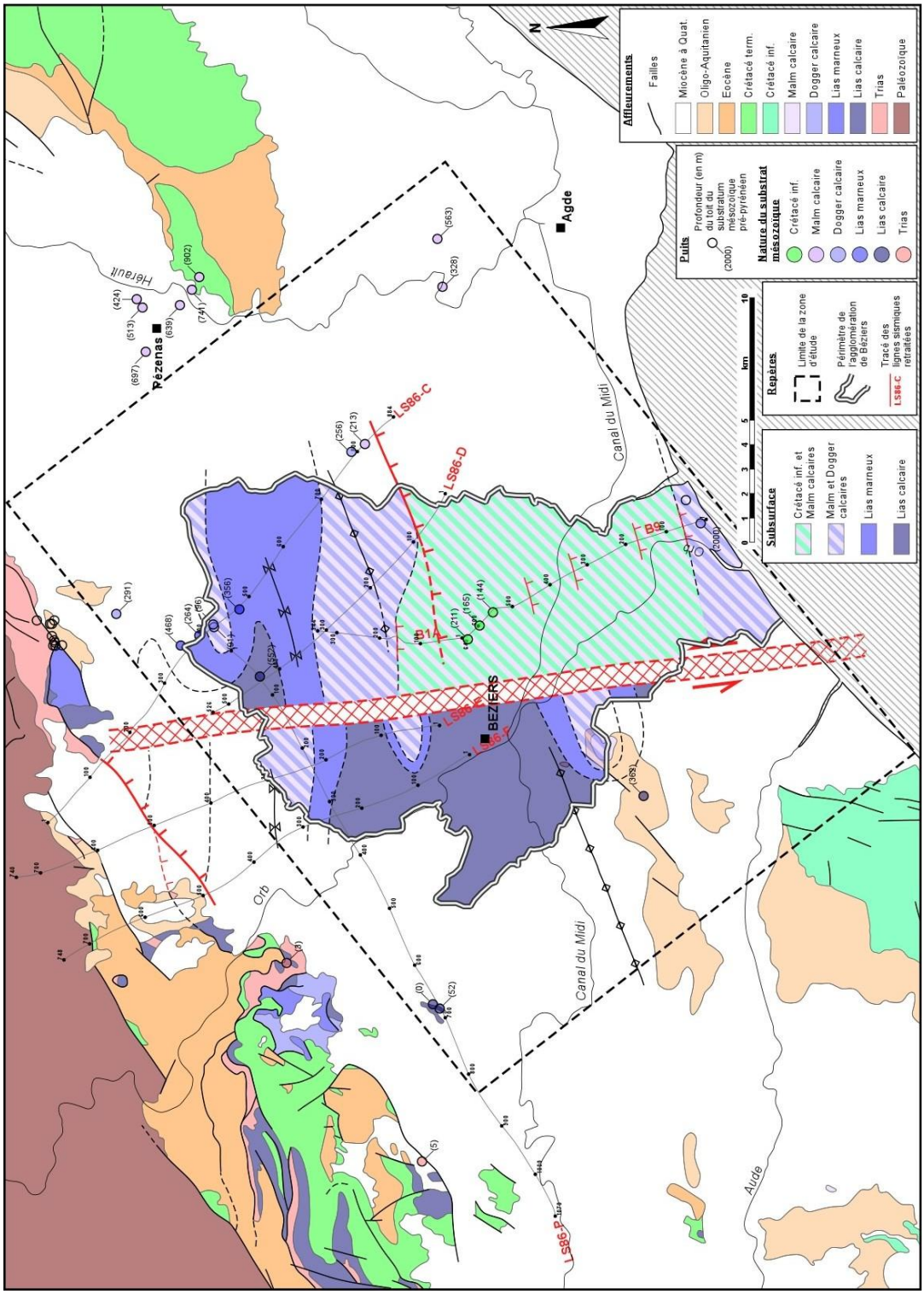


Illustration 28. Carte géologique prédictive des terrains mésozoïque présents immédiatement sous la couverture cénozoïque.

6.3. SELECTION DE ZONES POUR L'IMPLANTATION D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE

Le couplage des informations fournies par la cartographie isopaque de la couverture cénozoïque et la cartographie des terrains mésozoïques sous couverture fournit un outil prédictif pour déterminer la nature des terrains qui peuvent être rencontrés en forage dans l'emprise de l'agglomération de Béziers et évaluer la profondeur du toit de ces terrains.

Un premier zonage a été opéré en sélectionnant les zones répondant aux 2 critères suivants :

- une épaisseur de couverture cénozoïque inférieure à 200 m (Illustration 29), offrant la possibilité de pénétrer dans les terrains mésozoïques sur plus de 100 m (voire plusieurs centaines de mètres si besoin) ;

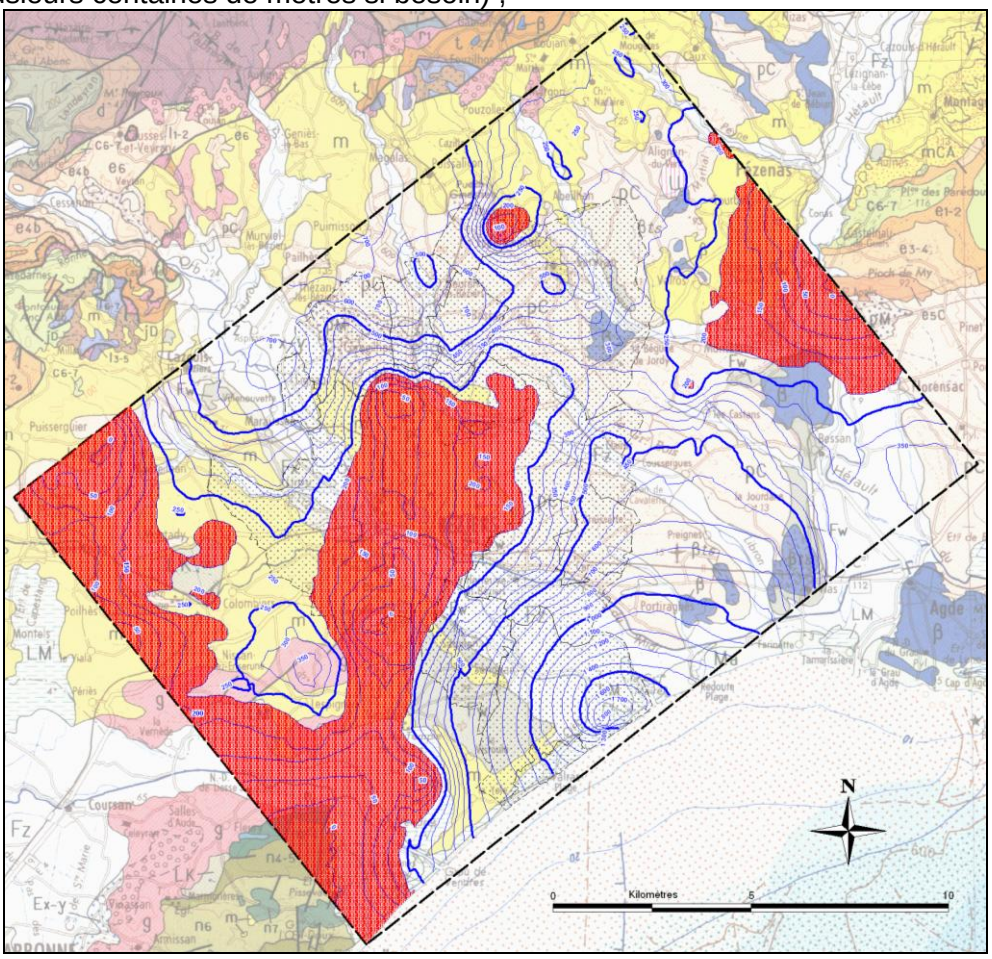


Illustration 29. Carte de la zone d'étude figurant la limite de la zone d'étude, la limite des communes de l'agglomération de Béziers, les isopaques et, les zones pour lesquelles la couverture cénozoïque serait d'épaisseur inférieure à 200 m (surlignées en rouge).

- un substratum mésozoïque ciblé comprenant des faciès carbonatés (ou dolomitiques) prédominants, épais et fracturés. L'Illustration 30, dérivée de l'Illustration 28, image la nature lithologique prédominante du substratum mésozoïque. Les faciès marneux et marno-calcaires prédominants correspondent au Lias moyen à supérieur. Les faciès calcaires et/ou dolomitiques regroupent le Lias inférieur (Hettangien et Sinémurien), le Jurassique moyen à supérieur et le Crétacé supérieur marin rencontré dans les puits Béziers 1, Béziers 2 et Béziers 3.

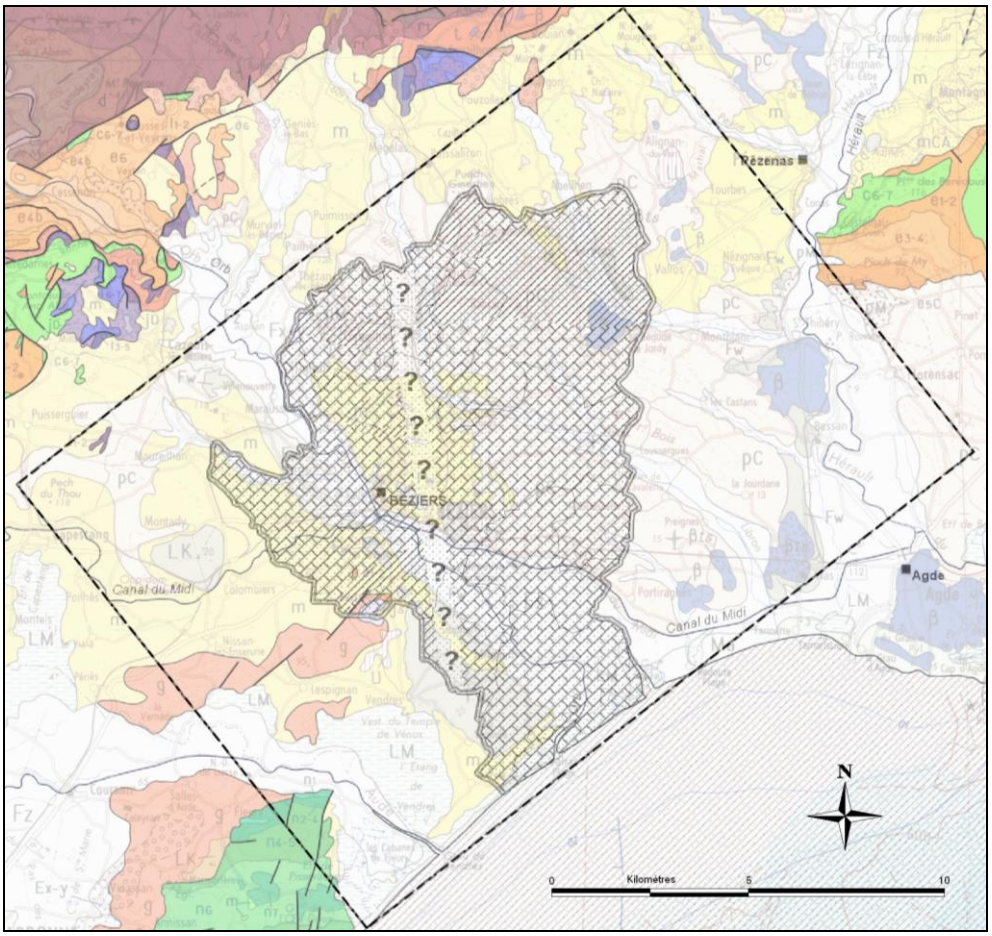


Illustration 30. Carte des faciès prédominants composant le substratum mésozoïque de l'agglomération de Béziers. Hachures serrées simples : faciès marneux et marno-calcaires prédominants. Rectangles inclinés : faciès carbonatés (et/ou dolomitiques) prédominants.

De la combinaison de l'Illustration 29 avec l'Illustration 30, quatre zones ont été présélectionnées (Illustration 31). En plus de répondre aux contraintes présentées ci-dessus, ces zones ont l'avantage d'être situées à proximité de points de calage (profils sismiques, données de forages, affleurements) utilisés pour la modélisation. On limite ainsi les incertitudes liées à l'interpolation et les évaluations de profondeur du toit des cibles sont entachées d'erreurs moindres.

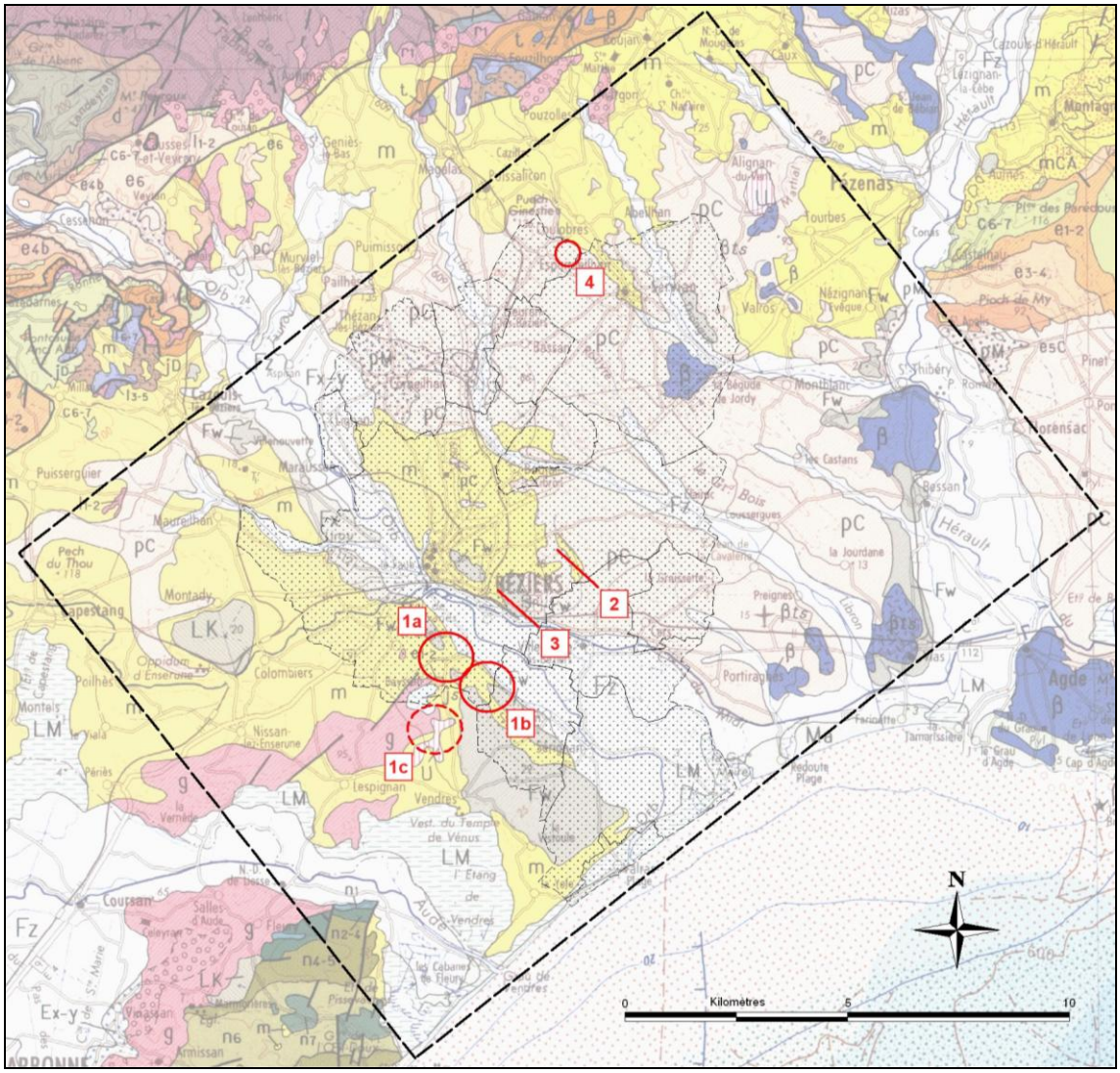


Illustration 31. Localisation des 4 zones présélectionnées pour l'acquisition de données complémentaires et/ou l'implantation de forage de reconnaissance.

Les 4 sites (Illustration 31) ont été discutés selon plusieurs critères qui permettent d'évaluer leur intérêt pour l'implantation d'un ouvrage de reconnaissance.

Ces critères sont :

- **l'accessibilité.**

Elle est liée aux contraintes techniques associées à la réalisation du forage de reconnaissance et dépend de l'épaisseur de la couverture cénozoïque qui ne doit pas excéder 150 m voir 200 mètres.

- **la favorabilité lithostratigraphique.**

Elle est fonction de la nature des terrains présents immédiatement sous la couverture cénozoïque, les calcaires et/ou dolomies mésozoïques étant recherchés prioritairement.

- **le potentiel hydrogéologique.**

Il est évalué à partir des informations disponibles relatives au potentiel de karstification, au développement des vides, et aux capacités de l'aquifère (réserves, connectivité).

- **la localisation et la vulnérabilité.**

Les critères de vulnérabilité d'un ouvrage de reconnaissance – pouvant à terme être converti en ouvrage de production d'eau – sont pris en compte au travers des informations communiquées concernant les infrastructures existantes et le développement anthropique programmé sur ou à proximité de la zone (autoroute, TGV, ZAC, etc…). La position de l'ouvrage par rapport aux réseaux de distribution existants, aux zones industrielles ou aux secteurs urbanisés est également intégrée à l'évaluation de la vulnérabilité. Aussi la protection naturelle associée à l'épaisseur de la couverture marneuse est intégrée.

L'intérêt des 4 zones est discuté dans les paragraphes suivants, à partir de l'analyse des différents critères.

6.3.1. Zone 1 : Calcaires du Jurassique supérieur de la Galiberte (communes de Lespignan – Sauvian)

Zone 1c :

Il s'agit du secteur reconnu par le forage dit de « Grand Duc ». Ce forage réalisé au début des années 1990 a recoupé deux aquifères :

- en surface, les calcaires lacustres quaternaires de Vendres et les calcaires laguno-lacustres du Miocène ;
- à partir de 55 m de profondeur, les calcaires jurassiques de la Galiberte.

Le compte rendu des travaux et le rapport d'analyse des essais hydrogéologiques (Ballue, 1990, 1991) fournissent les informations de caractérisation de cette ressource. Les deux masses d'eau sont à un niveau piézométrique comparable, proche de la surface.

L'aquifère de surface est caractérisé par des eaux très minéralisées, l'aquifère sous-jacent est également fortement minéralisé (conductivité > 1 mS/cm) et présente une température importante (18°C). La forte minéralisation rend l'eau de l'aquifère jurassique impropre à la consommation. Il semble que ce compartiment soit alimenté par drainance verticale par les calcaires lacustres présentant des problèmes de qualité.

Les essais de pompage réalisés sur une durée de 26 jours à 44 m^3/h montrent que le système possède de bonnes capacités. Le rabattement maximal a atteint 27 m, la transmissivité est d'environ 3.10^{-3} m²/s.

Les différents critères associés à cette zone sont récapitulés ci-après. D'un point de vue qualitatif, un critère favorable sera noté « + » ; un critère défavorable « - » :

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	+
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	-
Localisation et vulnérabilité	+

Bien que, sur la zone 1c, les calcaires jurassiques présentent une productivité intéressante, la mauvaise qualité des eaux amène à ne pas la retenir comme zone d'investigation.

Toutefois, la faible profondeur des calcaires jurassiques et le potentiel hydrogéologique significatif de cet aquifère nous ont amené à définir 2 autres zones proches à configuration similaire.

Zone 1b :

Sur cette zone, la carte isopaque, calculée à partir d'une interpolation faiblement contrainte par les données de terrain (données les plus proches : données d'affleurement), suggère un plongement assez important du mur du Cénozoïque vers le Sud-Est (gradient des isopaques assez fort). Faute de données permettant de remettre en cause ce probable approfondissement important du toit des calcaires jurassiques, il a été jugé préférable de ne pas retenir cette option.

Les critères pour la zone 1b sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	?
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	?
Localisation et vulnérabilité	+

Zone 1a :

Les calcaires jurassiques seraient à moins de 50 m de profondeur d'après les isopaques calculées. Les observations faites dans la carrière de la Galiberte (Grevellec, communication orale) prouvent que les calcaires du Jurassique supérieur sont karstifiés. Il y a également des traces de karstification importante au niveau des affleurements proches de l'autoroute.

Par ailleurs, cette zone, située à l'amont hydraulique de l'autoroute et sous couverture, présente une vulnérabilité limitée. Les calcaires lacustres cénozoïques à l'origine de la forte minéralisation du forage de Grand Duc ne semblent pas présents à l'affleurement (carte géologique à 1/50 000).

Enfin, cette zone se situe à proximité d'un réseau d'adduction en eau potable.

En résumé l'évaluation succincte des critères concernant la zone 1a (tableau ci-après) confirme l'intérêt pour le site.

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	+
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	+
Localisation et vulnérabilité	+

6.3.2. Zone 2 : Calcaires marins du Crétacé supérieur dans la structure de Béziers

Sur cette zone, l'interprétation des lignes sismiques est difficile du fait de la mauvaise qualité des données sismiques anciennes couvrant ce secteur (Planches 6A et 7A) et de la faible résolution de l'image sismique ayant servi à l'interprétation géologique de la structure de Béziers (Planches 6C et 7C).

Seules les données des puits pétroliers Béziers 1, Béziers 2 et Béziers 3 sont exploitables. Ces dernières révèlent la présence de calcaires marins à faciès sub-récifaux datés du Crétacé supérieur, dont le toit est identifié à 145 m de profondeur dans le puits Béziers 1 et à 211 m dans le puits Béziers 3.

Le rapport de fin de sondage du puits Béziers 1 relate des pertes fréquentes d'injection entre 145 et 400 m de profondeur, attestant la présence de terrains fissurés et suggérant potentiellement des carbonates karstifiés.

Concernant la localisation du site, la CABM nous a informés que cette zone est vouée à une urbanisation forte et au développement de zone d'activités. Elle est également située à proximité des axes de communication (SNCF, autoroute). La localisation du site et les projets d'occupation du sol tendent à rendre ce site vulnérable du point de vue protection de la ressource et militent ainsi plutôt en défaveur de la zone 2. Toutefois, une couverture sédimentaire cénozoïque supérieure à 100 m au-dessus des calcaires crétacés semble fournir une protection naturelle de la ressource sur la zone, dès lors que le forage sera réalisé dans les règles de l'art.

Concernant l'intérêt de la zone les critères sont récapitulés ci-après :

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	+
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	?
Localisation et vulnérabilité	-/+

Globalement, cette zone présente un intérêt significatif, en accord avec les objectifs du projet. Le potentiel de la ressource et sa qualité restent des inconnues qu'il semble intéressant de pouvoir lever dans le cadre de ce projet de recherche. La réalisation d'un forage de reconnaissance permettrait de caractériser la ressource de cet aquifère carbonaté du crétacé supérieur sous couverture au niveau de Béziers.

6.3.3. Zone 3 : Calcaires du Jurassique supérieur ou du Crétacé supérieur

Elle se situe dans le prolongement oriental du dôme de Lespignan et de la structure des calcaires de la Galiberte et sur la retombée ouest de l'anomalie gravimétrique positive de Béziers. Il n'y a malheureusement pas d'information disponible, concernant l'épaisseur de couverture cénozoïque, ni la nature des terrains mésozoïques.

La réalisation d'une campagne d'acquisition sismique serait nécessaire pour améliorer la connaissance géologique du site et mieux évaluer son potentiel.

Faute de données suffisantes et compte-tenu de sa localisation en contexte urbain assez dense, la zone 3 n'est finalement pas retenue.

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	?
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	?
Localisation et vulnérabilité	-

6.3.4. Zone 4 : Calcaires aaléno-bajociens de la structure de Coulobres

La qualité de réinterprétation des lignes sismiques est bonne, bien contrainte par la présence de plusieurs puits pétroliers (Coulobre 1 à 4, Servian 1). Les calcaires de l'Aalénien et du Bajocien (Jurassique moyen) sont rencontrés à faible profondeur (inférieure à 100 m) au top de la structure de Coulobres.

Un forage de reconnaissance hydrogéologique a été réalisé sur ce secteur dans les années 1980 sur la commune d'Espondeilhan (Grevellec, communication orale). Ce dernier a recoupé entre 100 et 150 m de profondeur les calcaires jurassiques. L'eau était de bonne qualité. Malheureusement, les essais hydrauliques réalisés ont révélé que la réalimentation du réservoir carbonaté était limitée. L'isolement du réservoir est confirmé par l'interprétation de la coupe sismique (Planche 1C) qui met en avant la

présence d'un compartiment de Jurassique moyen carbonaté en position haute, de faible extension à la fois latérale et verticale.

Critères	Evaluation qualitative
Accessibilité	+
Favorabilité lithostratigraphique	+
Potentiel hydrogéologique.	-
Localisation et vulnérabilité	+

De par les considérations hydrogéologiques (potentiel hydraulique limité), cette zone n'est pas retenue.

6.3.5. Synthèse

Les zones sont présentées ci-après par ordre d'intérêt.

- Zone 1a : calcaires jurassiques de la Galiberte. Les informations de terrain (hydrogéologiques, lithostratigraphiques) confirment l'intérêt de la zone.
- Zone 2 : calcaires du Crétacé supérieur sur la commune de Béziers. La profondeur d'investigation est en accord avec le projet. Les calcaires subrécifaux du Crétacé supérieur sont au moins fissurés (probablement karstifiés). Aucune information sur les caractéristiques de la ressource n'est disponible. Aussi, il s'agit d'un secteur potentiellement stratégique car localisé à proximité de Béziers mais également au niveau d'une zone en pleine expansion avec un risque de frein du développement de l'activité engendré par le forage. Dans le cas où cette zone serait validée, il sera nécessaire de réaliser une acquisition sismique complémentaire pour préciser l'implantation du forage.
- Zone 3 : avec peu d'informations disponibles sur le secteur, une investigation complémentaire par méthode géophysique serait nécessaire. La localisation en zone urbaine rend cette investigation difficilement réalisable. Ce site n'est finalement pas retenu.
- Zone 4 : Les calcaires étant peu productifs, le site n'est pas retenu.

Ainsi, la zone 1a apparait comme prioritaire, le recouvrement sédimentaire limité et la bonne karstification des calcaires sur la zone conduisent à envisager un forage avec environ 50 m de couverture cénozoïque et la foration des calcaires sur une épaisseur de 100 à 200 m. Ce type de forage engendrera des coûts bien inférieurs au budget total envisagé initialement (budget estimé sur la base d'un recouvrement meuble de 150 m et le forage de 300 à 400 m de calcaires). Le budget réévalué, basé sur 50 m de couverture meuble et 100 à 200 m de calcaires et à partir d'un devis antérieur, est estimé à environ 160 k€. C'est pourquoi le BRGM suggère de réaliser un second forage de reconnaissance, avec pour cible l'aquifère méconnu du Crétacé supérieur en vue de caractériser ses capacités. La zone n° 2 est ainsi proposée, la réalisation d'un forage traversant 150 m de séries meubles et une centaine de mètres (voire 200 m) de série carbonatée permettrait de rester dans le budget initial du projet.

7. Conclusion

Le traitement sismique réalisé sur 7 lignes sismiques dans le cadre du projet « Identification et caractérisation des ressources en eau souterraine des aquifères karstiques sous couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers » s'est déroulé au premier semestre 2011. Il a permis d'obtenir des profils sismiques exploitables et interprétables sur la zone d'étude. Un des enjeux de ce traitement sismique était d'aboutir à des profils exploitables en prenant en compte la qualité médiocre des données anciennes de 1962 et en résolvant les conflits de vitesses de propagation des ondes dus à la zone complexe et structurée. Ainsi, l'utilisation de la technique PSTM (Pre stack Time Migration), associée à des vitesses appropriées pour définir les horizons, a permis de mieux préciser les événements structurés, les failles et les différents horizons géologiques.

L'interprétation de ces lignes sismiques a permis de déterminer des structures géologiques potentiellement favorables pour la recherche de terrains carbonatés karstifiés. Afin d'aider au choix de zones favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance, nous nous sommes appuyés sur l'interprétation géologique des profils sismiques. Une carte isopaque des terrains formant la couverture cénozoïque et un écorché anté-cénozoïque figurant la nature possible des terrains et des principales structures tectoniques présentes sous couverture ont été réalisés.

A partir de ces cartes et en intégrant l'ensemble des informations hydrogéologiques sur le secteur, quatre zones potentielles ont été définies en première approche pour l'implantation d'un forage de reconnaissance. L'intérêt de ces zones fait l'objet d'une évaluation qualitative selon plusieurs critères : (i) l'accessibilité, (ii) la favorabilité lithostratigraphique, (iii) le potentiel hydrogéologique et (iv) la localisation et la vulnérabilité.

Sur la base de ces critères, un classement des 4 zones a été réalisé. Les sites d'implantations potentiels pour la réalisation d'un forage de reconnaissance sont soumis aux membres du comité de pilotage. Deux zones sont retenues et proposées :

- la première concerne les calcaires jurassiques de la Galiberte sur la zone des communes de Lespignan – Sauvian,
- la seconde vise les calcaires du Crétacé supérieur sous l'agglomération de Béziers.

Le premier site, caractérisé par des calcaires jurassiques sous faible recouvrement cénozoïque, pourra faire l'objet d'un forage à coût réduit par rapport au budget initialement prévu, permettant alors d'envisager la réalisation d'un second ouvrage. Ce second ouvrage de reconnaissance pourrait donc avoir lieu sur le second secteur caractérisé par une couverture cénozoïque qui atteint localement moins de 150 m. Dans les deux cas, les forages de reconnaissance pourraient recouper les calcaires sur une épaisseur de 100 à 200 m.

Ce rapport d'avancement présente la synthèse des travaux de réinterprétation des profils sismiques qui ont permis d'atteindre le premier objectif du projet, à savoir la définition de zones potentielles pour l'implantation de forage de reconnaissance des aquifères carbonatés sous-couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers. Le second objectif visant à caractériser la ressource de ces aquifères sera traité en 2012 avec la réalisation d'un voire deux ouvrages de reconnaissances.

8. Bibliographie

Publications scientifiques, rapports

Arthaud F., Séguret M. (1981). Les structures pyrénéennes du Languedoc et du Golfe du Lion (sud de la France). Bulletin de la Société Géologique de France, Vol. 7, n°23, pp.1-63.

Arthaud F., Ogier M., Séguret M. (1981). Géologie et géophysique du Golfe du Lion et de sa bordure nord. Bulletin du BRGM, (2). Sect I, n°3, pp.175-193.

Arthaud F., Laurent P. (1995). Contraintes, déformation et déplacement dans l'avant-pays nord-pyrénéen du Languedoc méditerranéen. *Geodynamica Acta*, vol. 8, p. 142-157.

Ballue, Y. (1990). Forage de reconnaissance pour recherche d'eau souterraine. Domaine du Grand Duc (Commune de Vendres). Rapport CEHB. 10 p.

Ballue, Y. (1990). Essai par pompage sur le forage de reconnaissance du Domaine du Grand Duc (Commune de Vendres). Rapport CEHB. 13 p.

Ballue, Y. (1991). Essai de nappe (29-07-91 / 25-08-91). Forage du domaine du Grand Duc (Commune de Vendres). Compte Rendu. Rapport CEHB. 23 p.

Baudrimont A.F., Dubois P. (1977). Un bassin mésogéen du domaine périalpin : le Sud-Est de la France. Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine, vol. 1, p. 261-308.

Benedicto Esteban A. (1996). Modèles tectono-sédimentaires de bassins en extension et style structural de la marge passive du Golfe du Lion (partie nord), Sud-Est France. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 235 p.

Benedicto Esteban A., Séguret M., Labaume P. (1999). Interaction between faulting, drainage and sedimentation in extensional hangingwall syncline basins (Les Matelles basin, Gulf of Lion passive margin, SE France). Geological Society of London, Special Publications, issue IBS, p. 81-108.

Carey S.W. (1958). A tectonic approach to continental drift. In : « Continental drift, a symposium », Hobart, Geol. Dept. Univ. Tasmania, p. 177-363.

Debeglia N., Mercier F. (1981). Etablissement du fichier gravimétrique Languedoc CFP-B.R.G.M. et de divers documents interprétatifs de base. Rapport 81 SGN 449 GPH, 8 p., 12 pl. h. t.

Debrand-Passard S., Courbouleix S. (1984). Synthèse géologique du Sud-Est de la France. Volume 1 - Stratigraphie et paléogéographie. Mémoire du BRGM, Volume 125, 159 p.

Debrand-Passard S., Courbouleix S. (1984). Synthèse géologique du Sud-Est de la France. Volume 2 - Atlas. Mémoire du BRGM, Volume 126, 614 p.

Delahaye S., Lepercq J.-Y. (1991). La terminaison sud-ouest de la marge cévenole: stratigraphie, géologie structurale, géochimie organique et intérêt pétrolier (bassin de l'Hérault, France). ENSPM, réf. 38672.

Dörfliger N., Fleury P., Le Strat P., Capar L. (2008). Caractérisation géologique et hydrogéologique des aquifères carbonatés karstiques sous couverture. Rapport final. Rapport BRGM/RP-56980-FR, 90 ill., 3 ann., 145 p.

Fleury, P., Le Strat, P., Dörfliger, N., Capar, L. (2009). Etude de faisabilité pour la caractérisation des aquifères karstiques sous couverture sur le secteur de l'agglomération de Béziers. Rapport final. BRGM/RP-57752-FR, 61 ill., 2 ann., 153 pp.

Gorini, C., Viallard, P., Deramond, J. (1991). Modèle d'inversion négative : la tectonique extensive post-nappe du fossé de Narbonne-Sigean (Corbières, Sud de la France). Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, vol. 321, p. 1013-1019.

Gorini C. (1993). Géodynamique d'une marge passive : le Golfe du Lion (Méditerranée occidentale). Thèse de doctorat, Université P. Sabatier – Toulouse 3, 256 p.

Maerten L. (1994). Structure et stratigraphie séquentielle du bassin oligo-miocène de l'Héraul (marge passive du Golfe du Lion). Rapport de DEA, Université de Montpellier, 52 p.

Maerten L., Séranne M. (1995). Extensional tectonics of the Oligo-Miocene Hérault Basin (SE France), Gulf of Lion margin. Bulletin de la Société Géologique de France, Vol. 166, p. 739-749.

Mattauer M. (1962). Sur l'âge oligocène de la brèche dite « bartonienne » des Matelles (Hérault). C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., n°10, p. 316-317.

Serrano O., Hanot F., Le Strat P. (2005). Le bassin oligo-miocène de l'Hérault : un exemple de rétrocharriage des structures pyrénéennes. Implications hydrogéologiques. Rapport BRGM/RP-53733-FR, 81 p.

Séranne M., Benedicto A., Labaum P., Truffert C., Pascal G. (1995). Structural style and evolution of the Gulf of Lion Oligo-Miocene rifting: role of the Pyrenean orogeny. Marine and Petroleum Geology, Vol. 12, p. 809-820.

Cartes géologiques à 1/50 000

Alabouvette B., Arthaud F., Berger G., Feist R., Ellenberger F., Gonord H., Collot B., Sauniac S., Matte P., Andrieux J. (1982). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille St-Chinian (n°1014), BRGM éd., Orléans.

Arthaud F., Freytet P., Paloc H., Bambier A., Alabouvette B. (1982). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille St-Chinian (n°1014), BRGM éd., Orléans, 44 p.

Barrière J., Berger G., Gèze B., Vogt J., Aloïsi J.-C., Got H., Monaco A. (1978). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Agde (n°1040), BRGM éd., Orléans.

Berger G., Feist R., Freytet P., Capdevilla R., Desvergez G., Gèze B., Saugy L., Schneegans D. (1981). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Pézenas (n°1015), BRGM éd., Orléans.

Berger G., Feist R., Freytet P. (1981). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Pézenas (n°1015), BRGM éd., Orléans, 42 p.

Berger G., Ellenberger F., Alabouvette B., Guernet C., Huguet J., Legrand-Lesponasse N., Paybernès B., Jaffrézo M. (1982). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Béziers (n°1039), BRGM éd., Orléans.

Berger G., Freytet P., Guernet C., Peybernès B. (1982). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Béziers (n°1039), BRGM éd., Orléans, 40 p.

Berger G., Ambert P., Gèze B., Aubert M., Lénat J.-F., Aloïsi J.-C., Got H., Monaco A. (1978). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Agde (n°1040), BRGM éd., Orléans, 31 p.

Denizot G., Combes P.-J., Bertrand M., Séguret M., Gérard M., Magné J., Ragot M., Gottis M. (1967). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Sète (n°1016), BRGM éd., Orléans.

Denizot G., Combes P.-J., Bertrand M., Séguret M., Gérard M., Magné J., Ragot M., Gottis M. (1967). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Sète (n°1016), BRGM éd., Orléans, 10 p.

Lespinasse P., Jaffrezo M., Leblanc D., Durand-Delga M., Charrière A., Descôtes S., Huguet J., Legrand-Lespinasse N., Baudelot S., Rosset-Sabouraud C., Barrière J., Aloïsi J., Got H., Monaco A., Courtil-Xavier C. (1982). Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Narbonne (n°1061), BRGM éd., Orléans.

Lespinasse P., Aloïsi J., Got H., Monaco A., Marchal J.-P., Barruol J., Durand-Delga M. (1982). Notice de la carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Narbonne (n°1061), BRGM éd., Orléans, 51 p.

Cartes géologiques à 1/250 000 consultées

Alabouvette B., Berger G., Demange M., Guérangé-Lozes J. (2001). Carte géologique de la France à 1/250 000, Feuille Montpellier (n°38), BRGM éd., Orléans.

Alabouvette B., Demange M., Ambert P., Guérangé-Lozes J. (2003). Notice de la carte géologique de la France à 1/250 000, Feuille Montpellier (n°38), BRGM éd., Orléans, 165 p.

Annexe 1

Dossier des forages profonds

L'ensemble des données issues des forages sont disponibles sur le site Info Terre du BRGM dans la rubrique dossier du sous-sol (BSS). Les informations sont disponibles ensuite dans l'onglet : « couche affichées » à la rubrique : « BSS – tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) ». L'ouvrage est ensuite recherché à partir de son code (exemple : 10406X0013).

Puisserguier 1 – 10393X0004/P1

Documents disponibles

Nombre de niveaux: 1

Log géologique numérisé

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 288 m	CALCAIRE DOLOMITIQUE, ALTERNANCE DE ZONE SCHISTEUSES, CALCAIRE BRECHIQUE VERS 200 M	LIAS (HETTANGIEN)

Puisserguier 2 – 1039X005/P2

Documents disponibles

Nombre de niveaux: 6

Log géologique numérisé

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 52 m	SABLE, MARNES	MIOCENE
De 52 à 383 m	CALCAIRES DOLOMITIQUES, CALCAIRES	HETANGIEN
De 383 à 399 m	CALCAIRE	RHETIEN
De 399 à 408 m	MARNES	KEUPER
De 408 à 450 m	BRECHES A ELEMENTS CALCAIRES DOLOMITIQUES	BRECHE TECTONIQUE
De 450 à 584 m	CALCAIRES, MARNES, GRES	ROGNACIEN

Béziers 1 – 10401X0066/B1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 4

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 6.5 m	SABLES ET CAILLOUTIS	PLIOCENE
De 6.5 à 131 m	MARNES ET MOLASSE	MIOCENE (HELVETIEN)
De 131 à 145 m	MARNES ET MOLASSE	MIOCENE (BURDIGALIEN)
De 145 à 397 m	CALCAIRE A ORBITOLINES	CRETACE INF (BURDIGALIEN)

Béziers 2 – 10401X0067/B2

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 6

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 32 m	CAILLOUTIS ET GRAVIERS	PLIOCENE
De 32 à 165 m	MARNES	MIOCENE
De 165 à 204 m	CALCAIRE	CONIACIEN CRETACE-SUP
De 204 à 259 m	CALCAIRE GRESEUX	TURONIEN CRETACE-SUP
De 259 à 370 m	CALCAIRE LACUSTRE	CENOMANIEN CRETACE-SUP
De 370 à 551 m	CALCAIRE	APTIEN CRETACE-INF

Béziers 3 – 10401X0068/B3

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 3

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 21 m	SABLES ET CAILLOUTIS	PLIOCENE
De 21 à 211 m	MARNES ET SABLES GLAUCONIEUX	MIOCENE
De 211 à 299 m	CALCAIRES A LACAZINES	CRETACE SUP (SANTONIEN – CONIACIEN)

Coulobres 1 – 10155X0004 / C1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 15

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 17.5 m	SABLES ET GRAVIERS SUPERFICIELS	PLIOCENE
De 17.5 à 46 m	ARGILE BLEUE A FACIES SCHLIER	VINDOBONIEN
De 46 à 91 m	ARGILE ROUGE GRAVELEUSE A ELEMENTS DE CALCAIRE ET DE SILEX	AQUITANIEN
De 91 à 176 m	CALCAIRE GRIS JAUNATRE SILICEUX A CHAILLE CALCAIRE PARFOIS TRES RICHE EN QUARTZ DETRITIQUE	BAJOCIEN
De 176 à 209 m	CALCAIRE MARNEUX GRIS NOIR S'ENRICHISSANT EN ARGILE AVEC LA PROFONDEUR	AALENIEN
De 209 à 467 m	MARNES GRIS CLAIR, SCHISTES NOIRS CALCAREUX TRES RICHES EN MATIERE ORG, MARNES GRIS NOIR	LIAS
De 467 à 1039 m	CALC A ENTROQUES GRESEUX GRIS SOMBRE,CALC PSEUDO-OOLITHIQUE GRIS FONCE, CALC DOLOMITIQ GRIS, DOLOMIE	LIAS
De 1039 à 1067 m	DOLOMIES ET CALC DOLOMITIQUES SILICEUX A INTERC MARNEUSES GRESEUSES	RHETIEN
De 1067 à 1208 m	ANHYDRITE MASSIVE +OU- ARGILEUSE DE COULEUR GENERALEMENT GRIS FONCE MAIS PARFOIS BLANCHE	KEUPER
De 1208 à 1365 m	ARGILES BARIOLEES SALEES A GYPSE ET ANHYDRITE, ANHYDRITE ARGILEUSE, BANC DE SEL MASSIF VERS LA BASE	KEUPER
De 1365 à 1398 m	DOLOMIE NOIRE ET ANHYDRITE MARNEUSE NOIRE, CONGLOMERAT ET GRES QUARTZEUX A CIMENT D'ANHYDRITE	MUSCHELKALK
De 1398 à 1410 m	PSAMMITES ARGILEUSES LIE DE VIN PUIS BRECHE A ELEMENTS QUARTZEUX	TRIAS-INF
De 1410 à 1549 m	GRES FRIABLES TRES SILICEUX	SAXONIEN

	De 1410 à 1549 m	GRES FRIABLES TRES SILICEUX IMPREGNES, PSAMMITES ARGILEUSES LIE DE VIN A FACIES RUFFES	SAXONIEN
	De 1549 à 1681 m	GRES FIN ET CALC DOLOMITIQ, SCHISTES VERDATRES, MARNES LIE DE VIN, GRES LEGEREMENT MARNEUX GRIS VERT	AUTUNIEN
	De 1681 à 1702 m	SCHISTES SILICEUX VERT GRIS OU NOIR AVEC FILONNETS DE QUARTZ	HOUILLER

Coulobres 2 – 10155X0005 / C2

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 41

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 37 m	ARGILES SABLEUSES GRIS JAUNE OU BLEUATRE ET ROSES AVEC GALETS SILICEUX ET CALCAIRES	VINDOBONIEN
De 37 à 60 m	CONGLOMERATS A SILEX ET CALCAIRES SILICEUX	VINDOBONIEN
De 60 à 90 m	ARGILES SABLEUSES GRIS BLEUATRE, GALETS	AQUITANIEN
De 90 à 97 m	CALCAIRES GRIS SILICEUX LAGUNOLACUSTRES	AQUITANIEN
De 97 à 125 m	ARGILES SABLEUSES GRIS BLEUATRE, GALETS	AQUITANIEN
De 125 à 264 m	ARGILES JAUNES GRAVELEUSES AVEC NODULES DE CALCAIRES BEIGES, QUARTZ ET CALCITE	AQUITANIEN
De 264 à 281 m	CALCAIRES MARNEUX	LIAS
De 281 à 300 m	MARNES GRIS BLEUTE, QUARTZ, CALCITE ET PYRITE	LIAS

De 300 à 380 m	MARNES GRIS NOIR	LIAS
De 380 à 402 m	ARGILES GRIS NOIR	LIAS
De 402 à 483 m	CALC SILICEUX GRIS LEGEREMENT GRESEUX, CALC MARNEUX GRIS, CALC SILICEUX A ENTROQUES	LIAS
De 483 à 577 m	CALCAIRES OOLITHIQUES GRIS PEU GRESEUX, QUARTZ BIPYRAMIDE, CALCITE ET PYRITE	LIAS
De 577 à 587 m	CALCAIRES OOLITHIQUES GRIS CLAIR DOLOMITISES	LIAS
De 587 à 818 m	CALCAIRES DOLOMITIQUES GRIS CLAIR FRIABLES, FILONNETS ET VEINULES DE CALCITE (DOLOMITE ?)	LIAS
De 818 à 910 m	DOLOMIE CRISTALLINE RIS FONCE, FILONNETS DE CALCITE (DOLOMITE)	LIAS
De 910 à 934 m	CALCAIRES DOLOMITIQUES PEU GRESEUX, QQ PASSEES DE CALCAIRE OOLITHIQUE	LIAS
De 934 à 943 m	MARNES NOIRES FEUILLETEES	LIAS
De 943 à 950 m	CALCAIRES DOLOMITIQUES AVEC INTERC DE GRES SILICEUX A CIMENT CALCAIRE	RHETIEN
De 950 à 960 m	MARNES VERTES	RHETIEN
De 960 à 979 m	MARNES BARIOLEES AVEC PRESENCE D'ANHYDRITE	RHETIEN
De 979 à 996 m	MARNES BARIOLEES AVEC PRESENCE D'ANHYDRITE	KEUPER
De 996 à 1009 m	ANHYDRITES BLANCHATRES PEU MARNEUSES	KEUPER
De 1009 à 1052 m	ANHYDRITES BLANCHATRES STRATIFIEES	KEUPER

De 1052 à 1138 m	COMPLEXE SALIFERE FORME D'ARGILES ROUGES ET VERTES AVEC ANHYDRITE, GYPSE, SEL GEMME, PYRITE, QUARTZ	KEUPER
De 1138 à 1173 m	SEL GEMME	KEUPER
De 1173 à 1194 m	COMPLEXE SALIFERE :ARGILES ROUGEATRES, ANHYDRITE, SEL GEMME	KEUPER
De 1194 à 1250 m	ARGILES ROUGE BRIQUE AVEC ANHYDRITE, QQ INTERC DE CALCAIRES DOLOMITIQUES	KEUPER
De 1250 à 1254 m	ANHYDRITES COMPACTES ET STRATIFIEES PEU MARNEUSES ET MICACEES	KEUPER
De 1254 à 1285 m	ANHYDRITES CALCAROMARNEUSES MICACEES, FILONNETS, FILONS ET PLAGES D'ANHYDRITE TRES ABONDANTS	TRIAS
De 1285 à 1298 m	MARNES GRESEUSES ET MICACEES LIE DE VIN, CONGLOMERATS BRECHIQUES, GRES MARBEUX ET MICACES LIE DE VIN	TRIAS-INF
De 1298 à 1452 m	ARGILES LIE DE VIN ET VERTES GRESEUSES ET MICACEES	SAXONIEN
De 1452 à 1541.45 m	ARGILES LIE DE VIN +OU- GRESEUSES ET MICACEES	AUTUNIEN
De 1541.45 à 1543 m	CALCAIRES DOLOMITIQUES GRESEUX GRIS VERT	AUTUNIEN
De 1543 à 1619 m	GRES SILICEUX LIE DE VIN GRISATRE AVEC INTERC D'ARGILES LIE DE VIN MICACEES	AUTUNIEN

De 1619 à 1631 m	GRES QUARTZEUX GRIS AVEC INTERC DE MARNES SCHISTEUSES SILICEUSES VERTES ET NOIRES	AUTUNIEN
De 1631 à 1640 m	ARGILES LIE DE VIN GRESEUSES ET MICACEES	AUTUNIEN
De 1640 à 1649 m	GRES QUARTZEUX ET MICACES VERDATRES	AUTUNIEN
De 1649 à 1738 m	SCHISTES MARNEUX GRESEUX MICACES AVEC INTERC DE GRES QUARTZEUX MICACES ET PYRITEUX	AUTUNIEN
De 1738 à 1765 m	SCHISTES MARNEUX SILICEUX ET MICACES GRIS NOIR VERDATRE, FILONNETS DE QUARTZ	HOUILLER
De 1765 à 1770 m	ARGILES GRISES PEU SILICEUSES	HOUILLER
De 1770 à 1790.3 m	SCHISTES MARNEUX SILICEUX ET MICACES GRIS NOIR VERDATRE	HOUILLER

Coulobres 3 – 10155X0006 / C3

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 41

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 72 m	GRES MOLASSIQUE ARGILEUX JAUNATRE A NOBREUX DEBRIS DE LAMELLIBRANCHES	VINDOBONIEN
De 72 à 120 m	MARNES ARGILEUSES GRESEUSES GRISES	VINDOBONIEN
De 120 à 160 m	ARGILES JAUNES A ELEMENTS NODULEUX DE MARNES GRISATRES	AQUITANIEN
De 160 à 209 m	ARGILES JAUNES A QUARTZ ROULES ET DEBRIS DE CALCAIRE BEIGE	AQUITANIEN
De 209 à 220 m	INTERCALATION CALCAROMARNEUSE	AQUITANIEN
De 220 à 241 m	ARGILES CALCAREUSES ROUGES A QUARTZ ROULES	AQUITANIEN
De 241 à 251 m	INTERCALATION DE CALCAIRES SUBLITHOGRAPHIQUES BEIGES	AQUITANIEN
De 251 à 277 m	ARGILES CALCAREUSES VERSICOLORES A INTERC DE CALC OOLITHIQUE ET SUBLITHO	AQUITANIEN
De 277 à 298 m	INTERC DE CALC SUBLITHO GRIS BEIGE PUIS ARGILES VERSICOLORES	AQUITANIEN
De 298 à 312 m	CALC SUBLITHO GRIS BEIGE	AQUITANIEN
De 312 à 412 m	ARGILES VERSICOLORES A INTERC DE CALC DOLOMITIQUES	AQUITANIEN
De 412 à 424 m	CALC DOLOMITIQUES GRIS	AQUITANIEN
De 424 à 453 m	ARGILES VERSICOLORES	AQUITANIEN
De 453 à 468 m	CALC SILICEUX VACUOLAIRES BLANCS, BEIGES ET ROSES	AQUITANIEN
De 468 à 720 m	BRECHE MONOGENIQUE A ELEMENTS DU LIAS MARNEUX ET CIMENT ARGILEUX	LIAS
De 720 à 735 m	SCHISTES CARTONS	LIAS
De 735 à 826 m	BRECHE MONOGENIQUE	LIAS

Log géologique numérisé	De 826 à 856 m	BRECHE A ELEMENTS DE CALC GRESEUX ET DOLOMITIQUES DU LIAS CALCAIRE, NOMBREUX FILONNETS DE CALCITE	LIAS
	De 856 à 934 m	MARNES BARIOLEES SALEES A GYPSE ET ANHYDRITE (COMPLEXE SALIFERE), QUARTZ BIPYRAMIDES, MICAS, PYRITE	KEUPER
	De 934 à 944 m	ARGILES ROUGE BRIQUE A ANHYDRITE ET MARNES NOIRES MICACEES	KEUPER
	De 944 à 1006 m	MARNES NOIRES ET MICACEES A INTERC D'ARGILES ROUGES ET DEGRES CONGLOMERATIQUES A DRAGEES DE QUARTZ R	KEUPER
	De 1006 à 1019 m	MARNES GRISES	KEUPER
	De 1019 à 1028 m	ANHYDRITE MASSIVE	KEUPER
	De 1028 à 1035 m	ANHYDRITE MARNEUSE	KEUPER
	De 1035 à 1041 m	MARNES GRISES	KEUPER
	De 1041 à 1053 m	ARGILE GRESEUSE ROUGE A ANHYDRITE	KEUPER
	De 1053 à 1070 m	ANHYDRITE + OU - MARNEUSE	KEUPER
	De 1070 à 1091 m	ANHYDRITE MARNEUSE AVEC INTERC GRESEUSES ENTRE 1085 ET 1088 M	KEUPER
	De 1091 à 1114 m	ARGILE A ANHYDRITE	KEUPER
	De 1114 à 1120 m	MARNES NOIRES MICACEES A ANHYDRITE	KEUPER
	De 1120 à 1134 m	CALC DOLOMITIQUES ET GRESEUX GRIS NOIR A ANHYDRITE	MUSCHELKALK
	De 1134 à 1151 m	ANHYDRITE CALCARODOLOMITIQUE MARNEUSE TRES MICACEE GRESEUSE	MUSCHELKALK
	De 1151 à 1162 m	GRES CONGLOMERATIQUES	TRIAS-INF

De 1162 à 1227 m	ARGILES LIE DE VIN GRESEUSES ET MICACEES MOUCHETEES DE VERT, FILONNETS DE CALCITE	SAXONIEN
De 1227 à 1229 m	ARGILES +OU- GRESEUSES	SAXONIEN
De 1229 à 1290 m	GRES QUARTZEUX ET MICACES LIE DE VIN A INTERC D'ARGILES LIE DE VIN	SAXONIEN
De 1290 à 1455 m	ALT/ARGILES LIE DE VIN GRESEUSES MICACEES MOUCHETEES DE VERT/GRES CONGLOMERATIQUE LIE DE VIN	SAXONIEN
De 1455 à 1502 m	GRES QUARTZEUX +OU- CONGLOMERATIQUES, LIE DE VIN GRISATRE, A INTERC DE SCHISTES MARNEUX ET SILICEUX	AUTUNIEN
De 1502 à 1747 m	ALT/PSAMMITES +OU- ARGILEUX A GRAIN TRES FIN LIE DE VIN/SCHISTES MARNEUX SILICEUX NOIRS	AUTUNIEN
De 1747 à 1778 m	SCHISTES PYRITEUX NOIRS A INTERC DE GRES QUARTZEUX A CIMENT DOLOMITIQUE A GRAIN TRES FIN, GRIS	AUTUNIEN
De 1778 à 1822.36 m	GRES QUARTZEUX ET PYRITEUX MICACES GRIS A INTERC DE SCHISTES NOIRS PYRITEUX	AUTUNIEN

Coulobres 4 – 10155X0007 / C4

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 47

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 4.1 à 30 m	MOLASSE SABLOGRESEUSE JAUNATRES, NOMBREUX DEBRIS D'ECHINODERMES, POLYPIERS, LAMELLIBRANCHES	VINDOBONIEN
De 30 à 70 m	ARGILE SABLOGRESEUSE GRIS BLEUATRE,NOMBREUX DEBRIS DE POLYPIERS,LAMELLIBRANCHES,ECHINODERMES,FORAM	VINDOBONIEN
De 70 à 74 m	LUMACHELLE A OSTREA	VINDOBONIEN
De 74 à 77 m	ARGILE SABLOGRESEUSE GRIS BLEU	VINDOBONIEN
De 77 à 96 m	ARGILE GRAVELEUSE JAUNE ROUGEATRE A ELEMENTS DE CALCAIRE ET DE SILES	AQUITANIEN
De 96 à 115 m	CALC GRIS JAUNATRE SILICEUX	AALENIEN
De 115 à 162 m	GRES A CIMENT CALC GRIS JAUNATRE	AALENIEN
De 162 à 182 m	CALC MARNEUX GRESEUX BLANC JAUNATRE DEVENANT PLUS MARNEUX AVEC LA PROFONDEUR	AALENIEN
De 182 à 211 m	MARNE CALC GRIS CLAIR PEU MICACEE ET PYRITEUSE DEVENANT PLUS MARNEUSE AVEC LA PROFONDEUR	AALENIEN
De 211 à 225 m	MARNE GRIS NOIR MICACEE ET PYRITEUSE TRES RICHE EN ARGILE NOIRATRE	LIAS
De 225 à 465 m	MARNE GRIS NOIR MICACEE ET PYRITEUSE	LIAS
De 465 à 610 m	CALC GRIS FONCE A ENTROQUES, GRESEUX DIACLASE ET STYLOLITHIQUE (FILONNETS ET PLAGES DE CALCITE)	LIAS

De 610 à 840 m	CALC DOLOMITIQUE VACUOLAIRE GRIS CLAIR OU GRIS FONCE	LIAS	
De 840 à 870 m	IDEM MAIS PLUS COMPACT	LIAS	
De 870 à 905 m	CALC DOLOMITIQUE GRIS PEU VACUOLAIRE AVEC INTERC DE DOLOMIE CRISTALLINE ET FILONNETS DE CALCITE	LIAS	
De 905 à 939 m	DOLOMIE CRISTALLISEE GRIS FONCE AVEC QQ INTERC DE CALC DOLOMITIQUE ET FILONNETS DE CALCITE	LIAS	
De 939 à 1003 m	DOLOMIE GRISE PUIS CRISTALLINE AVEC DRAGEES DE QUARTZ, INTERC DE MARNES NOIRES ET GRES A CIMENT CALC	LIAS	
De 1003 à 1030 m	CALC DOLOMITIQUE GRIS AVEC INTERC DE CALC OOLITHIQUE ET DE MARNE NOIRE, FILONNETS DE CALCITE, QUARTZ	LIAS	
De 1030 à 1060 m	GRES A CIMENT CALC PUIS MARNE VERTE ET/OU NOIRE	RHETIEN	
De 1060 à 1115 m	MARNE BARIOLEE A GYPSE ET ANHYDRITE	KEUPER	
De 1115 à 1155 m	ANHYDRITE MASSIVE GRIS BLANCHATRE	KEUPER	
De 1155 à 1196 m	ANHYDRITE ET COMPLEXE SALIFERE	KEUPER	
De 1196 à 1227 m	MARNE BARIOLEE A SEL ET ANHYDRITE AVEC INTERC DE CALC DOLOMITIQUE	KEUPER	
De 1227 à 1305 m	MARNE BARIOLEE ET SEL A ANHYDRITE	KEUPER	
De 1305 à 1329 m	SEL MASSIF	KEUPER	
De 1329 à 1340 m	ANHYDRITE MARNEUSE	KEUPER	
De 1340 à	DOLOMIE ARGILEUSE NOIRE ET ANHYDRITE NOIRE	MUSCHELKALK	

	1359 m		
	De 1359 à 1367 m	ARGILOLITE ROUGEATRE	MUSCHELKALK
	De 1367 à 1377 m	GRES QUARTZEUX ET CONGLOMERAT LIE DE VIN A QUARTZ	MUSCHELKALK
	De 1377 à 1431 m	GRES DOLOMITIQUE ET ARGILEUX LIE DE VIN A PASSEES VERDATRES,QQ INTERC DE GRES MICACE GROSSIER	TRIAS-INF
	De 1431 à 1446 m	GRES LIE DE VIN ET ARGILE SABLEUSE LIE DE VIN	TRIAS-INF
	De 1446 à 1463 m	GRES DOLOMITIQUE ET ARGILEUX LIE DE VIN	TRIAS-INF
	De 1463 à 1470 m	GRES FIN LIE DE VIN	TRIAS-INF
	De 1470 à 1517 m	ALT/GRES ARGILEUX LIE DE VIN MICACE/SCHISTE SILICEUX GRIS VERDATRE	SAXONIEN
	De 1517 à 1571 m	GRES SCHISTEUX MARNEUX VERT ET NOIR	AUTUNIEN
	De 1571 à 1625 m	GRES DOLOMITIQUE LEGEREMENT MARNEUX A INTERC DE SCHISTE VERT ET NOIR	AUTUNIEN
	De 1625 à 1660 m	GRES DOLOMITIQUE ARGILEUX GRIS GRIS ET GRIS VERDATRE A INTERC DE SCHISTE GRESEUX GRIS NOIR MICACE	AUTUNIEN
	De 1660 à 1668 m	SCHISTE PYRITEUX MICACE	AUTUNIEN
	De 1668 à 1677 m	GRES CONGLOMERATIQUE GRIS	AUTUNIEN
	De 1677 à 1684 m	SCHISTE A INTERC GRESEUSE	AUTUNIEN
	De 1684 à 1693 m	PSAMMITE DOLOMITIQUE GRISE IMPREGNEE	AUTUNIEN
	De 1693 à	ALT/SCHISTE NOIR/PSAMMITE DOLOMITIQUE	AUTUNIEN

	1704 m		
	De 1704 à 1717 m	PSAMMITE DOLOMITIQUE GRISE	AUTUNIEN
	De 1717 à 1727 m	ALT/SCHISTE NOIR/PSAMMITE DOLOMITIQUE	AUTUNIEN
	De 1727 à 1732 m	PSAMMITE DOLOMITIQUE	AUTUNIEN
	De 1732 à 1739 m	CONGLOMERAT ROUGE PROBABLE	AUTUNIEN
	De 1739 à 1773 m	SCHISTE ARDOISIER GRIS VERDATRE A NOIR A FILONNETS D QUARTZ	HOUILLER

Lieuran 1 – 10155X0008 / L1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 10

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 20 m	SABLES ARGILEUX JAUNES	ASTIEN
De 20 à 125 m	ARGILE BLEUE A PSEUDOPARELLA	ASTIEN
De 125 à 255 m	GRES GLAUCONIEUX MOLASSIQUES A INTERC D'ARGILES GRIS BLEU	MIOCENE
De 255 à 551 m	ARGILES SABLEUSES GRIS NOIR ALTERNANT AVEC DES GRES ARGILEUX, PRESENCE DE BANCS LIGNITEUX	AQUITANIEN
De 551 à 763 m	LIAS CALCAIRE ET RHETIEN (ENTRE 734 ET 763 M) : CALCAIRE +OU- DOLOMITIQUE GRESEUX GRIS	LIAS
De 763 à 1383 m	KEUPER: ANHYDRITE, ARGILE BARIOLEES ET SEL	TRIAS-SUP
De 1383 à 1405 m	MUSCHELKALK: DOLOMIE A ANHYDRITE, GRES GROSSIER	TRIAS-MOYEN
De 1405 à 1438 m	GRES DOLOMITIQUE LIE DE VIN	TRIAS-INF
De 1438 à 1525 m	SAXONIEN: MARNE LIE DE VIN; AUTUNIEN: SCHISTES DOLOMITIQUES GRESEUX GRIS NOIR	PERMIEN
De 1525 à 1599.04 m	SCHISTES PYRITEUX NOIRS A FILONNETS DE QUARTZ	HOUILLER

Lespignan 1 – 10398X0042 / L1

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 1

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De null à 1000.5 m	GRES, CRETACE-SUP	CRETACE-SUP

Serignan 1 – 10405X0035/S1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 8

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 9 m	Sables	QUATERNAIRE
De 9 à 333 m	Argiles sableuses	PLIOCENE
De 333 à 1195 m	Argiles - grès	MIOCENE
De 1195 à 1676 m	Marnes et argiles sableuses	AQUITANIEN
De 1676 à 1870 m	Marno-calcaires gréseux	OLIGOCENE
De 1870 à 2345 m	Conglomérat à éléments calcaires, veines d'argile	JURASSIQUE SUPERIEUR
De 2345 à 2454 m	Calcaires à veine d'argile et filons de calcite	JURASSIQUE MOYEN
De 2454 à 2539.75 m	Marnes et marno-calcaire	LIAS

Servian 1 – 10155X0009 / S1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 8

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 122 m	ARGILES SABLEUSES GRIS BLEU	MIOCENE
De 122 à 356 m	ARGILES GRAVELEUSES JAUNE ROUGEATRE	AQUITANIEN
De 356 à 593 m	MARNES NOIRES MICACEES, SCHISTES CARTONS DE 437 A 455 M	LIAS
De 593 à 1074 m	CALC OOLITHIQUES ET DOLOMIES; RHETIEN:1061-1074 M: GRES BLANC CALCAREUX	LIAS
De 1074 à 1669 m	ARGILES BARIOLEES, ANHYDRITE ET SEL (SEL MASSIF ENTRE 1440 ET 1669 M)	KEUPER
De 1669 à 1690 m	GRES QUARTZEUX CALCAREODOLOMITIQUE ET DOLOMIE	TRIAS-MOYEN
De 1690 à 1701 m	GRES, CONGLOMERATS ET MARNES LIE DE VIN	TRIAS-INF
De 1701 à 1711 m	SUBSTRATUM HERCYNIEN: SCHISTES SATINES VERDATRES	

Portiragnes 1 – 10406X0013 / P1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 6

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 27 m	CAILLOUTIS - LIMONS	QUATERNAIRE
De 27 à 31 m	CAILLOUTIS	VILLAFRANCHIEN
De 31 à 119 m	LIMONS - SABLES	ASTIEN
De 119 à 295 m	ARGILES	PLAISANCIEN
De 295 à 1021 m	ALTERNANCE ARGILES ET GRES	MIOCENE INDIFERENCIE
De 1021 à 1148 m	ALTERNANCE ARGILES SABLEUSES ET GRES	AQUITANIEN

Montblanc 1 – 10156X0009 / M1

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 6

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 2.75 à 16 m	ARG SABLEUSES SUPERFICIELLES JAUNATRES ET CAILLOUTIS	QUATERNAIRE
De 16 à 177 m	ARG SABLEUSES JAUNATRES, SABLE GROSSIER ET CAILLOUTIS JUSQU'A 51 M (FACIES ASTIEN) SUR MARNES	PLIOCENE
De 177 à 261 m	CALC LACUSTRE BLANC ROSE A SILEX ET SABLE GROSSIER	MIOCENE
De 261 à 380 m	ET BATHONIEN : CALC GRESEUX, RICHE EN SPICULES D'EPONGES, A CHAILLES	BAJOCIEN
De 380 à 423 m	ZONE DE BROYAGE DUE A UNE FAILLE. FOND SITUE PROBABLEMENT DANS LE PLIENSBACHIEN	AALENIEN
De 423 à 511.35 m	MARNES	LIAS

Montblanc 101 – 10156X0007 / M101

Documents disponibles

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 22

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 85 m	SERIE ARGILEUSE OCRE PASSANT A SABLES ET GRES +OU- GROSSIERS ROUGE-OCRE, INTERC ARG PLASTIQ OCRE	ASTIEN
De 85 à 137 m	ARG GRISE PLASTIQ FINEMENT SABLEUSE	ASTIEN
De 137 à 188 m	ALT DE GRES GRIS GLAUCONIEUX MICACES ET D'ARG GRIS FONCE PLASTIQUE +OU- SABLEUSE	MIOCENE
De 188 à 213 m	CONGLOMERAT POLYGENIQUE A CIMENT ARGILEUX	SENONIEN
De 213 à 300 m	CALC BEIGES A MARRON AVEC ARG ROUGE ET OCRE	JURASSIQUE
De 300 à 305 m	DOLOMIE GRIS BLEUTE	JURASSIQUE
De 305 à 340 m	DOLOMIE BEIGE A BEIGE ROSE	JURASSIQUE
De 340 à 357 m	CALC GRAVELEUX BLANC A BEIGE	JURASSIQUE
De 357 à 364 m	DOLOMIE GRIS NOIR A TEXTURE GROSSIERE	JURASSIQUE
De 364 à 554 m	PAS DE RENSEIGNEMENTS	JURASSIQUE
De 554 à 702 m	DOLOMIE BEIGE BLANCHE VERDATRE VERS LA BASE AVEC ARG +OU- INDUREE ROUGE JAUNATRE LIE DE VIN	JURASSIQUE
De 702 à 750 m	PAS DE RENSEIGNEMENTS	JURASSIQUE
De 750 à 912 m	CHERT A SPICULES DUR ET COMPACT	DOGGER
De 912 à 991 m	AALENIEN MARNEUX	DOGGER
De 991 à 1462 m	ARG GRISE PYRITEUSE +OU- INDUREE ET SCHISTEUSE	TOARCIEN
De 1462 à 1476 m	SCHISTE CARTON	LIAS
De 1476 à 1807 m	ALT DE MARNES ET D'ARGILE GRIS	DOMERIEN

	De 1807 à 1875 m	CALC ARG SILTEUX PYRITEUX GRIS A BRUN, CALCITE	PLIENSBACHIEN-NS
	De 1875 à 2036 m	CALC ARG SILICEUX SILTEUX GRIS NOIR	SINEMURIEN
	De 2036 à 2490 m	DOLOMIE BEIGE +OU- GROSSIERE A ANHYDRITE DIFFUSE OU EN FILONNETS, ARG GRISE, NIVEAUX OOLITHIQUES	HETTANGIEN
	De 2490 à 2608 m	CALC OOLIT ET GRAVELEUX	SINEMURIEN
	De 2608 à 2800 m	CALC ARG SILTEUX GRIS FONCE A PASSEES LEGEREMENT SILICEUSES	SINEMURIEN

Pouzolles – 10151X0001 / P1

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 1

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 387 m	CALCAIRE, LIAS	LIAS

Florensac 1 – 10403X0001 / F1

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 8

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 10 m	SABLES GROSSIERS	QUATERNAIRE
De 10 à 28.8 m	VILLAFRANCHIEN; CAILLOUTIS	ASTIEN
De 28.8 à 46 m	ARGILE SABLEUSE; JAUNE;PASSÉES CAILLOUTEUSES	ASTIEN
De 46 à 50 m	GRÈS CHLORITEUX À CIMENT CALCAIRE	ASTIEN
De 50 à 261 m	ARGILES FINEMENT SABLEUSES ET MICACÉES BLEU GRIS. QQ PASSÉES CAILLOUTEUSES, GRÉSEUSES ET SABLEUSES	ASTIEN
De 261 à 276 m	MARNO-CALCAIRE CRAYEUX BLANCHÂTRE À GLAUCONIE	MIOCENE
De 276 à 328 m	OU PALÉOCÈNE (?) :ARGILES ROUGES SABLEUSES AVEC INTERCALATION DE GRÈS FIN	CRETACE-SUP
De 328 à 379.15 m	DOLOMIE CRISTALLINE ROSE BRUNÂTRE	JURASSIQUE

Valensac 1 – 10403X0040 / V1

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux: 32

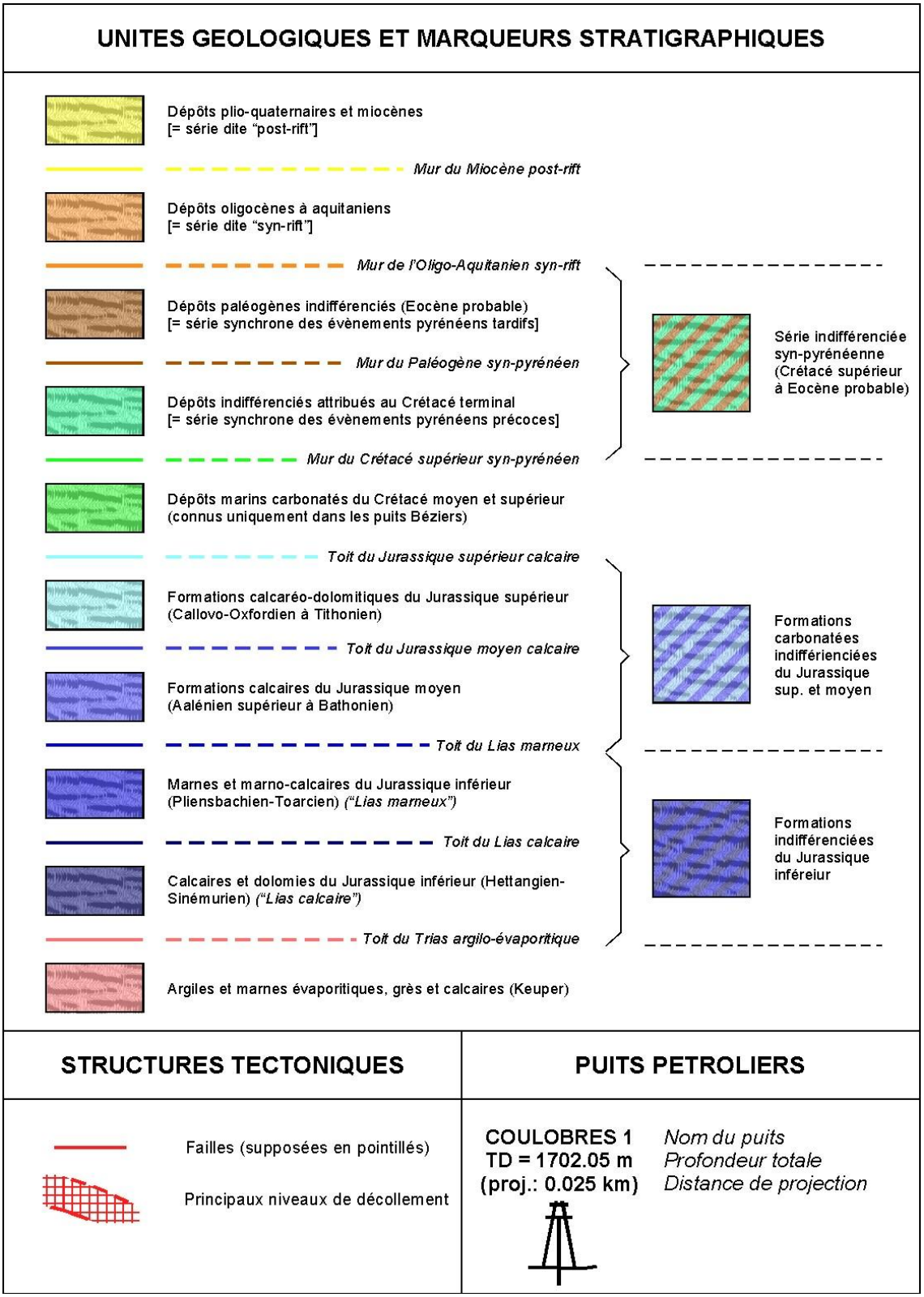
Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 2 m	ALLUVIONS	
De 2 à 25 m	ARGILE BRUNÂTRE GRIS VERT, SABLE ET DÉBRIS DE GASTROPODES	ASTIEN
De 25 à 46 m	GRAVIERS, ARGILES BEIGES ET MARRON PARFOIS SILTEUSES,GRÈS À CIMENT CALC JAUNÂTRE	ASTIEN
De 46 à 86 m	ARGILE GRIS BLEU ET NOIRE, SILTEUSE ET PLASTIQUE	ASTIEN
De 86 à 100 m	CALCAIRE MICRITIQUE BEIGE ET JAUNE, GLAUCONIEUX	ASTIEN
De 100 à 246 m	ARGILES CALC GRIS BLEUTÉ PLASTIQUES, FINEMENT SABLEUSES, RARES INTERCAL DE CALC GRÉSEUX GLAUCONIEUX	ASTIEN
De 246 à 270 m	CALC ARGILOMICRITIQUES ET MICRITIQUES BLANC ET BEIGE, ARGILES CALC VERTES, GRÈS FIN, MARNE JAUNE	ASTIEN
De 270 à 375 m	ARGILES CALC SABLEUSES GRIS BLEUTÉ, GRÈS FINS À MOYENS VERSICOLORES, CALC MICRIT ET ARGILOMICRIT	
De 375 à 563 m	MARNES PLASTIQUES OCRES ET ROUGES BRIQUE AVEC INTERCALATIONS DE PETITS BANCS DE CALC MICRIT	SENONIEN
De 563 à 763 m	DOLOMIES GRIS BEIGE ET ROUGEÂTRES AZOÏQUES, CAL DOLOMITISÉS GRIS À ROUGEÂTRE, GRÈS FIN	JURASSIQUE
De 763 à 890 m	CALC SILICOMICRIT BEIGE ET ROUGEÂTRE À SPICULES, SILEX GRIS BLOND ET ROSÉ, RARES PASSÉES D'ARGILE CA	DOGGER

	De 890 à 1217 m	MARNES GRISES À RARES PASSÉES DE CALC SILICOMICRIT ET DES MARNES GRISES SILTEUSES ET PYRITEUSES	AALENIEN
	De 1217 à 1340 m	ARGILES NOIRES À MICROVEINULES DE CALCITE ET SURFACE DE FRICTION	TOARCIEN
	De 1340 à 1502 m	CALC ARGILO SILICOMICRIT GRIS BEIGE ET GRIS FONCÉ ET RARES NIVEAUX À SILEX NOIR À SPICULES	AALENIEN
	De 1502 à 1600 m	ALT DE MARNE GRIS NOIR ET CALC ARGILO SILICOMICRIT GRIS FONCÉ À SPICULES	AALENIEN
	De 1600 à 1850 m	ARGILES CALC GRISES PLASTIQUES ET NOIRES INDURÉES, PARFOIS SILTEUSES ET PYRITEUSES	TOARCIEN
	De 1850 à 1965 m	ARGILES NOIRES INDURÉES PARFOIS SILTEUSES MICACÉES ET PYRITEUSES ET DES ARGILES CALCAIRES GRISES	DOMERIEN
	De 1965 à 2342 m	CALC ARGILOMICRIT PARFOIS SILICIFIÉS GRIS ET BRUN AVEC INTERCALATIONS D'ARGILE NOIRE INDURÉE	PLIENSBACHIEN-NS
	De 2342 à 2986 m	DOLOMIES CALC ET CALC DOLOMICRIT BEIGES ET GRIS CLAIRS GÉNÉRALEMENT AZOÏQUES	HETTANGIEN
	De 2986 à 3006 m	ARGILES NOIRES INDURÉES PARFOIS PYRITEUSES, À SURFACES DE FRICTION ET VEINULES DE CALCITE	TOARCIEN
	De 3006 à 3110 m	ALT D'ARGILE CALCAIRE ET CALC ARGILOMICRIT LOCALEMENT SILICIFIÉ GRIS À NOIRÂTRE	AALENIEN
	De 3110 à 3195 m	DOLOMIE GRIS BEIGE ET ROSÉE ENROBANT DES ÉLÉMENTS SUBANGULEUX DE 1 À 10 CM DE DOLOMIE GRISE	BATHONIEN
	De 3195 à 3210 m	ARGILES ROUGES OU TERRE BRÛLÉE À PISOLITHES FERRUGINEUSES	BATHONIEN

	De 3210 à 3272 m	CALC OOCLASTIQUE DOLOMITISÉ, PARFOIS À 100 % À FISSURES REMPLIES D'ARGILE OCRE ROUGE	BATHONIEN
	De 3272 à 3499 m	CALC MICRIT BLANCS D'ASPECT CRAYEUX, CALC DOLOMITISÉS À OOCLASTES ET DOLOMIES MICROCRISTALLINES	BATHONIEN
	De 3499 à 3600 m	CALC ARGILOMICRIT BLANC BEIGE ROSÉ ET MARNES NOIRES OU OCRES GRUMEULEUSES ET SILICEUSES	BATHONIEN
	De 3600 à 3736 m	DOLOMIES SUBÉDRIQUES BEIGES ET GÉNÉRALEMENTROSÉE AZOÏQUE À INCLUSIONS D'ARGILE OCRE ET ROUGE	BATHONIEN
	De 3736 à 3789 m	DOLOMIES SUBÉDRIQUES GRIS BEIGE À RARES ROGNONS DES ILEX GRIS ET CALC SILICOMICRIT	BATHONIEN
	De 3789 à 4080 m	GRÈS FINS À CIMENT D'ARGILE CALC PUIS ZONES À SILEX, CHAILES GRIS NOIR ET CALC SILICOMICRIT GRIS	BAJOCIEN
	De 4080 à 4170 m	MARNE GRISE À FINES INTERCALATIONS DE CALC SILICOMICRIT GRIS ET PASSÉES D'ARGILE CALC SILTEUSES	AALENIEN
	De 4170 à 4510 m	ARGILES CALC GRIS À GRIS NOIR SILTEUSES PYRITEUSES ET MICACÉES	TOARCIEN
	De 4510 à 4578.5 m	ARGILES CALC SILTEUSES MICACÉES GRIS NOIR À CONCRÉTONS PYRITEUSES ET FILONNETS DE CALCITE	DOMERIEN

Annexe 2

Légende générale de l'interprétation géologique des profils sismiques


UNITES GEOLOGIQUES ET MARQUEURS STRATIGRAPHIQUES
Dépôts plio-quaternaires et miocènes
[= série dite "post-rift"]
Mur du Miocène post-rift
Dépôts oligocènes à aquitaniens
[= série dite "syn-rift"]
Mur de l'Oligo-Aquitanien syn-rift
Dépôts paléogènes indifférenciés (Eocène probable)
[= série synchrone des évènements pyrénéens tardifs]
Mur du Paléogène syn-pyrénéen
Dépôts indifférenciés attribués au Crétacé terminal
[= série synchrone des évènements pyrénéens précoces]
Mur du Crétacé supérieur syn-pyrénéen
Série indifférenciée syn-pyrénéenne (Crétacé supérieur à Eocène probable)
Dépôts marins carbonatés du Crétacé moyen et supérieur
(connus uniquement dans les puits Béziers)
Toit du Jurassique supérieur calcaire
Formations calcaréo-dolomitiques du Jurassique supérieur
(Callovo-Oxfordien à Tithonien)
Toit du Jurassique moyen calcaire
Formations calcaires du Jurassique moyen
(Aalénien supérieur à Bathonien)
Formations carbonatées indifférienciées du Jurassique sup. et moyen
Toit du Lias marneux
Marnes et marno-calcaires du Jurassique inférieur
(Pliensbachien-Toarcien) ("Lias marneux")
Toit du Lias calcaire
Calcaires et dolomies du Jurassique inférieur (Hettangien-Sinémurien) ("Lias calcaire")
Formations indifférenciées du Jurassique inféreiur
Toit du Trias argilo-évaporitique
Argiles et marnes évaporitiques, grès et calcaires (Keuper)
STRUCTURES TECTONIQUES
Failles (supposées en pointillés)
Principaux niveaux de décollement
PUITS PETROLIERS
COULOBRES 1
TD = 1702.05 m
(proj.: 0.025 km)
Nom du puits
Profondeur totale
Distance de projection

Annexe 3

Liste des planches hors-texte

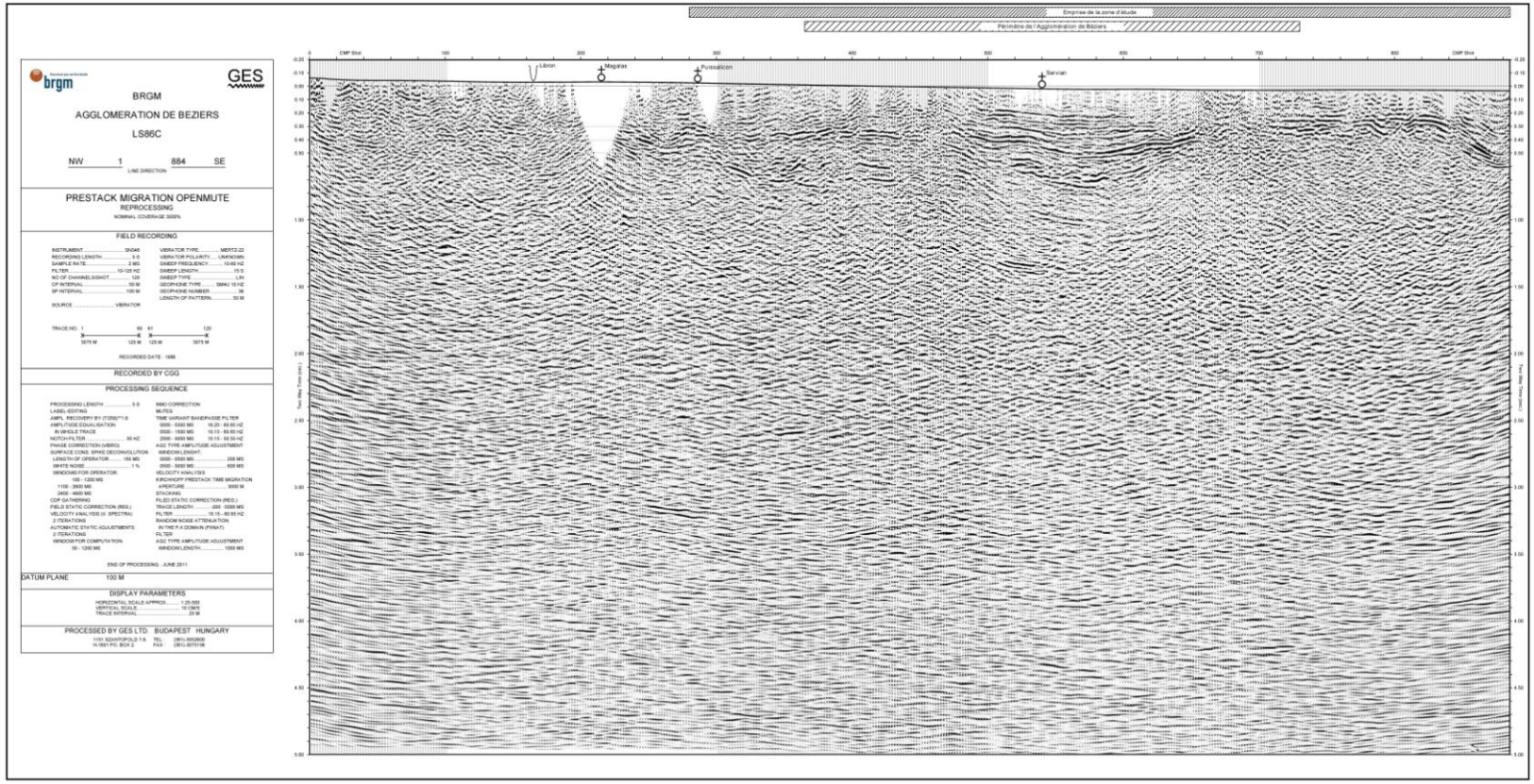


Planche 1A – Ligne sismique LS86C. Image sismique vierge en mode wiggle.

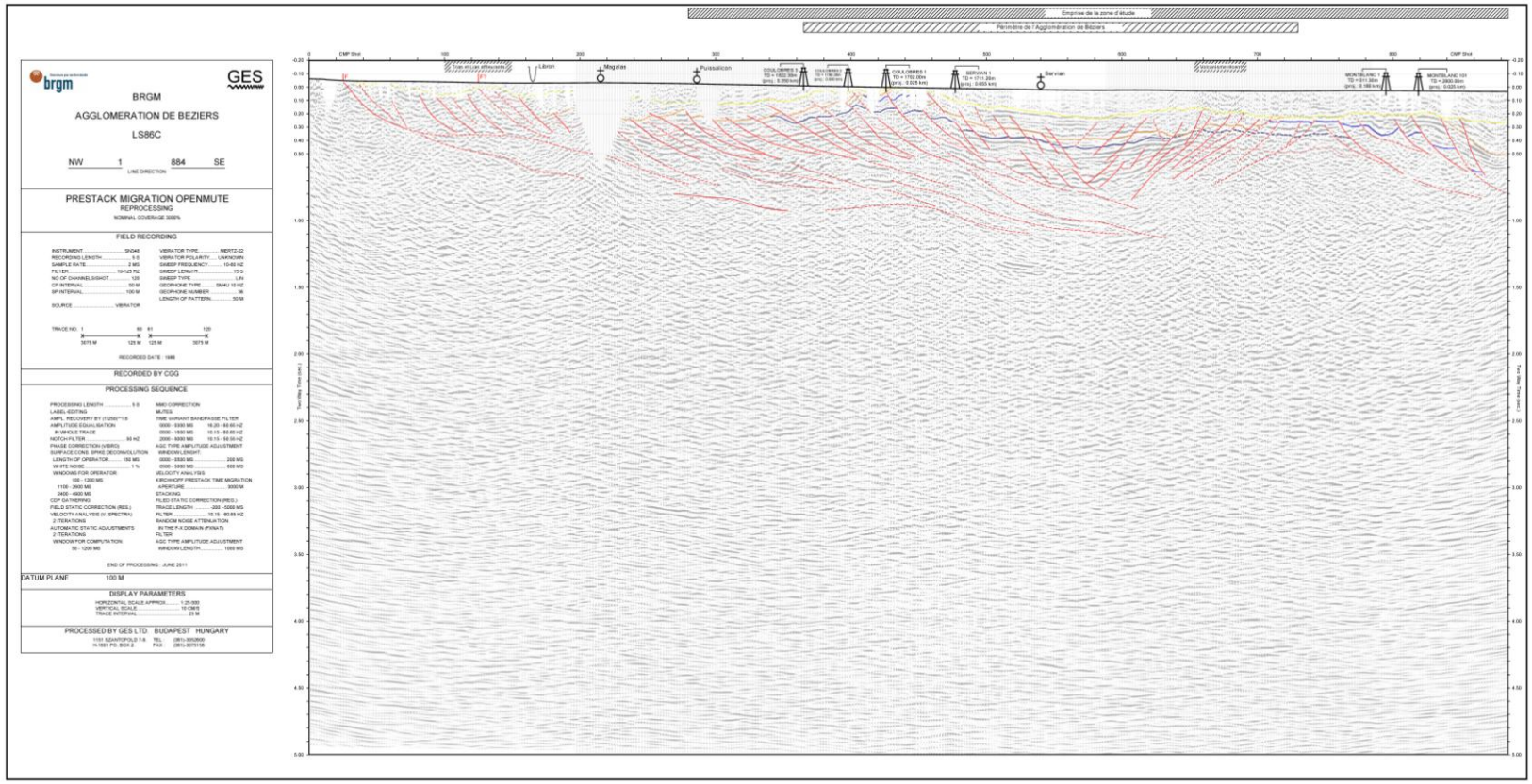


Planche 1B – Ligne sismique LS86C. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

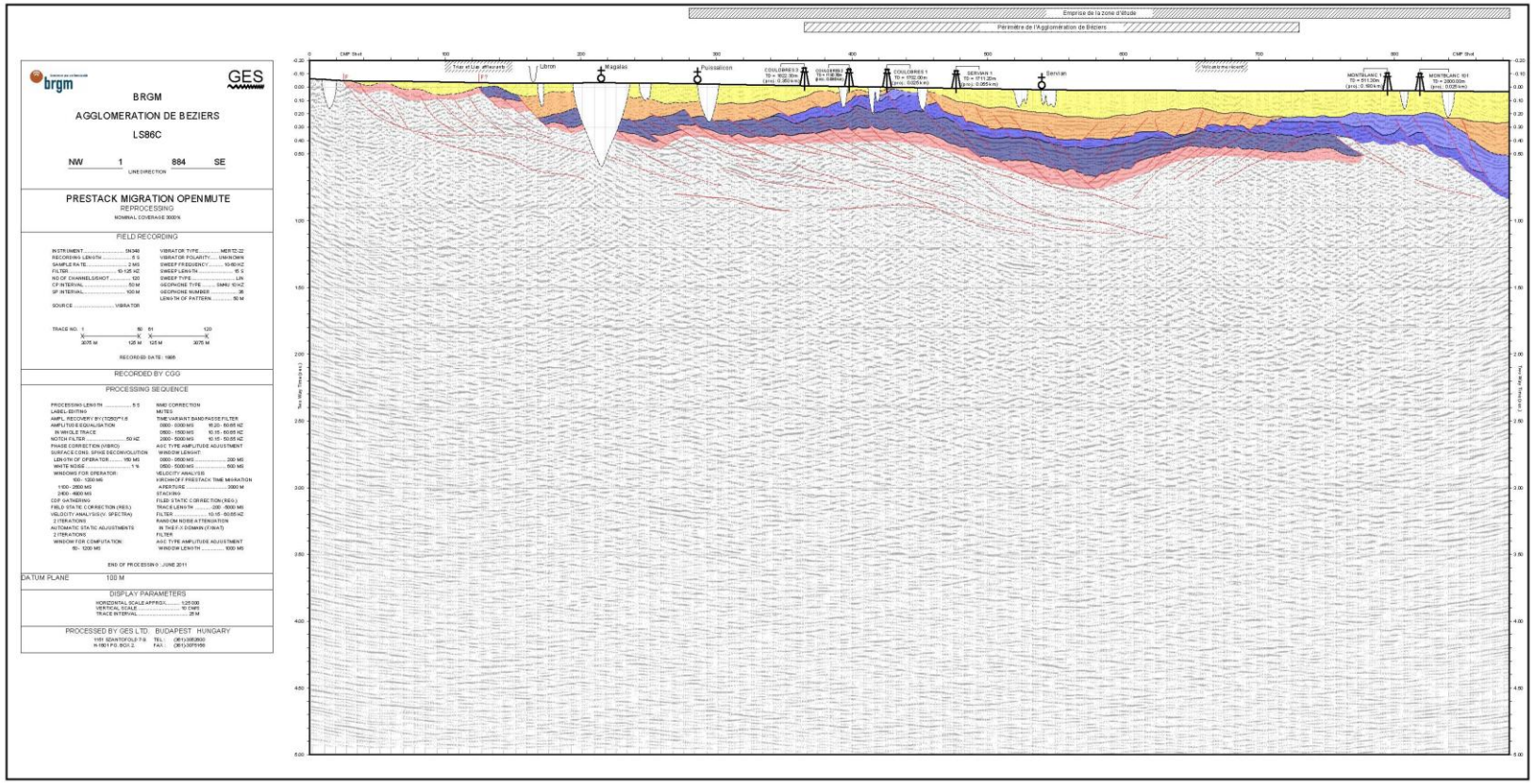


Planche 1C – Ligne sismique LS86C. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

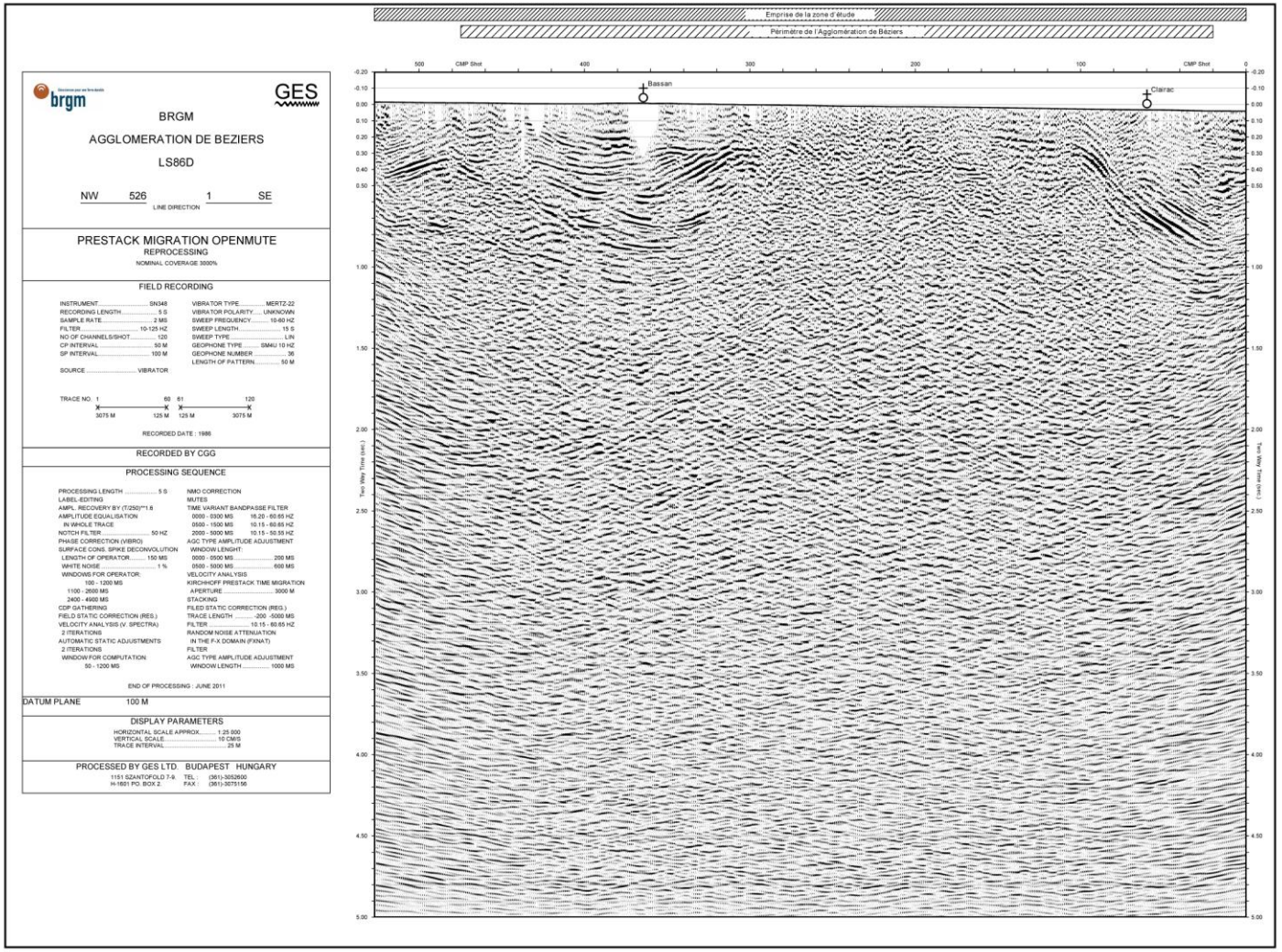


Planche 2A – Ligne sismique LS86D. Image sismique vierge en mode wiggle.

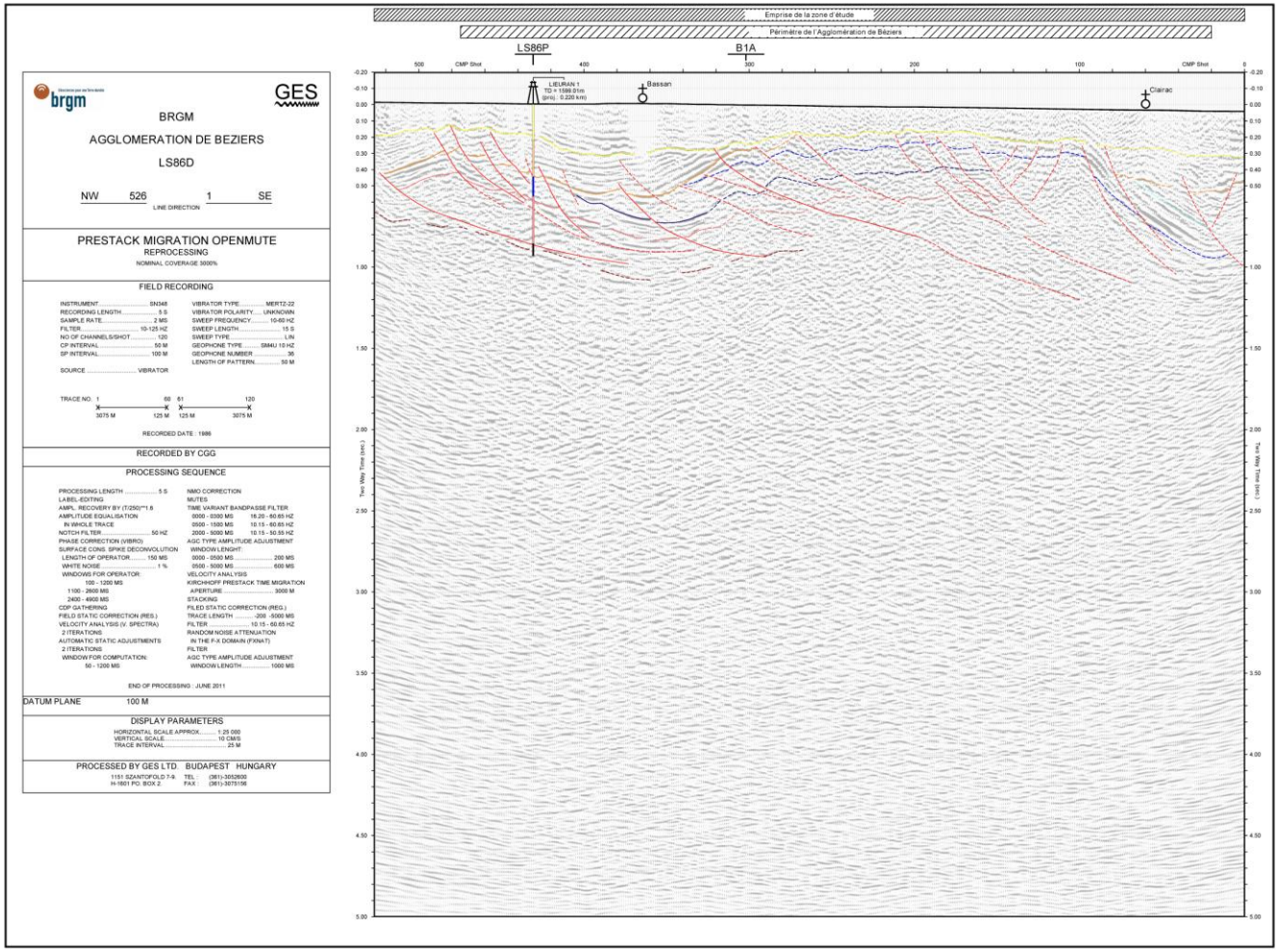


Planche 2B – Ligne sismique LS86D. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

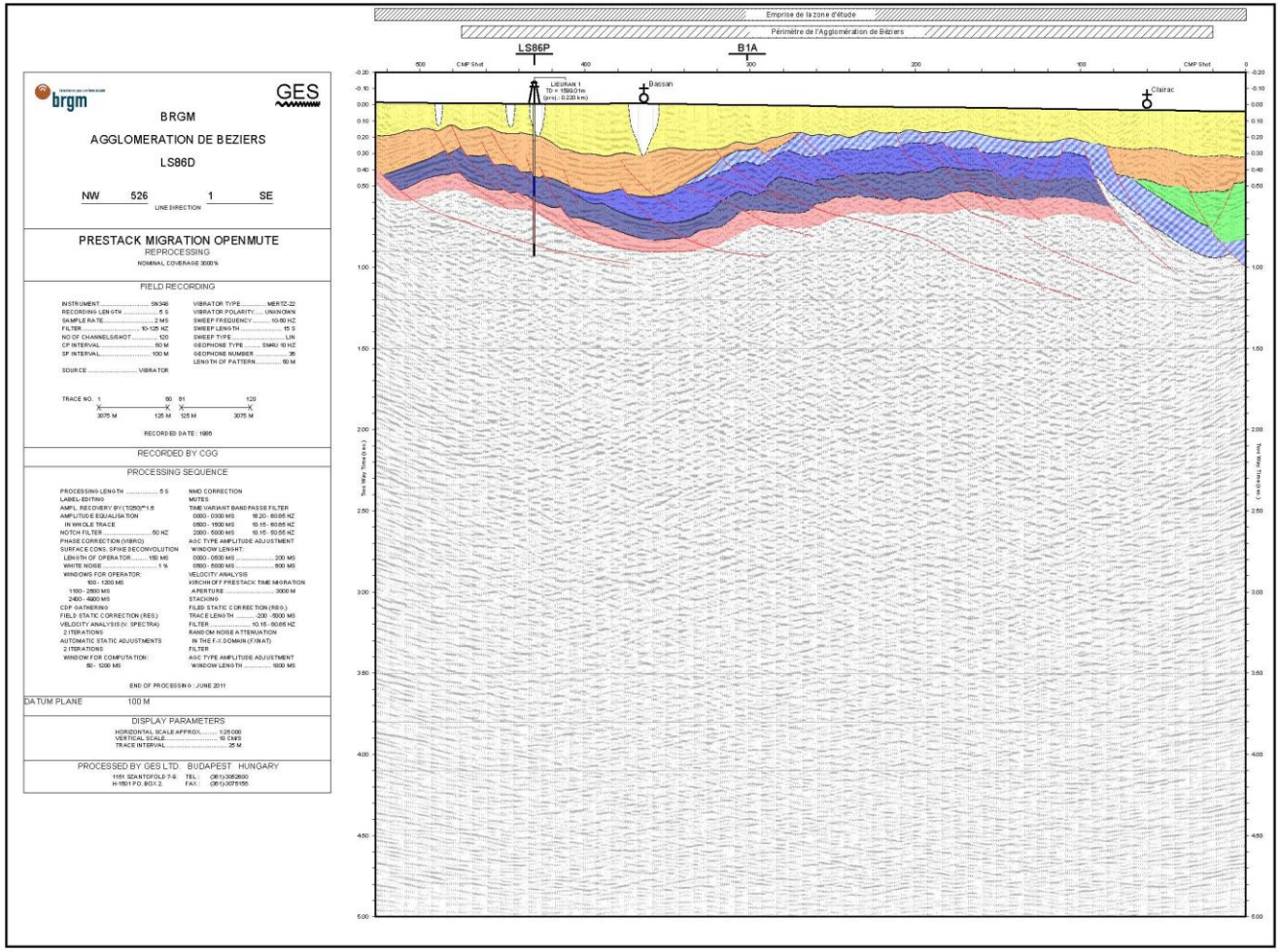


Planche 2C – Ligne sismique LS86D. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

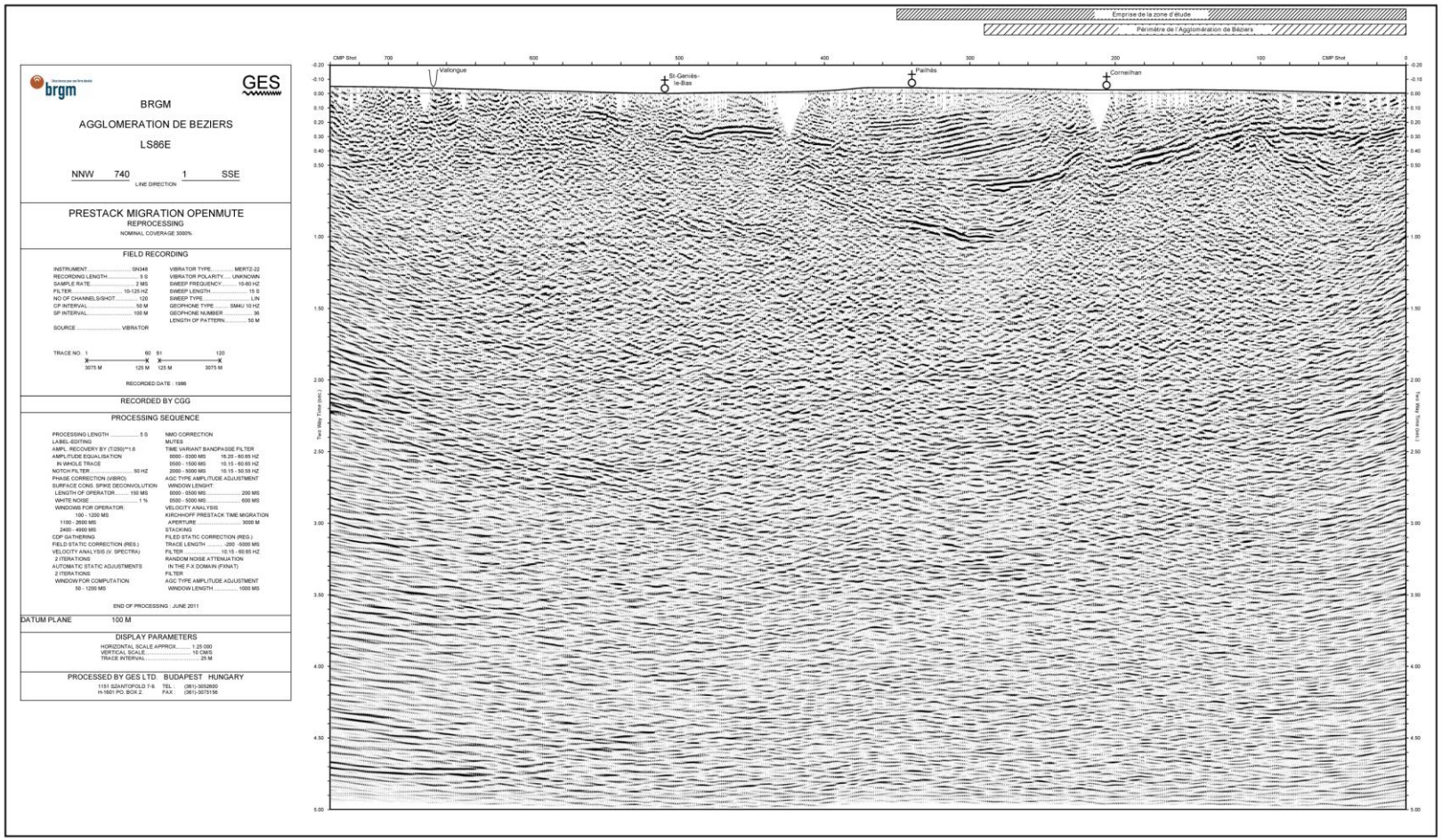


Planche 3A – Ligne sismique LS86E. Image sismique vierge en mode wiggle.

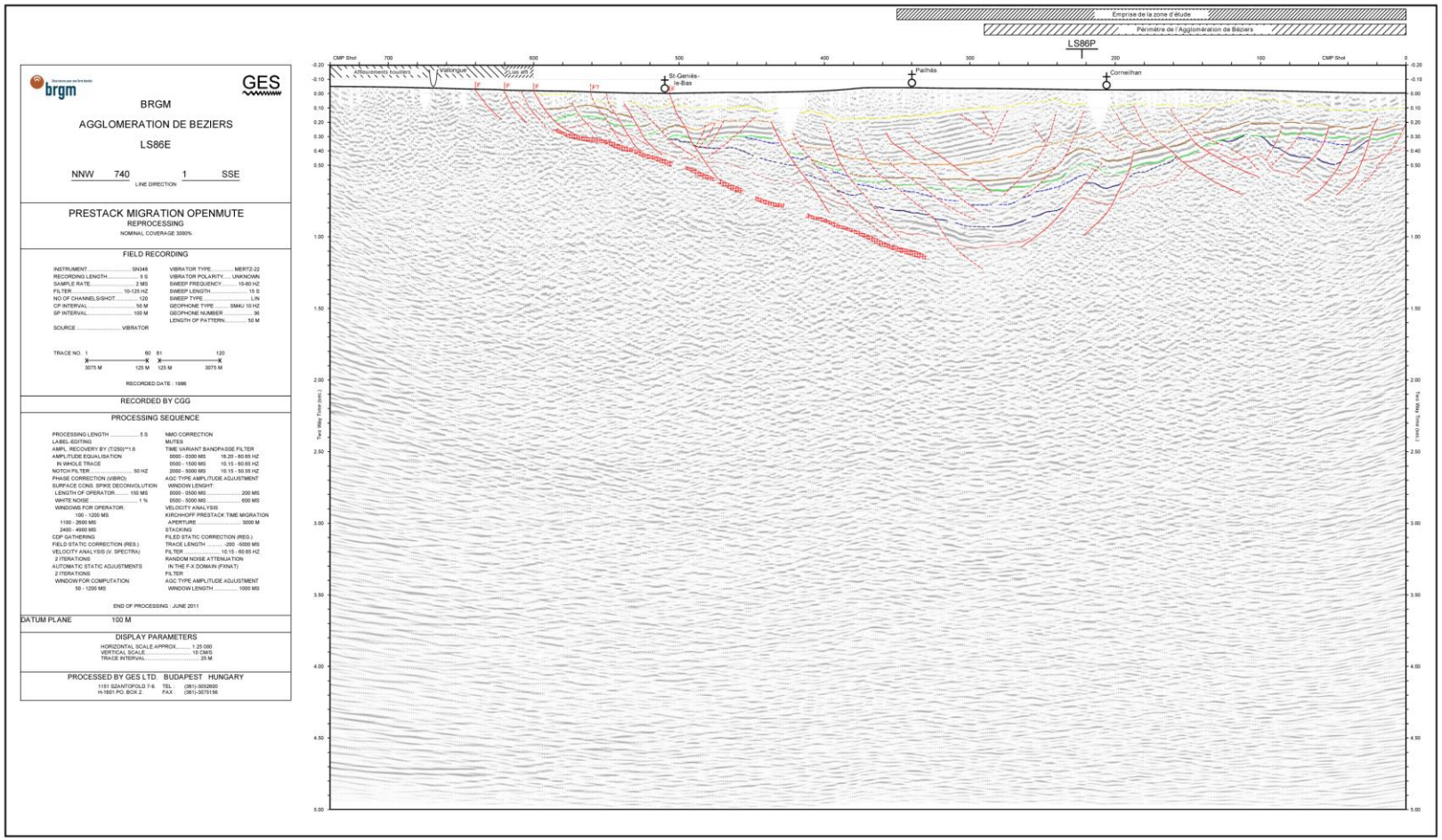


Planche 3B – Ligne sismique LS86E. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

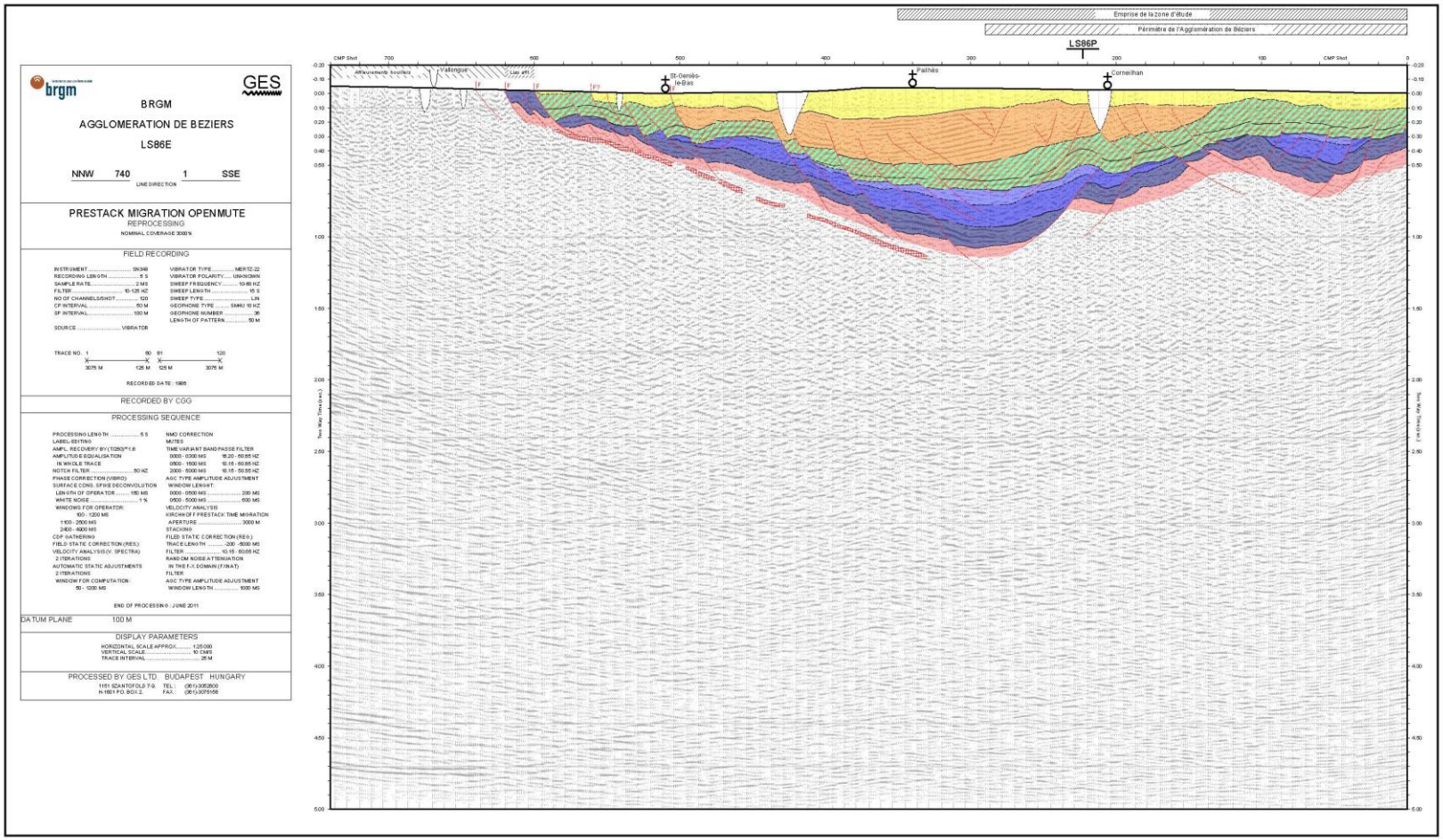


Planche 3C – Ligne sismique LS86E. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

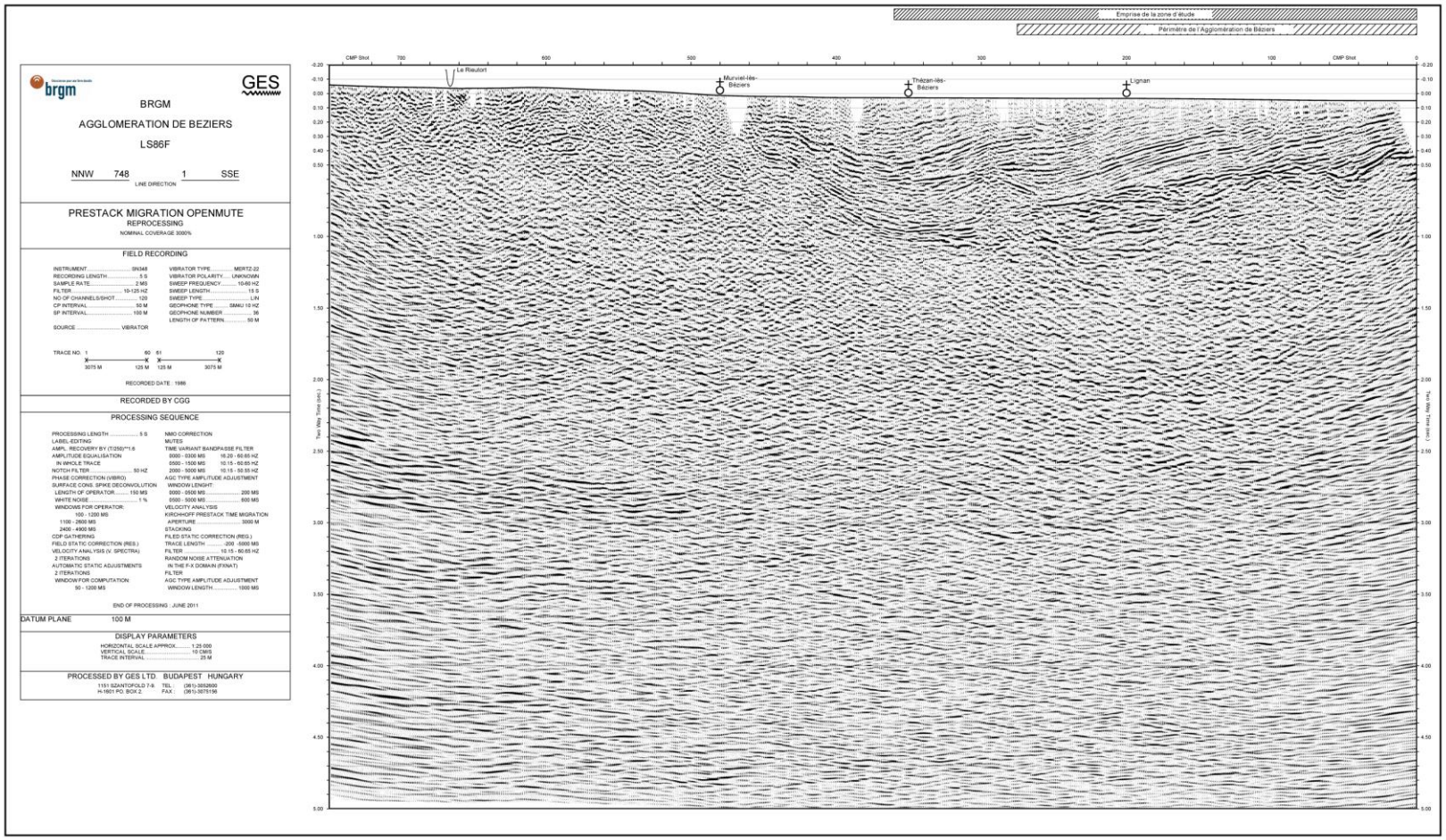


Planche 4A – Ligne sismique LS86F. Image sismique vierge en mode wiggle.

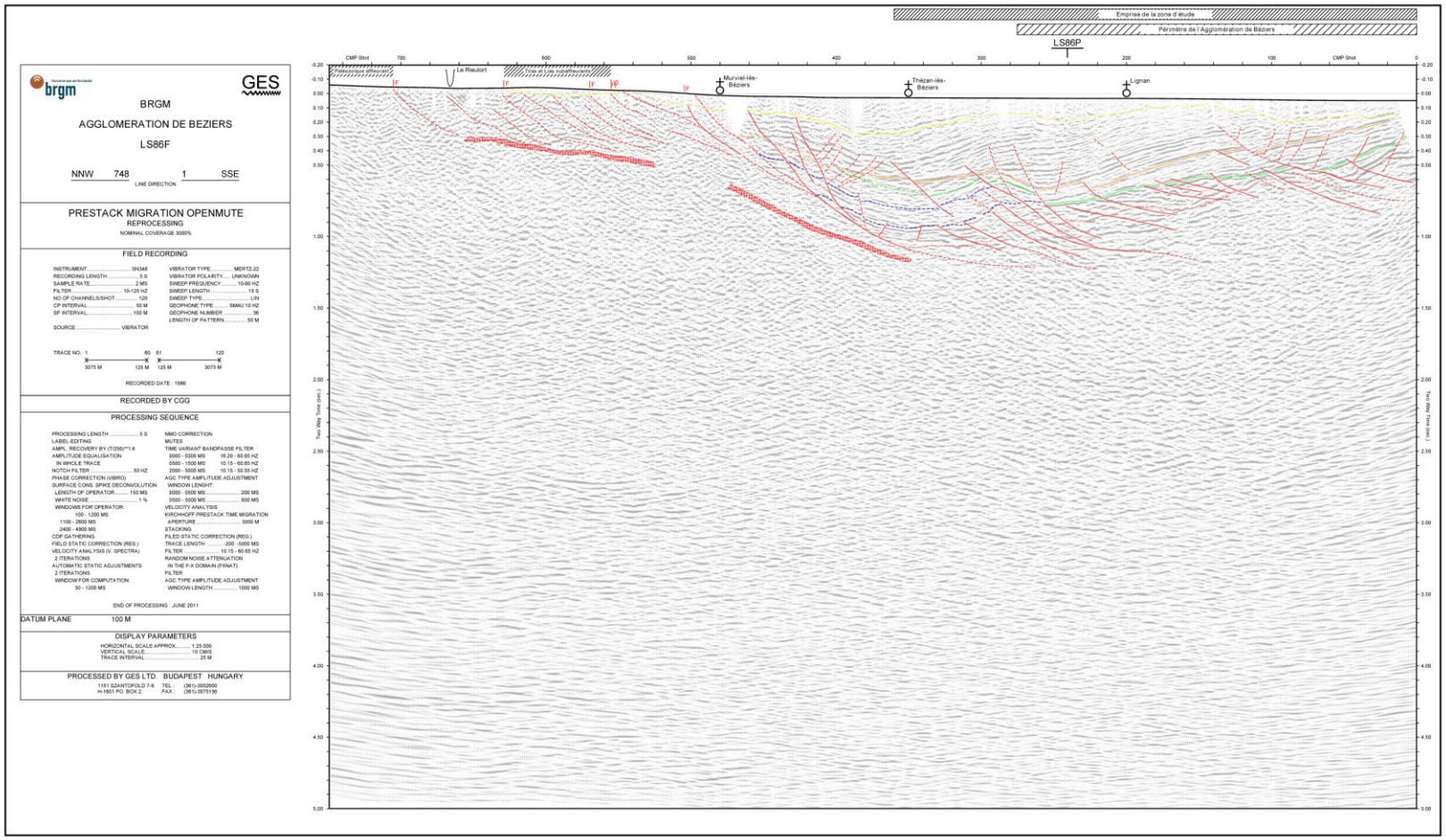


Planche 4B – Ligne sismique LS86F. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

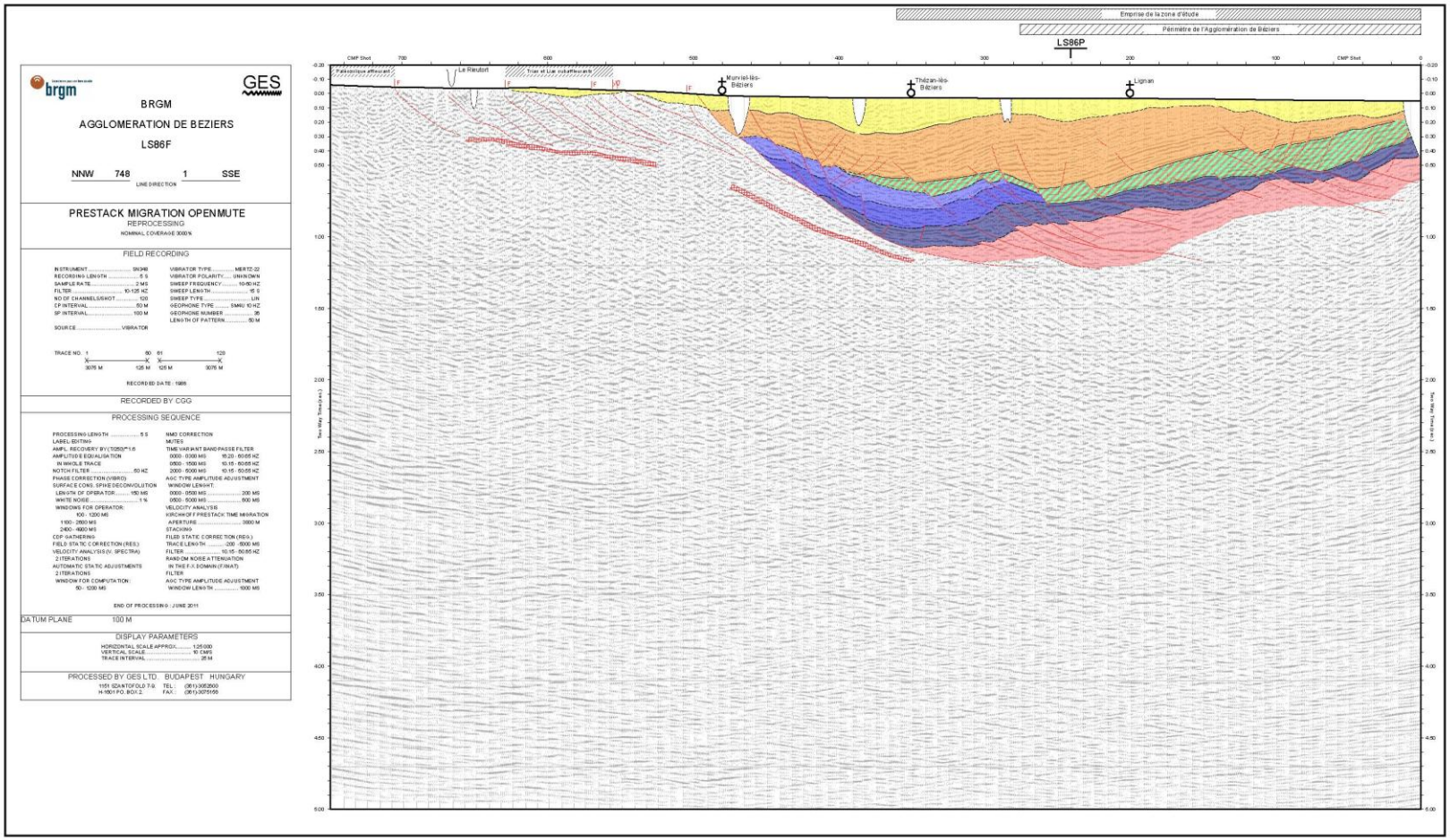


Planche 4C – Ligne sismique LS86F. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

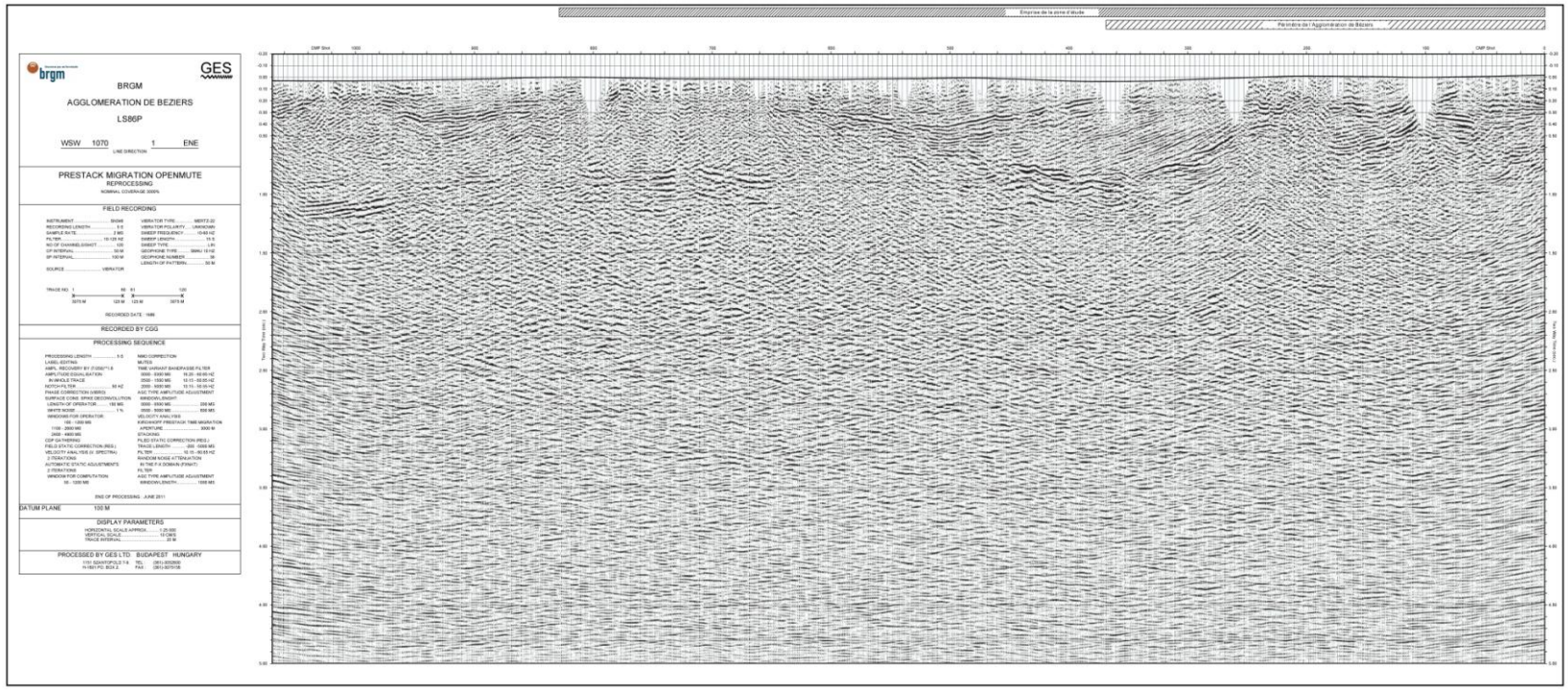


Planche 5A – Ligne sismique LS86P. Image sismique vierge en mode wiggle.

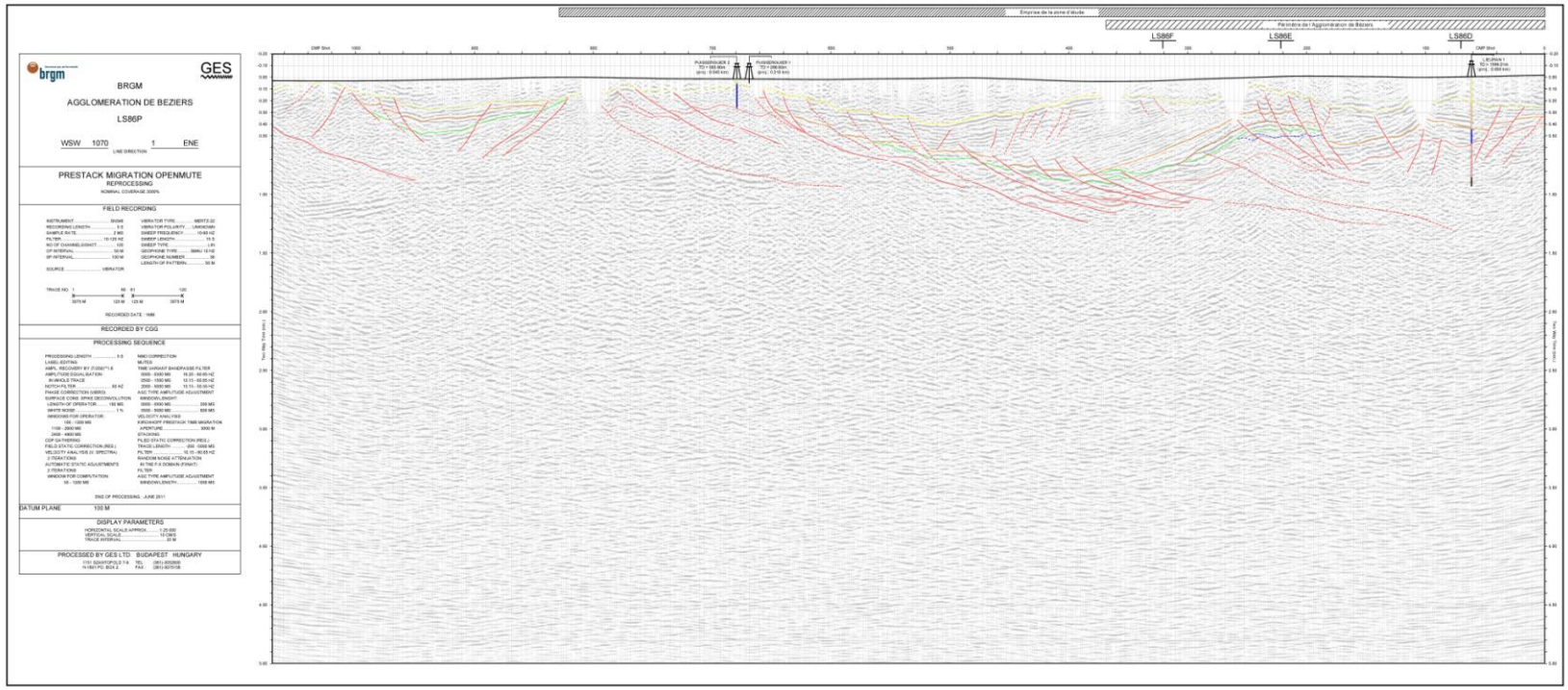


Planche 5B – Ligne sismique LS86P. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

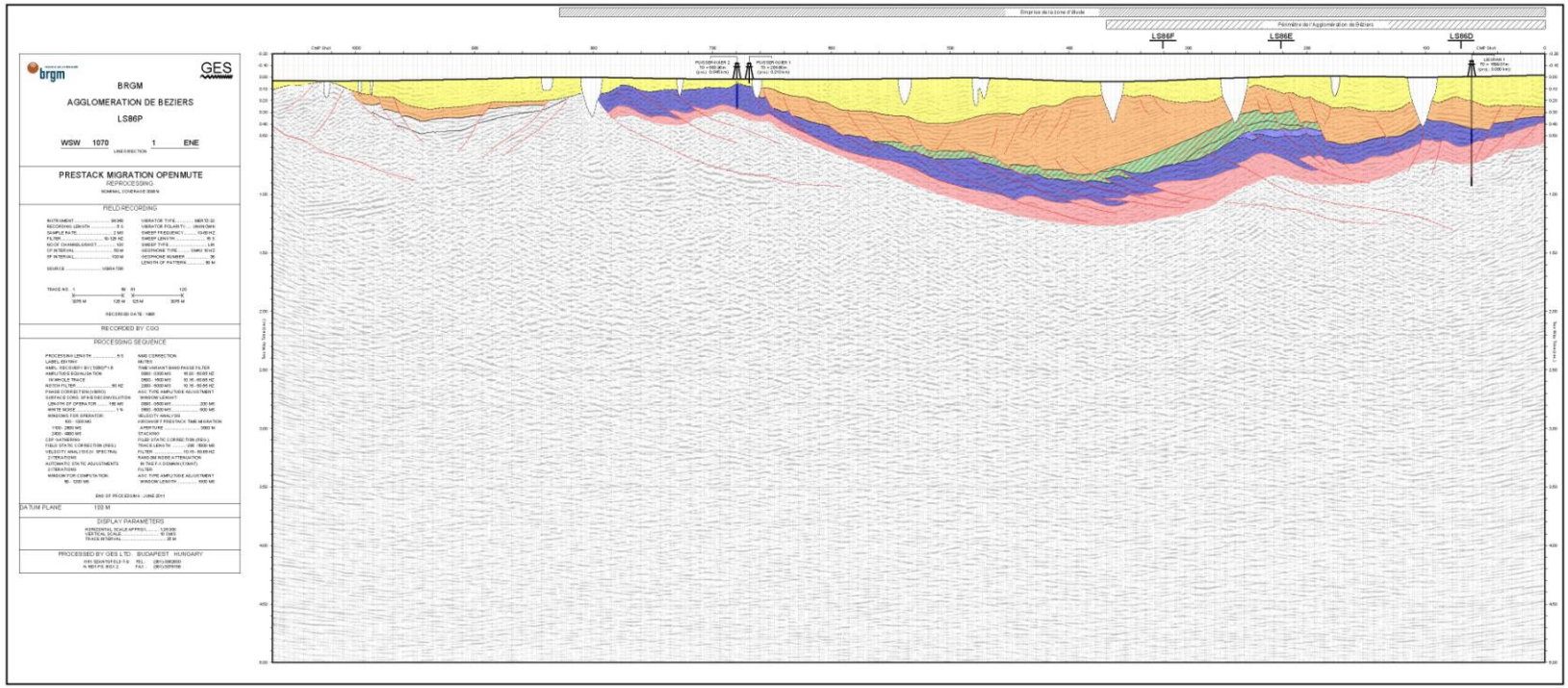


Planche 5C – Ligne sismique LS86P. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

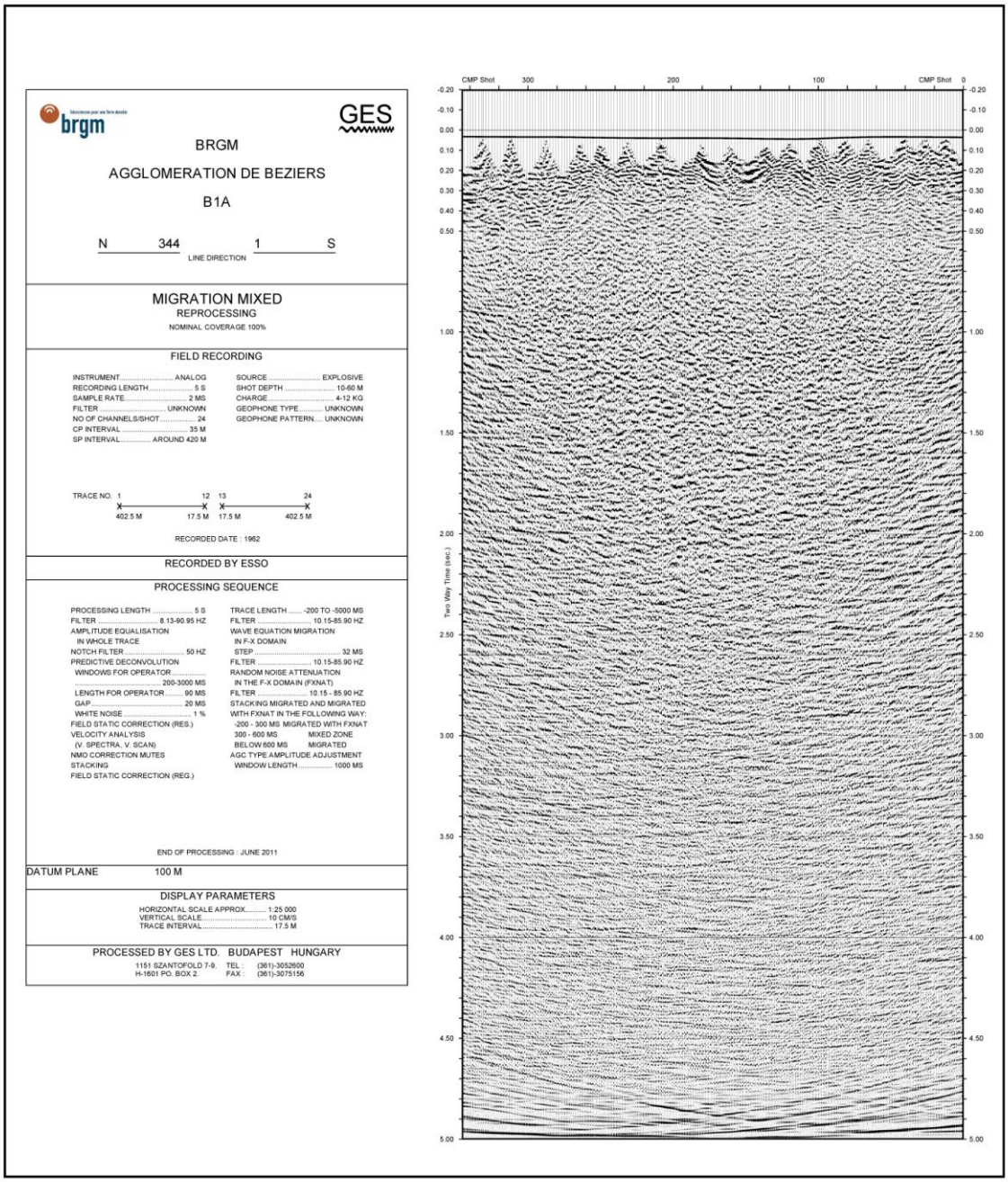


Planche 6A – Ligne sismique B1A. Image sismique vierge en mode wiggle.

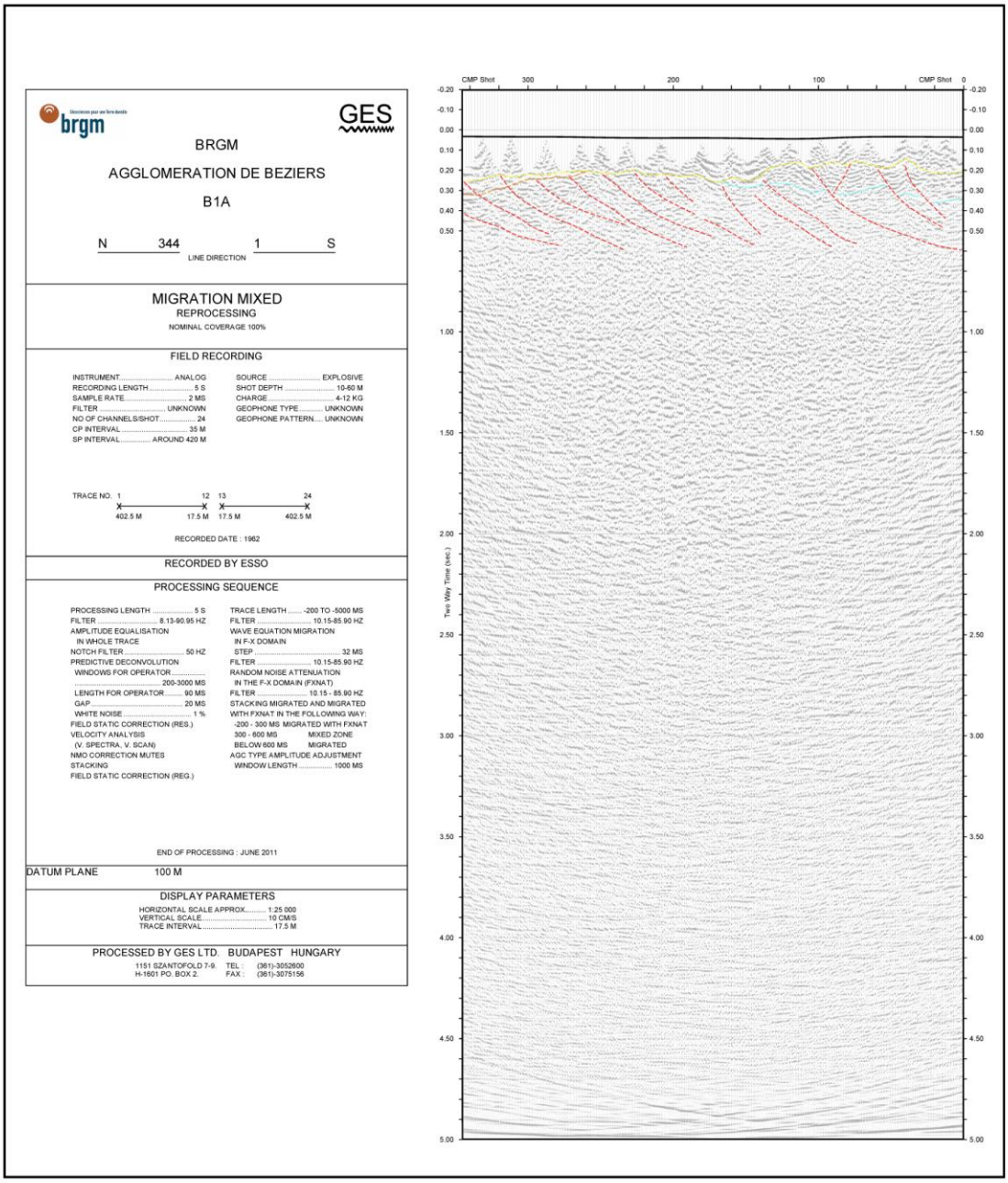


Planche 6B – Ligne sismique B1A. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

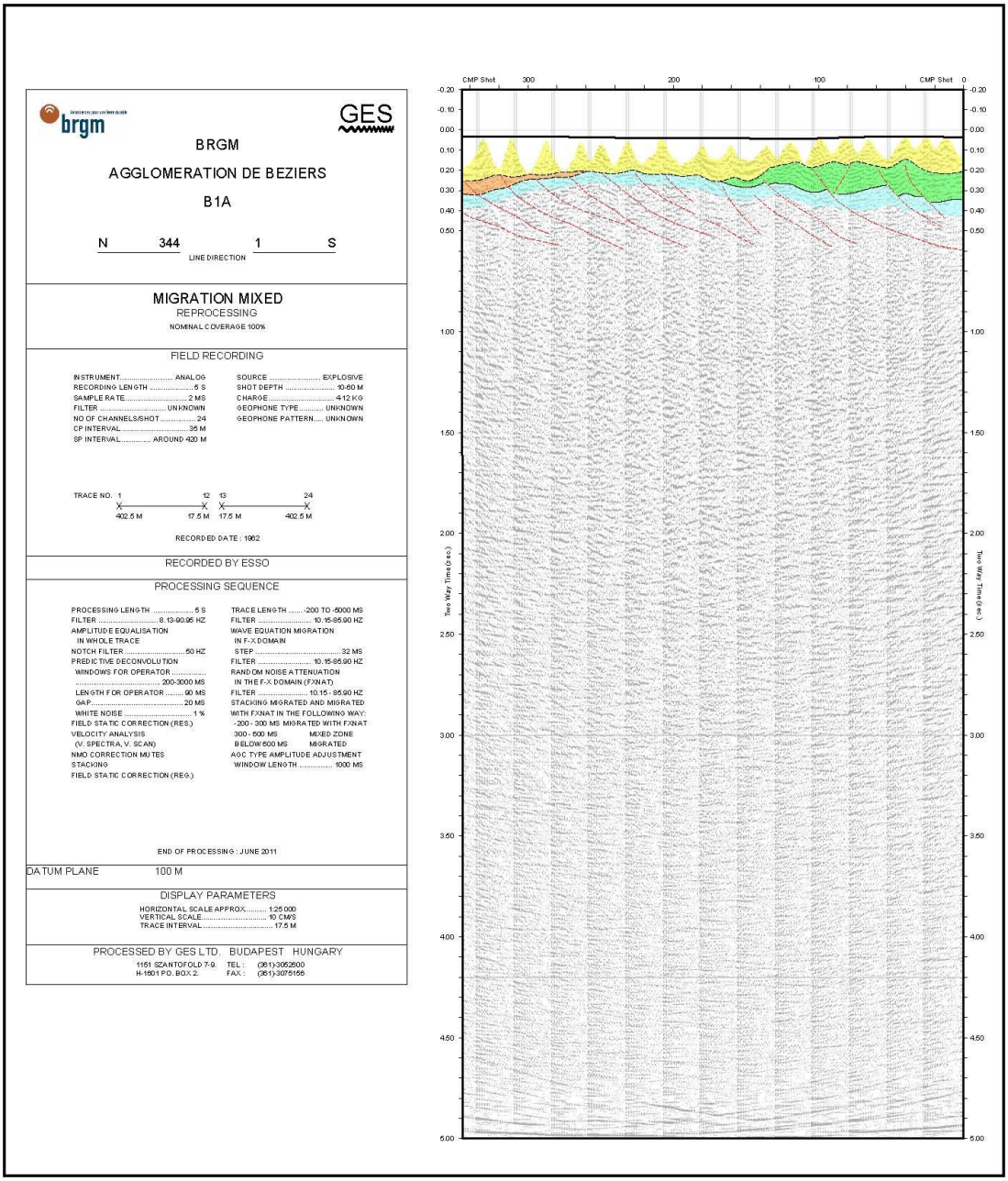


Planche 6C – Ligne sismique B1A. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

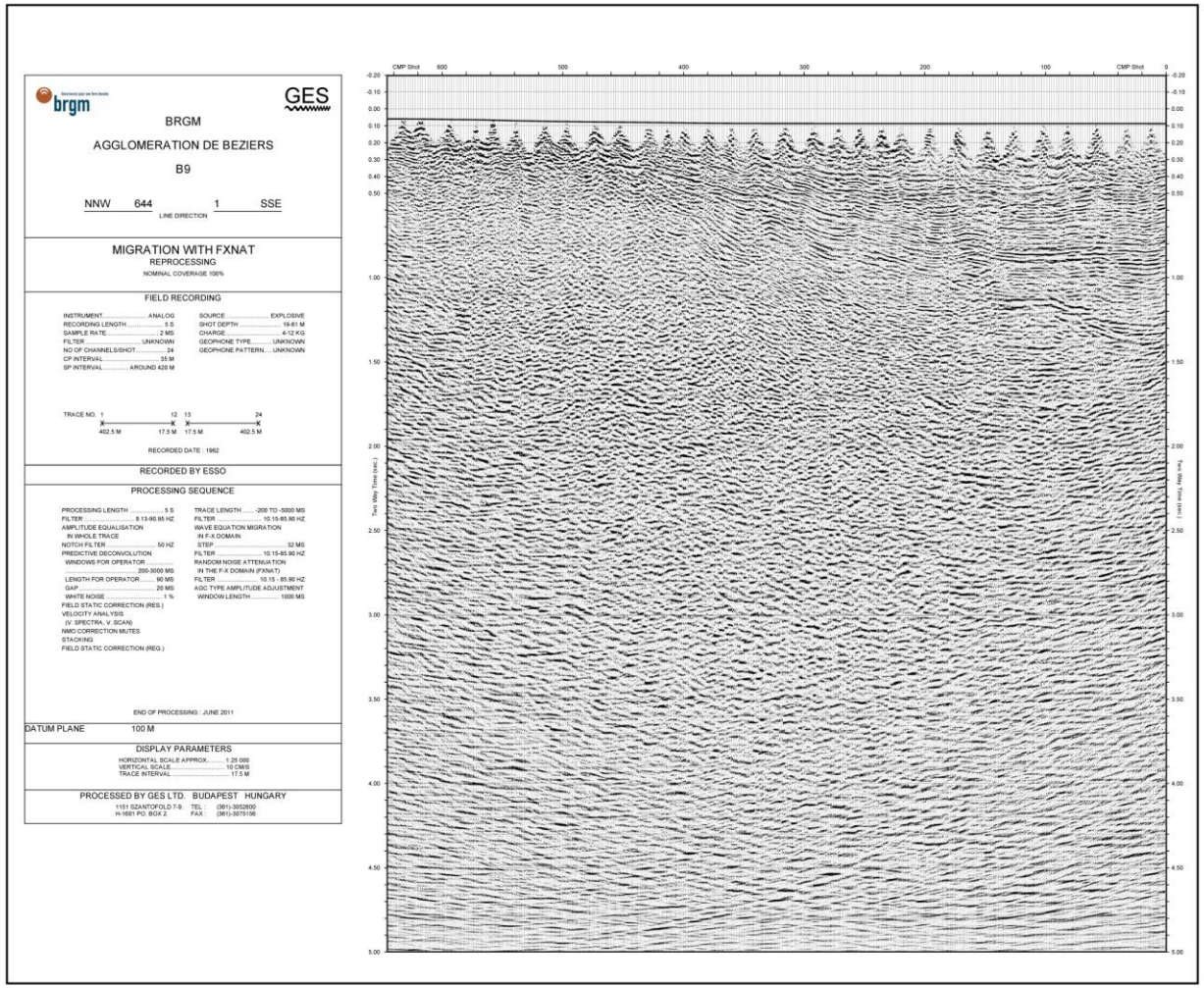


Planche 7A – Ligne sismique B9. Image sismique vierge en mode wiggle.

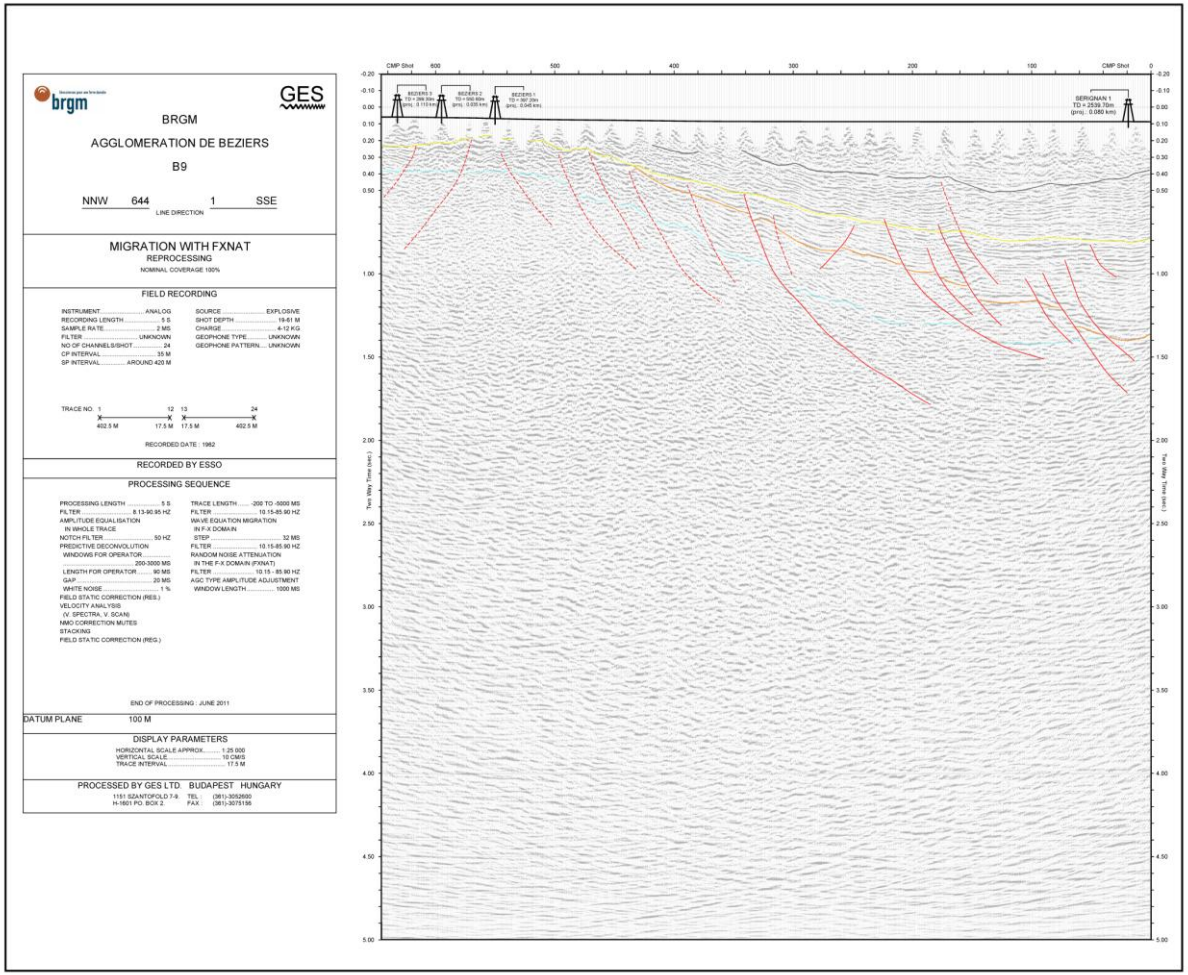


Planche 7B – Ligne sismique B9. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : pointé des principaux horizons géologiques identifiés et principales failles.

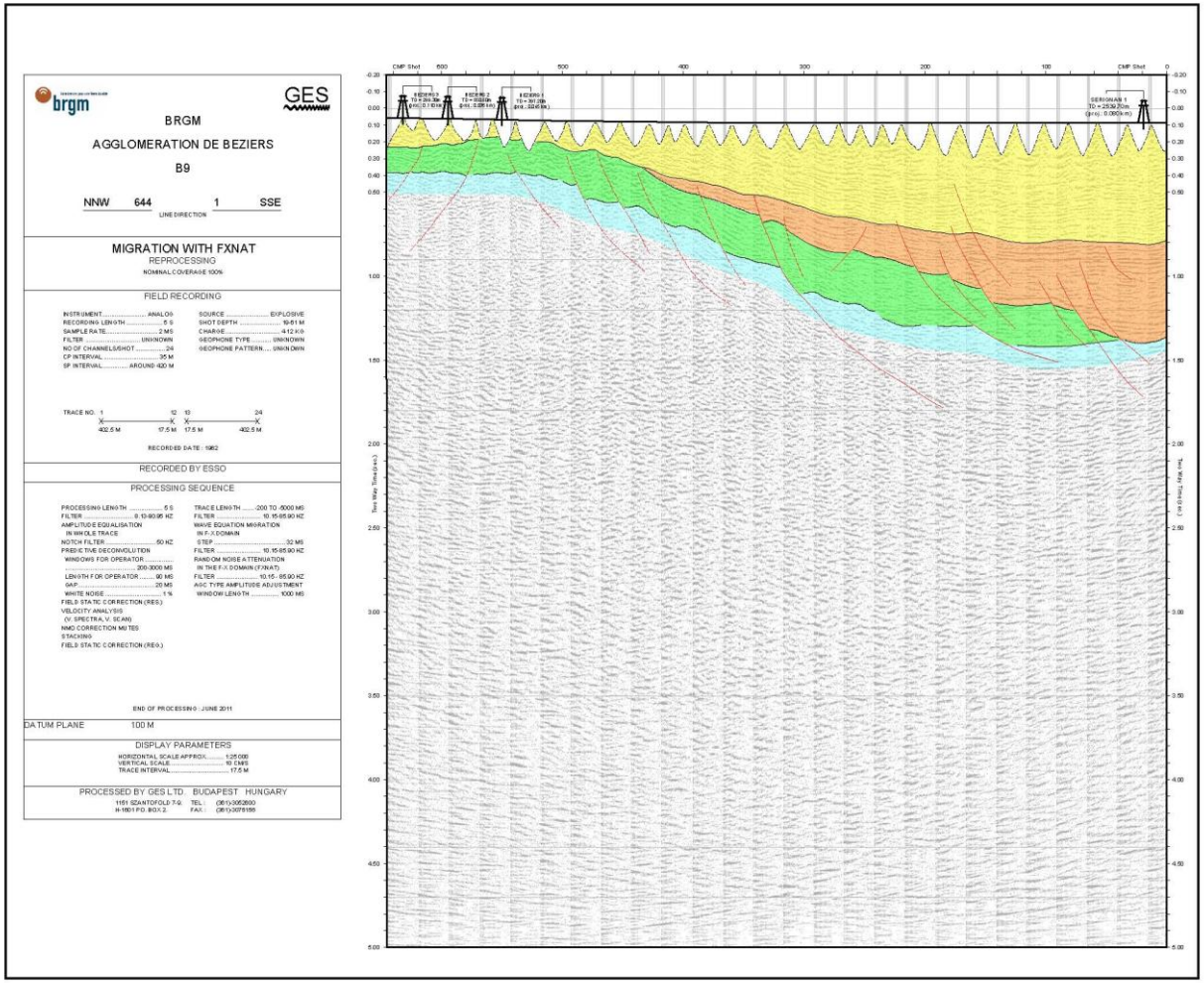


Planche 7C – Ligne sismique B9. Interprétation géologique de l'image sismique en mode wiggle : coupe sismique interprétative.

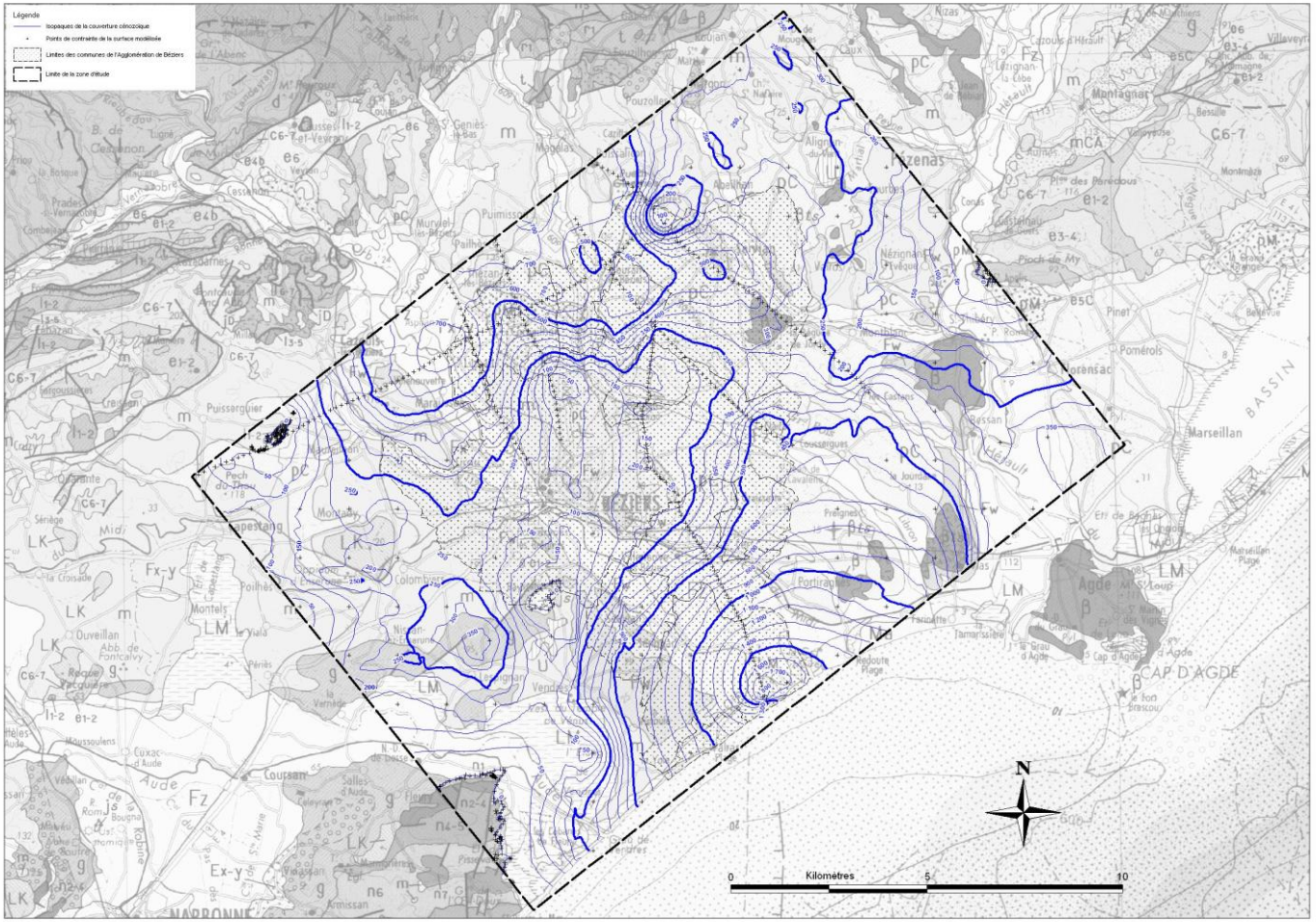


Planche 8 – Carte isopaque de la couverture cénozoïque, sur fond géologique à 1/250 000, avec report des points de contrainte utilisés pour la construction de la surface modélisée et localisation des limites de la zone d'étude et des communes de l'Agglomération de Béziers. Echelle : 1 / 130 000.

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Languedoc-Roussillon
1039 rue de Pinville
34000 – Montpellier - France
Tél. : 04 67 15 79 80