

## ACQUISITION ET TRAITEMENT EN SISMIQUE REFLEXION TERRESTRE

Une campagne sismique, comme toute campagne de prospection géophysique, comprend généralement trois étapes : l'acquisition des données, le traitement de l'information et l'interprétation.

### II.1- Acquisition des données sismiques (figure 14)

L'acquisition en sismique réflexion est obtenue par la mise en œuvre sur le terrain de systèmes d'émission, de détection et d'enregistrement appropriés.

- a. *Le dispositif d'émission* : Il permet de créer les ébranlements qui donnent naissance aux ondes sismiques. Les dispositifs les plus généralement utilisés sont les charges de dynamite et de vibroseis.
- b. *Les détecteurs sismiques* : l'appareil de détection du signal en onshore est appelé **géophone**. Il est constitué d'un capteur électromagnétique qui transforme les mouvements du sol en tension électrique.
- c. *Le dispositif d'enregistrement* : Il s'agit d'un laboratoire d'enregistrement numérique.



Figure14:(a) le dispositif d'émission ; (b) dispositif de détection ; (c) Le dispositif d'enregistrement

## II.2- Traitement du signal sismique :

Le traitement a pour objet la remise en forme de l'information sismique enregistrée sur le terrain, de manière à mettre en évidence les caractères géologiques du sous-sol.

Les bandes magnétiques du terrain sont expédiées au centre de traitement informatique où elles sont expiées, démultiplexées, et mises en forme sous un format compatible avec l'ordinateur utilisé. Outre un certain nombre d'opérations supplémentaires comme les corrélations des signaux longs en vibrosismique et les filtrages avant et après sommation, la séquence normale de traitement comprend : la récupération du gain, la déconvolution, les corrections statiques, la mise en collection de points miroirs, l'analyse des vitesses, la correction des indicatrices, la sommation en points milieux communs, la déconvolution après sommation, et éventuellement la migration. Après traitement les traces sismiques sont rejouées et assemblées sous forme de sections en aire variable de manière à représenter au mieux les caractères géologiques du sous-sol.

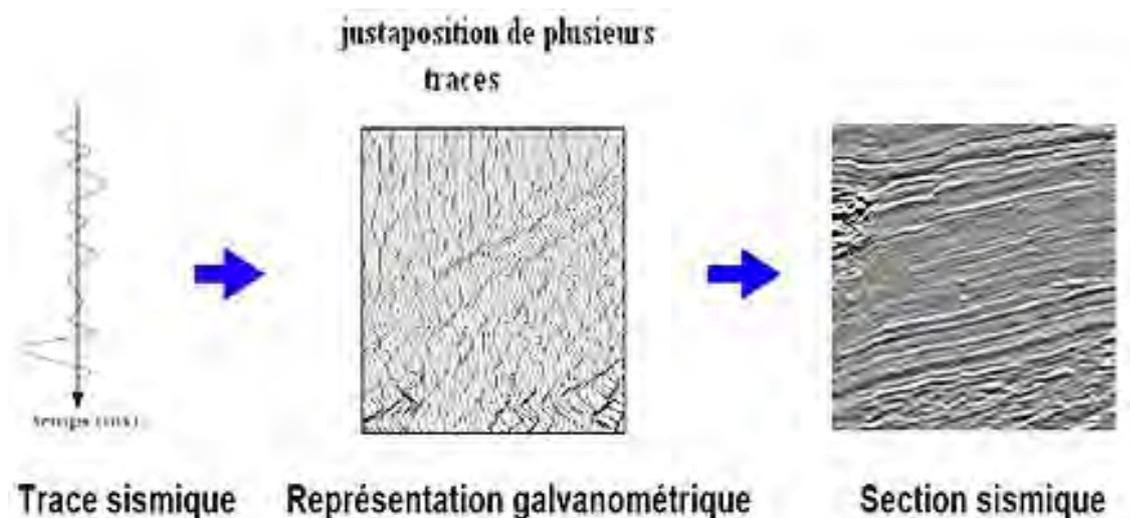


Figure 15: Représentation de la sismique réflexion à deux dimensions (2D).

## PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

### **Chapitre 4 : EXPLOITATION DES DONNEES ET RESULTAT L'ETUDE**

#### **I. EXPLOITATION DES DONNEES**

Cette partie consiste à analyser l'ensemble des données dont nous disposons dans le secteur du point de vue qualitatif.

Les données sismiques utilisées dans cette étude appartiennent à deux campagnes sismiques :

- la campagne de Shell entre 1971 et 1973.
- la campagne de Petro-Canada de 1990.

La localisation de ces campagnes est indiquée dans la figure 16.

Tableau 2: Position géographique des puits dans le secteur.

FORAGES	COORDONNEES UTM				REGION
	X	Y	Z sol	Z tir (m)	
<b>NEMA DING (NGF-1)</b>	343.550	1516.650	28	30,80	SOKONE
<b>NDOFANE (Nd-1)</b>	399.000	1547.750	25	29,50	SALOUM
<b>DIOURBEL (DL-1)</b>	371.640	1615170	16	19,90	DIOURBEL
<b>KOLOBANE (Kb-1)</b>	414.000	1.615.600	34	24,40	DIOURBEL

#### **I.1. Le paramètre d'acquisition et de traitement des données**

##### **1.1 Les données de Shell :**

La campagne de Shell réalisée entre 1971 et 1973 a été tirée par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG). C'est une acquisition en couverture multiple avec les paramètres suivants :

Tableau 3 : Paramètre d'acquisition des données de Shell.

Source	Dynamite
Nombre de traces	48 traces
Distance entre traces	100 m.
Distance entre points de tir	100 m.
Couverture	2400%
Longueur d'enregistrement	5 secondes
Pas d'échantillonnage	2 ms
Dispositif	Tir au centre

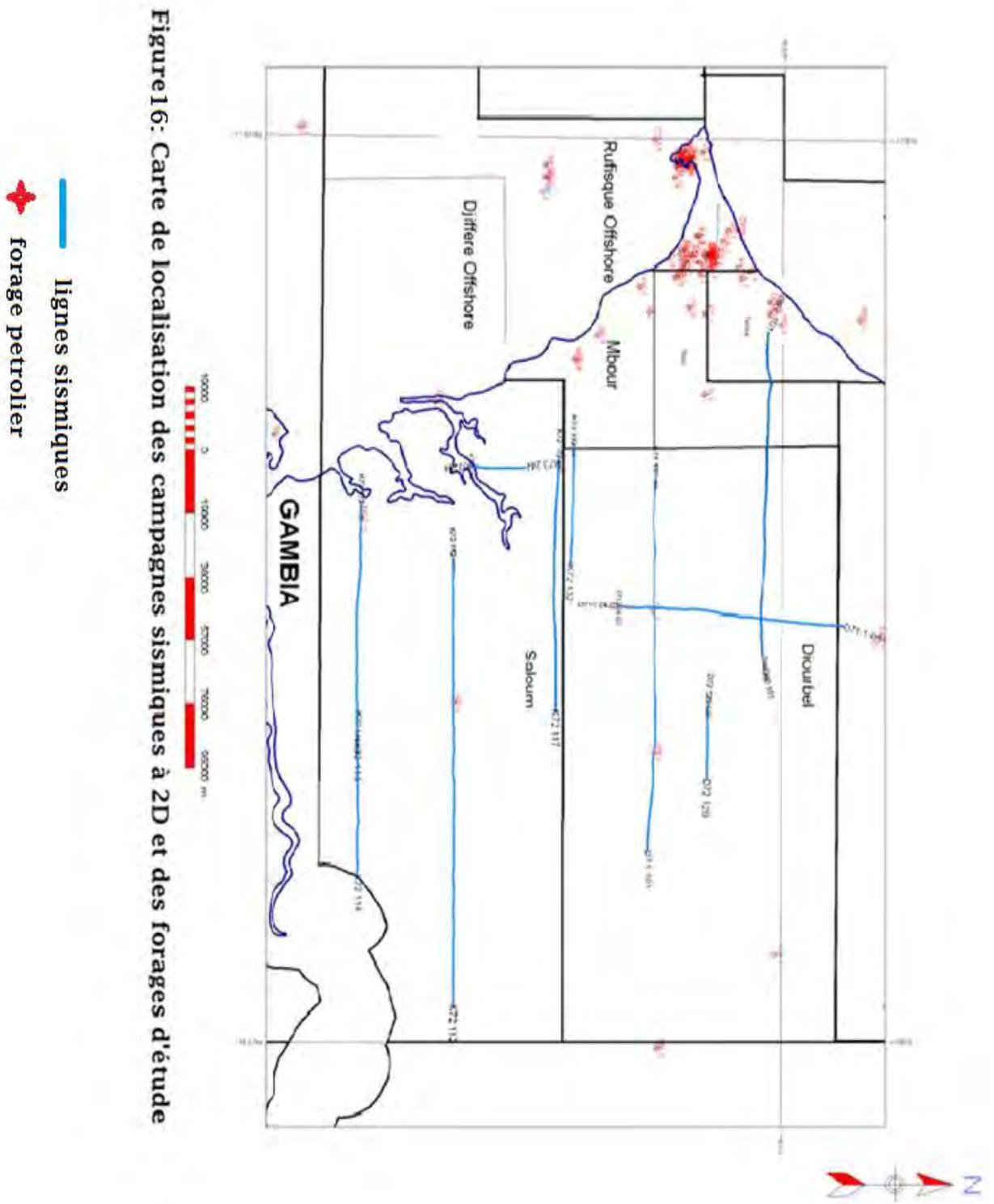


Figure 16: Carte de localisation des campagnes sismiques à 2D et des forages d'étude

### Le traitement des données de SHELL

Un premier traitement sismique a été effectué par Shell 1973.

En 1988, PETROSEN et son partenaire SEISTEX ont entrepris un retraitement des données, qui a permis d'améliorer considérablement la qualité des sections.

#### 1.2. Les données de Petro-Canada

En 1990, dans le cadre de la coopération entre PETROSEN et Petro-Canada, 500 km de lignes sismiques avaient été acquises par Airbone Geophysical. L'enregistrement a été réalisé entre 1990 et 1991 par la méthode du Vibroseis (camions vibrateurs).

Tableau 4 : Paramètre d'acquisition des données Petro-Canada

Source	Vibrateur
Nombre de traces	240 traces
Distance entre traces	30 m.
Distance entre points de tir	120 m.
Couverture	2400%
Longueur d'enregistrement	5 secondes
Pas d'échantillonnage	2 ms
dispositif	Tir au centre

#### Traitement des données de Petro-canada

Le traitement des données fut effectué par Seismic Data Processor LTD au Canada.

Cependant, ce traitement semble être mal fait car sur les sections sismiques apparaissent des phénomènes de bombement des horizons.

#### **I.2- Qualité des données**

Une bonne acquisition et un bon traitement de l'information sismique sont essentiels pour avoir des images de bonne qualité donc facile à interpréter. L'image obtenue sur les sections sismiques représente à la fois l'information sismique se réfléchissant sur les différentes limites acoustiques (signal utile), mais également des anomalies de vitesse telles que les réflexions multiples, les ondes réfractées, les ondes de surface, les diffractions ainsi que des bruits de toutes sortes.

Les images des sections sismiques sont plus ou moins variables selon le type de source choisi. En effet, le contenu fréquentiel et l'énergie des amplitudes varient d'une campagne à l'autre. Par exemple, les données de Petro-Canada acquises par la méthode vibroseis, ont un contenu fréquentiel nettement plus élevé mais des amplitudes moins énergétiques (Figure 17). Ceci peut être causé par des « sweep » (train d'onde) envoyés par les vibroseis avec des fréquences élevées qui sont vite filtrées par le sous-sol.

Par contre les données de Shell obtenues avec de la dynamite montrent des images de meilleures qualités même si certaines restent à désirer (Figure 18).

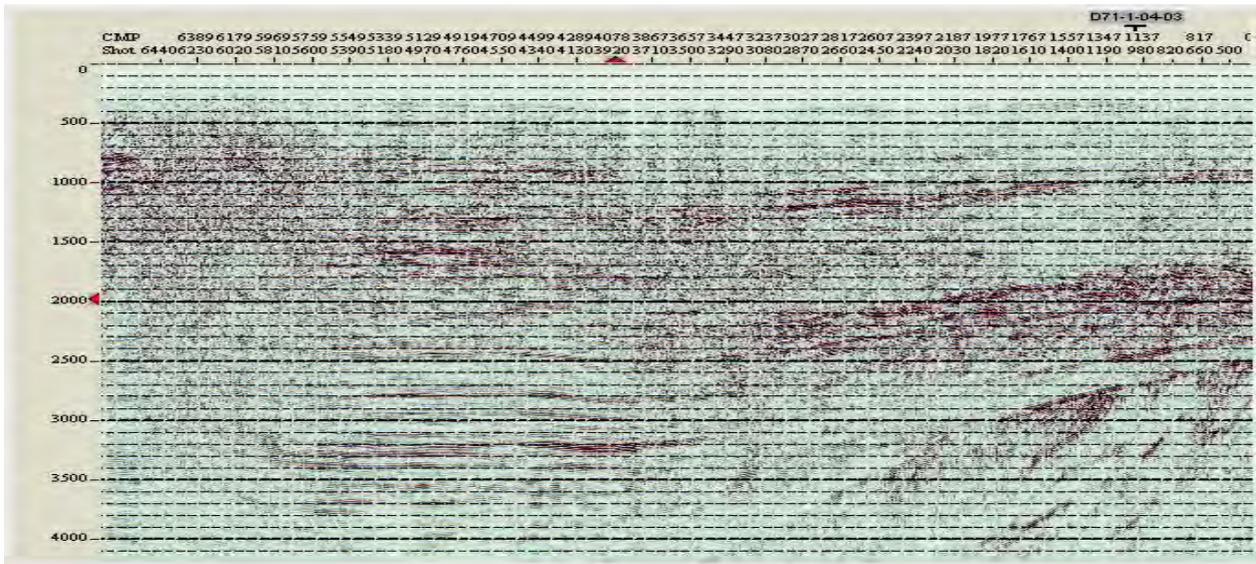


Figure 17: section sismique obtenue avec Vibroseis lors de la campagne de Petro canada (Petrosen, 1990).

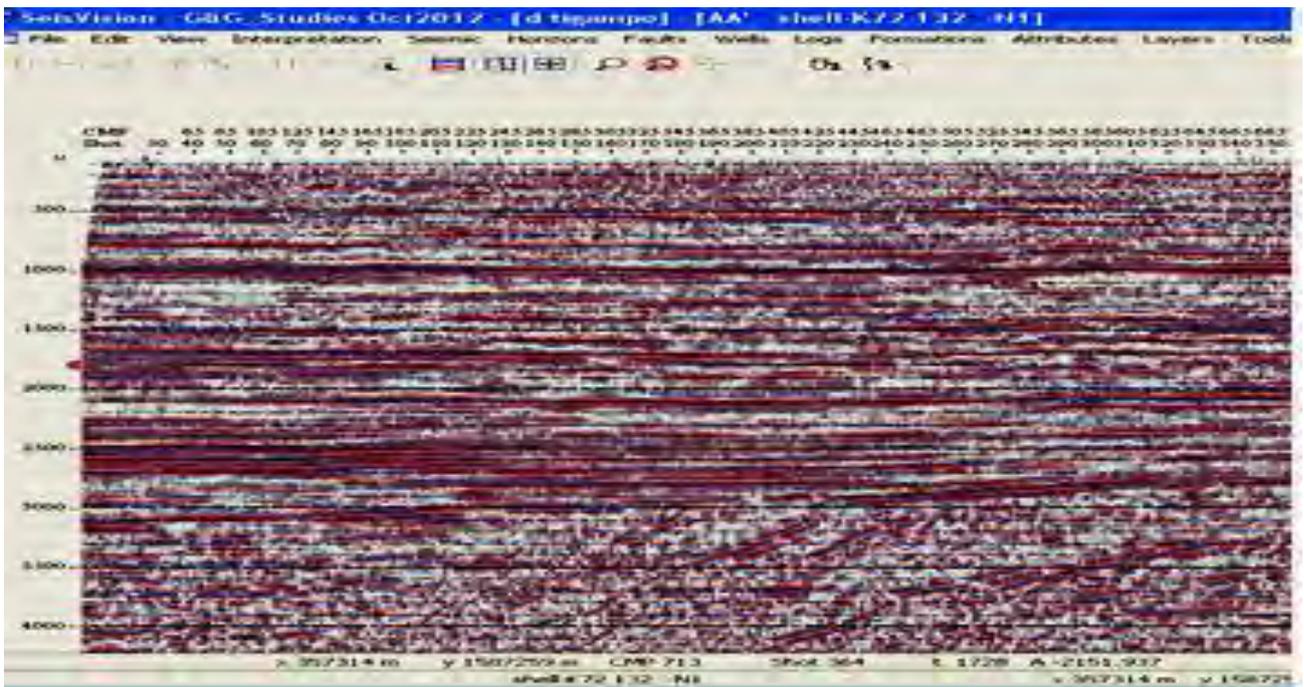


Figure 18 : section sismique obtenue avec dynamite lors de la campagne de Shell (PETROSEN, 1971).

## II. EXPLOIATION DES RESULTATS DE L'ETUDE

Cette partie consiste à interpréter les données sismiques en faisant la synthèse des données géologiques, géophysiques et de forages en vue de déduire des modèles raisonnables et prédire les propriétés et les structures du sous-sol.

Ainsi, l'interprétation des données sismiques correspond à une phase d'interprétation structurale et une phase d'interprétation stratigraphique ou sismostratigraphique.

L'interprétation structurale permet d'analyser les variations de la forme de réflexion en fonction des propriétés pétrophysiques des assises géologiques.

Elle a pour objectif la cartographie et la reconnaissance des niveaux à potentiels pétroliers dans le secteur.

L'interprétation sismostratigraphique a pour but l'analyse des séquences sismiques et la reconnaissance des unités de faciès sismiques.

Pour ces différentes interprétations, nous avons utilisé deux types de logiciel d'interprétation des données géologiques et géophysiques dénommés, « Géographix » et « Kingdom Suite ».

Le premier est composé de plusieurs modules dont les plus sollicités dans ce travail sont :

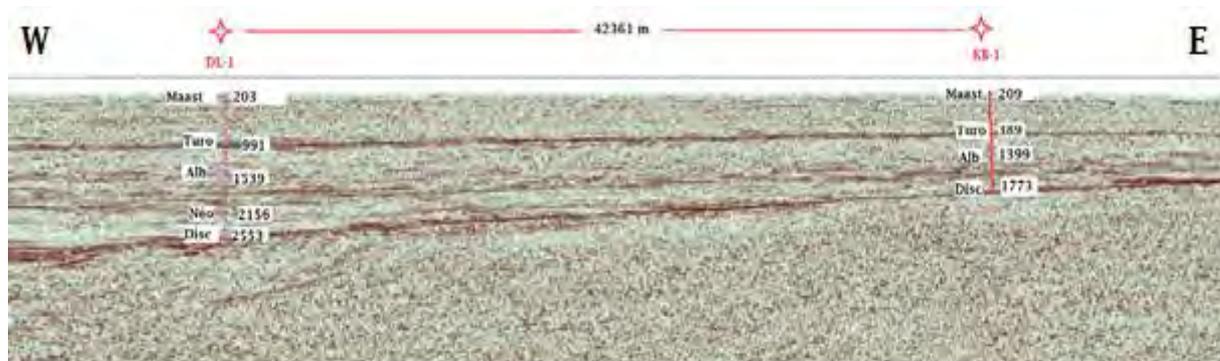
- « Wellbase » qui contient la base des données de puits ;
- « Prizm » pour l'interprétation et l'analyse des données diagraphiques ;
- « Xsection » qui permet la corrélation des puits ;
- « Seisvision » pour l'interprétation des données sismiques ;
- « GeoAtlas » qui permet la cartographie.

Les modules 2D/3D Pack et VuPack ont été utilisés pour le logiciel « Kingdom Suite »

### II.1. Méthodologie de l'étude

#### I.a. Le calage des toits des étages

C'est une technique qui consiste à identifier sur les sections sismiques les différentes unités lithostratigraphiques (lithofaciès) en se basant sur les données de forage (diagraphies et carottages sismiques) dans la zone. Ainsi, grâce aux carottages sismiques, nous avons pu faire la conversion temps/profondeur ;  $t = f(p)$  avec  $V_{m(tr)} = V_0 + aP$  ; (m/s) et  $P = (\text{Horizon} * 0,5 * V_c) / 1000$ .



**Figure19:** Section sismique Shell-D71-101 montrant le calage des forages DL-1 et KB-1.

Tableau4 : Les tableaux résumant les calculs effectués pour les besoins du calage.

FORAGE DE DIOURBEL (DL-1)				
ETAGES	Profondeur (m)	Vitesse (m/s)	Temps double (ms)	Vitesse Corrigée (m/s)
Maastrichtien	212	2206	203	1950
Sénonien	515	2222	406	2121
Cénomano-Turonien	1012	2329	991	2322
Albien	1555	2540	1538	2554
Discordance	4103	-	2545	-

PUITS DE KOLOBANE (KB-1)				
ETAGES	Profondeur(m)	Vitesse (m/s)	Temps double (ms)	Vitesse Corrigée (m/s)
Maastrichtien	217	1080	209	1863
Sénonien	437	1430	389	2121
Cénomano-Turonien	804	1850	766	2322
Albien	1640	2350	1399	2554
Discordance	2481	-	1773	-

PUITS DE NDOFANE (ND-1)				
ETAGES	Profondeur tir (m)	Vitesse (m/s)	Temps double (ms)	Vitesse Corrigée (m/s)
Maastrichtien	271	1954	269	1863
Sénonien	600	2056	546	2121
Cénomano-Turonien	968	2162	1004	2322
Albien	1605	2309	1574	2554
Discordance	3458	-	2415	-

PUITS DE NEMA DING (NgF-1)				
ETAGES	Profondeur tir(m)	Vitesse (m/s)	Temps double (ms)	Vitesse Corrigée (m/s)
Maastrichtien	467	2110	460	1863
Sénonien	852	2250	796	2121
Cénomano-Turonien	1401	2300	1350	2322
Albien	1801	-	2020	2554
Discordance	-	-	3427	-



### 1. b- Le pointé de toits des horizons:

La technique utilisée au cours de ce pointé de toits des horizons est principalement manuelle. Une fois les miroirs identifiés et les horizons fixés par le calage, il est possible de marquer les toits des différents étages par pointage. Cependant, pour les sections sismiques qui ne passent pas au droit de forages et qui ne croisent pas avec d'autres lignes, nous avons utilisé une ligne de base pour effectuer le pointé de ces lignes sismiques.

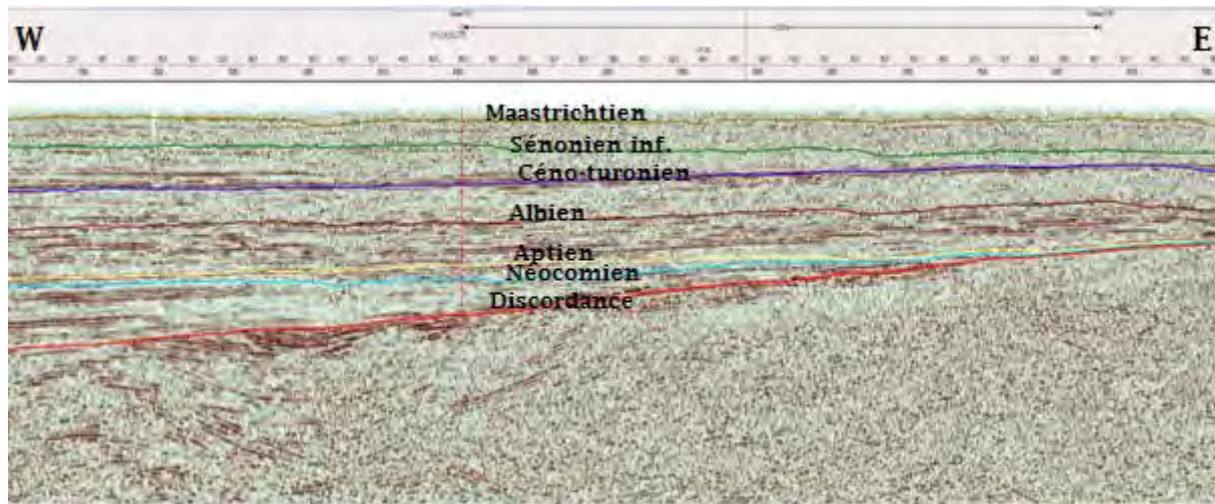


Figure 20: Section sismique montrant le pointé de toits des horizons sismiques dans le secteur

### II.2. Interprétation des résultats sismostratigraphique

La sismostratigraphie désigne une étude comparée entre les enregistrements sismiques et les sondages sur les marges continentales actuelles et fossiles (Vail et al. 1977).

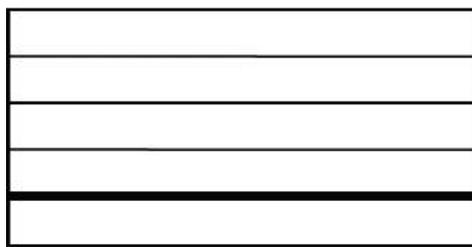
L'unité de base en sismostratigraphie est la séquence génétique de dépôt. Cette séquence correspond à un ensemble sédimentaire dont la répartition de dépôt est contrôlée par les variations eustatiques et/ou tectoniques et les limites sont les surfaces de discontinuité. Ainsi, l'interprétation sismostratigraphique a pour but d'analyser ces séquences sismiques et d'identifier les unités sismostratigraphiques sur les sections sismiques afin d'en déduire un modèle géologique cohérent.

A l'intérieur des unités sismiques, la configuration des réflexions peut apporter des informations essentielles sur les conditions de dépôts appelés faciès sismique.

Par conséquent, avant d'entamer l'interprétation, nous allons définir quelques notions sismostratigraphiques.

2.1. Définition de quelques notions sismostratigraphiques :

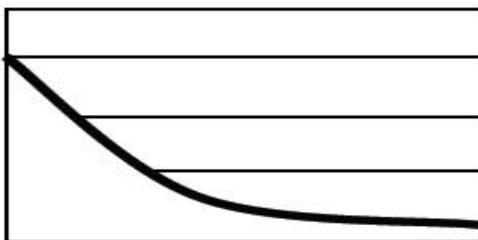
- *Une séquence sismique* : une unité sédimentaire chrono stratigraphique, limitée à la base et au sommet par des discordances ou par leur évolution latérale (Exxon, 1977).
- *Un faciès sismique* : est l'ensemble des caractères d'un groupe relativement homogène de réflexions sismiques liées à un même ensemble sédimentaire.
- *Un horizon sismique* : correspond à l'interface entre deux couches géologiques présentant une différence d'impédance acoustique, donc sur laquelle se réfléchissent les ondes sonores. Sur la section sismique, il correspond le plus souvent à une ligne de temps.
- *Un onlap* : c'est une relation discordante entre un ensemble jeune de strates subhorizontales sur une surface ancienne inclinée.
- *Un down lap* : est une relation basale discordante entre un ensemble jeune à strates inclinées par rapport à une surface ancienne et inclinée.
- *Une troncature* : est une terminaison sur une surface érosive plus récente, on parle de discordance angulaire.



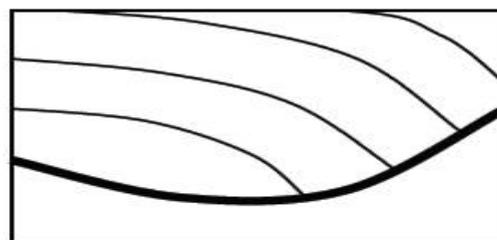
Concordance



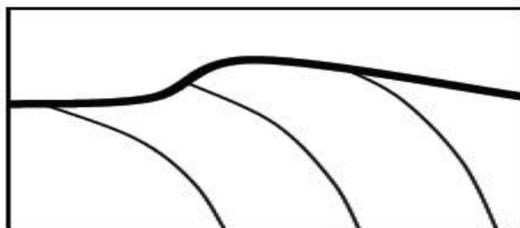
Top lap



Onlap



Down lap



Troncature

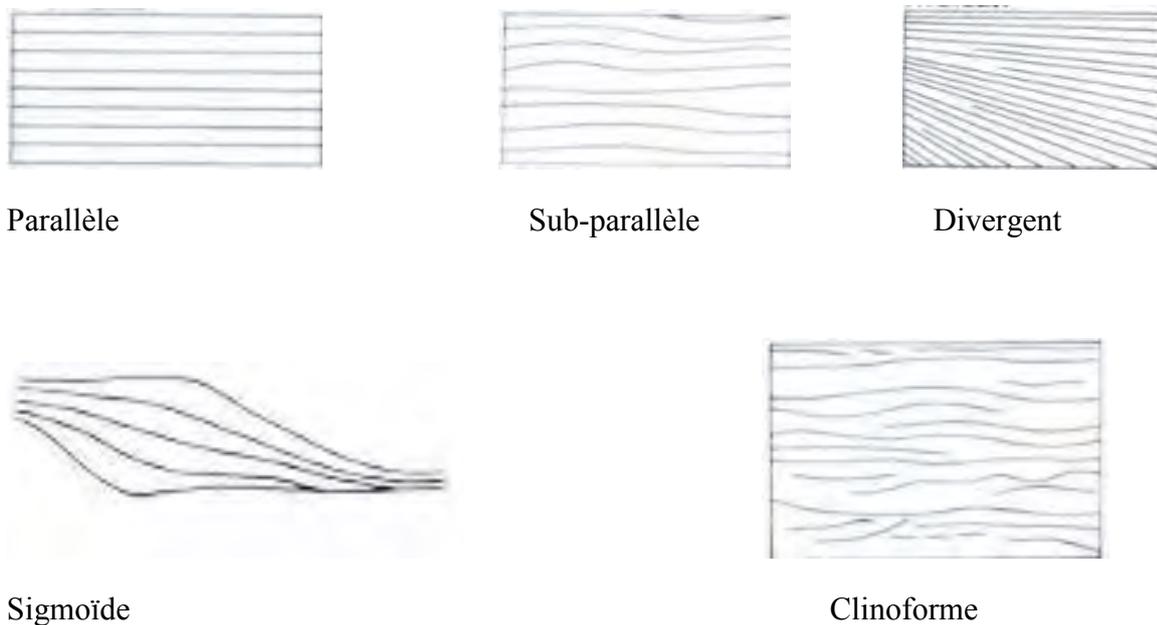
Figure 21: Représentation de quelques structures sismostratigraphiques.

## 2.2- Analyse et Interprétation des unités sismostratigraphiques :

L'analyse des faciès sismiques consiste à tracer et interpréter la géométrie, la continuité et l'amplitude acoustique afin de définir les unités de faciès sismique du secteur d'étude.

Les principales configurations géométriques des réflecteurs de l'unité sismique sont : parallèles, subparallèles, divergentes, cliniformes, sigmoïdes, progradantes, chaotiques et / ou sans réflecteurs internes (figure 22).

La description et la cartographie des faciès sismiques permettent ainsi de prédire, avec l'aide des diagraphies et des échantillons de forages, la lithologie associée à ces faciès sismiques et d'interpréter les processus sédimentaires et les environnements de dépôts.



**Figure 22:** Différentes configurations des réflecteurs sismiques dans une séquence sismique.

L'interprétation des sections sismiques dans le secteur nous a permis d'identifier le toit des unités sismostratigraphiques suivantes : le toit du socle, la discordance de la base du Mésozoïque, le toit du Néocomien, le toit de l'Aptien, le toit de l'Albien, le toit du Turo-Cénomaniens, le toit du Sénonien inférieur et le toit du Maastrichtien (Planches I et II). Cependant, les unités sismostratigraphiques du socle et du Néocomien ne feront pas l'objet de notre interprétation.

2.2.1. Unité sismostratigraphique de la discordance fondamentale:

Dans la zone étudiée, le toit de cette unité est calé sur un réflecteur situé entre 2545 ms à DL-1, au nord et 2415 ms à ND-1, au sud (temps double).

Ce réflecteur est caractérisé par une forte amplitude acoustique, discontinue et facilement identifiable dans l'ensemble du secteur (figure 23).

Il sépare nettement les faciès sismiques du Méso-Cénozoïque à réflecteurs plus ou moins continus de ceux du Paléozoïque à réflecteurs discontinus.

L'allure de l'unité est conforme à la topologie du socle sur lequel elle repose.

Son épaisseur varie d'est en ouest en fonction du degré de la pente du socle (figure24).

En dessous, les sédiments de l'unité remplissent les sous-bassins du Paléozoïque.

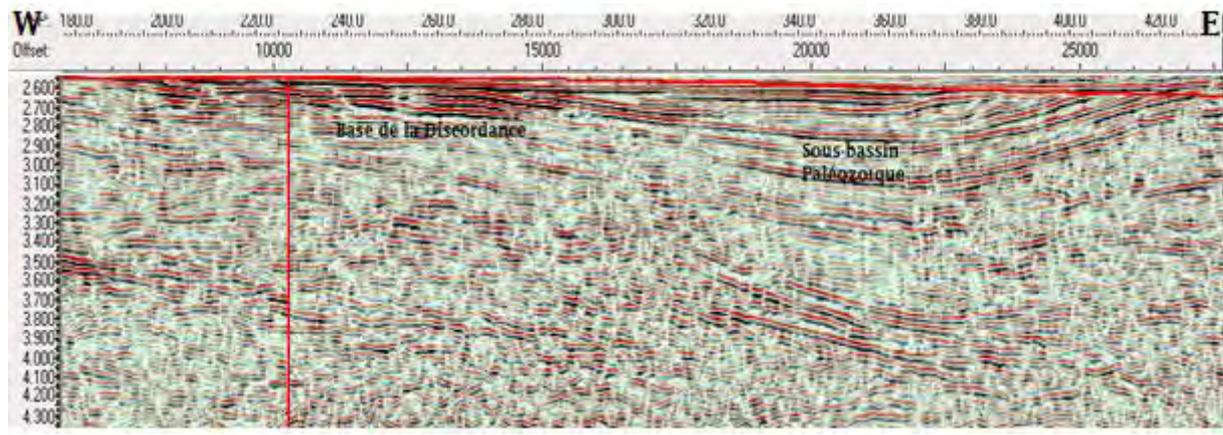


Figure 23 : Section sismique SHELL montrant les caractères de réflecteurs de la Discordance : gros réflecteur, réponse acoustique forte.

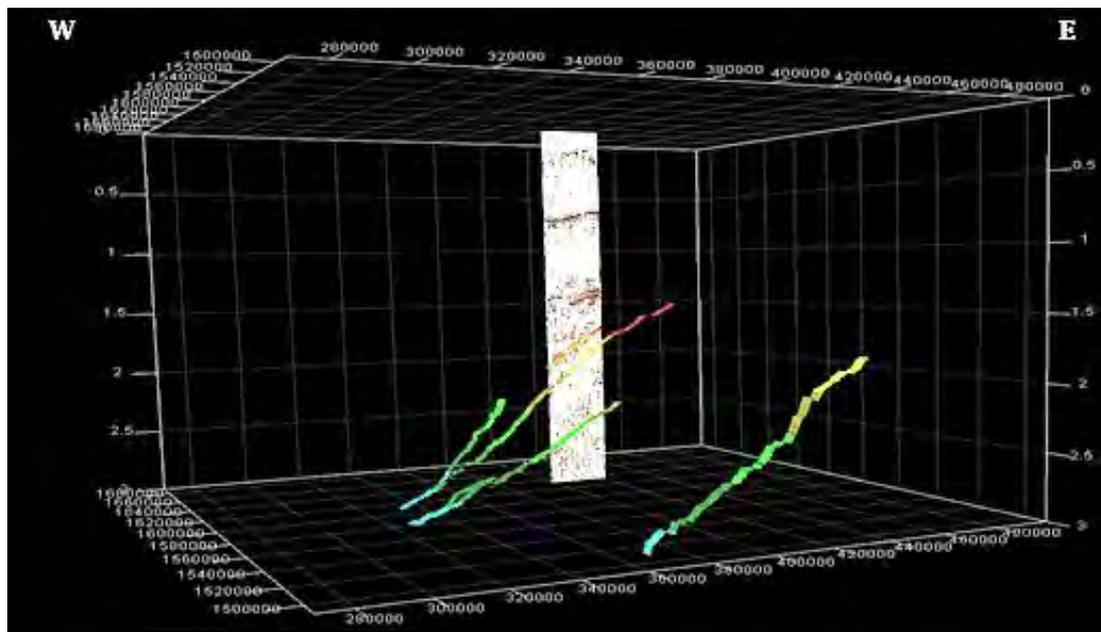


Figure 24 : Vue de profil en 3D des sections sismiques montrant l'évolution de la Discordance par rapport à l'allure du socle.

2.2.2. Unité sismostratigraphique de l'Aptien :

Le toit de cette unité est calé entre 1821 ms à DL-1, au nord et 1867 ms à ND-1, au sud du secteur par rapport au parallèle de Dakar.

Le marqueur correspondant au toit de l'unité est bien net pour le pointage.

L'unité comporte une série de réflecteurs relativement homogènes, continus, d'amplitudes acoustiques modérées à fortes et de géométrie parallèle (Figure 25).

Sur les sections sismiques, le toit de l'unité se biseaute en onlap sur la discordance fondamentale le long de la bordure est du secteur d'étude (Figure 26).

L'unité est définie comme étant des dépôts détritiques grossiers depuis l'est du secteur jusqu'au méridien 16°W.

Cependant, vers l'ouest du secteur, les dépôts détritiques grossiers passent à des dépôts détritiques plus fins.

Le caractère géologique des faciès sismiques de l'unité illustre donc un changement du régime sédimentaire par rapport à l'unité sous-jacente (Néocomien carbonaté).

A l'intérieur de l'unité, on peut observer des petites troncatures, qui résulteraient d'une période de fort abaissement du niveau marin dans le bassin.

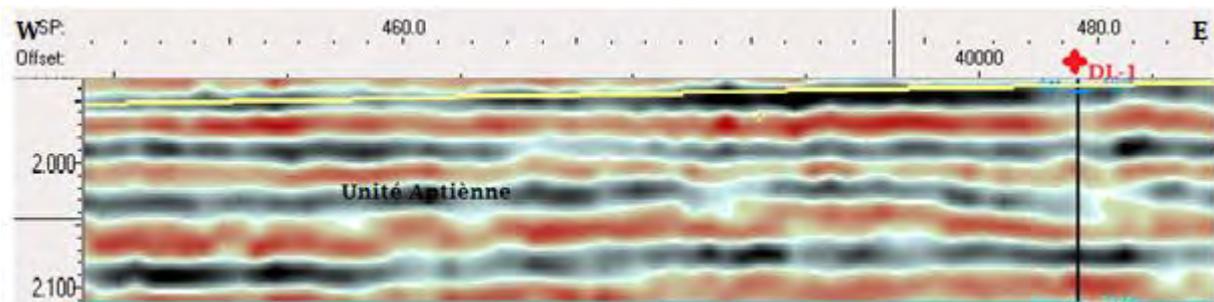


Figure 25: Section sismique montrant les réflecteurs internes parallèles et à impédance acoustique forte de l'unité aptienne (image zoomée).

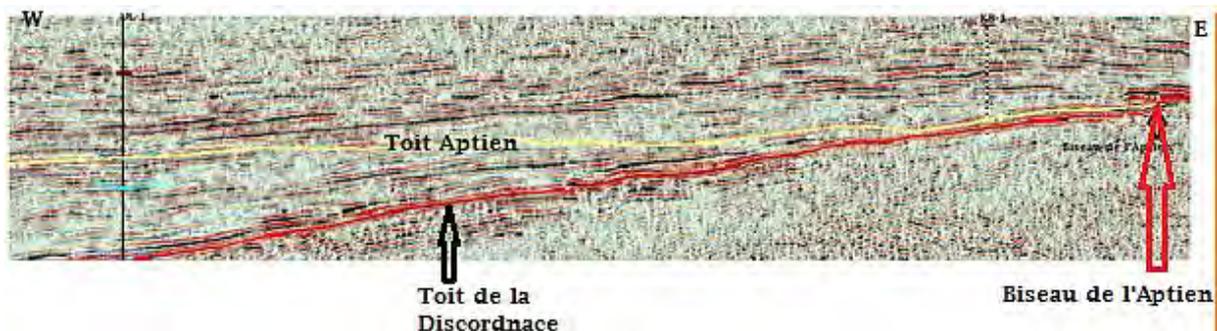


Figure 26: Section sismique montrant le biseau de l'Unité Aptienne en on lap sur la discordance.

### 2.2.3. Unité sismostratigraphique de l'Albien :

Dans le secteur, le toit de l'unité est calé à 1538 ms temps double à DL-1 et à 1574 ms temps double à ND-1, au sud du parallèle de Dakar. Le long de la bordure est du secteur, l'unité se rétrécit et tend à recouvrir le biseau de l'Aptien en le dépassant légèrement.

Les réflecteurs internes de l'unité sont rapprochés, d'amplitudes acoustiques modérées à fortes et de géométrie parallèle à terminaison cliniforme à l'ouest du secteur (figure 27).

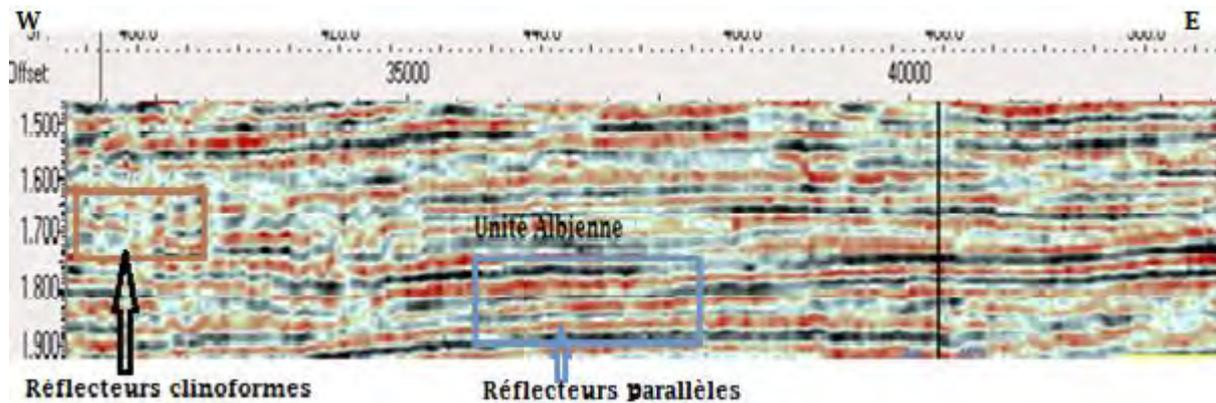


Figure 27: Section sismique montrant les caractères de réflecteurs de l'unité: réflecteurs internes rapprochés ; géométrie parallèle à terminaison cliniforme et impédance acoustique modérée.

Le caractère des faciès sismiques révèle une nouvelle phase de la transgression avec des dépôts par aggradation vers l'est du secteur. D'après la lithologie des puits, il s'agit de faciès détritiques fortement sableux dont l'épaisseur varie entre 200 et 1200 m.

Vers l'ouest, les détritiques sableux s'enrichissent en détritiques sableux très fins.

Dans la partie sud du secteur, la puissance des dépôts est considérablement importante ; elle atteint 300 m à ND-1.

En effet, l'augmentation de dépôts dans cette partie du secteur pourrait être due à une accélération de la subsidence (Flicoteaux et al, 1988).

### 2.2.4. Unité sismostratigraphique du Cenomano-turonien :

Dans le secteur d'étude, le toit de l'unité est calé à 991 ms en temps double à DL-1, au nord et à 1004 ms en temps double à ND-1, au sud. Sur les profils sismiques, l'unité est caractérisée, à sa base par des faciès sismiques à impédance acoustique modérée, de réflecteurs plus ou moins continus et d'une géométrie subparallèle à cliniforme.

A sa partie sommitale, les faciès deviennent transparents, discontinus et cliniformes.

Par endroit, on a des faciès à réflecteurs sismiques plus ou moins parallèles (Figure 28).

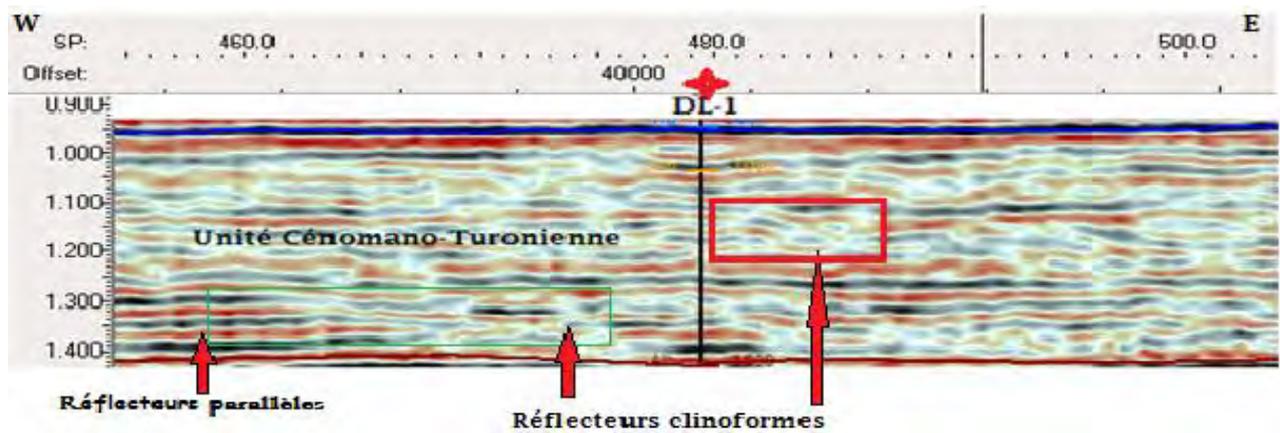


Figure 28: Section sismique montrant les caractères géométriques de l'unité : une réponse acoustique plus ou moins transparente à chaotique, réflecteurs parallèles à cliniformes.

D'après les données de forages du secteur, l'unité est composée des dépôts détritiques à grains fins à très fins à sa base. Vers son sommet, l'unité devient des argiles noires uniformes très riches en matière organique. Sa puissance cumulée est estimée à plus de 400 m. Le caractère pélagique des faciès et leur uniformité suggèrent un dépôt par aggradation dans un milieu profond (Atlantic Ressources Ltd, 1986). Cependant, le long de la bordure est du secteur, l'influence continentale reste déterminante.

2.2.5. Unité sismostratigraphique du Sénonien :

Cette unité est caractérisée par des faciès à réponse acoustique transparente alternant par endroit avec des réflecteurs internes à impédance acoustique modérée. La géométrie de l'unité est marquée par endroit par des réflecteurs parallèles à terminaison clinoforme. En raison de la réponse acoustique chaotique de l'unité, son toit demeure difficilement identifiable au pointage (figure 29). Il est calé à 406 ms en temps double à DL-1 et à 546 ms en temps double à ND-1.

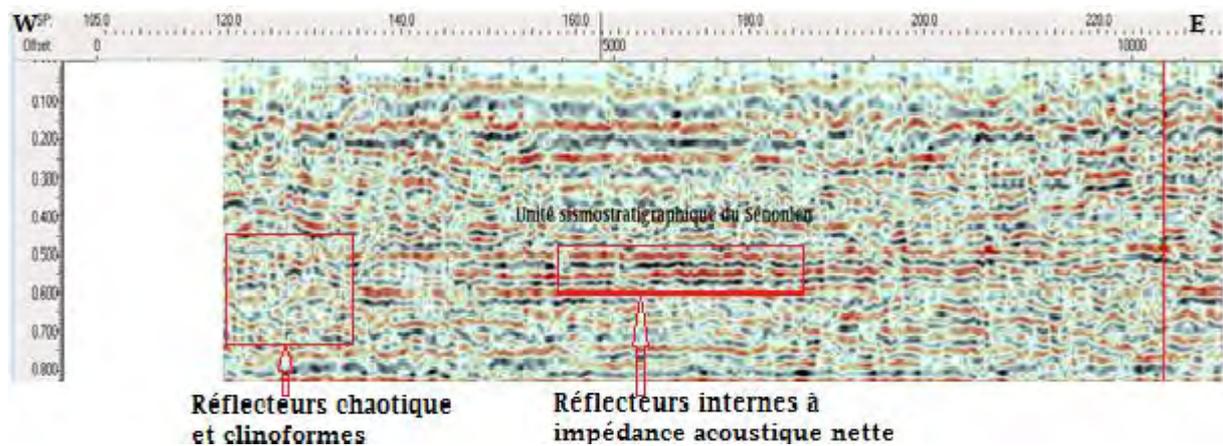


Figure 29 : Section sismique montrant une impédance acoustique transparente et chaotique à géométrie clinoforme avec quelques réflecteurs internes à impédance nette.