

Cadre géologique Géologie générale du bassin

Introduction

L'offshore profond et ultra-profond Nord du bassin sédimentaire sénégalais, situé au Sud de la Mauritanie, constitue notre principale zone d'étude.

Cette dernière se localise dans le grand bassin MSGBC dont sa partie offshore est un système de plateau à bassin subdivisée en trois compartiments : la zone Nord au Sud de la Mauritanie, le sous bassin au Nord de Rufisque et la partie Nord du sous bassin de la Casamance-Bissau.

1. Cadre géographique

Le bassin sédimentaire sénégalais, situé entre les coordonnées 10°50' et 22°50' latitude Nord et 17°30' et 13°30' longitude Ouest, représente la partie centrale du bassin côtier Ouest africain. Il est limité au Nord par la dorsale marocaine de Réguibat, au Sud par le bassin Paléozoïque de Bové, à l'Est par la chaîne panafricaine et hercynienne des Mauritanides et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. Son extension géographique couvre la Mauritanie occidentale, la majeure partie du Sénégal, la Guinée-Bissau, la Gambie et une partie de la Guinée Conakry d'où le nom de MSGBC (figure 4).

Cependant, le secteur sur lequel nous allons concentrer notre interprétation englobe les blocs du bassin offshore profond et ultra-profond Nord du compartiment de Dakar-Banjul. La partie profonde est constituée par les blocs SLOP (4763 km²) et COP (3829 km²), et est limitée par la Mauritanie au Nord et le sous-bassin de Rufisque Nord au Sud. Elle se situe au Nord-Ouest du bassin sédimentaire sénégalais entre les coordonnées 14°45' - 16°04' latitude Nord et 17°35' - 18°30' longitude Ouest (Vanco Energy, 2003). Cette zone couvre une superficie totale de 8565 km².

La partie ultra-profonde quant à elle, se situe à l'extrême Nord-Ouest du bassin et est découpée en quatre blocs libres : OUP-Nord 1 (2050 km²), UDO-Nord Total (10.000 km²), OUP-Nord 2 (3751 km²) et OUP-Nord 3 (6565 km²). Elle se localise entre les coordonnées 14°45' - 16°04' latitude Nord et 18°30' - 20° longitude Ouest (figure 5).

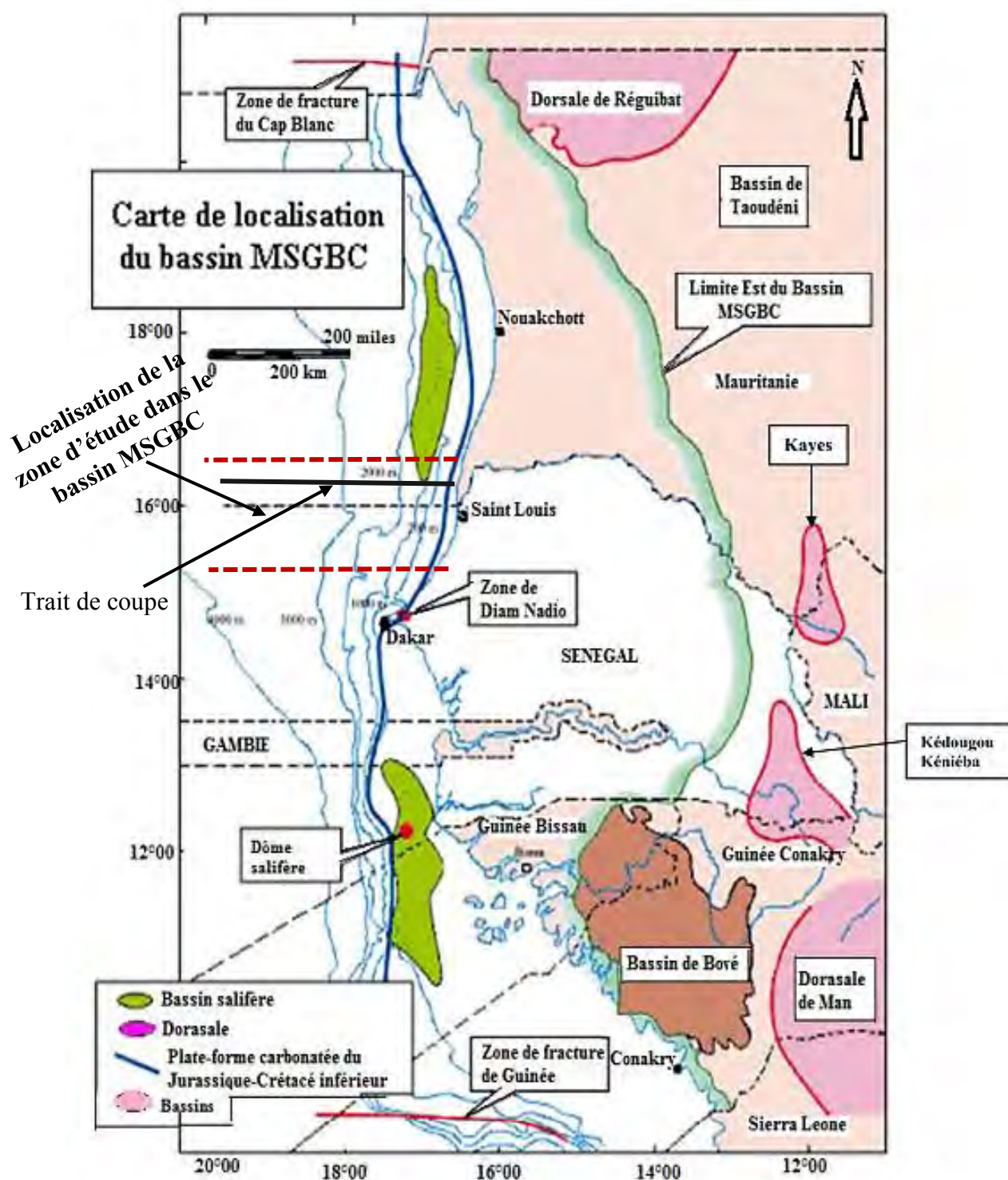


Figure 4: Localisation du bassin MSGBC (Atlantique Ressources Ltd, 1986 ; modifiée)

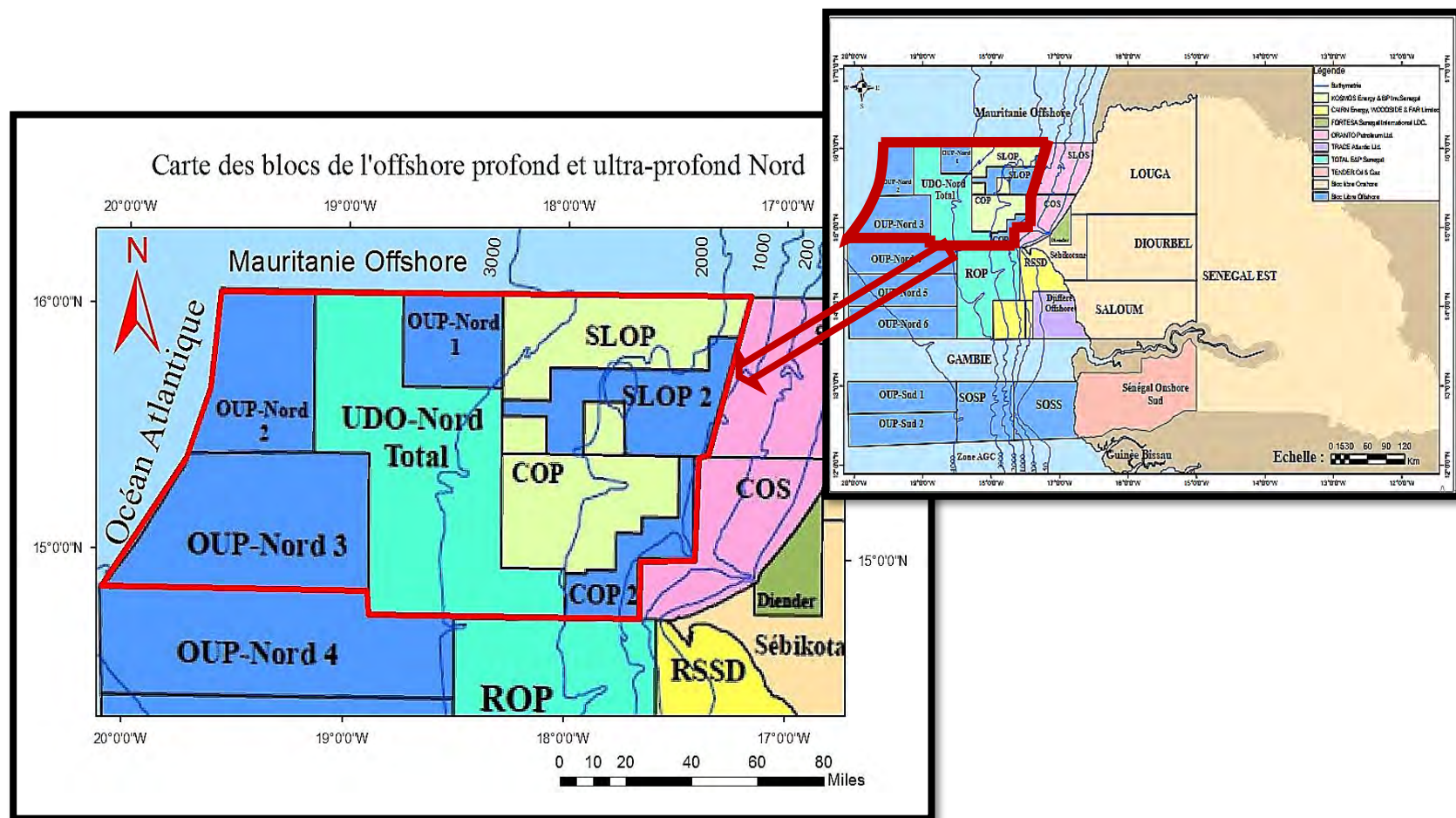


Figure 5 : Carte de localisation de la zone d'étude

Le bassin sédimentaire sénégalais, d'âge Méso-cénozoïque, est un large bassin de marge passive qui s'ouvre sur l'océan Atlantique vers l'Ouest. C'est le plus vaste bassin du littoral africain (350 000 km² de superficie et sur 1 300 km d'extension entre Mauritanie et Guinée Bissau) qui s'est formé suite à la mise en place d'un système de failles du Permo-Trias. Ce bassin est formé d'assises sédimentaires mésozoïques et cénozoïques, qui reposent en discordance sur le substratum précambrien. Les plus anciennes formations reconnues par forage datent du Jurassique supérieur (Bellion et Guiraud, 1982). Le bassin MSGBC est subdivisé en cinq sous-bassins alignés Nord-Sud et présente deux bassins offshore évaporitiques (les dômes Flore et Gea et le dôme de Mauritanie). Ses compartiments (figure 6) sont séparés les uns des autres par des failles de direction Est-Ouest ou par des structures liées à la tectonique du syn-rift (Petroconsult S.A. 1988)

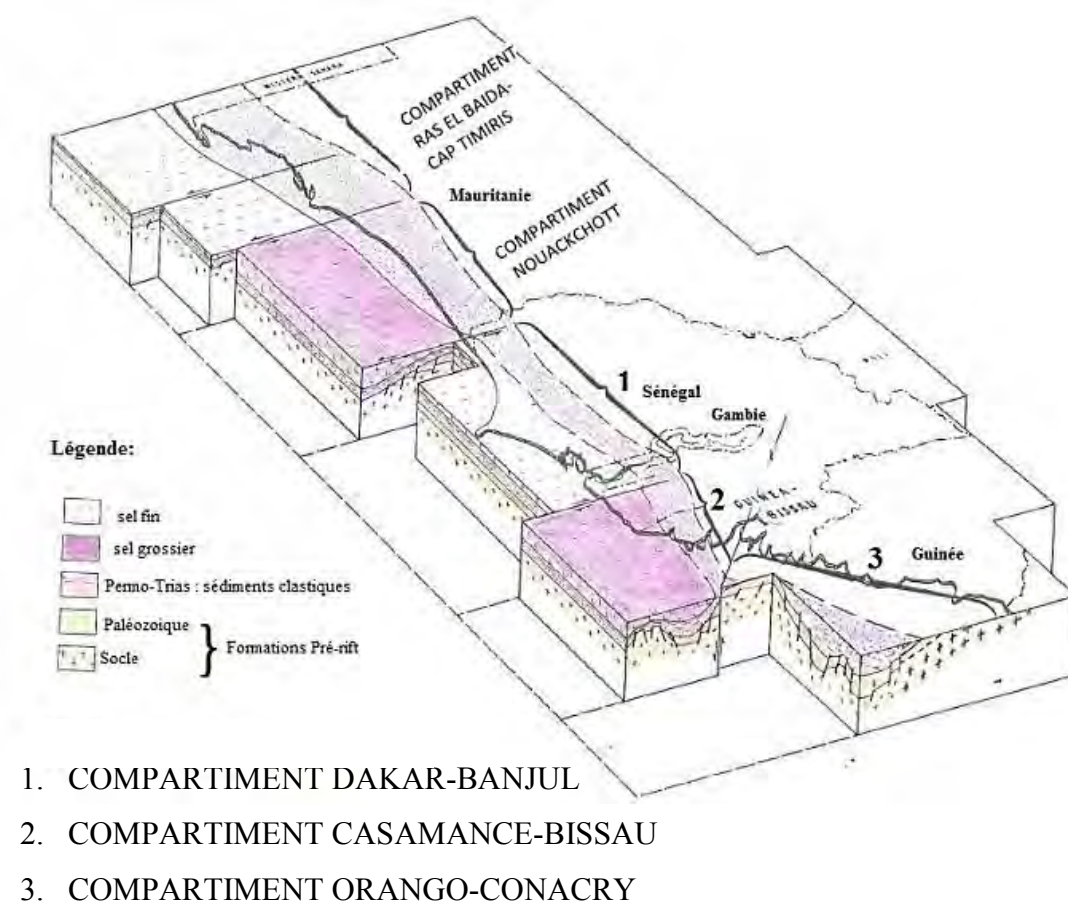


Figure 6 : Diagramme des compartiments du bassin MSGBC (Petroconsult, 1988).

L'évolution stratigraphique du bassin MSGBC a été bien mise en évidence grâce aux données de forages pétroliers et hydrauliques, du fait de la rareté des affleurements. Elle a connu trois phases principales : le pré-rift, le syn-rift et le post-rift.

- Pré-rift (Protérozoïque-Paléozoïque) : correspond à la phase précédant l'affaissement du bassin. Sa stratigraphie est mal connue du fait de la rareté des informations géologiques. Le Cambrien n'a été traversé par aucun forage et la section la plus complète précédant le rift a été reconnue dans les puits Diana-Malari (DM-1) et Kolda (KO-1) forés dans l'extrême Sud du Sénégal. Ces puits ont traversé des formations ordoviciennes (grès quartzites fins, argiles silteuses micacées), siluriennes (argiles schisteuses noires, grès quartzites) et dévoniennes (grès feldspathiques, quartzites roses).
- Syn-rift (Permien-Jurassique inférieur) : c'est la phase du "rifting" associée à l'ouverture de l'océan Atlantique central. Les récents travaux de Villeneuve et al. (2015) ont permis de dater l'intervalle Carbonifère inférieur-Permien inférieur grâce aux palynomorphes. Cet intervalle épais de 370 m est constitué d'argiles brunes rouges, de grès conglomératiques, de quartzites etc. Le Lias par contre est essentiellement évaporitique et recouvre des roches clastiques du Trias suite à une transgression marine. Ces évaporites sont à l'origine des diapirs de sels.
- Post-rift (Jurassique Moyen-l'actuel) : cette phase est essentiellement marquée par la mise en place de la plateforme carbonatée tout au long de la marge ouest africaine. Cette plateforme du Jurassique, épaisse de 4 à 5 km, marque l'unité basale de la série du post-rift. Ces dépôts localisés de calcaire se sont poursuivis jusqu'à l'Aptien et sont surmontés d'une alternance de séquences schisteuses et sableuses (Albien). L'intervalle Cénomano-Turonien est marqué par une phase transgressive (Atlantique Ressources, 1986). Cette transgression a provoqué aussi bien une inondation régionale qu'un dépôt de roches mères potentielles dans le bassin offshore sénégalais (Mbassani, 2003). C'est également au cours de cette phase qu'a eu lieu la discordance régionale du Sénonien, marquée par un important apport d'éléments clastiques dans le bassin. Le Maastrichtien constitue une période régressive marquée par le remplissage des canaux d'érosion du Campanien par des sédiments deltaïques (des sables en particulier). Le Crétacé supérieur, dont le toit correspond à la discordance du Paléocène (transgression marine), est caractérisé par une intense activité volcanique qui s'est poursuivi jusqu'au

Cénozoïque. En offshore profond, l'intervalle Paléocène-Eocène est caractérisé par des carbonates sur lesquels reposent en discordance les marnes du Miocène.

Du point de vue structurale, le bassin présente à première vue une structure d'ensemble simple qui se caractérise par un socle s'abaissant d'Est en Ouest et surmonté par des couches subhorizontales. Cependant, le fond est affecté par une tectonique cassante marquée par la formation de nombreuses failles normales, réactivées à plusieurs reprises (Bellion, 1987). L'épaisseur et l'âge des assises sédimentaires du bassin permettent de distinguer un domaine oriental (à l'Est du méridien 15°50 Ouest) et un domaine occidental (à l'Ouest du méridien 16°30 Ouest) séparés par une zone de flexure (entre les méridiens 15°30 et 16°30 Ouest) dont le socle est traversé par des venues magmatiques (Liger et Roussel, 1979). Le domaine occidentale est marquée par un réseau de failles méridiennes orientées N 20°. Le bassin présente des structures cassantes complexes telles que des horsts et des grabens dont les plus connus sont le Horst de Diass et le Graben de Rufisque séparés par des failles synsédimentaires. Des diapirs de sel (Trias-Lias) percent la couverture sédimentaire du plateau continental casamançois-guinéen et celle du talus continental mauritanien.

2.2. Géologie de la zone d'étude

2.2.1. Stratigraphie

Elle a été définie à partir des puits forés dans la zone d'étude. Le puits Yakaar-1 en particulier a été foré dans le bloc COP par la compagnie BP.

i. L'Albien

Le forage de Yakaar-1 nous a permis d'identifier deux réservoirs au niveau de l'Albien.

Le 106_Albien épais de 57 m est essentiellement constitué d'argiles, de grès et de calcaires.

Les argiles, atteintes à 4875 m de profondeur, sont amorphes, partiellement striées et légèrement calcaro-limoneuses. Les grès, légèrement calcaires et non cimentés, montrent de rares traces de siltstones. Les fins grains de quartz fortement cimentés sont caractérisés par un tri moyen et des formes sub-anguleuses à sub-arrondies. Des calcaires en trace, de type craie et à texture microcristalline constituent la base du 106_Albien limitée à 4932 m de profondeur. D'autres types de lithologies telles que des Mudstones, Wackestones à grains serrés et non poreux, sont identifiés à l'Albien. Une fluorescence minérale jaune orangé caractérise ces calcaires.

La stratigraphie du 100_Albien, identifiée entre les profondeurs 4875 m et 4808 m, n'est pas très variée. Elle montre deux types de formation à savoir 10 à 100% d'argile et 0 à 10% de grès. Les argiles sont localement silteuses et dépourvues de calcaires. Il est important de noter que de rares traces de grains de quartz sont observés à la base de la formation argileuse. Ceci montre

le passage à une lithologie gréseuse, caractérisée par une granulométrie très fine, des formes arrondies à sub-arrondies, un bon tri, une cimentation non visible et une faible porosité.

ii. Le Cénomanién

Dans cette zone, le Cénomanién inférieur est bien différencié du Cénomanién supérieur.

Le 098_Cénomanién inférieur épais de 168 m, est principalement constitué d'argiles et de grès. Les argiles, partiellement silteuses et non calcareuses, présentent des fentes contenant du sable et les grès à caractère limoneux sont constitués de fins grains de quartz bien triés et pluri-formes.

Le 096_Cénomanién inférieur, épais de 148 m comprend des argiles ayant les mêmes caractéristiques que celles rencontrées au niveau du 098_Cénomanién inférieur. La formation gréseuse sous-jacente, transparente à translucide est constituée de grains de quartz de petite taille et de forme variée. D'autres caractères telles que des taches localement noirâtres et une faible porosité sont à noter au niveau de cette formation. A partir de 4437 m, on observe des argiles grises tachetées, légèrement limoneuses voire calcaires et présentant des stries. Elles surmontent des grès gris caractérisés par une granulométrie très fine, un bon tri et une faible porosité.

Contrairement au Cénomanién inférieur argilo-gréseux, le Cénomanién supérieur, foré entre 4437 m et 4334 m de profondeur, est exclusivement constitué d'argiles grises. Elles sont partiellement calcaires, à plus ou moins limoneuses.

iii. Le Turonien

Sa composition lithologique est plus diversifiée avec 0 à 10% de grès, 0 à 30% de calcaire et 70 à 100% d'argile. Les grès sont constitués de très fins grains de quartz, striés, à morphologie divers, et faiblement poreux. Les calcaires blancs et à texture microcristalline, se présentent en forme de bloc laminé de faible porosité. Ils montrent une fluorescence minéral jaune pâle (Yakaar-1). Les argiles constituent le toit du Turonien. Ce sont des argiles noires contrairement aux autres formations argileuses sous-jacentes traversées par le puits. Elles sont légèrement limoneuses, plus ou moins calcareuses et montrent une fluorescence par écrasement jaune vif à blanc laiteux.

iv. Le Sénonien inférieur

Le puits de Yakaar-1 a traversé le Coniacien essentiellement argileux à gréseux sur une épaisseur totale de 155 m (4125 m à 3970 m). La formation gréseuse présente un bon tri granulométrique et des grains à morphologie variée. Leur cohésion est assurée par un ciment calcaire. Les argiles sont grises, légèrement limoneuses et non calcaires.

L'unité basale du Santonien, limitée à 3970 m de profondeur, est constituée de grès blanc à grains fins. Le transport est hétérogène car les grains à tri moyen présentent des morphologies diverses. La porosité de cette formation est faible et le ciment n'est pas visible. Ces grès sont surmontés par des argiles (3868 m) gris sombres, partiellement limoneuses et non calcaires.

v. Le Campanien

Le forage de Yakaar-1, a traversé, à 3868 m de profondeur, une formation gréseuse montrant une large gamme de taille des grains. Ils sont majoritairement fins et associés à d'autres de taille moyenne, sub-arrondie à sub-anguleux. Les grains de quartz présentent une bonne porosité. La limite supérieure du Campanien, atteinte à 3762 m de profondeur, est marquée par des argiles noires à éclat cireux, limoneuses et non calcareuses.

vi. Le Paléocène

Il correspond à la limite inférieure du Tertiaire et son mur marque une discordance de type régionale, suite à une période de régression marine du Crétacé supérieur. Au niveau du forage de Yakaar-1, le Paléocène est composé de trois faciès différents suivant une épaisseur totale de 285 m. Il s'agit de 0 à 5% de calcaires laminés associés à des argiles noires. Ils marquent la base du Paléocène limitée à 3762 m de profondeur et ils sont surmontés par une unité constituée de 0 à 40 % de grès poreux, à granulométrie variable. La formation sommitale, dont le toit est atteint à 3477 m, correspond à des argiles grises localement silteuses, contenant peu ou pas de calcaires.

Il est quasiment impossible d'établir la stratigraphie de la partie ultra-profonde de notre secteur d'étude à partir des rapports de puits, car aucun puits n'a été foré dans cette zone. Les seuls forages effectués dans les eaux ultra-profondes sont les DSDP 367 et 368, respectivement forés au Sud du Sénégal et à l'extrême Nord du bassin (en Mauritanie). De ce fait, une corrélation entre ces deux puits, distants de plusieurs centaines de kilomètres, ne donneraient pas de résultats précis sur la lithostratigraphie de cette zone ; car plusieurs phénomènes géologiques et géodynamiques peuvent se produire entre eux et affecter ainsi la continuité stratigraphique de la région.

2.2.2. Contexte structural

Du point de vue structural, la partie offshore Nord du bassin MSGBC est un système de plateau à bassin contrôlé par le "rifting" et l'affaissement du sous-sol causé par le refroidissement thermique et l'apport de sédiments. La direction d'extension régionale E-W est principalement exprimée par une faille normale le long de la marge. La coupe transversale Est-Ouest (voir trait de coupe de la figure 4) a permis de mettre en évidence le "seamount" de Cayar, les pièges

structuraux dans la zone de failles de Cayar, les turbidites et les dépôts de masse au-delà du banc de carbonate (figure 7).

La zone faillée de Cayar, située à l'Ouest de la plateforme carbonatée et où le puits CO-1 a été foré, constitue la structure tectonique majeure caractéristique de l'offshore Nord du bassin. Ces failles dirigées NNE-SSW, constituent un réseau qui affecte une zone d'une superficie de 3125 km², se poursuivant jusqu'en Mauritanie. Cette zone est également affectée par le volcanisme du Tertiaire, qui est à l'origine de la mise en place du "seamount" de Cayar sur la croûte continentale. Ce corps intrusif, caractérise l'offshore Nord du bassin ainsi que de nombreux sills. L'intrusion forcée de ces sills volcaniques est à l'origine de la formation de plusieurs plis, pièges stratigraphiques potentiels. En somme, les effets du soulèvement volcanique jouent un rôle important dans le piégeage et la modification des conditions thermiques de génération et de migration des hydrocarbures.

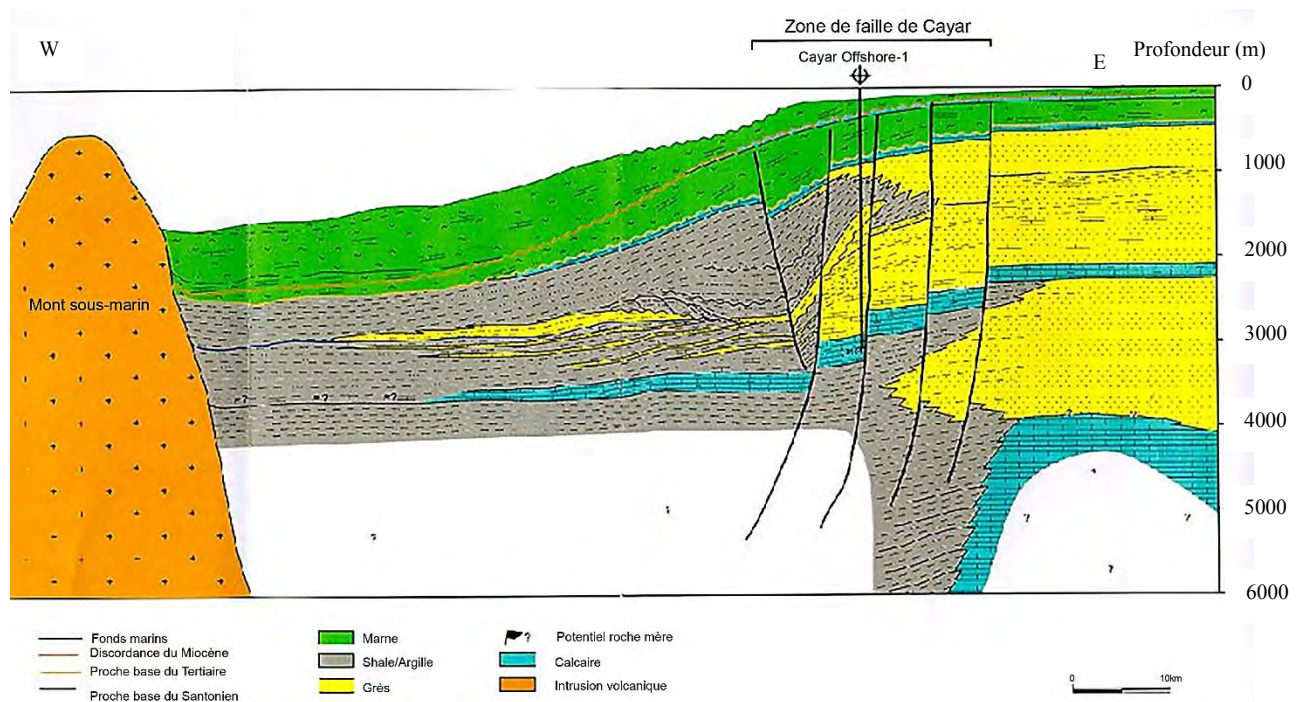


Figure 7 : Le "seamount" et la zone faillée de Cayar (Shell, 1997)

Conclusion partielle

Le bassin sédimentaire sénégalais, affecté par l'ensemble des trois (3) phases du "rifting", montre une sédimentation sableuse à schisteuse, du plateau vers le bassin. Le fait le plus marquant correspond à une transgression marine au cours du Jurassique qui est à l'origine d'un important dépôt de carbonates nécessaire à l'édification de la plateforme carbonatée. La

transgression eustatique du Turonien est la source des dépôts des potentielles roches mères du bassin offshore sénégalais.

La lithologie du puits de Yakaar-1 foré en offshore profond, nous permet d'affirmer que notre secteur d'étude est en grande partie constitué de grès, d'argiles et de calcaires. Son caractère structural est marqué par la zone faillée de Cayar, le soulèvement du "seamount" de Cayar ainsi que l'intrusion de nombreux sills.

Cette zone a suscité la curiosité de plusieurs compagnies pétrolières, à l'exemple de la compagnie TGS qui y a récemment effectuée une campagne sismique. Les données sismiques de cette campagne de 2017 constituent la base de notre étude interprétative.