

Modélisation 3D de la lithologie et la stratigraphie du bassin sédimentaire onshore ivoirien de la zone de Dabou

[3D modeling of the lithology and stratigraphy of the Ivorian onshore sedimentary basin of the Dabou area]

KESSE Touvale Marcel¹, ASSALE Fori Yao Pau², and KOUASSI Affoué Rachel¹

¹Laboratoire de sciences géographiques, génie civil et géosciences, Institut National Polytechnique Felix Houphouët Boigny, INP-HB 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de géologie ressource minérale et énergétique, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, 01BPV 34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective is the 3D modeling of the Dabou onshore sedimentary basin based on data from 7 surveys. To do this, a lithostratigraphic reconstruction from gamma ray data was carried out. This reconstruction made it possible to establish a correlation between the formations and build the 3D geological model using RockWorks software. The lithological reconstruction reveals the presence of layers of sand which are intercalated by clay banks which constitute the Continental terminal. These formations are topped by two layers of barren earth, the upper layer of which is eroded in places. The correlation indicates lateral facies changes. In general, there is a decrease in the thickness of the bar earth and a considerable increase in the thickness of the Continental Terminal formations from the north to the south of the Dabou region. In places, we observe the absence of clay banks which can be explained by erosion phenomena and sedimentation gaps. The three-dimensional model makes it possible to better appreciate the evolution of the formations in the area studied. The model is mainly occupied by sands in which the clays are beveled. It highlights areas of erosion, areas of depression and elevation as well as the volumes of the formations. It reveals that the Dabou area is made up of a good sandy reservoir.

KEYWORDS: 3D modeling, onshore sedimentary basin, lithology, stratigraphy.

RESUME: L'objectif visé est la modélisation 3D du bassin sédimentaire onshore de Dabou à partir des données de 7 sondages. Pour ce faire, une reconstitution lithostratigraphique à partir des données gamma ray a été effectuée. Cette reconstitution a permis d'établir une corrélation entre les formations et de construire le modèle géologique 3D à partir du logiciel RockWorks. La reconstitution lithologique révèle la présence de couches de sable qui sont intercalées par des bancs d'argile qui constitue le Continental terminal. Ces formations sont surmontées par deux couches de terre de barre dont la couche supérieure est érodée par endroits. La corrélation indique des changements latéraux de faciès. De façon générale, il y a une diminution de l'épaisseur de la terre de barre et une augmentation considérable de l'épaisseur des formations du Continental Terminal du Nord au Sud de la région de Dabou. Par endroits, on observe l'absence de bancs d'argile qui peut s'expliquer par des phénomènes d'érosion, des lacunes de sédimentation. Le modèle tridimensionnel permet de mieux apprécier l'évolution des formations de la zone étudiée. Le modèle est occupé principalement de sables dans lesquels les argiles sont en biseau. Il met en évidence les zones d'érosion, les zones de dépression et d'élévation ainsi que les volumes des formations. Il révèle que la zone de Dabou est constituée d'un bon réservoir sableux.

MOTS-CLEFS: modélisation 3D, bassin sédimentaire onshore, lithologie, stratigraphie.

1 INTRODUCTION

Plusieurs études ont été réalisées dans le bassin sédimentaire ivoirien dans le but de mieux le cerner. La plupart de ces travaux ont été réalisés par des géologues universitaires, en étroite collaboration avec les structures pétrolières. Ces études ont permis de mettre en évidence le potentiel pétrolifère de la Côte d'Ivoire. D'autres relativement plus récentes [1], [2] à partir des données micropaléontologiques ont établi une synthèse biostratigraphique du bassin et ont apporté des précisions sur les environnements de dépôt. Toutes ces études ont été menées dans la partie offshore du bassin ivoirien. Quelques études qui ont été réalisées sur la partie onshore du bassin [3], [4] ont permis d'affiner l'échelle stratigraphique du bassin et les environnements de dépôts.

Ces travaux ont certes permis d'avoir des données importantes qui ont apporté des précisions stratigraphiques et des compléments d'analyses des paléoenvironnements sur les formations du bassin onshore au Sud de la faille des lagunes.

C'est donc dans cette continuité d'étude du bassin onshore que le thème suivant a été proposé: « Modélisation 3D de la lithologie et la stratigraphie du bassin sédimentaire onshore ivoirien cas de la zone de Dabou ». La modélisation vise l'étude déterministe, dynamique et quantitative des phénomènes permettant de décrire spatialement et temporellement l'évolution d'un bassin sédimentaire.

L'objectif général visé par ce thème est la modélisation 3D du bassin sédimentaire onshore de Dabou afin d'en étudier les formations et phénomènes les affectant.

Pour parvenir à la réalisation de cet objectif, de façon spécifique, il s'agira de:

- interpréter les logs gamma ray afin de reconstituer les formations sédimentaires issues des puits;
- faire la corrélation lithostratigraphique des puits afin d'apprécier l'évolution des formations;
- faire la modélisation 3D de la lithologie, la stratigraphie et du gamma ray.

2 MÉTHODOLOGIE

Le matériel principal et composé d'enregistrement diagraphiques et lithologiques utilisés provenant de sept puits réalisés en Onshore dans la zone de Dabou (Figure 1).

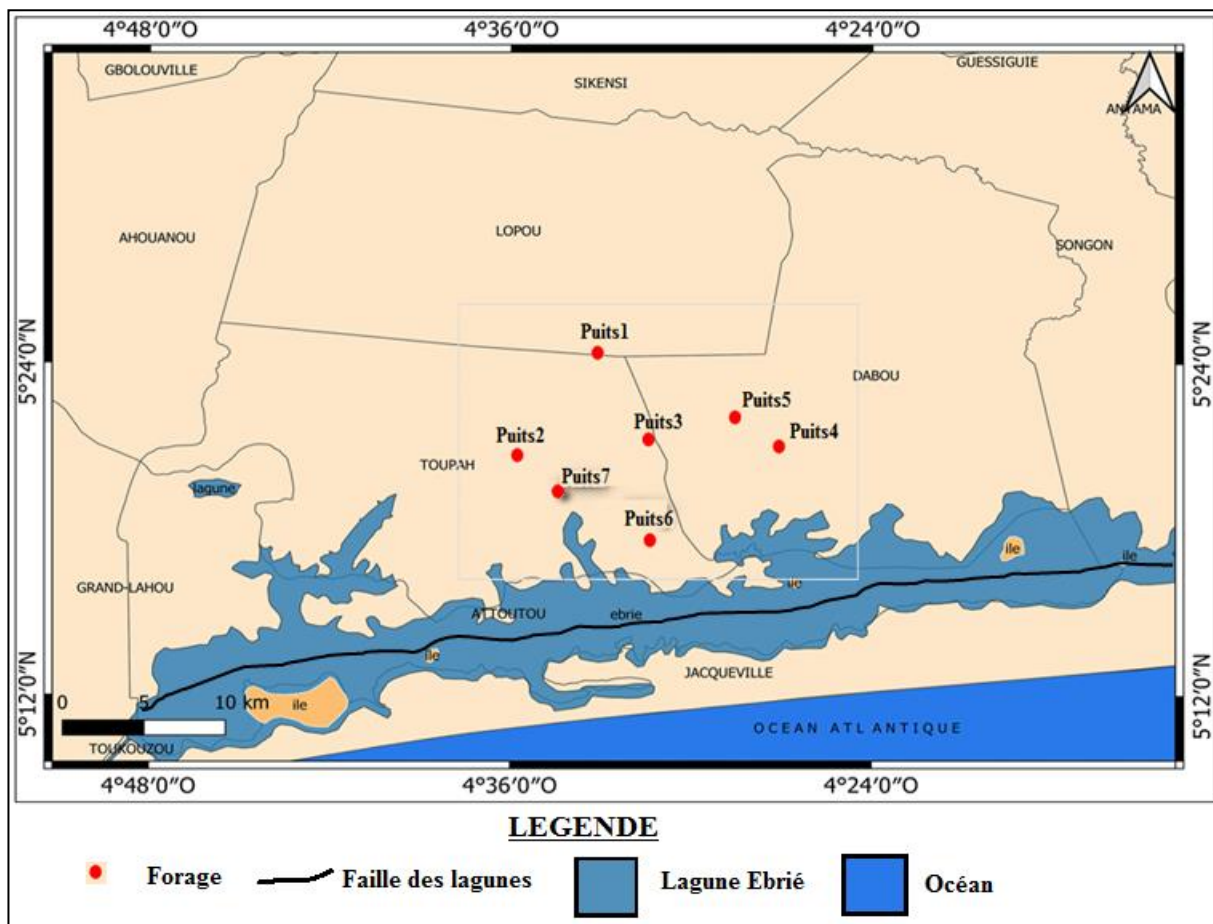


Fig. 1. Présentations des points de forage

2.1 CONSTRUCTION DES LOGS

La construction des logs concerne les logs GR et lithologiques. Elle a été réalisée avec le logiciel Strater. La détermination des lithologies s’est faite sur la base des réponses typiques gamma ray des différentes formations, en d’autres termes sur l’identification des électrofaciès.

Les références [5] et [6] expliquent que dans les formations argileuses, la courbe Gamma Ray évolue vers les valeurs élevées tandis que dans les formations non argileuses elle évolue vers les valeurs faibles. Etant donné que les forages ont été réalisés dans des sédiments composés de sables et d’argiles, les valeurs fortes de GR correspondent aux argiles et les valeurs faibles aux sables. Afin de suivre l’évolution latérale des formations traversées par les sept forages, des corrélations Nord-Sud et Est-Ouest ont été effectuées. Ces corrélations ont été conçues également avec le logiciel Strater.

2.2 METHODE DE CONSTRUCTION DES MODELES GEOLOGIQUES 3D

La conception des géomodèles tridimensionnels s’est faite avec le logiciel ROCKWORKS version 17. La méthodologie mise en œuvre par le logiciel est basée sur l’interpolation des couches géologiques traversées par les sondages vers l’extérieur pour donner un modèle 3D. Cette approche permet de construire des surfaces représentant le toit et le mur de chaque formation. Les espaces entre ces surfaces sont ensuite remplies pour donner un modèle volumique.

Trois (3) grandes étapes sont nécessaires à la construction des modèles dans RockWorks:

- importation des données pour la création de la base de données dans RockWorks;
- définition des paramètres du projet (dimensions du modèle, système de coordonnées et unités (masse, densité et volume);
- création du modèle (choix du modèle et définition des paramètres du modèle.

3 RÉSULTATS

3.1 CORRÉLATION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

3.1.1 DIRECTION NORD-SUD

Les profils de corrélation réalisés dans la zone d'étude permettent de faire une synthèse de répartition des couches sédimentaires entre les différents sondages. Cette synthèse longitudinale s'étendant sur plus 5,5 km du Nord au Sud de Dabou et passant respectivement par les puits 1, 3 et 6 (figure 2) offrant une vue synthétique latérale de l'ensemble des sédiments de cette zone d'étude. La section obtenue (figure 3) permet d'observer les changements latéraux des faciès, les relations entre elles ainsi que leur variation d'épaisseur.

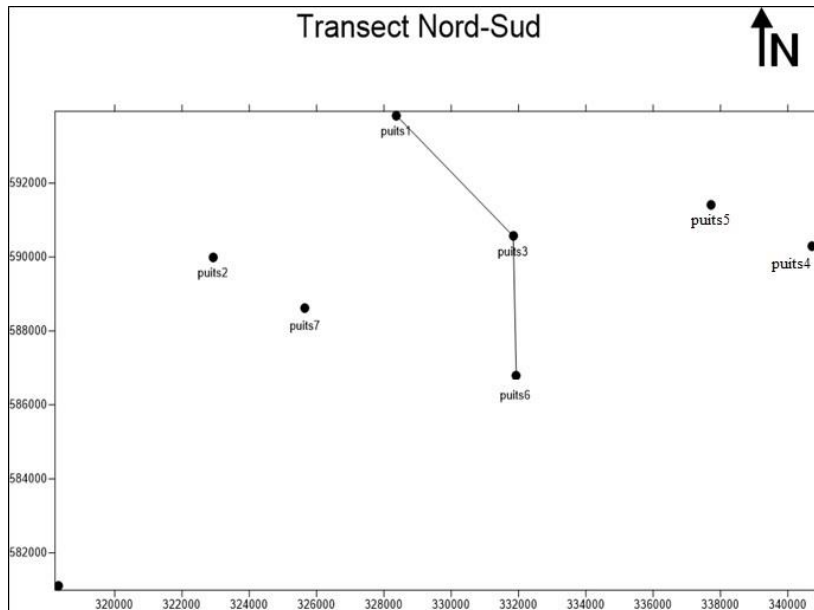


Fig. 2. Transect Nord-Sud

Ce profil montre que les réservoirs du continental terminal (CT) sont des formations sableuses continues intercalées de galets de kaolin discontinus dans la direction Nord-Sud, l'on observe une diminution progressive de l'épaisseur de la couche de sable argileux (terre de barre) en partant du Nord vers le Sud le long du profil. Cela peut être dû aux effets de l'érosion ou à son utilisation dans la construction de routes. La puissance des sables augmente considérablement du Nord vers le Sud dans l'ensemble. De même, les puits les plus profonds sont localisés dans la partie Sud. Il s'agit du puits 7 qui atteint le socle 175,54 m. Cela s'explique par le fait qu'on est proche du compartiment Sud où le socle est très profond. Les argiles sont disséminées dans les sables sur des épaisseurs moyennes de 1,78 m. Ces argiles sont en biseau dans ces sables. Les discordances visibles ici sont des bancs d'argile dans certains puits. Cette corrélation permet donc d'appréhender l'évolution de l'épaisseur du continental terminal, du Nord au Sud de Dabou.

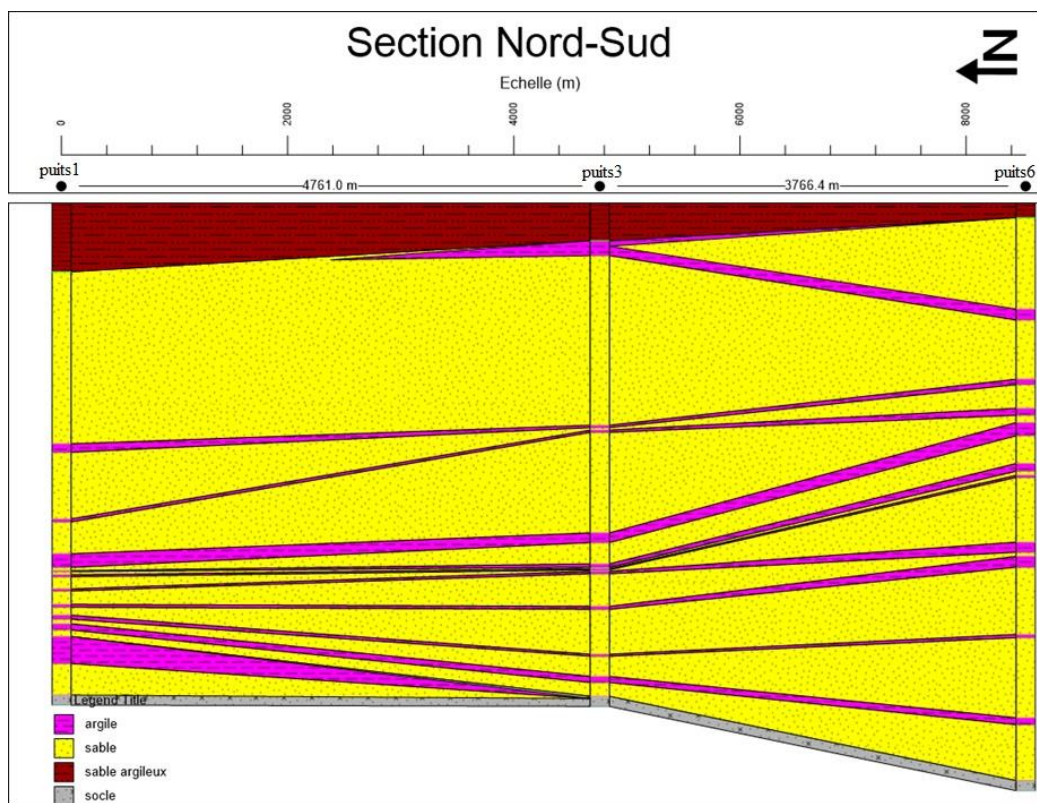


Fig. 3. Corrélation des puits dans la direction Nord-Sud

3.1.2 DIRECTION OUEST-EST

Ce profil de corrélation s’étend du Nord au Sud de Dabou et passant respectivement par les puits 2, 7, 3, 5 et 4 (figure 4) offrant une vue synthétique latérale de l’ensemble des sédiments de cette zone d’étude. La section obtenue (figure 5) permet d’observer les changements latéraux des faciès, les relations entre elles ainsi que leur variation d’épaisseur

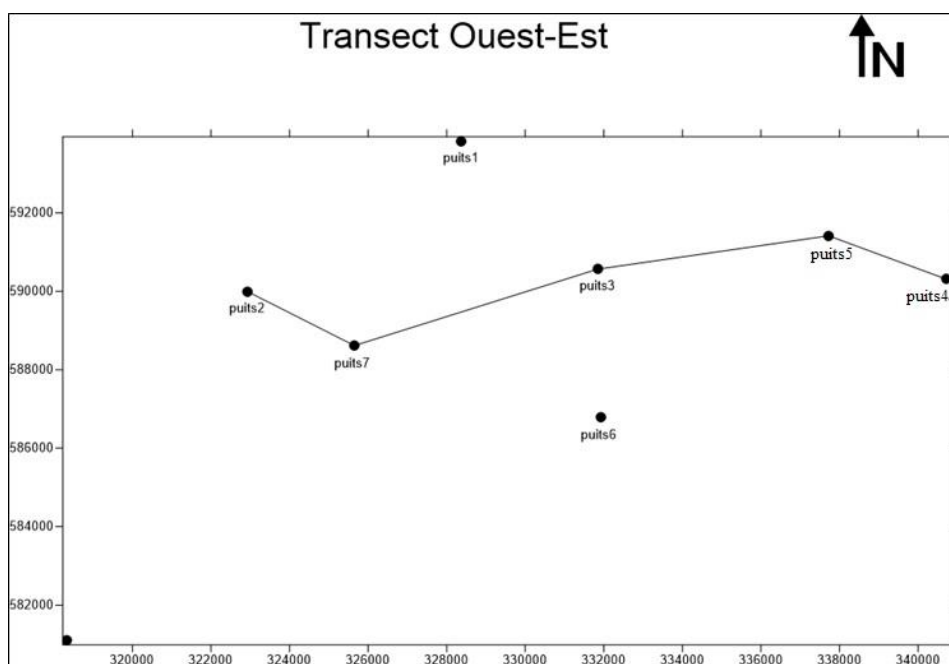


Fig. 4. Transect Ouest-Est

Tout comme le profil précédent, celui-ci montre que les réservoirs du CT sont des formations sableuses continues intercalées de galets de kaolin discontinus. Dans la direction Ouest-Est, l'on observe une diminution progressive de l'épaisseur de la couche de sable argileux (terre de barre) en partant du Nord vers le Sud le long du profil. Cela peut être dû aux effets de l'érosion ou à son utilisation dans la construction de routes. La puissance des sables augmente considérablement de l'Ouest vers l'Est dans l'ensemble. Ici, les puits les plus profonds sont localisés dans la partie Ouest. Il s'agit des puits 2 et 8 qui atteignent le socle respectivement à 170,06 m et 185,87 m. Cela s'explique par le fait qu'on est proche du compartiment Sud où le socle est très profond. Les argiles sont disséminées dans les sables sur des épaisseurs moyennes de 1,78 m. Ces argiles sont en biseau dans ces sables. Les discordances visibles ici sont des bancs d'argile dans certains puits. Cette corrélation permet donc d'appréhender l'évolution de l'épaisseur du continental terminal, d'Ouest en Est de Dabou.



Fig. 5. Corrélation des puits dans la direction Ouest-Est

3.2 MODÈLE 3D DE LA LITHOLOGIE

Les sables sont les formations lithologiques les plus importantes dans l'ensemble des puits. Ce modèle montre bien que les argiles sont en biseau dans les sables dans toute la région. Il permet d'observer l'évolution des épaisseurs des formations du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est.

3.2.1 FACES EST ET NORD

Ce modèle 3D de la lithologie de façon générale met en évidence deux (2) couches de sable argileux (terre de barre) séparées par un banc de sable avec de l'argile en intercalation dans le sable. On a une diminution de la terre de barre supérieure (sable argileux) d'Ouest en Est (figure 6), une diminution de l'épaisseur de la couche de sable dans la même direction et les couches d'argile sont discontinues. On remarque aussi que le Continental Terminal est plus épais vers l'Ouest.

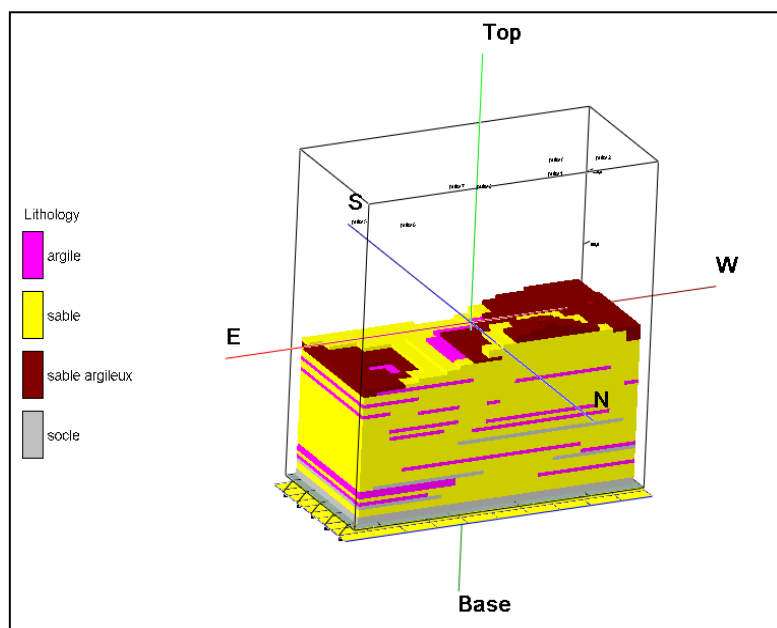


Fig. 6. Capture présentant les faces Est et Nord de la lithologie 3D

- Face Est

L'on observe sur la partie plus au Sud (marqué en vert) l'absence de la couche supérieure du sable argileux, laissant apparaître la couche de sable (figure 7). Quant à la partie orientée vers le Nord (marqué en bleu), on observe l'absence de la couche supérieure du sable argileux et de la couche de sable, donnant une ouverture sur la couche inférieure de sable argileux. On remarque également que de ce côté, les couches d'argile semblent continues.

- Face Nord

L'on observe sur cette face, un peu plus du côté Ouest (marqué en vert à la figure 8 ci-dessous) la présence de la couche supérieure du sable argileux et une discontinuité de la couche inférieure du sable argileux. Avec une élévation de terrain. On remarque que de ce côté, les couches d'argile sont discontinues.

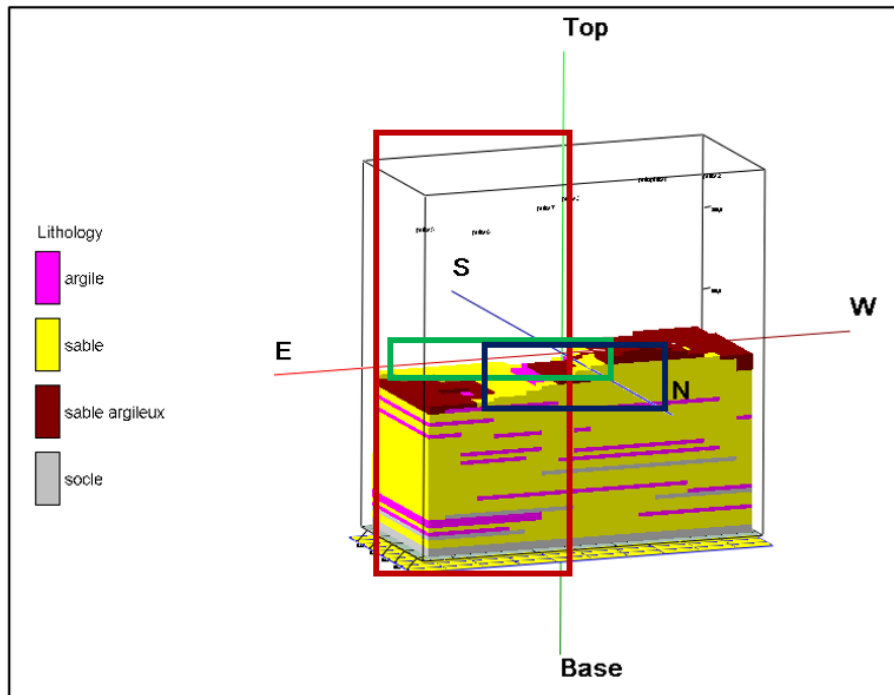


Fig. 7. Capture présentant la face Est de la lithologie 3D

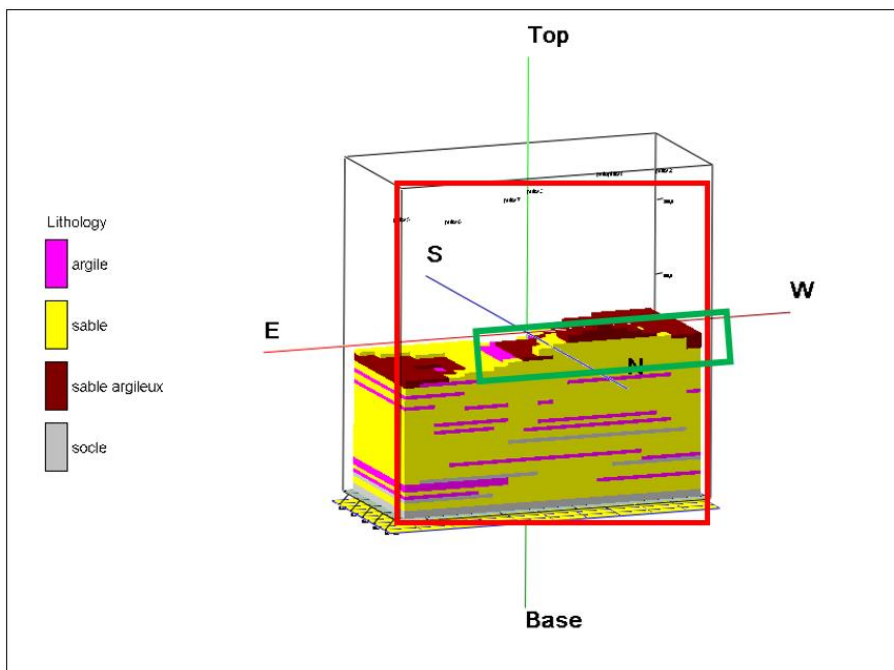


Fig. 8. Capture présentant la face Nord de la lithologie 3D

3.2.2 FACE OUEST-SUD

Sur cette face, on observe par endroit l'absence de la première couche de sable argileux (figure 9). On observe également que le terrain est plus élevé du côté Ouest et Nord et affaissé du côté Est et Sud. Cette face met aussi bien en évidence l'intercalation de bancs de sable argileux et de sable.

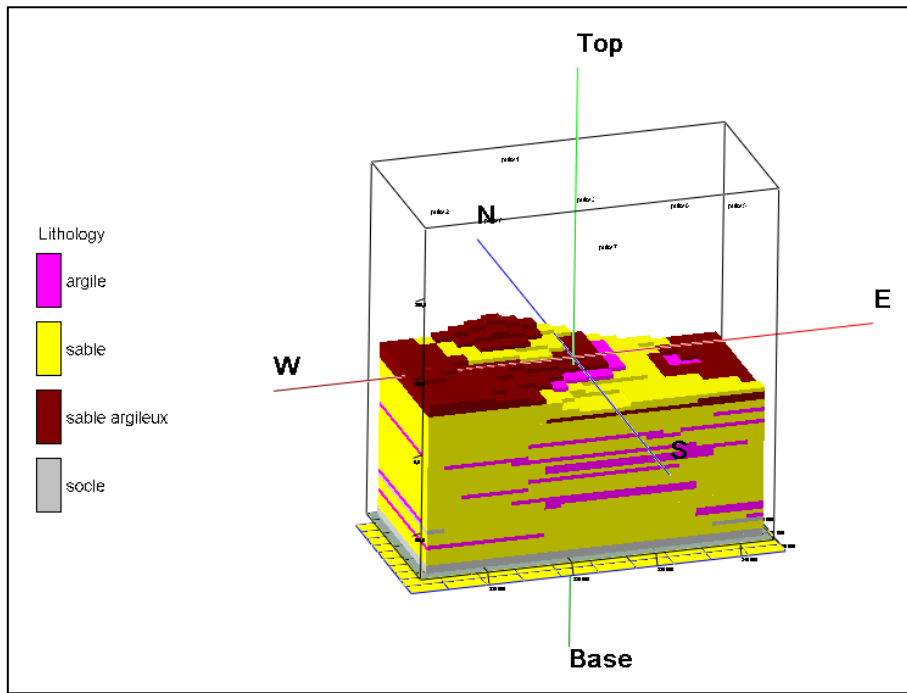


Fig. 9. Capture présentant les faces Ouest et Sud de la lithologie 3D

4 DISCUSSION

- Paléoenvironnement

Les deux unités lithologiques mises en évidence traduisent deux environnements de dépôts: le premier environnement est un milieu continental oxydé correspondant à une période très aride eu égard à la coloration rougeâtre des sables silto-argileux dénommés terre de barre, datant du Quaternaire. Ce sont des dépôts issus d'un transport de type mud-flow ou débris-flow et d'un écoulement de forte densité (boueux). Leur coloration rougeâtre est due à la présence d'hydroxyde et oxyde de fer [7].

Deuxièmement, on a un environnement correspondant à des dépôts fluviaux, représenté par des formations de sables intercalés de galets de kaolins datant du Plio-pléistocène [3]. Cette variation de lithologies dans les différents sondages est due à la fluctuation de l'énergie de dépôt [3].

Cependant, l'abondance de sable indique que le dépôt a été dominé par des dépôts à forte énergie, elle peut être expliquée par des phénomènes d'érosion, des lacunes de sédimentation ou des paléoréliefs [8].

- Corrélation

Les sections d'étude permettent d'observer qu'il n'y a pas des changements latéraux de faciès. De façon générale, on constate une diminution de l'épaisseur de la terre de barre et une augmentation considérable de l'épaisseur des formations du Continental Terminal du Nord au Sud de la région de Dabou. Par endroits, on observe l'absence de bancs d'argiles (discordances), qui peut s'expliquer par des phénomènes d'érosion, des lacunes de sédimentation ou des paléoreliefs. Ces résultats sont en accord avec ceux de [9] dont les investigations ont démontré que la zone Nord (5000 km²) de la faille des lagunes est caractérisée par une sédimentation peu épaisse tandis que la zone Sud (3000 km²) se caractérise par une sédimentation très épaisse qui peut parfois dépasser 5000 m.

Par ailleurs, on observe une alternance de couche de sable épais qui constituent des réservoirs poreux et des bancs d'argile discontinus qui constituent des roches couvertures. Cependant, les discordances observées au niveau des bancs d'argile permettent la communication entre les différents compartiments de réservoirs.

- Modèle 3D de la lithologie et la stratigraphie

Les modèles lithologiques et stratigraphiques 3D ainsi obtenu permettent de visualiser la géométrie des dépôts du continental terminal, de mettre en évidence les discordances locales et par la même occasion de calculer des certaines propriétés physiques de chaque formation telles que le volume. Ainsi, on observe de façon générale une augmentation de

l'épaisseur des formations du Continental Terminal du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest. L'épaisseur de la terre de barre varie peu dans l'ensemble.

Au niveau de la lithologie 3D, l'absence des couches de sable argileux par endroit se traduit par l'effet de l'érosion. La présence de deux couches de terre de barre séparées par une couche de sable peut s'expliquer par un arrêt de sédimentation ayant permis la mise en place de la première couche de terre de barre, puis une nouvelle phase de sédimentation ayant engendré le dépôt de sable et la dernière couche de sable argileux qui par arrêt de sédimentation deviendra la terre de barre.

La discontinuité et la prise en petit banc des argiles peuvent s'expliquer par une alternance de dépôt en milieu calme et en milieu turbulent.

Selon [3], le Nord de la Faille des Lagunes est une zone d'érosion et le Sud, une zone de dépôt. De même, les effets de l'érosion augmentent d'Ouest (Fresco) en Est (Éboïnda) et du Nord (Alépé) au Sud (Adiaké), au Nord de la faille. Cet auteur affirme également que dans cette zone, les roches sédimentaires sont discordantes sur le socle et sont de plus en plus anciennes de l'Ouest vers l'Est et du Nord au Sud; d'où l'approfondissement du socle dans les mêmes directions, montrant que l'ouverture de l'Atlantique Sud s'est faite de l'Est (Axim) vers l'Ouest (Fresco) en Côte d'Ivoire.

Le sable occupe le plus grand volume du bloc étudié, étant perméable et poreux, il constitue un excellent aquifère pour les ressources en eau. Du point de vue pétrolier, les couches d'argile étant discontinues, on peut dire qu'il y a absence de roche couverture dans la zone étudiée. Et donc la possibilité d'y trouver un piège de pétrole est faible. En cas de migration le risque de suintement est élevé. Cependant, cette zone représente un bon aquifère hydraulique.

5 CONCLUSION

Il convient de retenir que dans le but d'atteindre l'objectif général qui était de réaliser la modélisation 3D du bassin sédimentaire onshore de Dabou afin d'en étudier les formations et phénomènes les affectant, l'on a procédé en une méthodologie bien définie. Cette méthodologie a consisté à une reconstitution lithologique suivie d'un modèle tridimensionnel respectivement aux logiciels STRATER et Rockworks.

L'analyse des logs diagraphiques gamma ray a permis de reconstituer la lithologie de la zone, de déterminer de façon précise leurs puissances et de faire une corrélation afin d'observer la répartition spatiale des sédiments sur toute la zone d'étude. Par la suite la modélisation géologique 3D à travers le logiciel RockWorks a permis de réaliser des modèles géologiques en 3 dimensions, permettant d'observer l'évolution spatio-temporelle des épaisseurs des dépôts qui n'affleurent pas et de réaliser des analyses sur la géologie de la région de Dabou.

La reconstitution lithologique révèle la présence de couches de sables qui sont intercalées par des bancs d'argiles qui constitue le Continental terminal. Ces formations sont surmontées par deux couches de terre de barre dont la couche supérieure est érodée par endroit. La corrélation indique des changements latéraux de faciès. De façon générale, il y a une diminution de l'épaisseur de la terre de barre et une augmentation considérable de l'épaisseur des formations du Continental Terminal du Nord au Sud de la région de Dabou. Par endroit, on observe l'absence de bancs d'argiles qui peut s'expliquer par des phénomènes d'érosion, des lacunes de sédimentation.

Le modèle tridimensionnel apprécie mieux l'évolution des formations de la zone étudiée. Le modèle est occupé principalement de sables dans lesquels les argiles sont en biseau. Il met en évidence les zones d'érosion, les zones de dépression et d'élévation ainsi que les volumes des formations. Il révèle que la zone de Dabou est constituée d'un bon réservoir sableux.

Au vue de l'abondance de sable et de manque de roche couverture continue, l'on peut dire que ce bassin sédimentaire est plus propice à une infiltration d'eau (aquifère).

REFERENCES

- [1] R. G. Bié, Y. K. Raphael, and T. Juliette, «Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur-Eocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest,» *Int. J. african Stud.*, vol. 6, no. 6, pp. 40–56, 2012.
- [2] I. Tahi, «Palynologie et caractérisation de la matière organique des dépôts albo/aptiens-crétacés supérieurs du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire,» 2022.
- [3] Y. F. P. Assalé, «Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (est du bassin onshore de côte d'ivoire),» Thèse de Doctorat Université Félix Houphouët Boigny 361p., 2013. doi: HAL Id : tel-02070206, version 1 (16-03-2019).
- [4] A. C. Kra, N'Goran, Y. Jean, Yao Fori, and A. Paul, «Caractérisation de la dynamique de transport des grains de quartz dans la région d'anyama (côte d'ivoire) : morphoscopie et exoscopie,» no. Figure 1, pp. 27–36, 2020.

- [5] O. Serra, *Natural Gamma-Ray Spectrometry*, Developpem., vol. 15, no. Part A. 1984.
- [6] A. Nazeer, S. A. Abbasi, and S. H. Solangi, «Sedimentary facies interpretation of Gamma Ray (GR) log as basic well logs in Central and Lower Indus Basin of Pakistan,» *Geod. Geodyn.*, vol. 7, no. 6, pp. 432–443, 2016.
doi: 10.1016/j.geog.2016.06.006.
- [7] P. Clément and P.-J. Giannesini, «Les sédiments métallifères des fosses Atlantis II, Nereus et Commission I de la mer Rouge. Campagne MD 29 du Marion Dufresne (1981),» *Collect. Lithothèque Mar. du Muséum. Geodiversitas* 20, pp. 153–228, 1998.
- [8] N. A. Soe *et al.*, «Sedimentary facies of the late Middle Eocene Pondaung Formation (central Myanmar) and the palaeoenvironments of its Anthropoid Primates.,» *Comptes Rendus Palevol* 1, pp. 153–160, 2002.
- [9] J. P. Tastet, «Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de guinée: Côte d'Ivoire, Togo, Bénin,» Thèse Doctorat Etat ès Sciences Naturelles, Université Bordeaux I, n° 621, 175p, 1979.