

Analyse de la subsidence dans le bassin offshore du Bénin, Afrique de l'Ouest

Gérard Alfred Franck d'ALMEIDA^{1*}, Christophe KAKI¹, Nicaise YALO¹ et Suzanne AMELINA²

¹ *Département des Sciences de la Terre, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 4256 Cotonou, Bénin*

² *Compagnie Béninoise des Hydrocarbures, 01 BP 8060 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, courriel : almeidafranck@hotmail.com

Résumé

Dans cet article, une analyse de la subsidence totale au sein du bassin offshore du Bénin a été faite. Cinq puits, situés à des profondeurs d'eau de 27 m à plus de 2000 m, ont été sélectionnés pour cette étude. Pour chaque puits, l'enfoncement du socle et les taux de subsidence ont été estimés en tenant compte des épaisseurs compactées des sédiments déposés à la fin de chaque intervalle stratigraphique considéré. Les courbes de subsidence du socle et histogrammes de taux de subsidence correspondants mettent en évidence deux importantes périodes de subsidence du bassin. La première, datant du Cénomaniens-Turonien (fin de la phase de rifting), est caractérisée par une subsidence variable par endroits de 252 m à 1030 m et des taux de subsidence correspondants de 29,6 m / Ma à 121 m / Ma. L'autre pic de subsidence a eu lieu au Miocène et est caractérisé par des valeurs de 250 m à 970 m et des taux de subsidence de l'ordre de 35 m / Ma à 75 m / Ma. Une étude de la subsidence tectonique, basée sur la méthode de Backstripping, est nécessaire pour une reconstitution exhaustive de l'histoire géodynamique de ce bassin.

Mots-clés : *bassin offshore du Bénin, épaisseur des formations, subsidence totale, taux de subsidence.*

Abstract

Subsidence analysis within the offshore Benin basin, West Africa

In this paper, analysis of the total subsidence within the offshore Benin basin is made. Five wells, located in water deep of 27 m to more than 2000 m, have been selected for this study. For each well, the basement burial and subsidence rates have been estimated taking into account the compacted thicknesses of sediments deposited at the end of each considered stratigraphic interval. The basement burial curves of and histograms of corresponding subsidence rates point out two important periods of the basin subsidence. The first, dating from Cenomanian-Turonian (end of rifting phase), is characterized by variable burial values of 252 m to 1030 m and associated subsidence rates of 29.6 m / My to 121 m / My. The second subsidence peak happen during Miocene time and is characterized by burial values of 250 m to 970 m and subsidence rates of 35 m / My to 75 m / My. A tectonic subsidence study, based on Backstripping method, is necessary for a more comprehensive reconstruction of the geodynamic history of the offshore Benin basin.

Keywords : *offshore Benin basin, formations thicknesses, total subsidence, subsidence rate.*

1. Introduction

La subsidence d'un bassin sédimentaire est définie comme l'enfoncement de son substratum par rapport à un point fixe. Les caractéristiques des bassins sédimentaires sont avant tout commandées par la subsidence. La subsidence obéit très généralement au départ à des mécanismes tectoniques que l'on peut rattacher à deux grands contextes géodynamiques : (1) l'amincissement crustal, dans un régime des contraintes en tension, accompagné de flux thermiques élevés, correspondant à une phase de rifting et (2) la flexuration crustale, ou plissement de forme synclinale, en régime des contraintes dominantes en compression, alliée à des flux thermiques faibles [1 - 4]. Ces deux processus s'intègrent et sont souvent relayés dans le temps par des processus gravitaires visant à rétablir l'équilibre isostatique de la lithosphère par fluage latéral de matériel mantellique sous l'effet de la charge de l'eau et des sédiments [1, 2]. La chronologie, l'extension et l'importance de la subsidence varient largement d'un bassin à un autre et aussi au sein d'un même bassin. L'analyse de la subsidence est déterminante dans l'évaluation d'un bassin. Fondamentalement, elle permet de retracer l'histoire géodynamique d'un bassin et de manière pratique, permet la quantification des flux sédimentaires et contribue à l'évaluation du degré de maturité de la matière organique sédimentaire. De nombreuses études publiées ont discuté du développement tectono-sédimentaire des bassins offshore de la Baie du Dahomey [5 - 8]. Mais, à ce jour, aucune étude n'a porté sur l'évaluation quantitative de la subsidence dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin. La présente étude vise à reconstituer, par la méthode simplifiée des épaisseurs actuelles en fonction du temps géologique, l'histoire de l'enfouissement du substratum du bassin côtier du Bénin durant les phases d'ouverture de l'Atlantique Equatoriale. Elle reste capitale pour une évaluation quantitative de la subsidence tectonique et la reconstitution de l'histoire géodynamique du bassin côtier béninois.

2. Stratigraphie de la zone d'étude

La stratigraphie de la zone offshore du bassin sédimentaire côtier du Bénin a été discutée par de nombreux auteurs [6, 9 - 14] et différents schémas de classification ont été proposés. Conformément à l'évolution structurale, les formations mises en place dans ce bassin peuvent être regroupées en trois séquences ou phases tectoniques [5, 14] :

- Séquence d'effondrement ou « Syn-rift » (Néocomien à l'Albien) ;
- Séquence intermédiaire ou « Transitionnelle » (Cénomanién à Coniacien) ;
- Séquence de dérive ou « Post-rift » (Maestrichtien à Récent).

La synthèse stratigraphique de l'offshore du Bassin est présentée en **Figure 1**. Les horizons sismiques marquant le toit de différentes formations sont indiqués par les codes H 2 à H 8.

- La séquence d'effondrement d'âge Crétacé inférieur, est composée de deux unités lithostratigraphiques, la formation Isé d'âge Néocomien et la formation « Albienne » déposées dans des demi-grabens formés avant l'élargissement du Bassin. Les deux formations sont séparées par une importante discordance angulaire d'âge Barrémien-Aptien. La formation Isé ou H9 (Néocomien). Peu étudiée au Bénin faute de forages exploratoires profonds, est constituée de grès conglomératiques, de lits de schistes et de minces couches de carbonates. Les grès sont blancs à gris, non triés, conglomératiques, quartzitiques bien indurés et renferment d'abondants minéraux ferromagnésiens. Les données sismiques montrent que la formation s'épaissit en direction du large et aurait une épaisseur maximale supérieure à 2000 m. De façon générale, les dépôts de la formation Isé sont fluviaux, lacustres ou de plaine marécageuse. Certaines séquences de cette formation montrent de possibles conditions de dépôts de plaine côtière.

Ages		Formations	Caractéristiques lithologiques	Coupe lithologique	Séquences		
QUATERNAIRE							
TERTIAIRE	Néogène	Holocène Pléistocène	Bénin/Ijebu	Sables à grains grossiers atteignant 500 m d'épaisseur	Séquence supérieure		
		Pliocène					
	Paléogène	Miocène	Sup	Silt, grès et argiles avec des intercalations de calcaires et de dolomies. Son épaisseur est plus de 600m		H2	
			Inf			H3	
		Oligocène					
		Eocène	Oshoshun	Argiles litées et argiles litées sableuses.			
		Paléocène	Imo Shale	Argiles litées gris-vertâtre à gris-sombre non calcareuses. son épaisseur est plus de 400m			
			Araromi Shale	Argiles litées carbonatées de couleur noire à gris foncée. Ep > 200 m		H4	
	CRETACE	Sup	Sénonien	Maestrichtien			
				Campanien			
Santonien							
Coniacien			Awgu	Shistes calcareux avec quelques intercalations de grès et de limons	H5 H6		
Turonien			Abeokuta Formation	Grès grossiers avec de rares niveaux conglomératiques à base essentiellement argileuse. Son épaisseur est plus de 1000 m			
Cénomarien							
Inf		Neocomien	Albien	Ise Formation	Grès conglomératiques intercalés de lits de schistes et de minces couches d'argiles. Son épaisseur (Ep) pourrait atteindre 2000 m		
			Aptien			Grès intercalés de fréquentes passées d'argiles et de dolomies. Ep=100-700 m	H7 H8
			Barrémien				
			Hauténoisien				
		Bériasien			H9		
Jurassique		?			Séquence inférieure		

Figure 1 : Lithostratigraphie généralisée de l'offshore du Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin [5]

La formation « Albienne » ou H8 (Aptien-Albien). Elle débute par des grès d'origine continentale semblable à ceux de la formation Isé. La partie supérieure est composée de grès avec de fréquentes passées d'argiles litées et de dolomies. Identifiée aussi bien dans la zone littorale que dans tout l'offshore, cette formation s'épaissit également en direction du large et atteint une épaisseur de 1000 m dans la partie Sud-Est du Bassin. Sur le plan biostratigraphie, on distingue deux zones : une zone inférieure à *Pelletieria minutaestriata* et une zone supérieure à *Aequatriradites-Tetracolpites* ;

- La séquence intermédiaire est très arénacée et présente sur tout le plateau continental. L'épaississement des couches apparaît à la fois vers l'Est et vers le large du bassin. Cette séquence est relativement mieux connue. Au sein de cette séquence, on distingue deux formations : la formation Abeokuta constituée des « argiles du Cénomarien » et des « grès du Turonien » et la formation argileuse Awgu d'âge Coniacien. Ces deux formations sont séparées par une discordance angulaire. La formation d'Abeokuta ou H6 (Cénomarien-Turonien), est essentiellement constituée de grès massifs, gris clairs à blancs généralement grossiers mal classés, riches en pyrite avec parfois des lits fins de schistes, présentant des intercalations de niveaux argileux noirs, gris à verts. Elle commence par un niveau argileux : « les argiles du Cénomarien ». La série atteint une épaisseur de 1000 m à l'Est du bassin et est tronquée au sommet par la discordance du Sénonien. Les minces lits d'argile contiennent des assemblages palynologiques (*Multiporopollenites maculosis* et

Converrucosis porites sp.) qui indiquent un âge du Turonien à Coniacien. L'étude de faciès sismique montre des réflexions à configuration progradante et suggère un milieu de dépôt de type marginal à néritique. La formation Awgu ou H5 (Coniacien) est constituée d'argiles calcareuses gris-foncé avec des intercalations de limons gris-clairs et de rares niveaux de grès fins. Elle est caractérisée par la présence d'ostracodes comme *Bulmina sp.*, de fragments de prismes d'*Inoceramus*. Cette formation s'est déposée dans un milieu marginal à marin subtidal anaérobique ;

- La séquence de dérive d'âge Maestrichtien à Récent est uniquement représentée par des roches clastiques. Contrairement aux autres formations, les formations de la séquence de dérive sont essentiellement argileuses. Cinq unités lithostratigraphiques ont été reconnues : Les argiles d'Araromi ou H4 (Maestrichtien-Paléocène inférieur); d'Imo (Paléocène moyen à Eocène inférieur) et d'Oshoshun ou H3 (Eocène moyen) surmontées par les formations Afowo ou H2 (Miocène) et Bénin/Ijebu ou H1 (Miocène supérieur-Pliocène à Récent).

3. Données et méthodologie

3-1. Données

Pour l'analyse de la subsidence dans le bassin offshore du Bénin, les épaisseurs compactées de sédiments de cinq (05) puits forés à des profondeurs d'eau allant de 27 m à plus de 2000 m ont été sélectionnés. Il s'agit des puits R1 ; R23 ; C1 ; G20 et G21 (**Figure 2**).

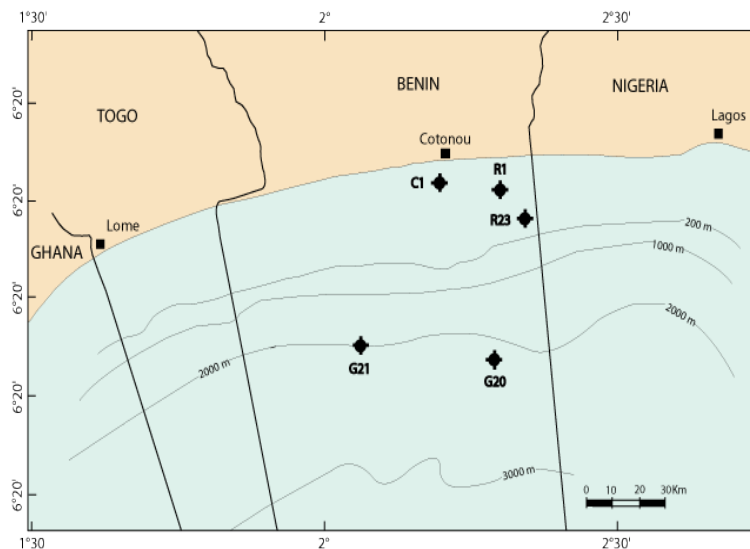


Figure 2 : Carte de la baie du Dahomey avec positionnement des puits étudiés

L'estimation de l'épaisseur des sédiments compactés mis en place dans le secteur de chaque puits à la fin de chaque intervalle stratigraphique considéré est présentée dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Épaisseurs des formations dans l'offshore (puits R1 ; R23 ; C1 ; G20 et G21)

Phases tectoniques	Intervalles stratigraphiques	Formations	Épaisseurs des sédiments à la fin de chaque intervalle stratigraphique (m)					
			Puits R1	Puits R23	Puits C1	Puits G20	Puits G21	
OCEANISATION	4	Miocène supérieur à Présent	Bénin / Ijebu	164	575	300	395	403
		Miocène inférieur – Miocène moyen	Afowo	970	685	456	380	270
		Oligocène	-	-	-	-	-	
	3	Eocène moyen – Eocène supérieur	Oshoshun	-	45	-	-	-
		Paléocène – Eocène inférieur	Imo	390	339	294	178	164
		Maestrichtien – Danien	Araromi	233	208	219	165	15
	Santonien - Campanien	-	-	-	-	-		
RIFTING	2	Coniacien	Awgu	97	55	159	150	-
		Turonien – Cénomanién	Abeokuta	555	655	1030	779	252
	1	Albien – Aptien	Albian	403	439	87	598	734
		Barrémien	-	-	-	-	-	
	Néocomien	Isè	228	136	307	-	-	
PRE-RIFT		Cambrien	socle	-	-	-	-	-

3-2. Méthodologie

L'estimation de la composante verticale des mouvements tectoniques s'effectue à partir du niveau de l'océan mondial et, dans la mesure du possible, en considérant les variations eustatiques de ce niveau. Les mouvements tectoniques verticaux sont évalués en tenant compte des positions initiales et finales des corps géologiques au cours d'un temps donné. La méthode classique de calcul de la subsidence tectonique ou "Backstripping" se fonde sur la **Formule** générale suivante [1, 4, 15, 16] :

$$y \left(\begin{matrix} \text{subsidence} \\ \text{tectonique} \end{matrix} \right) = w_d + S \frac{(\rho_m - \rho_s)}{(\rho_m - \rho_e)} - H \tag{1}$$

avec, w_d : paléobathymétrie ; S : eustatisme ; H : surcharge liée aux sédiments et à la colonne d'eau.

$$H = E \frac{\rho_m}{(\rho_m - \rho_e)} \tag{2}$$

avec, ρ_m : masse volumique du manteau = 3300 kg.m^3 ; ρ_e : masse volumique de l'eau (kg.m^3) ; ρ_s : masse volumique moyenne de la colonne sédimentaire (kg.m^3) ; E : épaisseur cumulée décompactée des sédiments.

Une analyse quantitative des taux de subsidence à travers le temps nécessite les corrections suivantes : (1) Compaction (décompactation des unités stratigraphiques à leur épaisseur correcte au moment considéré). Pour décompacter on doit connaître, en tenant compte de la lithologie, la variation de la porosité avec la profondeur ; (2) les variations de la paléo bathymétrie à travers le temps ; (3) les fluctuations absolues du niveau marin (eustatisme) par rapport au niveau marin actuel. Après correction de l'épaisseur de la colonne d'eau et des variations du niveau marin, la subsidence tectonique (Y) est calculée à partir de l'épaisseur des sédiments et la moyenne de la séquence sédimentaire entière à une période particulière. L'étirement et la

flexure de la lithosphère sont les plus importants mécanismes de la subsidence [1 - 4] et ils produisent des signaux très différents :

- L'étirement produit : une rapide subsidence syn-rift suivie par une subsidence post-rift décroissante exponentiellement (phase concave) due à la relaxation thermique. La durée de la subsidence est de 10 à 10² Ma avec des taux de subsidence de 0.2 mm / an à 0.05 mm / an ;
- La flexure produit : une subsidence accélérée à travers le temps (phase convexe). La durée de la subsidence est de 20 - 40 Ma ; les taux de subsidence sont de 0.2 - 0.5 mm / an.

Dans cette étude, il ne sera pas fait une étude géodynamique détaillée basée sur l'évaluation de la subsidence tectonique du bassin par la méthode de « backstripping » mais plutôt une analyse géodynamique globale portant uniquement sur la subsidence totale (du socle) au terme de chacune des périodes considérées. Ainsi, par la méthode simplifiée des épaisseurs actuelles en fonction du temps géologique on pourra avoir une idée sur l'importance de la subsidence du socle en fonction de la répartition spatiale des points considérés. La subsidence a été évaluée en tenant compte des positions initiales et finales des séquences (changement de profondeur) au cours d'un temps donné. Le taux de subsidence caractérisant un point donné d'un bassin, durant un intervalle de temps bien défini, a été déterminé en faisant le rapport de l'épaisseur des sédiments compactés en place sur la durée de l'intervalle stratigraphique considéré. Évidemment, dans ces conditions, des erreurs d'appréciation de chacune des composantes citées plus haut peuvent varier largement puisque l'estimation de la subsidence du socle et les taux de subsidence associées ont été réalisés sans tenir compte des effets de compaction des sédiments en fonction de la lithologie, des variations eustatiques et de la durée des discordances et des lacunes. En conséquence, les courbes qui en résultent ne reflètent pas la dynamique sédimentaire réelle (subsidence tectonique du bassin durant chaque intervalle stratigraphique considéré) mais donne une idée générale sur l'importance relative de l'enfouissement du socle en fonction de l'évolution tectono-sédimentaire du bassin. L'évolution globale des bassins sédimentaires (approfondissement, soulèvement, érosion et comblement) est observable sur la courbe de subsidence totale. Cette dernière porte un intérêt particulier pour l'évaluation des roches mères et leur potentiel pétrolier, ainsi que la dynamique des hydrocarbures dans le bassin.

4. Résultats et discussion

4-1. Résultats

Pour les puits sélectionnés, les données de profondeur du bassin (épaisseurs cumulées de sédiments) à la fin de chaque intervalle stratigraphique et celles de vitesses moyennes de subsidence totale correspondante (taux de subsidence du socle) sont résumées respectivement dans les **Tableaux 2 et 3**.

Tableau 2 : Épaisseurs cumulées des formations (puits R1 ; R23 ; C1 ; G20 et G21)

Phases tectoniques	Intervalles stratigraphiques	Formations	Épaisseurs cumulées des sédiments à la fin de chaque intervalle stratigraphique (m)					
			Puits R1	Puits R23	Puits C1	Puits G20	Puits G21	
OCEANISATION	4	Miocène supérieur à Présent	Bénin / Ijebu	3040	3137	2852	2645	1838
		Miocène inférieur – Miocène moyen	Afowo	2876	2562	2552	2250	1435
	Oligocène		-	-	-	-	-	
	3	Eocène moyen – Eocène supérieur	Oshoshun	-	1877	-	-	-
		Paléocène – Eocène inférieur	Imo	1906	1832	2096	1870	1165
		Maestrichtien – Danien	Araromi	1516	1493	1802	1692	1001
Santonien - Campanien		-	-	-	-	-		
RIFTING	2	Coniacien	Awgu	1283	1285	1583	1527	-
		Turonien – Cénomanién	Abeokuta	1186	1230	1424	1377	986
	1	Albien – Aptien	Albian	631	575	394	598	734
		Barrémien	-	-	-	-	-	
		Néocomien	Ise	228	136	307	-	-
PRE-RIFT	Cambrien		socle	-	-	-	-	-

Tableau 3 : Vitesses de subsidence du socle (puits R1 ; R23 ; C1 ; G20 et G21)

Phases tectoniques	Intervalles stratigraphiques	Formations	Vitesse moyenne de subsidence du socle (m / Ma)					
			Puits R1	Puits R23	Puits C1	Puits G20	Puits G21	
OCEANISATION	4	Miocène supérieur à Présent	Bénin / Ijebu	18,72	65,64	34,25	45,09	46
		Miocène inférieur – Miocène moyen	Afowo	75,19	53,10	35,35	29,46	20,93
	Oligocène		-	-	-	-	-	
	3	Eocène moyen - Eocène supérieur	Oshoshun	-	3,61	-	-	-
		Paléocène – Eocène inférieur	Imo	32,5	28,25	24,5	14,83	13,67
		Maestrichtien – Danien	Araromi	19,41	17,33	18,24	13,75	1,25
Santonien - Campanien		-	-	-	-	-		
RIFTING	2	Coniacien	Awgu	51,05	28,95	83,68	78,94	-
		Turonien – Cénomanién	Abeokuta	65,29	77,05	121,17	91,64	29,65
	1	Albien – Aptien	Albian	14,65	15,96	3,16	21,74	26,68
		Barrémien	-	-	-	-	-	
		Néocomien	Ise	16,52	9,85	22,24	-	-
PRE-RIFT	Cambrien		socle	-	-	-	-	-

Les valeurs exprimées dans les **Tableaux 2 et 3** ont permis de réaliser les courbes de subsidence du socle en fonction des intervalles stratigraphiques définis ainsi que les histogrammes de taux de subsidence correspondants (**Figures 3 à 7**).

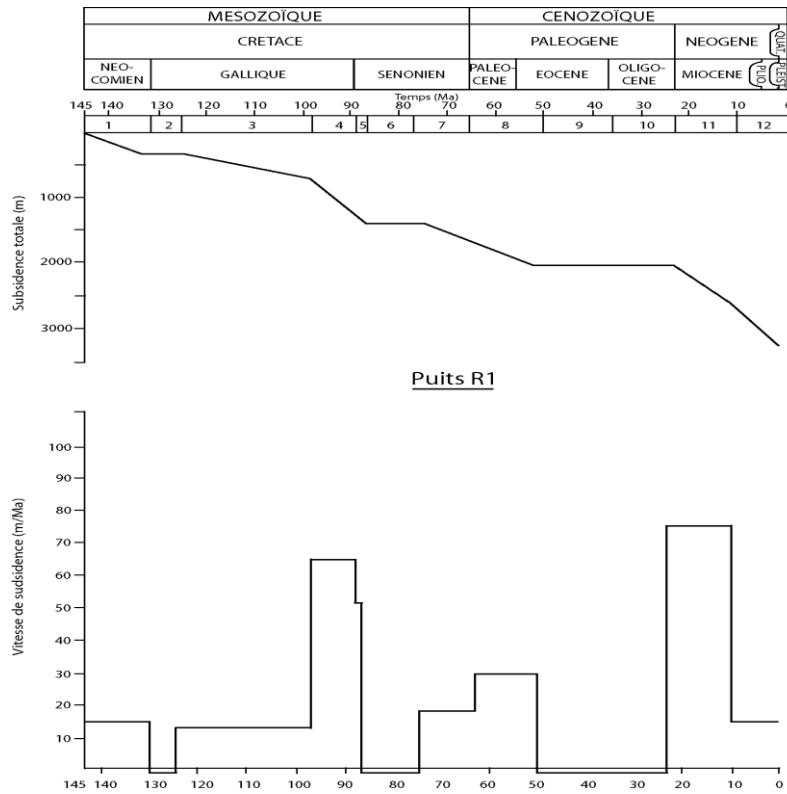


Figure 3 : Courbe théorique et taux de subsidence du socle au niveau du puits R1

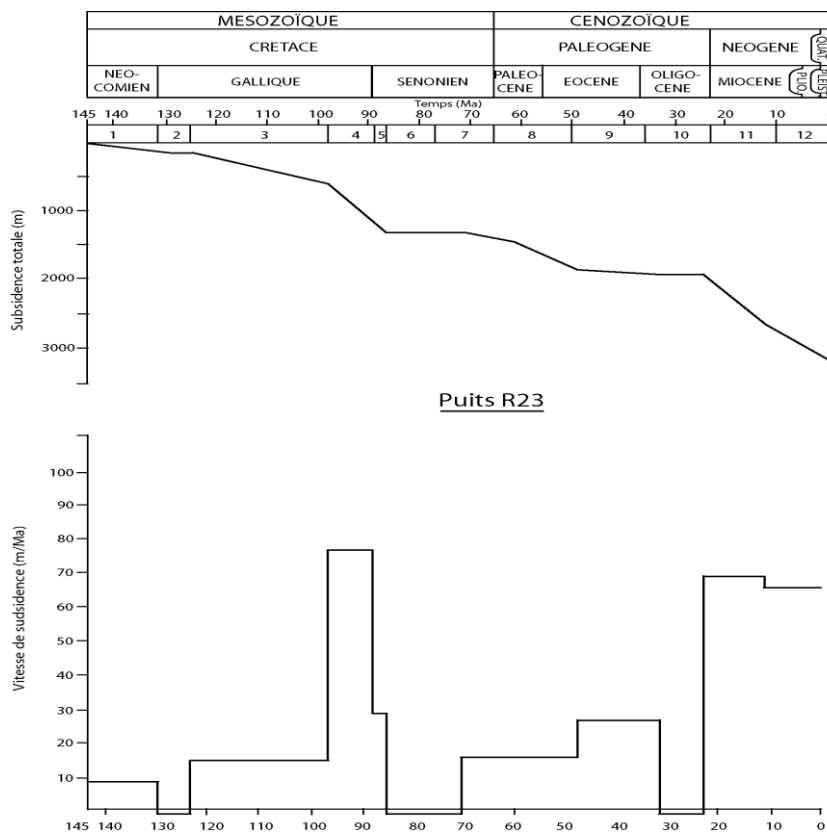


Figure 4 : Courbe théorique et taux de subsidence du socle au niveau du puits R23

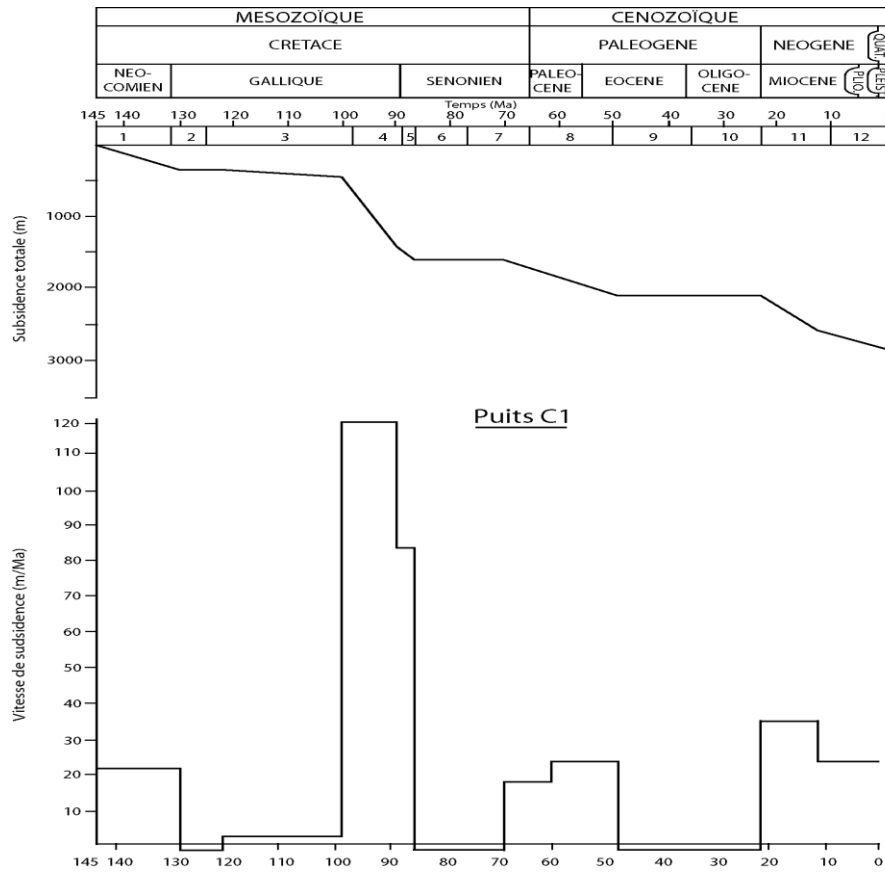


Figure 5 : Courbe théorique et taux de subsidence du socle au niveau du puits C1

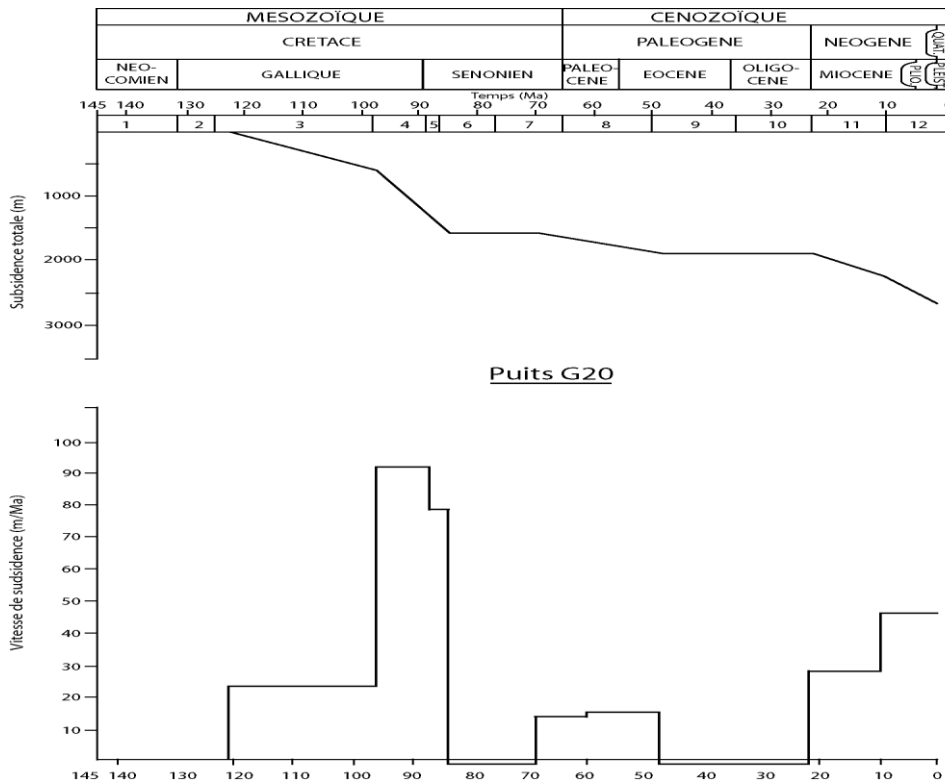


Figure 6 : Courbe théorique et taux de subsidence du socle au niveau du puits G20

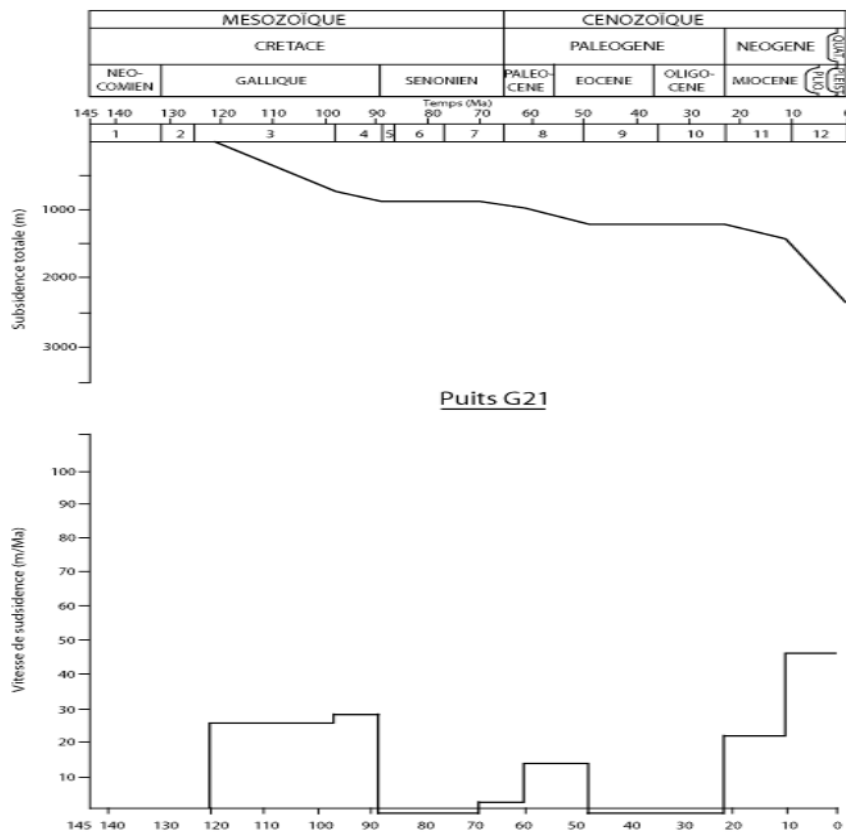


Figure 7 : Courbe théorique et taux de subsidence du socle au niveau du puits G21

Les courbes traduisant l'effoulement du substratum du bassin en fonction du temps (*Figures 3 à 7*) présentent une allure standard caractéristique de la subsidence des marges passives divergentes [1 - 4, 15, 16]. Néanmoins, on note quelques irrégularités. Les histogrammes traduisant les variations du taux de subsidence en fonction du temps révèlent que la subsidence n'a pas été uniforme. Elle a différemment évolué et ce, relativement au secteur considéré dans le bassin. Les phases de rifting et d'océanisation sont clairement identifiables sur toutes les *Figures*. Les courbes réalisées montrent l'effoulement du socle durant chaque intervalle stratigraphique considéré alors que les histogrammes indiquent les taux uniformisés de subsidence correspondants. Les valeurs négatives des histogrammes symbolisent les périodes de discordances stratigraphiques qui résultent de processus de surrection et d'érosion des séquences préexistantes. La phase de rifting comprend 2 étapes (Néocomien et Aptien-Coniacien) séparées l'une de l'autre par la discordance du Barrémien. Cette phase est achevée par la discordance du Santonien-Campanien. En ce qui concerne les *Figures 6 et 7* relatives aux puits G20 et G21, forés en profondeur et pour lesquels les sédiments néocomiens n'ont pas été atteints, la phase initiale de subsidence a été représentée à partir de l'Aptien-Albien. La phase d'océanisation comprend également 2 étapes (Maestrichtien-Eocène supérieur et Miocène à Récent) séparées l'une de l'autre par la discordance de l'Oligocène.

4-2. Discussion

- La phase de rifting (Néocomien-Coniacien)

Durant le Néocomien (145 - 130 Ma), la zone offshore actuellement située à moins de 200 m de profondeur d'eau a été marquée par une subsidence relativement faible, variable selon les secteurs, de 130 m dans le secteur Est frontalier avec le Nigéria à 307 m environ dans la zone centrale avec des taux moyens de subsidence généralement inférieurs à 20 m / Ma. A la fin du Néocomien, la subsidence du socle ralentit

brutalement à travers tout le bassin (moins de 1 m / Ma) et laisse place, au Barrémien (132 - 124,5 Ma), à une surrection suivie d'érosion. Durant l'Aptien-Albien (125 - 97 Ma) on note une reprise de la subsidence du socle, faible dans le secteur Nord-ouest (puits C1) avec un taux moyen de 3,16 m / Ma et plus prononcée dans le secteur Nord-est (puits R1 et R23) avec un taux de subsidence d'environ 15 m / Ma. Les valeurs maximales de subsidence ont été constatées en eaux profondes (puits G20 et G21) jusqu'à 26 m / Ma. Les épaisseurs de sédiments accumulés durant l'Aptien-Albien montrent que les flux sédimentaires silicoclastiques avaient été considérables durant cette période. Le transfert sédimentaire semble s'être d'abord opéré de l'est vers l'ouest (598 m contre 734 m) dans le secteur qui présentement constitue l'offshore profond puis, avec l'élargissement du bassin, de l'Est vers le centre (403 m contre 87 m). Le Cénomaniens-Turonien marque la 2^e étape de la phase d'effondrement. C'est une période transitoire au cours de laquelle on note le plus important enfouissement du socle du bassin ayant conduit à l'accumulation de 252 m à plus de 1030 m de sédiments (puits G21 et C1 respectivement).

Cet important apport sédimentaire s'est opéré à des taux de subsidence très différents selon les secteurs du bassin bien que les dépôts reconnus comme « grès transgressifs albiens » aient recouvert l'ensemble du bassin. Durant cette période, des taux de subsidence allant jusqu'à 121 m / Ma ont été constatés pour la zone qui constitue présentement l'offshore peu profond avec un flux sédimentaire silicoclastiques opéré de l'Est vers l'Ouest (555 m contre 1030 m). Dans l'offshore profond des taux de subsidence allant de 29 m / Ma à 91 m / Ma ont été évalués avec un transfert sédimentaire opéré du Nord-ouest vers le Sud-est (252 m contre 779 m). Le Coniacien (88,5 - 86,5 Ma) marque la fin de cette période transitoire. Durant cet intervalle stratigraphique on note une réduction de l'effet de subsidence et de l'apport sédimentaire. Les valeurs maximales sont obtenues au niveau des puits C1 et G20 (150 m environ pour 78 m / Ma). Cet effet de subsidence fut quasiment nul dans le secteur du puits G21 situé au centre, à plus de 50 km du puits G20. Le Santonien-Campanien (86,6 - 74 Ma) a été marqué par un événement compressif régional qui a également affecté le bassin sédimentaire côtier du Bénin et qui est responsable de la discordance sédimentaire mise en place dans ce bassin à cette époque.

- La phase post-rift (Maestrichtien à l'actuel)

Durant cette phase, on note des épisodes de subsidence modérée interrompus par la discordance de l'Oligocène qui a conduit à l'érosion des sédiments préexistants de l'Eocène moyen-Eocène supérieur puisque ces derniers ne sont présents que dans le secteur du puits R23. De manière générale, la subsidence durant cette période s'est d'abord progressivement accrue passant de 1 m / Ma à 19,4 m / Ma du Maestrichtien au Danien puis de 13 m / Ma à 32,5 m / Ma du Paléocène à l'Eocène Inférieur. Du Maestrichtien à l'Eocène inférieur, la subsidence et l'apport sédimentaire ont été plus importants dans le secteur de l'actuel offshore peu profond (bathymétrie inférieure à 200 m). A l'exception des secteurs des puits C1 et G20, l'augmentation du taux de subsidence entre les 2 étapes de cette phase a été de plus de 10 m / Ma. Du Miocène à l'actuel, la subsidence du socle du bassin et l'apport sédimentaire qui s'en ait suivi peut être subdivisée en deux intervalles stratigraphiques (Miocène inférieur - Miocène moyen et Miocène supérieur à Récent). Durant la 1^{ère} étape (du Miocène inférieur au Miocène moyen), la subsidence a été plus marquée en offshore peu profond (puits R1 ; R23 et C1) avec des taux de subsidence moyens de 75 m / Ma ; 53 m / Ma et 35 m / Ma respectivement et des apports sédimentaires moins importants. Par contre, durant la 2^{ème} étape (Miocène supérieur à Récent), la subsidence a été plus marquée dans l'offshore profond (puits R23, G21 et G20) avec des vitesses de subsidence du socle de 65 m / Ma, et 45 m / Ma et 46 m / Ma respectivement et des apports sédimentaires importants de l'ordre de 400 à 500 m. Globalement, on note durant cette phase une réduction progressive mais pas linéaire de la subsidence du Nord-est vers le Sud-ouest du Bassin.

5. Conclusion

L'analyse de la subsidence dans le bassin offshore du Bénin a permis de constater des variations spatio-temporelles des taux de subsidence et des vitesses de sédimentation associées. Durant la phase de rifting (Néocomien à Coniacien), la subsidence a été marquée au Cénomanién-Turonien par un enfouissement maximal du socle (de 252 m à plus de 1030 m) suivi d'un apport sédimentaire important. Dans la zone qui constitue présentement l'offshore peu profond, les flux sédimentaires silicoclastiques de la formation pétrolière Abeokuta ont été mis en place à des taux de subsidence allant jusqu'à 121 m / Ma. Le transfert sédimentaire semble s'être opéré du Nord- Ouest vers le Sud-Est. Dans l'offshore profond la subsidence a été de 252 m à 779 m avec des taux de subsidence de 29 m / Ma à 91 m / Ma. Le principal centre de dépôt des sédiments crétacés, ciblés en exploration pétrolière dans la région, semble avoir été localisé dans le secteur Est du bassin. Durant la phase d'océanisation (Maestrichtien à Récent) qui a débuté après l'événement compressif régional du Santonien, la subsidence a été maximale après la mise en place de la discordance de l'Oligocène et plus précisément durant le Miocène. Une étude de la subsidence tectonique basée sur la traditionnelle méthode de Backstripping s'avère nécessaire pour une reconstitution exhaustive de l'histoire géodynamique de la marge continentale béninoise.

Remerciements

Les auteurs remercient les Autorités du Ministère en charge des recherches pétrolières et minières du Bénin et en particulier les Directeurs Généraux du sous-secteur des hydrocarbures, pour les données de puits mises à disposition pour la rédaction de cet article.

Références

- [1] - P. A. ALLEN and J. R. ALLEN, *Basin analysis : Principles and applications*, 2nd Edition, Blackwell Scientific Publications, (2005) 562 p.
- [2] - D. P. MCKENZIE, *Some remarks on the development of sedimentary basins : Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 40, (1978) 25 - 32 p, doi : 10.1016/0012-821X (78) 9007
- [3] - A. B. WATTS, and W. B. F. RYAN, *Flexure of the lithosphere and continental margin basins*. *Tectonophysics*, Vol. 36, (1976) 25 - 44 p, doi : 10.1016/0040-1951(76)90004-4
- [4] - X. XIE and P. L. HELLER, *Plate tectonics and basin subsidence history* *Geological Society of America Bulletin*, 121 (2009) 55 - 64 p, doi : 10.1130/B26398.1
- [5] - M. E. BROWNFIELD and R. R. CHARPENTIER, *Geology and Total Petroleum Systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa*. U.S. Geological Survey Bulletin, 2207-C, (2006) 52 p.
- [6] - PROJET RESO-BSC (Projet Redéfinition du Socle du Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin), *Synthèse géologique du Bassin Sédimentaire Côtier du Bénin*. Centre d'étude Prospective et de Recherches Appliquées. RC 25.807A-INSAE : 2978324113665, (2001).
- [7] - M. MOULIN, D. ASLANIAN and P. UNTERNEHR, *A New Starting Point for the South and Equatorial Atlantic Ocean*. *Earth-Science Reviews*, 98 (2010) 1 - 37 p, <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.08.001>
- [8] - C. KAKI, G. A. F. d'ALMEIDA, N. YALO and S. AMELINA, *Geology and Petroleum Systems of the Offshore Benin Basin (Benin)*, *Oil & Gas Science and Technology-Revue IFP Energies Nouvelles*, 68 (2012) 363 - 381 p, <http://dx.doi.org/10.2516/ogst/2012038>

- [9] - H. G. BILLMAN, *Offshore Stratigraphy and Paleontology of the Dahomey Embayment, West Africa*. Nigerian Association Petroleum Explorationists, 7 (1992) 121 - 130 p.
- [10] - SAGA PETROLEUM, S.A. *Benin Basin Evaluation Report*, (1984) 336 p.
- [11] - INTERNATIONAL PETROLEUM LIMITED, *Offshore Benin Blocs 1 et 2 : Technical Evaluation*. Report, (1991) 57 p.
- [12] - KNOC-Benin Energy SARL, *Final Well site Geological Report*, (2006) 49 p
- [13] - SOUTH ATLANTIC PETROLEUM (SAPETRO), *Benin Bloc 1 / Seme Petroleum System*. Report, (2010) 8 p.
- [14] - G. A. F. d'ALMEIDA, C. KAKI, and J. A. ADEOYE, *Benin and Western Nigeria Offshore Basins : A Stratigraphic Nomenclature Comparison*. International Journal of Geosciences, 7 (2016) 177 - 188, <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2016.72014>
- [15] - C. L. ANGEVINE, P. L. HELLER, and C. PAOLA, *Quantitative sedimentary basin modeling : Tulsa, Oklahoma*, American Association of Petroleum Geologists, Continuing Education Course Note Series, N° 32, (1990) 256 p.
- [16] - E. LEROUX, « *Quantification des flux sédimentaires et de la subsidence du bassin Provençal* » Université de Brest, (2012) 455 p.