



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 335 (2003) 327–334



Géosciences de surface / Paléoenvironnement

Paléoenvironnements et caractérisation des roches mères pétrolières des séries pré-salifères du bassin intérieur du Gabon

Palaeoenvironments and characterization of petroleum source rocks of the pre-salt series from the Interior Basin of Gabon

Michel Mbina MOUNGUENGUI^a, François BAUDIN^{b,*}, Jacques LANG^c, Olivier JOCKTANE^d

^a Département de géologie, université des sciences et techniques de Masuku, BP 943, Franceville, Gabon

^b Département de géologie sédimentaire et CNRS-FR 32, université Pierre-et-Marie-Curie, 4, place Jussieu, case 117, 75252 Paris cedex 05, France

^c Centre des sciences de la Terre et UMR 5561 « Biogéosciences », université de Bourgogne, 6, bd Gabriel, 21000 Dijon, France

^d Elf-Gabon, BP 525 Port-Gentil, Gabon

Reçu le 18 septembre 2002 ; accepté le 10 février 2003

Présenté par Jean Dercourt

Résumé

Le bassin intérieur du Gabon, dont l'histoire est liée à la séparation des continents Sud-Américain et Africain, comprend des dépôts continentaux fluvio-lacustres, localement glaciaires, datés du Précambrien supérieur à l'Aptien *p.p.*, surmontés par des faciès marins aptiens et albiens. L'analyse par pyrolyse Rock–Eval d'échantillons d'affleurements et de forages prélevés dans ce bassin met en évidence la présence de faciès siliciclastiques riches en matière organique (jusqu'à 25 % de carbone organique total) de types I et II. Ces niveaux, qui se rencontrent dans le Permien, le Néocomien–Barrémien ainsi que dans l'Aptien, constituent d'excellentes roches mères et sont à l'origine des indices d'hydrocarbures observés aussi bien à l'affleurement qu'en sondage.

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The Interior Basin of Gabon, created during the break-up between South America and Africa, displays thick Neoproterozoic to Aptian *p.p.* fluvio-lacustrine deposits overlain by Aptian to Albian marine facies. Rock–Eval analyses from outcrop and drillhole samples show high content in organic matter (up to 25%) related to types I and II. These intervals are encountered within Permian, Neocomian–Barremian as well as Aptian siliciclastic succession. They constitute fairly good to excellent

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : frbaudin@ccr.jussieu.fr (F. Baudin).

potential petroleum source rocks, which are most probably at the origin of oil indices recognized both in drillholes and in surface.

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Afrique ; Atlantique sud ; Permien ; Crétacé ; rift ; matière organique ; roches mères

Keywords : Africa ; South Atlantic ; Permian ; Cretaceous ; rift ; organic matter ; petroleum source rocks

Abridged English version

1. Introduction and geological setting

The Interior Basin of Gabon shows a N140 direction and is opened toward the northwest (Fig. 1). Three major units may be distinguished within its sedimentary filling (Mbina Mounguengui et al., in press; Fig. 2): (1) a Precambrian to Jurassic pre-rift unit including the Noya, Agoula and M'vone series, (2) a Neocomian-Barremian syn-rift unit made by the M'dombo and 'Schistes' series, and (3) an Aptian-to-Albian post-rift unit with the Como, Ezanga and Madiela series. The pre and syn-rift units are dominated by continental environments, mainly fluvial and lacustrine at the base, passing up to evaporitic environments, whereas the post-rift unit was deposited under marine conditions.

The aim of this paper is to characterise the palaeoenvironmental conditions that favoured the accumulation of organic matter in the continental series of the Interior Basin of Gabon. Hundred samples from drillholes and outcrops were studied using Rock-Eval pyrolysis, palynofacies and sedimentological analyses.

2. Results

The Agoula series (Permian) is 58-m thick in the type section and consists of grey-to-black finely laminated shales. TOC content varies from 0.5 to 13%, T_{\max} fluctuates between 419 and 446 °C and Hydrogen Index (HI) value ranges from 3 to 760 mg HC/g TOC (average 385). Palynofacies analyses show a dominance of structureless organic matter, with rare ligneous fragment, cuticles and *Botryococcus*.

The Kékélé Fm. (Early to Mid Neocomian) is a transitional unit between the N'dombo and 'Schistes' series. TOC content varies from 0.5 to 2%, T_{\max} fluctuates between 438 and 448 °C and HI between 117 and 505.

The 'Schistes' series (Mid Neocomian to Barremian) displays TOC content between 0.6 to 22.5%. T_{\max} is in the range of 421 to 450 °C and HI varies from 402 to 963.

The Como series (Aptian) is in the same range (0.5 to 25.5% TOC, $427 < T_{\max} < 448$ °C, HI = 270 to 764).

The organic matter of the richest samples is clearly related to Type II to I. Maturity levels range from immature to mature depending of the age, depth and location within the basin.

3. Depositional conditions of organic-matter-rich facies

Marshes and lakes appear to be the main palaeoenvironments suitable to organic-matter preservation. Lacustrine environments are characterized by the low diversity of fauna, by small-sized ostracods and remain of fresh-water fishes. The lacustrine facies of the Agoula series overlies a tillite deposits, related to the Permo-Carboniferous glacial event recognized elsewhere in the central and southern Africa [3]. The high concentration of organic matter from the 'Schistes' series is related to widespread extension of lakes during the rifting and the consecutive high sedimentation rate. The clayey laminated facies from the Como series, with lenses of conglomerates and sandstone with oblique stratification, correspond to restricted lagoonal to fluvio-lacustrine environments.

4. Comparison with surrounding basins

To the south, the Neocomian and Barremian series are characterised by lacustrine facies showing the same organic richness (1.5 to 20%) having an algal-to-sapropelic origin. In the northern basin, as well as in the Brazilian offshore basins, the comparison is less evident, because data on pre-rift series are scarce. Nevertheless, the data on the Barremian to Aptian

series from the Araripe Basin (an interior Brazilian basin [1]), are close to those reported here.

5. Conclusion

Geochemical analyses allow us to characterise the organic matter content of continental series of the Interior Basin of Gabon. They reveal high quantities of marine organic matter deposited in lacustrine environments. Several episodes were prone to preservation of such facies, i.e. Permian (Agoula), Neocomian (Kékélé and ‘Schistes’) and Aptian (Como). These periods coincide with widespread extension of lake and their deepening [7].

1. Introduction et cadre géologique

Le bassin gabonais s’étend en bordure de la côte ouest-africaine et constitue l’un des bassins bordiers qui jalonnent l’Atlantique du Cameroun à l’Angola. Il comprend trois sous-bassins, séparés par des limites d’origine structurale : le bassin côtier Sud-Gabon ; le bassin côtier Nord-Gabon, séparé du bassin côtier sud par l’accident de N’Komi, et le bassin intérieur, de direction N140, ouvert vers le nord-ouest et limité par rapport au précédent par le horst de Lambaréné (Fig. 1). L’analyse du remplissage sédimentaire du bassin intérieur permet de distinguer trois ensembles [7] (Fig. 2) : (1) un ensemble pré-rift, d’âge Précambrien–Jurassique, comprenant les séries de la Noya, de l’Agoula et de M’vone, (2) un ensemble syn-rift d’âge Néocomien–Barrémien, formé par les séries de N’dombo et des « Schistes » et (3) un ensemble post-rift daté de l’Aptien à l’Albien, comprenant les séries du Como, de l’Ezanga et de Madiéla. Les ensembles pré- et syn-rift se caractérisent par une sédimentation continentale, essentiellement fluvio-lacustre, suivie d’une sédimentation évaporitique (le salifère des auteurs), puis marine franche, caractérisant le post-rift. Cette succession est assez voisine de celle des bassins côtiers, puisqu’elle relève de la même histoire générale lors de l’ouverture de l’Atlantique.

Alors que les bassins côtiers ont été largement étudiés par les géologues des compagnies pétrolières [2,6,12–16], le bassin intérieur reste mal connu, car ses potentialités pétrolières sont considérées comme

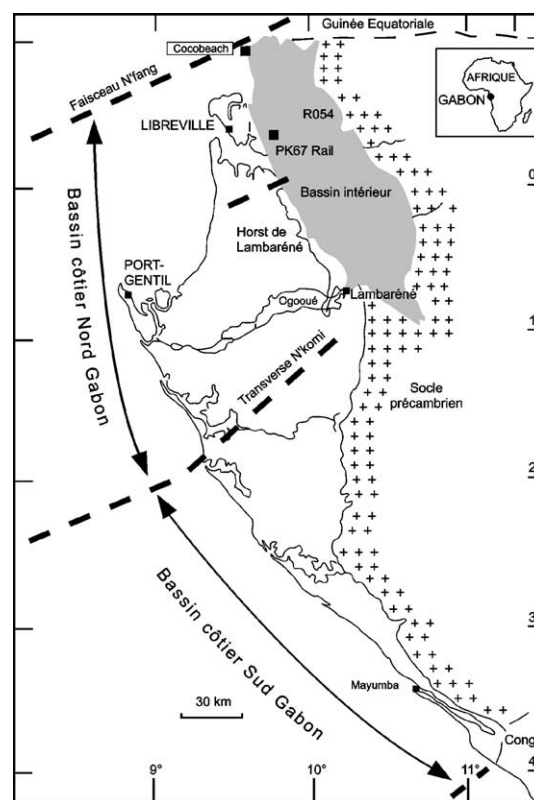


Fig. 1. Localisation du bassin intérieur du Gabon (grisé) et des coupes de référence.

Fig. 1. Location of the Interior Basin of Gabon (grey) and reference sections.

faibles. C’est pourtant le seul bassin où la série pré-salifère affleure et sert de référence pour le bassin côtier Nord-Gabon. Et curieusement, alors que les caractéristiques pétrolières de la série pré-salifère sont bien connues pour le bassin Sud-Gabon [14], celles du bassin intérieur sont encore très mal connues – au moins dans le domaine académique.

Le but de cette contribution est donc de caractériser les environnements de dépôt et les potentialités pétrolières des niveaux riches en matière organique des séries continentales permienne, néocomiennes à barrémiennes et aptiennes du bassin intérieur du Gabon.

2. Échantillons et méthodes

L’étude géochimique par pyrolyse Rock–Eval a été menée sur 100 échantillons d’affleurements et de son-

ENSEMBLE	BIOZONATION	SERIE		EQUIVALENCE	
POST-RIFT	MD	MADIELA		ALBIEN	
	AP	4	EZANGA	APTIEN	
		3	COMO Δ		
SYN-RIFT	BA	4	SERIE DES SCHISTES	BARREMIEN	
		3			BENGUIE
		2			MOUNDOUNGA
	NE	1		BIFOUN	NEOCOMIEN
		3		FOUROU PLAGE	
		2		BIKOUME BOKOUE	
PRE-RIFT	JU	KEKELE + GRES de N'DOMBO		JURASSIQUE	
	PE	M'VONE		PERMIEN	
		AGOULA*		PRECAMBRIEN	
		NOYA			

Fig. 2. Cadre lithostratigraphique des coupes de référence dans le bassin intérieur du Gabon (Fig. 1). * : R054 ; + : Kékélé ; o : PK 67 Rail ; Δ : Cocobeach.

Fig. 2. Lithostratigraphic framework of reference sections in the Interior Basin of Gabon (Fig. 1). * : R054 ; + : Kékélé ; o : PK 67 Rail ; Δ : Cocobeach.

dages répartis à travers le bassin. Cette technique permet de quantifier rapidement le contenu organique des sédiments, d'en estimer le type et d'évaluer son degré de maturation thermique par la mesure de la température maximale de pyrolyse [4]. Les palynofaciès des niveaux riches en matière organique ont été analysés afin de préciser l'origine des particules organiques.

3. Résultats de la caractérisation géochimique de la matière organique

3.1. Série de l'Agoula (Permien)

Épaisse de 58 m, la coupe de référence est essentiellement constituée d'argilites bitumineuses grises à noires, laminées, plus ou moins dolomitiques (Fig. 3). Le pourcentage de carbone organique total (COT) varie entre 0,5 et 13%. Les températures maximales de pyrolyse (T_{\max} moyen de 443 °C) suggèrent une matière organique mature. L'index d'hydrogène (IH) montre une grande dispersion avec des valeurs allant de 3 à 760 mg HC/g COT et une moyenne de 385 mg HC/g COT (Fig. 4a). Les palynofaciès révèlent une matière organique composée de particules amorphes, de débris charbonneux et ligneux, de frag-

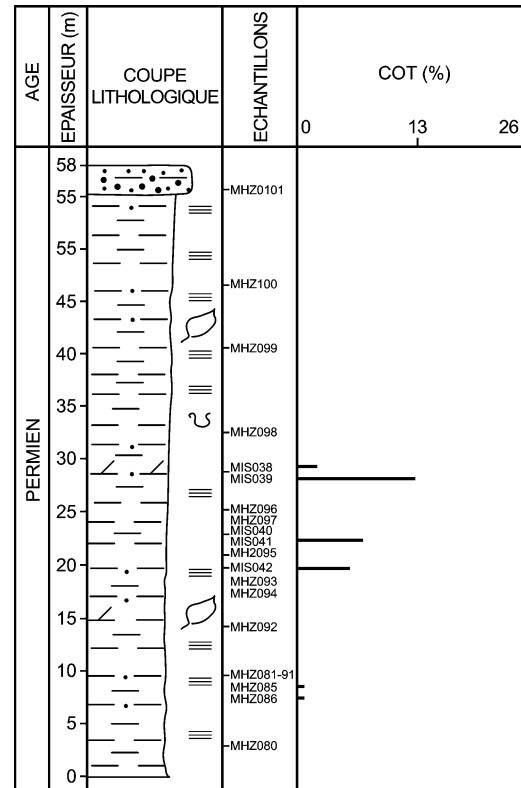


Fig. 3. Teneurs en COT dans la coupe R054 (série de l'Agoula).

Fig. 3. COT contents in the R054 section (Agoula series).

ments épidermiques et de microfossiles, notamment des algues de type *Botryococcus*.

3.2. Formation de Kékélé (Néocomien inférieur–Néocomien moyen)

Six échantillons d'argilites bitumineuses, prélevés en sondage dans la formation de Kékélé ou formation de transition entre la série de N'dombo et celle des «Schistes», ont été analysés. Les teneurs en COT varient entre 0,5 et 2,1%, avec une moyenne de 1,2%, les valeurs de T_{\max} entre 438 et 448 °C, avec une moyenne de 441 °C, celles de l'IH entre 117 et 505 mg HC/g COT pour une moyenne de 336 (Fig. 4b). Ces résultats indiquent une roche localement riche en matière organique, située dans la zone de la fenêtre à huile.

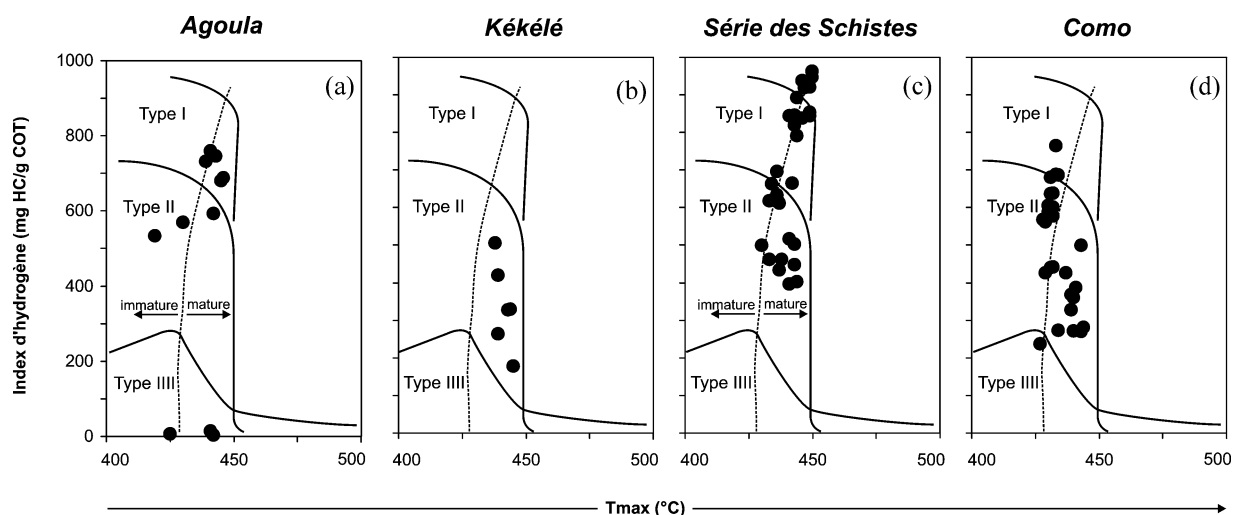


Fig. 4. Maturation thermique de la matière organique des séries continentales du bassin intérieur du Gabon dans un diagramme IH– T_{\max} et courbe (en tireté) d'isoreflectance (0,5%) de la vitrinite, montrant la limite entre l'imaturité et le début de la fenêtre à huile des roches mères pétrolières, reportées d'après [4]. (a) Série de l'Agoula (Figs. 2 et 3). (b) Formation de Kékélé (Fig. 2). (c) Série des « Schistes » (Figs. 2 et 5). (d) Série du Como (Figs. 2 et 6).

Fig. 4. Thermal maturation of organic matter in continental series from the Interior Basin of Gabon in an IH– T_{\max} diagram and isoreflectance (0.5%) curve (dotted) of vitrinite, showing the limit between the immaturity and the incipient oil window of oil source rocks, reported from [4]. (a) Agoula series (Figs. 2 and 3). (b) Kékélé Formation (Fig. 2). (c) 'Schistes' series (Figs. 2 and 5). (d) Como series (Figs. 2 and 6).

3.3. Série des « Schistes » (Néocomien moyen–Barrémien)

La coupe de référence (Fig. 5) est formée d'argilites grises à noires, plus ou moins carbonatées, avec localement des nodules carbonatés à poissons et des phénomènes de compaction différentielle à la base de ceux-ci. Les teneurs en COT fluctuent entre 0,6 et 22,5%, les T_{\max} allant de 421 à 450 °C et les IH étant compris entre 402 et 963 mg HC/g COT (Fig. 4c). Ces données sont compatibles avec une roche riche en matière organique, vraisemblablement mature.

3.4. Série du Como (Aptien)

La coupe type est formée de schistes cartons noirs à bruns, comportant des intercalations de grès lités et des conglomérats polygéniques à galets de socle (Fig. 6). Les résultats obtenus sont : 0,45 à 25,5% de COT, 427 à 448 °C pour les T_{\max} et 270 à 764 mg HC/g COT pour les valeurs d'IH (Fig. 4d). Ces données suggèrent une roche riche en matière organique, immature à mature selon les sites.

4. Paléoenvironnements de dépôt de la matière organique

En général, les dépôts riches en matière organique des séries continentales du bassin intérieur du Gabon correspondent à des faciès argileux, gris sombre, brun noir à noirs, souvent très finement lités et laminés, rarement bioturbés, d'où leur appellation générique de schistes bitumineux. Ces dépôts se sont mis en place dans des lacs plus ou moins profonds et dans des zones « marécageuses » de paysages fluviaux. Le caractère limnique des dépôts créacés étudiés est souligné par l'existence d'ostracodes (*Cypridea*, *Bisulco-cypris*, *Metacypris*, *Theriosynoecum*, *Ilyocypris*, *Paracypridea*, *Darwinula*, *Reconavona*, *Tucanocypris*, *Hourquia*) ou de *Botryococcus*, ainsi que par de nombreux débris de poissons d'eau douce (*Lepidotus*, *Lep-tolepis*). Ces lacs se caractérisent par la pauvreté et la faible diversification des organismes, par le nanisme de la microfaune, notamment de l'ostracofaune, par une pyritisation relativement abondante, ainsi que par la finesse des dépôts et par l'abondance de lamines horizontales régulières. Les phases d'approfondissement

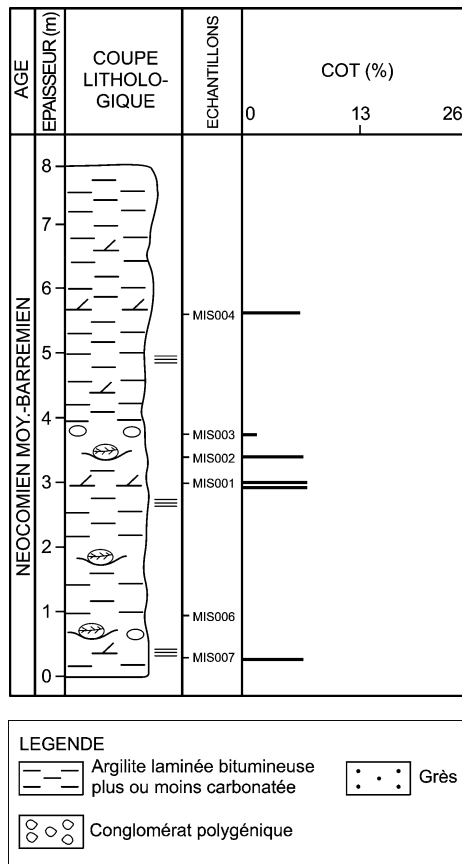


Fig. 5. Teneurs en COT dans la coupe du PK67 Rail (série des « Schistes »).

Fig. 5. COT contents in the PK67 Rail section ('Schistes' series).

des lacs se marquent sur les enregistrements de diagraphies (*gamma ray*) par l'augmentation de l'argilosité.

4.1. Les faciès de la série de l'Agoula

Les faciès lacustres pré-rift, riches en matière organique, de la série de l'Agoula renferment des passées dolomitiques plus ou moins silicifiées, des traces de bitume et des sulfures (pyrite) évoquant une sédimentation en milieu réducteur, favorable à la conservation de cette matière organique. Ces faciès argileux surmontent une tillite (10 à 20 m), associée à des argilites varvées à blocaux. Ces dépôts organiques sont liés à la déglaciation du Permo-Carbonifère, reconnue à l'échelle de l'Afrique australe et centrale [3], le ré-

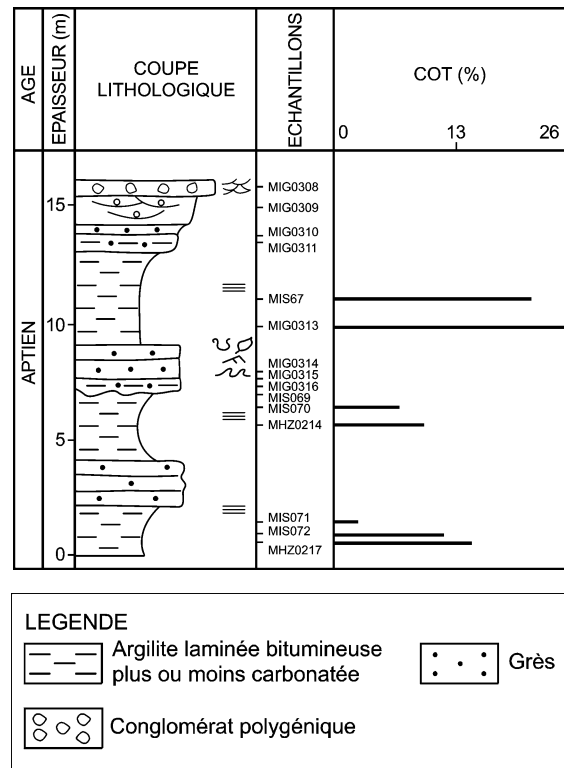


Fig. 6. Teneurs en COT dans la coupe de Cocobeach (série du Como).

Fig. 6. COT contents in the Cocobeach section (Como series).

chauffement du climat favorisant probablement la productivité biologique [7].

4.2. Les faciès de la série des « Schistes »

Les faciès à fort potentiel pétrolier de la série des « Schistes » se sont déposés dans un contexte de *rifting*, marqué par une forte subsidence, par une sédimentation argileuse prédominante, ainsi que par un régime de généralisation de lacs, plus ou moins profonds; ce régime a été initié pendant le dépôt de la formation de Kékélé, qui fait suite à une grande phase de sédimentation fluviale en tresse ayant abouti à la mise en place de la série des grès de N'dombo qui, elle-même, repose sur les grès et argilites rouges à violettes, fluvio-lacustres, de la série de M'vone, organisés en une mégaséquence positive (Fig. 2).

4.3. Les faciès de la série de Como

Enfin, les argilites organiques de la série du Como sont varvées, pyriteuses et souvent dolomitiques ; elles renferment des passées de dolomies laminées, plus ou moins bréchiées (brèches intraformationnelles), ainsi que de rares intercalations de grès à litage oblique en auge et de conglomérats lités ; elles se mettent en place dans un environnement confiné de type lagunaire à fluvio-lacustre.

5. Analyses géochimiques et paléoenvironnementales comparatives entre bassin intérieur et bassin côtier sud-gabonais

Dans le bassin côtier sud-gabonais, où l'on dispose de nombreux sondages, les séries néocomiennes et barrémiennes (biozonation NE2 à BA4) se caractérisent par des dépôts argileux lacustres, comportant de rares intercalations de siltites et de carbonates. La teneur en carbone organique varie entre 1,5 et 20%. La matière organique est principalement de types I et II, d'origine algale (*Botryococcus*) et sapropélique, avec localement une lignée de type III à type II–III, reflétant une source continentale, qui semble surtout localisée vers la base (NE2) de ces séries crétacées. Les valeurs de T_{max} sont comprises entre 428 et 450 °C, avec une moyenne de 441 °C environ et celles de l'IH généralement entre 73 et 600 mg HC/g COT, ce qui indique une matière organique faiblement mature à mature dans le secteur Lucina-Mbya [14]. Cette confrontation de données avec celles du bassin intérieur gabonais montre, du point de vue géochimique et paléoenvironnemental, une grande similitude entre les séries du Néocomien–Barrémien. En revanche, nous ne disposons que de très peu de données pour établir des comparaisons avec les séries de même époque du bassin côtier nord-gabonais.

Ces caractéristiques environnementales et pétrolières ne sont pas limitées aux seuls bassins gabonais et se retrouvent à l'échelle des autres marges de l'océan Atlantique sud. Par exemple, sur la marge brésilienne, les séries lacustres à margino-littorales du Crétacé inférieur sont reconnues comme étant l'une des principales roches mères pétrolières. Leur caractérisation géochimique a fait l'objet de nombreuses études, notamment par Petrobras [5,8–11]. Quelques données sont également disponibles dans les bassins intérieurs

brésiliens [1], analogues du bassin intérieur gabonais. Les successions pré- et syn-rift du Brésil sont donc tout à fait comparables en potentiel et en diversité faciologique à celles du Gabon. Toutefois, sur l'une ou l'autre des marges de l'océan Atlantique, la discontinuité latérale des séries, en liaison avec la structure en horsts et grabens, conduit à des systèmes pétroliers très compartimentés. C'est pourquoi une meilleure connaissance des séries à forts potentiels pétroliers, tant à l'affleurement qu'en sondage, permettra de réduire les risques à l'exploration et améliorera la modélisation de la genèse et de l'expulsion de l'huile dans ces bassins.

6. Conclusions

Les études géochimiques par pyrolyse permettent de caractériser la matière organique contenue dans les séries continentales du bassin intérieur du Gabon, à savoir une abondante matière organique aux index d'hydrogène élevés. Celle-ci se dépose essentiellement dans des milieux lacustres, plus ou moins profonds et calmes, caractérisés par la régularité des laminations horizontales, ainsi que par la rareté d'indices d'émersion. L'analyse de la répartition stratigraphique des échantillons met en évidence plusieurs périodes favorables à l'accumulation et à la préservation de la matière organique dans ce bassin : au Permien (série de l'Agoula pour partie dans le pré-rift), au Néocomien–Barrémien (Kékélé, série des « Schistes » dans le syn-rift) et à l'Aptien (série du Como dans le post-rift). Ces périodes traduisent une intense productivité biologique liée à un climat relativement chaud, ainsi que des conditions physico-chimiques réductrices, en liaison avec un certain confinement (courants faibles, présence de pyrite liée à un déficit en oxygène et présence de fer libre, rares bioturbations, benthos nul ou très réduit) ; elles correspondent à des périodes d'approfondissement des lacs [7].

Remerciements

Cet article a été réalisé dans le cadre de l'accord inter-universitaire Dijon–Masuku, avec le soutien de la société Elf Gabon (TotalFinaElf), à laquelle les auteurs expriment leur profonde gratitude. Il a bénéficié des remarques constructives de J.-P. Houzay et N. Tribovillard.

Références

- [1] F. Baudin, P.-Y. Berthou, Milieu de dépôt de la matière organique des sédiments aptiens–albiens du bassin d’Ara-ripe (NE du Brésil), *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine* 20 (1) (1996) 213–227.
- [2] A.H. Brink, *Petroleum geology of Gabon Basin*, AAPG Bull. 58 (2) (1974) 216–235.
- [3] C. Censier, J. Lang, La formation glaciaire de la Mambéré (République centrafricaine). Reconstitution paléogéographique et implications à l’échelle du Paléozoïque africain, *Geol. Rundsch.* 81 (3) (1992) 769–789.
- [4] J. Espitalié, G. Deroo, F. Marquis, La pyrolyse Rock–Eval et ses applications, *Rev. IFP* 40 (5) (1985) 563–579; *Rev. IFP* 40 (6) (1986) 755–784; *Rev. IFP* 41 (1) (1986) 73–89.
- [5] G. Estrella, M.R. Mello, P.C. Gaglianone, R.L.M. Azevedo, K. Tsubone, E. Rossetti, I. Conchas, I.M.R.A. Bruning, The Espírito Santo Basin (Brazil) source rock characterization and petroleum habitat, in: G. Demaison, J.R. Murriss (Eds.), *Petroleum Geochemistry and Basin Evaluation*, Mem. AAPG 35 (1984) 253–271.
- [6] R. Guiraud, J.-C. Maurin, *Le rifting en Afrique au Crétacé inférieur : synthèse structurale, mise en évidence de deux étapes dans la genèse des bassins, relations avec les ouvertures océaniques péri-africaines*, *Bull. Soc. géol. France* 162 (5) (1991) 811–823.
- [7] M. Mbina Mounquengui, J. Lang, M. Guiraud, O. Jocktane, Sedimentary dynamics and extensional of pre-rift deposits of the Cretaceous interior basin of Gabon, *J. Afr. Earth Sci.* (sous presse).
- [8] M.R. Mello, J.R. Maxwell, Organic geochemical and biological marker characterization of source rocks and oils derived from lacustrine environments in the Brazilian continental margin, in: B.J. Katz (Ed.), *Lacustrine Basin Exploration. Case Studies and Modern Analogs*, Mem. AAPG 50 (1991) 77–95.
- [9] M.R. Mello, E.A.M. Koutsoukos, E.V. Santos Neto, A.C. Silva Telles Jr., Geochemical and micropaleontological characterization of lacustrine and marine hypersaline environments from Brazilian sedimentary basin, in: B.J. Katz, L. Pratt (Eds.), *Source Rocks in Sequence Stratigraphy Framework*, AAPG Stud. Geol. 37 (1993) 17–34.
- [10] M.R. Mello, N. Telnaes, J.R. Maxwell, The hydrocarbon source potential in Brazilian marginal basins: a geochemical and paleoenvironment assessment, in: A.Y. Huc (Ed.), *Paleogeography, Paleoclimate and Source Rocks*, AAPG Stud. Geol. 40 (1995) 233–272.
- [11] M.J. Pereira, L.A.F. Trindale, P.C. Galianone, Origem e avaliação das acumulacoes de hidrocarbonetos na Bacia de Campos, in: 23^o Congresso Brasileiro de Geologia, Anais X, 1984, pp. 4763–4777.
- [12] R. Reyre, Petroleum characteristics and geological evolution of a passive margin. Example of the Lower Congo–Gabon Basin, *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine* 8 (2) (1984) 303–332.
- [13] R. Reyre, Évolution géologique et caractères pétroliers d’une marge passive. Le cas du bassin bas Congo–Gabon, in: *Dynamique et méthodes d’étude des bassins sédimentaires*, ASF, 1989, pp. 227–247.
- [14] P. Teisserenc, J. Villemin, Sedimentary Basin of Gabon – Geology and Oils Systems, in: J.D. Edwards, P.A. Santogrossi (Eds.), *Divergent/Passive Margin Basins*, AAPG 48 (1990) 117–199.
- [15] J. Vidal, R. Joyes, J. Van Veen, L’exploration pétrolière au Gabon et au Congo, in: *Proc. 9th World Pet. Congr.*, PD8, 3, 1975, pp. 149–200.
- [16] R.J. Wenger, Le bassin sédimentaire gabonais et la dérive des continents, in: *Proc. 27th Brazilian Geol. Congr.*, 3, 1974, pp. 13–52.