

Fracturation d'âge Aptien supérieur sur la bordure orientale de la plate-forme arabique (Haushi-Huqf, Oman)

Christian Montenat*, Pascal Barrier

Institut géologique Albert-de-Lapparent (IGAL), institut polytechnique Saint-Louis, 13, bd de l'Hautil, 95092 Cergy-Pontoise cedex, France

Reçu le 4 février 2002 ; accepté le 10 juin 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – Aptian faulting (Shu'aiba Formation) on the eastern edge of the Arabian Platform (Haushi-Huqf, Oman).

In the Haushi-Huqf (Eastern Central Oman) as in other parts of the Arabian platform, a major sedimentary break is recorded between the Early Aptian carbonates (Shu'aiba Formation) and the Albian orbitolinid-rich marls (Nahr Umr Formation). The unconformity corresponds to a succession of events: (1) a brusque interruption of the regressive sequence of the Shu'aiba limestone (algae and small rudistid build-ups); (2) a stratigraphic gap related to the Late Aptian; (3) the development of a thick ferruginous crust (hardground) that covered the top surface of the Shu'aiba; the hardground is related to a forced flooding surface; (4) the Shu'aiba was rapidly drowned and buried under the Nahr Umr marls. Moreover, the Shu'aiba limestone was subject to faulting NW–SE-trending normal faults before lithification and formation of the ferruginous crust. The faulting episode is clearly dated: post-Early Aptian and pre-Albian. The signification of the faulting remains hypothetical. The syndiagenetic NW–SE normal faults may correspond to 'en echelon' faults, combined with transcurrent fault movements (for example the Haushi-Nafun Fault). The possible causes of these intra-platform transcurrent movements are discussed. **To cite this article: C. Montenat, P. Barrier, C. R. Geoscience 334 (2002) 781–787.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Arabian platform / Oman / Cretaceous / Shu'aiba Formation / fault / tectonic sedimentation

Résumé – Dans le Haushi-Huqf, à l'extrémité orientale de la plate-forme arabique (Sultanat d'Oman) comme en d'autres parties de cette plate-forme, une discontinuité majeure est enregistrée entre les calcaires de l'Aptien inférieur (formation Shu'aiba) et les marnes albiennes à Orbitolines (formation Nahr Umr). Cette discontinuité est marquée : (1) par une interruption brutale du long épisode régressif à algues calcaires et petits rudistes du Shu'aiba ; (2) par une lacune des dépôts d'âge Aptien supérieur ; (3) par la formation d'un *hard ground* ferrugineux, correspondant à une surface de transgression forcée ; (4) par une inondation brusque en milieu sensiblement plus profond, annonçant le dépôt des marnes Nahr Umr dès l'Albien inférieur. De plus, sur la bordure occidentale du Haushi-Huqf, le calcaire Shu'aiba a été affecté, avant lithification et formation de l'enduit ferrugineux, par des failles normales orientées NW–SE, à regard sud-ouest. La fracturation est post-Aptien inférieur et anté-Albien. La signification de cet épisode de fracturation est encore hypothétique. Il peut s'agir d'un système de failles en échelon induit dans la couverture sédimentaire, non encore lithifiée en surface, par le jeu décrochant d'accidents affectant le socle de la plate-forme (par exemple la faille Haushi-Nafun). Des hypothèses sont avancées quant aux phénomènes responsables de ces jeux décrochants. **Pour citer cet article : C. Montenat, P. Barrier, C. R. Geoscience 334 (2002) 781–787.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

plate-forme arabique / Oman / Crétacé / formation Shu'aiba / failles / tectono-sédimentaire

* Correspondance et tirés à part.
Adresse e-mail : c.montenat@igal.fr (C. Montenat).

Abridged version

The Haushi-Huqf uplift is located in Oman, on the eastern border of the Arabian platform (Fig. 1A). It includes a Precambrian–Palaeozoic (pro parte) basement and a sedimentary cover mainly composed of platform carbonates ranging from the Middle Permian to the Late Cretaceous [3, 4, 9]. As in other parts of the Arabian platform, these deposits are segmented by different regional unconformities, related to sea level changes and movements of the platform (uplift, subsidence or tilting) [5, 11, 12]. The widespread Aptian unconformity is the focus of this study. This major sedimentary break recognized on the western side of the Hushi-Huqf, between the Shu'aiba carbonates (i.e. the upper half of the Qishn Formation [3, 4, 9, 14] early Aptian in age) and the Albian orbitolinid-rich marls of the Nahr Umr Formation [2–5]. The top of the Shu'aiba limestone is covered with a thick ferruginous hard ground, underlying the Nahr Umr marls. The hiatus is an important sequence boundary: (1) the break marks an abrupt interruption of the long regressive sequence that corresponds to the greater part of the Shu'aiba limestone, composed of small bank reefs with small rudistids and algae [6, 15]; (2) it corresponds to a stratigraphic gap related to the Late Aptian [11]; (3) according to various authors, the break occurred during a short but pronounced Late Aptian eustatic drop [5, 11, 12, 15, 17]. It resulted in subaerial exposure and dissolution by fresh-water leaching of rudistids and other bioclasts [11]. In the Haushi-Huqf area, the dissolution process was moderately developed before the for-

mation of the ferruginous hard ground. The Shu'aiba limestone was rapidly drowned as a result of a forced flooding that marks the beginning of the subsequent transgressive sequence (Nahr Umr marls).

Moreover, the Shu'aiba limestone was subject to an important episode of faulting before lithification. These are NW–SE (N120 to N150)-trending, southwest facing normal faults. The faultscarps (from the decimetre scale to 10 m or more of vertical throw) were exposed at the bottom of the sea. Faultplanes and heaps of brecciated, pillowed and collapsed limestone are coated with the same ferruginous crust (hard ground) that covered the top bed surface of the Shu'aiba (Fig. 2).

The faulting episode is clearly dated as post-Early Aptian and pre-Early Albian. The faulting cannot be related to previously known episodes of extensional tectonics that are older and occurred during Permian–Triassic or Jurassic times [11, 12]. The syndiagenetic NW–SE normal fault may correspond to 'en echelon' faults combined with transcurrent fault movements that may have affected the platform basement during the Early-Middle Cretaceous (Aptian) (for instance, the Haushi-Nafun Fault (Fig. 1B) that acted as a left lateral fault during the Late Cretaceous [10, 13] and possibly a little earlier). The causes of these movements are not still specified: precursory stage of obduction of the Masirah ophiolites onto the platform [7, 8, 16], or propagation of a sinistral transtension across Central Africa (NW–SE trending Early Cretaceous intracratonic rift basins) and, as far as the Arabian platform, as a result of the South Atlantic extension [1, 17].

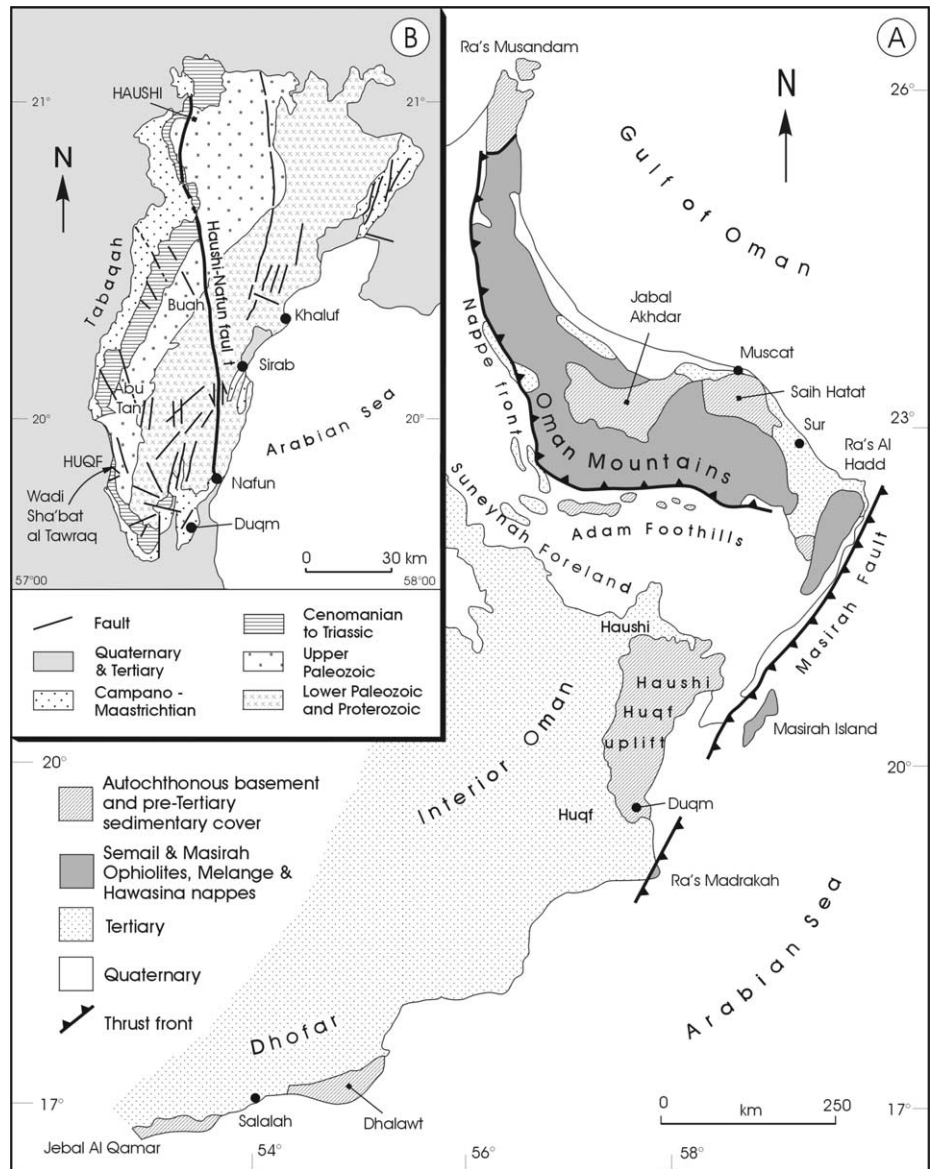
1. Introduction

Le Haushi-Huqf est situé à l'extrémité est de la péninsule arabique, dans le sultanat d'Oman, sur le tracé d'une crête du substratum anté-Mésozoïque, orientée du NNE au SSW, depuis la pointe orientale de la péninsule (Ra's-al-Hadd) jusqu'à l'est de Salalah au Dhofar (Fig. 1A) [3, 4]. C'est, avec les montagnes d'Oman, au nord (Jebel Akhdar, Saih Hatat, Musandam), et les montagnes du Dhofar, au sud, l'un des principaux domaines montrant à l'affleurement des dépôts crétacés dans cette partie de la plate-forme arabique (Fig. 1A et B).

Le soubassement du Haushi-Huqf est constitué de terrains protérozoïques et paléozoïques : granodiorites et ignimbrites protérozoïques, dépôts sédimentaires, échelonnés du Protérozoïque récent au Cambro-Ordovicien, ensemble détritique glaciaire, fluvio-glaciaire et marin littoral, correspondant à la glaciation gondwanienne, d'âge Carbonifère supérieur–Permien inférieur. La sédimentation calcaire marine se manifeste à partir du Permien moyen (formation Khuff), marquant l'établissement de la plate-forme carbonatée arabique, qui se développe, avec de

nombreuses fluctuations (variations eustatiques, épisodes locaux de soulèvement et de subsidence) tout au long du Mésozoïque. Durant cette période, le Haushi-Huqf est une zone haute : dépôts entrecoupés de lacunes de sédimentation, influences continentales et indices d'émersion fréquents [3, 4, 9].

Deux discontinuités majeures, enregistrées au Crétacé, concernent, avec une ampleur variable, une grande partie de la plate-forme arabique [2, 5, 11, 12, 15, 17] : (1) une lacune de dépôt, à l'Aptien supérieur, est soulignée par une surface indurée portant souvent un enduit ferrugineux épais au sommet des calcaires à rudistes de la formation Shu'aiba (Aptien inférieur). La sédimentation, rétablie dès la base de l'Albien, se poursuit au Cénomaniens, plus marneuse dans la première partie (marnes albiennes à Orbitolines de la formation Nahr Umr), plus calcaire vers le haut (formation Natih réduite ici au Cénomaniens inférieur) [3, 4]; (2) une lacune de sédimentation, couvrant une partie du Crétacé supérieur, est contemporaine de la mise en place, par obduction sur la plate-forme, des nappes ophiolitiques des montagnes d'Oman et de Masirah. Elle s'étend du Cénomaniens pro parte jusqu'au Santonien dans le Haushi-Huqf ;



elle est restreinte au seul Turonien dans d'autres parties de la plate-forme [12, 15]. La discontinuité enregistrée dans le Haushi-Huqf, entre l'Aptien inférieur et l'Albien, est bien connue au Dhofar [14], en Oman central, et dans l'autochtone des montagnes d'Oman [3]. Elle marque la limite entre deux unités lithostratigraphiques majeures de la plate-forme arabe : les groupes Thamama (Néocomien–Aptien) et Wasia (Albien–Cénomanién).

Les calcaires d'âge Aptien inférieur de la formation Shu'aiba correspondent à peu près à la moitié supérieure de la formation Qishn, telle qu'elle est définie et figurée sur les cartes géologiques récentes du Haushi-Huqf [3, 4, 9]. Dans la suite de l'exposé, on retiendra le terme Shu'aiba, plus couramment utilisé dans les études relatives à la plate-forme arabe. La discontinuité entre les calcaires Shu'aiba et les marnes Nahr

Umr est interprétée comme résultant de la conjonction de fluctuations eustatiques et d'un basculement d'ensemble, vers l'est, de la plate-forme arabe [11, 17]. Une étude réalisée sur le versant occidental du Haushi-Huqf (Fig. 1B) apporte des données nouvelles sur cette discontinuité apto-albienne.

2. Sédimentation

Les dépôts attribués à la formation Shu'aiba ont été observés dans les secteurs de Tabaqah, d'Abu Tan et du wadi Sha'bat al Tawraq, à environ 20 km au sud d'Abu Tan (Fig. 1B). Il s'agit de calcaires tendres, bien repérables à leur teinte d'un blanc éclatant, dont l'épaisseur varie entre 60 (au nord) et 40 m (au sud). Ce sont des calcaires bioclastiques à

matrice micritique, souvent plus abondante au nord (*mudstone/wackestone*) qu'au sud (niveaux à *grainstone/rudstone* et *floatstone*). Les passées marneuses sont rares et peu épaisses.

La succession des faciès, enregistrée au nord comme au sud, fait apparaître une évolution semblable des environnements de dépôt, du bas vers le haut : installation rapide d'un milieu infralittoral, puis au passage infralittoral–circalittoral (40 à 60 m de profondeur), indiqué par une faune diversifiée à Turritelles, Aporrhais et nombreux foraminifères benthiques correspondant à un tel environnement. Il s'agit là du maximum transgressif reconnu dans ces sections, à moins de 10 m de la base. Cette surface peut être corrélée avec la MFS K70, d'âge Aptien inférieur, largement reconnue vers la base de la formation Shu'aiba ou dans les formations équivalentes définies en d'autres parties de la plate-forme arabe [17]. Ensuite, l'enchaînement des faciès décrit un long épisode globalement régressif jusqu'au sommet de la série. Les dépôts sommitaux sont des calcaires construits à petits rudistes et algues (*Lithocodium aggregatum* abondants) [6]. La matrice micritique montre des structures de type *birdeyes*, avec indications de cimentation précoce. Des intercalations de dépôts analogues, bréchifiés et resédimentés portent vraisemblablement la marque de l'action de tempêtes. Les faciès rencontrés appartiennent à un profil de dépôt de plate-forme interne, de type fond de baie, situé à l'arrière de bancs à petits rudistes et algues encroûtantes.

Le calcaire Shu'aiba ne porte pas de traces notables de dissolutions antérieures à la formation du *hard ground* ferrugineux. Ceci laisse supposer qu'il n'a pas subi l'action des eaux météoriques lors d'une période prolongée d'émersion, contrairement à ce qui est observé en d'autres parties de la plate-forme [5, 15]. Le passage à la formation Nahr Umr est marqué par une brusque interruption du cortège régressif et par la formation d'un *hard ground* ferrugineux, qui correspond à une surface de transgression forcée. L'inondation est brutale, en milieu circalittoral supérieur (60 à 80 m de profondeur), d'après les indications fournies par les faunes de mollusques et d'échinides de substrats dur existant à la base des marnes Nahr Umr.

Dès la base, les marnes Nahr Umr contiennent une fraction quartzreuse notable (silt et sable fin) totalement absente dans les calcaires sous-jacents. La généralisation de ces apports terrigènes est interprétée comme le résultat d'un basculement d'ensemble vers l'est de la plate-forme arabe émergée, soumise à l'érosion et fournissant du matériel clastique dans sa partie occidentale, rapidement immergée en milieu circalittoral à l'est [5, 11].

3. Fracturation précoce

Plusieurs affleurements montrent le toit des calcaires Shu'aiba, affecté par de nombreuses failles. La surface sommitale des calcaires et les plans de failles sont recouverts par l'enduit ferrugineux mentionné plus haut. L'ensemble est ennoyé par les marnes à orbitolines. Ce dispositif est particulièrement bien exposé dans le secteur du wadi Sha'bat al Tawraq qu'emprunte une piste au sud du Jabal Gharif (coordonnées N19°49' ; E57°22') (Fig. 1B).

Les failles, nombreuses, ont des dimensions variables : longueurs métriques à plurihectométriques, rejets verticaux visibles décimétriques à décamétriques. L'orientation NW–SE prédomine nettement (entre N120 et N150) (Fig. 2D) ; le compartiment abaissé se situe systématiquement dans le secteur sud à sud-ouest. Stries et cannelures indiquent un jeu essentiellement normal (pitch aval : pendage entre 70° et 85°). L'inclinaison des plans de faille est variable (entre 45° et 89°). Elle résulte de basculements syn- et/ou post-fracturation ($\leq 30^\circ$), d'une part, et du caractère syndiagénétique de la fracturation, d'autre part, l'inclinaison des plans de rupture pouvant varier en fonction du degré de lithification. Les quelques failles transverses au système dominant (entre N20° et N45°) ont une très faible extension ; elles décalent et relaient les fractures NW–SE.

Le caractère précoce de la déformation est clairement attesté, de multiples façons : (1) plans fréquemment sinueux, avec gradins se relayant en ciseaux ; les grands miroirs résultent souvent de la coalescence de plans courbes, d'où leur tracé sinueux (Fig. 2A) ; (2) fréquence des petites fractures hydroplastiques en « coup de cuillère », avec stries « molles » (stries et cannelures d'aspect « fripé », dû à un léger fluage postérieur) ; absence de calcite striée sur les miroirs (Fig. 2C) ; (3) la déformation est souvent confuse dans la partie sommitale du calcaire (fluage et boudinage du sédiment encore peu cohérent lors de la rupture), tandis que la fracture est plus franche en profondeur, où la lithification était plus avancée ou achevée (Fig. 2B) ; (4) des paquets de matériel bréchiq (fragments calcaires étirés et déformés à l'état plastique) subsistent sur les plans de failles ; (5) des écroulements locaux, affectant les grands escarpements de failles, se manifestent par des niches d'arrachement métriques à plurimétriques convexes (orientation passant par exemple de N115° à N160°), au pied desquelles subsistent des amas du calcaire glissé à l'état plastique et des accumulations locales de fossiles (rudistes) ; ces matériaux sont parfois recoupés par de petites failles de tassement.

L'encroûtement ferrugineux, assez épais (≤ 1 cm), recouvre le toit des calcaires, les plans de faille, les niches d'arrachement, les brèches et les amas

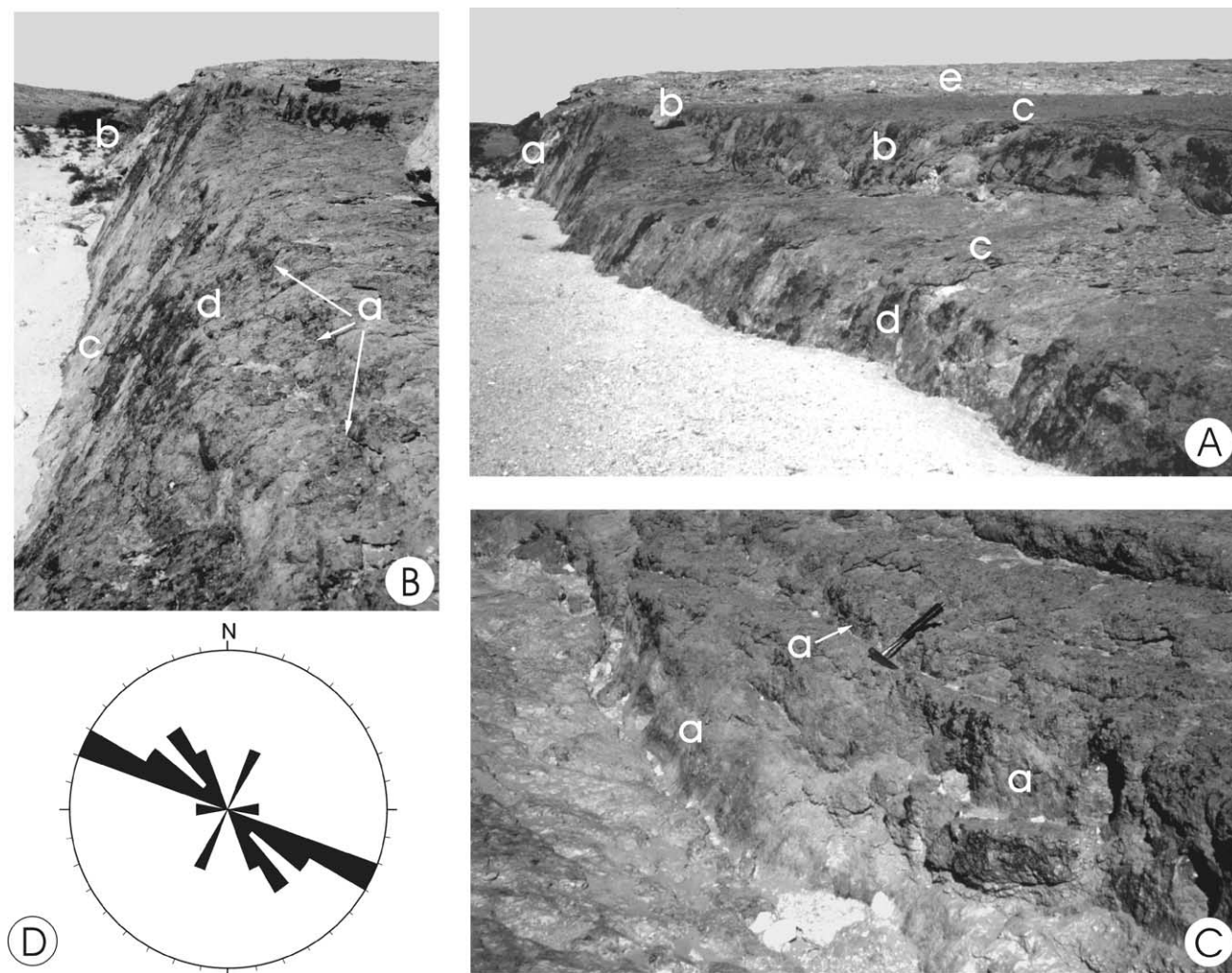


Figure 2. Failles syndiagénétiques affectant les calcaires Shu'aiba (Aptien inférieur). **A.** Vue générale d'un grand escarpement de faille NW-SE : (a) rejet vertical de la faille > 4 m ; (b) dédoublement de l'escarpement par l'intermédiaire d'une faille en ciseau dont le rejet augmente vers la droite ; (c) surface sommitale du calcaire Shu'aiba, décalée par la faille en ciseau ; les escarpements de faille (a, b, d) sont également couverts par la croûte ferrugineuse ; noter le tracé sinueux de l'escarpement principal de (a) vers (d) ; (e) marnes sableuses à orbitolines de la formation Nahr Umr (Albien). **B.** Vue détaillée du grand escarpement précédent : (a) au voisinage de l'escarpement, de petites failles courbes d'origine gravitaire ont affecté le calcaire avant qu'il ne soit lithifié (les flèches indiquent les cicatrices en « coup de cuillère » laissées par ces failles) ; (b) amas de calcaire glissé à l'état plastique en pieds d'escarpement ; (c) partie basse de l'escarpement de faille plus plane et plus régulière, correspondant à un état de lithification du calcaire Shu'aiba plus avancé en profondeur au moment de la fracturation ; (d) l'encroûtement ferrugineux recouvre à la fois la surface sommitale du calcaire Shu'aiba et les plans de faille. **C.** Les petites failles affectant le toit du calcaire Shu'aiba (même direction générale NW-SE) ont un tracé sinueux ou ont été plus ou moins effacées en surface en raison du fluage de la tranche superficielle du sédiment calcaire non lithifié. L'enduit ferrugineux est postérieur à ces déformations. **D.** Rosace directionnelle des plans de failles précoces affectant le calcaire Shu'aiba au wadi Sha'bat al Tawraq (20 mesures).

Figure 2. Syndiagenetic faulting of the Shu'aiba limestone (Early Aptian). **A.** General view of a large NW-SE trending palaeofaultscarp: (a) fault throw (> 4 m); (b) splitting of the main faultscarp into two by means of a scissors fault (normal throw increasing to the right); the top surface of the Shu'aiba (c) and the palaeofaultscarps (a, b, d) are covered with the ferruginous crust; from (a) to (d), note the sinuous layout of the main faultscarp; (e) sandy marls with orbitolinids of the Nahr Umr Formation (Early Albian). **B.** Detailed view of the previous large faultscarp. Foreground (a): the unlithified Shu'aiba limestone was subject to small gravity faults close to the main fault escarpment; arrows indicate curved fault scars. Background (b): heap of pillowed limestone resulting from the collapse of the escarpment when exposed at the bottom of the sea. Middle ground (c): the lower part of the faultscarp displays a plane, even surface, related to the response of the limestone, partially lithified in depth, when subject to faulting. The faultscarp is covered with a thick ferruginous crust (black area) (d). **C.** Small NW-SE trending sinuous faults were more or less smoothed as a result of the muddy consistency of the surface sediment. The ferruginous crust formed after the deformation and subsequent induration of the sediment. **D.** Rose diagram of syndiagenetic fault directions (wadi Sha'bat al Tawraq, 20 measurements).

de calcaires glissés (Fig. 2A–C). Ces dispositions indiquent que les escarpements de failles ont été exposés durablement en milieu sous-marin, avant d'être recouverts par les sédiments pélitiques albiens. L'existence d'un épisode de fracturation postérieur au dépôt des calcaires Shu'aiba (Aptien inférieur) et antérieur à la sédimentation des marnes Nahr Umr (Albien) est ainsi clairement attestée.

On peut aussi noter qu'au nord du site étudié, les terrains crétacés affleurant à l'est de Tabaqah sont traversés par de nombreuses failles et flexures, d'une direction générale NW–SE (entre N120 et N150), peu courante par ailleurs [4, 9, 13]. Certaines de ces failles paraissent s'amortir dans les marnes de la formation Nahr Umr, tandis que d'autres les traversent, affectant aussi des niveaux du Crétacé supérieur. Il peut s'agir de remobilisations (rejeux et/ou compaction différentielle), à l'aplomb d'accidents anté-albiens, pendant le Campanien [10].

4. Signification géodynamique

D'après les données bibliographiques, la fracturation apto-albienne qui vient d'être décrite ici ne semble pas avoir été repérée en d'autres secteurs de la plate-forme omanaise. Elle ne peut être rattachée aux épisodes distensifs connus, qui sont notablement plus anciens, permo-triasiques, voire jurassiques [11, 12]. En l'état actuel, son interprétation laisse donc une place notable aux hypothèses. On remarque que le Haushi-Huqf est traversé par un couloir d'accidents subméridien, la faille de Haushi-Nafun (Fig. 1B) dont le jeu décrochant senestre est attesté au Crétacé supérieur, avant le Maastrichtien [10, 13]. Il n'est pas exclu qu'un tel mouvement ait pu se manifester dès le Crétacé «moyen». Les failles apto-albiennes, de direction NW–SE, formeraient alors un ensemble de failles normales en échelon, s'intégrant de manière cohérente dans la cinématique d'ensemble du couloir décrochant. Par ailleurs, les ophiolites de Masirah, d'âge Jurassique [7, 8], reconnues à l'est du Haushi-Huqf (est de la faille de Masirah ; Fig. 1A) constituent un ensemble allochtone distinct des ophiolites de Semail des montagnes d'Oman. Leur obduction sur la marge orientale de la plate-forme arabe s'est produite au Crétacé supérieur [12]. Cependant, il a été envisagé que le processus de convergence ait pu être engagé dès le Crétacé «moyen» [16]. Dès lors, la marge aurait été soumise à une compression de direction NW–SE ou WNW–ESE, susceptible d'occasionner le jeu senestre de la faille de Haushi-Nafun.

Ainsi, l'épisode de fracturation apto-albienne pourrait être une réponse de la couverture sédimentaire, non encore lithifiée dans sa tranche superficielle, aux jeux décrochants affectant le socle de la plate-forme sur son bord oriental.

Une autre hypothèse [1, 17] envisage que de tels jeux coulissants intra-continentaux aient été induits en réponse à l'ouverture de l'Atlantique sud et se soient propagés à travers la partie centrale de l'Afrique et jusque sur la plate-forme arabe, engendrant au Crétacé inférieur la formation de fossés orientés NW–SE (Nigeria–Éthiopie), réactivant à l'occasion des fossés du Yémen de même orientation. Le système de failles du Haushi-Huqf pourrait s'intégrer dans la même dynamique. L'une et l'autre hypothèses demandent à être mieux contraintes, notamment du point de vue de la chronologie des événements mis en cause.

5. Conclusion

La discontinuité apto-albienne enregistrée dans le Haushi-Huqf, comme en d'autres parties de la plate-forme arabe, correspond à l'addition d'événements différents qui se sont manifestés dans l'intervalle de temps correspondant à l'Aptien supérieur (environ 2 Ma) [5, 11] : (1) interruption brutale du long cortège, globalement régressif, couvrant la plus grande partie de la sédimentation calcaire de l'Aptien inférieur (Shu'aiba) ; cette interruption intervient sans que le milieu de dépôt ait été porté durablement à l'émersion ; (2) absence de dépôts correspondant à l'Aptien supérieur ; (3) formation d'un système de failles normales d'orientation préférentielle NW–SE, affectant le calcaire Shu'aiba, non encore lithifié ; (4) élaboration d'une croûte ferrugineuse recouvrant le toit du calcaire Shu'aiba comme les morphologies de failles (escarpements sous-marins) ; (5) démarrage d'une transgression forcée, approfondissement corrélatif de l'aire de dépôt passant en milieu circalittoral ; (6) reprise de la sédimentation marine à l'Albien, accompagnée, d'emblée, d'apports terrigènes importants.

La liaison de la fracturation apto-albienne avec l'activité d'accidents décrochants du socle omanais est une hypothèse qui demande à être confirmée. Il serait important, en premier lieu, de repérer d'autres manifestations du même épisode tectonique sur l'éten due de la plate-forme ; la présente note avait notamment pour objet d'attirer l'attention sur ce sujet.

Remerciements. Les auteurs remercient MM. Platel et Vaslet pour leurs critiques constructives.

Références

- [1] Al-Fares A.A., M. Bouman, P. Jeans, A new look at the Middle–Lower Cretaceous stratigraphy, offshore Kuwait, *GeoArabia* 3 (4) (1998) 543–560.
- [2] Alsharhan A.S., A.E.M. Nairn, A review of the Cretaceous formations of the Arabian Peninsula and Gulf. Part 1. Lower Cretaceous (Thamama Group) stratigraphy and paleogeography, *J. Petrol. Geol.* 11 (1986) 365–392.
- [3] Béchenec C.F., J. Le Métour, J.P. Platel, J. Roger, Geological map of the Sultanate of Oman, scale 1:1 000 000, with explanatory notes, *Minist. Petrol. Min., Sultanate of Oman*, 1993.
- [4] Dubreuilh J., J.-P. Platel, J. Le Métour, J. Roger, R. Wyns, F. Béchenec, A. Berthiaux, Geological map of Khaluf, sheet NF 40-15, scale 1:250 000 with explanatory notes, *Minist. Petrol. Min., Sultanate of Oman*, 1992.
- [5] Harris P.M., S.H. Frost, G.A. Seiglie, N. Schneiderman, Regional unconformities and depositional cycles, Cretaceous of the Arabian Peninsula, in: J.S. Schlee (Ed.), *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation*, AAPG Mem. 36 (1984) 67–80.
- [6] Hughes G.W., Biostratigraphy of the Shu'aiba Formation, Shaybah field, Saudi Arabia, *GeoArabia* 5 (4) (2000) 545–575.
- [7] Le Métour J., F. Béchenec, J. Roger, J.-P. Platel, R. Wyns, Geological map of Al Masirah, sheet NF40-16, scale 1:250 000, with explanatory notes, *Minist. Petrol. Min., Sultanate of Oman*, 1992.
- [8] Loosveld R.J.H., A. Bell, J.J.M. Terken, Tectonic evolution of Interior Oman, *GeoArabia* 1 (1) (1996) 28–50.
- [9] Platel J.-P., J. Dubreuilh, J. Le Métour, J. Roger, R. Wyns, F. Bechenec, A. Berthiaux, Geological map of Duqm and Madraca, sheet NE 40-03/07, scale 1:250 000, with explanatory notes, *Minist. Petrol. Min., Sultanate of Oman*, 1992.
- [10] Platel J.-P., J. Philip, C. Bourdillon-Jeudy de Grissac, J.-F. Babinot, J. Roger, C. Mercadier, Modalités de la transgression campanienne sur le massif du Haushi-Huqf (Oman). Stratigraphie, contexte géodynamique et paléoenvironnements, *Bull. Soc. géol. France* 8 (5) (1994) 253–263.
- [11] Pratt B.R., J.D. Smewing, Early Cretaceous Platform. Margin Configuration and Evolution in the Central Oman Mountains, Arabian Peninsula, *AAPG Bull.* 77 (2) (1993) 225–244.
- [12] Rabu D., F. Le Métour, F. Béchenec, M. Beurrier, M. Villey, C. Bourdillon-Jeudy de Grissac, Sedimentary aspects of the Eo-Alpine cycle on the northeast edge of the Arabian Platform (Oman Mountains), in: A.H.F. Robertson, M.P. Searle, A.C. Ries (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*, *Geol. Soc., Spec. Publ.* 49 (1990) 49–68.
- [13] Ries A.C., R.M. Shackleton, Structures in the Huqf-Haushi Uplift, east Central Oman, in: A.H.F. Robertson, M.P. Searle, A.C. Ries (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*, *Geol. Soc., Spec. Publ.* 49 (1990) 653–663.
- [14] Roger J., J.-P. Platel, C. Cavalier, C. Bourdillon, Données nouvelles sur la stratigraphie et l'histoire géologique du Dhofar (Sultanat d'Oman), *Bull. Soc. géol. France* 8 (5) (1989) 265–277.
- [15] Scott R.W., Chronostratigraphy of the Cretaceous carbonate shelf, southeastern Arabia, in: A.H.F. Robertson, M.P. Searle, A.C. Ries (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*, *Geol. Soc., Spec. Publ.* 49 (1990) 89–108.
- [16] Shackleton R.M., A.C. Ries, Tectonics of the Masirah Fault zone and eastern Oman, in: A.H.F. Robertson, M.P. Searle, A.C. Ries (Eds.), *The Geology and Tectonics of the Oman Region*, *Geol. Soc., Spec. Publ.* 49 (1990) 715–724.
- [17] Sharland P.R., R. Archer, D.M. Casey, R.B. Davies, S.H. Hall, A.P. Heward, A.D. Horbury, M.D. Simmons, Arabian Plate Sequential Stratigraphy, *GeoArabia*, *Spec. Publ.* 2 (2000) 1–371.