

General Palaeontology / Paléontologie générale

# New Late Asbian/Early Brigantian (Late Viséan, Mississippian) dates in the Mouchenkour Formation (central Morocco): palaeogeographical consequences

Daniel Vachard <sup>a,\*</sup>, Beate Orberger <sup>b</sup>, Nicolas Rividi <sup>b</sup>, Lucie Pille <sup>a</sup>, Mostafa Berkhli <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire LP3, UMR 8014, Sciences de la Terre, université Lille-1, bâtiment SN5, 59655 Villeneuve-d'Ascq cedex, France

<sup>b</sup> Département des sciences de la Terre, UMR IDES 81 48, université Paris-11, bâtiment 504, 92405 Orsay cedex, France

<sup>c</sup> Département de géologie, faculté des sciences, université Moulay-Ismaïl, BP 4010, 5000 Meknès, Morocco

Received 8 September 2005; accepted after revision 28 February 2006

Available online 27 April 2006

Présenté par Jean Dercourt

## Abstract

New datings of calcareous sandstone lenses and olistolites exposed in the middle part of the siliciclastic Mouchenkour Formation indicate a Late Asbian/Early Brigantian age (Cfm7/Cfm8 Moroccan biozone). The calcareous microfossil assemblages are characterized by the problematic algae *Ungdarella*, *Fasciella* and *Koninckopora* and foraminifers *Archaediscus* (concavus stage), *Pseudoendothyra* and *Eostaffella*. An Asbian/Brigantian palaeogeography based on the depositional environments is reconstructed from northwest to southeast, from the Tizra to the Mouchenkour areas. The units, although in tectonic contacts, nearly preserve their initial location and relations. **To cite this article: D. Vachard et al., C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

## Résumé

**Nouvelles datations de l'Asbien supérieur/Brigantien inférieur (Viséen supérieur, Mississippien) dans la formation du Mouchenkour (Maroc central) : conséquences paléogéographiques.** Des lentilles grés-carbonatées et des olistolithes calcaires permettent d'attribuer un âge Asbien supérieur/Brigantien inférieur (biozone marocaine Cfm7) à la partie moyenne de la formation siliciclastique du Mouchenkour. Ces niveaux sont caractérisés par les algues problématiques *Ungdarella*, *Fasciella* et *Koninckopora* et les foraminifères *Archaediscus* (au stade concavus), *Pseudoendothyra* et *Eostaffella*. Un modèle fondé sur les relations des milieux de dépôt de l'Asbien/Brigantien local permet de reconstituer différentes unités paléogéographiques, du Tizra, au nord-ouest, au Mouchenkour, au sud-est. Le déplacement de ces unités est probablement très faible et a peu modifié leurs relations initiales. **Pour citer cet article : D. Vachard et al., C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

**Keywords:** Biostratigraphy; Algae; Foraminifers; Palaeogeography; Late Viséan; Morocco

**Mots clés :** Biostratigraphie ; Algues ; Foraminifères ; Paléogéographie ; Viséen supérieur ; Maroc

\* Corresponding author.

E-mail address: [Daniel.Vachard@univ-lille1.fr](mailto:Daniel.Vachard@univ-lille1.fr) (D. Vachard).

## Version française abrégée

Dans le Nord-Ouest du Maroc (feuille 1:50 000 de Bou Chber), la biostratigraphie du Mississippien (Carbonifère inférieur) du secteur de l'Adarouch, au sud-ouest de Fès (Fig. 1A), est bien établie, grâce aux foraminifères et algues des séries argilo-carbonatées de plate-forme. De la formation d'Agouräi (Viséen moyen, «V2a», Cf4δ, Arundien) à celle d'Akerchi (Serpoukhovien inférieur, «E1», Cf7, Pendléien) [1,2], la succession s'étend sur neuf zones locales de foraminifères, Cfm1 à Cfm9 [2,19,20], équivalentes aux six ou sept biozones de référence du Viséen belge [7,12] (Fig. 2). La colline du Mouchenkour (1239 m) est moins bien connue, car ses dépôts sont essentiellement siliciclastiques et plus profonds. Ils constituent la formation Mouchenkour–Aïn Ichou de Bouabdelli [4,5], qui y a mentionné des microfaunes du «V3by» (dét. Vachard). Cet âge est confirmé par de nouvelles associations de l'Asbien supérieur/Brigantien inférieur. Nous en illustrons les microfossiles caractéristiques, tentons de rechercher leurs sources et/ou leurs équivalents dans les séries carbonatées voisines de Migoumess, Azarhare et Tizra. Nous discutons l'âge possible du reste de la série, et présentons un essai de paléogéographie régionale au Viséen supérieur.

La colline du Mouchenkour couvre une superficie de 12 km sur 3 (Fig. 1B). Sa série est composée de bancs plurimétriques de shales noirs à intercalations gréseuses brunes, de 10–30 cm d'épaisseur, offrant des *ripple-marks* (Figs. 1C, 3 et 4A). Sur son flanc sud-est s'intercalent des lentilles gréséo-carbonatées, chenalisées, granoclassées, longues de plusieurs mètres et d'épaisseur décimétrique (Fig. 4B et D). Un olistolithe métrique de calcaires sableux noirs a été découvert à proximité de ces chenaux (Fig. 4C). En microfaciès, trois des chenaux et l'olistolithe calcaire (Fig. 4B–D) ont révélé des *rudstones* très sableux, ferrugineux, oïdiques, lithoclastiques et bioclastiques (Fig. 5.15), affectés de multiples recristallisations et figures de dissolution par pression (Fig. 5.14–15). Les bioclastes sont des fragments de crinoïdes, brachiopodes et bryozoaires, et de très rares algues incertae sedis et foraminifères. Un assemblage diversifié contient *Koninckopora tenuiramosa* Wood, 1942 (Fig. 5.11), *Pseudostacheoides* sp. (Fig. 5.6), *Epistacheoides* cf. *connorensis* Mamet et Rudloff, 1972 (Fig. 5.7), *Fasciella kizilia* Ivanova, 1973 (Fig. 5.5, 10 et 12), *Endothyra* ex gr. *prisca* Rauzer-Chernousova et Reitlinger in Rauzer-Chernousova et al., 1936, et *Archaediscus* (au stade concavus) ex gr. *stilus* Grozdilova et Lebedeva in Grozdilova, 1953 (Fig. 5.9). Un autre comporte *Koninckopora tenuiramosa* et *Ungdarella ur-*

*alica* Maslov, 1956 (Fig. 5.4 et 13), importantes pour la datation. Un troisième livre *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* (von Möller, 1879) (Fig. 5.14), tandis que le dernier rassemble *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* Vissarionova, 1948 (Fig. 5.1), *Archaediscus* (au stade concavus) ex gr. *convexus* Grozdilova et Lebedeva in Grozdilova, 1953 (Fig. 5.2), *Exvotarissella index* (Ehrenberg, 1854 emend. von Möller, 1879) emend. Mamet et Roux, 1974 (Fig. 5.8), *Ungdarella uralica*, et une section de conodonte bien conservée (Fig. 5.3) permettant d'envisager de fructueuses recherches sur ce groupe. Malgré leur transport, les associations des chenaux et de l'olistolithe s'avèrent taphonomiquement et biostratigraphiquement homogènes. La présence d'*Ungdarella* indique un âge minimal Asbien supérieur (biozone marocaine Cfm7 [2,19,20]) ; celle de *Koninckopora* porte l'âge maximal au Brigantien supérieur (Cfm8). *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei*, *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* et les *Archaediscus* au stade concavus confirment l'âge Asbien–Brigantien. De plus, *Ungdarella*, après une première acmé à l'Asbien supérieur–Brigantien inférieur, connaît une crise au Brigantien moyen–supérieur et au Serpoukhovien [8–11,16], et *Koninckopora* se raréfie au Brigantien moyen–supérieur [8–11,16]. Aucun marqueur exclusivement Brigantien moyen–supérieur [9] ne figure dans ces associations. La partie fossilifère de la formation du Mouchenkour date donc de l'Asbien supérieur et/ou du Brigantien inférieur. La formation de Tizra, redatée récemment [17], est exactement de cet âge. Sa précédente attribution au V3by [2] n'était toutefois pas inexacte, car le V3by de Belgique, par exemple à Royseux I, peut inclure de l'Asbien supérieur et du Brigantien inférieur (E. Poty, comm. pers., novembre 2005). L'âge du reste de la formation du Mouchenkour demeure inconnu. Les sédiments y semblent plus distaux et plus pélagiques, car Bouabdelli [4,5] les a qualifiés de «flyschs». Le milieu de dépôt de la partie étudiée, avec ses *ripple-marks* (Fig. 4A), est moins profond, et se situe plutôt sur un prodelta, où les passées carbonatées semblent correspondre à des tempestites distales ou des *lag-deposits* de cortèges transgressifs (TST). L'Asbien supérieur–Brigantien figure, sous diverses lithologies, dans de nombreuses localités du Maroc central [1–5,13,15] (Fig. 6). Les différents milieux de dépôt, faisant alterner plates-formes et bassins, semblent s'organiser en un ensemble de horsts et de grabens (Fig. 7), et non en une série de nappes tectoniques groupées de manière aléatoire. Il en résulte que la paléogéographie régionale de l'Asbien–Brigantien pourrait s'être conservée, avec, du nord-ouest au sud-est : (1) un horst nord-occidental, la ride d'Oulmès, dont le substratum émergé fournissait des galets (phtanites silur-

iennes, shales et calcaires à styliolines dévoniens, etc.) à nombre de conglomérats locaux ; (2) le graben d'Agourai, où s'accumulent des turbidites à olistolithes calcaires [1] ; (3) le compartiment de Tizra, avec la formation éponyme [2], déposée sur une plate-forme qui s'étendait jusqu'à Tihela et Idmarrach, dont les dépôts sont pratiquement équivalents et contemporains [3,15] ; (4) le graben du Migoumess [3–6], plus siliciclastique, avec des remaniements de calcaires datés Cfm7 et Cfm8 [3,15] ; (5) le compartiment d'Azarhare, avec une autre petite plate-forme carbonatée [13] ; (6) le compartiment du Mouchenkour, siliciclastique, avec ses quelques remaniements de Cfm7 provenant probablement de la région d'Azarhare, à cause des microfaciès similaires de leurs grès carbonatés [13]. Dans ce compartiment (6), si les lentilles carbonatées datent du Viséen supérieur Cfm7, les parties inférieures (flysch gréseux et shales noirs [5], Fig. 3) pourraient correspondre au reste du Viséen (Cfm1 à Cfm6) et même au Tournaisien supérieur, âge attribué à des brachiopodes du Bou Khadra [12]. Quant aux spores tournaisiennes décrites dans la formation de Migoumess [6], elles pourraient aussi provenir de dépôts tournaisiens ayant disparu par érosion de la plate-forme d'Azarhare, où ils s'étaient déposés en limite d'une transgression tournaisienne venue du Mouchenkour, réduit à cette époque à un étroit sillon. De semblables fossés, ouverts au Tournaisien supérieur,

pourraient être le point de départ des grandes transgressions du Cfm1 (« V2a ») et du Cfm6 (« V3bβ ») [1] sur tout le Maroc central.

### 1. Introduction

In the northwestern Meseta (Morocco), the biostratigraphy of the Adarouch area [1,2], southwest of Fes (Fig. 1A), is relatively well known. The limestone beds, alternating with shales were dated based on foraminifers and algae, and are of Middle Viséan (Moroccan Cfm1 biozone in the Agourai Formation) to Early Serpukhovian age (Moroccan Cfm9 biozone in the Akerchi Formation), corresponding to nine Moroccan biozones [2, 19,20], equivalent to six or seven reference biozones in the Viséan stratotypic areas of Belgium [7,12] (Fig. 2). However, much debate is concerned with the siliciclastic sediments of the sector, such as the Migoumess and Mouchenkour formations [3,6,14] (Fig. 1B–C). The siliciclastic Mouchenkour–Ain Ichou Formation was first described and dated by Bouabdelli, using some biostratigraphical data of Vachard [4,5] (Fig. 3). In this paper, we present new biostratigraphic data for the Mouchenkour Formation and we reconstruct its palaeogeography and that of the surrounding areas during the Late Viséan (Asbian–Brigantian).

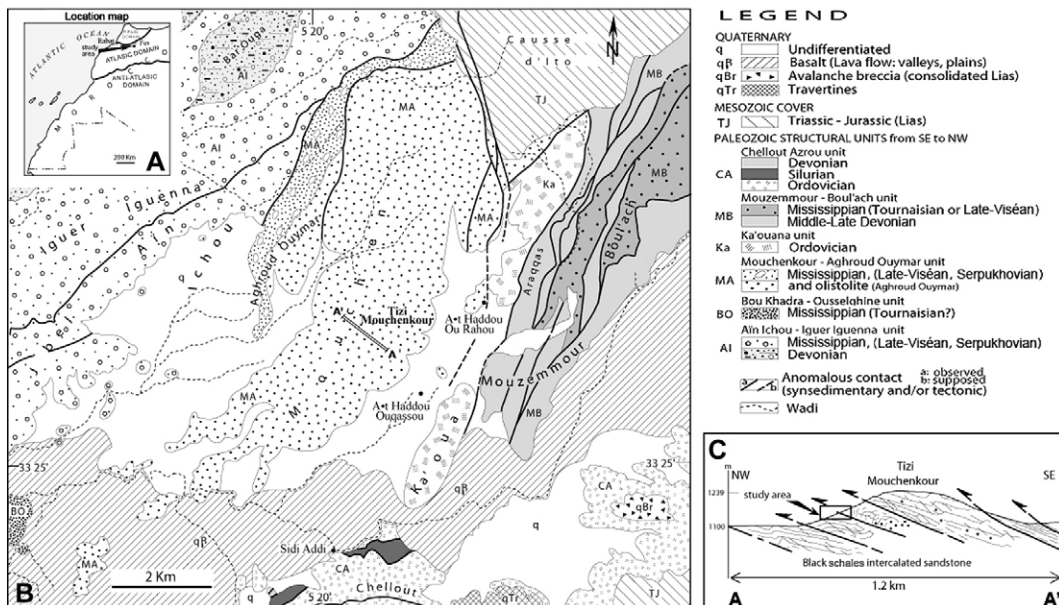


Fig. 1. Location maps of Mouchenkour: (A) in Morocco, (B) geological map (courtesy of A. Faure Muret), (C) schematic cross-section AA' (see location in Fig. 1B, after [5]).  
 Fig. 1. Cartes de localisation du Mouchenkour : (A) au Maroc, (B) carte géologique (A. Faure Muret, comm. pers.), (C) coupe schématique AA', d'après [5] (voir sa localisation sur la Fig. 1B).

Stages	Reference Zonations			England substages	Moroccan Zonations		
	[7]		[12]		[19, 20, 2]	Formations	
SERPUKHOVIAN	E1	Cf7	MFZ16	PENDLEIAN	Cfm9	AKERCHI	
VISEAN	V3c sup. inf.	Cf6δ	MFZ15	BRIGANTIAN	Cfm8	MOUARHAZ	
						TIZRA	
	V3b	γ	Cf6γ	MFZ14	ASBIAN	Cfm7	OUED AMHARES
		β	Cf6β	MFZ13		Cfm6	
		α	Cf6α			Cfm5	
	V3a	Cf5	MFZ12	HOLKERIAN	Cfm4	GOULIB	
	V2b				Cfm3		
	V1	b	Cf4δ	MFZ11	ARUNDIAN	Cfm2	AGOURAI
		α2	MFZ9				
a		Cf4α1	MFZ8	CHADIAN			
TOURNAISIAN	Tn3	Cf3	MFZ6	COURCEYAN	Cfm1	BOU KHADRA?	
	Tn2	Cf2	MFZ				
	Tn1						Cf1
FAM	a	Df	1-5				

Fig. 2. Composite table of different Mississippian (Early Carboniferous) stratigraphic units.

Fig. 2. Récapitulation et corrélation de différentes échelles stratigraphiques du Mississippien (Carbonifère inférieur).

## 2. Lithostratigraphy and environments of the Mouchenkour Formation

The NE–SW-oriented siliciclastic Mouchenkour Fm crops out over a length of 12 km and a width of 2 to 3 km (Fig. 1B). The sequence is composed of alternat-

ing 10–30-cm-thick sandstone layers within shales several metres thick (Fig. 3A). Ripple-marks, rather common at the sandstone surfaces, in particular at the top of the Mouchenkour hill (1239 m), are well preserved, although having been deformed by the first regional schistosity *s* 1 (Fig. 4A).

The primary carbonate cement in the sandstones has been replaced during burial by a silica and Fe-oxihydroxide cement. Calcite traces are still present in diagenetic microfissures that are now filled by quartz and Fe-oxihydroxides. On the southeastern flank of the Mouchenkour hill, several metric long and decametric thick calcareous sandstone lenses are intercalated in the shales (Fig. 4B). They show graded bedding with millimetric coarse laminae rich in bioclasts. The major cement is calcite which is replaced partially by later quartz. A metric olistolith composed of black sandy limestone was also found (Fig. 4C). Syndeformational vein systems develop along thrust planes, replacing partly massive sandstone beds. Post-compressional east–west-trending vein systems cross-cut the shales and are filled with syntectonic quartz.

## 3. Biostratigraphy of the calcareous lenses and olistolites

We examined the microfacies and the carbonate micropalaeontological assemblages of three calcareous sandstone channels and the olistolith (Fig. 3B and Fig. 4B–D). All the microfacies are sandy, ferruginous, lithoclastic, ooidic and bioclastic rudstones affected by numerous recrystallizations and pressure-solution fea-

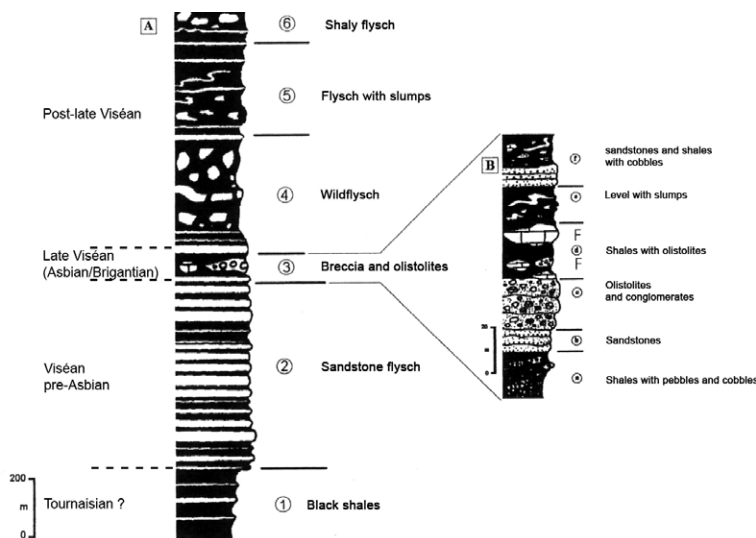


Fig. 3. The sequences of Mouchenkour Formation according to Bouabdelli [4,5]: (A) of the entire Formation, (B) of the fossiliferous median part.

Fig. 3. Série du Mouchenkour selon Bouabdelli [4,5] : (A) Ensemble de la série, (B) détail de la partie médiane fossilifère.



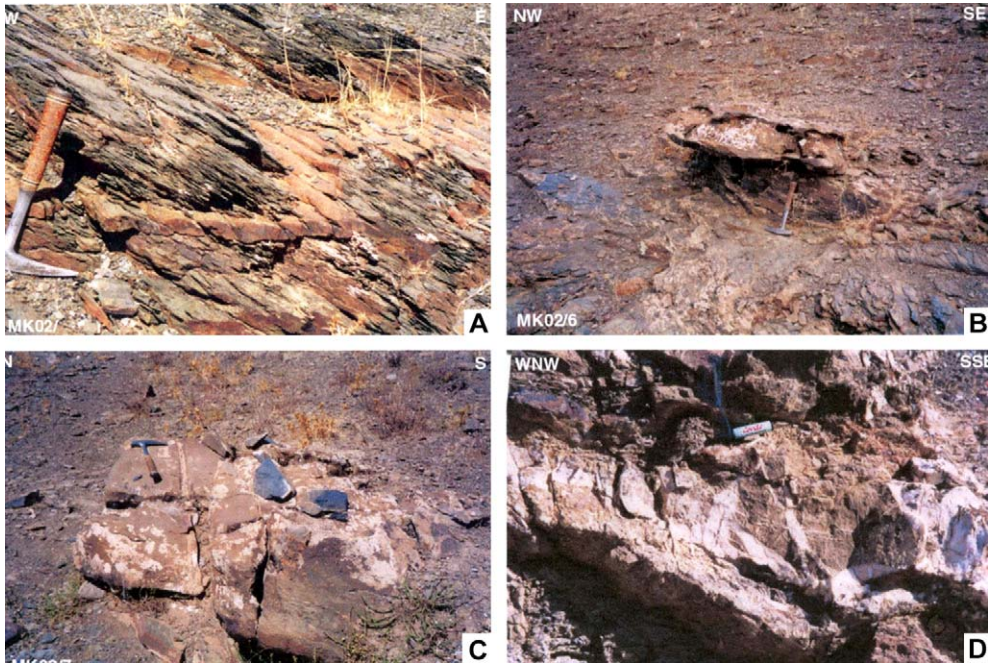


Fig. 4. Field photographs of different outcrops: (A) ripple marks on sandstones surfaces intercalated in shales – ripple marks are deformed by the s 1 –, (B) a sandy carbonate lens in the shales, (C) the discovered calcareous olistolith, (D) another sandy carbonate lens.

Fig. 4. Vues de terrain des différents niveaux : (A) rides de type *ripple marks* sur la surface de grès intercalés dans les shales – ces *ripple-marks* ont été déformés par la s 1 –, (B) une lentille grés-carbonatée dans les shales, (C) l'olistolithe calcaire découverte, (D) une autre lentille grés-carbonatée.

tures, mainly small stylolites (Fig. 5.14 and 15). The bioclasts are principally composed of the remains of crinoids, brachiopods and bryozoans, and very rare fragments or small skeletons of foraminifers, algae and problematical algae. The most diversified assemblage is composed of *Koninckopora tenuiramosa* Wood, 1942 (Fig. 5.11), *Pseudostacheoides* sp. (Fig. 5.6), *Epistacheoides* cf. *connorensis* Mamet and Rudloff, 1972 (Fig. 5.7), *Fasciella kizilia* Ivanova, 1973 (Fig. 5.5, 10 and 12), *Endothyra* ex gr. *prisca* Rauzer-Chernousova and Reitlinger in Rauzer-Chernousova et al., 1936, and *Archaediscus* (concausus stage) ex gr. *stilus* Grozdilova and Lebedeva in Grozdilova, 1953 (Fig. 5.9). A second one contains *Koninckopora tenuiramosa* and *Ungdarella uralica* Maslov, 1956 (Fig. 5.4 and 13). The third one reveals *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* (von Möller, 1879) (Fig. 5.14), whereas the fourth assemblage is characterized by *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* Vissarionova, 1948 (Fig. 5.1), *Archaediscus* (concausus stage) ex gr. *convexus* Grozdilova and Lebedeva in Grozdilova, 1953 (Fig. 5.2), *Exvotarissella index* (Ehrenberg, 1854 emend. von Möller, 1879) emend. Mamet and Roux, 1974 (Fig. 5.8), *Ungdarella uralica*, and a section of a conodont (Fig. 5.3) indicative of further biostratigraphical results.

#### 4. Biostratigraphical discussion

Although reworked, the fillings of the channels are homogeneous in age, and coeval to the microfacies and assemblage of the olistolith. Because of the presence of *Ungdarella*, the age is likely to be at least Late Asbian (= Moroccan biozone Cfm7 [2,19,20]); because of *Koninckopora*, it is Late Brigantian at the latest, although this alga is rare after the Earliest Brigantian [8–11,16]. No microfossil of the listed associations is unquestionably younger. *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* is of Late Viséan to Serpukhovian in age (we consider its Pennsylvanian representatives as *Reitlingerina*), but this group of species is most common in Morocco in Asbian and Brigantian beds. *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* occurred from Late Viséan to Bashkirian, but here it is associated with *Ungdarella*. This problematic alga tends to be very rare in the Serpukhovian, or after the Earliest Brigantian [8–11,16]. However, this phenomenon is only of regional importance since *Ungdarella uralica* persists up to the Middle Permian [18]. Finally, the assemblages of the Mouchenkour Fm. indicate a Late Asbian and/or Early Brigantian age, i.e., coeval with the Tizra Fm. This latter formation was dated as V3by [2] and recently revised as Late Asbian to Early

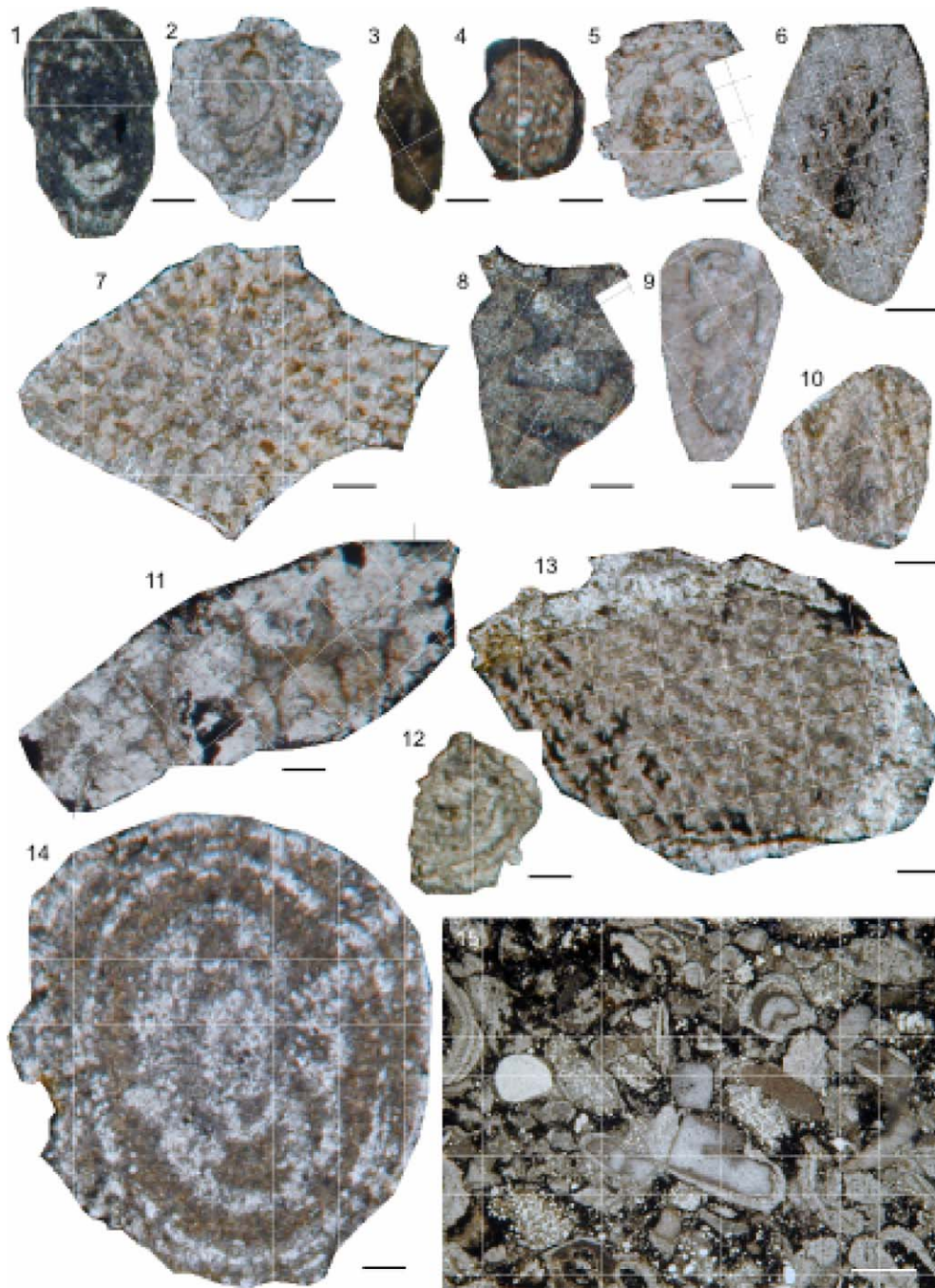


Fig. 5. Characteristic microfossils (algae, problematic algae and foraminifers) and microfacies. **1.** *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* Vissarionova, 1948, subaxial section,  $\times 76$ . **2.** *Archaediscus* (concavus stage) ex gr. *convexus* Grozdilova and Lebedeva in Grozdilova, 1953, axial section,  $\times 76$ . **3.** A conodont, longitudinal section,  $\times 76$ . **4, 13.** *Ungdarella uralica* Maslov, 1956,  $\times 76$ . **5, 10, 12.** *Fasciella kizilia* Ivanova, 1973,  $\times 76$ . **6.** *Pseudostacheoides* sp., oblique section,  $\times 38$ . **7.** *Epistacheoides* cf. *connorensis* Mamet and Rudloff, 1972, transverse section,  $\times 76$ . **8.** *Exvotarisella index* (Ehrenberg, 1854 emend. von Möller, 1879) emend. Mamet and Roux, 1974, longitudinal section,  $\times 76$ . **9.** *Archaediscus* (concavus stage) ex gr. *stilus* Grozdilova and Lebedeva in Grozdilova, 1953, axial section,  $\times 76$ . **11.** *Koninckopora tenuiramosa* Wood, 1942, oblique section,  $\times 76$ . **14.** *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* (von Möller, 1879), silicified subaxial section as a nucleus of an ooid,  $\times 76$ . **15.** Microfacies of bioclastic rudstone with crinoids, quartz grains and some sandstone lithoclasts,  $\times 10$ .



Brigantian [17]. The precise correlation between these three subdivisions is not completely elucidated, since some V3by outcrops in Belgium (for example Royseux I) exhibit Late Asbian and Early Brigantian deposits (E. Poty, pers. comm., November 2005). The ages of the other parts of the Mouchenkour Fm. (Figs. 3, 6) remain unknown.

## 5. Palaeoenvironments and Asbian/Brigantian palaeogeography

Although deep and distal, the depositional environment of the Mouchenkour Fm., at least in the Late Asbian–Early Brigantian period, is probably less deep than suggested by Bouabdelli [5], who used the term « flysch », indicating turbiditic deposits of deep-sea fans. Indeed, no Bouma sequences were observed, whereas the sandstone beds show some well-developed surfaces with ripple marks and ichnites (Fig. 4A). Consequently, the sequences of the Mouchenkour Fm. may correspond to prodeltaic accumulations; and the calcareous deposits can be related to distal tempestites during highstand systems' tract (HST) and/or to lag deposits during transgressive systems' tract (TST).

In central Morocco, the Asbian/Brigantian is dated in many localities with different lithologies [1–5,13,15] (Fig. 6). Hercynian units are arranged in NE–SW longitudinal tectonic slices (e.g., [5,17]), but they represent, at the same time, depositional environments easily connected in a model of horsts and grabens (Fig. 7), and, in this case, they constitute palaeogeographic units preserved nearly in situ. The compartments, reconstructed in this model, are, from northwest to southeast (Fig. 7): (1) the Oulmes Ridge, with the outcropping pre-Carboniferous basement (e.g., Devonian shales, Devonian styliolina limestones, Silurian cherts); (2) a graben in the Agourai area filled with turbidites and carbonate olistolites [1]; (3) the compartment of Tizra, with the eponymous Asbian/Brigantian platform formations [2]; the series remains identical until the Tihela–Idmarrach area [3,17]; (4) the compartment of Migoumess [3–6], with more siliciclastic sediments containing Cfm7 and Cfm8 assemblage reworkings [3]; (5) the compartment of Azarhare, with another small carbonate platform

STAGE and SUBSTAGE	NE SECTOR	SW SECTOR	MOUCHENKOUR	
SERPUKHOVIAN	AKERCHI	Tihela	? Shaly flysch	
BRIGANTIAN	MOUARHAZ	Idmarrach	? Flysch with slumps	
	TIZRA	Migoumess	? Wildflysch	
ASBIAN	OUED AMHARES	Azarhare	Breccia and olistolites	
	GOULIB		? Sandy flysch	
WISEAN (pre-ASBIAN)	AGOURAI	Absent		
TOURNAISIAN	Absent	Reworked from a unknown locality	Bou Khadra	? Black shales

Fig. 6. Possible correlations of different Formations (in capital letters) and informal members (in lower case letters) of Mississippian units in Central Morocco.

Fig. 6. Tentative de corrélation de différentes formations (en majuscules) et membres informels (en minuscules) du Mississippien du Maroc central.

[13]; (6) the Mouchenkour compartment, siliciclastic, with very rare reworkings of Cfm7 microfossils probably originated from the Azarhare area, during the deposition of the Late Visean calcareous sandstones upon this region [13] because of the similarity of microfacies and assemblages.

In this easternmost compartment, if the calcareous lenses can be dated as Late Visean (Late Asbian/Early Brigantian), the other lower parts (sandy flysch, black shales [5]) can hypothetically correspond to the rest of the Visean (Cfm1 to Cfm6) and even to the Late Tournaisian, since this age has been attributed to the Bou Khadra hill [14] (Figs. 1,6 and 7). The Tournaisian spores described in the Migoumess Fm. [6] might indi-

Fig. 5. Microfossiles (algues, algues problématiques et foraminifères) et microfaciès caractéristiques. 1. *Eostaffella* ex gr. *mosquensis* Vissarionova, 1948, section subaxiale, × 76. 2. *Archaeodiscus* (au stade concavus) ex gr. *convexus* Grozdilova et Lebedeva in Grozdilova, 1953, section axiale, × 76. 3. Un conodont en section longitudinale, × 76. 4, 13. *Ungdarella uralica* Maslov, 1956, × 76. 5, 10, 12. *Fasciella kizilia* Ivanova, 1973, × 76. 6. *Pseudostacheoides* sp., section oblique, × 38. 7. *Epistacheoides* cf. *connorensis* Mamet and Rudloff, 1972, section transverse, × 76. 8. *Exvotarissella index* (Ehrenberg, 1854 emend. von Möller, 1879) emend. Mamet & Roux, 1974, section longitudinale, × 76. 9. *Archaeodiscus* (au stade concavus) ex gr. *stilus* Grozdilova et Lebedeva in Grozdilova, 1953, section axiale, × 76. 11. *Koninckopora tenuiramosa* Wood, 1942, section oblique, × 76. 14. *Pseudoendothyra* ex gr. *struvei* (von Möller, 1879), section subaxiale silicifiée servant de nucléus à un ooïde, × 76. 15. Microfaciès de *rudstone* bioclastique à crinoïdes, grains de quartz et lithoclastes de grès, × 10.

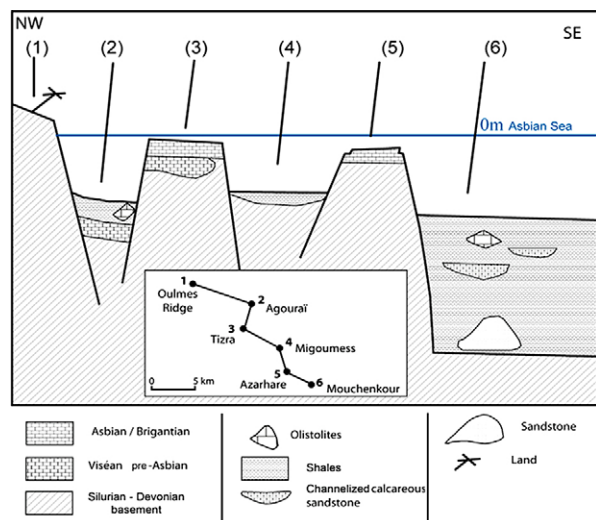


Fig. 7. Possible palaeogeography of Moroccan Central Meseta during the Asbian/Brigantian (equivalent to Cfm7/8 biozones): (1) the Oulmes ridge, (2) the Agourai graben, (3) the platform of Tizra–Tirhela–Idmarrach–Akerchi, (4) the graben of Migoumess, (5) the small platform of Azarhare, and (6) the Mouchenkour basinal depression.

Fig. 7. Modèle de paléogéographie de la Meseta centrale marocaine pendant l'Asbien/Brigantien (c'est-à-dire durant les biozones Cfm7/8) : (1) ride d'Oulmès, (2) graben d'Agourai, (3) plate-forme de Tizra–Tirhela–Idmarrach–Akerchi, (4) graben de Migoumess, (5) plate-forme d'Azarhare, (6) dépression bassinale du Mouchenkour.

cate an easternmost extension of these Late Tournaisian shaly deposits, subsequently destroyed by erosion and only preserved as reworkings into the Cfm8 deposits. More likely, the Late Tournaisian seems to be limited in narrow troughs in Morocco, whereas the transgressions starting from these troughs covered larger areas during the Cfm1 (= 'V2a') and Cfm6 ('V3bβ') biozones [1].

## 6. Conclusions

The central part of the Mouchenkour Fm. belongs to the Late Viséan (Late Asbian/Early Brigantian), characterized by *Ungdarella*, *Koninckopora*, *Fasciella*, *Archaeodiscus* (concaus stage), *Eostaffella* and *Pseudoendothyra* in sandy, ooidic, lithoclastic and bioclastic rudstone channels and olistolites, affected by later diageneses. These calcareous deposits may correspond to distal tempestites during a HST and/or to lag deposits during a TST. The carbonate micro-organisms, the ooids and the quartz grains originated probably from the Azarhare platform during the deposition of its calcareous sandstones. This connection between two modern geographic units seems to indicate that the Asbian–

Brigantian (and Mississippian in general) palaeogeography is preserved, even when the constituent areas are classically interpreted as thrust sheets. Six horsts and grabens can be reconstructed, from northwest to southeast: (1) the Oulmes Ridge, (2) the Agourai graben, (3) the platform of Tizra–Tirhela–Idmarrach–Akerchi, (4) the graben of Migoumess, (5) the small platform of Azarhare, (6) the Mouchenkour basinal depression. This latter feature was probably open since the Late Tournaisian, and corresponds to the rare narrow troughs of this age in central Morocco, which are at the origin of the large transgressions occurring during the Cfm1 (= 'V2a') and Cfm6 ('V3bβ') biozones.

## Acknowledgements

This paper is dedicated to Prof. Anne Faure Muret. This project benefited from financial support from the 'Département des relations internationales de l'université Paris-Sud' (Epicure), a French-Moroccan program ('Action intégrée MAO3/72'), and the UMR IDES 8148. The 'Ministère de l'Énergie et des Mines' and the 'Université Moulay-Ismaïl de Meknès' (Morocco) are thanked for financial and logistical support during fieldwork with Anne Faure Muret, Fatima Rais, Said Mesloulh and Prof. Dr Mostafa Berkli. Luce Delabesse kindly prepared photomicrographs and Geneviève Roche drew the geological map.

## References

- [1] M. Berkli, Sédimentologie, biostratigraphie et stratigraphie séquentielle du NE de la Méséta occidentale marocaine pendant le Carbonifère inférieur, thèse d'État, université Moulay-Ismaïl, Meknès, Morocco, 1999 (unpublished, 229 p.)
- [2] M. Berkli, D. Vachard, New biostratigraphical data from the Early Carboniferous sequences of the Adarouch area (NE Central Morocco), *Newslett. Stratigr.* 39 (1) (2001) 33–54.
- [3] M. Berkli, D. Vachard, Le Carbonifère du Maroc central : les formations de Migoumess, de Tirhela et d'Idmarrach. Lithologie, biostratigraphie et conséquences géodynamiques, *C. R. Geoscience* 334 (2002) 67–72.
- [4] M. Bouabdelli, Stratigraphie et évolution structurale du Paléozoïque d'Azrou (Nord-Est du Maroc central), thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Louis-Pasteur, Strasbourg, France, 1982 (unpublished, 164 p.)
- [5] M. Bouabdelli, Tectonique et sédimentation dans un bassin orogénique : le sillon viséen d'Azrou-Khénifra (Est du Massif hercynien central du Maroc), thèse d'État, université Louis-Pasteur, Strasbourg, France, 1989, (unpublished, 262 p.)
- [6] M. Bouabdelli, J. Doubinger, Nouvelles datations palynologiques dans la formation grés-conglomératique de Migoumess (Est du Massif hercynien central du Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 310 (1990) 1573–1576.
- [7] R. Conil, E. Groessens, M. Laloux, E. Poty, F. Tourneur, Carboniferous guide foraminifera, corals and conodonts in the



- Franco-Belgian and Campine basins; their potential for wide-spread correlations, *Cour. Forschungsinst. Senckenb.* 130 (1991) 15–30 (imprinted 1990).
- [8] P. Cózar, Foraminiferal and algal evidence for the recognition of the Asbian/Brigantian boundary in the Guadiato area (Mississippian, southwestern Spain), *Rev. Esp. Micropaleontol.* 36 (3) (2004) 367–388.
- [9] P. Cózar, I.D. Somerville, New algal and foraminiferal assemblages and evidence for recognition of the Asbian–Brigantian boundary in northern England, *Proc. Yorks. Geol. Soc.* 55 (1) (2004) 43–65.
- [10] P. Cózar, I.D. Somerville, Stratigraphy of Upper Visean carbonate platform rocks in the Carlow area, southeast Ireland, *Geol. J.* 40 (1) (2005) 35–64.
- [11] S.J. Gallagher, The stratigraphy and cyclicity of the Late Dinanian platform carbonates in parts of southern and western Ireland, in: P. Strogon, I.D. Somerville, G.L. Jones (Eds.), *Recent Advances in Lower Carboniferous Geology*, *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 107, 1996, pp. 239–251.
- [12] L. Hance, E. Poty, F.X. Devuyt, Upper Devonian and Mississippian foraminiferal and rugose coral zonations of southern Belgium and northern France: a tool for Eurasian correlations, *Geol. Mag.* (submitted); see also: F.X. Devuyt et al., 2005, *SCCS field trip*, 24–28/05/2005 (unpublished).
- [13] A. Karim, M. Berkhli, D. Vachard, N. Tribovillard, B. Orberger, Le Viséen supérieur d’Azarhare (Maroc central) : environnements de dépôt, datation et évolution diagénétique, *C. R. Geoscience* 337 (2005) 525–532.
- [14] M. Legrand-Blain. Brachiopod identifications, in: M. Habibi, thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Paul-Sabatier, Toulouse, France, 1989, p. 69 (and work in progress).
- [15] D. Ouarache, Étude géologique dans le Paléozoïque et le Trias de la bordure NW du Causse moyen-atlasique (S et SW de Fès, Maroc), thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Paul Sabatier, Toulouse (1987) 1–130 (unpublished).
- [16] L. Pille (work in progress), Late Mississippian foraminifers and calcareous algae, as biotools for the biostratigraphy, palaeoecology and palaeogeography at the scales of the outcrop, region and world.
- [17] I. Saïd, M. Berkhli, S. Rodríguez, Preliminary data on the coral distribution in the Visean from Adarouch area (NE Central Morocco) (in press).
- [18] D. Vachard, Téthys et Gondwana au Paléozoïque supérieur ; les données afghanes, biostratigraphie, micropaléontologie, paléogéographie, *Doc. & Trav. IGAL* (institut géologique Albert-de-Lapparent) 2 (1980) 1–463.
- [19] D. Vachard, Zones de foraminifères dans le Viséen du Maroc, in: 12<sup>e</sup> Réunion des sciences de la Terre, RST, Lille, France, 1989, p. 129.
- [20] D. Vachard, A. Tahiri, Foraminifères, algues et pseudo-algues du Viséen de la région d’Oulmès (Maroc), *Géol. Méditerran.* 18 (1–2) (1991) 21–41.