

Utilisation de la méthode des associations unitaires des nannofossiles pour vérifier de la limite entre les étages Pliensbachien – Toarcien (Jurassique inférieur) dans le bassin Lusitanien (Portugal)

Dr. Samer Kenjo*

Résumé

Une méthode biostratigraphique quantitative et statistique (Associations Unitaires) a été utilisée pour identifier et caractériser la limite entre les étages Pliensbachien – Toarcien du Jurassique inférieur en utilisant l'assemblage des nannofossiles.

Deux coupes Rabaçal et Alcabideque situées dans le bassin Lusitanien au centre du Portugal ont été étudiées.

La construction des Associations Unitaires (AUs) a été établie par le logiciel statistique (PAST).

Le traitement mathématique des données a permis d'identifier trois AUS pendant la période Pliensbachien supérieur- Toarcien.

La corrélation biostratigraphique entre les biozones des intervalles de nannofossiles avec les AUS indique que la partie supérieure du Pliensbachien et le Toarcien inférieur coïncide avec la première Association Unitaire (AU1).

L'existence des trois AUS clairement identifiées à Rabaçal et Alcabideque interprète l'absence de la lacune sédimentaire et indique

* Enseignant chercheur, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Damas.

une période avec une série sédimentaire continue et sans lacune stratigraphique dans les deux coupes.

L'extension de l'AU1 est plus large qu'en AU2 et AU3, en plus le nombre des espèces de nannofossiles calcaires qui sont en coexistence et identifient l'AU1 coïncide avec l'augmentation du niveau de l'océan pendant La partie sommitale du Pliensbachien et le Toarcien inférieur et moyen.

Mots clés : Toarcien – Pliensbachien – Associations Unitaires - Nannofossiles calcaires – Jurassique inférieur

استخدام طريقة التجمعات الحدودية للمستحاثات القرمة لتدقيق الحد بين طابقي بلينسباكيان والتوارسيان (الجوراسي الأدنى) في حوض اللوزيتانيان - البرتغال

د. سامر كنجو*

الملخص

تم استخدام طريقة بيوستراتيغرافية كمية إحصائية (التجمعات الحدودية AUS) لتمييز الحد بين طابقي البلينسباكيان - التوارسيان باستخدام تجمعات النانوفوسيل (المستحاثات القرمة) الكلسية. تمت دراسة مقطعين (راباسال وألكابيدك) واقعين في حوض اللوزيتانيان في وسط البرتغال. تمت إقامة بناء تجمعات وحدوية باستخدام البرنامج الإحصائي (PAST)، حيث سمحت المعالجة الرياضية للمعطيات بتحديد ثلاث تجمعات وحدوية مميزة لفترة البلينسباكيان الأعلى - التوارسيان. أظهر الترابط البيوستراتيغرافي بين نطاقات الفترة والتجمعات الحدودية بأن القسم الأعلى من طابق البلينسباكيان وأسفل طابق التوارسيان يقابل القسم السفلي من نطاق التجمع الوحدوي الأول (AU1).

*مدرس في قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة دمشق.

إن وجود ثلاثة تجمعات وحدوية محددة بشكل واضح في مقطعي راباسال وألكابيدك يفسر غياب الثغرة الستراتيغرافية ويمثل فترة زمنية لزمنة رسوبية كاملة ومستمرة في المقطعين.

إن الامتداد الأكبر للتجمع الوحدوي الأول (AU1) هو أكثر اتساعا من التجمعين AU2, AU3، إضافة إلى أن عدد أنواع المستحاثات القزمة التي تكون متواجدة بشكل متوافق مع بعضها وتحدد (AU1) يتوافق مع زيادة في مستوى ماء المحيطات خلال فترة أعلى البليينسباكيان و التوارسيان الأسفل والأوسط.

الكلمات المفتاحية: التوارسيان - البليينسباكيان - التجمعات الوحدوية - النانوفوسيل الكلسية - الجوراسي الأدنى.

1. Introduction:

L'intervalle du Toarcien (183-176 Ma ; Gradstein et al., 2004) est caractérisé par des variations paléoenvironnementales et géochimiques majeures, et par deux crises biologiques enregistrées à la limite Pliensbachien – Toarcien et au Toarcien inférieur (Harries & Little, 1999 ; Pálffy & Smith, 2000 ; Cecca & Macchioni, 2004). Cette dernière se vérifie pendant un événement anoxique océanique (Jenkyns & Clayton, 1986 ; Jenkyns, 1988).

Une perturbation du cycle du carbone est marquée par deux excursions négatives de la courbe des isotopes stables du carbone, mesurée sur les carbonates marins, la matière organique marine et continentale (Rosales et al., 2004 ; Kemp et al., 2005 ; Hesselbo et al., 2007 ; Suan et al., 2008a,b ; Littler et al., 2010).

Le Toarcien a été étudié en utilisant la zonation d'ammonites (Macchioni, 2002), Les zones construites se basent sur la zone d'intervalle dans laquelle ses limites supérieures et inférieures sont identifiées par la première et les dernières occurrences des espèces marqueurs d'ammonites. Ces zones sont considérées comme les zones standards pour l'intervalle du Jurassique inférieur (Elmi et al., 1994; Macchioni, 2002). Le Pliensbachien supérieur a été daté par la zone à ammonites *Spinatum* et le Toarcien par les zones à *Tenuicostatum* et à *falciferum* et à *Bifrons* (Macchioni, 2002).

Plus récemment la zonation à nannofossiles calcaires a été établie pour mieux caractériser les limites entre les étages du Jurassique inférieure (Bown, 1987; Bown et al., 1988; Bown and Cooper, 1989; Mattioli and Erba, 1999, Kenjo, 2010).

Mattioli et Erba., 1999 ont constaté que la partie supérieure du Pliensbachien et la partie inférieure du Toarcien correspond la zone à nannofossiles *L. hauffi* suivie par la biozone à *C.superbus* dans la partie sommitale du Toarcien inférieur.

La corrélation biostratigraphique entre les zones à nannofossiles calcaires identifiées dans le nord- sud de Tethys par Bown et al., 1988, Bown, 1996 indique que la zone à *D. striatus* coïncide avec deux biozones à *D.striatus* et de la zone à *R. incompta* identifiées par Mattioli et Erba, 1999.

Toutes les études biostratigraphiques précédentes ont utilisé la zone d'intervalle pour les ammonites et les nannofossiles afin de dater les étages du Jurassique inférieur.

La corrélation biostratigraphique en utilisant la zone d'intervalle classique présente plusieurs problèmes comme l'absence des espèces marqueurs dans certaine coupes et en plus la présence des lacunes sédimentaires, la mauvaise préservation des taxons pour éviter ces difficultés une nouvelle méthode biostratigraphique statistique a été employée en se basant sur la coexistence du maximum nombre des espèces biomarqueurs de l'intervalle étudié dans une zone sédimentaire limitée. Cette nouvelle zone est appelée Association Unitaire (Guex, 1977, 1987, 1991).

La limite entre le Toarcien – Pliensbachien présente le problème de l'identification précise en utilisant les biozones classiques First Occurrence (FO) – Late Occurrence (LO) des espèces marqueurs et le problème de la corrélation stratigraphique de cette limite entre les différents bassins.

Le but de ce travail est de construire les zones d'Associations Unitaires qui permettent établir une corrélation biostratigraphique représentative plus solide et expliquent dans une manière plus systématique la présence des lacunes sédimentaires et les variations dans les conditions paléoenvironnementales.

2. Cadre géologique

2.1. Localisation

Le bassin Lusitanien est situé au centre-ouest du Portugal. Il s'étend près du centre du Portugal jusqu'à la région côtière Atlantique (figure.1). Les sédiments dominants dans ce bassin sont des dépôts d'âge Jurassique constitués d'alternances marne-calcaires qui se sont déposées entre le Jurassique inférieur et le Jurassique supérieur (Duarte, 1998 ; Duarte et al., 2003, 2004).

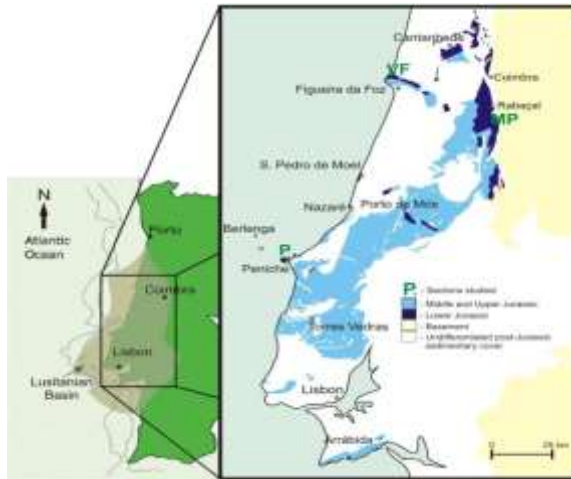


Figure .1. Localisation actuelle du bassin Lusitanien d'après (Duarte et al., 2010)

Les coupes de Rabaçal et Alcabideque sont situées dans la partie Nord du bassin Lusitanien figure.1.

2.2. Cadre paléogéographique

Deux grandes masses continentales (Gondwana au sud et Laurasia au nord), issues de la dislocation de la Pangée caractérisent l'intervalle du Pliensbachien supérieur - Toarcien (figure. 2). Trois grandes provinces paléogéographiques ont été définies autour de ces deux masses continentales : la province téthysienne, la province boréale, et la province pacifique (Ziegler, 1988 ; Dercourt et al., 1993, 2000).

L'ouest de la Téthys était formé de plusieurs bassins partiellement isolés à cause de la présence des zones émergées (figure. 2). Cette région était active du point de vue tectonique avec une rotation différentielle entre les différents bassins, en relation avec l'ouverture de la Téthys occidentale et du proto-Atlantique (figure. 2).

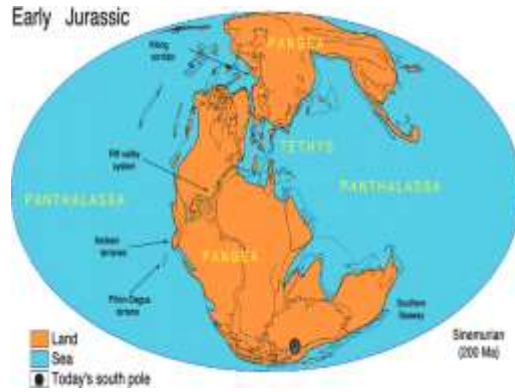


Figure .2. Cadre paléogéographique du Jurassique inférieur d'après Blakey (2005).

Le bassin Lusitanien s'est formé en relation avec l'ouverture de l'océan proto-Atlantique à l'ouest de Téthys. Celle-ci était en communication avec la Province Boréale par un passage étroit qui correspond aujourd'hui avec la Scandinavie (Bassoullet et al., 1993).

2.3. Cadre stratigraphique :

2.3.1. Coupe Rabaçal :

La partie basale de la série sédimentaire (0 – 16m) est composée d'une alternance marne -calcaire dominée par des bancs calcaires. Entre la hauteur 16 – 34m L'épaisseur de la marne augmente et devient dominant. Vers la partie supérieure de cette coupe de 34 à 41m des bancs calcaires de niveau millimétrique caractérisent la partie sommitale de la série sédimentaire (figure. 3).

2.3.2. Coupe Alcabideque :

La partie basale est dominée par des bancs calcaires épais séparés par des lits marneux. Le rythme de la sédimentation change vers le sommet de cette coupe avec la diminution de l'épaisseur des bancs calcaires et la domination de marne qui arrive à l'épaisseur de niveau de 15 mètres (figure. 3).

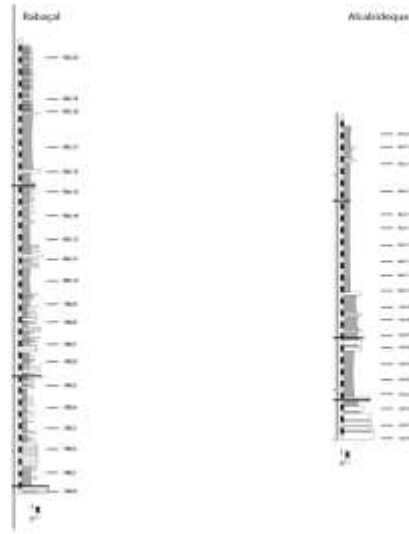


Figure .3. Log sédimentaire dans les coupes de Rabaçal et Alcabideque

3. Matériaux et méthodes

Les coupes Rabaçal et Alcabideque sont levées banc par banc pendant l'intervalle de Pliensbachien supérieur – Toarcien inférieur.

42 échantillons prélevés de deux coupes sont étudiés (21 échantillons à Rabaçal et même nombre à Alcabideque). A partir des échantillons des lames minces sont préparées par la méthode de décantation décrite par (Gesein et al., 1999). Les lames sont étudiées sous le microscope optique pour identifier les espèces de nanfossiles calcaires et établir la distribution stratigraphique des biomarqueurs de coccolites. Les données ont été traitées par le logiciel PAST pour construire les Associations Unitaires (AUs) (Guex, 1977, 1987).

« PAST » signifie « PALaeontological STATistics », est un logiciel statistique utilisé dans les études quantitatives des fossiles. Ce logiciel analyse les données dans une manière quantitatives pour construire des biozones représentatives basées sur l'assemblage maximum des biomarqueurs.

L'association Unitaire (AU) est une zone identifiée par la coexistence maximum des espèces biomarqueurs qui caractérisent l'intervalle étudié. Elle est utilisée pour identifier la présence ou l'absence d'une lacune sédimentaire quand les biozones classiques sont incapables de l'identifier. Les AUs utilisent les analyses quantitatives pour dater la période étudiée dans une manière très précise.

Plusieurs étapes ont été suivies pour construire les associations unitaires :

- 1- La distribution stratigraphique des nannofossiles calcaires à Rabaçal et Alcabideque est traduite en forme : présence (1) absence (0) (tableau ; 1).
- 2- Mettre chaque coupe en couleur différente pour que le logiciel les distingue (tableau ; 1).
- 3- Pour les espèces qui ont une distribution stratigraphique plus large que l'intervalle étudié (première occurrence et dernière occurrence de l'espèce se trouvent avant et après l'intervalle) il faut ajouter présence (1) à la base et au sommet de chaque coupe pour ces espèces.

The image shows a large grid representing the distribution of marker species. The grid has multiple columns and rows. The first column is highlighted in red, and the second column is highlighted in blue. The rest of the grid contains numerical values (0 and 1) representing the presence or absence of species in different stratigraphic units.

Table. 1. la distribution des espèces marqueurs en formes présence (1), absence (0).

- 4- Enlever toutes les espèces qui sont contaminées et les espèces venant d'âge géologique différent.

- 5- Supprimer les espèces qui augmentent le nombre de la contradiction de la superposition des biomarqueurs.
- 6- Sélectionner dans le tableau du programme le choix strat.

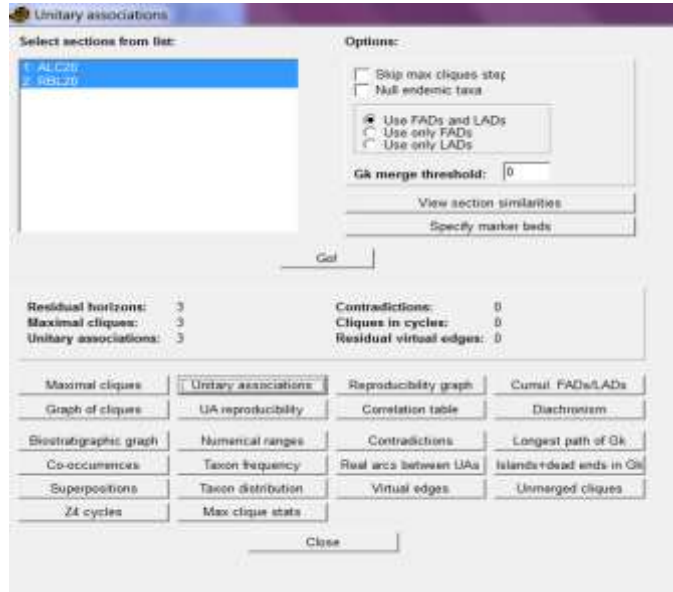


Figure. 4. Nombre de la contradiction et les Association Unitaire par PAST.

- 7- Sélectionner le choix Association Unitaire dans le programme qui donne les meilleures AUs et les nombre des AUs (figure. 4).
- 8- Le nombre des contradictions est (0). Il traduit la relation de superposition normale entre les différences taxons.

4. Résultats

4.1. Associations Unitaires

Le traitement des données obtenues à Rabaçal et Alcabideque donne trois Associations Unitaires (AUs). Ces Associations Unitaires caractérisent et datent l'intervalle étudié (Pliensbachien supérieur – Toarcien) dans les deux coupes (figure. 5).

La première Association Unitaire (AU1) est identifiée par la coexistence de 12 espèces marqueurs (*S. avitum*, *M. elegans*, *M.*

jansae, *S. arctus*, *S. cruciulus*, *D. ignotus*, *C. superbus*, *B. intermedium*, *W. collacichii*, *L. velatus*, *W. fossacinta*, *D. criotus*) (figure. 5).

Elle se distingue par la dernière occurrence (LO) de trois espèces *S. avitum* et *M. elegans*, *M. jansae* (figure. 5).

Unitary associations																	
UA	N	D	Similarity														
Unitary associations	Number of species		<i>S. avitum</i>	<i>M. elegans</i>	<i>M. jansae</i>	<i>S. arctus</i>	<i>S. cruciul</i>	<i>D. ignotus</i>	<i>C. superbu</i>	<i>B. intermid</i>	<i>W. collaci</i>	<i>L. velatus</i>	<i>W. fossacin</i>	<i>D. criotus</i>	<i>W. contrac</i>	<i>T. tiziense</i>	<i>B. depravat</i>
3	10	0.4															
2	10	0.35															
1	12																

Figure. 5. Associations Unitaires enregistrées à Rabaçal et Alcabideque
FO : First Occurrence, LO : Late Occurrence
N: Nombre d'espèces, D: Similarité

La deuxième Association Unitaire (AU2) est caractérisée par la coexistence de 10 espèces marqueurs (*S. arctus*, *S. cruciulus*, *D. ignotus*, *C. superbus*, *B. intermedium*, *W. collacichii*, *L. velatus*, *W. fossacinta*, *D. criotus*, *W. contracta*). Cette Association

Unitaire est identifiée par LO de deux espèces *S. arctus* et *S. cruciulus* et la première occurrence (FO) de *W. contracta* (figure. 5).

La troisième Association Unitaire (AU 3) est composée de 10 espèces en coexistence (*D. ignotus*, *C. superbus*, *B. intermedium*, *W. collacichii*, *L. velatus*, *W. fossacinta*, *D. criotus*, *W. contracta*, *T. tiziense*, *B. depravatum*). Elle est marquée par la première apparition (FO) les espèces *T. tiziense* et *B. depravatum* (figure. 5).

4.2. Similarité

La valeur de la similarité est calculée par l'équation suivante :

$$D_i = \frac{|UA_i - UA_{i-1}|}{|UA_i| + |UA_{i-1} - UA_i|} / |UA_{i-1}|$$

D_i : Similarité

UA_i : Association Unitaire identifiée clairement

UA_{i-1} : Association Unitaire identifiée avant UA_i

La valeur de la similarité pour AU2 est 0.35. Elle augmente de 0.05 pour AU3 et devient 0.4.

La comparaison entre les deux valeurs indique que la similarité est proche entre les AU2 et AU3 et la différence entre les unités est petite, par contre le logiciel ne donne pas la valeur de la similarité de l'AU1 comme il n'y a pas une Association Unitaire avant la première association et la similarité présente la valeur de la différence entre AU1 et l'Association Unitaire identifiée avant AU1.

4.3. Table de corrélation des Associations Unitaires à Rabaçal et Alcabideque

4.3.1. Coupe Rabaçal

L'extension stratigraphique des Associations Unitaires à Rabaçal indique que l'AU1 coïncide avec l'intervalle commençant depuis la base de Rabaçal à partir de RBL0 et se termine dans l'échantillon RBL16 (table. 2).

Level	First UA	Last UA
ALC20	3	3
ALC19	3	3
ALC18	2	3
ALC17	2	3
ALC16	1	3
ALC15	1	1
ALC14	1	1
ALC13	1	1
ALC12	1	1
ALC11	1	1
ALC10	1	1
ALC09	1	1
ALC08	1	1
ALC07	1	1
ALC06	1	1
ALC05	1	1
ALC04	1	1
ALC03	1	1
ALC02	1	1
ALC01	1	1
ALC00	1	1
ALC19	3	3
ALC18	3	3
ALC17	2	3
ALC16	2	3
ALC15	1	3
ALC14	1	1
ALC13	1	1
ALC12	1	1
ALC11	1	1
ALC10	1	1
ALC09	1	1
ALC08	1	1
ALC07	1	1
ALC06	1	1
ALC05	1	1
ALC04	1	1
ALC03	1	1
ALC02	1	1
ALC01	1	1
ALC00	1	1

Table. 2. Identification stratigraphique des Associations Unitaires à Rabaçal et Alcabideque.

AU2 corresponde à une partie médiale identifiée dans une zone stratigraphique s'étendant entre les échantillons (RBL17, RBL18).

La dernière Association Unitaire AU3 est trouvée au sommet de Rabaçal. Sa limite inférieure est identifiée à RBL19. Elle se termine à RBL20 au sommet de Rabaçal (table. 2).

4.3.2. La coupe Alcabideque :

La première Association Unitaire (AU1) est identifiée à la base d'Alcabideque dans ALC0, et sa limite supérieure est désignée dans ALC15 (table. 2).

La table de la corrélation montre que le logiciel identifie deux Association Unitaire AU1 ou

AU2 à ALC16. Cette zone non identifiée se trouve entre les AU1, AU2 (table. 2).

AU2 est identifiée clairement à partir d'ALC17 et se termine à ALC18 au milieu d'Alcabideque.

AU3 corresponde l'intervalle sommitale à Alcabideque et commence depuis ALC19 et termine au dernier échantillon (ALC20) (table. 2).

4.4. Niveau numérique de taxons

Certains taxons ont été enregistrés depuis la première Association Unitaire AU1 et continue jusqu'à la dernière Association Unitaire AU3 comme les espèces *L. velatus*, *C. superbus*, *W. fossacinta*, *D. ignotus*, *B. intermidium*, *W. collacicchie* et *D. criotus* (table. 3).

Numerical ranges		
Taxon	First UA	Last UA
<i>L. velatus</i>	1	3
<i>C. superbus</i>	1	3
<i>W. fossacinta</i>	1	3
<i>D. ignotus</i>	1	3
<i>B. intermedium</i>	1	3
<i>W. collacincta</i>	1	3
<i>D. criotus</i>	1	3
<i>S. avitum</i>	1	1
<i>M. elegans</i>	1	1
<i>W. contracta</i>	2	3
<i>S. arctus</i>	1	2
<i>S. cruciulus</i>	1	2
<i>T. tiziense</i>	3	3
<i>B. depravatum</i>	3	3
<i>M. jansae</i>	1	1

Table. 3. Les niveaux numériques identifient la distribution stratigraphique des taxons

Par contre des autres taxons caractérisent l'Association Unitaire (AU1). Ces taxons identifient AU1 par ses dernière occurrence comme (*S. avitum*, *M. elegans* et *M. jansae*) (table. 3).

L'espèce *W. contracta* a été enregistrée dans deux Associations Unitaires AU2, AU3. Elle a apparue à partir de l'AU2, par contre les taxons *S. arctus* et *S. cruciulus* ont été enregistrées dans deux Associations Unitaires (AU1, AU2).

La première apparition des taxons *B. depravatum*, *T. tiziense* identifie la troisième Association Unitaire (AU3) (table. 3).

Le niveau numérique des taxons traduit la distribution stratigraphique des espèces et l'identification des associations unitaires date l'intervalle du Pliensbachien- Toarcien.

5. Discussion

5.1. Superposition des taxons

La figure (6) présente la relation de superposition entre les espèces biomarqueurs qui identifient les Associations Unitaires dans les deux coupes étudiées.

Les lignes bleues expliquent les relations de coexistence entre les différentes espèces trouvées depuis la base de l'intervalle étudié jusqu'au sommet.

Les lignes rouges expliquent la relation de superposition entre les espèces qui appartiennent ou des appartiennent pendant le Pliensbachien et Toarcien figure (6).

La figure. 6 explique le fonctionnement du logiciel PAST et la relation de la superposition entre les différentes espèces et la technique de la constriction des Associations Unitaires.

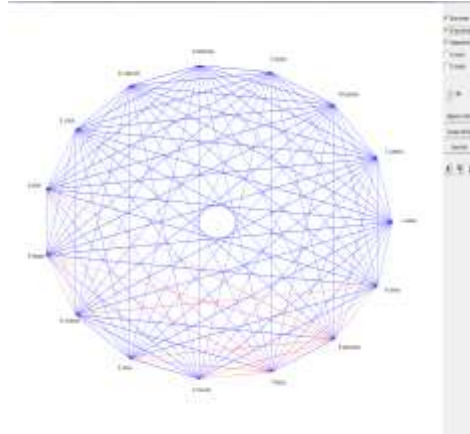


Figure. 6. Coexistence et Superposition des taxons

Par exemple : les lignes bleues indiquent que *C. superbus* est en coexistence avec 14 espèces différentes, mais les lignes rouges entre les taxons donnent que *M. elegans* se trouve superposée les taxons *B. depravatum* et *T. tiziense* figure (6).

Le regroupement entre les lignes bleues et rouges donne le système du fonctionnement et la technique de la construction des Associations Unitaires (AUs) (Guex et al., 2016).

L'importance de cet étude vient d'utilisation les Associations Unitaires quand la biostratigraphie classique basée sur la première et la dernière occurrence des biomarqueurs est incapable de marquer ou la présence des lacunes sédimentaires à l'échelle globale.

5.2. Identification et Reproductibilité des Associations Unitaires

Le traitement des données par le logiciel PAST identifie la position stratigraphique dans les coupes étudiées.

Reproducibility		
UA	Rabaçal	Alcabideque
3		
2		
1		

Clearly identified UA

Figure. 7. Associations Unitaires identifiées clairement à Rabaçal et Alcabideque

Toutes les Associations Unitaires sont identifiées clairement dans les deux coupes étudiées (figure. 7).

AU1 occupe la partie basale suivie par AU2 et AU3 vers le sommet de cette coupe à Rabaçal et Alcabideque (figure. 7).

Comme les AUS sont identifiées clairement et présentent des positions stratigraphiques bien marquées, et en plus les valeurs de la reproductibilité des AUS sont élevées (1). Ces arguments indiquent que les résultats sont forts et représentatifs et permettent de mieux dater l'intervalle de Pliensbachien supérieur - Toarcien.

5.3. Corrélation Biostratigraphique entre les AUS et les biozones à Nannofossiles

La partie basale de l'AU1 est corrélée aux biozones à nannofossiles calcaires (*C. superbus* et *D. striatus*) et les biozones à ammonites (Polymorphum et Levisoni). La limite Pliensbachien – Toarcien est identifiée entre les deux biozones à *C. superbus* et *D. striatus* et à la limite inférieure de la zone à ammonite (Levisoni) et correspond à la partie basale de l'AU1 à Rabaçal et Alcabideque. En plus la limite

entre le Toarcien inférieur et moyen coïncide le milieu de l'AU1 (figure. 8).

En plus la limite entre le Toarcien moyen et supérieur correspond à une zone non identifiée et située entre l'AU1 et l'AU2 à Rabaçal, mais à Alcabideque cette limite coïncide avec une zone identifiée soit AU1 ou AU2 (figure. 8).

La corrélation biostratigraphique entre les AUS et les biozones à nanfossiles calcaires indique que les bioévénements à nanfossiles calcaires qui identifient les limites entre les biozones sont synchroniques et présente une série sédimentaire complète (figure. 8).

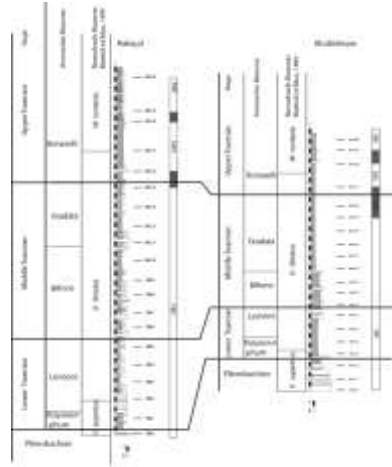


Figure. 8. Corrélation biostratigraphique entre les AUS et les biozones à nanfossiles calcaires d'après (Mattioli et Erba., 1999), et les biozones à ammonites adoptées par (Suan et al., 2008b).

5.4. Corrélation Biostratigraphique entre les Associations Unitaires

La comparaison entre les résultats de Rabaçal et Alcabideque indique que les trois Associations Unitaires sont bien identifiées dans les deux coupes (figure. 8).

Pendant l'intervalle étudié (Pliensbachien – Toarcien) l'extension de l'AU1 est plus longue que les AU2 et AU3 ensemble, et en plus l'AU1

est composée de nombre des biomarqueurs de nannofossiles (12) plus que les AU2, AU3 composées de (10 espèces).

Cette déference en l'extension et le nombre des biomarqueurs est interprétée avec l'augmentation du niveau de l'océan pendant les périodes du Pliensbachien supérieur et le Toarcien inférieur et moyen qui correspond l'AU1, par contre elle indique une diminution dans l'épaisseur de la colonne de eau pendant le Toarcien supérieur qui coïncide les AU2, AU3 au sommet de deux coupes.

La présence de toutes les AUS composées d'une coexistence maximum des espèces marqueurs explique que l'intervalle du Pliensbachien- Toarcien enregistre tous les bioévénements (FO *W. contracta* ; LO *M. jansae*, LO *S. avitum*) dans les deux coupes, ce qui interprète la présence une série sédimentaire complète pendant cet intervalle (figure. 8).

6. Conclusion

Les Associations Unitaires sont utilisées pour caractériser l'intervalle du Pliensbachien supérieur - Toarcien dans deux coupes Rabaçal et Alcabideque. Ces coupes sont situées dans le bassin Lusitanien au Portugal.

Trois AUS sont identifiées dans les coupes étudiées.

La corrélation biostratigraphique entre les AUS et les biozones à Nannofossiles indique que la limite Pliensbachien – Toarcien correspond la partie basale de l'AU1.

La présence de toutes les AUS interprète l'absence de la lacune sédimentaire pendant l'intervalle étudié et montre que la période étudiée est formée d'une série sédimentaire complète.

L'extension de l'AU1 plus large qu'en AU2 et AU3 est interprétée avec l'augmentation au niveau de l'océan pendant La partie sommitale du Pliensbachien et le Toarcien inférieur et moyen qui correspond l'AU1, et une diminution de l'épaisseur de la colonne de l'eau marine vers le sommet du Toarcien.

Références:

1. Bassoullet, J.P., Elmi, S., Poisson, A., Cecca, F., Bellion, Y., Guiraud, R., Baudin, F., 1993. Mid Toarcien. In: Dercourt, J., Ricou, L.E., Vrielynck, B. (Eds.), Atlas Tethys paleoenvironmental maps. BEI
2. Blakey, 2005.<http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/RCB.html>
3. Bown, P.R., 1987. Taxonomy, evolution and biostratigraphy of Late Triassic–Early Jurassic calcareous nannofossils. Special papers in Palaeontology 38, 1–118.
4. Bown, P.R., 1996. Recent advances in Jurassic calcareous nannofossils research. *GeoResearch* 1–2, 55–66.
5. Bown, P.R., Cooper, M.K.E., 1989. New calcareous nannofossil taxa from the Jurassic. *Journal of micropalaeontology* 8, 91–96.
6. Bown, P.R., Cooper, M.K.E., Lord, A.R., 1988. A calcareous nannofossil biozonation scheme for the early to mid Mesozoic. *Newsletter of Stratigraphy* 20, 91–114.
7. Cecca, F., Macchioni, F., 2004. The two Early Toarcian (Early Jurassic) extinction events in Ammonoids. *Lethaia* 37, 35–56.
8. Dercourt, J., Ricou, L.E., Vrielynck, B., 1993. Atlas Tethys, Palaeoenvironmental maps. Gauthier-Villiers, Paris, pp.307.
9. Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasquin, S., Sandulescu, 2000. Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical maps. Paris, pp.269.
10. Duarte, L.V., 1998. Clay minerals and geochemical evolution in the Toarcian-Lower Aalenian of the Lusitanian Basin. *Cuadernos de Geologia Ibérica*, Madrid 24, 69-98.
11. Duarte, L.V., Rodrigues, R., Dino, R., 2003. Carbon stable isotope analysis as a sequence stratigraphy tool. Case study from lower Jurassic marly limestones of Portugal. Short papers IV south American Symposium on isotope Geology, Salvador, 341-344.
12. Duarte, L.V., Silva, R.L., Oliveira, L.C.V., Comas-Rengifo, M. J., Silva, F., 2010. Organic-Rich facies in the Sinemurian and Pliensbachian of the
13. Lusitanian Basin, Portugal: Total organic carbon distribution and relation to transgressive-regressive facies cycles. *Geologica Acta*, Vo 1. 8, N° 3, September 2010, 325 – 340.

14. Duarte, L.V., Perilli, N., Dino, R., Rodrigues, R., Paredes, R., 2004. Lower to middle Toarcien from Coimbra region (Lusitanian basin, Portugal) : sequence stratigraphy, calcareous nannofossils and stable-isotope evolution. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 110, 115-127.
15. Elmi, S., Gabilly, J., Mouterde, R., Rulleau, L., Rocha, R.B., 1994. L' étage Toarcien de l' Europe et de la Téthys: divisions et corrélations. *Geobios, Mémoire Spécial* 17, 149–159.
16. Geisen, M., Bollmann, J., Herrle, J.O., Mutterlose, J., Young, J.R., 1999. Calibration of the nrandom settling technique for calculation of absolute abundances of calcareous-nannoplankton. *Micropaleontology* 45, 437–442.
17. Gradstein, F., Ogg, J., Smith, A., 2004. *A Geological Timescale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge.
18. Guex, J., 1977. Une nouvelle méthode d'analyse biochronologique note préliminaire. *Bulletin de la société Vaudoise des Sciences Naturelles*. Lausanne 351, 309–321.
19. Guex, J., 1987. *Corrélations Biochronologiques et Associations Unitaires*. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne. 244pp.
20. Guex, J., 1991. *Biochronological Correlations*. Springer Verlag, Amsterdam. 252pp.
21. Guex, J., Glaster, F., Hammer, O., 2016. *Discrete Biochronological Time Scale*. Book.
22. Harries, P.J., Little, C.T.S., 1999. The early Toarcian (Early Jurassic) and the Cenomanian–Turonian (Late Cretaceous) mass extinctions: similarities and contrasts. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 154, 39–66.
23. Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V., 2007. Carbon-isotope record of the Early Jurassic (Toarcian) Oceanic Anoxic Event from fossil wood and marine carbonate (Lusitanian Basin, Portugal). *Earth Planet. Sci. Lett.* 253, 455–470.
24. Jenkyns, H.C., 1988. The early Toarcian (Jurassic) event: stratigraphy, sedimentary, and geochemical evidence. *Am. J. Sci.* 288, 101–151.
25. Jenkyns, H.C., Clayton, C.J., 1986. Black shales and carbon isotopes in pelagic sediments from the Tethyan Lower Jurassic. *Sedimentology* 33, 87–106.

26. Kemp, D.B., Coe, A.L., Cohen, A.S., Schwark, L., 2005. Astronomical pacing of methane release in the Early Jurassic period. *Nature* 437, 396–399.
27. Kenjo, S., 2010. Biostratigraphie à nanofossils calcaires et changements paléoenvironnementaux au Toarcien. L'exemple du Bassin Lusitanien (Portugal).
28. Master de l'univ. Lyon1. Non publiés.
29. Littler, K., Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., 2010. A carbon-isotope perturbation at the Pliensbachian–Toarcian boundary: evidence from the Lias Group, NE England *Geological Magazine* 147, 181-192.
30. Macchioni, F., 2002. Myths and legends in the correlation between the Boreal and Tethyan Realms. Implications on the dating of the Early Toarcian mass extinctions and the oceanic anoxic event. *Geobios, Mémoire Spécial* 24, 150–164.
31. Mattioli, E., Erba, E., 1999. Synthesis of calcareous nanofossil events in tethyan Lower and Middle Jurassic successions. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 105, 343–376.
32. Pálffy, J., Smith, P.L., 2000. Synchrony between Early Jurassic extinction, oceanic anoxic event, and the Karoo-Ferrar flood basalt volcanism. *Geology* 28, 747–750.
33. Rosales, I., Quesada, S., Robles, S., 2004. Paleotemperature variations of Early Jurassic seawater recorded in geochemical trends of belemnites from the Basque– Cantabrian basin, northern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 203, 253–275.
34. Suan, G., Mattioli, E., Pittet, B., Mailliot, S., Lécuyer, C., 2008a. Evidence for major environmental perturbation prior to and during the Toarcian (Early Jurassic) oceanic anoxic event from the Lusitanian Basin. *Paleoceanography* 23, PA1202.
35. Suan, G., Pittet, B., Bour, I., Mattioli, E., Duarte, L.V., Mailliot, S., 2008b. Duration of the Early Toarcian carbon isotope excursion deduced from spectral analysis: consequence for its possible causes. *Earth Planet. Sci. Lett.* 267, 666–679.
36. Ziegler, P.A.. 1988. Post-Hercynian plate reorganization in the Tethys and Arctic-North Atlantic domains. Chapter.30. In: Manspeizer, W.(End.), Triassic- Jurassic Rifting. Continental breakup and origin of the Atlantic Ocean and Passive Margin. Part B.Elsevier, Amsterdam, pp. 711-755.