UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Doc_bib-FL/03

THESE

Présentée
Pour obtenir le grade de

DOCTEUR ES-SCIENCES

Inscrit sous le N° ST/002/2
Date le 2008 02
Cote

Par
Abbas MAROK

Spécialité
Sciences de la Terre

RENOUVELLEMENT FAUNIQUE ET CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES DURANT L' AALENIEN SUPERIEUR-BAJOCIEN INFERIEUR : APPLICATION DES METHODES QUANTITATIVES AUX AMMONITES DE LA TETHYS OCCIDENTALE

Soutenue le novembre 2007 devant la commission d'examen :

N. BENABADJI, Professeur à l'Université de Tlemcen (Algérie)	Président
L. MEKAHLI, Professeur à l'Université d'Oran (Algérie)	Directeur de thèse
M. H. P. HENRIQUES, Professeur à l'Université de Coimbra (Portugal)	Examinateur
M. BENHAMOU, Professeur à l'Université d'Oran (Algérie)	Examinateur
F. ATROPS, Chargé de Recherches au CNRS, Université de Lyon1 (France)	Examinateur

« *La terre nous en apprend plus long sur nous que tous les livres. Parce qu'elle nous résiste.* »

Antoine DE SAINT-EXUPERY
(Terre des Hommes)

A LA MEMOIRE DE MON MAITRE

SERGE ELMI,

Professeur émérite à l'université Claude Bernard LYON 1.

Hommage de profonde reconnaissance.

TABLE DES MATIERES

Pages

AVERTISSEMENT 9
RESUME 12
ABSTRACT 13

Première Partie - INTRODUCTION

I. OBJET DE L'ETUDE 14

II. CONTEXTE PALEOBIOGEOGRAPHIQUE 14

III. BIOCHRONOLOGIE, LIMITES D'ETAGES ET ECHELLES ZONALES 15
A. L'étage Aalénien 15
1. Limites 16
1.1. Limite inférieure de l'Aalénien dans le domaine téthysien (*s.s.*) 16
1.1.1. Dans le bassin Lusitanien 16
1.1.2. Dans le bassin Ibérique 16
1.1.3. Dans le bassin Bétique 17
1.1.4. Dans le bassin du Sud-Est de la France 17
1.1.5. Dans le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches 17
1.1.6. Dans le Moyen-Atlas plissé et les Béni Snassen 17
1.1.7. Dans le Haut-Atlas central 18
1.2. Limite inférieure de l'Aalénien dans le domaine NW européen 18
1.2.1. Dans le Sud de l'Angleterre 18
1.2.2. Dans le Sud-Ouest de l'Allemagne 18
2. Zonation 18
B. L'étage Bajocien 20
1. Limites 20
1.1. Limite inférieure du Bajocien dans le domaine téthysien (*s.s.*) 21
1.1.1. Dans le bassin Lusitanien 21
1.1.2. Dans le bassin Ibérique et Bétique 21
1.1.3. Dans le bassin du Sud-Est de la France 21
1.1.4. Dans le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches 22
1.1.5. Dans le Moyen-Atlas plissé et les Béni Snassen 22
1.1.6. Dans le bassin du Haut-Atlas central 22
1.2. Limite inférieure du Bajocien dans le domaine NW européen 22
1.2.1. Dans le Nord-Ouest de l'Ecosse 22
1.2.2. Dans le Sud de l'Angleterre 23

1.2.3. Dans le Sud-Ouest de l'Allemagne 23
2. Zonation 23
2.1. **Zone à Discites** 24
2.1.1. Définition 24
2.1.2. Corrélations et subdivisions 25
2.2. **Zone à Laeviuscula** 28
2.2.1. Définition 28
2.2.2. Corrélations et subdivisions 28
2.3. **Zone à Propinquans** 30
2.3.1. Définition 31
2.3.2. Corrélations et subdivisions 31
2.4. **Zone à Humphriesianum** 33
2.4.1. Définition 33
2.4.2. Corrélations et subdivisions 34

IV. CONTEXTE SYSTEMATIQUE 37
A. Historique sur les classifications et discussion 37
1. Classification des familles 37
1.1. Famille ***Hammatoceratidae*** BUCKMAN, 1887 37
1.2. Famille ***Graphoceratidae*** BUCKMAN, 1905 38
1.3. Famille ***Erycitidae*** SPATH, 1928 39
1.4. Famille ***Sonniniidae*** BUCKMAN, 1892 39
1.5. Famille ***Strigoceratidae*** BUCKMAN, 1924 39
1.6. Famille ***Lissoceratidae*** ZITTEL, 1884 40
1.7. Famille ***Oppeliidae*** DOUVILLE, 1890 40
1.8. Famille ***Otoitidae*** MASCKE, 1907 41
1.9. Famille ***Sphaeroceratidae*** BUCKMAN, 1920 41
1.10. Famille ***Stephanoceratidae*** NEUMAYR, 1875 41
1.11. Famille ***Perisphinctidae*** STEINMANN, 1890 41
2. Classification des genres 41
2.1. Genre ***Abbasites*** BUCKMAN, 1921 42
2.2. Genre ***Abbasitoides*** GECZY, 1966 42
2.3. Genre ***Haplopleuroceras*** BUCKMAN, 1892 42
2.4. Genre ***Malladaites*** LINARES & SANDOVAL, 1986 43
2.5. Genre ***Zurcheria*** DOUVILLÉ, 1885 43
2.6. Genre ***Fontannesia*** BUCKMAN, 1902 43
2.7. Genre ***Newmarracarroceras*** HALL, 1989 43
2.8. Genre ***Cadomoceras*** MUNIER-CHALMAS, 1892 44
2.9. Genre ***Amblyoxyites*** BUCKMAN, 1922 44
2.10. Genre ***Bradfordia*** BUCKMAN, 1910 44
2.11. Genre ***Poecilomorphus*** BUCKMAN, 1889 44
2.12. Genre ***Praeoppelia*** WESTERMANN, 1969 45
2.13. Genre ***Stegoxyites*** BUCKMAN, 1924 45
2.14. Genre ***Toxamblyites*** BUCKMAN, 1924 45
2.15. Genre ***Lissoceras*** BAYLE, 1879 45
2.16. Genre ***Normannites*** MUNIER CHALMAS, 1892 45

2.17. Genre ***Trilobiticeras*** BUCKMAN, 1919 46
2.18. Genre ***Riccardiceras*** WESTERMANN, 1995 46
2.19. Genre ***Frogdenites*** BUCKMAN, 1921 46
2.20. Genre ***Labyrinthoceras*** BUCKMAN, 1919 46
2.21. Genre ***Vacekia*** BUCKMAN, 1899 47
2.22. Genre ***Asthenoceras*** BUCKMAN, 1889 47
B. Problème du dimorphisme 47
1. Définition 47
2. Quel type de dimorphisme peut-on reconnaître chez les ammonites étudiées ?..... 48
3. Nomenclature adaptée aux dimorphes 50
C. Conclusion 51

Deuxième Partie - APPLICATION DES METHODES QUANTITATIVES

I. INTRODUCTION 54

II. CONCEPTS, METHODES ET USAGES 54
A. Démarche statistique 54
1. Méthode de corrélation (Pearson) 54
2. Méthode de la régression linéaire 54
B. Démarche multivariée 55
1. Analyse en coordonnées principales (PCO) 55
2. Calcul d'indices de similarité et de distance 55
2.1. Indices de similarité 56
2.2. Indice de distance 56
3. Critère de PIELOU (1979) 57
4. Reconstitution des topologies 57
4.1. Reconstitution de phénogrammes et visualisation graphique des matrices de Distance 57
4.2. Construction d'un « Graphe d'Association Hiérarchique » 58
C. Démarche déterministe 59
1. Technique géométrique 59
2. Technique des sériations déterministes simples 60
2.1. Méthode des associations unitaires (AU) 60
2.1.1. Définitions 61
2.1.2. Introduction à la théorie des graphes 62
2.1.3. Représentation des relations stratigraphiques 67
2.1.4. Transformation du graphe biostratigraphique 68
2.1.5. Détermination des associations unitaires et de leur succession 72
2.1.6. Identification des associations unitaires 73
2.1.7. Détection des remaniements 74
2.1.8. Informatisation de la méthode des associations unitaires 76
2.1.9. Exemples d'application de la méthode des associations unitaires 77

Troisième Partie - BIODIVERSITE COMPAREE

I. INTRODUCTION 78

II. METHODOLOGIE 78
A. Acquisition des données 78
B. Elaboration et mise en forme des listes fauniques 78

III. DIVERSITE FAMILIALE RELATIVE DURANT L'AALENIEN SUPERIEUR-BAJOCIEN INFERIEUR 80
A. Aalénien supérieur 80
1. Intervalle 1 : zone à Concavum 80
B. Bajocien inférieur 80
1. Intervalle 2 : zone à Discites 80
2. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 80
3. Intervalle 4 : zone à Propinquans 81
4. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 81

IV. QUANTIFICATION ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE 82
A. Evolution de la biodiversité totale, toutes familles confondues 82
1. Analyse de la biodiversité totale par régions 82
1.1. Le Dorset-Somerset 82
1.2. Le bassin Lusitanien 83
1.3. La Cordillère Ibérique 83
1.4. La Cordillère Bétique 83
1.5. Le bassin du Sud-Est de la France 85
1.6. Les Apennins d'Ombrie-Marches 85
1.7. Les Béni Snassen 85
1.8. Le Moyen-Atlas plissé 87
1.9. Le Haut-Atlas central 87
2. Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par régions 87
2.1. A l'échelle de la sous-zone 87
2.2. A l'échelle de la zone 90
3. Conclusion et discussion 93
4. Analyse de la biodiversité totale par provinces 94
4.1. Le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne (NPFNOE) 94
4.2. Le bassin atlantique (BAt) 94
4.3. La marge sud téthysienne (MST) 96
4.4. Le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne (SPFNOE) 96
4.5. Le seuil méditerranéen médian (SMM) 96
5. Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par provinces 96
5.1. Conclusion et discussion 99
B. Evolution de la biodiverité familiale par provinces 99
1. Le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne 99
1.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 99

1.2. Intervalle 2 : zone à Discites 99
1.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 100
1.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 101
1.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 101
2. Le bassin atlantique 101
2.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 101
2.2. Intervalle 2 : zone à Discites 101
2.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 102
2.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 102
2.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 103
3. La marge sud téthysienne 103
3.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 103
3.2. Intervalle 2 : zone à Discites 103
3.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 103
3.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 104
3.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 104
4. Le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne 105
4.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 105
4.2. Intervalle 2 : zone à Discites 105
4.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 105
4.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 105
4.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 106
5. Le seuil méditerranéen médian 107
5.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 107
5.2. Intervalle 2 : zone à Discites 107
5.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 107
5.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 107
5.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 107
C. Evolution de la biodiverité totale en fonction des paléolatitudes 108
1. Estimation des paléolatitudes 108
2. Analyse de la biodiversité totale 109
2.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 109
2.2. Intervalle 2 : zone à Discites 109
2.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 109
2.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 109
2.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 109

Quatrième Partie - BIOGEOGRAPHIE QUANTITATIVE : APPLICATION DE LA METHODE MULTIVARIEE

I. INTRODUCTION 111

II. METHODOLOGIE 111
A. Elaboration et mise en forme des listes fauniques 111
B. Traitement des données 111
1. Traitement des données quantitatives (abondance) 111

2. Traitement des données qualitatives (binaires) 113

III. RESULTATS ET DISCUSSION 113
A. Comparaison quantitative de la richesse taxonomique intrafamiliale entre régions 113
1. Comparaison au niveau générique 113
2. comparaison au niveau spécifique 113
B. Comparaison qualitative de la composition taxonomique entre régions . 116
1. Comparaison des différentes régions, tous intervalles chronologiques confondus 116
1.1. Test de critère du PIELOU 117
2. Comparaison des différentes régions, pour chaque intervalle chronologique . 118
2.1. Comparaison au niveau générique 118
2.1.1. Intervalle 1 : zone à Concavu 118
2.1.2. Intervalle 2 : zone à Discites 118
2.1.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 118
2.1.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 119
2.1.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 119
2.2. Test de critère du PIELOU 119
2.3. Comparaison au niveau spécifique 122
2.3.1. Intervalle 1 : zone à Concavum 122
2.3.2. Intervalle 2 : zone à Discites 122
2.3.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula 122
2.3.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans 122
2.3.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum 125
2.4. Test de critère du PIELOU 125

IV. CONCLUSION 125

Cinquième Partie - APPLICATION DE LA METHODE QUANTITATIVE DES ASSOCIATIONS UNITAITRES

I. INTRODUCTION 127

II. METHODOLOGIE 127
A. Acquisition et mise en forme des données 127
1. Acquisition des données 127
2. Mise en forme des données 129
B. Elaboration d'une base de données formatée pour «BioGraph» 129
C. Traitement et optimisation de la base de données 130
1. Traitement intra-région 131
2. Traitement inter-région 131
2.1. Analyse du 'data set' à l'état brute 132
2.2. Elimination des taxons uniprésents 132
2.3. Elimination des taxons dont l'identification n'est qu'au niveau générique .. 133
2.4. Elimination des taxons à occurrence unique totale 133
2.5. Elimination des taxons à occurrence unique partielle 134

2.6. Résolution des cycles entre les horizons maximaux résiduels 134

III. RESULTATS 143
A. Présentation et analyse du protoréférentiel 143
B. Présentation de la matrice de reproductibilité des AU et des tables de corrélation 146
1. Matrice de reproductibilité des AU 146
2. Tables de corrélation 148

IV. INTERPRETATION DES RESULTATS 148
A. Etablissement des biochronozones et construction du référentiel zonal .. 148
B. Phénomène de diachronisme et de renouvellement faunique 151
1. Diachronisme des taxons 151
2. Renouvellements fauniques 153
C. Comparaison avec les zonations empiriques 156

Sixième Partie - VOIES D'ECHANGE FAUNIQUE : AMERIQUE DU SUD-TETHYS OCCIDENTALE

I. INTRODUCTION 161

II. MODELES DES VOIES D'ECHANGE 162
A. Voie atlantique 162
B. Voie australe 164
C. Voie groenlandaise 164
D. Voie boréale 164
E. Voie asiatique 164
F. Voie pantropicale 164

III. DISPERSION DES DIFFERENTS GROUPES D'AMMONITES ET DISCUSSION SUR LES VOIES D'ECHANGE 165
A. Dispersion des différents groupes d'ammonites 165
1. *Hammatoceratidae* 165
2. *Graphoceratidae* 165
3. *Erycitidae* 167
4. *Sonniniidae* 167
5. *Strigoceratidae* 168
6. *Lissoceratidae* 168
7. *Oppeliidae* 168
8. *Otoitidae* 168
9. *Sphaeroceratidae* 169
10. *Stephanoceratidae* 169
11. *Perisphinctidae* 169
12. *Incertae sedis* 170
B. Discussion sur les voies d'échange 170

IV. CONCLUSION 171

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

I. CONCLUSIONS 184

II. PERSPECTIVES 185
A. Pour la biodiversité et la dynamique biogéographique 185
B. Pour les corrélations biochronologiques (associations unitaires) 186

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 187
LISTE DES FIGURES 216
LISTE DES TABLEAUX 221
ANNEXES 222

AVERTISSEMENT

C'est avec plaisir que je consacre les premiers mots de ce travail à tous ceux qui, par leur compétence et leur compréhension, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Je voudrais en premier lieu rendre hommage à un grand savant des sciences géologiques qui m'a fait découvrir les secrets de la nature, du temps et de l'histoire quand je l'accompagnais sur les terrains jurassiques de l'Algérie ou de France. Il s'agit bien du regretté Professeur émérite Serge ELMI (Université Claude Bernard Lyon 1, France) subitement arraché à l'affection des siens le 28 janvier 2007. Après avoir publié ma thèse de Magister dans les « Documents de Lyon », le Professeur Serge ELMI en collaboration avec le Professeur Larbi MEKAHLI me proposa en 1996 un sujet de Doctorat d'Etat sur les ammonites du Dogger téthysien. Un sujet « sur mesure » consacré aux problèmes de renouvellement faunique et de corrélations biostratigraphiques en utilisant les méthodes les plus performantes de la paléontologie numérique. Aujourd'hui, celui qui m'a guidé et orienté dans mes recherches ne fait plus partie de ce monde ; mais les résultats obtenus sont là pour témoigner de l'expérience incontestable de cette personnalité. A la mémoire de celui qui fut pour moi le maître des maîtres, ce travail est dédié comme un faible hommage d'affectueuse reconnaissance

Je fais part de toute ma gratitude à Monsieur Larbi MEKAHLI, Professeur à l'Université d'Oran, Es-Sénia qui m'a initie les bases de la géologie sédimentaire. Durant tout mon parcours universitaire, il a été pour moi un tuteur exemplaire qui mérite beaucoup de respect. Je n'oublierai pas de sitôt sa façon bien à lui de diriger les jeunes chercheurs, notamment en leur apportant de l'enthousiasme et une grande amitié. Malgré ses problèmes de santé, il a consacré un temps important à lire ce manuscrit et à rédiger son expertise en qualité de directeur de thèse.

Je remercie également Monsieur Noury BENABADJI, Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen qui a bien voulu accepter la lourde charge de présider le jury.

Je suis particulièrement honoré de compter parmi mes juges des spécialistes éminents de la biostratigraphie du Jurassique.

Mademoiselle Maria Helena Paiva HENRIQUES, Professeur à l'Université de Coimbra (Portugal) qui m'a accueilli dans son laboratoire et qui m'a fait également

visiter le GSSP de Cap Mondego. Je lui exprime ici toute ma reconnaissance et je tiens à lui dire combien sa présence au jury me fait grand plaisir.

Monsieur Miloud BENHAMOU, Professeur à l'Université d'Oran, Es-Sénia qu'il m'est agréable de retrouver dans ce jury, a relu en détail ce travail.

Monsieur François ATROPS, Chargé de Recherches au CNRS, Université de Lyon1 (France) qui m'a toujours accordé son aide efficace surtout dans le cadre de l'accord programme 02 MDU n° 554 Lyon 1/ Tlemcen. Je tiens à le remercier pour son soutien à la fois moral et scientifique suite au décès brutal du Professeur ELMI et pour la lecture attentive de ce mémoire.

Comme j'empruntais le chemin des ammonites, je ne pouvais que rencontrer les ammonitologues de renommée internationale :

Monsieur José SANDOVAL, Professeur à l'Université de Granada (Espagne) connu pour ses grandes qualités scientifiques et humaines m'a communiqué ses coupes et ses belles récoltes, minutieusement repérées stratigraphiquement. Il m'a fait bénéficier lors de mon passage à Granada de son expérience des ammonites du Bajocien. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde et respectueuse reconnaissance.

Monsieur Driss SADKI, Professeur à l'Université de Moulay Ismaïl (Maroc) a toujours montré un grand intérêt pour mon sujet de recherche. Il a su, au milieu de ses activités multiples, me réservé le temps nécessaire pour répondre à mes questions. Je le remercie infiniment pour sa collaboration fructueuse et exemplaire.

Monsieur l'abbé René MOUTERDE, serviteur de la science et des hommes a aussi consacré de son temps pour entretenir avec moi des discussions édifiantes sur les problèmes des voies d'échange faunique au cours du jurassique inférieur et moyen. Je voudrais qu'il trouve dans ces lignes le témoignage de mes sincères remerciements.

Madame Soledad URETA et Monsieur Sixto FERNANDEZ-LOPEZ de l'Université de Madrid (Espagne) m'ont également octroyé une attention considérable. Qu'ils soient assurés de ma très respectueuse gratitude pour leur aide.

Monsieur Louis RULLEAU de l'Université de Claude Bernard Lyon 1 (France) m'a reçu chez lui afin que je puisse étudier sa propre collection d'ammonites. Je tiens à le remercier vivement de tout l'amical intérêt qu'il m'a témoigné.

Monsieur Jean GUEX, Professeur à l'Université de Lausanne (Suisse), m'a souvent donné des conseils critiques concernant le traitement des données par la méthode des associations unitaires. Je le prie de bien vouloir accepter mes remerciements sincères et respectueux.

Il m'est pas question d'oublier ici les vifs remerciements que je dois à Gilles ESCARGUEL et Samuel MAILLIOT de l'Université de Claude Bernard Lyon 1 pour les discussions fréquentes et enrichissantes ainsi que pour leurs précieux conseils concernant le traitement informatique des données.

Je sais gré au Doyen de la Faculté des Sciences, Monsieur le Professeur Boufeldja TABTI et au vice Doyen chargé de la recherche, Monsieur le Professeur Said GHALEM de m'avoir facilité toutes les démarches administratives pour achever cette thèse.

Au-delà du travail scientifique, mon ami Abbès SEBANE de l'Université d'Oran a été le compagnon fidèle. Je ne saurais oublier sa bonne humeur et les moments agréables que nous avons passé ensemble sur le terrain et au laboratoire de l'U.F.R. des Sciences de la Terre (Université de Claude Bernard Lyon 1).

Mes remerciements iront aussi à tous les collègues respectueux du Département des Sciences de la Terre qui m'ont reçu à bras ouverts alors que je venais juste d'être recruté en qualité de Maître-Assistant.

Toute ma gratitude s'adresse également à mes amis (es), en particulier à ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin dans la réalisation de ce travail :

-Fatiha HADJI, Amel BERKANI, Kamer Eddine BENSEFIA, Abdelkader BELMOUHOUB, Abdelrezek KHEROUS, Mohammed Réda KHEROUA et Ali KACEMI (Département des Sciences de la Terre).

-Salah ZAOUI, Professeur Daoudi CHABANE SARI, Nabahat SEBBAGH, Professeur Mohamed BOUAZA, Aziz BABA AHMED, Djamel BENMANSOUR, Malik MEZIANE TANI et Khalil MEBITIL (Département de Biologie).

-Noureddine MOSTEFAI, Professeur Noureddine LATREUCH BELAROUSSI, Mohammed LABIOD, Mohammed BELIFA et Mohammed BERICHI (Département de Foresterie).

-Professeur Kaouel MEGUENNI (Doyen de la Faculté de Médecine), Miloud MEBKHOUT (Chef de Département de Mathématique) et Benamar DAHMANI (Directeur du Laboratoire de Spectrochimie et Pharmacologie structurale).

-Mohammed BENYAHIA (Université de Sidi Bel Abbès), Mohammed KAHOUI (Université de Bab Ezzouar), Imen GUASMI et Rabah LAOUAR (Université de Annaba), Madame Abdia SEBANE, Abdelkader OUALI-MEHADJI, Abdelmadjid BENALI et Mohammed OSMANI (Université d'Oran).

Enfin, comment terminer cet avertissement sans associer mes parents qui par leur soutien m'ont permis de mener à bien cette thèse.

Que ceux que j'ai oubliés ne m'en tiennent pas rigueur et soient assurés ici de mes remerciements.

RESUME

Durant les 20 dernières années, plusieurs techniques à bases mathématiques ont été proposées aux chercheurs afin de quantifier d'une manière objective les données paléontologiques. Dans ce travail, trois méthodes informatisées sont appliquées aux ammonites de la Téthys occidentale. Les premiers résultats obtenus par la méthode statistique, montrent que certaines courbes de biodiversité spécifique et générique dans les différentes régions et provinces paléobiogéographiques semblent covarier au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur.

Par ailleurs, la méthode multivariée a permis d'aborder de façon quantitative la biogéographie des ammonites. La comparaison entre les neuf régions entre elles, tous intervalles confondus font apparaître l'existence d'une parfaite relation entre la position géographique des régions, la physiographie des bassins et la composition taxonomique. En revanche, la comparaison pour chaque intervalle chronologique montre au contraire, la grande stabilité dans le temps des faunes dans quatre régions (Cordillère Bétique, Ibérique, Haut-Atlas central et bassin Lusitanien), la fluctuation des faunes dans trois régions (Dorset-Somerset, bassin du Sud-Est de France et Moyen-Atlas plissé) et enfin l'isolement des faunes dans deux régions (Béni Snassen et Appennins d'Ombrie-Marches).

A l'inverse des méthodes précédentes, la méthode déterministe dite des associations unitaires est appliquée ici pour effectuer des corrélations biochronologiques entre 11 sections appartenant toutes au domaine téthysien occidental. Ainsi, l'analyse des données optimisées aboutit à la formation d'une succession chronologique de 41 associations unitaires réunies en 12 zones d'associations, qui permettent des corrélations latéralement reproductibles. Cette analyse suggère également la présence d'un diachronisme important entre les taxons et la présence de plusieurs phases de renouvellements fauniques. Enfin, l'analyse montre qu'il existe une très bonne concordance entre la zonation automatique et la zonation empirique. Toutefois quelques contraintes liées à la qualité de la documentation sont mises en évidence.

D'autre part, le degré de similarité entre les faunes de la Téthys occidentale et celles du Pacifique oriental, en particulier la faune de l'Amérique du Sud (Pérou, Chili, Argentine) permet de mettre en évidence des voies de communication probables comme le «corridor hispanique», ou le contournement du Gondwana par le sud.

Mots-clés : Ammonites, Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, Téthys occidentale, Méthode statistique, Biodiversité, Méthode multivariée, Biogéographie, Méthode des associations unitaires, Pacifique oriental, Corridor hispanique, Gondwana.

ABSTRACT

During the last two decades, several mathematical techniques have been proposed to quantify paleontological data in an objective way. In this work, three computerized methods were applied to the ammonites of Western Tethys. The first results obtained by the statistical method show that some curves of specific and generic biodiversity in various areas and paleobiogeographic provinces seem to covary during Upper Aalenian-Lower Bajocian.

In addition, the multivariate method was a useful tool to quantify the biogeography of ammonites. The comparison between the nine areas, for all intervals, reveals perfect relationships between the location of the areas, the physiography of basins and the taxonomic composition. On the other hand, the comparison between individual chronological intervals shows (1) great fauna stability along the time in four areas (Betic Cordillera, Iberian Cordillera, central High Atlas and Lusitanian basin), (2) fauna fluctuation in three areas (Dorset-Somerset, the basin Southeastern France and the folded Middle Atlas) and (3) fauna isolation in two areas (Beni Snassen and Umbria-Marche Apennines).

In contrast to the previous methods, the deterministic method, also called unitary associations, is applied in this study to show the existing biochronological correlations between the 11 sections that belong to the Western Tethyan Domain. Thus, from optimized data analysis, a chronological succession of 41 unitary associations arises, and the latter are grouped in 12 association zones that might show laterally reproducible correlations. This analysis also suggests the existence of an important diachronism between the taxa and the presence of several fauna turnover phases. Finally, the analysis shows that there is a good agreement between both automatic and empirical zonations. However, some constraints are noticed and are mainly related to the documentation quality.

Furthermore, the striking similarites between the Western Tethys fauna and those of the Eastern Pacific, particularly the South America (Peru, Chile, Argentina) fauna, could indicate likely communication pathways such as the « Hispanic corridor » or the southern Gondwana pathway.

Key-words : Ammonites, Upper Aalenian-Lower Bajocian, Western Tethys, Statistical method, Biodiversity, Multivariate method, Biogeography, Unitary association method, Eastern Pacific, Hispanic corridor, Gondwana.

Première Partie – INTRODUCTION

Première Partie - INTRODUCTION

I. OBJET DE L'ETUDE

Au cours de ces dernières années, plusieurs approches et techniques biostratigraphiques modernes ont été mises au point par les paléontologues. Ceci, dans le but d'aborder d'une manière objective et cumulable, le traitement et l'analyse d'un ensemble de données bien élaborées.

Dans cette optique, un exemple sur les ammonites de l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur dans le domaine téthysien occidental et NW européen a été choisi. Nous pourrons ainsi :

-apprécier quantitativement les variations de biodiversité spécifique et générique dans les différentes régions et provinces paléobiogéographiques ;
-rechercher les causes des fluctuations de la biodiversité et des renouvellements fauniques au cours du temps ;
-appréhender quantitativement la dynamique biogéographique par l'application de certaines méthodes multivariées ;

D'autre part, l'application de la méthode quantitative des associations unitaires (**AUs**) a permis de confronter les synthèses biochronologiques déterministes avec celles que l'on obtient en suivant la biostratigraphie conventionnelle.

Enfin, la distribution paléobiogéographique de la faune d'ammonites dans la Téthys occidentale d'une part et sur la bordure pacifique américaine d'autre part, est utilisée pour mettre en évidence une éventuelle voie de communication possible entre les domaines.

II. CONTEXTE PALEOBIOGEOGRAPHIQUE

Durant l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, la Téthys occidentale ainsi que la partie Nord-Ouest européenne sont marquées par des événements tectoniques et eustatiques importants (la distension s'accentue, les faciès de mer ouverte semblent s'étendre vers l'Ouest et les échanges fauniques deviennent plus faciles) (ELMI, 1993). Ces changements paléogéographiques issus de la dislocation de la Pangée ont eu une répercussion importante sur le peuplement et le renouvellement des faunes d'ammonites. Dans cette optique, des associations fauniques à affinité méditerranéenne, NW européenne, pacifique et arabique ont pu être enregistrées dans neuf bassins appartenant à des provinces paléogéographiques différentes (fig. 1). Il s'agit de l'Ouest vers l'Est : le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne (Dorset-Somerset), le bassin atlantique (bassin Lusitanien), la marge sud téthysienne (Béni Snassen, Moyen-Atlas plissé et Haut-Atlas central), le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne (Cordillère Ibérique et bassin du Sud-Est de la France) et enfin le seuil méditerranéen médian (Cordillère Bétique et bassin des Apennins d'Ombrie-Marches).

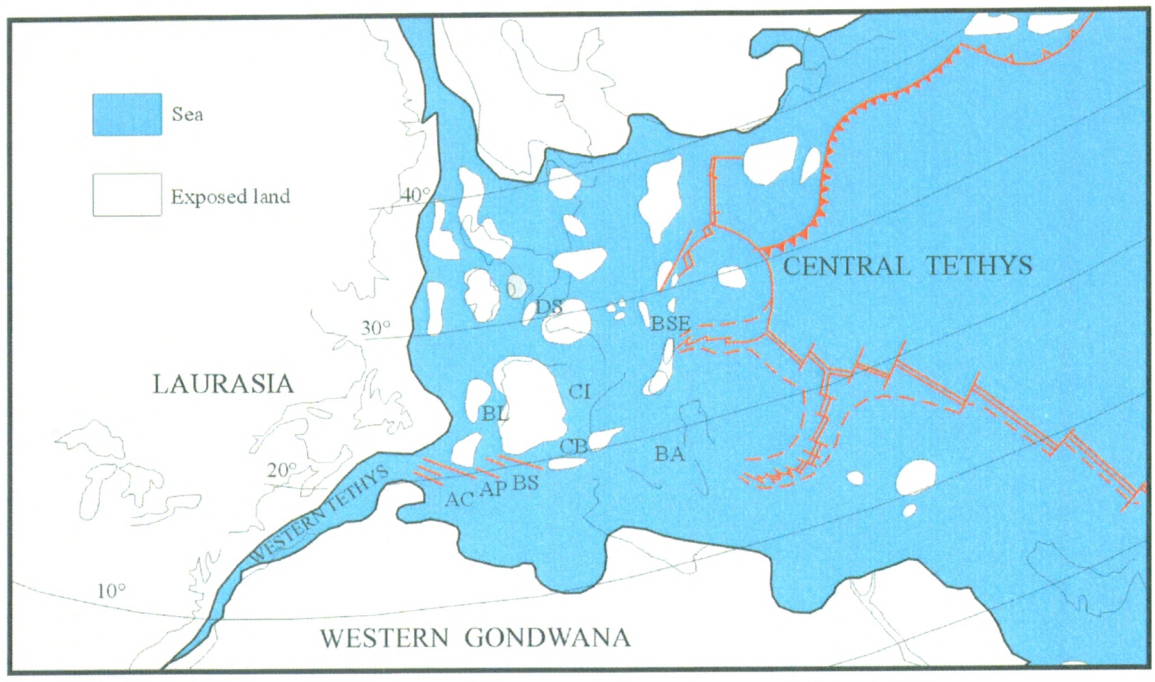


Fig. 1- Emplacement paléogéographique des bassins analysés de l'Aalénien supérieur au Bajocien inférieur (d'après DE WEVER et *al.*, 1994, modifié).

AC : Haut-Atlas central, **AP** : Moyen-Atlas plissé, **BA** : Bassin des Apennins d'Ombrie-Marches, **BL** : Bassin Lusitanien, **BS** : Béni Snassen, **BSE** : Bassin du Sud-Est de la France, **CB** : Cordillère Bétique, **CI** : Cordillère Ibérique, **DS** : Dorset-Somerset.

III. BIOCHRONOLOGIE, LIMITES D'ETAGES ET ECHELLES ZONALES

A. L'étage Aalénien

Absent de la liste des étages établie par D'ORBIGNY (1849), l'Aalénien vient d'Aalen, ville du Würtemberg (Allemagne). Il a été introduit pour la première fois entre le Toarcien et le Bajocien par MAYER-EYMAR en 1864 dans son tableau de synchronisation des terrains jurassiques. La conception de l'Aalénien proposée par cet auteur a posé dès le départ un grave problème de synonymie avec la partie supérieure du Toarcien d'une part, et la partie inférieure du Bajocien d'autre part. Ceci a conduit une grande majorité des paléontologues à critiquer sévèrement la création d'un étage Aalénien lors du Premier Colloque de Luxembourg (1962). Les analyses consacrées à la biostratigraphie de cet étage sont nombreuses. Nous retiendrons à ce propos les travaux de MOUTERDE (1961, 1962), GABILLY (1961, 1964), RIOULT (1964), MAUBEUGE (1964), MORTON (1971, 1984), CONTINI (1969, 1970, 1980), CONTINI et *al.* (1971), DUBAR et *al.* (1967, 1971), GECZY (1966, 1967), DIETL & ETZOLD (1977), CALOO (1970a et b), RIEBER (1984), URETA (1985), ELMI & CALOO (1985), BENSHILI (1980, 1989), OHMERT & ZEISS (1988), OHMERT et *al.* (1991), OHMERT & ROLF (1994), CRESTA (1988), CRESTA et *al.* (1995), OUAHHABI (1994), SADKI (1992), SCHWEIGERT (1985, 1996), GOY & URETA (1987, 1990, 1991), GOY et *al.* (2004), LINARES (1979), LINARES et *al.* (1988), LINARES & SANDOVAL (1993),

SANDOVAL et *al.* (2001), MARTINEZ (1992), GARCIA-GOMEZ et *al.* (1994), HENRIQUES (1992), CALLOMON & CHANDLER (1994) et RULLEAU et *al.* (2001).

1. Limites

Le problème des limites de l'étage Aalénien a fait l'objet de nombreux travaux basés le plus souvent sur des arguments paléontologiques. Nous citons entre autres, les recommandations du 1er Colloque de Luxembourg (1962) conduisant à admettre une limite inférieure à la base de la zone à Opalinum et une limite supérieure au sommet de la zone à Concavum. Quelques années plus tard, CONTINI (1969) ; GABILLY & RIOULT (1971) GABILLY et *al.* (1971) soulignent la difficulté de tracer la limite inférieure de l'étage en l'absence de coupure sensible entre les dernières *Pleydellia* et les premiers *Leioceras*. Par ailleurs, le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique (CONTINI et *al.*, 1997) estime que le problème de la limite Toarcien-Aalénien doit être probalement résolu par la révision des *Pleydellia* et l'analyse du passage des *Pleydellia* aux *Leioceras*. La limite supérieure beaucoup plus fluctuante est placée généralement au sommet de la zone à Concavum. Elle sera discutée en détail à propos du passage Aalénien-Bajocien.

1.1. Limite inférieure de l'Aalénien dans le domaine téthysien (*s.s.*)

Dans l'ensemble du domaine téthysien (*s.s.*), la limite inférieure de cet étage est définie par l'apparition des premiers représentant des *Leioceras*.

1.1.1. Dans le bassin Lusitanien

Objet de plusieurs travaux, la coupe de S. Giao est considérée comme la coupe de référence pour l'étude du passage Toarcien-Aalénien dans le bassin Lusitanien (HENRIQUES, 1992 ; HENRIQUES et *al.*, 1996 ; HENRIQUES, 2000 , GOY et *al.*, 2000 ; SANDOVAL et *al.*, 2001). Ainsi, les associations d'ammonites enregistrées sur cette coupe ont permis de tracer la limite inférieure de l'Aalénien (zone à Opalinum, sous-zone à Opalinum) à l'apparition des premiers *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)] associés aux dernières *Pleydellia* [*P. folleata* (BUCKMAN), *P. fluitans* (DUMORTIER) et *P. lotharingica* (BRANCO)].

1.1.2. Dans le bassin Ibérique

Une attention particulière a été portée au passage Toarcien-Aalénien au niveau de la coupe de Fuentelsaz (GOY & URETA, 1987, 1990,1991 ; GOY et *al.*, 1994, 2000 ; 2004 SANDOVAL et *al.*, 2001). Cette dernière est marquée par des associations fauniques très riches et variées (ammonites, brachiopodes, ostracodes, bivalves, foraminifères et nannofossiles calcaires), notamment dans la zone à Aalensis et dans les parties inférieure et moyenne de la zone à Opalinum. Ceci, a permis aux membres de la 4ème réunion du **A**alenian **W**orking **G**roup « **AWG** » de valider pour la première fois, la proposition de la coupe de Fuentelsaz comme stratotype de limite (CRESTA, 2000 ; CRESTA et *al.*, 2001). Le **GSSP** de l'étage Aalénien est placé à la base de la couche FZ107, où l'on note la première apparition des représentants du genre *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE) et *L. lineatum* BUCKMAN] associés aux dernières *Pleydellia* [*P. buckmani* MAUBEUGE et *P. leura* BUCKMAN]. Cette association correspond selon l'échelle de polarité magnétique établie pour le Jurassique (GRADSTEIN et *al.*, 1994 ; OGG, 1995) à un intervalle normal de polarité.

La qualité et la continuité de l'enregistrement stratigraphique permettent d'effecteur des corrélations à l'échelle du domaine téthysien.

1.1.3. Dans le bassin Bétique

Dans ce bassin, le passage Toarcien-Aalénien est bien développé dans le domaine Subbétique moyen, en particulier dans la région de Sierra de Ricote (province de Murcia) et dans la région de Cerro Méndez (provinces de Jaén et Grenade) (LINARES & SANDOVAL, 1993 ; GARCIA-GOMEZ et *al.*, 1994 ; SANDOVAL et *al.*, 2001). L'étude des associations d'ammonites le long de cet intervalle a permis la reconnaissance de la zone à Aalensis au Toarcien supérieur, et de la zone à Opalinum dans l'Aalénien inférieur. La limite inférieure de l'Aalénien est définie par le remplacement des dernières *Pleydellia* [*P. aalensis* (ZIETEN), *P. leura* BUCKMAN, *P.* aff. *buckmani* MAUBEUGE et *P. falcifer* MAUBEUGE] et *Catulloceras* [*C. insignisimilis* (BRAUNS)] par les premiers *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)] et *Tmetoceras* [*T. scissum* (BENECKE)]

1.1.4. Dans le bassin du Sud-Est de la France

1.1.4.1. La région de Digne-les-Bains

La limite inférieure de l'Aalénien n'a pas pu être établie avec certitude en raison de la rareté des niveaux fossilifères. Le meilleur repère pour tracer la limite entre le Taorcien supérieur (zone à Aalensis) et l'Aalénien inférieur (zone a Opalinum) est le premier banc renfermant quelques exemplaires des *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)] associés a des *Tmetoceras* (MOUTERDE et *al.*, 1966 ; CALOO, 1970a et b ; DUBARD et *al.*, 1971).

1.1.4.2. La région lyonnaise *s.l.*

En se référant aux travaux publiés par CONTINI (1969, 1989), CONTINI et *al.* (1971), RULLEAU (1994), ROUSSELLE (1997), RULLEAU & ELMI (2000), RULLEAU et *al.* (2001) et RULLEAU (2006), le début de l'Aalénien est fixé à l'apparition des premiers individus du genre *Leioceras* [*L. subglabrum* BUCKMAN, *L. opalinum* (REINECKE) et *L. lineatum* BUCKMAN] accompagnés de *Tmetoceras* [*T. circulare* BUCKMAN], *Pseudammatoceras* [*P. subinsigne* (OPPEL) et *P. dumortieri* RENZ] et *Bredyia* [*B. alleoni* DUMORTIER, *B. newtoni* BUCKMAN et *B. crassornata* BUCKMAN]

1.1.5. Dans le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches

Dans cette région, la limite Toarcien-Aalénien a été fixé comme d'habitude à l'apparition des premiers *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)] associés aux premiers *Tmetoceras* représentés ici par l'espèce *Tmetoceras scissum* (BENECKE) (CRESTA et *al.*, 1995 ; CRESTA, 2000).

1.1.6. Dans le Moyen-Atlas plissé et les Béni Snassen

Traditionnellement, dans le Moyen-Atlas plissé (BENSHILI, 1989, 1990 ; EL HAMMICHI, 2001) et dans les Béni Snassen (OUAHHABI, 1994), la limite inférieure de l'Aalénien est marquée par l'apparition des premiers *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)].

1.1.7. Dans le Haut-Atlas central

La limite inférieure de l'étage Aalénien est généralement tracée à l'apparition des premiers représentant du genre *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE), *L. opaliniforme* (BUCKMAN), *L. costosum* (QUENSTEDT), *L. subcostosum* BUCKMAN et *L. lineatum* (BUCKMAN)] au-dessus des dernièress *Pleydellia* du Toarcien supérieur (SADKI, 1992, 1996, 2000).

1.2. Limite inférieure de l'Aalénien dans le domaine NW européen

Dans la plupart des bassins de ce domaine, la qualité de l'enregistrement sédimentaire (condensations, remaniements et érosions) fait qu'il est difficile de tracer une coupure paléontologique nette entre le Toarcien et l'Aalénien. Pour mieux exposer ce problème de limite, nous nous contenterons de citer quelques exemples des régions de l'Angleterre et du Biome franco-germanique.

1.2.1. Dans le Sud de l'Angleterre

En raison de l'extrême condensation de dépôts et des remaniements, la limite Toarcien-Aalénien est très délicate à préciser stratigraphiquement. D'après les travaux publiés sur les régions du Dorset-Somerset (CALLOMON & CHANDLER, 1990; CHANDLER, 1997) et du Burton Bradstock (CALLOMON & CHANDLER, 1994), elle correspond à l'apparition des premiers *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE), *L. opaliniforme* (BUCKMAN) et *L. subglabrum* (BUCKMAN)] associés parfois à des *Bredyia*.

1.2.2. Dans le Sud-Ouest de l'Allemagne

A fin d'effectuer des corrélations à l'échelle du domaine téthysien (*s.l.*), la coupe de Wittnau (région d'Oberrhein) a été proposée comme stratotype de limite de la base de l'étage Aalénien «**GSSP**» (OHMERT et *al.*,1991 ; OHMERT & ROLF, 1994). L'étude des associations faunistiques (ammonites, radiolaires, ostracodes, foraminifères et nannofossiles calcaires) complétée par les analyses géochimiques (SiO_2/Al_2O_3 et CaO/MgO) a permis de fixer la limite entre le Toarcien (zone à Torulosum, sous-zone à Torulosum, horizon à Pseudoarcuata) et l'Aalénien (zone à Opalinum, sous-zone à Opalinum, horizon à Misera) (OHMERT, 2000). Dès lors, la limite inférieure de l'Aalénien est définie sur la base de la première apparition des *Leioceras* [*L. opalinum* (REINECKE)] associés aux dernières *Pleydellia* [*P. buckmani* MAUBEUGE, *P. misera* (BUCKMAN), *P. buckmani* MAUBEUGE et *P. falcifer* MAUBEUGE].

Il convient de souligner que la plupart des chercheurs s'accordent actuellement à faire coïncider le début de l'étage Aalénien avec la zone à Opalinum qui est définie à partir de la première apparition des représentants des *Leioceras* (4ème réunion de l'**A**alenian **W**orking **G**roup, 2001).

2. Zonation

La zonation de l'étage Aalénien a connu au cours d'un siècle plusieurs modifications. HAUG (1892, 1894, 1910) distingua 4 zones (z. à *Dumortieria pseudoradiosa*, z. à *Harpoceras opalinum*, z. à *Harpoceras murchisonae* et z. *Harpoceras concavum*). La subdivision *sensu* HAUG englobe la partie supérieure du Toarcien. En

1970, CONTINI subdivisa l'étage en 4 zones (z. à Opalinum, z. à Comptum, z. à Murchisonae et z. à Concavum).

CONTINI et *al.* (1971) établissent ensuite la zonation de l'étage Aalénien pour les séries locales françaises (Standard français). Ils divisent cet étage en 3 zones (z. à Opalinum, z. à Murchisonae et z. à Concavum) caractérisées respectivement par les genres *Leioceras*, *Ludwigia* et *Graphoceras*. Cette proposition est confirmée ultérieurement par les travaux détaillés de DUBAR et *al.* (1971), MOUTERDE et *al.* (1971), CONTINI et *al.* (1980), URETA (1985) et HENRIQUES (1992, 1994). Par ailleurs, le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique (1997), a établi une biozonation complète pour le Biome franco-germanique qui reste applicable à toutes les régions incluses dans les provinces subméditerranéennes et subboréales. Ainsi, l'Aalénien comprend à ce jour 4 zones (z. Opalinum, z. à Murchisonae, z. à Bradfordensis et z. à Concavum), 8 sous-zones et 14 horizons d'ammonites. Sa durée varie du simple au double selon les auteurs, soit de 4 à 8 millions d'années (HAQ et *al.*, 1987 ; ODIN & ODIN, 1990 ; GRADSTEIN et *al.*, 1994 ; GRADSTEIN et *al.*, 2004). Par contre, la durée relative de l'horizon au sein de cet étage est de l'ordre de 250 Ka (*in* HANTZPERGUE, 1993).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés uniquement à l'Aalénien supérieur représenté par la zone à Concavum. Cette dernière, définie sur la base de l'extension verticale des représentants des *Graphoceras* toujours nombreux dans le biome franco-germanique, est subdivisée en deux sous zones et quatre horizons. Elle commence avec les *Graphoceras* macroconques [M] et microconques [m] et s'achève avant l'apparition des *Hyperlioceras*, *Toxolioceras* et *Braunsina* (DUBAR et *al.*, 1971 ; URETA, 1985. Il est à noter que la qualité de l'enregistrement sédimentaire (existence de lacunes et condensations des dépôts) dans différentes régions du Maroc (fig. 2) et d'Europe (fig. 3 et 4) rend très difficile les subdivisions de la zone.

Béni Snassen OUAHHABI, 1994	**Moyen Atlas plissé** BENSHILI, 1994	**Haut Atlas central** SADKI, 1992,1996	
Sous-zones	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Horizons**
Limitatum	Limitatum	Limitatum	IV III
Concavum	Concavum	Concavum	II I

Fig. 2- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum au Maroc.

Dorset-Somerset CALLOMON & CHANDLER, 1990		**Bassin Lusitanien** HENRIQUES, 1992	**C. Ibérique et C. Bétique** URETA, 1985, LINARES et *al.*, 1988 et LINARES & SANDOVAL, 1993
Sous-zones	**Horizons**	**Sous-zones**	**Sous-zones**
Formosum	*E. acanthodes*	Limitatum	Limitatum
	G. formosum		
Concavum	*G. concavum*	Concavum	Concavum
	G. cavatum		

Fig. 3- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum (Angleterre, Portugal et Espagne).

Jura CONTINI, 1969	**Bassin du Sud-Est (Digne)** CALOO, 1971	**Apennins**	
		CRESTA, 1988	CRESTA, 1997
Sous-zones	**Horizons**	**Zone**	**Sous-zones**
?	*G. limitatum*	Concavum	Formosum
Concavum-Cornu	*G. concavum*		Concavum

Fig. 4- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum (France et Italie).

B. L'étage Bajocien

Du nom ancien de Bayeux en Normandie (France), l'étage Bajocien a été créé par D'ORBIGNY (1849) et introduit par la suite dans la nomenclature stratigraphique lors du 1er Congrès Géologique International (Paris, 1900). Depuis, plusieurs travaux ont été consacrés à la composition et à la taxonomie des faunes d'ammonites de cet étage.

Dans cette optique, nous citons les principaux études réalisées au Portugal (ROCHA, 1976; MOUTERDE et *al.*, 1971 ; MOUTERDE & RUGET, 1975 ; MOUTERDE et *al.*, 1980 ; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988 ; ROCHA et *al.*, 1990 ; MOUTERDE, 1991), en Espagne (SANDOVAL, 1983 et 1990 ; SANDOVAL et *al.*, 2000 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985), en France (RIOULT, 1962, 1964, 1967, 1975, 1980 ; RIOULT et *al.* 1997 ; STURANI, 1966 ; ELMI, 1967 ; CONTINI, 1970, 1991 ; CONTINI et *al.*,1980 et 1997 ; GABILLY & RILOUT, 1967 ; GABILLY et *al.*,1971 ; PAVIA, 1969 et 1983), en Italie (CRESTA, 1988 ; CRESTA et *al.*, 1995), en Allemagne (DIETL, 1977 à 1990 ; DIETL & HAAG, 1980 ; DIETZE et *al.*, 2003), en Pologne (KOPIK, 1974), en Autriche (KRYSTYN, 1972), en Hongrie (GALACZ, 1972 à 2001,), en Angleterre (PARSONS, 1974, 1979 ; MORTON, 1984 à 1994 ; CALLOMON & CHANDLER, 1990 ; CHANDLER, 1997 ; CHANDLER et *al.*, 2001), au Maroc (DUBAR, 1938 ; DUBAR & MOUTERDE,1952 ; BENSHILI, 1980, 1989, 1990, 1994 ; SADKI, 1984, 1992, 1996 ; OUAHHABI, 1994), en Algérie (ATROPS, 1974 ; ELMI, 1969, 1986 ; AMEUR, 1988), en Amérique du Nord (IMLAY, 1973 ; WESTERMANN, 1969 ; TAYLOR, 1988) et enfin en Amérique du Sud (WESTERMANN, 1964 à 1992 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972 à 1985 ; WESTERMANN et *al.*, 1980 ; SANDOVAL & WESTERMANN, 1986; RICCARDI et *al.*, 1990).

1. Limites

Historiquement, les limites de l'étage Bajocien ont fait l'objet de plusieurs travaux. Selon CONTINI (1970), CALOO (1970a et b) et GABILLY et *al.* (1971), la limite inférieure de cet étage peut être tracée à la base de la zone à « Sowerbyi » (sous-zone à Discites), remplacée actuellement par les zones à Discites et à Laeviuscula, tandis que la limite supérieure, généralement plus accessible, a été placée au sommet de la zone à Parkinsoni (sous-zone à Bomfordi) (GABILLY, 1964; GABILLY et *al.*, 1971). Depuis, le positionnement de ces deux limites a connu des changements importants surtout pour la limite inférieure qui reste très difficile à préciser malgré l'utilisation de quelques méthodes abiotiques (magnétostratigraphie, analyse des minéraux argileux et variation de l'isotope du Strontium) au niveau du stratotype de Cap Mondego (HENRIQUES et *al.*, 1994 ;

HENRIQUES, 2000 ; PAVIA & ENAY, 1997) et du stratotype auxiliaire de Bearreraig (McARTHUR et *al.*, 2000).Toutefois, le renouvellement faunique enregistré au passage de l'Aalénien au Bajocien a permis à certains chercheurs de tracer le plus souvent la limite inférieure de l'étage Bajocien en se basant sur des associations faunistiques qui diffèrent d'une région à une autre.

1.1. Limite inférieure du Bajocien dans le domaine téthysien (*s.s.*)

Dans l'ensemble du domaine téthysien (*s.s.*), plusieurs coupes ont été proposées comme stratotype de limite. Il s'agit des coupes de Cap Mondego (Portugal) (FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988 ; HENRIQUES et *al.*, 1988 ; ROCHA et *al.*, 1990 ; ERBA & PAVIA, 1990 ; HENRIQUES, 2000), de Barranco de Agua Larga (domaine subbétique, Espagne) (LINARES & SANDOVAL, 1990, 1996 ; ERBA & PAVIA, 1990), de Beaumont dans la région de Digne (Sud-Est de la France) (PAVIA, 1990 ; ERBA & PAVIA, 1990) et enfin de Rich dans le Haut-Atals central (Maroc) (SADKI, 1991, 1994). Cette limite est généralement basée sur l'évolution des *Graphoceratidae* : la disparition des *Graphoceras* et l'apparition des *Toxolioceras*. D'ailleurs, le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique (RIOULT et *al.*, 1997) propose de placer la limite inférieure du Bajocien, à l'apparition des *Hyperlioceras* (*Toxolioceras*), au début de la zone à Discites.

1.1.1. Dans le bassin Lusitanien

Sur la section de Zambujal de Alcaria (Lusitanien central), HENRIQUES (2000) traça la limite inférieure du Bajocien avec l'apparition des *Toxolioceras*, *Reynesella* et *Euhoploceras* alors que, sur celle du Cap Mondego, considérée comme le **GSSP** du Bajocien, la limite est officiellement tracée à la base de la couche AB 11 qui coïncide avec la première apparition de l'association des *Hyperlioceras* (*Toxolioceras*) *mundum* (BUCKMAN) et des espèces associées *H.* (*T.*) *furcatum* (BUCKMAN), *Braunsina aspera* BUCKMAN et *Braunsina elegantula* BUCKMAN (HENRIQUES, 2000).

1.1.2. Dans le bassin Ibérique et Bétique

En accord avec LINARES & SANDOVAL (1990) et HENRIQUES et *al.* (1994), la limite inférieure de l'étage est marquée, dans le bassin Bétique, par la première apparition des *Hyperlioceras*, *Toxolioceras*, *Oedania* et *Reynesella*. Par contre dans le bassin Ibérique, elle est définie seulement sur la base de l'apparition des *Hyperlioceras* et *Toxolioceras* (LINARES et *al.*, 1988).

1.1.3. Dans le bassin du Sud-Est de la France

1.1.3.1. La région de Digne-les-Bains

Au Nord de la région de Digne, MOUTERDE et *al.* (1972) tracèrent la limite inférieure du Bajocien au début du développement des *Sonninia*, à l'extinction des *Hammatoceratidae* et au passage des *Graphoceras* s.s aux *Hyperlioceras-Toxolioceras*. Dans la section de Beaumont située à l'Est de Digne, PAVIA (1983) adopte cette même limite avec l'apparition du genre *Hyperlioceras* associé à des *Graphoceras* et à des *Haplopleuroceras*.

1.1.3.2. La région lyonnaise *s.l.*

Compte tenu des documents paléontologiques disponibles d'une part et de la qualité des dépôts (condensation et discontinuité sédimentaires) d'autre part, la limite Aalénien-Bajocien reste très difficile à placer. Elle est le plus souvent établie à la première apparition du genre *Hyperlioceras* (ROUSSELLE, 1997) associé aux *Sonniniidae* (*Euhoploceras*) (RULLEAU et *al.*, 2001).

1.1.4. Dans le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches

Dans ce bassin où la faune à cachet méditerranéen est très abondante (*Otoitidae* associés aux groupes des *Sonniniidae*, *Strigoceratidae* et *Hammatoceratidae*), la limite Aalénien-Bajocien a été définie pour la première fois sur la base de l'explosion des *Docidoceras* (rapportés maintenant à *Riccardiceras*) et des premier *Euhoploceras* (CRESTA, 1988 ; CRESTA & GALACZ, 1990).

1.1.5. Dans le Moyen-Atlas plissé et les Béni Snassen

Le tracé de la limite inférieure de l'étage est établi généralement par l'utilisation de l'apparition des premiers *Sonniniidae* [*Fontannesia curvata* BUCKMAN, *Sonninia* sp., et *Euhoploceras* sp.] contemporains des derniers *Graphoceratidae* [*Braunsina contorta* BUCKMAN, *Reynesella inflata* BUCKMAN et *Toxolioceras* sp.], *Hammatoceratidae* [*Eudmetoceras* sp.] et *Erycitidae* [*Haplopleuroceras eximium* GERARD et *Haplopleuroceras* cf. *subspinatum* BUCKMAN] (BENSHILI, 1989, 1990; OUAHHABI 1994).

1.1.6. Dans le bassin du Haut-Atlas central

La diversification faunistique et la continuité des affleurements au niveau de la coupe de Kerrando-Gourrama (région de Rich) ont permis à SADKI (1991, 1994) de la proposer comme stratotype auxiliaire pour la limite Aalénien-Bajocien. Il plaça cette limite à l'apparition des derniers *Graphoceratidae* appartenant au genre *Hyperlioceras* [*Hyperlioceras* (*Toxolioceras*) *incisum* (BUCKMAN), *H.* (*T.*) *inclusum* (BUCKMAN) et *H* (*T.*) *mundum* (BUCKMAN)] associés aux genres *Braunsina* [*B. contorta* BUCKMAN et *B. semilenis* (BUCKMAN)] et *Euaptetoceras* [*Euaptetoceras amplectens* (BUCKMAN)]. L'apparition de l'espèce *Euaptetoceras amplectens* est considérée par CONTINI (1991) comme étant le meilleur repère pour définir la limite entre l'Aalénien et le Bajocien à l'échelle du globale.

1.2. Limite inférieure du Bajocien dans le domaine NW européen

1.2.1. Dans le Nord-Ouest de l'Ecosse

Après la première réunion du groupe de travail sur la Bajocien (Piobbico, 1988), la coupe de Bearreraig dans l'île de Skye a été selectionnée comme éventuel stratoype pour la limite de l'étage Bajocien. Selon MORTON (1990, 1994), cette limite passe au-dessous de l'apparition du couple dimorphe *Hyperlioceras* [M]-*Reynesell*a [m] représenté par les espèces [*Hyperlioceras* (*H.*) *incisum* (BUCKMAN), *Hyperlioceras* (*H.*) *mundum* (BUCKMAN) et *Hyperlioceras* (*Reynesell*a) *rotabilis* (BUCKMAN)].

1.2.2. Dans le Sud de l'Angleterre

Au niveau de «l'Inferior Oolithe» du Dorset-Somerset, la limite inférieure du Bajocien est placée au-dessous de l'apparition des derniers *Graphoceratidae* représentés par le groupe *Hyperlioceras* (*Toxolioceras*) [*H. rudidiscites* BUCKMAN, *H. liodiscites* BUCKMAN, *H. politum* BUCKMAN et *T. mundum* BUCKMAN] associé aux *Braunsina* [*B. aspera* BUCKMAN], *Reynesella* [*R. juncta* BUCKMAN] et à de rares *Graphoceras* (CALLOMON & CHANDLER, 1990 ; CHANDLER, 1997 ; MORTON & CHANDLER, 1994).

1.2.3. Dans le Sud-Ouest de l'Allemagne

Grâce à une analyse biostratigraphique de la coupe de Wutach au Sud-Ouest de l'Allemagne, DIETL (1990) donna un intérêt particulier à la faune de «Sowerbyi-Oolith» (zone à Discites) pour tracer la limite inférieure du Bajocien. Ainsi, il fixa cette limite sous l'association faunistique [*Eudmetoceras amplectens* BUCKMAN, *Graphoceras sp.*, *Hyperlioceras* aff. *walkeri* (BUCKMAN)]. Une assocition déjà connues dans la coupe de Bearreraig (MORTON, 1990).

En somme, la limite inférieure du Bajocien reste délicate à tracer en raison du manque de connaissance et de consensus sur la phylogénie de certaines familles d'ammonites.

2. Zonation

Conformément aux propositions du 3ème Symposium international sur la stratigraphie du Jurassique (Poitiers, 1991), le Bajocien est subdivisé en deux sous-étages séparés par la discontinuité entre les zones à Humphriesianum et à Niortense = Subfurcatum. Le Bajocien inférieur, marqué par l'expansion des *Sonniniidae*, *Haploceratacea*e, et *Stephanocerataceae* est actuellement divisé en 4 zones (Discites, Laeviuscula = Sowerbyi, Propinquans = Sauzei et Humphriesianum) et 12 sous-zones. Le Bajocien supérieur, caractérisé par la diversification des *Perisphinctaceae*, est découpé en 3 zones (Niortense, Garantiana et Parkinsoni) et en 9 sous-zones. Notons que la durée relative de l'horizon de l'étage Bajocien est de l'ordre de 476 Ka (*in* HANTZPERGUE, 1993).

En ce qui concerne le Bajocien inférieur, objet de la présente étude, nous allons en premier lieu exposer les caractéristiques paléontologiques des quatre zones adoptées par le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique (1997)(fig. 5). Ensuite, des corrélations entre les subdivisions biostratigraphiques seront effectuées dans les différentes régions d'Europe, et du Maroc.

DATATION ABSOLUE			Sous-étages	ZONES	Sous-zones	Horizons
GRADSTEIN et *al.*, 2004 (± 3%)	GRADSTEIN et *al.*, 1994 (± 2%)	ODIN & ODIN, 1990				
			Bajocien inférieur	HUMPHRIESIANUM	Blagdeni	Coronatum
						Dubium
					Humphriesianum	Gibbosum
						Umbilicum
					Romani	Gervillii
						Edouardiana
				PROPINQUANS (*ex-Sauzei*)	Hebridica	Pinguis
					Patella	Propinquans
						Patella
				LAEVIUSCULA (*ex-Sowerbyi*)	Laeviuscula	Laeviuscula
						Jugifera
					Trigonalis	Trigonalis
						Connata
					Ovalis	Fissilobatum
						Ovalis
				DISCITES	Dominans Subsectum	Subsectum
						Rudidiscites
					Walkeri Acanthodes	Walkeri - Contorta
						Mundum - Aspera
						Incisum - Rotabilis
171, 6	176, 5	176	Aalénien supérieur	CONCAVUM	Formosum (Limitatum)	Amplectens
						Formosum
					Concavum (Cornu)	Concavum
						Cavatum

Fig. 5- Zonation de l'Aalénien supérieur et du Bajocien inférieur adoptée dans cette étude (d'après le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique, 1997).

2.1. **Zone à Discites (BUCKMAN, 1893) ARKELL, 1933**

Espèce-indice : *Hyperlioceras (H.) discites* (WAAGEN, 1867)

2.1.1. Définition

La zone à Discites se caractérise généralement par l'apparition des premiers *Sonniniidae* [*Euhoploceras acanthodes* BUCKMAN, *E. dominans* BUCKMAN] associés aux derniers *Graphoceratidae* [*Hyperlioceras* (*Toxolioceras*)] et *Hammatoceratidae* [*Eudmetoceras, Euaptetoceras et Pseudaptetoceras*]. Sa limite inférieure a été déjà discutée à propos de la limite inférieure du Bajocien. La limite supérieure correspond à la

disparition des derniers représentants des *Hammatoceratidae* et des *Graphoceratidae*. Certains chercheurs considèrent le groupe *Docidoceras-Trilobiticeras* comme caractéristique de la partie supérieure de la zone (CALLOMON *in* DONOVAN et *al.*, 1988).

2.1.2. Corrélations et subdivisions

2.1.2.1. Au Maroc (fig. 6)

Dans les Béni Snassen, OUAHHABI (1994) a reconnu la zone à Discites par une association faunistique composée des *Sonniniidae* [*Sonninia* sp., *Fontannesia* cf. *obruta* BUCKMAN, *F. curvata* BUCKMAN], des *Graphoceratidae* [*Braunsina* sp., *Reynesella inflata* BUCKMAN], des *Hammatoceratidae* et des *Haplopleuroceras*.

Dans le Moyen Atlas plissé, BENSHILI (1989, 1990) a défini la zone à Discites en se basant sur l'extension des *Euhoploceras* associés aux derniers *Graphoceratidae*.

Dans le Haut Atlas central, SADKI (1992,1996) subdivisa cette zone en deux sous-zones et deux horizons :

-Sous-zone à Aspera (SADKI, 1988) : apparition des premiers *Hyperlioceras* associés aux genres *Braunsina, Fontannesia* et *Euhoploceras*. Le reste de la faune se compose des *Hammatoceratidae* [*Euaptetoceras amplectens* (BUCKMAN), *Eudmetoceras eudmetum* BUCKMAN, *E. infernense* (ROMANI), *Rhodaniceras prophues* BUCKMAN], des *Erycitidae* [*Haplopleuroceras mundum* BUCKMAN, *H. eximium* GERARD, *H. subspinatum* BUCKMAN], des *Otoitidae* [*Docidoceras* et *Trilobiticeras*] et des *Oppeliidae* représentés par le genre *Protoecotraustes*.

-Sous-zone à Discites (SADKI, 1988) : prédominance des *Sonniniidae* [*Euhoploceras modestum* BUCKMAN, *E. crassispinatum* BUCKMAN].

Béni Snassen OUAHHABI, 1994	**Moyen Atlas plissé** BENSHILI, 1989, 1990		**Haut Atlas central** SADKI, 1992,1996	
Zone	**Sous-zones**	**Niveaux**	**Sous-zones**	**Horizons**
Discites			Discites	VI
		Braunsina	Aspera	V

Fig. 6- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites au Maroc.

2.1.2.2. En Europe (fig. 7 et 8)

Au Sud de l'Angleterre, CALLOMON & CHANDLER (1990) utilisèrent le groupe des *Hyperlioceras* pour définir trois biohorizons :

-Biohorizon à *Hyperlioceras rudidiscites* : fréquence des *Hyperlioceras* [*H. rudidiscites* BUCKMAN, *H. liodiscites* BUCKMAN, *H. politum* BUCKMAN, *H. mundum* BUCKMAN] associés à des *Braunsina*, *Graphoceras*, *Eudmetoceras* et *Trilobiticeras*.

-Biohorizon à *Hyperlioceras walkeri α.*

-Biohorizon à *Hyperlioceras walkeri* β associée à quelques *Euhoploceras.*

Quelques années plus tard, CHANDLER (1997) propose pour la même région la succession de quatre biohorizons : Biohorizon à *Hyperlioceras politum* BUCKMAN, Biohorizon à *Hyperlioceras walkeri* BUCKMAN, Biohorizon à *Hyperlioceras rudidiscites* BUCKMAN et Biohorizon à *Hyperlioceras subsectum* BUCKMAN.

Dans le bassin Lusitanien, deux sous-zones sont reconnues par SADKI (1984) :

-Sous-zone « A » : apparition des *Toxolioceras*, *Reynesella* et *Braunsina.*

-Sous-zone « B » : présence des *Euhoploceras* [*E.* cf. *modestum* BUCKMAN, *E. decorum* BUCKMAN, *E. spinosum* BUCKMAN, *E. omphalicum* BUCKMAN, *E. multicostatum* BUCKMAN, *E. marginatum* BUCKMAN]. La faune associée comprend des *Haplopleuroceras*, *Zurcheria*, *Docidoceras et Bradfordia.*

Cette subdivision a été légèrement modifiée après la révision de certaines faunes (FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988 ; ROCHA et *al.*, 1990 ; HENRIQUES, 2000).

Dans la cordillère Ibérique, FERNANDEZ-LOPEZ (1985) définit un biohorizon à Discites avec comme espèce-indice *Hyperlioceras discites* (WAAGEN). Ce biohorizon à faune très diversifiée est caractérisé par une abondance des représentants du genre *Hyperlioceras* en particulier, le groupe de *Hyperlioceras walkeri* BUCKMAN. Les *Sonniniidae* et les *Graphoceratidae* sont fréquents tandis que, les *Hammatoceratidae*, *Strigoceratidae*, *Haploceratidae*, *Stephanoceratidae* et *Otoitidae* sont relativement fréquents.

Dans la cordillère Bétique, SANDOVAL (1990) identifia la zone à Discites par l'association des *Graphoceratidae* [*Graphoceras limitatum* (BUCKMAN), *G. debile* BUCKMAN, *G. v- scriptum* (BUCKMAN), *Hyperlioceras mundum* (BUCKMAN), *H. walkeri* BUCKMAN, *H. curvatum* (BUCKMAN), *H. discitiformis* BUCKMAN, *Reynesella contorta* (BUCKMAN), *R. fastigata* (BUCKMAN), *R. juncta* BUCKMAN], des *Sonniniidae* [*Euhoploceras dominans* (BUCKMAN), *E. modestum* (BUCKMAN), *E. crassispinatum* (BUCKMAN), *E. multicostatum* (BUCKMAN)] et des *Erycitidae* [*Haplopleuroceras mundum* BUCKMAN, *H. subspinatum* (BUCKMAN), *H. eximium* (GERARD)]. Le reste de la faune comprend quelques *Hammatoceratidae*, *Strigoceratidae*, *Otoitidae*, *Oppeliidae* et *Lissoceratidae.*

Dans le Jura, CONTINI (1969) a mis en évidence deux horizons au sein de la sous-zone à Discites :

-Horizon à Formosum : derniers *Graphoceratidae* associés à *Euaptetoceras amplectens* (BUCKMAN) et aux premiers *Euhoploceras.*

-Horizon à Hyperlioceras : *Hyperlioceras desori* (MOESCH) et *Braunsina angulifera* (BUCKMAN) associés à des *Erycitidae* et des *Sonniniidae.*

Contrairement à CONTINI, l'apparition des *Sonniniidae* et l'abondance des *Graphoceratidae* dans le bassin du Sud-Est de la France (Digne) ont permis à PAVIA (1983) de subdiviser cette zone en deux horizons :

-Horizon à Graphoceratidae : *Hyperlioceras* cf. *curvicostatum* BUCKMAN, *Darellia* (*D.*) cf. *planaris* (BUCKMAN) et *Darellia* (*Braunsina*) *aspera* (BUCKMAN).

-Horizon à Euhoploceras : abondance des *Sonniniidae* [*Euhoploceras* (*E.*) *adicrum* (WAAGEN), *E.* (*E.*) *densicostatum* (BUCKMAN), *E.* (*E.*) *dominans* (BUCKMAN), *E.* (*E.*) *marginatum* (BUCKMAN), *E.* (*E.*) *modestum* (BUCKMAN)] et des *Otoitidae* [*Docidoceras* (*D.*) cf. *cylindroides* BUCKMAN, *D.* (*D.*) *liebi* MAUBEUGE, *D.* (*Trilobiticeras*) sp.].

Une subdivision équivalente a été reconnue par SADKI (1984) au Nord-Est de la région de Digne.

Dans les Apennins d'Ombrie-Marches, CRESTA et *al.* (1995) remplacent la zone à Discites par la zone à Zemistephanoides. Ils utilisent pour la première fois l'abondance des *Docidoceras* pour définir leur zone et pour mettre en évidence un biohorizon avec comme espèce-indice : *Docidoceras zemistephanoides* GECZY.

Dorset-Somerset		**Bassin Lusitanien** SADKI, 1984	**C. Ibérique** FERNANDEZ-LOPEZ 1985		**C. Bétique** SANDOVAL 1990
CALLOMON & CHANDLER, 1990	CHANDLER 1997				
Biohorizons	**Biohorizons**	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Biohorizon**	**Zone**
Walkeri β	Subsectum	« B »		Discites	Discites
	Rudidiscites				
Walkeri α	Walkeri	« A »			
Rudidiscites	Politum				

Fig. 7- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites (Angleterre, Portugal et Espagne).

Jura CONTINI, 1969	**Bassin du Sud-Est (Digne)** PAVIA, 1983	**Apennins** CRESTA et *al.*, 1995	
Horizons	**Horizons**	**Sous-zones**	**Biohorizon**
Hyperlioceras	Euhoploceras		*D. zemistephanoides*
Formosum	Graphoceratidae		

Fig. 8- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites (France et Italie).

2.2. **Zone à Laeviuscula (HAUG, 1894)**

Espèce-indice : *Witchellia laeviuscula* (SOWERBY)

2.2.1. Définition

Cette zone est caractérisée par la prédominance des *Sonniniidae* et par la disparition des *Graphoceratidae* et *Hammatocertidae*. Sa limite inférieure est marquée par l'apparition des premières *Witchellia* tandis que la limite supérieure se place à l'apparition des *Stephanoceratidae* qui coïncide avec le maximum de fréquence des *Witchellia*.

2.2.2. Corrélations et subdivisions

Pour la première fois, le **G.F.E.J.** (1997) devisa la zone à Laeviuscula en trois sous-zones (s.-z. à Ovalis, s.-z. à Trigonalis et s.-z. à Laeviuscula) et six horizons. Cette subdivision qui reste provisoire pour certains horizons, peut être corrélable entre diverses régions.

2.2.2.1. Au Maroc (fig. 9)

OUAHHABI (1994) reconnut la zone à Laeviuscula grâce une association faunistique composée essentiellement de deux familles : Les *Sonniniidae* [*Witchellia* cf. *pavimentaria* (BUCKMAN), *Fissilobiceras* sp., *Sonninia* sp., *Papilliceras* sp., *Fontannesia* cf. *curvata* BUCKMAN] et les *Otoitidae* [*Emileia polyschides* (WAAGEN), *Otoites douvillei* PARSONS, *Docidoceras* sp.].

BENSHILI (1989, 1990) utilisa l'apparition des premières *Emileia* et le développement du couple *Witchellia-Pelekodites* pour définir la zone à Laeviuscula. Elle cite l'association suivante : *Witchellia* cf. *romanoides* (DOUVILLE), *Pelekodites schlumbergeri* (HAUG), *Bradfordia* (*B.*) *costata* (BUCKMAN), *Bradfordia* (*B.*) *inclusa* BUCKMAN, *Toxamblyites* sp., *Trilobiticeras* sp., *Hebetoxyites* sp., *Gerzenites* (*G.*) *rugosus* (WESTERMANN), *Docidoceras* (*D.*) *zemistephanoides* GECZY, *Emileia* (*E.*) *polyschides* (WAAGEN).

SADKI (1992, 1996) subdivisait la zone en deux sous-zones et quatre horizons :

-Sous-zone à Ovalis : apparition des *Fissilobiceras* associés aux premiers *Maceratites* et *Pelekodites* à la base et par l'extension verticale de *Euhoploceras adicrum* (WAAGEN) vers le sommet. Cette sous-zone comprend deux horzions : horizon à Ovalis (espèce-indice : *Fissilobiceras ovalis* (QUENSTEDT) et horizon à Adicrum (espèce-indice : *Euhoploceras adicrum* (WAAGEN).

-Sous-zone à Laeviuscula : apparition des vrais *Witchellia*, *Papilliceras*, *Shirbuirnia*, *Lissoceras*, *Emileia*, *Otoites*, *Frogdenites* et *Skirroceras*. L'auteur reconnaît la succession de deux horizons : horizon à Trigonalis (espèce-indice : *Shirbuirnia trigonalis* BUCKMAN) et horizon à Laeviuscula (espèce-indice : *Witchellia laeviuscula* (SOWERBY).

Béni Snassen OUAHHABI, 1994	**Moyen Atlas plissé** BENSHILI, 1989, 1990	**Haut Atlas central** SADKI, 1992,1996	
Zone	**Zone**	**Sous-zones**	**Horizons**
Laeviuscula	Laeviuscula	Laeviuscula	X = Laeviuscula
			IX = Trigonalis
		Ovalis	VIII = Adicrum
			VII = Ovalis

Fig. 9- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula au Maroc.

2.2.2.2. En Europe (fig. 10 et 11)

CALLOMON & CHANDLER (1990) considèrent la sous-zone traditionnelle à Ovalis comme étant une zone à part entière et subdivisent la sous-zone classique à Laeviuscula en deux sous-zones :

-Sous-zone à Trigonalis avec les biohorizons à *Witchellia connata* (BUCKMAN) et *Shirbuirnia trigonalis* BUCKMAN.

-Sous-zone à Laeviuscula regroupant les biohorizons à *Witchellia ruber* et *Witchellia laeviuscula* (SOWERBY).

SADKI (1984) et FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988) reconnaissent deux sous-zones :

-Sous-zone à Ovalis : les représentants des *Fissilobiceras et Witchellia* sont associés aux *Maceratites, Bradfordia, Docidociras et Emileites.*

-Sous-zone à Laeviuscula : présence du groupe *Emileia-Otoites* associé à des *Sonniniidae* [*Witchellia* cf. *laeviuscula* (SOWERBY), *Sonninia corrugata* (SOWERBY)].

FERNANDEZ-LOPEZ (1985) a défini deux sous-zones et deux biohorizons :

-Sous-zone à Ovalis = Biohorizon à Ovalis : grande abondance des *Sonniniidae* [*Fissilobiceras*, *Shirbuirnia*, *Sonninia*, *Witchellia*, *Maceratites*, *Pelekodites*, *Euhoploceras*, *Nannoceras*, Fontannesia] associés à des *Stephanocertidae*, *Otoitidae*, *Stigoceratidae* et *Haploceratidae*.

-Sous-zone à Laeviuscula = Biohorizon à Laeviuscula : fréquence du groupe *Witchellia-Maceratites* associé à des *Stephanoceratidae* [*Kumatostephanus*, *Gerzenites*, *Skirroceras*, *Epalxites*], *Strigoceratidae* et *Haploceraceratidae*.

SANDOVAL (1990) distingua deux sous-zones : .

-Sous-zone à Ovalis : abondance des genres *Fissilobiceras* [*Fissilobiceras fissilobatum* (WAAGEN), *F. ovalis* (QUENSTEDT)] et *Witchellia* [*Witchellia connata* (BUCKMAN), *W. plena* (BUCKMAN), *W. romanoides* (DOUVILLE), *W. sayni* (HAUG)]. La famille des *Otoitidae* est représentée par quelques *Emileites* et *Docidoceras*.

-Sous-zone à Laeviuscula : grande fréquence du genre *Witchellia* associé à *Sonninia corrugata* (SOWERBY) et *Fissilobiceras gingense* (WAAGEN). Notons la présence des *Haploceratidae et Otoitidae* ainsi que des genres appartenant aux *Stephanoceratidae* [*Skirroceras*, *Kumatostephanus*, *Gerzenites*].

Dorset-Somerset CALLOMON & CHANDLER, 1990		**Bassin Lusitanien** SADKI, 1984 FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988	**C. Ibérique** FERNANDEZ-LOPEZ, 1985		**C. Bétique** SANDOVA, 1990
Zones	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Biohorizons**	**Sous-zones**
Laeviuscula	Laeviuscula	Laeviuscula	Laeviuscula	Laeviuscula	Laeviuscula
	Trigonalis				
Ovalis		Ovalis	Ovalis	Ovalis	Ovalis

Fig. 10- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula (Angleterre, Portugal et Espagne).

PAVIA (1983) distingue une sous–zone à Ovalis à la base et une sous-zone à Laeviuscula au sommet :

-Sous–zone à Ovalis : association des *Euhoploceras-Docidoceras* avec les genres *Witchellia* et *Emileia*.

-Sous-zone à Laeviuscula : nombreux *Sonniniidae* [*Witchellia*, *Pelekodites*, *Sonninia*, *Fissilobiceras*] associés à des *Stephanoceratidae* [*Kumatostephanus*, *Gerzenites*] et *Haploceratidae*.

Dans le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches, CRESTA et *al.* (1995) proposèrent une subdivision locale pour la zone à Laeviuscula. Ainsi, Ils distinguent deux biohorizons :

-Biohorizon à *Skirroceras leptogyrale*
-Biohorizon à *Shirbuirnia*

Bassin du Sud-Est (Digne) PAVIA, 1983	**Apennins** CRESTA et *al.*, 1995	
Sous-zones	**Sous-zones**	**Biohorizons**
Laeviuscula		*S. leptogyrale*
Ovalis		*Shirbuirnia*

Fig. 11- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula en France et Italie.

2.3. **Zone à Propinquans (BUCKMAN, 1895) CONTINI et *al.*, 1991**

(= Zone à Sauzei OPPEL, 1856)
Espèce-indice : *Sonninia propinquans* (BAYLE)

2.3.1. Définition

Etant donné la faible répartition paléogéographique et la position stratigraphique imprécise de l'espèce-indice *Otoites sauzei* (D'ORBIGNY), CONTINI et *al.* (1991) proposent de remplacer la zone à Sauzei par la zone à Propinquans, avec l'utilisation comme indice nomenclatural, l'espèce *Sonninia propinquans* (BAYLE). Cette nouvelle zone subdivisée en deux sous-zones et trois horizons (voir fig. 5) est comprise entre deux limites : une limite inférieure marquée par l'apparition des *Sonninia* du groupe *patella* (WAAGEN) et la raréfaction des *Witchellia* et une limite supérieure soulignée par l'abondance des *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras*, *Skirroceras*, *Stemmatoceras*, *Kumatostephanus*] et la disparition des genres *Otoites*, *Emileia* et *Labyrinthoceras* (**G.F.E.J.**, 1997). Notons que dans la cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985) ainsi que dans le bassin Lusitanien (FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*,1988), la limite inférieure de la zone est établie en utilisant comme critère l'apparition et l'explosion des représentants des *Labyrinthoceras* d'une part et l'absence des *Frogdenites* d'autre part.

2.3.2. Corrélations et subdivisions

2.3.2.1. Au Maroc (fig. 12)

OUAHHABI (1994) a caractérisé la zone à Propinquans (ex-Sauzei) par une association des *Otoites*, *Strigoceras*, *Dorsetensia*, *Labyrinthoceras*, *Chondroceras*, *Sonninia* et *Skirroceras*. En revanche, dans le Moyen Atlas plissé (BENSHILI, 1989, 1990) cette zone est beaucoup plus diversifiée. L'auteur cite la fréquence considérable des *Sonniniidae* (*Pelekodites*, *Sonninia*, *Papilliceras*) associés à des *Stephanoceratidae* (*Stephanoceras*, *Skirroceras*). Les *Otoitidae* (*Emileia*, *Otoites*), et les *Haploceratidae* (*Bradfordia*, *Lissoceras*) sont relativement fréquents.

Pour SADKI (1992, 1996), la zone à Propinquans est subdivisée en trois sous-zones et trois horizons :

-Sous-zone à Kumaterus (GALACZ, 1988) équivalent du biohorizon à Mesacanthum de FERNANDEZ-LOPEZ, (1985) : apparition des premiers représentants du genre *Kumatostephanus* associés à des *Otoitidae* et *Sonniniidae*. Les *Haploceratidae* et les *Strigoceratidea* sont faiblement représentés.

-Sous-zone à Propinquans : grande fréquence de *Sonninia propinquans* (BAYLE) et de *Maceratites* du groupe *macer* (BUCKMAN).

-Sous-zone à Hebridica (MORTON, 1975) : apparition des *Dorsetensia* et *Nannia* en association avec des *Pelekodites*, *Haploceratidae*, *Strigoceratidae*, *Otoitidae* et *Stephanoceratida*.

Béni Snassen OUAHHABI, 1994	**Moyen Atlas plissé** BENSHILI, 1989, 1990	**Haut Atlas central** SADKI, 1992, 1996	
Zone	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Horizons**
Sauzei	Mesacantha	Hebridica	XIII
		Propinquans	XII
	Sauzei	Kumaterus	XI

Fig. 12- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans au Maroc.

2.3.2.2. En Europe (fig. 13 et 14)

Au Sud de l'Angleterre, CALLOMON & CHANDLER (1990) subdivisent la zone en trois biohorizons :

-Biohorizon à *Otoites sauzei* marqué par une abondance des *Sonniniidae* et des *Stephanoceratidae*.

-Biohorizon à *Stephanoceras rhytum* caractérisé surtout par la fréquence du genre *Stephanoceras*.

-Biohorizon à *Witchellia pinguis*.

Dans le bassin Lusitanien, FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988) évoquent la difficulté de caractériser la sous-zone à Sauzei, en particulier le « biohorizon à Mesacanthum » mais ils arrivent cependant à reconnaître la sous-zone à Hebridica. Cette dernière est marquée par la fréquence des *Sonniniidae* [*Dorsetensia*, *Pelekodites*, *Nannina*]. La faune associée comprend des *Stephanoceratidae* [*Skirroceras*, *Mollistephanus*, *Gerzenites*, *Kumatostephanus*, *Itinsaites*], *Otoitidae* [*Otoites* et *Emileia*], *Haploceratidae* [*Bradfordia*, *Amblyoxyites*, *Protoecotraustes*, *Toxamblyites* et *Microtoxamblyites*] et quelques *Strigoceratidae*.

Dans la cordillère Ibérique, la zone est subdivisée en deux sous-zones et trois biohorizons (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985) :

-Sous-zone à Sauzei : comprenant le biohorizon à Mesacanthum équivalent de la partie inférieure de la biozone à Sauzei (OPPEL, 1856). Il s'exprime par la fréquence des représentants de *Papilliceras* gr. *mesacanthum* (WAAGEN) associés à des *Strigoceratidae*, *Haploceratidae*, *Stephanoceratidae* et *Otoitidae*. Au sommet, le biohorizon à Celans est caractérisé par le groupe de *Sonninia celans* (BUCKMAN).

-Sous-zone à Hebridica=Biohorizon à Hebridica : défini par le groupe *Dorsetensia hebridica* MORTON, *Nannina pinguis* (ROEMER) et une faune diversifiée de *Strigoceratidae*, *Haploceratidae*, *Stephanoceratidae*, *Otoitidae* et *Sphaeroceratidae*.

Dans la cordillère Bétique, seules deux sous-zones sont définies (SANDOVAL, 1990) :

-Sous-zone à Sauzei : fréquence considérable des genres *Emileia*, *Otoites*, *Kumatostephanus* et *Gerzenites*. Les *Sonniniidae* représentés par [*Sonninia corrugata* (SOWERBY), *Sonninia felix* (BUCKMAN), *Papilliceras mesacanthum* (BUCKMAN), *Pelekodites sulcatus* (BUCKMAN)] et les *Haploceratidae* [*Toxamblyites paviai* SANDOVAL, *Bradfordia* sp. *Lissoceras depereti* (FLAMAND), *Microlissoceras* et *Microtoxamblyites*] sont abondants. Le reste de la faune est représenté par les *Strigoceratidae et les Sphaeroceratidae*.

-Sous-zone à Hebridica : abondance des *Labyrinthoceras* [*L. meniscum* (WAAGEN), *L. intricatum* BUCKMAN] et des *Sonniniidae* [*Dorsetensia*, *Nannina*]. Les *Haploceratidae*, *Strigoceratidae* et *Otoitidae* sont rares alors que les *Stephanoceratidae* sont représentés par *Skirroceras macrum* (QUENSTEDT), *S. baylei* (OPPEL) et *Stephanoceras kirschneri* IMLAY.

Dorset-Somerset CALLOMON & CHANDLER, 1990	Bassin Lusitanien FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988	C. Ibérique FERNANDEZ-LOPEZ, 1985		C. Bétique SANDOVAL,1990
Zones	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Biohorizons**	**Sous-zones**
Sauzei	Hebridica	Hebridica	Hebridica	Hebridica
	Sauzei ?	Sauzei	Celans	Sauzei
			Mesacanthum	

Fig. 13- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans (Angleterre, Portugal et Espagne).

Dans le bassin du Sud-Est de la France, PAVIA (1983) a distingué deux sous-zones :

-Sous-zone à Sauzei : prédominance des *Sonniniidae*, en particulier le genre *Sonnina* [*S.* (*S.*) *felix* BUCKMAN, *S.* (*S.*) *patella* (WAAGEN), *S.* (*S.*) *propinquans* (BAYLE), S. (*Papilliceras*) cf. *mesacantha* (WAAGEN) et *Pelekodites* [*P. dundriensis* (BUCKMAN), *P. sulcatus* (BUCKMAN)]. Les *Stephanoceratidae* et les *Otoitidae* sont relativement fréquents.

-Sous-zone à Hebridica : apparition du genre *Dorsetensia* [*D.* (*D.*) *hannoverana* (HILTERMANN), *D.* (*D.*) *hebridica* MORTON, *D.* (*N.*) *evoluta* (BUCKMAN)] associé aux *Chondroceras* et au premier représentant des *Oppeliidae* [*Oppelia* cf. *skrodzkyi* BRASIL].

L'abondance des genres *Kumatostephanus* et *Labyrinthoceras*, associés à des *Emileia* et *Skirroceras*, a permis à CRESTA et *al.* (1995) de mettre à l'évidence deux biohorizons : -Biohorizon à *Kumatostephanus paucicosta* et -Biohorizon à *Labyrinthoceras meniscum*.

Bassin du Sud-Est (Digne) PAVIA, 1983	Apennins CRESTA et *al.*, 1995	
Sous-zones	**Sous-zones**	**Biohorizons**
Hebridica		*L. meniscum*
Sauzei		*K. paucicosta*

Fig. 14- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans (France et Italie).

2.4. **Zone à Humphriesianum (OPPEL, 1856)**

Espèce-indice : *Stephanoceras (S.) Humphriesianum* (SOWERBY)

2.4.1. Définition

La zone à Humphriesianum est caractérisée surtout par l'abondance et la diversité des *Stephanoceratidae*. Sa limite inférieure correspond à la disparition des *Emileia-Otoites* et à l'apparition de *Dorsetensia* (*D.*) *romani* (OPPEL) et *Dorsetensia* (*D.*) *edouardiana* (D'ORBIGNY) (PAVIA, 1983) alors que la limite supérieure avec la zone à Niortense (Bajocien supérieur) coïncide avec la disparition des *Dorsetensia* et l'émergence rapide des *Cadomitinae* (G.F.E.J., 1997). Cette zone est subdivisée en trois sous-zones et six horizons (voir fig. 5).

2.4.2. Corrélations et subdivisions

2.4.2.1. Au Maroc (fig. 15)

En 1994, OUAHHABI (Maroc oriental) reconnaît avec des réseves la présence de deux sous-zones :

-Sous-zone à Humphriesianum : *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras nodosum* (QUENSTEDT), *Phaulostephanus diniensis* PAVIA, *Itinsaites* (*I.*) aff. *gracilis* WESTERMANN], *Haploceratidae* [*Lissoceras* (*L.*) *oolithicum* (D'ORBIGNY), *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY)], *Oppeliidae* et *Sphaeroceratidae*.

-Sous-zone à Blagdeni : nombreux *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras* gr. *humphriesianum* (SOWERBY), *S. pyritosum* (QUENSTEDT), *S. zieteni* (QUENSTEDT), *Normannites* (*N. quenstedt* ROCHE *in* WESTERMANN] et *Oppeliidae* [*Oppelia* aff. *subradiata* (SOWERBY), *Oecotraustes* aff. *westermani* STPHANOV, *Oecotraustes umbilicatus* (BUCKMAN)] associés à quelques *Haploceratidae, Strigoceratidae* et *Sphaeroceratidae*.

BENSHILI (1989, 1990) (Moyen-Atlas plissé) cite dans les niveaux inférieurs de la zone l'association suivante : *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras* (*Skirroceras*) *umbilicum* (QUENSTEDT), *Kumatostephanus* (*Stemmatoceras*) sp. *Itinsaites* sp., *Normannites* sp., *Phaulostephanus* sp], *Haploceratidae* [*Poecilomorphus discoides* D'ORBIGNY, *Lissoceras* (*L.*) *semicostulatum* BUCKMAN, *Toxamblyites* sp., *Stegoxyites parcicarinatus* BUCKMAN], *Chondroceras* sp. et *Dorsetensia* (*Nannina*) sp.

SADKI (1992, 1996) (Haut-Atlas central) reconnaît trois sous-zones et trois horizons :

-Sous-zone à Romani (HAUG, 1891) : *Sonniniidae* [*Dorsetensia* sp. *Nannina regrediens* (HAUG)] associés à des *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras*, *Normannites*, *Epalxites*, *Itinsaites*].

-Sous-zone à Humphriesianum (OPPEL, 1856) : *Sonniniidae* [*Dorsetensia et Nannina*] associés à quelques *Haploceratidae* [*Poecilomorphus umbilicatus* BUCKMAN, *P. cycloides* (D'ORBIGNY)] et *Stephanoceratidae*.

-Sous-zone à Blagdeni (SIX, 1879) : prédominance des *Stephanoceratidae* [*Teloceras*, *Stephanoceras*, *Itinsaites*, *Normannites*].

Béni Snassen OUAHHABI, 1994	**Moyen Atlas plissé** BENSHILI, 1989, 1990	**Haut Atlas central** SADKI, 1992,1996	
Sous-zones	**Zone**	**Sous-zones**	**Horizons**
Blagdeni	Humphriesianum	Blagdeni	XVI
Humphriesianum		Humphriesianum	XV
		Romani	XIV

Fig. 15- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum au Maroc.

2.4.2.2. En Europe (fig. 16 et 17)

Au Sud de l'Angleterre (Dorset-Somerst), CALLOMON & CHANDLER (1990) reconnaissent trois sous-zones :

-Sous-zone à Cycloides avec l'horizon à *Poecilomorphus cycloides*.

-Sous-zone à Humphriesianum avec la succession de trois biohorizons : *Stephanoceras humphriesianum*, *Stephanoceras gibbosum* et *Stephanoceras blagdeniforme*.

-Sous-zone à Blagdeni avec le biohorizon à *Teloceras blagdeni* à la base et le biohorizon à *Teloceras coronatum* au sommet.

Dans le bassin Lusitanien, FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988) subdivisent avec prudence la zone à Humphriesianum en deux sous-zones et ils citent une seule espèce caractéristique de la sous-zone à Humphriesianum : *Stephanoceras* gr. *nodosum* (QUENSTEDT).

Dans la Cordillère Ibérique, FERNANDEZ-LOPEZ (1985) reconnaît deux sous-zones et trois biohorizons :

-Sous-zone à Humphriesianum : cette sous-zone correspondant à une phase de diversification faunistique [*Sonniniidae*, *Strigoceratidae*, *Haploceratidae*, *Oppeliidae*, *Stephanoceratidae*, *Sphaeroceratidae*] est subdivisée en deux Biohorizons :

-Biohorizon à Nodosum : c'est l'équivalent de la sous-zone à Romani au sens de PAVIA (1983). Il est caractérisé par la présence de *Stephanoceras nodosum* (QUENSTEDT).

-Biohorizon à Scalare : fréquence des *Stephanoceras* (*S. scalare* WEISERT).

-Sous-zone à Blagdeni = biohorizon à Blagdeni : apparition et fréquence relative des représentants de *Teloceras-Normannites*.

Dans la Cordillère Bétique, SANDOVAL (1990) a défini trois sous-zones :

-Sous-zone à Cycloides : représentée essentiellement par les *Sonniniidae* [*Dorsetensia eduardiana* (D'ORBIGNY), *D. liostraca* BUCKMAN], *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras pyritosum* (QUENSTEDT), *Skirroceras macrum* (QUENSTEDT), *Itinsaites golubevi* (KRIMHOLZ), *I. braikenridjii* (SOWERBY)] et *Oppeliidae* [*Oppelia subradiata* (SOWERBY), *Oecotraustes genicularis* (WAAGEN), *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY)].

-Sous-zones à Humphriesianum et Blagdeni : abondance et diversification des *Stephanoceratidae* [*Stephanoceras*, *Skirroceras*, *Stemmatoceras*, *Teloceras*, *Normannites*, *Cadomites*] associés à des *Oppeliidae*, *Sonniniidae* et *Strigoceratidae*.

Récemment, en collaboration avec SANDOVAL, nous avons introduit des modifications sur la composition faunique de chaque sous-zone en révisant la position stratigraphique de certaines genres et espèces.

Dorset-Somerset CALLOMON & CHANDLER, 1990	**Bassin Lusitanien** FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988)	**C. Ibérique** FERNANDEZ-LOPEZ, 1985		**C. Bétique** SANDOVAL, 1990
Sous-zones	**Sous-zones**	**Sous-zones**	**Biohorizons**	**Sous-zones**
Blagdeni	Blagdeni ?	Blagdeni	Blagdeni	Blagdeni
Humphriesianum				Humphriesianum
Cycloides	Humphriesianum	Humphriesianum	Scalare	Cycloides
			Nodosum	

Fig. 16- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum (Angleterre, Portugal et Espagne).

En 1983, PAVIA (bassin du Sud-Est de la France) identifia trois sous-zones et quatre horizons :

-Sous-zone à Romani : grande fréquence des *Dorsetensia-Nannina* et des *Skirroceras-Epalxites* d'une part et diversification des *Chondroceras* et des *Stephanoceras* d'autre part. Elle englobe deus horizons : l'horizon à Edouardiana et l'horizon à Paululus.

-Sous-zone à Humphriesianum : abondance des *Stephanoceras* et *Itinsaites*.

-Sous-zone à Blagdeni : apparition et diversification des *Teloceras* associés à des *Nomannites*. Cette sous-zone est divisée en deux horizons : horizon à Dubium et horizon à Coronatum (GABILLY et *al.*, 1971).

CRESTA et *al.* (1995) définissent deux biohorizons sur la base d'une faune constituée essentiellement de *Stephanocertidae* :

-Biohorizon à *Stephanoceras plicatum*
-Biohorizon à *Stephanoceras tenuicostatum*

Bassin du Sud-Est (Digne) PAVIA, 1983		**Apennins** CRESTA et *al.*, 1995	
Sous-zones	**Horizons**	**Sous-zones**	**Biohorizons**
Blagdeni	Coronatum		*S. tenuicostatum*
	Dubium		
Humphriesianum			*S. plicatum*
Romani	Paululus		
	Edouardiana		

Fig. 17- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum (France et Italie).

IV. CONTEXTE SYSTEMATIQUE

Dans cette synthèse biochronologique à grande échelle, nous nous sommes tout de suite heurtés à un problème de taxonomie rencontré chez les ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur. Ce problème est lié essentiellement à la nature du matériel bibliographique pour lequel les conceptions taxonomiques des auteurs sont le plus souvent très divergentes. Certains auteurs pratiquent des regroupements alors que d'autres ont une tendance à la pulvérisation ce qui constitue une source d'hétérogénéité dans les données de base. Dans le but d'harmoniser ces données taxonomiques, nous pensons qu'il est nécessaire d'exposer notre propre approche des concepts et des classifications employés par les différents auteurs tout en restant conscient des limites de telle démarche.

A. Historique sur les classifications et discussion

Les ammonites étudiées appartiennent au sous-ordre des *Ammonitina* HYATT, 1889. Les sous-ordres des *Phylloceratina* ARKELL, 1950 et des *Lytoceratina* HYATT, 1889 ont été retirés de cette étude du fait que les nombreuses espèces, omniprésentes, ont une longue extension stratigraphique. Ainsi, la période de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur est marquée par un renouvellement faunique de cinq taxons d'ordre supérieur : *Hammatoceratataceae* SCHINDEWOLF, 1961-1968, *Oppeliaceae* DOUVILLE, 1890, *Haploceratataceae* ZITTEL, 1884, *Stephanoceratataceae* NEUMAYR, 1875, *Perisphinctaceae* STEINMANN, 1890. Selon les arguments phylogénétiques avancés par SCHINDEWOLF (1961-1968), S. ELMI (1967), TINTANT et MOUTERDE (1981) et RULLEAU et *al.*, (2001), tous les groupes (familles et super-familles) qui vont dominer la période post-aalénienne dérivent de la super-famille des *Hammatoceratataceae* avant sa disparition entre la fin de l'Aalénien et la base du Bajocien inférieur. Il y a cependant un problème et une confusion en ce qui concerne les vrais *Haploceras* et *Leioceras* (ELMI, comm. orale). Ces super-familles regroupent onze familles comprenant 88 genres considérés comme valide. Il est à noter que dans cette étude les unités taxonomiques telles que la sous-famille et le sous-genre ne seront pas prises en considération pour des raisons que nous évoquerons après.

1. Classification des familles

1.1. Famille ***Hammatoceratidae*** BUCKMAN, 1887

Malgré le grand intérêt que présente cette famille dans les corrélations paléobiogéographiques, sa taxonomie fait encore l'objet de débats entre les spécialistes. Depuis les célèbres travaux de BUCKMAN plusieurs suggestions taxonomiques ont été proposées :

Dans son traité de paléontologie, BASSE (1952) rattache la famille des *Hammatoceratidae*, placée sur le même plan que celle des *Hildoceratidae* et des *Sonniniidae*, à la super famille des *Harpoceratataceae*.

En s'inspirant beaucoup de la classification de BUCKMAN, ARKELL (1957) fut le premier à placer les *Hammatoceratidae* dans la super-famille des *Hildoceratataceae* tout en réduisant leur nombre de genres de 10 à 6 (*Hammatoceras*, *Plammatoceras*, *Eudmetoceras*, *Bredyia*, *Erycites*, *Abbasites*). Cette proposition sera largement adoptée par

de nombreux auteurs de l'époque : DONOVAN (1958), LELIEVRE (1960), MAUBEUGE (1961, 1967,1969), DUBAR & MOUTERDE (1961), ELMI (1963), SCHINDEWOLF (1963) WESTERMANN (1964), GECZY (1966), CONTINI (1969), WESTERMANN & RICCARDI (1972) et même dans les travaux les plus récents : CONTINI (1989), DONOVAN et *al.* (1981), SANDOVAL (1983), PAVIA (1983), HOUSE (1985), HENRIQUES (1992), SADKI (1984,1992), GOY et *al.* (1991), CRESTA (1996) et PAVIA & CRESTA (2002). Dans l'ensemble de ces travaux, la composition générique des *Hammatoceratidae* ainsi que leurs subdivisions en sous-familles connaissent des fluctuations importantes en fonction de l'opinion de chaque auteur.

DONOVAN et *al.* (1981) proposèrent pour la famille des *Hammatoceratidae* un nouveau nom. Elle devient celle des *Phymatoceratidae* et sera rangée toujours dans la super-famille des *Hildocerataceae*. Cette nouvelle proposition est adoptée également par PAVIA (1983), WESTERMANN & RICCARDI (1985) et WESTERMANN (1993).

Contrairement à l'opinion de ARKELL (1957) et des auteurs qui l'ont suivi dans sa conception, nous avons retenu ici la classification proposée par SCHINDEWOLF (1964) qui sépare nettement l'ensemble *Hammatocerataceae* des *Harpocerataceae* d'une part et qui rattache la famille des *Hammatoceratidae* à la super-famille des *Hammatocerataceae* d'autre part. Cette classification est pleinement défendue par ELMI (1967), TINTANT & MOUTERDE (1981), SCHLEGELMILCH (1985), RULLEAU (1992) et RULLEAU et *al.*, 2001 qui ont apporté des nouvelles bases pour la compréhension de la phylogénie des *Hammatoceratidae*.

1.2. Famille ***Graphoceratidae*** BUCKMAN, 1905

Cette famille d'origine probablement téthysienne regroupe des ammonites à tours généralement comprimés, à ornementation le plus souvent falciforme et à ligne de suture simple. Dans un travail publié en 1989, CONTINI a bien résumé les caractères de l'évolution des *Graphoceratidae* du Toarcien supérieur à la base du Bajocien et retient l'hypothèse de leur probable origine à partir des *Hammatoceratidae* serpenticônes. Concernant la classification de cette famille, nous avons remarqué des fluctuations taxonomiques importantes qui méritent d'être soulignées.

Selon BASSE (1952) et MAUBEUGE (1955) la famille des *Graphoceratidae* appartient à la super-famille des *Harpocerataceae*.

Dans le traité de Moore (1957), ARKELL rattache les *Graphoceratidae* à la super-famille des *Hildocerataceae* dans laquelle il rangeait quatre grandes familles: les *Hildoceratidae*, les *Graphoceratidae*, les *Hammatoceratidae* et les *Sonniniidae*. Cette classification sera adoptée par de nombreux auteurs (SCHINDEWOLF, 1963, MAUBEUGE, 1967-1969 ; CONTINI, 1969-1989 ; CONTINI & RIOULT, 1994 ; CALOO, 1970 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; DONOVAN et *al.*, 1981 ; SANDOVAL, 1983 ; PAVIA, 1983 ; PAVIA & CRESTA, 2002 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; HOUSE, 1985 ; GOY & URETA, 1987 ; HENRIQUES et *al.*,1988; HENRIQUES, 1992 ; SADKI, 1992,1996 ; RULLEAU, 1997). Contrairement à cette opinion largement admise de nos jours, SCHINDEWOLF (1964), ELMI (1967) et RULLEAU et *al.*, 2001 préfèrent ranger les *Graphoceratidae* dans la super-famille des *Hammatocerataceae*. Tandis que, SCHLEGELMILCH (1985) les rattache à la super-famille des *Haploceratacea*e comme étant une sous-famille.

1.3. Famille ***Erycitidae*** SPATH, 1928

La position systématique de la famille des *Erycitidae*, ainsi que ceux des genres qui la compose, diverge beaucoup selon les auteurs.

En 1957, ARKELL rejette l'unité de la famille employée auparavant par SPATH et inclut les *Erycitidae* dans la sous-famille des *Hammatoceratinae*. Cette sous-famille est rangée dans la famille des *Hammatoceratidae* et cette dernière dans la super-famille des *Hildocerataceae*. Cette proposition est adoptée par ELMI (1963), GECZY (1966), DONOVAN et *al.* (1981), PAVIA (1983), LINARES & SANDOVAL (1986), GOY et *al.* (1991) et RULLEAU (1992) en introduisant parfois quelques amendements sur la composition générique de la sous-famille et de la famille employées. Récemment, dans une étude réservée à la taxonomie des *Hammatoceratidae*, CRESTA (1996) propose l'utilisation de l'unité de la sous-famille *Erycitinae*.

En 1964, SCHINDEWOLF réorganise pour la première fois la composition générique de la famille des *Erycitidae* et il la range dans la super-famille des *Hammatocerataceae*. Cette conception est souvent contestée aujourd'hui, mais nous pensons que les arguments apportés par ELMI (1967) et RULLEAU et *al.* (2001) ont permis d'appuyer considérablement la proposition de SCHINDEWOLF. En revanche, WESTERMANN & RICCARDI (1985), HENRIQUES (1992), SADKI (1992,1996), LINARES & SANDOVAL (1996) et PALLINI et *al.* (2004) classent la famille des *Erycitidae* dans la super-famille des *Hildocerataceae*.

1.4. Famille ***Sonniniidae*** BUCKMAN, 1892

Créée par BUCKMAN en 1892, la famille des *Sonniniidae* est extrêmement diversifiée et les paléontologues qui l'ont étudiée ont parfois multiplié le nombre des genres et des espèces qu'elle renferme. Cette famille a été d'abord classée parmi la super-famille des *Harpocerataceae* par BASSE (1952), mais ARKELL (1957) la range dans la super-famille des *Hildocerataceae* en incluant les *Poecilomorphidae* et les *Zurcherinae*. Cette dernière classification rassemble un assez large consensus (GECZY, 1966 ; MAUBEUGE, 1967,1969 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972,1985 ; PAVIA,1983 ; SANDOVAL, 1983 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; HOUSE, 1985 ; SADKI, 1992,1996 ; RIOULT, 1994 et RULLEAU, 1997).

SCHINDEWOLF (1964), ELMI (1967) et RULLEAU et *al.* (2001) placèrent la famille des *Sonniniidae* dans la super-famille des *Hammatocerataceae*.

A l'opposé de toutes les classifications précédentes, SCHLEGELMILCH (1985) rattache les *Sonniniidae* à la super-famille des *Haploceratacea*e.

1.5. Famille ***Strigoceratidae*** BUCKMAN, 1924

La famille des *Strigoceratidae* a été établie par BUCKMAN (1924) en regroupant sept genres. La même année, l'auteur classa les trois genres (*Hebetoxyites* BUCKMAN, 1924, *Kleistoxyites* BUCKMAN, 1922 et *Amblyioxyites* BUCKMAN, 1922) dans une nouvelle famille appellée *Hebetoxyitidae*.

ARKELL (1951,1957) considère *Hebetoxyitidae* comme synonyme de *Strigoceratidae* et il réduit le nombre de genres proposé par BUCKMAN. Ainsi, la famille des *Strigoceratidae* se retrouve seulement avec trois genres (*Praestrigites* BUCKMAN, 1924, *Strigoceras* QUENSTEDT, 1886, *Hebetoxyites* BUCKMAN, 1924) et elle sera rattachée à la super-famille des *Haploceratacea*e. La classification de ARKELL est adoptée par SCHINDEWOLF (1963), MAUBEUGE (1967) PAVIA (1983), SANDOVAL (1983), SANDOVAL & WESTERMANN (1986) ; FERNANDEZ-LOPEZ, (1985), SCHLEGELMILCH (1985), SADKI (1992,1996), RULLEAU (1997) et PAVIA & CRESTA (2002).

BASSE (1952) place les *Strigoceratidae* et les *Oppeliidae* dans la super-famille des *Oppeliaceae*. Une nouvelle opinion dans la classification qui sera quelques années plus tard appliquée par MAUBEUGE (1955) et ELMI (1967). Pour ELMI, ces deux familles dérivent des *Hammatoceratinae* et il est judicieux de les regrouper dans la même super-famille des *Oppeliaceae*.

SCHINDEWOLF (1966) inclut la famille des *Strigoceratidae* dans la super-famille des *Hammatocerataceae*. Une classification qui sera admise par la suite par SANDOVAL (1985) et ELMI (comm. orale). Par contre, WESTERMANN & RICCARDI (1985) préfèrent continuer à placer cette famille dans la super-famille des *Hildocerataceae*.

1.6. Famille ***Lissoceratidae*** ZITTEL, 1884

Considérée le plus souvent comme étant une sous-famille des *Haploceratidae* (ARKELL, 1957 ; PAVIA, 1983 ; SANDOVAL, 1983 et FERNANDEZ-LOPEZ, 1985), la famille des *Lissoceratidae* est classée sans aucune ambiguïté dans la super-famille des *Haploceratacea*e. Cependant, ELMI (1967) en s'inspirant de la classification de SCHINDEWOLF (1963) a mis en doute la liaison des *Strigoceratidae* et des *Oppeliidae* avec les *Lissoceras* et il proposa dès lors de ranger ces derniers dans une super-famille distincte, les *Haploceratacea*e. Il est à noter aussi que certains auteurs ne reconnaissent pas l'unité taxonomique de la sous-famille *Lissoceratinae* et pour éviter de tomber dans les confusions d'ARKELL, ils préfèrent utiliser uniquement la famille *Haploceratidae* (BASSE, 1952 ; SCHINDEWOLF, 1963 ; RIOULT, 1994 et SADKI, 1992,1996).

1.7. Famille ***Oppeliidae*** DOUVILLE, 1890

Nombreux sont les auteurs qui partagent le même avis sur l'appartenance des *Oppeliidae* à la super-famille des *Haploceratacea*e (ARKELL, 1957 ; SCHINDEWOLF, 1963 ; MAUBEUGE, 1967 ; WESTERMANN, 1981 ; TINTANT & MOUTERDE, 1981 ; PAVIA, 1983 ; PAVIA & CRESTA, 2002 ; SANDOVAL, 1983; SANDOVAL & WESTERMANN, 1986 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 FERNANDEZ-LOPEZ & MELENDEZ, 2004 ; SADKI, 1984,1992,1996 et RULLEAU, 1997), mais en étudiant la relation phélytique entre le premiers représentants de cette famille (*Bradfordia*) et les *Hammatoceratinae* (*Euaptetoceras s.l.*), ELMI (1967) relie sans hésitation les *Oppeliidae* à la super-famille des *Oppeliaceae*. Cette relation est admise également par RIOULT et *al.*, 1994 et SCHLEGELMILCH (1985) sauf que ce dernier a rattaché les *Oppeliinae* tels qu'ils sont considérés dans sa classification, à la super-famille des *Hammatocerataceae*.

1.8. Famille ***Otoitidae*** MASCKE, 1907

Tous les auteurs s'accordent à mettre les *Otoitidae* dans la super-famille des *Stephanocerataceae* (BASSE, 1952 ; MAUBEUGE, 1955; ARKELL, 1957; THIERRY, 1976 ; TINTANT & MOUTERDE 1981 ; PAVIA, 1983; SANDOVAL, 1983; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985; WESTERMANN & RICCARDI, 1985; HOUSE, 1985; SCHLEGELMILCH, 1985; SADKI, 1984, 1992,1996 ; GAUTHIER & RIOULT, 1994 et RULLEAU, 1997). Par contre, la classification de certains genres (*Frogdenites*, *Labyrinthoceras* et *Riccardiceras*) au sein de cette famille est actuellement très largement débattue.

1.9. Famille ***Sphaeroceratidae*** BUCKMAN, 1920

Depuis la classification traditionnelle de BASSE (1952) et celle d'ARKELL (1957), la famille des *Sphaeroceratidae* est toujours maintenue dans la super-famille des *Stephanocerataceae* (MAUBEUGE, 1967; THIERRY, 1976 ; TINTANT & MOUTERDE, 1981 ; PAVIA, 1983 ; SANDOVAL, 1983; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985; WESTERMANN & RICCARDI, 1985; HOUSE, 1985; SCHLEGELMILCH, 1985; SADKI, 1984, 1992,1996 ; GAUTHIER & RIOULT, 1994 ; RULLEAU, 1997 et GALACZ, 2001).

1.10. Famille ***Stephanoceratidae*** NEUMAYR, 1875

Dans tous les travaux consultés, les interprétations systématiques convergent sur l'appartenance des *Stephanoceratidae* à la super-famille des *Stephanocerataceae* (BASSE, 1952 ; ARKELL, 1957 ; MAUBEUGE, 1967; THIERRY, 1976 ; TINTANT & MOUTERDE, 1981 ; PAVIA, 1983 ; SANDOVAL, 1983; SANDOVAL & WESTERMANN, 1986 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985; WESTERMANN, 1981 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1985; HOUSE, 1985; SCHLEGELMILCH, 1985; RIOULT, 1994; RIOULT et *al.*, 1994; SADKI, 1984, 1992, 1996 et RULLEAU, 1997).

1.11. Famille ***Perisphinctidae*** STEINMANN, 1890

Très homogène dans sa morphologie, cette famille est classée par tous les auteurs dans la super-famille des *Perisphinctaceae*. Son origine très discutée est à chercher soit directement chez les *Hammatoceratidae* (TINTANT & MOUTERDE, 1981 et SCHLEGELMILCH, 1985) soit à partir des *Otoitidae* ou probablement des *Stephanoceratidae* (TINTANT & MOUTERDE, 1981).

2. Classification des genres

A partir des 88 genres pris en compte dans cette étude, 22 (soit 25 %) ont une position systématique (au niveau de la famille et de la sous-famille) contreversée qui mérite d'être exposée ici. Dans ce but, et sans développer les critères taxonomiques utilisés par les auteurs, nous avons simplement résumé les différentes classifications dans les tableaux ci-dessous.

2.1. Genre ***Abbasites*** BUCKMAN, 1921

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957) GOY & URETA (1987) GOY et *al.* (1991) RULLEAU (1992)	*Hammatoceratinae*	*Hammatoceratidae*
CRESTA (1996)	*Erycitinae*	*Erycitidae*
SADKI (1992,1996) RULLEAU et *al.* (2001)		
DONOVAN et *al.* (1981)		*Otoitidae*

2.2. Genre ***Abbasitoides*** GECZY, 1966

Auteurs	Sous-familles	Familles
GOY & URETA (1987)	*Hammatoceratinae*	*Hammatoceratidae*
LINARES et *al.* (1988)		
CRESTA (1996)	*Erycitinae*	*Erycitidae*
SADKI (1992,1996) RULLEAU et *al.* (2001)		

2.3. Genre ***Haplopleuroceras*** BUCKMAN, 1892

Auteurs	Sous-familles	Familles
GERARD (1937) BASSE (1952) ARKELL (1957) LELIÈVRE (1960) SUAREZ-VEGA (1974) ATROPS (1974) URETA (1985)		*Sonniniidae*
DONOVAN & CALLOMON (1980) PAVIA (1983)	*Hammatoceratinae*	*Phymatoceratidae*
GOY & URETA (1987)		*Hammatoceratidae*
CRESTA (1996)	*Erycitinae*	
SADKI (1990) GOY et *al.* (1991)	*Hammatoceratinae*	
SCHINDEWOLF (1964) FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988) HENRIQUES (1992)		*Erycitidae*
SADKI (1992,1996)	*Zurcheriinae*	
LINARES & SANDOVAL (1996) RULLEAU et *al.* (2001)	*Erycitinae*	

2.4. Genre ***Malladaites*** LINARES & SANDOVAL, 1986

Auteurs	Sous-familles	Familles
LINARES & SANDOVAL, 1986 GOY & URETA (1987)	*Hammatoceratinae*	*Hammatoceratidae*
CRESTA (1996)	*Erycitinae*	
RULLEAU et *al.* (2001)		*Erycitidae*
FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988)		
SADKI (1992,1996)	*Zurcheriinae*	

2.5. Genre ***Zurcheria*** DOUVILLÉ, 1885

Auteurs	Sous-familles	Familles
BASSE (1952) ARKELL (1957) WESTERMANN & RICCARDI (1972)		*Sonniniidae*
FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988)	*Zurcheriinae*	*Erycitidae*
SADKI (1992,1996)		
CRESTA (1996)		*Hammatoceratidae*

2.6. Genre ***Fontannesia*** BUCKMAN, 1902

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957) DONOVAN et *al.* (1981) PAVIA (1983) URETA (1985) FERNANDEZ-LOPEZ (1985) GOY & URETA (1987)		*Sonniniidae*
SCHINDEWOLF (1964) RULLEAU et *al.* (2001)	*Sonniniinae*	
WESTERMANN & GETTY (1970) WESTERMANN & RICCARDI (1972-1982) IMLAY (1973) SANDOVAL (1979-1983) SADKI (1992,1996)	*Grammoceratinae*	*Hildoceratidae*
LINARES & SANDOVAL (1988)	*Grammoceratinae*?	*Hildoceratidae*?

2.7. Genre ***Newmarracarroceras*** HALL, 1989

Auteurs	Sous-familles	Familles
HALL (1988) SADKI (1992,1996)	*Grammoceratinae*	*Hildoceratidae*
ELMI (comm. orale)		*Sonniniidae*

2.8. Genre ***Cadomoceras*** MUNIER-CHALMAS, 1892

Auteurs	Sous-familles	Familles
BASSE (1952)		*Haploceratidae* (= *Lissoceratidae*)
ARKELL (1957)	*Lissoceratinae*	*Haploceratidae*
PAVIA (1983) FERNANDEZ-LOPEZ (1985) FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE (1994) SANDOVAL (1985) SADKI (1992,1996)		*Strigoceratidae*
RIOULT (1994)		*Incertae sedis*

2.9. Genre ***Amblyoxyites*** BUCKMAN, 1922

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957)	*Oppeliinae*	*Oppeliidae*
PAVIA (1983)	*Bradfordiinae*	*Lissoceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985)		*Haploceratidae*

2.10. Genre ***Bradfordia*** BUCKMAN, 1910

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELI (1957) ELIMI (1967)	*Oppeliinae*	*Oppeliidae*
RIOULT et *al.*(1997) SADKI (1984)	*Bradfordiinae*	
PAVIA (1983)		*Lissoceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985) SADKI (1988)		*Haploceratidae*
GOY & URETA (1987) SADKI (1992,1996)		

2.11. Genre ***Poecilomorphus*** BUCKMAN, 1889

Auteurs	Sous-familles	Familles
BASSE (1952) ARKELL (1957)		*Sonniniidae*
PAVIA (1983)	*Bradfordiinae*	*Lissoceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985) SADKI (1992,1996)		*Haploceratidae*
STURANI (1971)		
RIOULT (1994)		*Haploceratidae* ?

2.12. Genre ***Praeoppelia*** WESTERMANN, 1969

Auteurs	Sous-familles	Familles
WESTERMANN (1969)		*Oppeliidae*
PAVIA (1983)	*Bradfordiinae*	*Lissoceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985) SADKI (1988, 1992,1996)		*Haploceratidae*

2.13. Genre ***Stegoxyites*** BUCKMAN, 1924

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957)	*Oppeliinae*	*Oppeliidae*
PAVIA (1983)	*Bradfordiinae*	*Lissoceratidae*
BENSHILI (1989) FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE (1994)		
FERNANDEZ-LOPEZ (1985)	*Bradfordiinae*	*Haploceratidae*

2.14. Genre ***Toxamblyites*** BUCKMAN, 1924

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957)		*Haploceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985)	*Bradfordiinae*	
SADKI (1992,1996)		
PAVIA (1983)	*Bradfordiinae*	*Lissoceratidae*
FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE (1994)		

2.15. Genre ***Lissoceras*** BAYLE, 1879

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957)	*Lissoceratinae*	*Haploceratidae*
BASSE (1952) SADKI (1992,1996) RIOULT (1994) SANDOVAL & WESTERMANN (1986)		
PAVIA (1983) FERNANDEZ-LOPEZ (1985)	*Lissoceratinae*	*Lissoceratidae*
BENSHILI (1989)		

2.16. Genre ***Normannites*** MUNIER CHALMAS, 1892

Auteurs	Sous-familles	Familles
WESTERMANN (1954)	*Normannitinae*	
BASSE (1952) ARKELL (1957) MAUBEUGE (1967)		*Otoitidae*
PAVIA (1983) FERNANDEZ-LOPEZ (1985) SADKI (1984)	*Stephanoceratinae*	*Stephanoceratidae*
SANDOVAL (1983) SADKI (1992,1996) GAUTTHIER & RIOULT (1994)		

2.17. Genre ***Trilobiticeras*** BUCKMAN, 1919

Auteurs	Sous-familles	Familles
BUCKMAN (1909)		*Sphaeroceratidae*
SPATH (1936)	*Otoitinae*	
WESTERMANN (1954)		
ARKELL (1957) SCHINDEWOLF (1965) GALACZ (1971) PAVIA (1983) SANDOVAL (1983) FERNANDEZ-LOPEZ (1985) GOY & URETA (1987) SADKI (1992,1996)		*Otoitidae*

2.18. Genre ***Riccardiceras*** WESTERMANN, 1995

Auteurs	Sous-familles	Familles
WESTERMANN (1995) DIETZE et *al.*, (2001)		*Stephanoceratidae*
CRESTA (1996)	*Erycitinae*	*Hammatoceratidae*
SANDOVAL et *al.* (2000)		*Otoitidae*

2.19. Genre ***Frogdenites*** BUCKMAN, 1921

Auteurs	Sous-familles	Familles
WESTERMANN (1954)	*Normannitinae*	
ARKELL (1957) SANDOVAL (1983)		*Otoitidae*
FERNANDEZ-LOPEZ (1985) GALACZ (1987, 2001)	*Sphaeroceratinae*	*Sphaeroceratidae*
THIERRY (1976) SADKI (1992,1996)		

2.20. Genre ***Labyrinthoceras*** BUCKMAN, 1919

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957) THIERRY (1976) SANDOVAL (1983) DONOVAN et *al.* (1981) GALACZ (1987) GAUTHIER & RIOULT (1994) SADKI (1992,1996)		*Sphaeroceratidae*
PAVIA(1983)	*Sphaeroceratinae*	
FERNANDEZ-LOPEZ (1985)		*Otoitidae*

2.21. Genre ***Vacekia*** BUCKMAN, 1899

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957) SADKI (1992,1996)	*Leioceratinae*	*Graphoceratidae*
LELIEVRE (1960) URETA (1985)		
RULLEAU et *al.* (2001)	*Graphoceratinae*	
ELMI & CALOO (1985)	*Harpoceratinae*	*Harpoceratidae*
GOY & URETA (1987)		*Hammatoceratidae*
DONOVAN et *al.* (1981) GOY & URETA (1988) LINARES & SANDOVAL (1992)	*Grammoceratinae*	*Hildoceratidae*
HENRIQUES (1992)	*Grammoceratinae*?	*Hildoceratidae*?

2.22. Genre ***Asthenoceras*** BUCKMAN, 1889

Auteurs	Sous-familles	Familles
ARKELL (1957) WESTERMANN (1969) SANDOVAL (1979-1983) SADKI (1984,1990,1992,1996) LINARES & SANDOVAL (1990)	*Grammoceratinae*	*Hildoceratidae*
LINARES & SANDOVAL (1988) HENRIQUES (1992)	*Grammoceratinae*?	*Hildoceratidae*?
ELMI (comm. orale)		*Incertae sedis*

B. Problème du dimorphisme

Avant d'évoquer le problème du dimorphisme, il faut d'abord définir le phénomène du polymorphisme chez les ammonites. D'après TINTANT (1977), une espèce est dite polymorphe lorsqu'elle montre l'existence de plusieurs formes distinctes au sein d'une même population interféconde. Ces formes, plus ou moins discontinues, sont appelées « morphes » ou « morphotypes ».

1. Définition

Le dimorphisme d'origine sexuelle (?) est la forme la plus fréquente du polymorphisme intraspécifique étudié par les zoologistes (TINTANT, 1977). Il a été supposé chez certaines formes d'ammonites petites ou « microconques » et grandes, ou « macroconques » dès le début du 19ème siècle par D'ORBIGNY, 1840 ; MUNIER-CHALMAS ; 1892 et GLANGEAUD, 1897. Ainsi, les microconques se distinguent souvent par la présence d'une ouverture parfois munie d'oriellettes latérales et à ornementation le plus souvent isocostée nette et accusée jusque sur la loge d'habitation. Par contre, chez les macroconques, l'ouverture est simple et l'ornementation varicostée est faible ou inexistante sur la loge d'habitation (TINTANT, 1975). En plus, d'autres critères comme la phylogenèse identique, la monomorphie des stades juvéniles et la répartition stratigraphique comparable sont indispensables pour l'indenfication du couple dimorphe

(ROLLIER, 1913 ; MAKOWSKI 1962 ; CALLOMON 1963,1969 ; TINTANT, 1963 ; ELMI, 1967, 1969 ; PALFRAMAN 1969 ; WESTERMANN, 1969 et ENAY, 1977 ; THIERRY, 1978 et ATROPS 1982, 1984, etc...). Par ailleurs, l'adoption de l'existence du dimorphisme a une influence directe sur la nomenclature des dimorphes ou encore sur les unités taxonomiques et leurs liaisons phylogénétiques. A titre d'exemple, l'évolution des *Graphoceratidae*, *Sonniniidae* et *Stephanoceratidae* de l'Aalénien-Bajocien ou encore les *Reineckeiidae* du Callovien (CARIOU, 1984) sont des bons exemples pour expliquer les conséquences pratiques du dimorphisme.

2. Quel type de dimorphisme peut-on reconnaître chez les ammonites étudiées ?

L'existence d'un dimorphisme est bien établie maintenant dans la plupart des familles d'ammonites étudiées. Ainsi, dans les travaux de certains auteurs : WESTERMANN (1964, 1969, 1979), ELMI (1967, 1969, 1977), CONTINI (1969), CALOO (1970, 1971), WESTERMANN & RICCARDI (1972, 1979, 1982), MORTON, 1971 ; STURANI, 1971 ; GABILLY et *al.*, 1971 ; PARSONS (1977, 1979), GALACZ (1980, 1990, 1994), PAVIA (1983), SANDOVAL (1983), FERNANDEZ-LOPEZ (1985), FERNANDEZ-LOPEZ et *al.* (1988), BENSHILI (1989), MORTON (1990), CALLOMON & CHANDLER (1990), HENRIQUES (1992, 2000), HENRIQUES et *al.* (1994), SADKI (1992,1996), OUAHHABI (1994), CHANDLER (1997) et RULLEAU (1997) une série de genres avec formes macroconques et microconques est citée ; mais malheureusement les critères et la nature du dimorphisme avancés par les uns et les autres ne peuvent pas être tous acceptés. En entreprenant la tentative d'éclaircir ce problème, j'ai remarqué d'abord que les opinions des auteurs concernant le couple dimorphe restent très partagées. Pour le même macroconque, on peut trouver parfois plusieurs microconques. C'est le cas chez les trois familles principales de l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur que j'essayerai de passer en revue ici. Il s'agit des :

-*Graphoceratidae* (fig.18) : en 1969, CONTINI cita un exemple très intéressant de trimorphisme (trois formes distinctes qui semblent coexister). Il observe pour le microconque *Ludwigella cornu*, deux formes macroconques, l'une formant le groupe *concavum* et l'autre le groupe *decorum*.

-*Sonniniidae* (fig. 19) : dans cette famille, le nombre important de couple dimorphe mérite bien une révision sur des sections et non sur l'holotype du BUCKMAM car, le critère taphonomique n'a jamais été pris en considération par les paléontologues.

-*Stephanoceratidae* (fig. 20): au niveau de cette famille, les couples dimorphes proposés par les différents auteurs méritent également une autre révision.

Il est à noter que les microconques ont été décrits le plus souvent comme de sous-genres.

En outre, le matériel étudié au laboratoire ou à travers les figurations et les descriptions des auteurs montre que les ammonites étudiées sont affectées par un dimorphisme plutôt morphologique que sexuel. L'étude réalisée par ELMI (1977) sur quelques dimorphes appartenant à la famille des *Graphoceratidae* ou par RULLEAU & ELMI (2001) sur les *Hammatoceratidae* écartent l'attribution automatique du dimorphisme à un caractère sexuel. Dans certains cas, ils définissent une séparation entre dimorphisme

qualitatif (grandes formes à ouverture simple et petites formes à ouverture différenciée) et quantitatif (petites et grandes formes). Pour moi, cette conception du dimorphisme est acceptable compte-tenu des critères paléontologiques évoqués par ces auteurs.

Macroconque [M]	Microconque [m]	Auteurs
Graphoceras BUCKMAN	*Ludwigella* BUCKMAN	CONTINI, 1969; CALOO, 1970 ; PAVIA, 1983 ; BENSHILI, 1989 ; MORTON, 1990; CALLOMON & CHANDLER, 1990 ; SADKI, 1992, 1996 ; OUAHHABI, 1994 ; CHANDLER, 1997 ; RULLEAU & ELMI, 2001 ; EL HAMMICHI, 2002
	Braunsina BUCKMAN	CONTINI, 1969 ; LINARES et *al.*, 1988 ; BENSHILI, 1989 ; SANDOVAL, 1990 ; HENRIQUES et *al.*, 1994
	Platygraphoceras BUCKMAN	CONTINI, 1969, MORTON, 1990
Hyperlioceras BUCKMAN	*Oedania* BUCKMAN	CONTINI, 1969 ; PAVIA, 1983 ; HENRIQUES et *al.*, 1994
	Braunsina BUCKMAN	CALOO, 1970 ; PAVIA, 1983 ; CHANDLER, 1997
	Braunsina BUCKMAN-*Reynesella* BUCKMAN	MORTON, 1990 ; CALLOMON CHANDLER, 1990
Toxolioceras BUCKMAN	*Reynesella* BUCKMAN	CONTINI, 1969 ; HENRIQUES et *al.*, 1994
	Braunsina BUCKMAN-*Reynesella* BUCKMAN	HENRIQUES, 2000
Hyperlioceras BUCKMAN	*Reynesella* BUCKMAN	RIOULT et *al.*, 1997
Darellia BUCKMAN	*Braunsina* BUCKMAN	PAVIA, 1983

Fig. 18- Principaux paires dimorphes chez les derniers *Graphoceratidae*.

Macroconque [M]	Microconque [m]	Auteurs
Dorsetensia BUCKMAN	*Nannina* BUCKMAN	PAVIA, 1983 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; MORTON, 1990 ; SADKI, 1992, 1996 ; FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE, 1994 ; RIOULT et *al.*, 1997 ; RULLEAU,1997, 2006
Euhoploceras BUCKMAN	*Fissilobiceras* BUCKMAN	PAVIA, 1983
	Nannoceras BUCKMAN	WESTERMANN, 1966 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; SADKI, 1992, 1996 ; SANDOVAL & CHANDLER, 2000
Fontannesia BUCKMAN	*Nannoceras* BUCKMAN	CALLOMON & CHANDLER, 1990
Fissilobiceras BUCKMAN	*Pelekodites* BUCKMAN	FERNANDEZ-LOPEZ, 1985
Shirbuirnia BUCKMAN	*Maceratites* BUCKMAN (pars)	
Papilliceras BUCKMAN	*Pelekodites* BUCKMAN	
Sonninia BAYLE	*Pelekodites* BUCKMAN	FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE, 1994 ; SANDOVAL (comm. orale)
Witchellia BUCKMAN	*Maceratites* BUCKMAN	FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; MAUBEUGE, 1967 ; SANDOVAL (comm. orale)
	Nannina BUCKMAN	CALLOMON & CHANDLER, 1990
	Nannoceras BUCKMAN	MORTON, 1990
	Pelekodites BUCKMAN	MORTON, 1990 ; CALLOMON & CHANDLER, 1990 ; RIOULT et *al.*, 1997

Fig. 19- Principaux paires dimorphes dans la famille des *Sonniniidae*.

Macroconque [M]	Microconque [m]	Auteurs
Cadomites MUNIER CHALMAS	*Polyplectites* MASCKE	MAKOWSKI, 1963 CALLOMON, 1963 WESTERMANN, 1964 SANDOVAL, 1983 FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 GALACZ, 1994
Kumatosstephanus BUCKMAN	*Gerzenites* WESTERMANN	WESTERMANN, 1964 PAVIA, 1983; SANDOVAL, 1983 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; GALACZ, 1988; RIOULT et *al.*, 1997
	Normannites MUNIER CHALMAS	SANDOVAL, 1983
Mollistephanus BUCKMAN	*Itinsaites* McLEARN (pars)	PARSONS, 1976
	Albarracinites FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 (pars)	FERNANDEZ-LOPEZ, 1985
Skirroceras MASCKE	*Normannites* MUNIER CHALMAS	SANDOVAL, 1983
	Epalxites MASCKE	RIOULT et *al.*, 1997
Stephanoceras WAAGEN	*Normannites* MUNIER CHALMAS	WESTERMANN, 1964 WESTERMANN & GETTY, 1970 ; SANDOVAL, 1983
	Itinsaites McLEARN	WESTERMANN & HALL, 1980 ; PAVIA, 1983 FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 RIOULT et *al.*, 1997
	Itinsaites McLEARN (pars)	RULLEAU, 2006
	Skirroceras MASCKE	BENSHILI, 1989
Stemmatoceras MASCKE	*Epalxites* MASCKE	WESTERMANN, 1964
	Normannites MUNIER CHALMAS	GABILLY et *al.*, 1971
	Platystomites WESTERMANN	PAVIA, 1983 ; SANDOVAL, 1983 ; RIOULT et *al.*, 1997
	Itinsaites McLEARN	WESTERMANN, 1964
Teloceras MASCKE	*Epalxites* MASCKE	WESTERMANN, 1967 PARSONS, 1976 FERNANDEZ-LOPEZ & MOUTERDE, 1994
	Normannites MUNIER CHALMAS	PAVIA, 1983 ; FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; WESTERMANN, 1993 ; RIOULT et *al.*, 1997
	Platystomites WESTERMANN	WESTERMANN, 1964 MORTON, 1971 ; PAVIA, 1983
	Itinsaites McLEARN	WESTERMANN, 1964 GABILLY et *al.*, 1971 MORTON, 1971

Fig. 20- Principaux paires dimorphes dans la famille des *Stephanoceratidae*.

3. Nomenclature adaptée aux dimorphes

En absence d'une règle de nomenclature adaptée aux dimorphes, il existe actuellement plusieurs hypothèses sur la façon d'introduire la notion de dimorphisme dans la nomenclature. Ainsi, nous citons :

- Nomenclature de WESTERMANN , GUEX et PALFRAMAN

Pour ces auteurs, les macroconques [M] et microconques [m] équivalents doivent être regroupés dans une même espèce. Le dimorphisme est considéré ici comme sexuel.

-Nomenclature de CALLOMON, TINTANT et ENAY

Contrairement à la nomenclature précédente, ces auteurs regroupent macroconques [M] et microconques [m] dans des sous-genres réunis dans un seul genre. Cette méthode de nomenclature a été adoptée par ELMI (1967), CONTINI (1969), CALOO (1970, 1971), PAVIA (1983), SANDOVAL (1983), BENSHILI (1989) et OUAHHABI (1994).

-Nomenclature de ELMI

Dans une note consacrée à la nomenclature appliquée aux dimorphes chez les ammonites Jurassiques, ELMI (1969) sépare génériquement macroconques [M] et microconques [m]. Une telle conception a été proposée par l'auteur suite à l'existence dans certains groupes d'ammonites d'un décalage chronologique dans l'apparition des caractères évolutifs chez des lignées microconques ou macroconques ; ce qui rend impossible des rapprochements taxonomiques trop précis.

En ce qui concerne notre travail, nous avons retenu la classification d'ELMI d'où les dimorphes sont considérés comme étant des entités taxonomiques distinctes. Elle a l'avantage de mieux contraindre l'étude quantitative. Cette classification a été utilisée également par FERNANDEZ-LOPEZ (1985), HENRIQUES (1992) et SADKI (1992,1996)

C. Conclusion

En évoquant le problème des pratiques taxonomiques chez les ammonites étudiées, nous avons remarqué que depuis la révision proposée par ARKELL, la classification au niveau des familles ou des rangs taxonomiques supérieurs n'a pas significativement progressé. Par ailleurs, les reconstitutions phylogénétiques (*méthode cladistique*) à l'échelle générique ont donné d'excellents résultats qui sont aujourd'hui admis par de nombreux spécialistes. Dans la présente étude, la classification retenue pour les ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur est la suivante (fig. 21) :

Super-famille	Familles	Genres
Hammatoceratataceae **SCHINDEWOLF, 1964**	***Hammatoceratidae*** **BUCKMAN, 1887**	*Bredyia* BUCKMAN, 1920 *Eudmetoceras* BUCKMAN, 1920 *Hammatoceras* HYATT, 1867 *Planammatoceras* BUCKMAN, 1922 *Pseudammatoceras* ELMI, 1963 *Pseudaptetoceras* BUCKMAN, 1922 *Rhodaniceras* ELMI, 1963
	Erycitidae **SPATH, 1928**	*Abbasites* BUCKMAN, 1921 *Abbasitoides* GECZY, 1966 *Ambersites* BUCKMAN, 1921 *Erycites* GEMMELLARO, 1886 *Haplopleuroceras* BUCKMAN, 1892 *Malladaites* LINARES & SANDOVAL, 1986 *Parazurcheria* FERNANDEZ-LOPEZ, 1988 *Zurcheria* DOUVILLE, 1885
	Graphoceratidae **BUCKMAN, 1905**	*Brasilia* BUCKMAN, 1898 *Braunsina* BUCKMAN, 1902 *Darellia* BUCKMAN, 1898 *Darellina* BUCKMAN, 1904 *Derellella* BUCKMAN, 1904 *Graphoceras* BUCKMAN, 1898 *Hyperlioceras* BUCKMAN, 1889 *Ludwigella* BUCKMAN, 1901 *Oedania* BUCKMAN, 1904 *Peudographoceras* BUCKMAN, 1899 *Reynesella* BUCKMAN, 1902 *Toxolioceras* BUCKMAN, 1904 *Vacekia* BUCKMAN, 1899
	Sonniniidae **BUCKMAN, 1892**	*Dorsetensia* BUCKMAN, 1892 *Euhoploceras* BUCKMAN, 1913 *Fissilobiceras* BUCKMAN, 1919 *Fontannesia* BUCKMAN, 1902 *Maceratites* BUCKMAN, 1928 *Nannina* BUCKMAN, 1927 *Nannoceras* BUCKMAN, 1923 *Newmarracarroceras* HALL, 1989 *Papilliceras* BUCKMAN, 1920 *Pelekodites* BUCKMAN, 1923 *Shirbuirnia* BUCKMAN, 1910 *Sonninia* BAYLE, 1879 *Witchellia* BUCKMAN, 1889
	Strigoceratidae **BUCKMAN, 1924**	*Cadomoceras* MUNIER CHALMAS, 1892 *Hebetoxyites* BUCKMAN, 1924 *Praestrigites* BUCKMAN, 1924 *Strigoceras* QUENSTEDT, 1886
Oppeliaceae **DOUVILLE, 1890**	***Oppeliidae*** **DOUVILLE, 1890**	*Amblyoxyites* BUCKMAN, 1922 *Bradfordia* BUCKMAN, 1910 *Micropoecilomorphus* STURANI, 1971 *Microtoxamblyites* STURANI, 1971 *Poecilomorphus* BUCKMAN, 1889 *Oecotraustes* WAAGEN, 1869 *Oppelia* WAAGEN, 1869 *Praeoppelia* WESTERMANN, 1969 *Protoecotraustes* SPATH, 1928 *Stegoxyites* BUCKMAN, 1924 *Toxamblyites* BUCKMAN, 1924

Super-famille	Famille	Genres
Haploceratacea **ZITTEL, 1884**	***Lissoceratidae*** **ZITTEL, 1884**	*Lissoceras* BAYLE, 1879 *Microlissoceras* STURANI, 1971
Stephanocerataceae **NEUMAYR, 1875**	***Stephanoceratidae*** **NEUMAYR, 1875**	*Albarracinites* FERNANDEZ-LOPEZ 1985 *Epalxites* MASCKE, 1907 *Gerzenites* WESTERMANN, 1954 *Itinsaites* McLEARN, 1927 *Kumatostephanus* BUCKMAN, 1922 *Masckeites* BUCKMAN, 1920 *Mollistephanus* BUCKMAN, 1922 *Phaulostephanus* BUCKMAN, 1927 *Platystomites* WESTERMANN, 1954 *Normannites* MUNIER CHALMAS, 1892 *Cadomites* MUNIER CHALMAS, 1892 *Polyplectites* MASCKE, 1907 *Skirroceras* MASCKE, 1907 *Stemmatoceras* MASCKE, 1907 *Stephanoceras* WAAGEN, 1869 *Teloceras* MASCKE, 1907 *Zemistephanus* McLEARN, 1927
	Otoitidae **MASCKE, 1907**	*Docidoceras* BUCKMAN, 1919 *Emileites* BUCKMAN, 1927 *Emileia* BUCKMAN, 1898 *Trilobiticeras* BUCKMAN, 1919 *Otoites* MASCKE, 1907 *Riccardiceras* WESTERMANN, 1995
	Sphaeroceratidae **BUCKMAN, 1920**	*Chondroceras* MASCKE, 1907 *Frogdenites* BUCKMAN, 1921 *Labyrinthoceras* BUCKMAN, 1919 *Sphaeroceras* BAYLE, 1878
Perisphinctaceae **STEINMANN, 1890**	***Perisphinctidae*** **STEINMANN, 1890**	*Cleistosphinctes* ARKELL, 1950 *Leptosphinctes* BUCKMAN, 1920
Incertae sedis		*Asthenoceras* BUCKMAN, 1899

Fig. 21- Systématique des taxons analysés.

Deuxième Partie – APPLICATION DES METHODES QUANTITATIVES

Deuxième Partie - APPLICATION DES METHODES QUANTITATIVES

I. INTRODUCTION

Dans ce travail consacré aux ammonites, nous voulons montrer qu'il est possible de traiter les données paléontologiques dans un esprit tout différent de celui des méthodes classiques et de déboucher sur des résultats dont l'intérêt est incontestable pour la biodiversité, la biogéographie et les corrélations biochronologiques. Les méthodes quatitatives utilisées font appel à des techniques mathématiques souvent très complexes. Il s'agit des cinq grandes méthodes (statistiques, multivariées, semi-empiriques, probabilistes et déterministes), aujourd'hui toutes informatisées, avec des logiciels permettant de faire aisément des analyses très délicates.

II. CONCEPTS, METHODES ET USAGES

Parmi les méthodes quantitatives disponibles pour les paléontologues, nous détaillerons simplement les concepts et les objectifs de trois démarches.

A. Démarche statistique

On dispose actuellement de nombreux tests statistiques différents qui peuvent être utilisés soit pour la biochronologie quantitative dans le but de donner une réponse au problème de la corrélation entre deux séries stratigraphiques éloignées (BOULARD, 1993, p. 9) soit pour les corrélations statistiques entre les régions. Dans notre cas, nous avons fait le choix de deux méthodes statistiques pour effectuer des corrélations entre les courbes de biodiversité totale. Le traitement des données est réalisé par le logiciel **Minitab** ver. 12.2.

1. Méthode de corrélation (Pearson)

La méthode est basée sur le calcul de coefficient du moment produit de Pearson pour chaque paire de variables. En d'autres termes, le coefficient (r) est utilisé pour mesurer le degré de relation linéaire entre deux variables. Il suppose une valeur entre -1 et +1. Si une variable tend à augmenter à mesure que l'autre diminue, le coefficient de corrélation est négatif. Inversement, si les deux variables tendent à augmenter, le coefficient de corrélation est positif.

Pour un test bilatéral de la corrélation : $H_0 : \rho = 0$ contre $H_1 : \rho \neq 0$ où ρ est la corrélation pour une paire de variables.

2. Méthode de la régression linéaire

La régression linéaire appelée aussi l'analyse linéaire de la régression, consiste à déterminer une estimation des valeurs a et b et à quantifier la validité de cette relation grâce au coefficient de corrélation linéaire (r^2). Pour les données utilisées dans ce travail,

l'estimation de la qualité de la régression est calculée en indiquant le pourcentage de variation de biodiversité dans une région expliqué par la variation dans l'autre région.

B. Démarche multivariée

Il s'agit d'un ensemble de méthodes destinées à synthétiser l'information issue de plusieurs variables. Les techniques multivariées les plus utilisées dans le traitement des données à la fois quantitatives et qualitatives sont : l'analyse de groupe, l'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse factorielle en composantes principales (AFC) et l'analyse en coordonnées principales (PCO). Les deux premières analyses ont été employées par BOULARD (1993) et DIGIANNI et *al.* (1994) dans le but de tester la validité des zones d'association (biochronologie quantitative). Par contre, dans le cas qui nous concerne, l'objectif d'utilisation des méthodes multivariées (analyse en coordonnées principales et calcul d'indices de similarité et de distance) est de comparer les différentes régions en fonction de leur composition taxonomique. Pour cela, nous avons choisi deux logiciels, à savoir : le ***PAST-PAlaeontological STatistics***, ver. 1.30 (HAMMER et *al.*, 2004) et les ***BG-Index*** ver. 1.1 β (ESCARGUEL, 2001)

1. Analyse en coordonnées principales (PCO)

L'analyse en coordonnées principales (*Principal Coordinates Analysis*) est une généralisation de l'analyse en composantes principales (ACP). A la différence de cette dernière qui calcule la distance entre des points d'un espace au moyen de la distance euclidienne, la PCO autorise l'utilisation d'autres mesures de distance susceptible de mieux traduire la différence entre relevés (exemple : le coefficient de BRAY-CURTIS). Autrement dit, le but de la PCO est de rechercher les axes principaux qui maximisent une matrice de distance en situant les objets dans un espace de dimemsion réduite. Les formulations mathématiques de cette analyse se résument ainsi :

-Calcul de la matrice D : $D = \{d_{i,j}\}$.où i représente les lignes et j représente les colonnes dans la matrice de distance ;

-Calcul de la matrice $D^* = -\frac{1}{2} D^2$: $D^* = \{d^*_{i,j}\}$;

-Calcul de la matrice $\Delta = D^* - \overline{D^*_i} - \overline{D^*_j} + \overline{D^*}$: $\Delta \{\lambda_{i,j}\}$.où $\overline{D^*i}$ représente la distance moyenne des lignes, $\overline{D^*j}$ représente la distance moyenne des colonnes et $\overline{D^*}$ représente la distance moyenne ;

-Analyse propre (*eigen-analysis*) de la matrice Δ : cette analyse consiste à transformer la matrice initiale Δ (diagonale de la matrice = 0) en matrice équivalente E (diagonale de la matrice ≠ 0). Les valeurs propres seront transformées par la suite en séries de vecteurs propres ;

-Interprétation des axes A_1, A_2 ....

2. Calcul d'indices de similarité et de distance

Les indices de similarité (Ressemblance) et de distance (Dissemblance) permettent de comparer des listes fauniques binaires de type *Présence / Absence*. Ces indices reposent

sur le calcul préalable de sept quantités caractérisant les relations qui existent entre les deux listes étudiées. Il s'agit de :

-C_{i-j} : Nombre de taxons communs aux deux listes ;
-A_{i-j} : Nombre de taxons absents simultanément dans les deux listes (mais présents dans au moins une des n-2 autres listes) ;
-N_i : Nombre total de taxons présents dans la liste i ;
-N_j : Nombre total de taxons présents dans la liste j ;
-$E_i = N_i - C_{i-j}$: Nombre de taxons présents dans la liste i mais absents dans j ;
-$E_j = N_j - C_{i-j}$: Nombre de taxons présents dans la liste j mais absents dans i ;
-$Nt_{i-j} = N_i + N_j - C_{i-j} = E_i + E_j + C_{i-j}$: Nombre total de taxons présents dans les deux listes regroupées.

Sur les dix neuf indices binaires calculés par le programme ***BG-Index*** (ESCARGUEL, 2001), nous retiendrons dans cette analyse uniquement les indices de similarité et de distance les plus souvent utilisés dans les études biochronologiques. Ce sont les Coefficients de SIMPSON, de BRAUN-BLANQUET, de JACCARD de DICE et de BRAY-CURTIS.

2.1. Indices de similarité

-Coefficient de SIMPSON : $\mathbf{S}_{i-j} = C_{i-j} / N_i$ où $N_i \leq N_j$

S ($\in [0 ; 1]$) est le rapport du nombre de taxons en communs aux deux listes au nombre de taxons présents dans la plus petite des deux listes comparées.

-Coefficient de BRAUN-BLANQUET : $\mathbf{BB}_{i-j} = C_{i-j} / N_j$ où $N_i \leq N_j$

BB ($\in [0 ; 1]$) est le rapport du nombre de taxons en commun aux deux listes au nombre de taxons présents dans la plus grande des deux listes comparées.

-Coefficient de JACCARD : $\mathbf{J}_{i-j} = C_{i-j} / Nt_{i-j}$

J ($\in [0 ; 1]$) est le rapport du nombre de taxons en commun aux deux listes au nombre de taxons présents dans les des deux listes regroupées.

-Coefficient de DICE : $\mathbf{D}_{i-j} = 2.C_{i-j} / (N_i + N_j)$

D ($\in [0 ; 1]$) est le rapport arithmétique du nombre de taxons en communs aux deux listes au nombre moyen de taxons présents dans les deux listes comparées.

2.2. Indice de distance

-Coefficient de BRAY-CURTIS : $\mathbf{BC}_{i-j} = (E_i + E_j) / (N_i + N_j) = M_{i-j} / (N_i + N_j)$

BC ($\in [0 ; 1]$) est le rapport arithmétique de la distance Manhattan – i.e., du nombre de taxons propres à chacune des deux listes ($E_i + E_j$) – au nombre de taxons présents dans les deux listes comparées ($N_i + N_j$).

3. Critère de PIELOU (1979)

Cet indice permet de quantifier le degré d'ordre à l'intérieur d'une matrice de Similarité (mS) ou de Distance (mD). On dit qu'une matrice (mS ou mD) présente un degré d'ordre maximal lorsque les couples possédant les valeurs de similarités les plus élevées (ou distances les plus basses) sont associés au mieux le long des lignes et des colonnes de la matrice. D'autre part, l'évaluation peut être également qualitative par l'analyse graphique des matrices. Ainsi, une matrice parfaitement ordonnée présente des valeurs de similarités d'autant plus élevées qu'on se rapproche de sa diagonale principale. Inversement une matrice parfaitement inversée, parfaitement désordonnée est une matrice qui présente des valeurs de similarités d'autant plus faibles qu'on se rapproche de sa diagonale principale (ESCARGUEL, 2003). Il est à noter que la quantification du degré d'ordonnancement pour une matrice de Similarité ou de Dissimilarité se fait par le calcul de l'indice d'ordre **Q.** Cet indice est obtenu à partir du vecteur **V** constitué de $n - 1$ diagonales classées de la plus extrême, contenant 1 élément, à la plus centrale, contenant n-1 éléments. Ensuite, on compare **Q** à sa valeur maximale théorique, notée $\mathbf{Q}_{max}$ (matrice parfaitement inversée). Le rapport ainsi obtenu $\mathbf{Q}/\mathbf{Q}_{max} \in [0 ; 1]$ est le critère de PIELOU :

-Si $\mathbf{Q}/\mathbf{Q}_{max} \approx 0 \Rightarrow$ la matrice est parfaitement ordonnée ;
-Si $\mathbf{Q}/\mathbf{Q}_{max} \approx 0{,}5 \Rightarrow$ la matrice est aléatoirement désordonnée ;
-Si $\mathbf{Q}/\mathbf{Q}_{max} \approx 1 \Rightarrow$ la matrice est parfaitement inversée.

La valeur calculée $\mathbf{Q}/\mathbf{Q}_{max}$ permet finalement de savoir si cette valeur diffère significativement (au sens statistique) de 0,5 ($\Leftrightarrow$ « désordonnancement aléatoire parfait » de la matrice). Si l'ordre des listes dans la matrice suit une séquence géographique ou chronologique, le calcul du critère de PIELOU permettra de dire si un tel ordre est confirmé ou infirmé par les valeurs de similarités ou de distances calculées (ESCARGUEL, 2003).

4. Reconstitution des topologies

4.1. Reconstitution de phénogrammes et visualisation graphique des matrices de Distance

A partir d'indices de similarité et de distance retenus pour le traitement des données, la matrice de dissimilarités produite par le programme *BG-Index* est utilisée afin de construire un phénogramme (graphe connexe non cyclique)(fig. 22) reflétant ainsi les tendances générales des relations entre les faunes des différentes régions. Pour cela, trois types de programmes du *package* PHYLIP 3.5 (FELSENSTEIN, 1993) peuvent être utilisés. Il s'agit des programmes FITCH et KITSCH (algorithmes d'ajustement) et du programme NEIGHBOR (algorithmes d'agglomération) option : NEIGHBOR-JOINING et UPGMA (moyenne non pondérée des groupes associés). Dans le présent travail, nous avons utilisé uniquement le programme NEIGHBOR. Les algorithmes développés par ledit programme reposent sur une stratégie différente de regroupement par agglomération successive (voir formulation mathématique, ESCARGUEL, 2003).

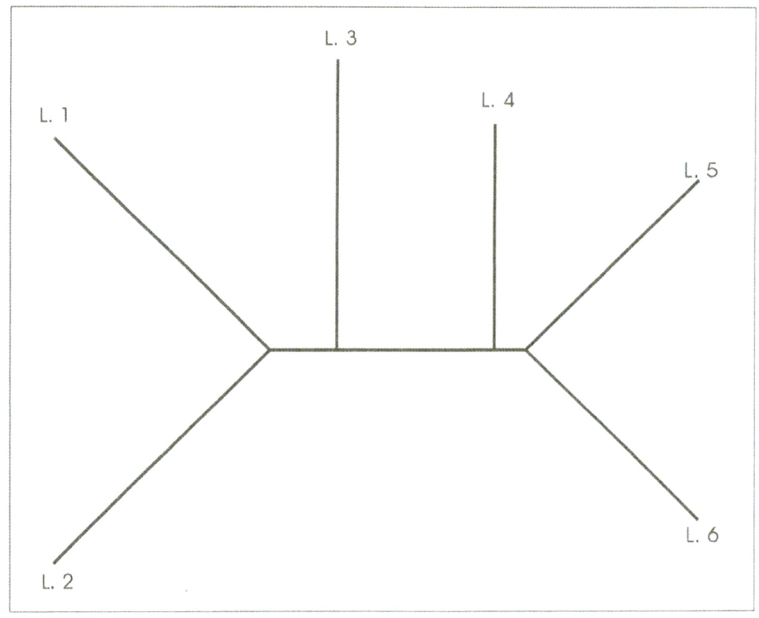


Fig. 22- Phénogramme reconstitué à partir des distances faunistiques entre 6 régions.

4.2. Construction d'un « Graphe d'Association Hiérarchique »

Cette dernière étape d'analyse, consiste à représenter le phénogramme ainsi obtenu sous forme de « Graphe d'Association Hiérarchique ». Ce graphe regroupe les différents niveaux d'associations de listes faunistiques (surfaces emboîtées) selon leur degré de similarité (fig. 23). La couleur réunissant deux ou plusieurs régions est définit comme étant une fonction linéaire du degré de proximité entre chaque ensemble considéré. Notons que les principales opérations décrites pour le traitement des données de similarité et de distance sont schématisées dans la figure 24.

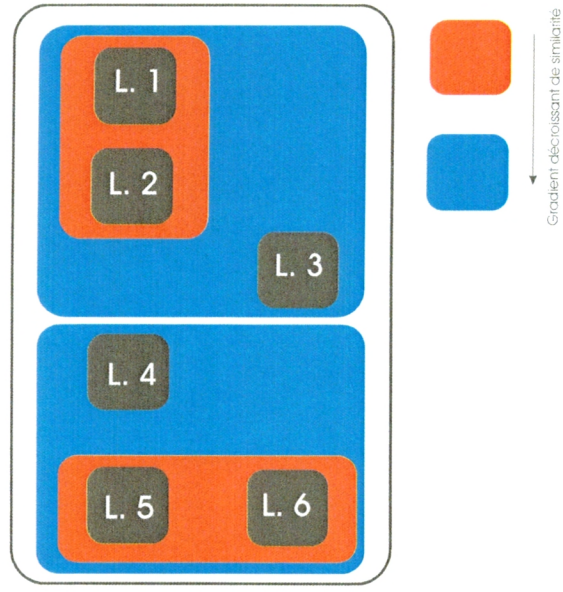


Fig. 23- Transformation du phénogramme en « Graphe d'Association Hiérarchique ».

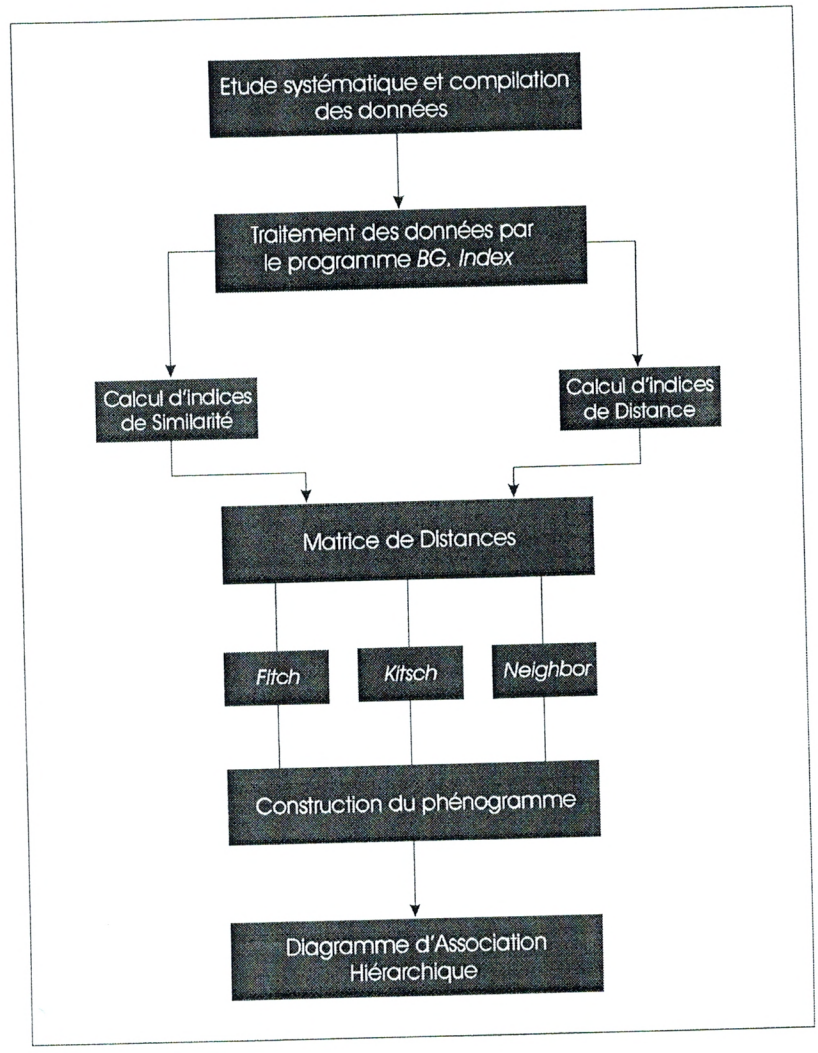


Fig. 24- Organigramme des principles opérations effectuées lors du traitement des données de similarité et de distance.

C. Démarche déterministe

La démarche déterministe est représentée essentiellement par la technique géométrique et celle des sériations déterministes simples (GUEX, 1987 ; BOULARD, 1993). Ces techniques ont été développées afin d'établir une synthèse des zones d'extention locale des espèces fossiles (BOULARD, 1993).

1. Technique géométrique

Cette technique appelée plus simplement méthode de SHAW (1964) est l'une des premières en biochronologie quantitative. L'auteur propose une méthode classique de corrélation et de régression basée sur l'interprétation graphique de la projection des FADs et des LADs des taxons. La corrélation des profils stratigraphiques détermine ainsi un nuage de points qui va permettre de positionner une droite de régression (fig. 25). Notons que la méthode de SHAW telle qu'elle a été publiée reste inapplicable lorsque les relations entre les datums (FADs et LADs) sont contraditoires d'un profil à l'autre (GUEX, 1979, 1987).

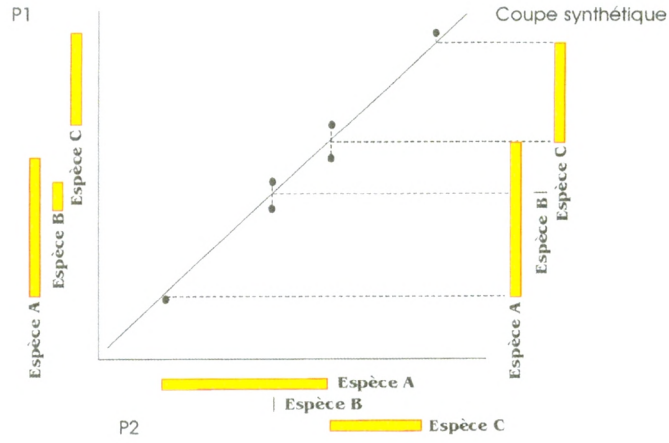


Fig. 25- Exemple de la méthode de Shaw.

Cas de distribution de trois espèces A, B, C dans deux profils stratigraphiques P1 et P2 : la projection des FADs et des LADs sur la droite de régression permet de définir une coupe synthétique contenant les informations des deux profils.

2. Technique des sériations déterministes simples

C'est la technique la plus intéressante en biochronologie quantitative. Elle est représentée par deux méthodes ayant comme objectif l'établissement d'une échelle de temps relative. La première est celle de RUBEL (1978). Elle a été très vite délaissée, car dans sa technique, l'auteur ne conçoit pas la zone biochronologique comme une subdivision caractérisée par un assemblage indiciel (GUEX, 1987). En plus, lorsque la relation stratigraphique entre deux taxons est indéterminée, ou encore lorsque deux taxons occupent des positions stratigraphiques contradictoires, la technique proposée ne règle pas d'une manière objective ces problèmes biostratigraphiques. Par ailleurs, la deuxième méthode est celle de GUEX publiée pour la première fois en 1977. C'est la méthode quantitative dite des «Associations Uniatires» ou selon le vocabulaire de THIERRY (1994) méthode de la «biostratigraphie déterministe». Mais avant de développer cette dernière méthode, nous pensons qu'il est indispensable de mettre l'accent sur la différence entre biostratigraphie et biochronologie. D'après GUEX (1979, 1987), la biostratigraphie s'applique d'une manière générale à tout ce qui touche à l'étude du contenu fossile des roches sédimentaires (en incluant les études paléontologiques, celles des biofaciès et délimitation des écozones…) alors que la biochronologie décrit uniquement l'opération qui consite à chercher, au sein d'un assemblage fossile, les taxons qui sont caractéristiques de l'âge relatif de cet assemblage.

2.1. Méthode des associations unitaires (AU)

Cette nouvelle méthode d'analyse biochronologique est le résultat d'une recherche menée par GUEX depuis 1977. Elle a été pratiquée manuellement (1977, 1978, 1979) jusqu'à la publication des premières versions informatisées par DAVAUD & GUEX (1978) et DAVAUD (1979, 1982). La méthode des associations unitaires (AU en abrégé) permet de mettre en évidence des ensembles exclusifs d'espèces et d'en découvrir la séquence chronologique en vue de constituer une échelle biochronologique discrète. A partir de 1980, GUEX résoud le problème des relations stratigraphiques contradictoires entre les taxons en faisant appel à la théorie des garphes (BERGE, 1973). Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi donc d'utilser cette méthode qui sera décrite en détail ici.

2.1.1. Définitions

Les quelques définitions données ci-après sont nécessaires pour comprendre la démarche déterministe proposée par GUEX.

2.1.1.1. Echelle biochronologique

C'est l'image indéfiniment perfectible d'une succession irréversible d'événements biologiques distincts, mutuellement exclusifs.

2.1.1.2. Spectre d'association

Le spectre d'association d'un groupe X est l'ensemble des groupes fossiles qui ont été trouvés associés à ce groupe X dans des sections géologiques dispersées.

2.1.1.3. Compatibilité

Deux espèces (et par extension plusieurs espèces) sont dites compatibles si elles ont coexisté réellement (coexistence observée) ou virtuellement (coexistence déduite).

2.1.1.4. Horizon maximal local et résiduel

On dira qu'un niveau fossilifère est un horizon maximal si l'ensemble des espèces qui coexistent (réellement ou virtuellement) dans ce niveau est maximal (GUEX, 1987). Les horizons maximaux d'une section stratigraphique donnée sont séparés les uns des autres par des intervalles qui correspondent aux intersections minimales d'intervalles d'existence (fig. 26).

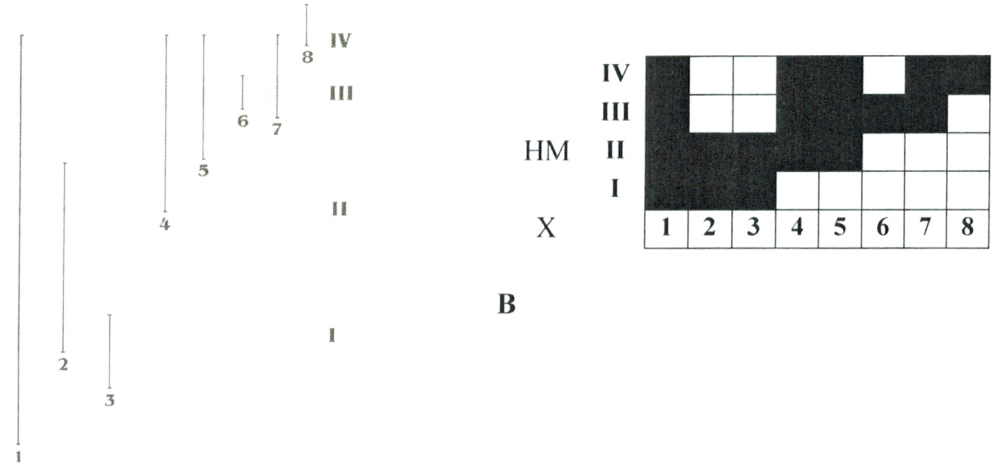


Fig. 26- Distribution verticale locale de 8 espèces dans une section stratigraphique (d'après GUEX, 1987, modifié).

A: horizons maximaux (HM)(**I** à **IV**) correspondent aux relations stratigraphiques entre les espèces. **B** : représentation des horizons maximaux sous forme de tableau (HM-X).

2.1.1.5. Association unitaire

Une association unitaire est définie comme un ensemble maximum d'espèces compatibles. Elle correspond donc à un intervalle de coexistence d'espèces dont la durée est minimum (GUEX, 1979). Un tel intervalle est caractérisé par les espèces et /ou les paires d'espèces qui s'y trouvent de façon exclusive. Les associations unitaires sont ensuite réunies en zones d'associations discrètes (discontinues) et reproductibles.

Notons, en outre, que les influences du confinement géographique des espèces sur l'élaboration d'échelles biochronologiques et sur les corrélations doivent être impérativement prises en considération. D'après GUEX (1978), les espèces dont la distribution géographique est restreinte engendrent une multiplication du nombre d'associations unitaires sans signification chronologique. Cette multiplication peut elle-même engendrer des problèmes de corrélation assez délicats.

2.1.1.6. Reproductibilité

Lors que des associations unitaires sont identifiées dans tous les profils où elles sont potentiellement identifiables, on dira donc qu'elles répondent au principe de reproductibilité (GUEX, 1979). Les diverses séquences de subdivisions identifiées dans l'ensemble des profils sont généralement transcrites dans une matrice dite de reproductibilité. Cette matrice avec le protoréférentiel (synthèse de toutes les relations de coexistence, superposition et d'exclusion des nombreux taxons) constitue la base du référentiel réel.

2.1.1.7. Biochronozone

Une biochronozone (zone discrète et chronologiquement significative) est une subdivision fine de l'échelle biochronologique. Elle caractérisée par l'ensemble des espèces /paires d'espèces caractéristiques de chacune des associations uniataires réunies et par un ensemble d'éléments nouveaux constitué par les espèces /paires d'espèces qui se trouvent exclusivement dans cette réunion (GUEX, 1987).

2.1.2. Introduction à la théorie des graphes

2.1.2.1. Concept de graphe

Un graphe est un schéma constitué par un ensemble (supposé ici fini) x_1, x_2,...,x_n et par un ensemble de flèches reliant chacune deux de ceux-ci, et dénotées 1, 2, ..., *m*. Les points sont appelés les sommets du graphe, et les flèches les arcs du graphe. Il existe trois types de graphes :

a. Graphe orienté Gs

Un graphe Gs est la donnée d'un ensemble X (fini) de points appelés sommets et d'un sous ensemble U de produit cartésien : $U \subset X \times X$ (ensemble des couples). Les couples orientés (x,y) de U sont appelés arcs.

Exemple (fig. 27) : X = {A,B,C,D}
U = {(A,B), (A,C), (B,C), (D,A), (D,B)}

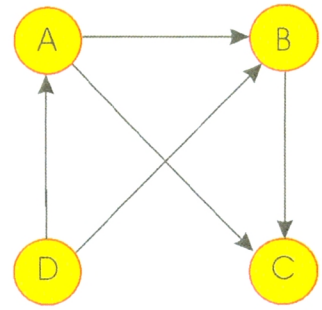


Fig. 27- Exemple d'un graphe orienté.

-Quelques définitions relatives au graphe orienté

**Successeur* : un sommet y est appelé successeur du sommet x s'il existe un arc reliant x à y. x serai appelé extrémité initiale et y extrémité terminale. L'ensemble des successeurs d'un sommet x est noté $\Gamma^{+}(x)$.

**Prédécesseur* : un sommet y est appelé prédécesseur d'un sommet x s'il existe un arc reliant y à x. y serai donc appelé extrémité initiale et x extrémité terminale. L'ensemble des prédécesseurs d'un sommet x est noté $\Gamma^{-}(x)$.

**Sommets adjacents* : les sommets x, y sont dits adjacents ou voisins si l'un est prédécesseur de l'autre. L'ensemble des sommets voisins de x est noté $\Gamma(x)$.

Remarque : $\Gamma \square(x) = \Gamma^{+}(x)$ U

**Sous-graphe* : un sous graphe du graphe G = {X, U} est la donnée d'un sous ensemble A de X et d'un sous ensemble de U tels que les arcs relient uniquement les sommets de A.

**Graphe partiel* : un graphe partiel du G est un graphe qui a le même ensemble de sommets et dans lequel on a supprimé quelques arcs.

**Chaîne* : une chaîne est une suite alternée de sommets et des arcs (l'orientation des arcs y est quelconque) (fig. 28.1)

**Chemin* : est une chaîne dans laquelle tous les arcs sont orientés dans le même sens (fig. 28.2)

Remarque : les extrémités initiales et terminales d'une chaîne est d'un chemin sont distinctes.

Cycle : un cycle est un chemin dont les extrémités initiales et terminales coïncident (fig. 28.3)

Remarque : la longueur d'une chaîne, chemin ou cycle est le nombre d'arcs. On note par Cn un cycle de longueur n.

Circuit : est une chaîne dont les extrémités initiales et terminales coïncident (fig. 28. 4).

Graphe transitif : un graphe sera dit transitif (fig. 29) s'il vérifie la condition suivante :

$$\forall x,y,z \in X : \text{si} \quad (x,y) \in U \text{ et } (y,z) \in U \Rightarrow (x,z) \in U$$

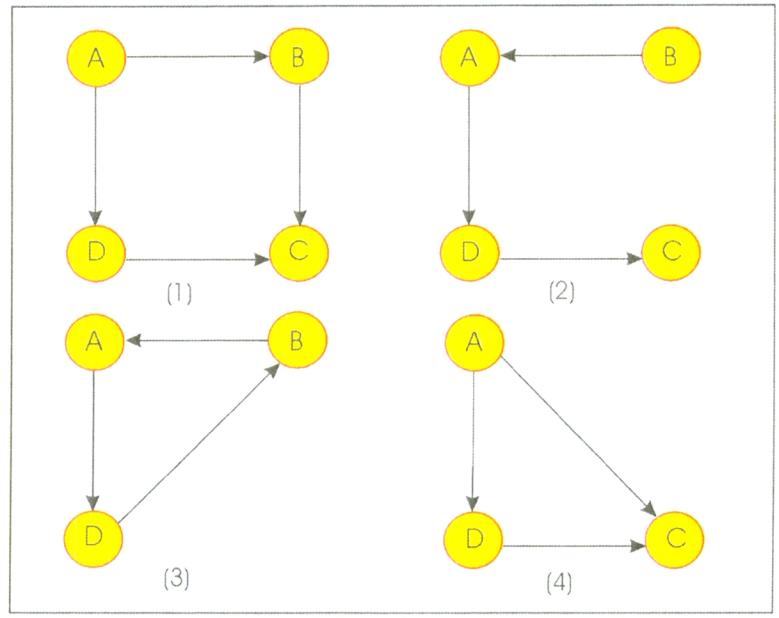


Fig. 28- Représentation d'une chaîne (1), chemin (2), cycle (3) et circuit (4) dans un graphe orienté.

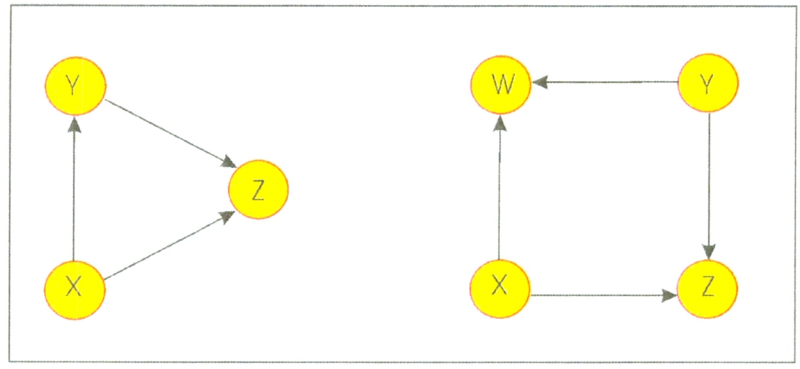


Fig. 29- Exemple de deux types de graphes transitifs.

b. Graphe non-orienté G

Un graphe non orienté est la donnée d'un ensemble X de points appelés sommets et d'un ensemble E de combinaison à deux éléments de X appelés arêtes (fig. 30).

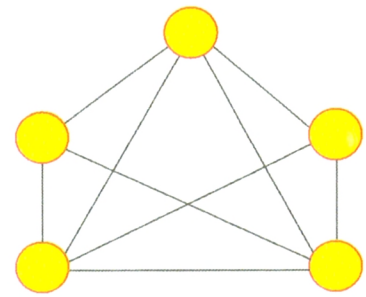


Fig. 30- Exemple d'un graphe non orienté.

Remarque 1 : dans un graphe non orienté la combinaison $\{x, y\}$ est différente du couple $\{x, y\}$.

Remarque 2 : certains concepts attachés au graphe orienté (Gs) s'étendent au graphe non orienté (G) sauf ceux incluant l'ordre. Exemple y seront exclus les concepts suivants : *successeur*, *prédécesseur*, *chemin* et *cycle* par contre, on peut définir le concept de *chaîne*, de *circuit*, de *sous-graphe* et de *graphe partiel*. Une chaîne et un circuit seront définis comme précédemment, on remplaçant tout simplement les arcs par des arêtes. Les concepts de sous graphes et de graphe partiel seront pratiquement définis comme dans le cas de graphe orienté, on remplaçant toujours les arcs par des arêtes.

Notation : un circuit de longueur n dans un graphe non orienté sera noté Zn.

**Clique* : une clique est un graphe non orienté dont tous les sommets sont reliés entre eux deux à deux par des arêtes.

**Clique maximale* : est une clique qui n'est pas incluse dans une clique plus grande (fig. 31).

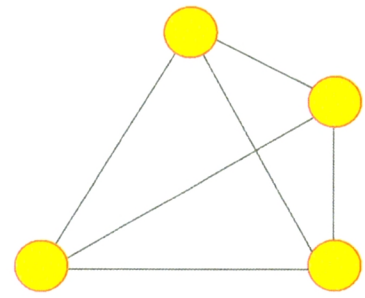


Fig. 31- Graphe non orienté admettant une clique maximale
(d'après BOULARD, 1993).

*_Graphe complémentaire_ G^c : soit un graphe non orienté, on appelle graphe complémentaire de G le graphe G^c qui possède les mêmes sommets et qui sont reliés dans G^c s'ils n'été pas dans G et qui ne sont pas reliés dans G^c s'ils été dans G.

*_Corde_ : est une arête reliant deux sommets consécutifs d'un circuit.

c. Graphe semi-orienté (mixte)(G* = G + Gs)

Dans un graphe semi orienté, les sommets peuvent être reliés soit par des arcs soit par des arêtes (fig. 32). Le concept attaché au graphe semi orienté est celui de circuit semi orienté et qui est défini comme suit : un circuit semi orienté est un sous graphe d'un graphe mixte pour lequel il est possible d'orienter ces arêtes de manière à former un cycle.

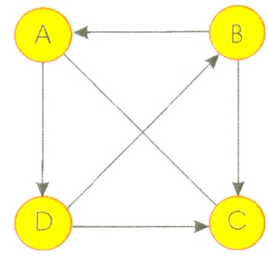


Fig. 32- Exemple d'un graphe semi orienté.

Notation : on note par Sn un circuit semi orienté de longueur n d'un graphe mixte.

2.1.2.2. Représentation matricielle d'un graphe

Les trois types de graphes cités précédemment peuvent être représentés sous forme de matrice dite « matrice d'incidence » (fig. 33). Cette matrice « sommet-ensemble de sommets » est une matrice *n* x *m* dans laquelle l'entrée i, j vaut 1 si l'élément X_i appartient à l'ensemble S_j et 0. Inversement, on peut construire un graphe à partir de sa matrice associée.

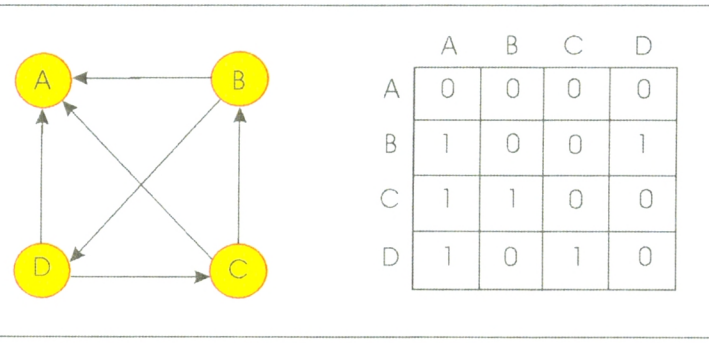


Fig. 33- Exemple de graphe orienté et sa matrice associée.

En somme, les principaux concepts employés ci-dessus peuvent être corrélés avec la terminologie biostratigraphique pour résoudre les problèmes que l'on rencontre habituellement en biochronologie.

2.1.3. Représentation des relations stratigraphiques

Dans le but de faire le lien entre les concepts mathématiques de la théorie des graphes et la réalité stratigraphique que représentent les associations unitaires, nous pensons qu'il est utile de rappeler les grandes lignes de la denière verssion de l'algorithme utilisé. Cet algorithme mis en œuvre par le logiciel **BioGraph** (SAVARY & GUEX, 1991, 1999) s'articule sur le raisonnement qui se fait autour d'un *graphe biostratigraphique* (*semi-orienté*) G* = (X, E + U) qui est une combinaison des graphes partiels G et Gs représentant ainsi la totalité des informations relatives aux positions stratigraphiques des taxons (associations, superpositions et exclusions)(fig. 34 et 35). Les relations de superpositions stratigraphiques sont représentées par des flèches qui relient les points; ces flèches sont orientées dans le sens x → y lorsque le taxon x a été observé au-dessous du taxon y. Par contre, les relations de coexistences (réelle ou virtuelle) entre les taxons sont représentées par des lignes reliant les points y, z et indiquant que y et z sont compatibles. La formulation mathématique des graphes (G et Gs) est la suivante :

**Graphe non orienté* G = (X, E) est un schéma constitué par un ensemble fini de points $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ et par une famille $E = \{e_1, e_2, ..., e_m\}$ de paires non ordonnées de points distinctes de X. Les paires sont appelées les arêtes du graphe (taxons mutuellement compatibles) et les points sont appelés les sommets du graphe. En d'autres termes, les sommets (taxons) sont reliés par des arêtes afin de caractériser le spectre d'association de chaque taxon.

**Graphe orienté* Gs = (X, U) est un schéma constitué par un ensemble fini de sommets $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ et par une famille $U = \{u_1, u_2, ..., e_n\}$ de paires ordonnées de sommets distincts de X. Chaque paire est appelée un arc du graphe. Contrairement au graphe G, les sommets (taxons) sont reliés cette fois par des arcs. Ils caractérisent ainsi les relations de superposition des taxons. Il est à noter que les paires de sommets qui ne sont reliées ni par un arc ni par une arête représentent les relations stratigraphiques indéterminées.

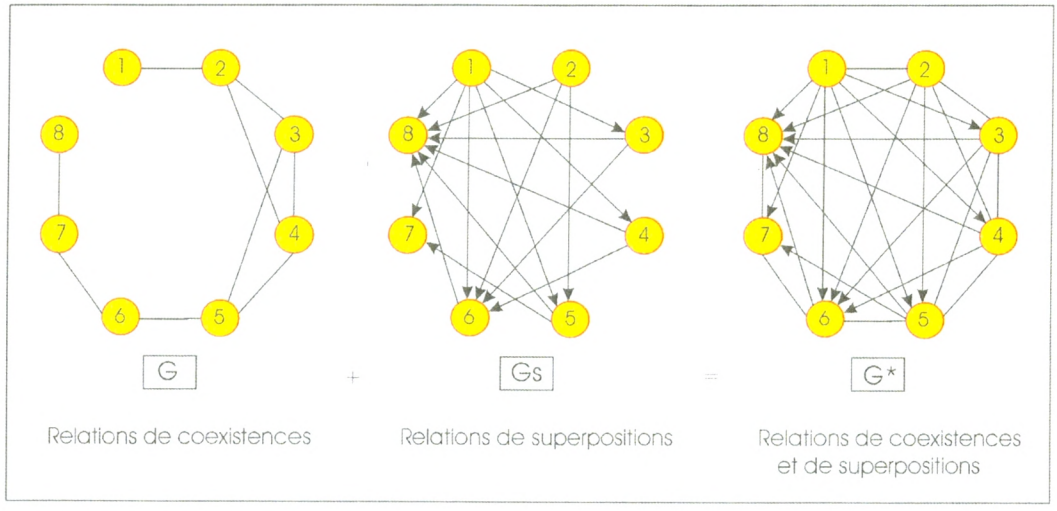


Fig. 34- Exemple théorique de graphe non orienté G représentant les coexistences, de graphe orienté Gs représentant les superpositions et de graphe biostratigraphique (semi-orienté) G* représentant les coexistences et les superpositions entre 8 taxons (d'après GUEX, 1987, modifié).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	1
3	0	1	1	1	1	1	0	1
4	0	1	1	1	1	1	0	1
5	0	0	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	1	1

Fig. 35- Matrice associée au graphe biostratigraphique G* de la figure 34.

2.1.4. Transformation du graphe biostratigraphique

Selon GUEX (1977, 1987), le graphe biostratigraphique contient très souvent des relations conflictuelles entre les taxons et qui sont dues souvent à des facteurs tels que : les condensations, les remaniements, les exclusions écologiques, la discontinuité dans l'enregistrement sédimentaire et l'insuffisance documentaire. Il est donc important de régler tous ces problèmes avant l'utilisation du graphe pour construire l'échelle biochronologique. Pour cela, le graphe biostratigraphique G* est transformé en un graphe d'intervalle.

2.1.4.1. Construction du graphe d'intervalle

Les trois théorèmes classiques (LEKKERKERKER & BOLAND, 1962 ; GILMORE & HOFFMAN, 1964 et FULKERSON & GROSS, 1965) utilisés par GUEX donnent chacun une définition de ce qu'est un graphe d'intervalle. Ils vont être utiles pour trouver une solution au problème posé par la transformation d'un graphe biostratigraphique en un graphe d'intervalle (GUEX, 1980). Ce dernier ne doit guère admettre certains types de structures appelées configurations interdites qui évoquent les relations conflictuelles entre les taxons. La destruction de ces configurations interdites est alors nécessaire pour la transformation du graphe biostratigraphique.

2.1.4.2. Détection et élimination des configurations interdites

Parmi les configurations interdites les plus fréquentes dans un graphe biostratigraphique G*, on distingue les cycles de longueur 3 (C3), les circuits semi-orientés de longueur 3 et 4 (S3 et S4) et enfin les circuits de longueur 4 (notés Z4)(fig. 36). Pour la destruction de ces configurations interdites, nous procédons de la manière suivante :

-remplacement des arcs par des arêtes ;
-adjonction des arêtes virtuelles ;
-suppression des taxons.

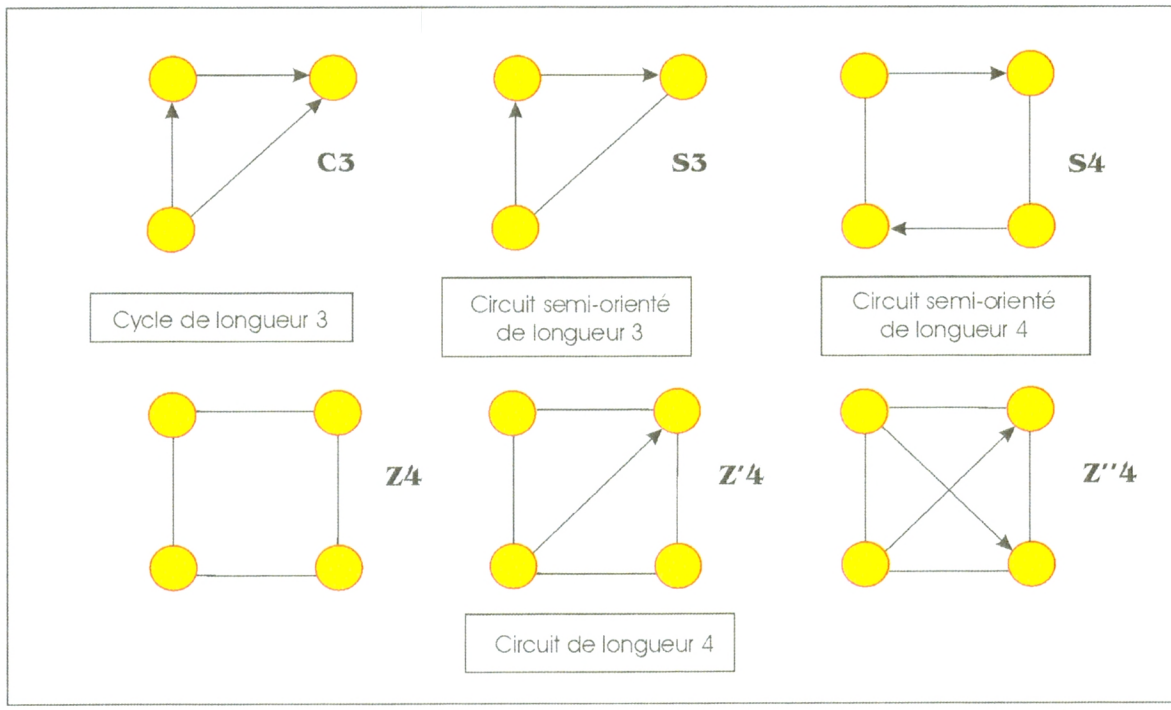


Fig. 36- Différents types de configurations interdites présents dans un graphe biostratigraphique.

a. Cycles de longueur 3 (C3)

Ces cycles d'ordre 3 (C3, impliquant trois taxons reliés par trois arcs) ou d'ordre supérieur (Cn) n'apportent pas des indictions sur la succession des taxons impliqués. De ce fait, aucune coexistence virtuelle ne peut être déduite de ces structures.

b. Circuits semi-orientés de longueur 3 et 4 (S3 et S4)

-cas des circuits S3 : dans cette première situation, on remplace un des deux arcs reliant le taxon 3 avec les taxons 1 et 2 par des arêtes. A titre d'exemple, si trois taxons 1, 2, 3 se trouvent en séquence dans certaines régions (P1) alors que les domaines d'existence respectifs de 1 et 3 intersectent localement (P2), alors il est exact de dire que soit 1, soit 3 a virtuellement coexisté avec 2 (fig. 37).

-cas des circuits S4 : dans cette seconde situation, deux couples de taxons (1, 4) et (2, 3) représentent des coexistences réelles alors que 1 est observé au-dessous de 2 et 3 est observé au-dessous de 4. Si on considère que la relation de superposition 1 → 2 est exacte, alors 4 a virtuellement coexisté avec 3. Inversement, si on considère que la relation de superposition 3 → 4 est exacte, alors 1 a virtuellement coexisté avec 2 (fig. 38).

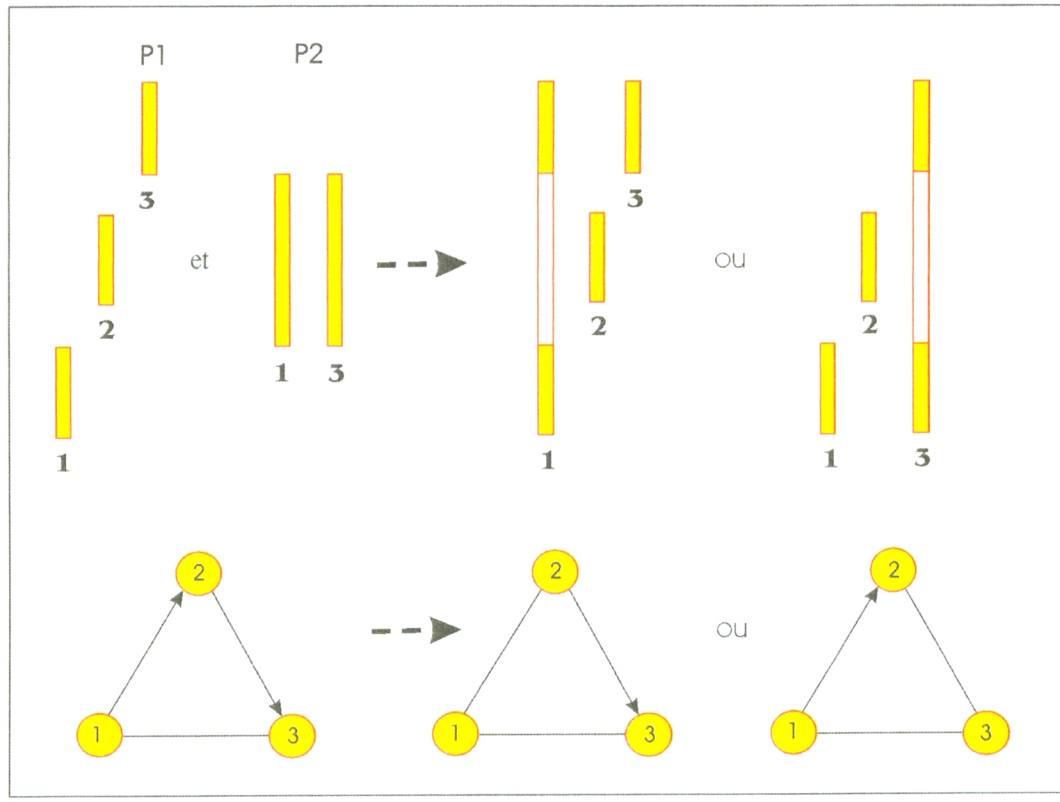


Fig. 37- Coexistences virtuelles déduites des circuits semi-orientés S3 (d'après GUEX, 1987, modifié).

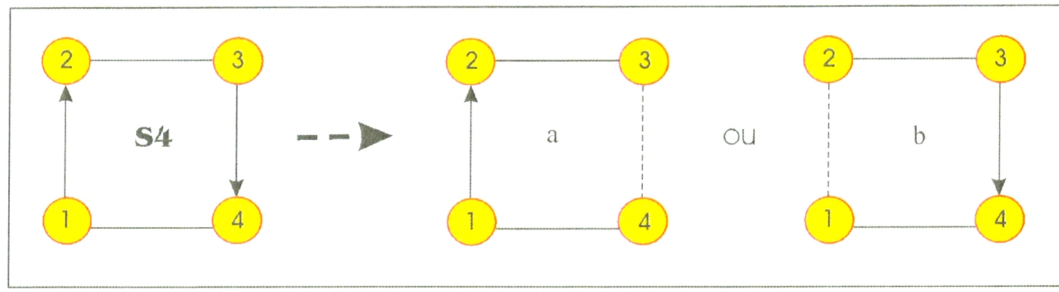


Fig. 38- Coexistences virtuelles déduites des circuits semi-orientés S4 (d'après GUEX, 1987, modifié).
a : coexistence virtuelle des taxons 3 et 4 ; **b** : coexistence virtuelle des taxons 1 et 2.

c. Circuits de longueur 4 (notés Z4)

Dans un graphe biostratigraphique G*, les circuits Z4 peuvent se présenter sous trois formes (fig. 39):

c_1-situation 1 (forme simple = Z4): les relations de superpositions de deux couples de taxons mutuellement exclusifs ne sont pas connues. Il est donc exacte de conclure que l'un ou l'autre (ou l'un et l'autre) de ces couples de taxons ont virtuellement coexisté.

c_2-situation 2 (forme intermédiaire = Z'4): l'une des relations de superpositions est connue. Le couple de taxons mutuellement exclusifs pour lequel la relation stratigraphique est indéterminée a virtuellement coexisté.

c_3-situation 3 (forme complète = Z''4): le circuit possède deux arcs qui représentent des relations contradictoires entre les taxons. Une telle structure peut être interprétée de deux manières complètement différentes:

*les deux couples de taxons mutuellement exclusifs impliqués dans le circuit ont virtuellement coexisté (fig. 39a).

*l'une des relations de superpositions observées entre deux taxons du circuit représente une relation exacte et l'autre doit être interprétée comme une coexistence virtuelle (fig. 39b).

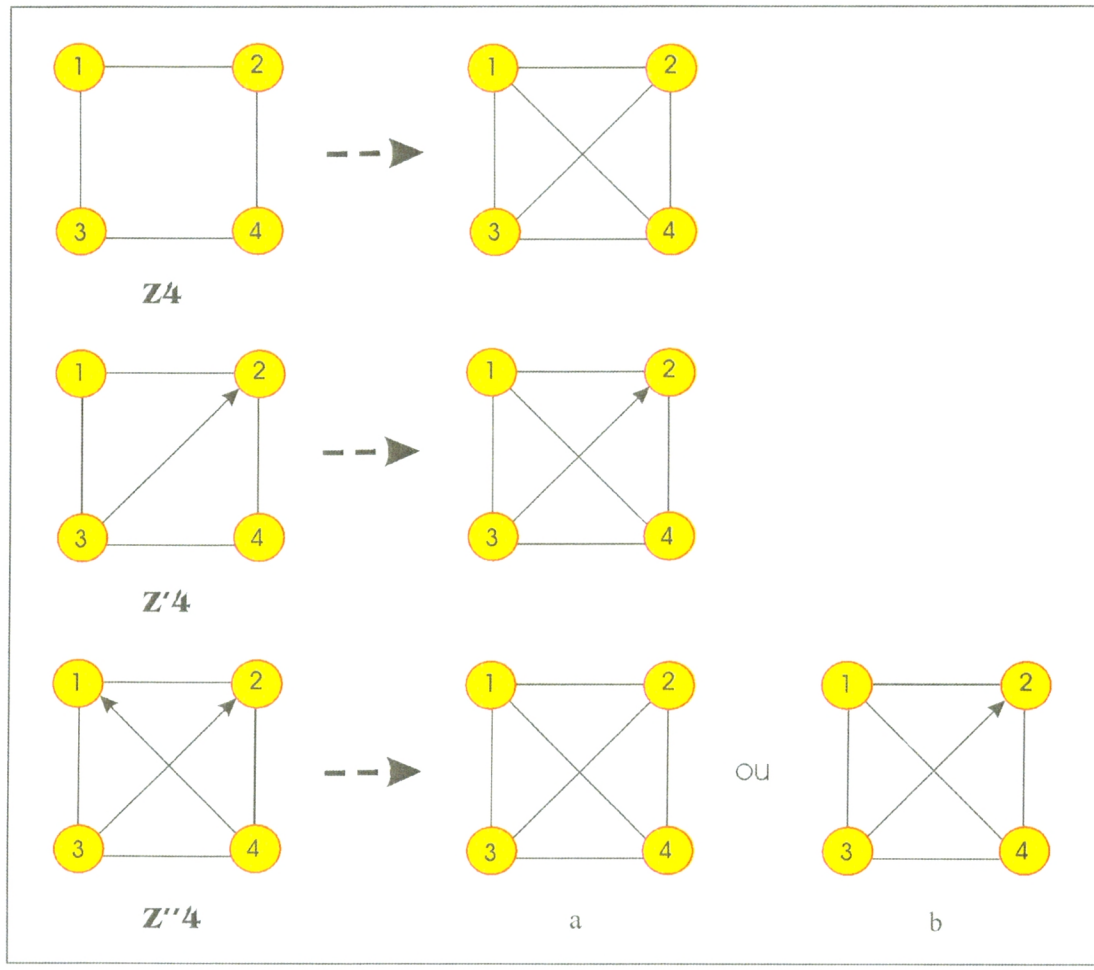


Fig. 39- Coexistences virtuelles déduites des circuits Z4
(d'après GUEX, 1980, 1987, modifié).
a : le remplacement de deux arcs par des arêtes implique la coexistence virtuelle des taxons, **b** : si l'arc (3, 2) représente une relation de superposition exacte, les taxons 1 et 4 montrent une coexistence virtuelle.

2.1.5. Détermination des associations unitaires et de leur succession

Pour la détermination des associations unitaires, GUEX a adopté deux techniques complètement différentes.

-La première consiste d'abord à éliminer les configurations interdites déjà évoquées précédemment. On obtient dès lors un nouveau graphe biostratigraphique traduisant à la fois les coexistences réelles et virtuelles déduites de l'élimination des sous-graphes induits et qui servira à la détermination des associations unitaires. Mais pour mieux comprendre la démarche à suivre, il faut revenir aux principes de base de l'algorithme utilisé. Cet algorithme repose sur la construction des cliques maximales d'un graphe non orienté G. Une fois les cliques maximales (*une clique est dite maximale quand elle n'est pas contenue dans une clique plus grande, noté K*) dans la partie de ce graphe non orienté sont définies, chaque clique maximale correspond donc à une association unitaire car les espèces appartenant à une même clique sont mutuellement compatibles. A la fin, il est nécessaire de donner un ordre chronologique pour ces associations unitaires. Le détail de la technique ainsi que la formulation mathématique de l'algorithme sont bien détaillées dans les travaux de GUEX (1984, 1987) et BOULARD (1993).

-La deuxième est basée sur l'utilisation des horizons maximaux résiduels (HMR) pour construire les cliques maximales (GUEX, 1988). En d'autres termes, la nouvelle technique de détermination des associations unitaires s'intéresse plutôt aux relations stratigraphiques contradictoires qui apparaissent entre les cliques maximales et non pas aux configurations interdites qui interviennent entre les espèces. Cette technique se résume ainsi :

a-identification des horizons maximaux locaux et résiduels ;

b-extraction des cliques maximales du graphe G* à partir de l'analyse des horizons maximaux résiduels (voir SAVARY & GUEX, 1991);

c-élimination des relations stratigraphiques contradictoires intervenant entre les cliques maximaux (fig. 40) et construction d'un graphe orienté (noté Gk) qui exprime les relations de superpositions entre cliques maximales.

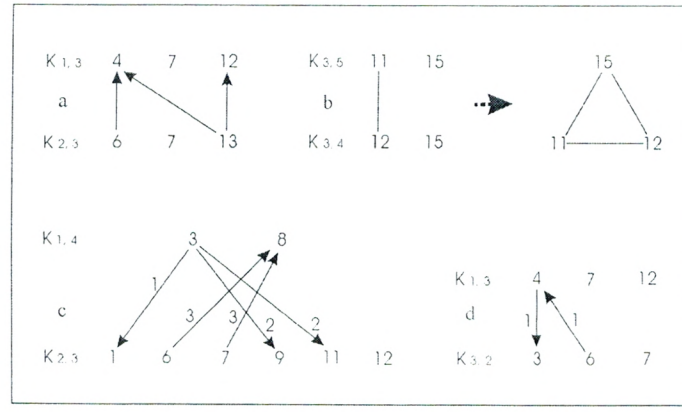


Fig. 40- Principaux types de relations stratigraphiques entre les horizons résiduels (d'après GUEX, 1988, modifié).

a. superposition univoque, b-clique, c. relation contradictoire et superposition déduite, d. relation contradictoire et indétermination

d-construction de la matrice «cliques maximales ordonnées sur un chemin unique». Ces cliques maximales constituent des associations unitaires (fig. 41).

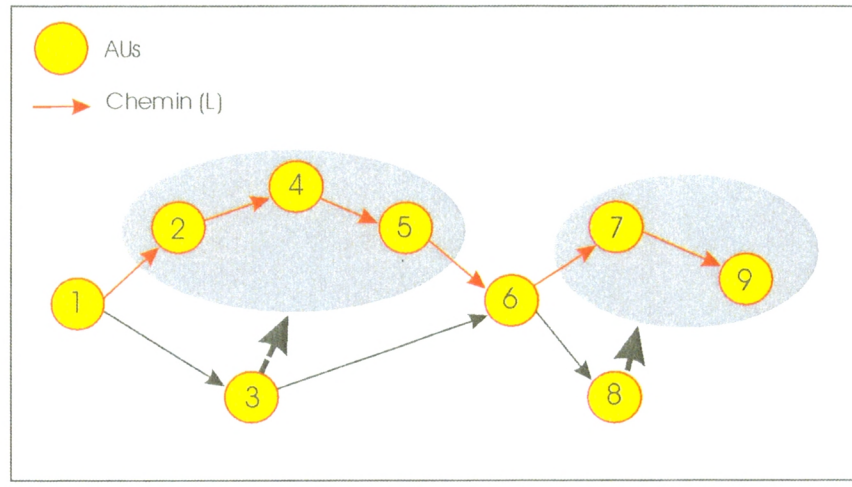


Fig. 41- Exemple d'un graphe Gk constitué de deux chemins (SAVARY & GUEX, 1999, modifié).

un chemin plus long (L)(1, 2, 4, 5, 6, 7, 9) et un chemin plus court (1, 3, 6, 8). La réduction du Gk en chemin unique passe par la réunion des cliques (3 et 8) après une analyse de leurs taxons successeurs et prédécesseurs.

2.1.6. Identification des associations unitaires

Afin d'identifier les associations unitaires dans les sections, GUEX (1979, 1987) utilisa la méthode suivante :

Soit x_{ij} le contenu spécifique du niveau n_i dans le profil p_j
Soit K_m l'ensemble des associations unitaires déterminées à partir du graphe G'.
Pour chaque niveau n_i et chaque profil p_j on calcule : $Y = x_{ij} \cap K_m$

Deux situations peuvent se présenter :

a.S'il existe un indice *m* unique pour lequel Y est maximal, le niveau n_i du profil p_j contient au moins l'un des éléments caractéristiques de K_m. On assignera alors ce dernier niveau à l'association K_m et on dira que celle-ci est identitifiée dans ce niveau.

b.S'il existe plusieurs indices *m* pour lesquels Y est maximum, n_i ne contient pas d'éléments caractéristiques d'une association unitaire particulière. Le niveau peut être assigné indifféremment à l'ensemble de celles pour lesquels Y est maximum.

Ces deux situations sont représentées dans les programmes informatisés sous forme de tables de corrélation et de matrice de reproductibilité (fig. 42).

a-Tables de corrélation : elles nous donnent des informations sur chaque niveau dans chaque section. Le numéro d'association unitaire dans la colonne de droite indique que le niveau correspondant est assigné uniquement à cette association unitaire lorsque la colonne centrale est vide. Par contre lorsque la colonne centrale contient un numéro, cela

signifie que le niveau n'est pas assignable à une association unitaire unique. Il ne contient donc aucune espèce caractéristique d'une association unitaire.

b-Matrice de reproductibilité : elle permet de visualiser l'extension géographique d'une association unitaire. Dans l'exemple donnée ci-dessous, nous remarquons que l'association unitaire 6 est la plus reproductible (elle est observée dans trois sections). Au contraire, l'association unitaire 4 n'est observée nulle part.

Disposant du protoréférentiel (informations contenues dans le graphe Gk), de tables de corrélation et de la matrice de reproductibilité, nous pouvons donc construire un référentiel zonal (GUEX, 1987) par réunions d'associations unitaires en séquence ordonnée de biochronozones (GUEX, 1979).

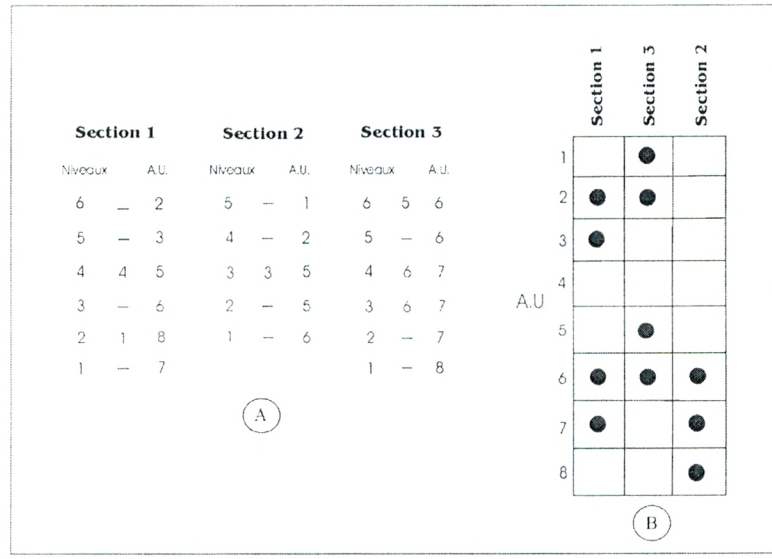


Fig. 42- Exemple de tables de corrélation (A) et de matrice de reproductibilité (B) pour trois sections (d'après BOULARD, 1993).

2.1.7. Détection des remaniements

Selon les processus de fossilisation, une espèce fossile est parfois enregistrée de façon fragmentaire. Dès lors, sa distribution stratigraphique devient discontinue tout en étant présente dans toutes les subdivisions biochronologiques qui recouvrent son intervalle d'existence. Les phénomènes de remaniements ont pour conséquences d'affecter la continuité stratigraphique de cette espèce fossile. Ces phénomènes sont qualifiés par GUEX (1987) de *disjonctifs*. Ils peuvent être décelés en utilisant quatre méthodes différentes.

2.1.7.1. Approche directe

La construction du référentiel zonal implique que les espèces recensées comme présentes dans certaines biochronozones (présence virtuelle) sont physiquement absentes. Cette absence s'explique par une distribution discontinue. Pour détecter de telles discontinuités, nous adopterons la méthode suivante :

a-on recense le contenu spécifique de tous les niveaux assignés à une association unitaire donnée. Cet ensemble est noté X (K_i).

b-on construit une matrice d'incidence X (K_i)-espèces. Dans les cas favorables, elle permet de détecter les discontinuités recherchées (remaniements). Les espèces qui se trouvent dans les niveaux assignés à deux associations unitaires non adjacentes A et C et qui sont absentes de tous les niveaux d'une association adjacente reproductible située entre A et C ont une distribution biochronologique discontinue. Un exemple est donné dans la figure 43 pour 15 espèces avec un cas de distribution biochronologique discontinue de l'espèce 3. L'examen des données biostratigraphiques de base et les observations sédimentologiques seront nécessaires pour interpréter cette distribution discontinue de l'espèce.

		Espèces														
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
X (K_i)	**1**	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	2	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	4	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 43- Matrice d'incidence X (K_i)-espèces montrant que l'espèce 3 est absente dans tous les niveaux assignables à l'A.U.3 (reproductible) (d'après GUEX, 1981, 1987).

2.1.7.2. Détection par retrait d'espèces

Les espèces qui apparaissent dans le plus grand nombre de circuits Z4 et de circuits semi-orientés S3 et S4 sont retirées des données de base. Les corrélations effectuées en leur absence doivent nous faire découvrir celles dont la distribution est anormale.

2.1.7.3. Interprétation des cycles C3

Pour détecter ce type de cycle, GUEX (1987) attribue un coefficient (**S**) à chaque arc d'un cycle C3 de G* : **S = c/r**

c : c'est le nombre de fois que l'arc (**x**, **y**) apparaît dans un C3.

r : c'est le nombre de fois que la superposition entre x et y a été observée dans les sections stratigraphiques.

De ce fait, l'arc qui aura le coefficient (**S**) le plus élevé à l'intérieur du cycle représentera une relation stratigraphique anormale induite par une espèce dont la distribution biochronologique est discontinue.

2.1.7.4. Interprétation des circuits semi-orientés S3 virtuels

Lors que deux espèces (**x** et **y**) sont virtuellement associées, cela engendre un circuit semi-orienté S3 qui est dit virtuel. De tels circuits peuvent apparaître dans le cas de la situation stratigraphique suivante :

Admettons que dans une localité, on a observé la séquence **x** sous **y** et sous **z** alors que dans une deuxième, c'est la superposition **z** sous **x** qui est observée (superposition qui induira l'arête virtuelle du S3. Dans ce cas, on suppose que la relation **z** sous **x** est engendrée par une distribution biochronologique discontinue de l'espèce **x** (remaniement possible).

2.1.8. Informatisation de la méthode des associations unitaires

La méthode des associations unitaires a été automatisée par le développement de plusieurs programmes informatiques dont leurs algorithmes s'inspirent exactement des opérations présentées ci-dessus. Il s'agit du programme **FORTRAN ASCII** (GUEX & DAVAUD, 1982, 1984) qui est la version améliorée du programme de GUEX (1980, 1981). Ce programme permet d'établir des extensions synthétiques «Range charts» à partir des différentes sections. Le nombre des taxons à traiter par le programme ne doit pas dépasser les 110 taxons. Par ailleurs, les derniers développements de la méthode des associations unitaires (GUEX, 1988) ont permis de mettre au point des programmes plus performants : **BioGraph** ver. 2.20-2.10 (SAVARY & GUEX, 1991, 1999) et **UaGraph** -0 [1].10 (HAMMER et *al.*, 2002). En ce qui concene notre base de données, nous avons choisi un traitement avec le **BioGraph** dont les principales opérations de son algorithme général (fichiers informatiques BG) sont résumées dans la figure 44.

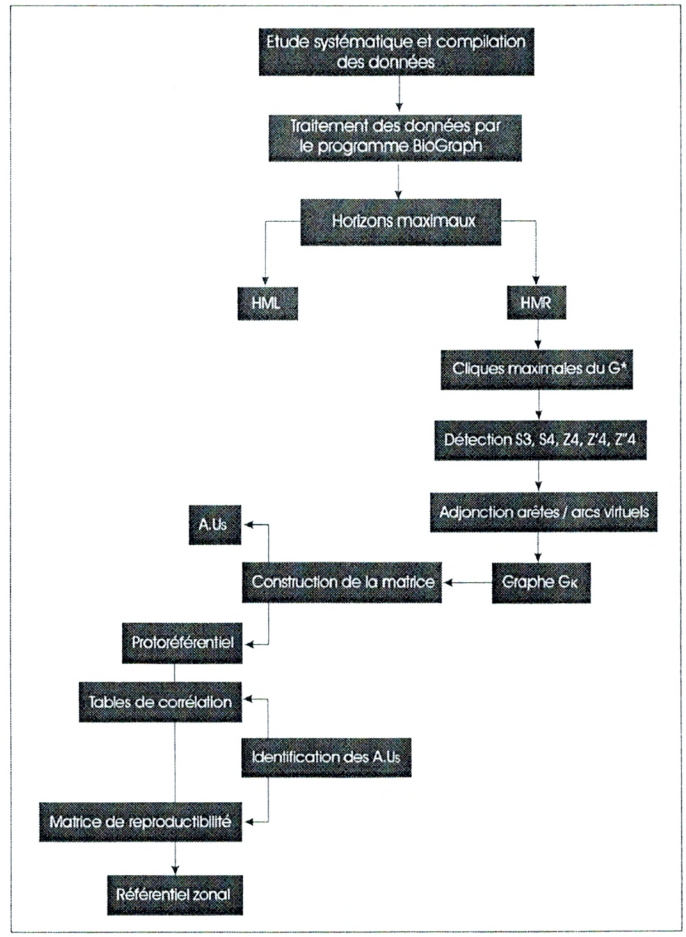


Fig. 44- Principales opérations effectuées par le programme BioGraph.

2.1.9. Exemples d'application de la méthode des associations unitaires

Depuis l'automatisation de la méthode des associations unitaires par les différents programmes, des travaux ont été réalisés sur des groupes fossiles afin de proposer une zonation biochronologique plus objective. Nous nous conterons ici de les citer sans exposé les résultats obtenus (fig. 45).

Gr.oupe de Fossile	Mode de vie	Ages	Régions ou domaines	Références
Radiolaires	Planctonique	Cénozoïque	D.S.D.P: Indien	GUEX, 1994
		Mésozoïque	Téthys	
		Crétacé inf. et moy.	D.S.D.P: Atl., Pac., Ind.	BOULARD, 1993
			D.S.D.P: Atl., Pac., Ind.	SCHAAF ,1985
		Jurassique moy.-Crétacé inf	Basses-latitudes	BAUMGARTNER, 1984
		Jurassique sup.	Nord-Est de la Sicile	BECCARO, 2004
Foraminifères		Cénozoïque	D.S.D.P:Indien	GUEX , 1994
Nannoplancton		Néogène	D.S.D.P: Atl, Pac , Ind	ZEYEN, 1992
		Cénozoïque	D.S.D.P: Indien	GUEX, 1994
		Toarcien inf.	Ouest de la Téthys	MAILLIOT et *al.*, 2006
Ostracodes	Benthique	Paléogène-Néogène	B. Sénégalo-guinéen	BOULARD, 1993
		Paléogène	B. Nigéro-soudanais	BOULARD & CARBONNEL, 1995
			Mississipi.-Alabama	GUEX, 1994
Foraminifères		Toarcien	Sud de la Téthys	MAROK et *al.*, 2004
Ammonites	Nectonique	Cénomanien	Ouest de l'Europe	MONNET et *al.*, 2003
				MONNET & BUCHER, 2002
			Sud-Est de la France	MONNET & BUCHER, 1999
		Kimméridgien inf.		BOULARD, 1993
		Toarcien	Sud de la Téthys	MAROK et *al.*, 2005
		Domérien-Toarcien	Téthys occidentale et Nord-Ouest de l'Europe	BESSON, 1998
		Carixien	Europe occidentale	DOMMERGUES & MEISTER, 1987
			Causses	MEISTER, 1986
Conodontes	Pélagique?	Trias inférieur	Pakistan	GUEX, 1978
Brachiopodes	Benthique	Guadalupien	Oman	ANGIOLINI & BUCHER, 1999

Fig. 45- Exemple d'application de la méthode des associations unitaires sur des groupes de fossile.

Atl : Océan Atlantique ; **B** : Bassin ; **D.S.D.P** : Deep Sea Drilling Project ; **Ind** : Océan Indien ; **Pac** : Océan Pacifique.

Troisième Partie – BIODIVERSITE COMPAREE

Troisième Partie - BIODIVERSITE COMPAREE

I. INTRODUCTION

Le présent chapitre a pour but d'analyser quantitativement la biodiversité des faunes d'ammonites durant l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur. A cet effet, des listes fauniques ont été établies « avec prudence » vue les opinions taxonomiques très divergentes des auteurs. Ensuite, deux approches complémentaires ont été utilisées pour l'évaluation de la biodiversité. La première consiste à étudier les fluctuations du nombre total de taxons pour chaque intervalle, tandis que la seconde est basée sur l'étude des proportions relatives de chaque famille. A la fin de chaque analyse, nous essayerons de corréler les courbes de diversité faunique obtenues avec les séquences stratigraphiques de HARDENBOL et *al.* (1998) d'une part et la courbe eustatique de HAQ et *al.* (1988) d'autre part.

II. METHODOLOGIE

A. Acquisition des données

Les données utilisées dans ce travail proviennent de neuf régions réparties en Europe occidentale et en Afrique du Nord (fig. 46) : le Dorset-Somerset (CALLOMON & CHANDLER, 1990), le bassin Lusitanien (FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988 ; ROCHA et *al.*, 1990 ; HENRIQUES, 1992, 2000), la Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985 ; LINARES et *al.*, 1988 ; GOY & URETA, 1990), la Cordillère Bétique (SANDOVAL, 1983 ; SANDOVAL, 1990 ; LINARES & SANDOVAL, 1990 ; LINARES & SANDOVAL, 1993 ; SANDOVAL et *al.*, 1999 ; SANDOVAL et *al.*, 2001), le bassin du Sud-Est de la France (CALOO, 1970a et b, 1971 ; PAVIA, 1983 ; SADKI, 1984), les Apennins d'Ombrie-Marches (CRESTA, 1988 ; CRESTA & GALACZ, 1990 ; CRESTA et *al.*, 1995), les Béni Snassen (OUAHHABI, 1994), le Moyen-Atlas plissé (BENSHILI, 1989, 1990 ; BENSHILI & ELMI, 1994) et le Haut-Atlas central (SADKI, 1992, 1994, 1996). Ces différentes régions ont été sélectionnées pour leurs données biostratigraphiques relativement précises. Il est à noter que pour cet intervalle chronologique, les données de l'Agérie n'ont pas pu être exploitées pour plusieurs raisons (condensations sédimentaires, manque d'étude paléontologique etc...).

B. Elaboration et mise en forme des listes fauniques

Les listes fauniques sont constituées à partir d'un inventaire qui se veut exhaustif de toutes les citations y compris les attributions spécifiques et génériques incertaines. Ainsi, les citations de formes rapprochées à une espèce (**cf.**) ou appartenant au groupe d'une espèce (**gr.**) sont inventoriées sous le nom de cette espèce, si celle-ci n'est pas citée par ailleurs. Les citations de formes rapprochées (**aff.**) sont considérées comme distinctes. Par contre, les citations douteuses sont supprimées et une catégorie (**sp.**) est prise en considération si elle est uniquement citée dans une même zone. Notons que, le dimorphisme microconque-macroconque suggéré par certains auteurs n'a pas été retenu

dans cette analyse. Chaque couple dimorphe est considéré comme étant deux entités taxonomiques distinctes. Une fois que les listes fauniques sont homogénéisées d'un point de vue taxonomique, le nombre de genres et d'espèces dans chaque famille est décompté (tabl. 1).

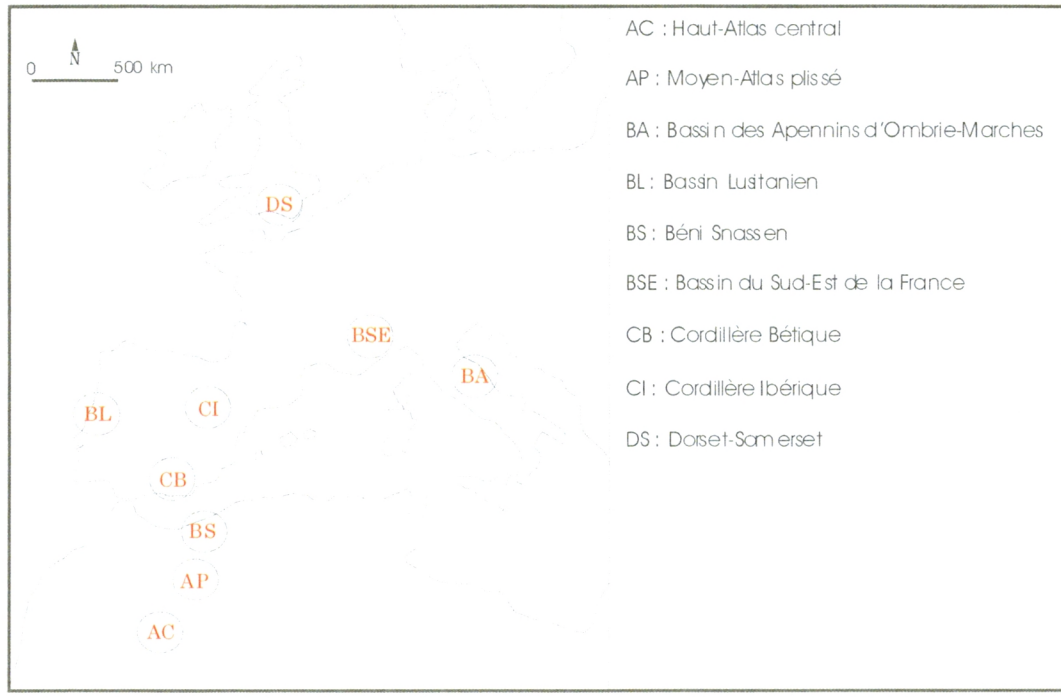


Fig. 46- Situation des régions étudiées.

Famille	Genre	#1	#2	#3	#4	#5
Hammatoceratidae	7	7	7	2	31	20
Graphoceratidae	13	20	8	1	101	71
Erycitidae	8	8	9	0	35	23
Sonniniidae	13	43	16	13	172	122
Strigoceratidae	4	9	5	1	30	20
Lissoceratidae	2	1	1	0	5	3
Oppeliidae	11	13	15	0	62	36
Otoitidae	6	19	4	3	53	30
Sphaeroceratidae	4	4	5	0	24	15
Stephanoceratidae	17	30	27	5	122	84
Perisphinctidae	2	1	1	1	5	3
Incertae sedis	1	0	1	1	3	1
	$\sum$ = 88	155	99	27	643	428

Tabl. 1- Liste des familles rencontrées dans l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur.

#1 : nombre de citations de formes rapprochées (**aff.**, **cf.**, **gr.**) ; #2 : nombre de catégorie sp.; #3 : nombre de citations dont la détermination est douteuse ; #4 : nombre de citations toutes formes confondues ; #5 : nombre de citations validées.

III. DIVERSITE FAMILIALE RELATIVE DURANT L'AALENIEN SUPERIEUR-BAJOCIEN INFERIEUR

Durant l'intégralité de l'intervalle chronologique concernant cette étude, 88 genres ont été inventoriés et révisés. Ils appartiennent à 11 familles : *Hammatoceratidae* BUCKMAN, 1887, *Graphoceratidae* BUCKMAN, 1905, *Erycitidae* SPATH, 1928, *Sonniniidae* BUCKMAN, 1892, *Strigoceratidae* BUCKMAN, 1924, *Lissoceratidae* ZITTEL, 1884, *Oppeliidae* DOUVILLE, 1890, *Otoitidae* MASCKE, 1907, *Sphaeroceratidae* BUCKMAN, 1920, *Stephanoceratidae* NEUMAYR, 1875, *Perisphinctidae* STEINMANN, 1890. Le genre *Asthenoceras* a été rangé à part (*Incertae sedis*) pour les raisons que nous avons déjà évoqué précédemment. La diversité familiale sera donc analysée sur la base de la fluctuation du nombre de genres dans chaque intervalle (fig. 47).

A. Aalénien supérieur

1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Cet intervalle est caractérisé par la prédominance des *Graphoceratidae* (26 %), des *Erycitidae* (21 %) et des *Hammatoceratidae* (18 %). Les *Sonniniidae* (10 %) qui font leur première apparition sont représentés par les genres : *Euhoploceras*, *Fontannesia*, *Sonninia* et *Nannoceras* tandis que, les *Oppeliidae* (8 %), *Otoitidae* (8 %), *Strigoceratidae* (3 %), *Lissoceratidae* (3 %) et Incertae sedis (*Asthenoceras*) (3 %) sont discrètement représentés.

B. Bajocien inférieur

1. Intervalle 2 : zone à Discites

La base du Bajocien inférieur correspond à un début de diversification alors que, la composition familiale est identique à celle de l'intervalle sous-jacent (zone à Concavum). Ainsi, les *Graphoceratidae* (*Graphoceras, Ludwigella, Hyperlioceras, Toxolioceras, Braunsina, Reynesella, Oedania, Darellia et Darellina*) et les *Sonniniidae* constituent la composante principale de la faune (42 %) dans cet intervalle. Le reste est composé de 12 % d'*Otoitidae* (*Trilobiticeras*, *Docidoceras*, *Riccardiceras* et *Emileites*), de 9 % d'*Oppeliidae* (*Bradfordia*, *Praeoppelia et Protoecotraustes*) et de 9 % de *Strigoceratidae* (*Hebetoxyites, Praestrigites et Strigoceras*) qui amorcent leur développement futur. Inversement, les *Hammatoceratidae* (9 %) et les *Erycitidae* (12 %) voient leur nombre de genres diminuer. Les *Lissoceratidae* (3 %) restent totalement sous-représentés durant tout le Bajocien inférieur.

2. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Dans cet intervalle, une période importante de la diversification familiale est enregistée. On assiste dès lors à l'explosion des *Sonniniidae* (30 %) représentés par les genres (*Euhoploceras*, *Fissilobiceras*, *Fontannessia*, *Maceratites*, *Nannoceras*, *Newmarracarroceras*, *Papilliceras*, *Pelekodites*, *Shirbuirnia*, *Sonnina* et *Witchellia*) d'une part et à l'apparition de deux familles bien distinctes d'autre part. Il s'agit des *Stephanoceratidae* (19 %) caractérisés par les *Albarracinites*, *Gerzenites*, *Kumatostephanus, Mollistephanus*, *Epalxites*, *Skirroceras* et *Zemistephanus* et des

Sphaeroceratidae (5 %) qui ne sont représentés que par deux genres (*Frogdenites* et *Labyrinthoceras*).

Les *Oppeliidae* (16 %), les *Otoitidae* (13 %) et les *Strigoceratidae* (8 %) poursuivent leur diversification. D'autre part, nous soulignons la disparition des *Hammatoceratidae* et des *Graphoceratidae* et la présence très discrète (2 %) des derniers représentants des *Erycitidae (Zurcheria)*. Il faut cependant noter que dans le Haut-Atlas central, SADKI (1996, p. 137) a signalé la présence de quelques exemplaires des *Hyperlioceras* dans la sous-zone à Ovalis mais ; en absence de toute étude taphonomique sur ce matériel, nous n'avons pas pris en considération une telle position stratigraphique pour les *Graphoceratidae.*

3. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Sur les 7 familles caractéristiques de cet intervalle, les *Stephanoceratidae* (*Albarracinites*, *Epalxites*, *Gerzenites*, *Itinsaites*, *Kumatostephanus*, *Mollistephanus*, *Normannites*, *Phaulostephanus*, *Skirroceras* et *Stephanoceras*) (29 %), les *Oppeliidae* (*Ambloxyites*, *Bradfordia*, *Toxamblyites*, *Microtoxamblyites*, *Oppelia*, *Protoecotraustes* et *Stegoxyites*) (20 %) et les *Sphaeroceratidae* (*Chondroceras*, *Frogdenites*, *Labyrinthoceras* et *Sphaeroceras*) (11 %) connaissent une nouvelle période de diversification qui se poursuit d'ailleurs pour certaines familles dans la zone à Humphriesianum. Les *Sonniniidae* (20 %), *Strigoceratidae* (8 %) et *Otoitidae* (6 %) quant à eux, sont en régression

4. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Dans le dernier intervalle du Bajocien inférieur, les *Stephanoceratidae* en pleine diversification avec les *Oppeliidae* représentent 58 % de la population totale des ammonites. Le reste de la faune se caractérise par une faible représentation des *Sonniniidae* (19 %), des *Strigoceratidae* (6 %), des *Sphaeroceratidae* (6 %) et des *Lissoceratidae* (3 %). Il faut cependant noter l'apparition des premiers *Perisphinctidae* (*Leptosphinctes* et *Cleistosphinctes*)(6 %) et la disparition des *Otoitidae*.

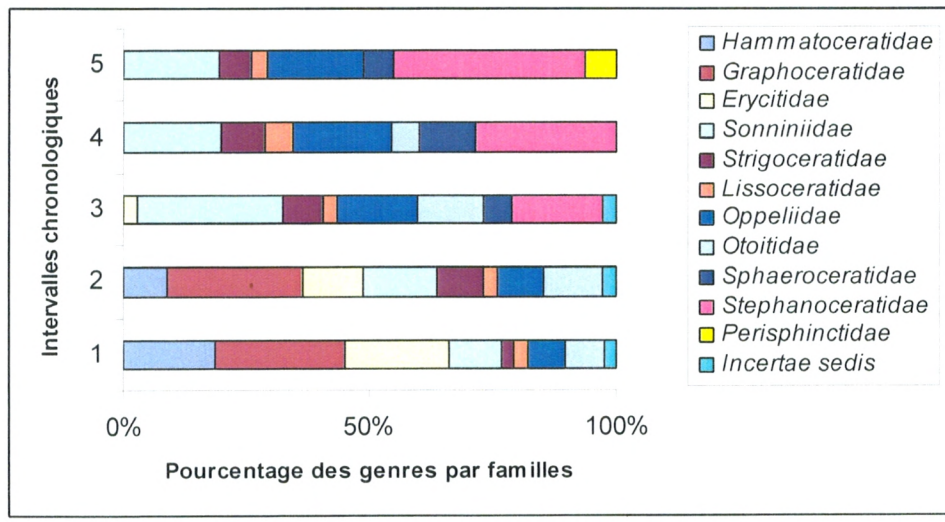


Fig. 47- Distribution quantitative et qualitative des familles au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur.

IV. QUANTIFICATION ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE

A. Evolution de la biodiversité totale, toutes familles confondues

1. Analyse de la biodiversité totale par régions

Les courbes de la biodiversité générique et spécifique sont établies à partir du nombre absolu des taxons qui se trouvent dans chaque intervalle chronologique (zone biostratigraphique) (tabl. 2 et 3). Dans les régions où la faune n'est pas condensée, l'analyse est effectuée à l'échelle de la sous-zone. D'autre part, le nombre des apparitions (FADs) et des disparitions (LADs) a été calculé pour bien illustrer le taux de renouvellement faunique.

Intervalles		Nb total de genres	Nb total de genres par régions								
			DS	BL	CI	CB	BSE	BA	BS	AP	AC
Humphriesianum	5	31	14	06	28	22	23	05	11	11	09
Propinquans	4	35	13	21	24	23	22	07	07	13	22
Laeviuscula	3	37	22	24	31	26	16	07	08	11	30
Discites	2	33	13	18	23	20	16	09	07	10	21
Concavum	1	38	12	19	22	28	14	08	06	08	22

Tabl. 2- Nombre absolu de genres par régions, pour chaque intervalle chronologique.

Intervalles		Nb total d'espèces	Nb total d'espèces par régions								
			DS	BL	CI	CB	BSE	BA	BS	AP	AC
Humphriesianum	5	118	25	05	60	34	74	12	15	08	16
Propinquans	4	112	30	16	47	37	36	13	10	12	42
Laeviuscula	3	137	41	29	66	51	32	07	09	13	66
Discites	2	126	19	39	45	51	30	16	06	08	43
Concavum	1	105	32	20	41	39	34	11	05	16	28

Tabl. 3- Nombre absolu d'espèces par régions, pour chaque intervalle chronologique.

1.1. Le Dorset-Somerset (fig. 48)

Dans cette région, la tendance entre les genres et les espèces est semblable. Ainsi, on a pu distinguer trois pics d'augmentation de la diversité :

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Limitatum : Il est marqué par l'apparition de 8 genres (*Braunsina*, *Bradfordia*, *Haplopleuroceras*, *Euhoploceras*, *Fontannesia*, *Nannoceras*, *Hyperlioceras* et *Toxolioceras*) et de 17 espèces.

-un deuxième pic de diversité maximale dans la sous-zone à Laeviuscula : il se distingue par l'apparition de 10 genres (*Papilliceras*, *Shirbuirnia*, *Lissoceras*, *Cadomoceras*, *Otoites*, *Mollistephanus*, *Ambloxyites*, *Protoecotraustes*, *Frogdenites* et *Skirroceras*) et de 27 espèces.

-un troisième pic de diversité dans la sous-zone à Romani : il est caractérisé par l'apparition de 6 genres (*Dorsetensia*, *Poceilomorphus*, *Oppelia*, *Chondroceras*, *Phaulostephanus* et *Teloceras*) et de 18 espèces.

1.2. Le bassin Lusitanien (fig. 48)

Contrairement à la région précédente, le bassin Lusitanien montre l'existence de deux pics d'augmentation de la biodiversité.

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Walkeri : Il se caractérise par l'apparition de 5 genres (*Trilobiticeras*, *Sonninia*, *Oedania*, *Pseudaptetoceras* et *Praestrigites*) et de 22 espèces.

-un deuxième pic de diversité dans la sous-zone à Laeviuscula : ce pic est bien exprimé au niveau générique. Le nombre total de genres est de 19 dont environ 47 % de FAD (*Emileia*, *Lissoceras*, *Otoites*, *Frogdenites*, *Skirroceras*, *Albarracinites*, *Toxamblyites*, *Gerzenites* et *Microtoxamblyites*). En revanche, la courbe de la diversité spécifique montre une légère régression due à l'élimination de certaines espèces dont la détermination a été jugée douteuse.

1.3. La Cordillère Ibérique (fig. 48)

Dans la Cordillère Ibérique, la similitude des deux courbes de la biodiversité montre toutefois la présence de trois principaux pics :

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Limitatum : il se distingue par l'apparition de 8 genres (*Braunsina*, *Euhoploceras*, *Nannoceras*, *Trilobiticeras*, *Docidoceras*, *Zurcheria*, *Riccardiceras* et *Rhodaniceras*) et de 22 espèces.

-un deuxième pic de diversité maximale dans la sous-zone à Laeviuscula : il est marquée par l'apparition de 7 genres (*Emileia*, *Papilliceras*, *Ambloxyites*, *Skirroceras*, *Kumatostephanus*, *Gerzenites* et *Epalxites*) et de 18 espèces.

-un troisième pic de diversité dans la sous-zone à Blagdeni : il correspond à une augmentation importante de taxons avec l'apparition de 8 genres (*Sphaeroceras*, *Normannites*, *Teloceras*, *Masckeites*, *Cadomites*, *Polyplectites*, *Leptosphinctes et Cleistophinctes*) et de 27 espèces.

1.4. La Cordillère Bétique (fig. 49)

La Cordillère Bétique montre une évolution de la biodiversité presque similaire à celle de la Cordillère Ibérique. Ainsi, on distingue :

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Limitatum : il est marqué par l'apparition de 10 genres (*Braunsina*, *Bradfordia*, *Euhoploceras*, *Fontannesia*, *Docidoceras*, *Zurcheria*, *Riccardiceras*, *Pseudaptetoceras*, *Praestrigites* et *Rhodaniceras*) et de 22 espèces.

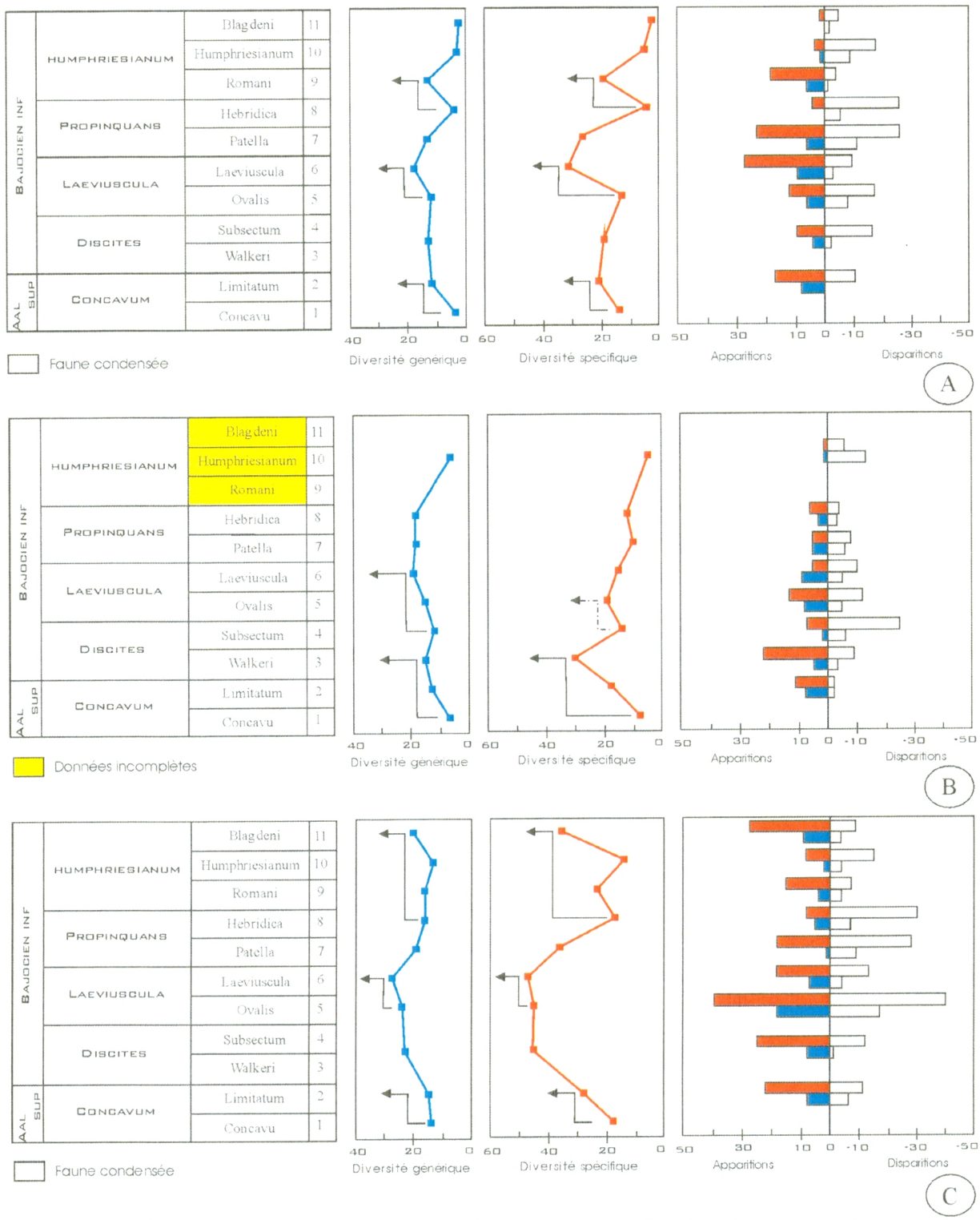


Fig. 48- Diversité et renouvellement faunique dans le Dorset-Somerset (A), le bassin Lusitanien (B) et la Cordillère Ibérique (C).

-un deuxième pic de diversité maximale dans la sous-zone à Laeviuscula : il se distingue par l'apparition de 7 genres (*Emileia*, *Sonninia*, *Skirroceras*, *Kumatostephanus*, *Toxamblyites*, *Gerzenites* et *Epalxites*) et de 19 espèces.

-un troisième pic de diversité dans la sous-zone à Blagdeni : ce pic est très marqué par l'apparition de 8 genres (*Sphaeroceras*, *Normannites*, *Teloceras*, *Chondroceras*, *Stemmatoceas*, *Masckeites*, *Cadomites*, *et Polyplectites*). Par ailleurs, la courbe de la diversité spécifique montre plutôt une augmentation dans la sous-zone à Humphriesianum.

1.5. Le bassin du Sud-Est de la France (fig. 49)

Dans ce bassin (région de Digne), le signal global de la biodiversité est caractérisé par :

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Walkeri : il correspond à un nombre total de 13 genres et de 25 espèces dont 6 FAD (*Euhoploceras*, *Trilobiticeras*, *Docidoceras*, *Sonninia*, *Oedania* et *Darellia*) pour les genres et 15 FAD pour les espèces

-un deuxième pic de diversité dans la sous-zone à Patella : Il s'agit du maximum de diversité générique avec 16 genres dont 5 apparitions (*Strigoceras*, *Papilliceras*, *Skirroceras*, *Epalxites* et *Stegoxyites*). La diversité spécifique reste constante.

-un troisième pic de diversité dans la sous-zone à Romani : il est marqué par l'apparition de 5 genres (*Lissoceras*, *Poceilomorphus*, *Stemmatoceras*, *Itinsaites* et *Platystomites*) et de 17 espèces.

1.6. Les Apennins d'Ombrie-Marches (fig. 49)

Dans cette région, la condensation faunique durant le Bajocien inférieur ne permet guère de suivre la variation de la biodiversité à l'échelle de la sous-zone. De ce fait, les deux courbes obtenues à l'échelle de la zone montrent un pic d'augmentation maximum de la diversité dans la zone à Discites. Il comprend 9 genres dont cinq apparitions (*Strigoceras*, *Graphoceras*, *Docidoceras*, *Bradfordia* et *Euhoploceras*) et 16 espèces dont 13 apparitions. A partir de la zone à Laeviuscula, la courbe de la diversité générique et spécifique diminue.

1.7. Les Béni Snassen (fig. 50)

La faune très condensée des Béni Snassen montre à l'échelle de la zone l'évolution suivante :

-un premier pic de diversité dans la zone à Laeviuscula : il comprend 8 genres et 9 espèces dont 5 apparitions génériques (*Fissilobiceras*, *Witchellia*, *Emileia*, *Otoites* et *Papilliceras*) et 7 apparitions spécifiques.

-un deuxième pic de diversité maximale dans la zone à Humphriesianum : nous avons compté 11 genres et 15 espèces. Le nombre d'apparitions est de l'ordre de 10 au niveau des genres (*Stephanoceras*, *Oppelia*, *Phaulostephanus*, *Itinsaites*, *Lissoceras*, *Oecotraustes*, *Poecilomorphus*, *Normannites*, *Cadomoceras* et *Sphaeroceras*) et 15 au niveau des espèces.

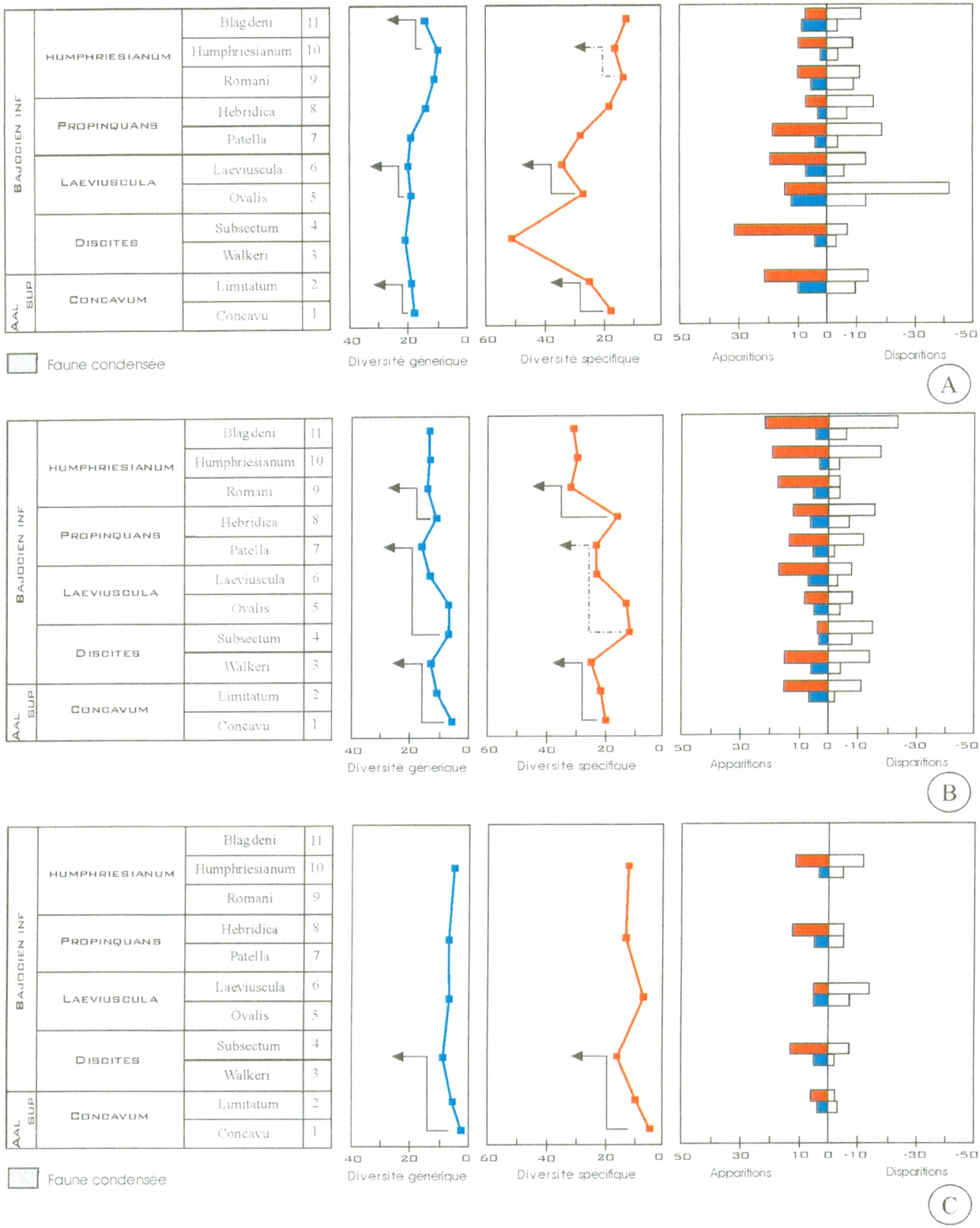


Fig. 49- Diversité et renouvellement faunique dans la Cordillère Bétique (A), le bassin du Sud-Est de la France (B) et les Apennins d'Ombrie-Marches (C).

1.8. Le Moyen-Atlas plissé (fig. 50)

A la différence des deux régions précédemment analysées, la faune condensée du Moyen-Atlas plissé se démarque par une courbe de diversité générique montrant un maximum d'augmentation dans la zone à Propinquans. Le nombre total de genres est de 13 dont 8 apparitions (*Stephanoceras*, *Otoites*, *Papilliceras*, *Skirroceras*, *Chondroceras*, *Lissoceras*, *Frogdenites* et *Stegoxyites*). En revanche, le maximum d'augmentation de la diversité spécifique est enregistré dans la zone à Laeviuscula avec la présence de 13 espèces dont 8 apparitions. Une telle différence entre l'évolution des courbes est due certainement à la qualité du registre faunique utilisé.

1.9. Le Haut-Atlas central (fig. 50)

Dans cette région, nous avons pu mettre en évidence trois pics d'augmentation de la diversité :

-un premier pic de diversité dans la sous-zone à Walkeri : il correspond à un nombre de 2 apparitions (*Braunsina* et *Toxolioceras*) pour les genres et de 21 apparitions pour les espèces.

-un deuxième pic de diversité maximale dans la sous-zone à Laeviuscula : il se distingue par l'apparition de 4 genres (*Strigoceras*, *Witchellia*, *Papilliceras*, *Lissoceras*) et de 41 espèces.

-un troisième pic de diversité dans la sous-zone à Humphriesianum : ce pic est marqué par l'apparition de 2 genres (*Stephanoceras et Poecilomorphus*) et de 7 espèces.

2. Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par régions

2.1. A l'échelle de la sous-zone

Afin d'effectuer cette corrélation, cinq régions seulement ont été séléctionnées (bassin Lusitanien, Cordillère Ibérique, Cordillère Bétique, bassin du Sud-Est de la France et Haut-Atlas central) pour leur richesse faunique et surtout pour la qualité de leur enregitrement sédimentaire (séries dilatées et continuité biostratigraphique)(fig. 51). Les différentes courbes de biodiversité totale (générique et spécifique) montrent l'évolution suivante :

-une augmentation généralisée de la diversité générique et spécifique qui débute dès la sous-zone à Limitatum pour atteindre son maximum dans la sous-zone à Walkeri. Le maximum de diversité est enregistré dans la région du Haut-Atals central avec 18 genres et 32 espèces. Il est important de noter que dans la Cordillère Ibérique et Bétique, la condensation faunique au niveau de la zone à Discites ne permet pas d'évaluer la diversité à l'échelle de la sous-zone.

-une dimunition généralisée de la diversité générique et spécifique dans la sous-zone à Subsectum.

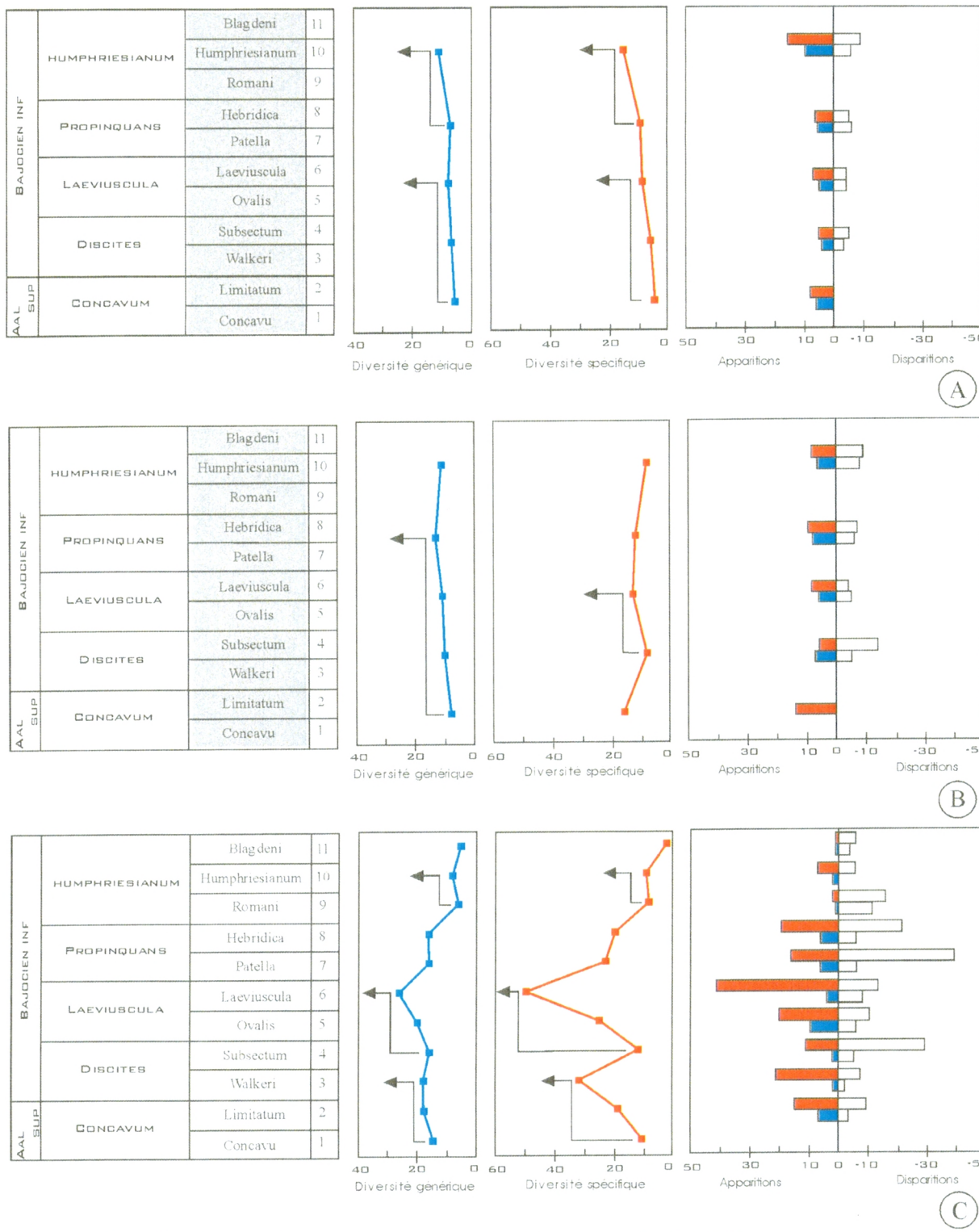


Fig. 50- Diversité et renouvellement faunique dans les Béni Snassen (A), le Moyen Atlas-plissé (B) et le Haut-Atals central (C).

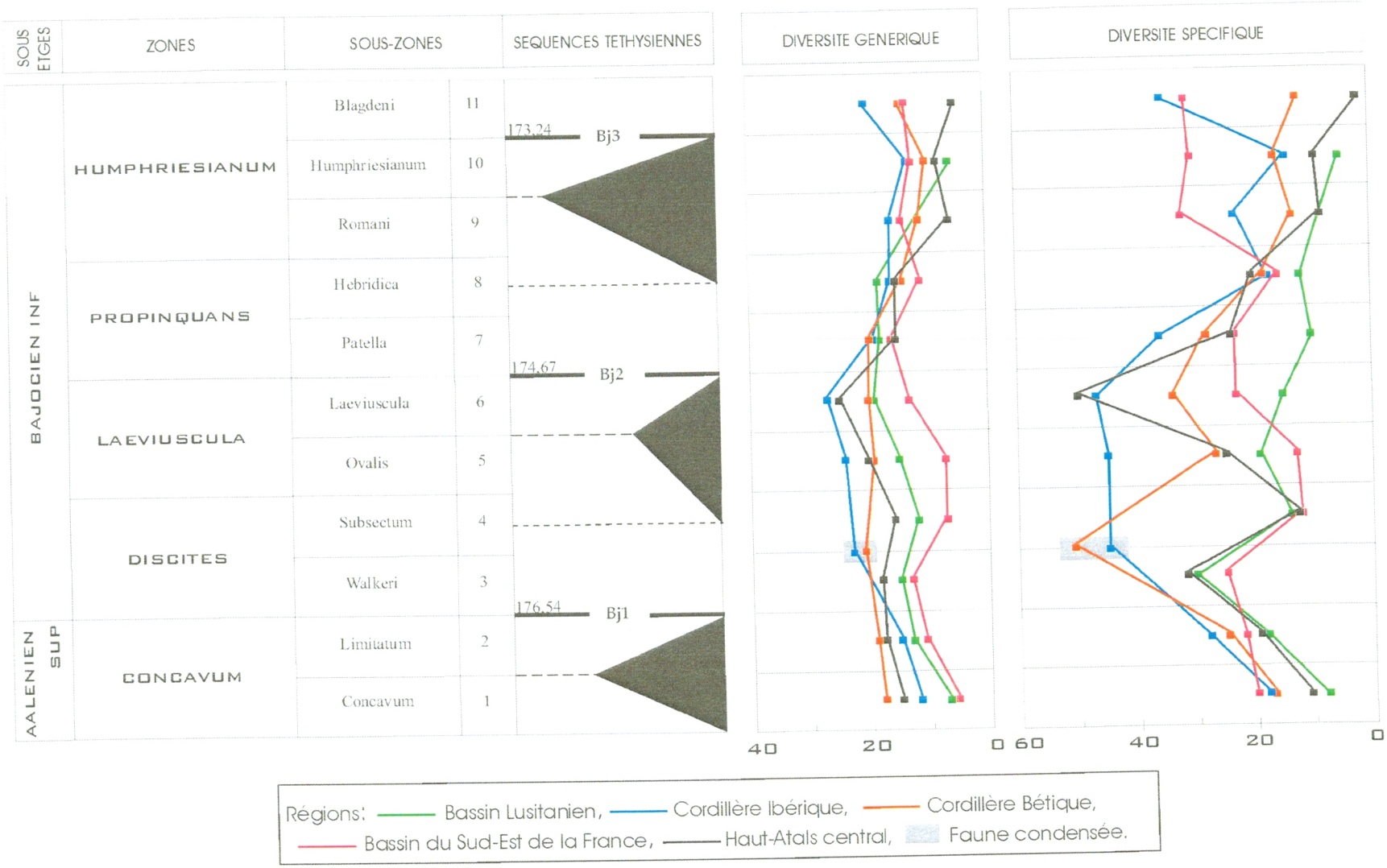


Fig. 51- Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par régions (à l'échelle de la sous-zone).

-une augmenation généralisée de la diversité dans la sous-zone à Laeviuscula. La diversification de genres et d'espèces est maximale dans toutes les régions sauf dans le bassin du Sud-Est de la France où le maximum de divesité est enregistré plus tard, dans la sous-zone à Romani.

-une dimunition généralisée de la diversité générique et spécifique dans la sous-zone à Patella et qui continue durant la sous-zone à Hebridica à l'exception du bassin du Sud-Est de la France où on assiste à une lègère augmentation du nombre des genres dans la sous-zone à Patella .

-A partir de la sous-zone à Romani, la corrélation entre les courbes de biodiversité totale devint extrêment difficile à réaliser. Ainsi, dans le bassin du Sud-Est de la France, l'augmentation de la diversité est enregsitrée au niveau de la sous-zone à Romani (14 genres et 32 espèces) alors que dans la Cordillère Ibérique, c'est au niveau de la sous-zone à Blagdeni où l'augmentation de la diversité est plus importante avec un nombre total de 20 genres et 35 espèces. Les courbes de la biodiversité dans les autres régions montrent en général une faible diversité avec des légères fluctuations.

2.2. A l'échelle de la zone

La corrélation entre les courbes de biodiversité totale des neuf régions considérées (fig. 52) montre :

-un maximum de diversification générique et spécifique dans la zone à Laeviuscula (Dorset-Somerset, Cordillère Ibérique, Cordillère Bétique et Haut-Atlas central).

-une diminution de la biodiversité générique et spécifique dans la zone à Propinquans (Dorset-Somerset, bassin Lusitanien, Cordillère Ibérique, Cordillère Bétique et Haut-Atlas central).

-un maximum de diversification générique et spécifique dans la zone Humphriesianum (bassin du Sud-Est de la France et les Béni Snassen).

La difficulté de corréler certaines courbes de diversité, nous a amener à effectuer une corrélation statistique basée sur le calcul des coefficients de corrélation (Pearson) (r) et de détermination (r^2). Les sept couples de régions seront comparés sur les valeurs de biodiversité enregistrées dans chaque zone biostratigraphique.

*Le coefficient de corrélation (r) est utilisé pour mesurer le degré de relation linéaire entre deux variables. Cet coefficient suppose une valeur entre -1 et + 1.

*Le coefficient de détermination (r^2) permet d'estimer la qualité de la régression calculée en indiquant le pourcentage de variation de biodiversité dans une région expliqué par la variation dans l'autre région.

*Les valeurs obtenues de r et r^2 seront ensuite soumises à test bilatéral (nullité des valeurs). Ainsi, deux hypothèses sont confrontées, à savoir :

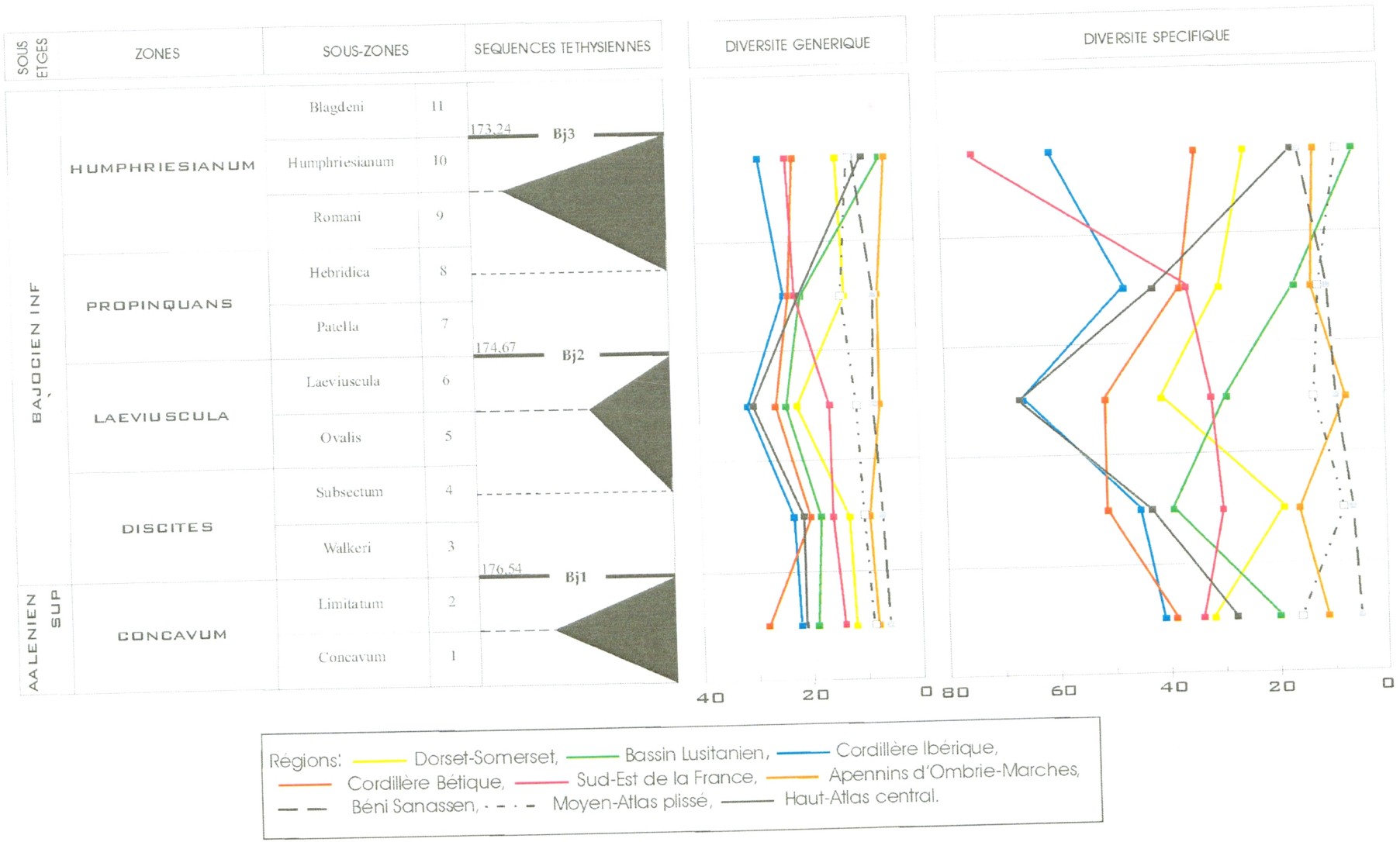


Fig. 52- Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par régions (à l'échelle de la zone).

-H_0 (hypothèse nulle) : r ou $r^2 = 0 \Rightarrow$ les variations de biodiversité dans les deux régions comparées ne sont pas liées entre elles. Notons que r peut être égal à 0 si la relation est non linéaire.

-H_1 (hypothèse alternative) : r ou $r^2 \neq 0 \Rightarrow$ les variations de biodiversité dans les deux régions comparées sont liées entre elles.

Compte-tenu du degré de liberté associé à ce test, la matrice de corrélation des profils temporels montre que la biodiversité générique totale évolue de façon apparemment similaire dans le bassin Lusitanien et le Haut-Atlas central (r = 0,973, r^2 = 94, 7%) et à un degré moins dans le Dorset-Somerset et la Cordillère Ibérique (r = 0, 883, r^2 = 78 %) (fig. 53 et 54).

r	DS								
DS	1	BL							
BL	0,397	1	CI						
CI	0,883	-0,046	1	CB					
CB	0,264	0,417	0,075	1	BSE				
BSE	-0,164	-0,574	0,237	-0,502	1	BA			
BA	-0,198	0,622	-0,606	0,011	-0,762	1	BS		
BS	0,216	-0,782	0,639	-0,374	0,685	-0,859	1	AP	
AP	0,222	0,044	0,371	-0,448	0,766	-0,427	0,329	1	AC
AC	0,567	0,973	0,128	0,466	-0,642	0,564	-0,677	-0,026	1

Fig. 53- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité générique totale par régions.

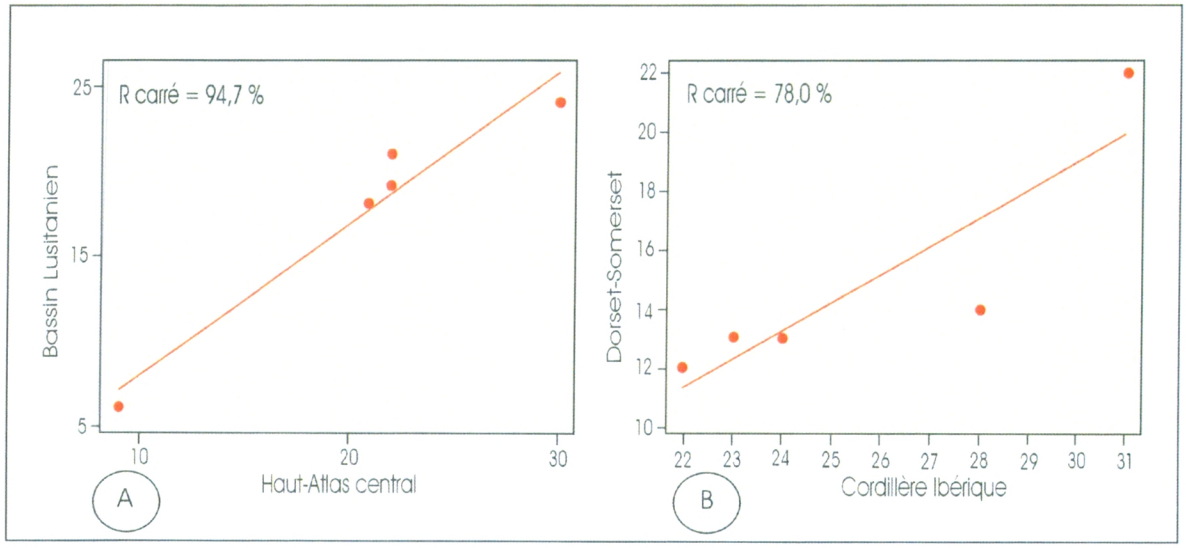


Fig. 54- Régression linéaire effectuée pour le bassin Lusitanien-Haut Atlas central (A) et le Dorset-Somerset-Cordillère Ibérique (B).

Par contre, au niveau spécifique, l'évolution de la biodiversité totale est complètement différente. Les valeurs de r et r^2 les plus significatives sont enregistrées dans le bassin Lusitanien et la Cordillère Bétique (r = 0,934, r^2 = 87, 3%) d'une part et dans le bassin du Sud-Est de la France et les Béni Snassen (r = 0,873, r^2 = 76,2 %) d'autre part (fig. 55 et 56). Dans les autres régions, les différents profils ne covarient pas. Ils sont statistiquement indépendants les uns des autres (voir annexe 1).

r	DS								
DS	1	BL							
BL	-0,070	1	CI						
CI	0,481	-0,191	1	CB					
CB	0,133	0,934	0,167	1	BSE				
BSE	-0,258	-0,804	0,403	-0,670	1	BA			
BA	-0,947	0,170	-0,661	-0,101	0,013	1	BS		
BS	-0,039	-0,743	0,643	-0,536	0,873	-0,136	1	AP	
AP	0,720	-0,009	-0,236	-0,052	-0,490	-0,570	-0,518	1	AC
AC	0,563	0,674	0,340	0,797	-0,711	-0,428	-0,349	0,229	1

Fig. 55- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité spécifique totale par régions.

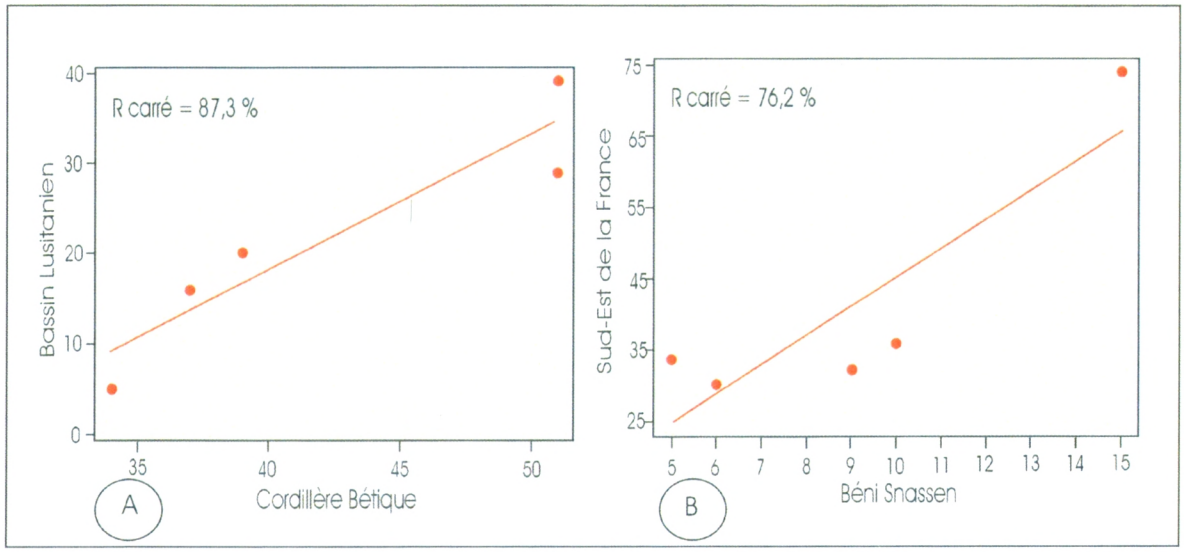


Fig. 56- Régression linéaire effectuée pour le bassin Lusitanien-Cordillère Bétique (A) et le Sud-Est de la France-Béni Snassen (B).

3. Conclusion et discussion

La variation de la diversité et les événements de renouvellements qui l'accompagnent dans le temps et dans l'espace sont régis par plusieurs facteurs. Certains auteurs préconisent un contrôle purement écologique, notamment la profondeur du milieu marin (ZIEGLER, 1967 ; TINTANT et *al.*, 1982 ; WESTERMANN, 1990 et SCHAFF, 1994). D'autres pensent plutôt à la physiographie des bassins en liaison avec leur histoire tectono-eustatique (ALMERAS & ELMI, 1982 ; ALMERAS et *al.*, 1988 ; ELMI, 1985, 1990 ; ELMI & BENSHILI, 1987 ; ELMI & RULLEAU, 1990 ; BENSHILI, 1989 ;

BENSHILI & ELMI 1994 ; SADKI & ELMI, 1991 ; SADKI, 1992, 2000 et RULLEAU et *al.*, 2001). Mais, les effets des cycles «transgressions-régressions» ou «variations du niveau marin» (HALLAM, 1981, 1988, 1989, 1997 ; ENAY, 1980, 1985 ; THIERRY, 1982 ; ATROPS & FERRY, 1989 ; MOUTERDE et *al.*, 1990 ; WESTERMANN, 1993, 2001 ; GRACIANSKY et *al.*, 1994 ; FERRY & MANGOLD, 1995 et SANDOVAL et *al.*, 2001) d'une part, et les changements climatiques d'autre part, ne peuvent pas être négligés. Ils ont été évoqués souvent dans plusieurs travaux pour expliquer l'origine des phases de diversifications et de crises fauniques (REBOULET, 1995 ; REBOULET & ATROPS, 1995 et SANDOVAL et *al.*, 2002).

Dans le cas de notre analyse, les résultats obtenus sur les neuf bassins ont permis de tester ces différentes hypothèses en comparant à la fois les courbes de la diversité souvent diachrones et les événements de renouvellement de la faune avec les séquences stratigraphiques de la Téthys (HARDENBOL et *al.*, 1998). A l'échelle de la sous-zone (fig. 51), nous avons constaté que la plupart des rythmes fauniques se corrèlent parfaitement avec les séquences stratigraphiques proposées. Ainsi, le maximum de la diversité et les phases d'apparition de nouveaux taxons coïncident avec les intervalles transgressifs (sous-zones à Limitatum, Laeviuscula et Romani-Humphriesianum). Alors que la chute de la diversité, accompagnée par des phases d'extinctions, correspond aux intervalles régressifs (sous-zones à Subtectum et Patella). Seulement, dans l'intervalle régressif (sous-zone à Walkeri), nous remarquons une augmentation de la diversité et un renouvellement faunique important (bassin Lusitanien, bassin du Sud-Est de la France et Haut-Atals central) qui ne peuvent être expliqués que par une éventuelle migration de taxons. Par ailleurs, à l'échelle de la zone (fig. 52), les comparaisons restent beaucoup plus difficiles même si certaines courbes de la diversité générique et spécifique semblent bien se corréler avec les séquences stratigraphiques soulignées par les limites majeures (Bj1, Bj2 et Bj3).

4. Analyse de la biodiversité totale par provinces

Les neuf régions sont regroupées ici en cinq provinces paléogéographiques bien distinctes. La biodiversité totale sera donc évaluée suivant la démarche précédente pour les cinq intervalles chronologiques (fig. 57).

4.1. Le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne (NPFNOE)

Représentée par la faune du Dorset-Somerset, cette province est caractérisée par une biodiversité générique et spécifique maximale dans la zone à Laeviuscula (22 genres et 41 espèces). A partir de la zone à Propinquans, la biodiversité diminue aussi bien pour les genres que pour les espèces.

4.2. Le bassin atlantique (BAt)

La courbe de la biodiversité générique montre la même évolution que la province précédente. Le nombre de genres (24) atteint son maximum dans la zone à Laeviuscula et commence à diminuer progressivement à partir de la zone à Propinquans. Alors que, le maximum de la biodiversité spécifique est enregistré dans la zone à Discites (39 espèces).

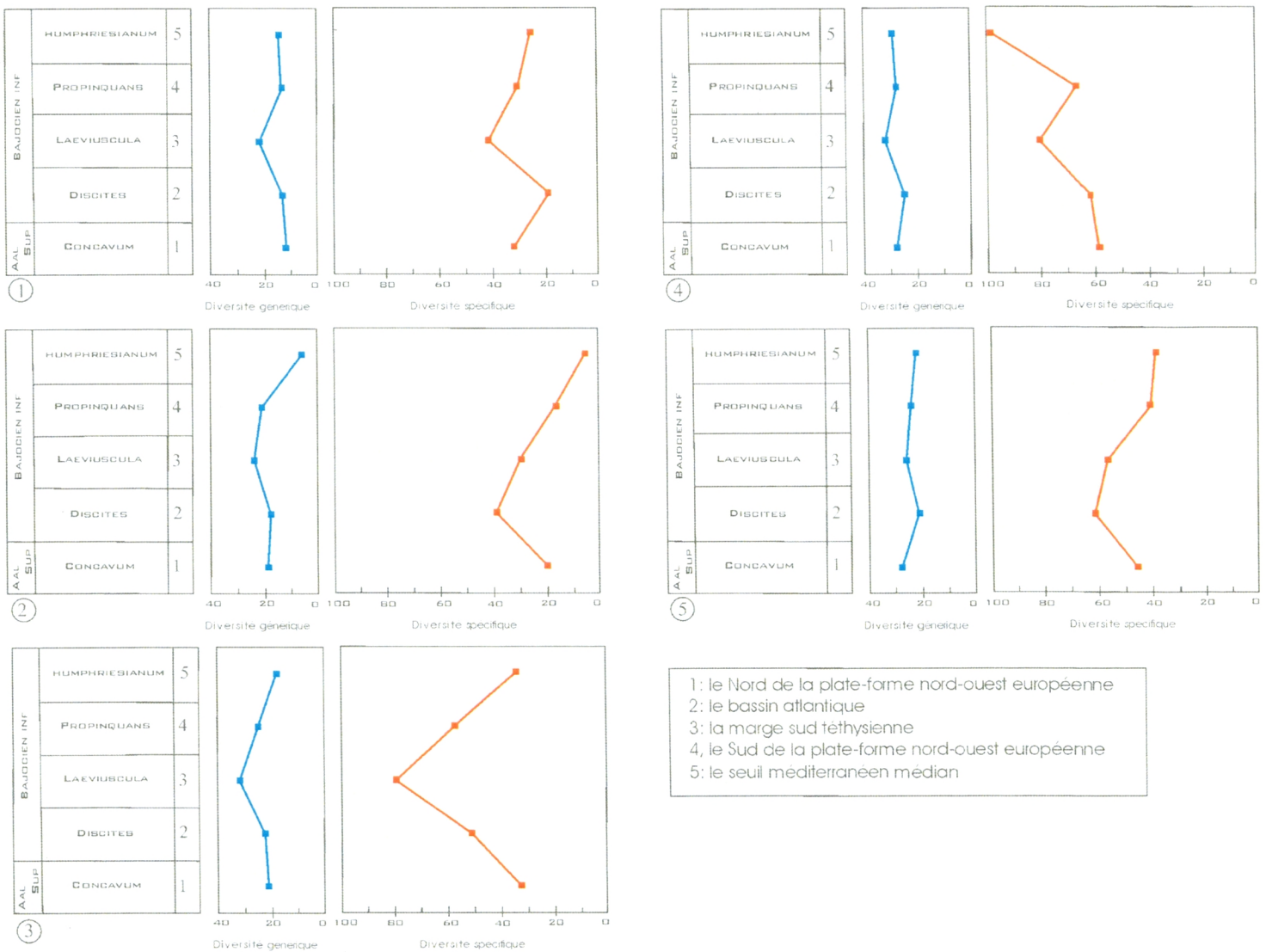


Fig. 57- Evolution de la biodiversité générique et spécifique totale dans les cinq provinces paléogéographiques.

4.3. La marge sud téthysienne (MST)

Cette province engloble les Béni Snassen, le Moyen-Atlas plissé et le Haut-Atlas central. Sa faune indique une augmentation maximale de la biodiversité générique et spécifique dans la zone à Laeviuscula (32 genres et 79 espèces). Dans les zones à Propinquans et à Humphriesianum, le nombre de taxons diminue de façon graduelle.

4.4. Le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne (SPFNOE)

Dans cette province, la faune de la Cordillère Ibérique et du bassin du Sud-Est de la France montre l'évolution suivante :

-une augmentation de la biodiversité générique et spécifique dans la zone à Laeviuscula (32 genres et 80 espèces).

-une diminution de la biodiversité générique et spécifique dans la zone à Propinquans (28 genres et 66 espèces).

-une nouvelle augmentation de la biodiversité générique et spécifique dans la zone à Humphriesianum (29 genres et 98 espèces).

4.5. Le seuil méditerranéen médian (SMM)

Cette province à laquelle se rattachent la Cordillère Bétique et le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches est marquée par une augmentation maximale de la biodiversité générique dans la zone à Laeviuscula (26 genres). Par contre, la biodiversité spécifique atteint son maximum dans la zones à Discites (61 espèces). Il faut cependant noter que les valeurs de la biodiversité générique et spécifique diminuent progressivement à partir de la zone à Propinquans.

5. Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par provinces

Dans l'ensemble des provinces, les courbes de biodiversité générique et sépcifique totale montrent (fig. 58) :

-une augmentarion généralisée de la diversité au niveau de la zone à Laeviuscula avec un maximum enregistré dans la province sud de la plate-forme nord-ouest européenne (SPFNOE) (32 genres et 80 espèces).

-une diminution généralisée de la diversité au niveau de la zone à Propinquans. Le taux de cette diminution diffèrent d'une province à une autre.

D'autre part, la corrélation statistique basée sur le calcul du coefficient de corrélation (r) (fig. 59) et du coefficient de détermination (r^2) (fi. 60) a permis de constater que certaines courbes de biodiversité totale semblent covarier au cours du temps. Ainsi, les courbes de la diversité générique les plus proches sont celles de la province atlantique (BAt) et de la province de la marge sud téthysienne (MST) ($r = 0{,}854$, $r^2 = 73\%$).

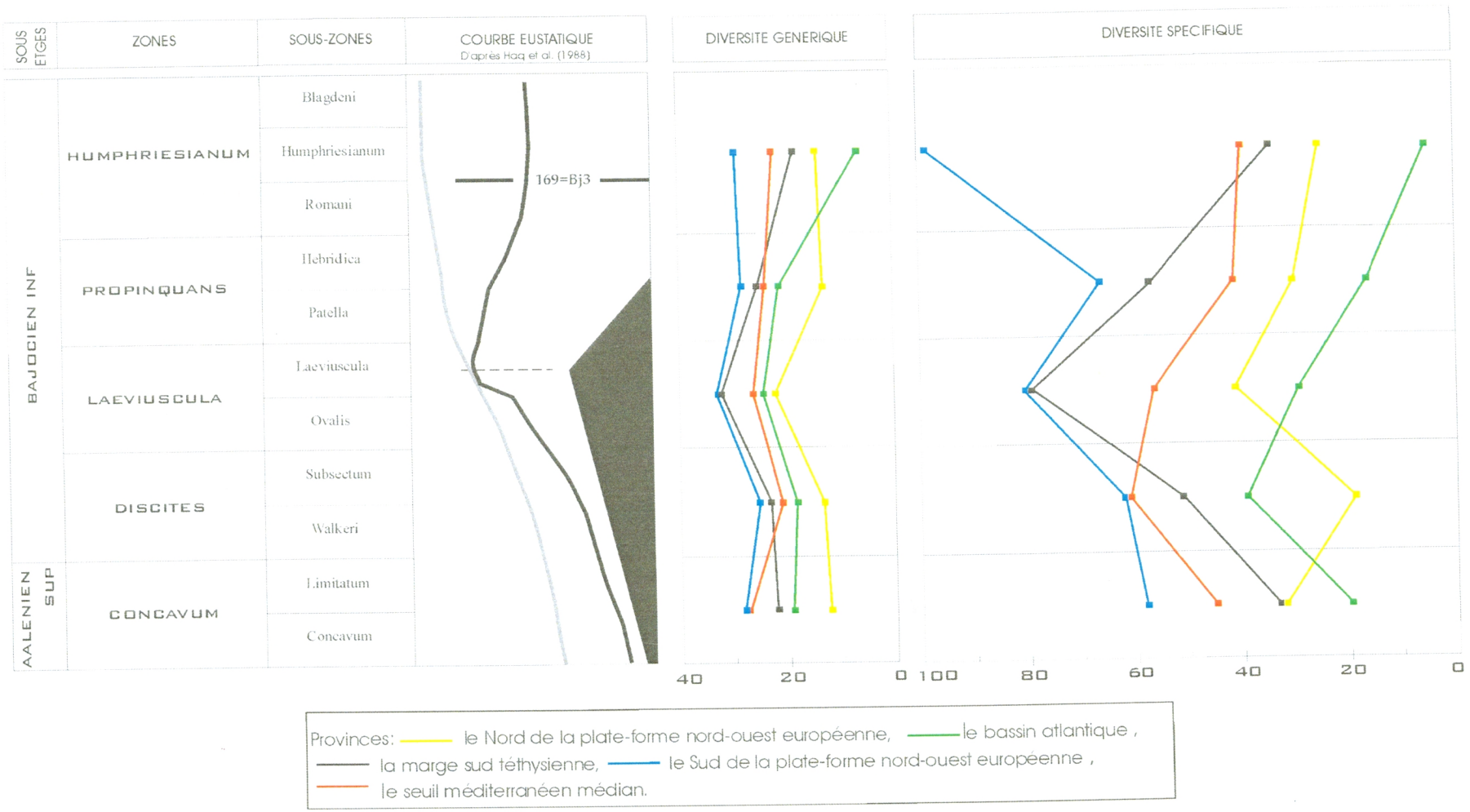


Fig. 58- Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par provinces.

Au niveau spécifique, une bonne corrélation des courbes de la diversité totale est constatée entre la province atlantique (BAt) et la province du seuil méditerranéen médian (SMM) (r = 0,962, r^2 = 92, 5%).

A

r	NPFNOE				
NPFNOE	1	BA			
BAt	0,397	1	MST		
MST	0,808	0,854	1	SPFNOE	
SPFNOE	0,814	0,185	0,561	1	SMM
SMM	0,218	0,513	0,390	0,508	1

B

r	NPFNOE				
NPFNOE	1	BA			
BAt	-0,070	1	MST		
MST	0,574	0,496	1	SPFNOE	
SPFNOE	0,079	-0,582	-0,001	1	SMM
SMM	-0,047	0,962	0,534	-0,345	1

Fig. 59- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité totale par provinces (**A** : générique, **B** : spécifique).

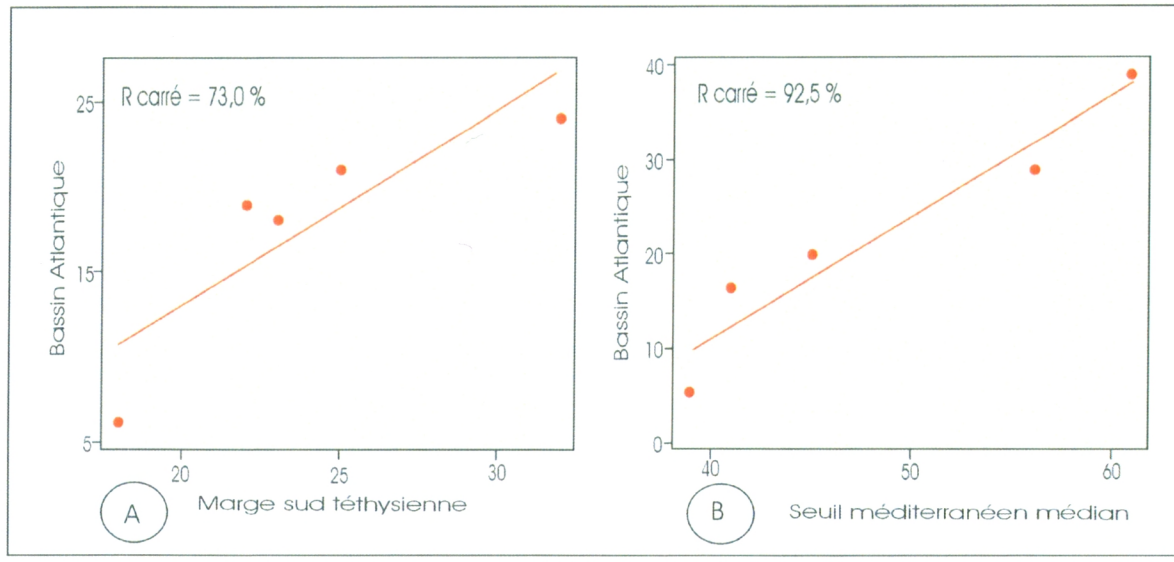


Fig. 60- Régression linéaire effectuée pour le bassin atlantique-marge sud téthysienne et le bassin atlantique-seuil méditerranéen médian (**A** : générique, **B** : spécifique).

5.1. Conclusion et discussion

Même si la tranche de temps étudiée est relativement courte, cela ne nous a pas empêché de chercher l'existence d'un éventuel rapport entre les événements fauniques dans les cinq provinces paléogéographiques et la courbe eustatique définie par le groupe d'Exxon (HAQ et *al.*, 1988). Dans cette optique, l'évolution des courbes de la biodiversité générique et certaines courbes de la biodiversité spécifique (Nord de la plate-forme nord-ouest européenne, marge sud téthysienne et Sud de la plate-forme nord-ouest européenne), correspond à deux épisodes importants (voir fig. 58) :

-un épisode transgressif débutant dans l'Aalénien moyen (zone à Bradfordensis) et qui s'achève au milieu de la zone à Laeviuscula (sous-zone à Laeviuscula). Il correspond, dans l'ensemble, à des provinces par un maximun de diversification générique observé dans la zone à Laeviuscula.

-un épisode régressif dans la zone Propinquans. Il est caractérisé par un déclin général de la diversité à la fois générique et spécifique et surtout par la dispartion quasi synchrone de 26 genres.

A partir de la zone à Humphriesianum, on assiste à une nouvelle augmentation de la biodiversité dans la province sud de la plate-forme nord-ouest européenne et qui coïcinde parfaitement avec la transgession indiquée sur la courbe eustatique.

En somme, la grande concordance entre l'évolution de certaines courbes de la biodiversité totale et la courbe eustatique de HAQ et *al.* (1988) pendant l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur ne signifie pas que l'eustatisme est le seul mécanisme de contrôle. L'intervention d'autres facteurs, notamment la tectonique locale ou régionale et les modifications climatiques peuvent exercer un contrôle essentiel sur le cachet bio-sédimentaire.

B. Evolution de la biodiverité familiale par provinces

L'analyse de la biodiversité familiale (générique et spécifique) par provinces est évaluée par les proportions relatives de chaque famille dans chaque intervalle chronologique.

1. Le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne (fig. 61)

1.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Cet intervalle est caractérisé par la prédominance des *Graphoceratidae* et des *Sonniniidae* qui constituent près de 67 % de genres et 75 % d'espèces. Le reste de la faune peu diversifiée, est composé des *Erycitidae* (17 %)(*Abbasitoides* et *Haplopleuroceras*), des *Hammatoceratidae* (8%) (*Eudmetoceras*) et des *Oppeliidae* (8%)(*Bradfordia*).

1.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Graphoceratidae et *Sonniniidae* sont les deux familles représentatives de cet intervalle (53 % de genres et 63 % d'espèces). Ils comptent sept espèces nouvelles :

Hyperlioceras liodiscites BUCKMAN, *Hyperlioceras politum* BUCKMAN, *Hyperlioceras rudidiscites* BUCKMAN, *Toxolioceras mundum* (BUCKMAN), *Reynesella juncta* BUCKMAN, *Euhoploceras marginatum* BUCKMAN et *Euhoploceras modestum* BUCKMAN. Par ailleurs, les *Otoitidae* représentés par le genre *Trilobiticeras* (*Trilobiticeras trilobitoides* BUCKMAN et *Docidoceras cylindroides* BUCKMAN) et les *Strigoceratidae* représentés par le genre *Strigoceras* font leur première apparition. Les autres familles (*Hammatoceratidae*, *Oppeliidae* et *Erycitidae*) sont représentées par une seule espèce chacune.

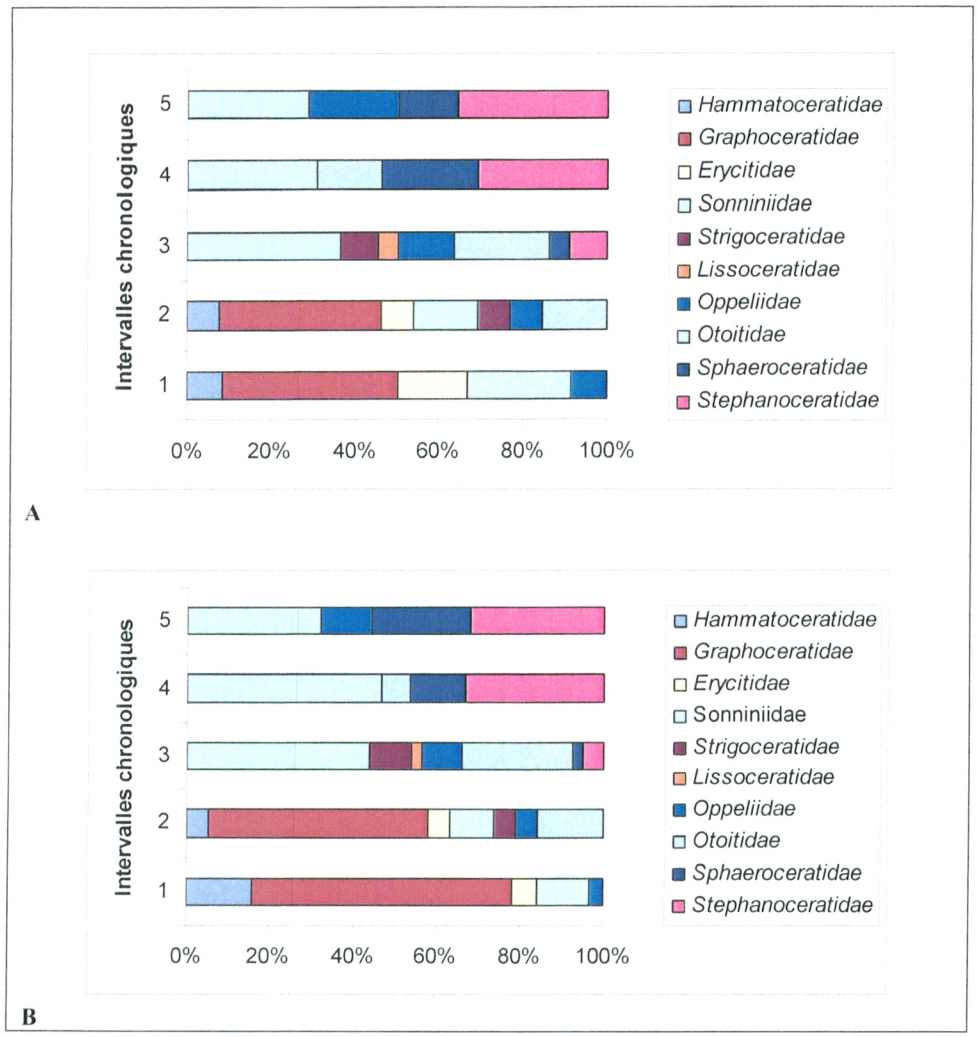


Fig. 61- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans la province Nord de la plate-forme nord-ouest européenne.

1.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Dans cet intervalle, la disparition des *Hammatoceratidae*, *Graphoceratidae* et *Erycitidae* est remplacée par l'apparition de deux nouvelles familles. Il s'agit des *Stephanoceratidae* représentés par les genres (*Mollistephanus* et *Skirroceras*) et des *Sphaeroceratidae* représentés par une seule espèce (*Frogdenites spiniger* BUCKMAN). Les *Sonniniidae*, famille prédominante, présentent un pic de divesité maximum notamment avec l'apparition de plusieurs espèces : *Fissilobiceras fissilobatum* (WAAGEN), *Papilliceras arenatum* (QUENSTEDT), *Pelekodites* cf. *pelekus* BUCKMAN, *Shirbuirnia*

stephanis (BUCKMAN), *S. trigonalis* (BUCKMAN), *Sonninia ovalis* (QUENSTEDT), *Witchellia connata* (BUCKMAN), *W. albida* (BUCKMAN), *W.* cf. *gelasina* (BUCKMAN), *W.* cf *jugifera* (WAAGEN), *W. laeviuscula* (SOWERBY) et *W. sayni* (HAUG). Cette augmentation de la biodiversité est enregistrée également chez les *Otoitidae* (*Docidoceras*, *Emileia*, *Emileites*, *Otoites* et *Trilobiticeras*), les *Oppeliidae* (*Ambloxyites*, *Bradfordia* et *Protoecotraustes*) et les *Strigoceratidae* (*Cadomoceras* et *Strigoceras*). Le reste de la population des ammonites est représenté par les *Lissoceratidae*, dont le pourcentage ne dépasse pas 4%.

1.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

A l'inverse, des *Otoitidae* et des *Sonniniidae* qui montrent une diminution de la biodiversité avec toutefois de nouvelles apparitions d'espèces : *Nannina evoluta* BUCKMAN, *Papilliceras papillatum* BUCKMAN, *P. micracanthum* BUCKMAN, *P. mesacanthum* (WAAGEN), *Sonninia corrugata* (SOWERBY), *S. propinquans* (BAYLE), *S. sowerbyi* (MILLER & SOWERBY) et *Witchellia simulans* (BUCKMAN), les *Stephanoceratidae* (*Kumatostephanus*, *Normannites*, *Skirroceras* et *Stephanoceras*) et les *Sphaeroceratidae* (*Frogdenites*, *Labyrinthoceras* et *Sphaeroceras*) deviennent les familles prédominantes dans cet intervalle (53 % de genres).

1.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

La biodiversité augmente respectivement chez les *Stephanoceratidae* (35 % de genres) qui développent trois nouveaux genres (*Phaulostephanus*, *Stemmatoceras* et *Teloceras*) et chez les *Oppeliidae* (21 % de genres)(*Oecotraustes*, *Oppelia* et *Poecilomorphus*). En revanche, les *Sonniniidae* avec l'apparion du genre *Nannina* et les *Sphaeroceratidae* montrent une diminution graduelle de la diversité.

2. Le bassin atlantique (fig. 62)

2.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Cet intervalle est caractérisé par l'importance diversification des *Graphoceratidae* qui présentent 26 % de genres (*Graphoceras*, *Ludwigella*, *Braunsina*, *Toxolioceras* et *Reynesella*) et 60 % d'espèces. Les *Hammatoceratidae* (*Eudmetoceras*, *Pseudaptetoceras* et *Rhodaniceras*), *Sonniniidae* (*Euhoploceras*, *Fontannesia* et *Sonninia*) et *Erycitidae* (*Haplopleuroceras*, *Zurcheria* et *Parazurcheria*) sont relativement abondants; ils sont présents de façon équivalente (16 %). Le reste de la composition faunique est constitué par des *Oppeliidae* (*Bradfordia* et *Protoecotraustes*), des *Otoitidae* (*Trilobiticeras* et *Riccardiceras*) et du genre *Asthenoceras*.

2.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Dans cet intervalle, *Sonniniidae* et *Graphoceratidae* deviennent les familles prédominantes (50 % de genres, 74 % d'espèces) avec l'apparition de nouveaux genres (*Pelekodites*, *Nannoceras* et *Oedania*). Les *Hammatoceratidae* et les *Oppeliidae* voient leur diversité diminuer; ils ne sont représentés que par un seul genre. Par contre, chez les *Erycitidae* et les *Otoitidae*, la diversité reste constante. Enfin, il faut noter l'apparition des *Strigoceratidae* qui sont représentés dans cet intervalle par le genre *Praestrigites*.

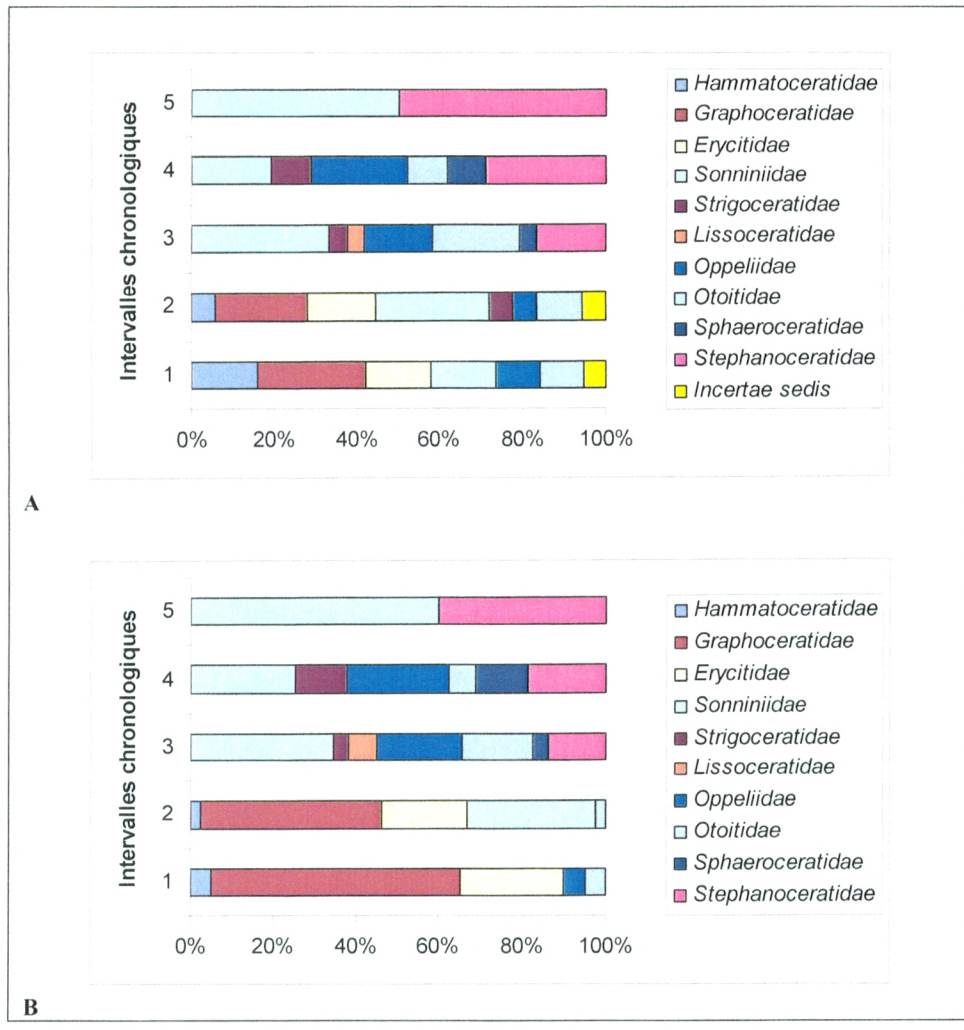


Fig. 62- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans le bassin atlantique.

2.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

A cette époque, les événements fauniques sont importants. On assite à la disparition de quatre familles (*Hammatoceratidae*, *Graphoceratidae*, *Erycitidae* et *Incertae sedis*) qui seront remplacées par les *Sphaeroceratidae* (*Frogdenites*), les *Lissoceratidae* (*Lissoceras*) et les *Stephanoceratidae* (*Albarracinites*, *Gerzenites*, *Mollistephanus* et *Skirroceras*) et surtout on a une augmentation généralisée de la biodiversité chez les *Sonniniidae* (33 %) (*Fissilobiceras*, *Fontannesia*, *Maceratites*, *Nannoceras*, *Pelekodites*, *Shirbuirnia*, *Sonninia* et *Witchellia*), les *Otoitidae* (21%) (*Docidoceras*, *Emileia*, *Emileites*, *Otoites* et *Trilobiticeras*) et les *Oppeliidae* (17 %) (*Bradfordia*, *Microtoxamblyites*, *Protoecotraustes* et *Toxamblyites*). Les *Strigoceratidae* sont toujours très faiblement représentés.

2.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Alors que la biodiversité continue à augmenter, repectivement pour les *Stephanoceratidae* (29 %) (*Albarracinites*, *Gerzenites*, *Itinsaites*, *Kumatostephanus*, *Skirroceras* et *Mollistephanus*), les *Oppeliidae* (24 %) (*Ambloxyites*, *Bradfordia*, *Microtoxamblyites*, *Protoecotraustes* et *Toxamblyites*), les *Sphaeroceratidae* (9 %) (*Chondroceras* et *Labyrinthoceras*) et les *Strigoceraidae* (9 %) (*Cadomoceras* et

Strigoceras), on observe une baisse totale de cette biodiversité chez les *Sonniniidae* (19 %) (*Dorsetensia*, *Nannina*, *Pelekodites* et *Sonninia*) et les *Otoitidae* (9 %) (*Emileia* et *Otoites*).

2.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Par manque de données pour cette zone, deux familles seulement sont inventoriées. Il s'agit des *Sonniniidae* (*Dorsetensia*, *Nannina* et *Pelekodites*) associés à des *Stephanoceratidae* (*Itinsaites*, *Skirroceras* et *Stephanoceras*). Ceci ne permet pas d'effectuer une analyse aussi complète de la biodiversité familiale.

3. La marge sud téthysienne (fig. 63)

3.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Dans cet intervalle, la biodiversité générique et familiale se singularise surtout par la prédominance *des Erycitidae* (*Abbasitoides*, *Haplopleuroceras*, *Zurcheria, Malladaites* et *Ambersites*) et des *Hammatoceratidae* (*Eudmetoceras*, *Pseudammatoceras*, *Rhodaniceras* et *Planammatoceras*) qui représentent (41 %) de la population totale. Inversement, la biodiversité spécifique est marquée par la diversification des *Graphoceratidae* (30 %) et des *Hammatoceratidae* (24 %). Le reste de la faune est composé d'*Otoitidae* (*Docidoceras*, *Trilobiticeras*, *Riccardiceras*), d'*Oppeliidae* (*Bradfordia*, *Protoecotraustes* et *Praeoppelia*) et de *Sonniniidae* (*Euhoploceras*, *Fontannesia* et *Nannoceras*) avec des proportions similaires (14%). Quant aux *Strigoceratidae* (*Praestrigites*) et *Incertae sedis* (*Asthenoceras*), ils sont faiblement représentés (moins de 5%)

3.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Comme toutes les provinces précédentes, deux familles ont toujours une position dominante dans cet intervalle. Il s'agit des *Graphoceratidae* (26%) caractérisés ici par quatre nouvelles apparitions génériques (*Toxolioceras*, *Hyperlioceras*, *Braunsina* et *Oedania*) et des *Sonniniidae* (17 %) avec la seule apparition du genre *Sonninia*. En revanche, il se produit une diminution importante de la biodiversité chez les *Hammatoceratidae* et les *Erycitidae*. Dans les autres familles, les effectifs génériques restent constants.

3.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

La biodiversité continue à augmenter chez les *Sonniniidae* (34 %) avec l'apparition de formes nouvelles (*Fissilobiceras*, *Maceratites*, *Newmarracarroceras*, *Papilliceras*, *Pelekodites*, *Shirbuirnia* et *Witchellia*), de même que chez les *Oppeliidae* (13 %) (*Bradfordia*, *Praeoppelia*, *Protoecotraustes* et *Toxamblyites*), les *Otoitidae* (16 %) (*Docidoceras*, *Emileia*, *Emileites*, *Otoites* et *Trilobiticeras*) et les *Strigoceratidae* (9 %) (*Cadomoceras*, *Hebetoxyites* et *Strigoceras*). Les genres *Zurcheria* (*Erycitidae*) et *Asthenoceras* (*Incertae sedis*) sont toujours présents. Cet intervalle est marqué également par l'apparition de trois nouvelles familles. Ce sont les *Stephanoceratidae* (16 %) (*Albarracinites*, *Gerzenites*, *Mollistephanus*, *Skirroceras* et *Zemistephanus*), les *Lissoceratidae* (*Lissoceras*) et les *Sphaeroceratidae* (*Frogdenites*).

3.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Sur les sept familles présentes dans cet intervalle, trois familles seulement voient leur diversité augmenter. Il s'agit des *Stephanoceratidae* (24 %) (*Stephanoceras*, *Normannites*, *Epalxites*, *Kumatostephanus*, *Gerzenites* et *Skirroceras*), des *Oppeliidae* (16%)(*Stegoxyites*, *Bradfordia*, *Protoecotraustes* et *Toxamblyites*) et des *Sphaeroceratidae* (12 %) (*Chondroceras*, *Frogdenites* et *Labyrinthoceras*). Par contre, les *Sonniniidae* représentés par deux nouveaux genres (*Nannina* et *Dorsetensia*), les *Strigoceratidae* et les *Otoitidae* enregistrent une diminution de leur diversité. Notons que la famille des *Lissoceratidae* est toujours représentée par le genre (*Lissoceras*).

3.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Les *Otoitidae* disparaissent dans cet intervalle, alors que les *Stephanoceratidae* (*Teloceras*, *Stemmatoceras*, *Phaulostephanus*, *Itinsaites*, *Stephanoceras*, *Normannites* et *Epalxites*) et les *Oppeliidae* (*Poecilomorphus*, *Oppelia*, *Oecotraustes*, *Stegoxyites* et *Toxamblyites*) continuent à augmenter leur diversité (67 % de genres et 66 % d'espèces). A l'inverse, *Sonniniidae*, *Strigoceratidae* et *Sphaeroceratidae* montrent une diminution de la diversité. Les *Lissoceratidae* restent sous-représentés (5 %).

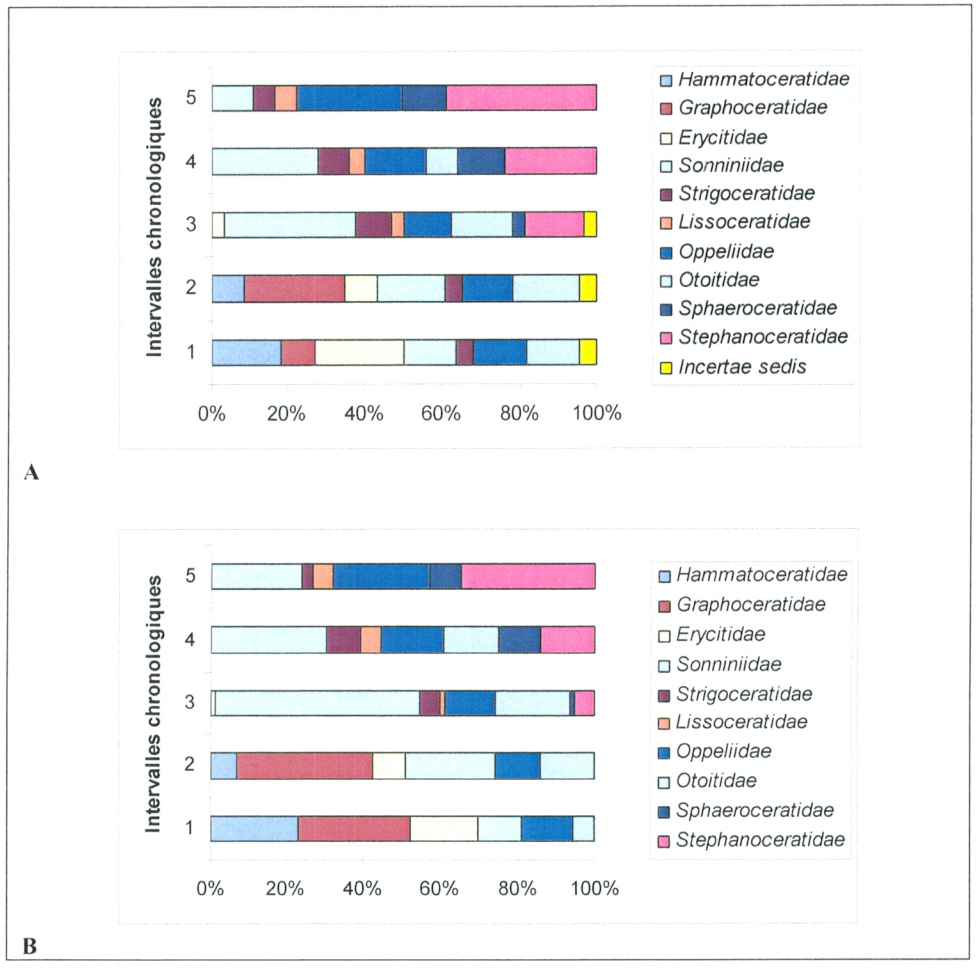


Fig. 63- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) sur la marge sud téthysienne.

4. Le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne (fig. 64)

4.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Dans cet intervalle, la composition faunique est marquée par la prédominance des *Graphoceratidae* et des *Erycitidae* qui constituent 57 % des genres et 77 % des espèces. Les *Hammatoceratidae* sont plus diversifiés (18 %) (*Bredyia*, *Hammatoceras*, *Eudmetoceras*, *Pseudammatoceras* et *Rhodaniceras*), alors que les *Otoitidae* (*Docidoceras*, *Trilobiticeras* et *Riccardiceras*), les *Sonniniidae* (*Euhoploceras*, *Fontannesia* et *Nannoceras*) et les *Oppeliidae* (*Bradfordia*) sont relativement moins représentés. Leur pourcentage est respectivement de 4 et 11 %.

4.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Cet intervalle est caractérisé essentiellement par l'apparition des *Strigoceratidae* (*Hebetoxyites* et *Praestrigites*), la diversification maximale des *Graphoceratidae* (36 %) (*Darellina*, *Reynesella*, *Toxolioceras*, *Hyperlioceras*, *Graphoceras*, *Ludwigella*, *Braunsina*, *Darellia* et *Oedania*) et l'augmentation relative de la diversité des *Otoitidae* (16 %) (*Docidoceras*, *Trilobiticeras*, *Riccardiceras* et *Emileites*) ainsi que des *Sonniniidae* (16 %)(*Euhoploceras*, *Fontannesia*, *Nannoceras* et *Sonninia*). Les *Hammatoceratidae* et les *Erycitidae* connaissent une baisse de la diversité. Par contre, les *Oppeliidae* (4 %) sont représentés par le genre (*Bradfordia*) cité dans la zone précédente.

4.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Durant cet intervalle, des changements importants dans la composition faunique sont enregistrés. Il s'agit de :

-l'apparition de trois nouvelles familles : les *Stephanoceratidae* (19%) (*Kumatostephanus*, *Epalxites*, *Albarracinites*, *Gerzenites*, *Mollistephanus* et *Skirroceras*), les *Sphaeroceratidae* (6 %) (*Frogdenites* et *Labyrinthoceras*) et *Lissoceratidae* (3 %) (*Lissoceras*) ;

-l'augmentation généralisée de la biodiversité chez les *Sonniniidae* (31 %) (*Euhoploceras*, *Fissilobiceras*, *Fontannesia*, *Maceratites*, *Nannoceras*, *Papilliceras*, *Pelekodites*, *Shirbuirnia*, *Sonninia* et *Witchellia*), les *Oppeliidae* (19 %) (*Ambloxyites*, *Bradfordia*, *Praeoppelia*, *Protoecotraustes*, *Toxamblyites* et *Microtoxamblyites*), les *Otoitidae* (12 %) (*Emileia*, *Emileites*, *Otoites* et *Trilobiticeras*) et les *Strigoceratidae* (9 %) (*Cadomoceras*, *Hebetoxyites* et *Strigoceras*)

4.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Tandis que la biodiversité s'accroît de 6 % chez les *Stephanoceratidae* (*Phaulostephanus*, *Itinsaites*, *Stephanoceras*, *Epalxites*, *Kumatostephanus*, *Gerzenites* et *Skirroceras*), on relève une baisse chez les *Sonniniidae* (-6 %) et les *Otoitidae* (-5 %). Chez les *Strigoceratidae* et les *Lissoceratidae*, la biodiversité reste constante. Par contre, chez les *Oppeliidae* et les *Sphaeroceratidae* le nombre de genres, également constant, est marqué par de nouvelles apparitions (*Oppelia*, *Stegoxyites et Chondroceras*).

4.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Dans cet intervalle, nous remarquons les événements suivants :

-apparition exceptionnelle des *Perisphinctidae* (*Cleistosphinctes* et *Leptosphinctes*) dans cette province qui coïncide avec la disparition des *Otoitidae* ;

-diversité maximale des *Stephanoceratidae* (41 %) (*Teloceras*, *Stemmatoceras*, *Polyplectites*, *Paltystomites*, *Normannites*, *Masckeites*, *Cadomites*, *Phaulostephanus*, *Itinsaites*, *Stephanoceras*, *Epalxites* et *Skirroceras*) ;

-diversificationn des *Oppeliidae* avec l'apparition de trois nouveaux genres (*Poecilomorphus*, *Oecotraustes* et *Micropoecilomorphus*) ;

-diminution de la diversité pour les *Sonniniidae* (-12 %) et les *Strigoceratida* (-4 %) ;

-stabilité de la famille des *Lissoceratidae* qui est toujors représentée par le genre *Lissoceras*.

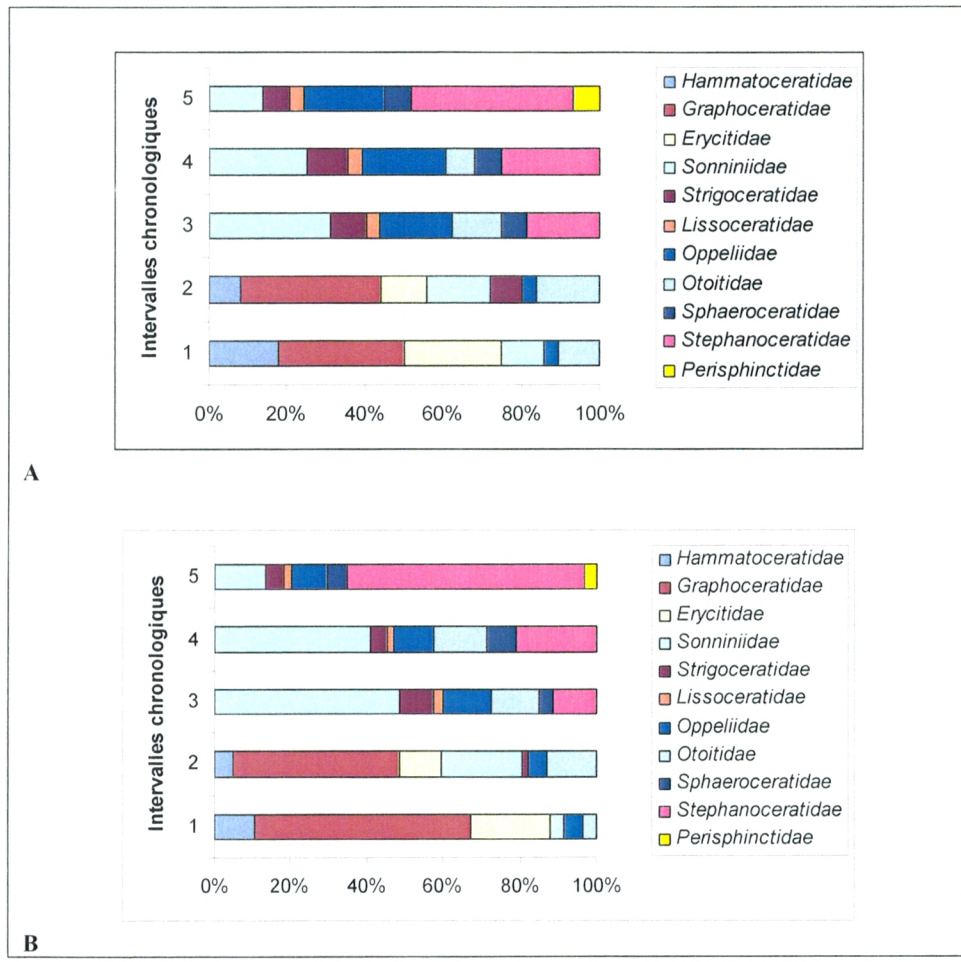


Fig. 64- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans la province Sud de la plate-forme nord-ouest européenne.

5. Le seuil méditerranéen médian (fig. 65)

5.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Hormis la présence des genres *Praestrigites* (*Strigoceratidae*), *Lissoceras* (*Lissoceratidae*) et *Asthenoceras* (*Incerae sedis*), la diversité familiale dans cet intervalle est très proche de celle de la province Sud de la plate-forme nord-ouest européenne.

5.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Cette zone se distingue surtout par le déclin des *Hammatoceratidae* et des *Erycitidae* qui ne sont plus représentés que par deux genres chacun. Les *Graphoceratidae* (29 %) (*Reynesella*, *Oedania*, *Toxolioceras*, *Hyperlioceras*, *Graphoceras* et *Braunsina*) et les *Strigoceratidae* (9 %) (*Strigoceras* et *Praestrigites*) montrent une augmentation de la biodiversité. Le reste des familles (*Sonniniidae*, *Otoitidae*, *Oppeliidae*, *Lissoceratidae* et *Incertae sedis*) conserve le même stock faunique.

5.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

A cette époque, quatre familles enregistrent une augmentation de la biodiversité. Il s'agit des *Sonniniidae* (27%) (*Euhoploceras*, *Fissilobiceras*, *Fontannesia*, *Maceratites*, *Pelekodites*, *Sonninia* et *Witchellia*), des *Otoitidae* (19%) (*Emileia*, *Emileites*, *Otoites* et *Trilobiticeras*), des *Strigoceratidae* (11 %) (*Cadomoceras*, *Hebetoxyites* et *Strigoceras*) et des *Oppeliidae* (8 %) (*Bradfordia* et *Toxamblyites*). Deux familles font leur première apparition. Ce sont les *Stephanoceratidae* (23 %) (*Kumatostephanus, Epalxites, Albarracinites*, *Gerzenites*, *Mollistephanus* et *Skirroceras*) et les *Sphaeroceratidae* (4 %) représentés ici par le genre *Frogdenites*. Les *Lissoceratidae* (4 %) et les derniers *Erycitidae* (4 %) sont représentés par une seul genre chacun.

5.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Dans cet intervalle, les *Sonniniidae* (29 %) et *les Stephanoceratidae* (21 %) sont les deux familles prédominantes. Les *Oppeliidae* (17 %) (*Microtoxamblyites*, *Stegoxyites, Bradfordia* et *Toxamblyites*) et les *Lissoceratidae* (9 %) (*Lissoceras* et *Microlissoceras*) montrent une lègère augmentation de leur biodivesité. Les *Otoitidae* (8 %) ne sont représentés que par deux genres (*Emileia* et *Otoites*). Le nombre des *Sphaerocertidae* et des *Strigoceratidae* n'évolue pas.

5.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

La biodiversité continue à augmenter pour les *Stephanoceratidae* (50 %) (*Teloceras*, *Stemmatoceras*, *Polyplectites*, *Normannites*, *Masckeites*, *Cadomites, Phaulostephanus*, *Itinsaites*, *Stephanoceras*, *Epalxites* et *Skirroceras*), les *Oppeliidae* (23%) (*Poecilomorphus*, *Oecotraustes*, *Micropoecilomorphus*, *Oppelia* et *Toxamblyites*) et relativement pour les *Sphaeroceratidae* (9 %) (*Sphaeroceras, Chondroceras*). Inversement, les trois autres familles [*Sonniniidae* (4 %), *Strigoceratidae* (9 %) et *Lissoceratidae* (4 %)] montrent une diminution importante de la biodiversité, sans apparition de formes nouvelles.

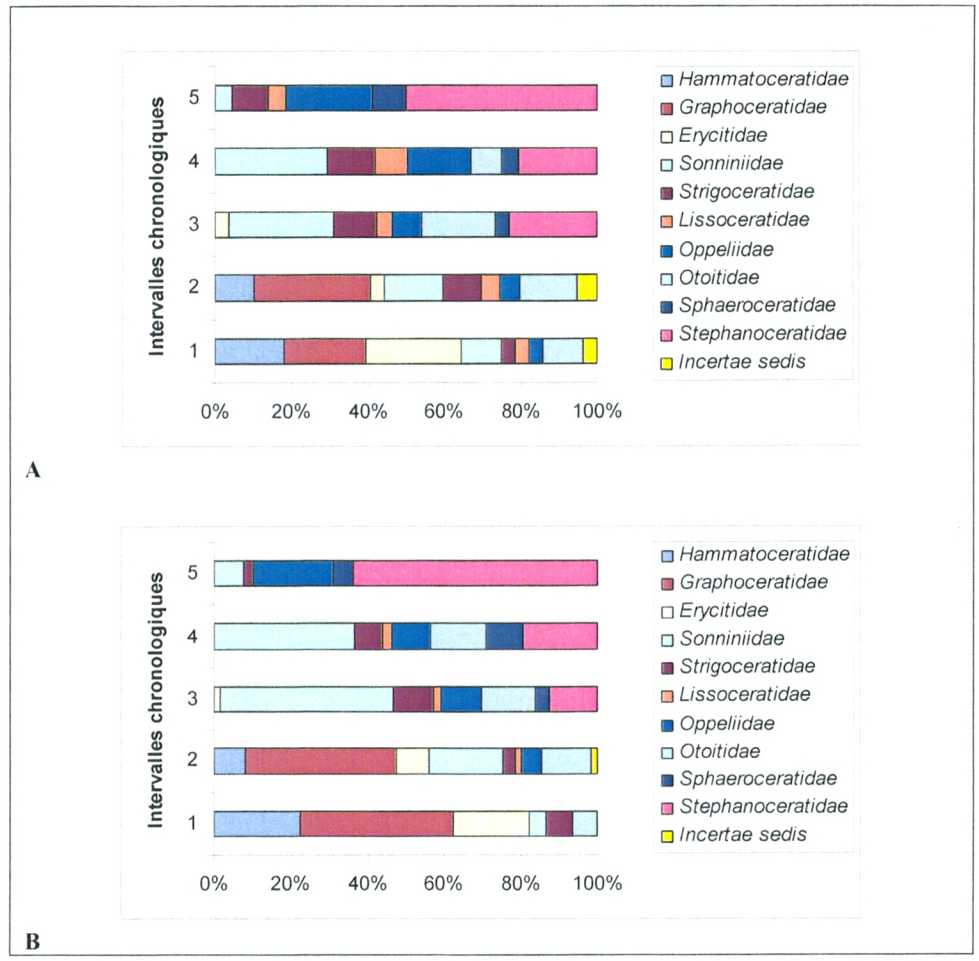


Fig. 65- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) sur le seuil méditerranéen médian.

C. Evolution de la biodiverité totale en fonction des paléolatitudes

Notre but ici est d'évaluer la biodiversité en fonction du nombre absolu des taxons (genres et espèces) par domaines latitudinaux, pour chaque intervalle. Ceci nous permettra de compléter notre synthèse sur l'évolution et la dynamique de la biodivsersité dans les domaines étudiés.

1. Estimation des paléolatitudes

Les paléolatitudes des neuf régions sont établies à partir de la carte paléogéographique (fig. 1, p. 15). Elles seront ainsi classées en trois domaines latitudinaux. Il s'agit du :

-Domaine des basses latitudes (*i.e.* intertropicales) : il regroupe les régions situées entre 10°N et 20°N (Apennins d'Ombrie-Marches, Béni Snassen, Moyen-Atlas plissé et Haut-Atlas central).

-Domaine des moyennes latitudes (*i.e.* subtropicales) : il comprend les régions situées entre 20°N et 30°N (Bassin Lusitanien, Cordillère Ibérique, Cordillère Bétique, et Bassin du Sud-Est de la France).

-Domaine des hautes latitudes : la faune caractéristique de ce domaine est celle de la région du Dorest-Somerset. Cette dernière est située juste à la limite de la latitude 30°N.

2. Analyse de la biodiversité totale

Cinq courbes de biodiversité générique (fig. 66) et spécifique (fig. 67) ont été tracées pour les trois domaines latitudinaux. Chaque courbe correspond à un intervalle biochronologique.

2.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

La biodiversité est maximale dans les moyennes latitudes (37 genres et 76 espèces). Par contre, elle diminue progressivement en basses latitudes (25 genres et 42 espèces) pour devenir très faible en hautes latitudes (12 genres et 32 espèces).

2.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Une augmentation de la diversité spécifique est enregistrée dans les basses latitudes (45 %) et les moyennes latitudes (33 %). Au niveau générique, la diversité dans les deux latitudes montre une lègère diminution. Par ailleurs, dans les hautes latitudes, la tendance précédente s'inverse. La diversité diminue au niveau spécifique et elle augmente de 8 % au niveau générique.

2.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Dans cet intervalle, la biodiversité continue à augmenter pour toutes les latitudes, cependant, l'augmentation est plus importante en hautes latitudes (69 % de genres et 115 % d'espèces) qu'en basses latitudes (37 % de genres et d'espèces). Dans les hautes latitudes la biodiversité est toujours la plus forte mais avec un taux d'augmentation faible (13 % de genres et 1% d'espèces).

2.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Durant cet intervalle, une diminution de la biodiversité se généralise dans l'ensemble des latitudes. Ainsi, le taux le plus important de cette diminution est enregistré dans les hautes latitudes (-40 % de genres et -27 % d'espèces). En revanche, les valeurs moyennes de la chute de biodiversité spécifique sont presque équivalentes en basses et moyennes latitudes (-22 %) contrairement à la biodiversité générique où la diminution est de -21 % (en basses latitudes) et seulement de -6 % (en moyennes latitudes).

2.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

La biodiversité diminue fortement aux basses latitudes (-23% de genres et -35% des espèces) et légèrement en hautes latitudes (8 % de genres et 17 % d'espèces). Par contre,

Quatrième Partie – BIOGEOGRAPHIE QUANTITATIVE : APPLICATION DE LA METHODE MULTIVARIEE

dans les moyennes latitudes, la diversité spécifique augmente de 30 % par rapport à l'intervalle biochronologique précédent.

En conclusion, l'évolution de la biodiversité au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur montre une diversification très intense aux moyennes latitudes avec une augmentation généralisée de la biodiversité dans la zone à Laeviuscula. Ceci peut être expliqué par la rupture des contrastes entre les différentes provinces paléobiogéographiques favorisant ainsi les échanges fauniques.

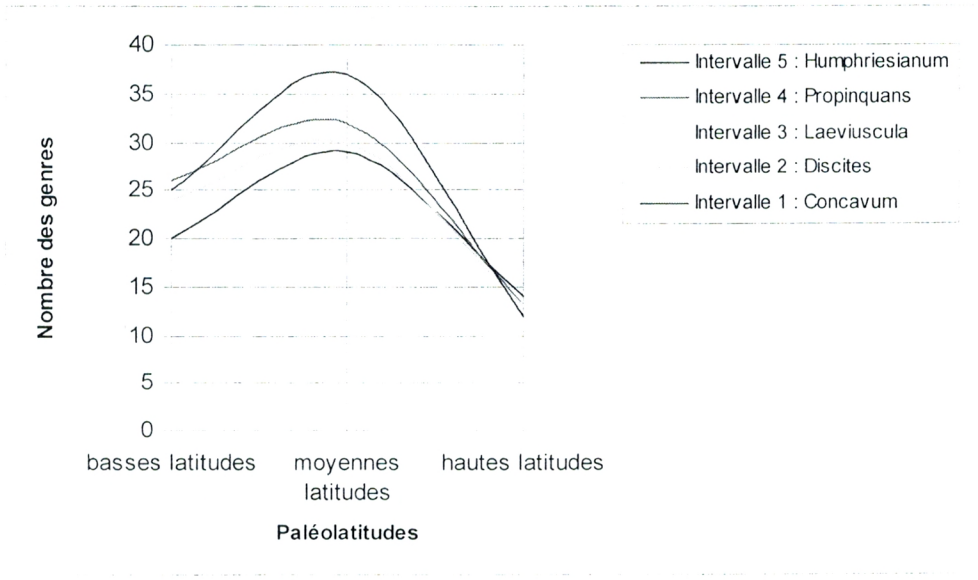


Fig. 66- Evolution de la biodiversité générique totale en fonction des paléolatitudes.

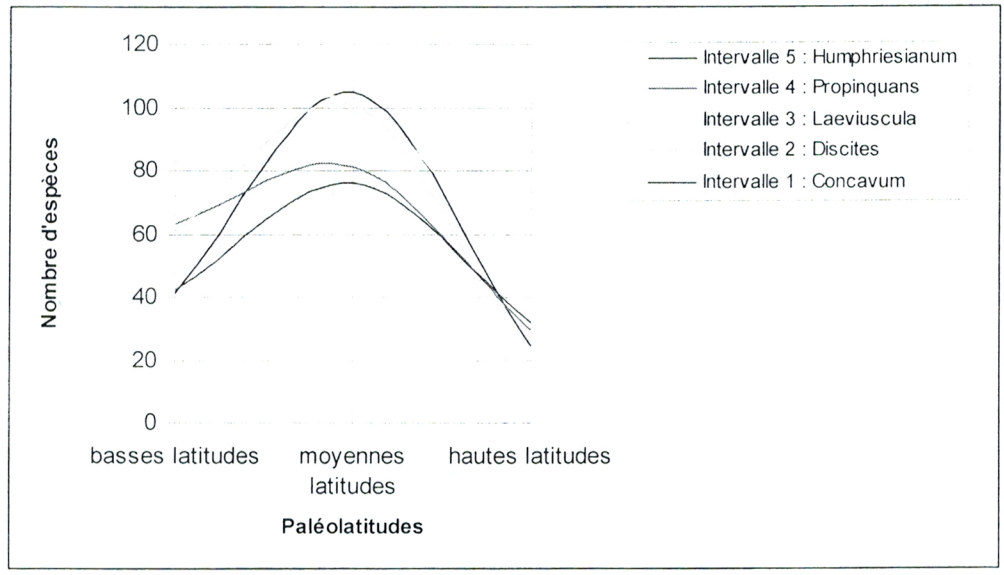


Fig.67- Evolution de la biodiversité spécifique totale en fonction des paléolatitudes.

Quatrième Partie- BIOGEOGRAPHIE QUANTITATIVE : APPLICATION DE LA METHODE MULTIVARIEE

I. INTRODUCTION

Afin de compléter l'étude de la biodiversité, nous avons jugé utile de quantifier les relations entre les faunes issues de différentes régions. Cette quantification de la dynamique biogéographique est basée sur une approche phénétique qui ne tient compte ni des contraintes écologiques ni de l'atavisme historique (DOMMERGUES & MARCHAND, 1988). Elle utilise seule la méthode multivariée pour reconnaître les associations de taxons (espèces, genres, familles) qui permettent d'attribuer une région à une entité paléobiogéographique donnée. Dans le cas de notre étude, la méthode multivariée (Analyse en coordonnées principales et le calcul d'indices de similarité et de distance) semble bien appropriée à la qualité des données acquises (MAROK et *al.*, 2007).

II. METHODOLOGIE

A. Elaboration et mise en forme des listes fauniques

Pour ne pas prendre le risque d'introduire un biais dans la quantification biogéographique, nous avons supprimé de la liste faunique déjà établie toutes les catégories incertaines (**cf.**, **gr.**, **aff.** et **sp.**). On se retrouve dès lors avec une liste faunique réduite à 382 espèces. Ensuite, les listes sont consignées dans deux types de matrices :

-matrices représentant la composition taxonomique en terme de nombre de genres et d'espèces par famille pour chaque région.

-matrices binaires (*Présence/Absence*), c'est-à-dire des tableaux de chiffres exprimant la présence, ou l'absence d'un taxon dans une région, codées par 1 (présence certifiée) ou 0 (absence probable).

B. Traitement des données

1. Traitement des données quantitatives (abondance)

Pour l'analyse des données d'abondance, on a utilisé le logiciel *PAST-PAlaeontological STatistics*, ver. 1.30 (HAMMER et *al.*, 2004). Sur ce logiciel, la matrice obtenue en terme de nombre de genres et d'espèces par famille pour chaque région (tabl. 4 et 5) est traitée en utilisant l'analyse en coordonnées principales (*Principal Coordinates Analysis*) et la classification ascendante hiérarchique. Cette dernière est le résultat de la mesure de distance basée ici sur le coefficient de BRAY-CURTIS. Elle permet de regrouper les régions en fonction de leur proximité en terme de composition taxonomique. Cependant, il est important de souligner que le choix de l'algorithme de calcul des distances dépend du type de la matrice élaborée.

Dans notre cas, la matrice fabriquée à partir de 12 familles et 9 régions ne s'adapte guère à l'utilisation d'indices de distance (CHORD, MANHATTAN et PICKFORD) souvent employés par certains auteurs pour des données plus importantes (MOYNE et *al.*, 2004).

Famille	DS	BL	CI	CB	BSE	BA	BS	AP	AC
Hammatoceratidae	1	3	3	5	3	3	1	3	4
Graphoceratidae	6	6	11	10	10	1	4	4	5
Erycitidae	2	3	7	7	1	3	1	2	5
Sonniniidae	11	11	12	11	9	5	6	7	13
Strigoceratidae	2	3	4	4	3	3	2	1	4
Lissoceratidae	1	1	1	2	1	0	1	1	1
Oppeliidae	5	5	10	8	9	1	4	4	6
Otoitidae	5	6	6	6	5	4	3	4	6
Sphaeroceratidae	4	3	4	4	3	1	3	2	3
Stephanoceratidae	8	7	16	15	12	5	5	7	11
Perisphinctidae	0	0	2	0	1	0	0	0	0
Incertae sedis	0	1	0	1	0	0	0	0	1

Tabl. 4- Tableau des genres appartenant aux différentes familles et réparties entre les neuf régions.

Famille	DS	BL	CI	CB	BSE	BA	BS	AP	AC
Hammatoceratidae	4	2	3	8	1	6	0	3	9
Graphoceratidae	24	22	31	32	31	0	3	9	21
Erycitidae	1	8	8	11	2	1	0	3	6
Sonniniidae	40	18	44	35	32	5	1	4	62
Strigoceratidae	5	3	9	7	3	5	1	0	7
Lissoceratidae	1	2	3	1	2	0	1	1	3
Oppeliidae	8	2	17	12	10	1	2	4	19
Otoitidae	12	6	13	12	3	11	3	3	19
Sphaeroceratidae	10	0	9	5	5	3	1	1	5
Stephanoceratidae	17	1	34	27	40	13	5	4	8
Perisphinctidae	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Incertae sedis	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabl. 5- Tableau des espèces appartenant aux différentes familles et réparties entre les neuf régions.

2. Traitement des données qualitatives (binaires)

Contrairement à la méthode précédente, nous avons choisi pour l'analyse des données qualitatives (binaires), le logiciel *BG-Index* ver. 1.1 β (ESCARGUEL, 2001), ceci dans le but de comparer le degré de ressemblance ou de dissemblance entre chaque couple de listes généré par la base de données. Ce degré est calculé par les indices de similarité (coefficients de SIMPSON, JACCARD, DICE et BRAUN-BLANQUET) ou de distance (coefficient de BRAY-CURTIS) d'un point de vue chronologique, en effectuant les calculs pour tous les intervalles confondus et ensuite, intervalle par intervalle. Les résultats de ces calculs sont représentés sous la forme d'un phénogramme qui sera transformé par la suite en Diagramme de Venns, ou «Diagramme d'Association Hiérarchique ».

III. RESULTATS ET DISCUSSION

A. Comparaison quantitative de la richesse taxonomique intrafamiliale entre régions

Les résultats obtenus par le programme *PAST-PAlaeontological STatistics* à partir des matrices d'abondances génériques et spécifiques (tous intervalles chronologiques confondus) se présentent sous formes de graphes plans (analyse en cordonnées principales) et d'arbres dont la longueur des branches est proportionnelle à la distance entre la composition taxonomique des différentes régions.

1. Comparaison au niveau générique

Au niveau de la richesse générique intrafamiliale, trois groupes principaux ressortent (fig. 68 et 69). Un premier groupe constitué de trois régions : Bassin des Apennins d'Ombrie-Marches (BA), Béni Snassen (BS) et Moyen-Atlas plissé (AP). Il est plus ou moins isolé sur la classification ascendante hiérarchique. Un deuxième groupe intermédiaire : Dorset-Somerset (DS) et Bassin Lusitanien (BL) montrant une composition générique intrafamiliale relativement proche. Enfin, les quatre régions restantes : Cordillère Ibérique (CI), Cordillère Bétique (CB), Bassin de Sud-Est de la France (BSE) et Haut-Atlas central (AC) forment le troisième groupe. Ce groupe marqué par la prédominance de trois familles (*Graphoceratidae*, *Sonniniidae* et *Stephanoceratidae*) et par une richesse générique intrafamiliale extrêmement similaire. Cette organisation taxonomique ne correspond à aucun gradient géographique évident, tant latitudinal que longitudinal. Sa signification est donc écologique et/ou physiographique.

2. comparaison au niveau spécifique

Au niveau de la diversité spécifique intrafamiliale (fig. 70 et 71), nous constatons une grande ressemblance avec les résultats de l'analyse précédente, seul le bassin du Dorset-Somerset (DS) change de position en se rattachant ici au troisième groupe. Il présente avec ce dernier une richesse spécifique intrafamiliale très proche.

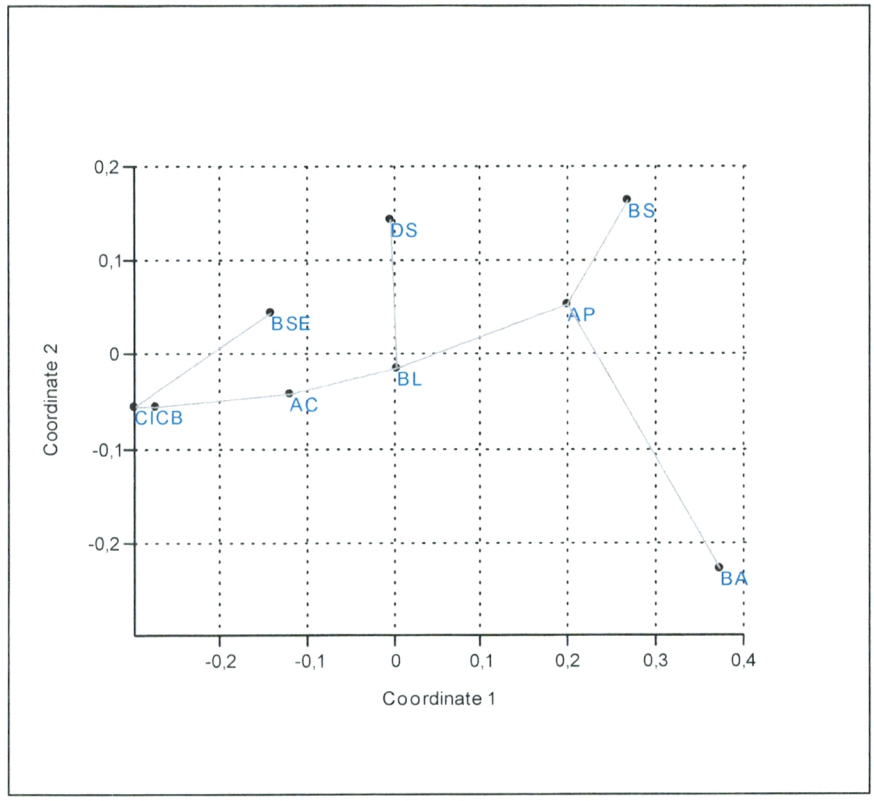


Fig. 68- Analyse en cordonnées principales de la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 4.

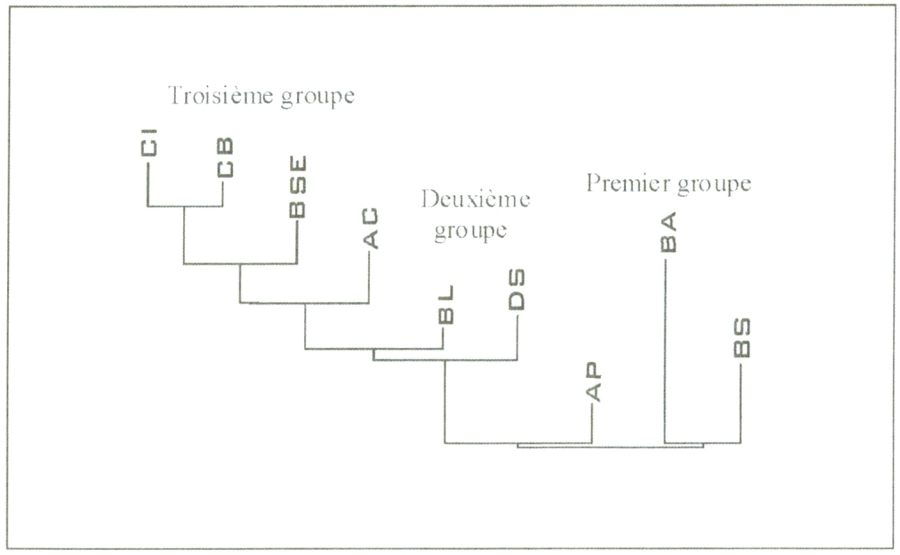


Fig. 69- Phénogramme (arbre de « Neighbor-Joining ») permettant de visualiser les relations de proximité entre régions enregistrées dans la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 4.

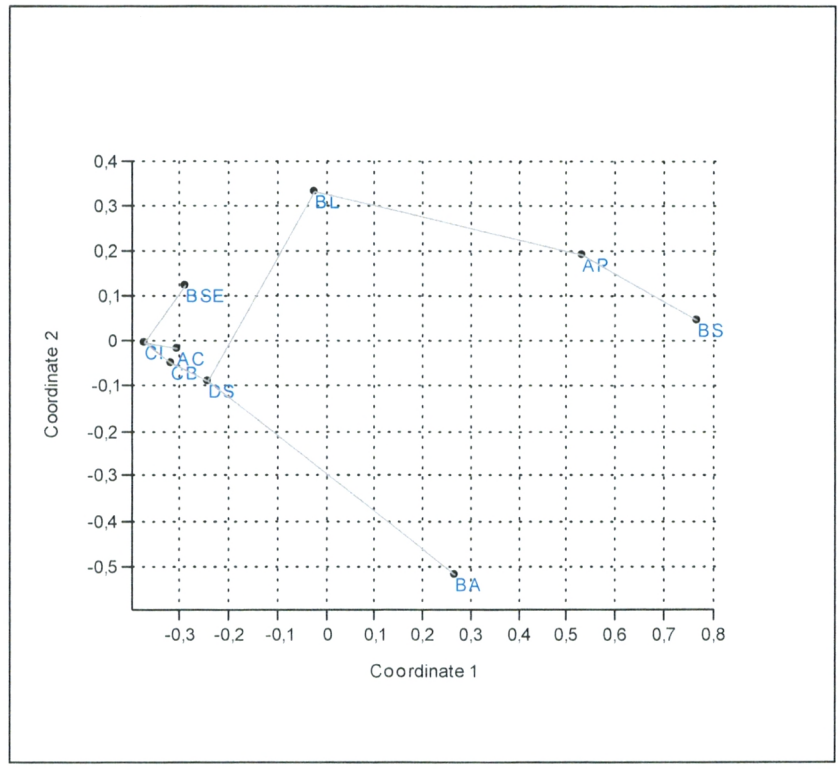


Fig. 70- Analyse en cordonnées principales de la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 5.

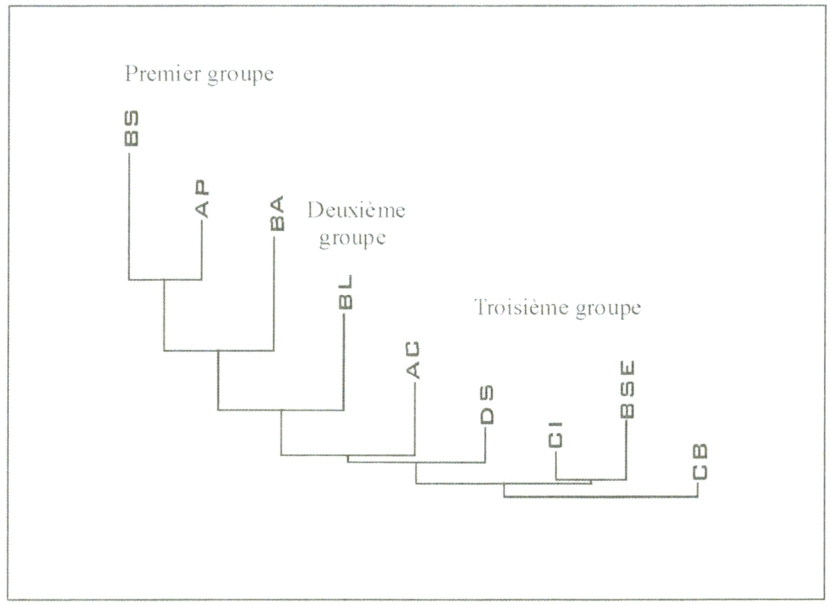


Fig. 71- Phénogramme (arbre de « Neighbor-Joining ») permettant de visualiser les relations de proximité entre régions enregistrées dans la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 5.

B. Comparaison qualitative de la composition taxonomique entre régions

A partir des matrices de similarité et de distance obtenues pour les cinq indices (voir annexe 3), nous essayons d'analyser ici la similarité des faunes en comparant les neuf régions de deux manières différentes. Dans un premier temps, la comparaison sera effectuée pour tous les intervalles confondus et dans un second temps, pour chaque intervalle de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur. Notons que seules les valeurs identiques des indices de JACCARD, DICE et de BRAY-CURTIS) sont présentées et discutées plus loin. Les valeurs très affectées des indices de SIMPSON et de BRAUN-BLANQUET ne sont pas prises en considération.

1. Comparaison des différentes régions, tous intervalles chronologiques confondus

Cette comparaison est effectuée seulement à l'échelle générique. Sur les 88 genres traités, 9 (soit 10 %) sont présents dans l'ensemble des régions analysées. Il s'agit de genres pandémiques (*Skirroceras*, *Witchellia* et *Stephanoceras*), téthysiens (*Graphoceras* et *Haplopleuroceras*) ou de genres cités à la fois dans le Pacifique oriental et la Téthys occidentale (*Bradfordia*. *Docidoceras*, *Emileia* et *Otoites*). Par ailleurs, certains genres macroconques comme les *Eudmetoceras*, *Euhoploceras*, *Sonninia*, *Strigoceras* et *Dorsetensia* montrent également une large répartition géographique ; mais ils sont représentés parfois par leurs microconques. Pour l'ensemble de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, le traitement des résultats par NEIGHBOR-JOINING, nous a permis de reconstituer la topologie suivante (fig. 72 et 73) :

a-proximité de la faune de la Cordillère Bétique (CB) et Ibérique (CI). Malgré leur appartenance à des provinces paléogéographiques différentes, ces deux régions ont en commun 67 genres (soit 76 %).

b- aux deux régions précédentes, sont rattachés le Haut-Atlas central (AC) et le bassin Lusitanien (BL) encore fortement marqués par la proximité de l'Europe moyenne. Ils se différencient de la Cordillère Bétique et Ibérique par l'originalité de certains genres (*Newmarracarroceras*, *Parazurcheria* et *Zemistephanus*) et par l'absence remarquable de genres (*Brasilia*, *Abbasites*, *Darellia*, *Darellina*, *Microlissoceras*, *Oppelia*, *Phaulostephanus*, *Sphaeroceras*, *Cadomites*, *Leptosphinctes*, *Masckeites*, *Micropoecilomorphus*, *Oecotraustes*, *Platystomites*, *Polyplectites* et *Stemmatoceras*). Avec 65 % de genres et une composition taxinomique très rapprochée, les deux régions montrent une influence à la fois méditerranéenne et NW européenne ce qui explique leur rapprochement.

c-les faunes du Dorset-Somerset (DS) et du bassin de Sud-Est de la France (BSE) sont portées par le même nœud (fig. 72). Cela traduit un fort degré de similarité de faunes de ces deux régions et qui ont au total 40 genres en commun (soit 45 %). En réalité, ces deux régions correspondent à des milieux et à des provinces paléogéographiques complètement différents. Le Dorset-Somerset appartient à un milieu de type plate-forme stable tandis que, le bassin du Sud-Est de la France est un bassin plus profond.

d- situées en bordure Nord du Gondwana, les trois régions : les Béni Snassen (BS), le Moyen-Atlas plissé (AP) et le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches (BA) sont isolées. Leur faune pratiquement homogène, montre un cachet nettement méditerranéen.

1.1. Test de critère du PIELOU

Le test de significativité sur les valeurs du critère de PIELOU calculées pour les matrices de similarité et de distance (tabl. 6) montre que l'ordre des régions analysées sur les matrices (DS-BL-CI-CB-BSE-BA-BS-AP-AC) ne suit aucune séquence géographique ou chronologique.

Indices	Q1/Qmax	Q/Qmax
SIMPSON	0,4927	0,3921 < Q/Qmax < 0,6060
BRAUN-BLANQUET	0,5220	
JACCARD	0,5403	
DICE	0,5403	
BRAY-CURTIS	0,5403	

Tabl. 6- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour les cinq indices considérés.

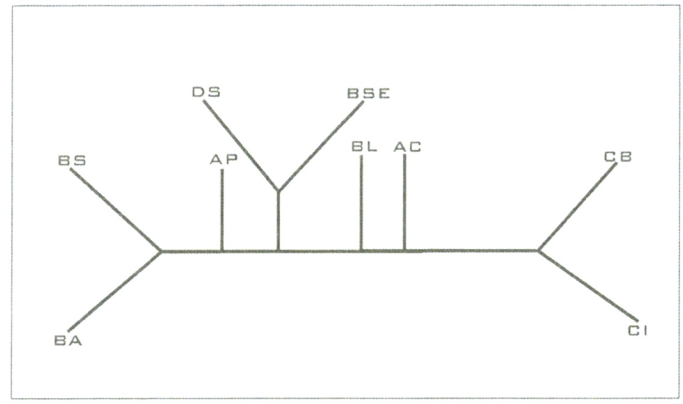


Fig. 72- Phénogramme reconstitué pour l'ensemble des intervalles chronologiques.

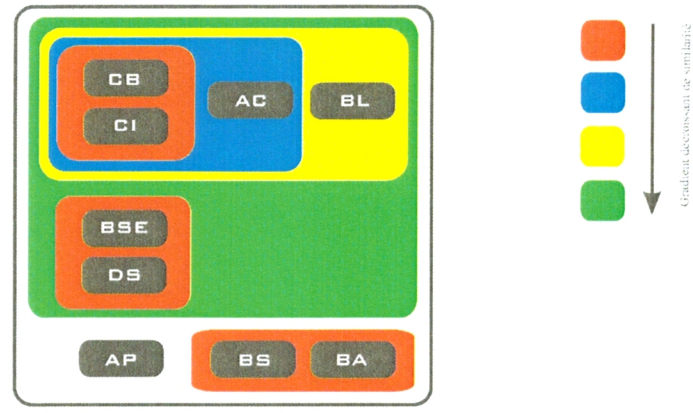


Fig. 73- Diagramme d'association hiérarchique entre régions tous intervalles chronologiques confondus.

2. Comparaison des différentes régions, pour chaque intervalle chronologique

Afin de mesurer le rapprochement et l'éloignement des contenus fauniques (générique et spécifique) des régions pour chaque intervalle chronologique, nous avons suivi le même protocole d'analyse de similarité. Les résultats sont donnés sous forme de phénogramme (fig. 74) et de diagramme d'associations hiérarchiques (fig. 75).

2.1. Comparaison au niveau générique

2.1.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

Pendant cet intervalle, les relations entre les différentes régions ressemblent bien à la topologie générale de rapprochement donnée lors du traitement précédent (voir fig. 72 et 73). Ainsi, les faunes de la Cordillère Bétique (CB) et Ibérique (CI) toujours les plus proches partagent 22 genres en commun (soit 57 %). La distance séparant cette faune et celle des trois régions : les Béni Snassen (BS), Moyen-Atlas plissé (AP) et le bassin des Apennins d'Ombrie-Marches (BA) est maximale, ce qui correspond à un isolement faunique peu marqué dans le domaine de la Téthys occidentale.

2.1.2. Intervalle 2 : zone à Discites

A partir de cette période, la topologie générale commence à se modifier par le rapprochement des faunes du Moyen-Atlas plissé (AP) avec celles du Dorset-Somerset (DS). Ces deux régions marquées par des dépôts essentiellement condensés ont 8 genres en commun (*Euhoploceras*, *Docidoceras*, *Toxolioceras*, *Braunsina*, *Bradfordia*, *Fontannesia*, *Haplopleuroceras* et *Trilobiticeras*). Pour les autres régions, le gradient de similarité est le même.

2.1.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Durant cette période, un nouveau gradient de similarité se dessine. Il est caractérisé surtout par :

a-la grande ressemblance entre les faunes de la Cordillère Ibérique (CI) et le Haut-Atlas central (AC). Cette ressemblance se traduit par la présence de 26 genres communs au deux régions (soit 70 %).

b-l'éloignement des faunes du Dorset-Somerset (DS) par rapport à celles du bassin de Sud-Est de la France (BSE).

c- le rapprochement des faunes du Moyen-Atlas plissé (AP) du celles du bassin de Sud-Est de la France (BSE). On a pu enregistrer 8 genres en communs (*Bradfordia*, *Emileia*, Euhoploceras, *Gerzenites*, *Pelekodites*, *Sonninia*, *Trilobiticera* et *Witchellia*).

2.1.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Durant cet intervalle, la modification de la topologie générale s'accentue. Ainsi, on distingue :

a- une grande ressemblance cette fois ci entre les faunes du Haut-Atlas central (AC) et celles de la Cordillère Bétique (CB). Les deux régions partagent 19 genres en communs (soit 54 %).

b-l'éloignement des faunes du bassin de Sud-Est de la France (BSE) par rapport à celles du le Moyen-Atlas plissé (AP). Le bassin de Sud-Est de la France (BSE) présente à cette période une similarité intermédiaire entre la Cordillère Ibérique (CI) et le bassin Lusitanien (BL).

c-l'éloignement des faunes du Dorset-Somerset (DS) vers le Sud. Elles forment avec les faunes des Apennins d'Ombrie-Marches (BA) un nouveau nœud. Le nombre total de genres en commun est de 7 (*Emileia, Kumatostephanus*, *Labyrinthoceras*, *Otoites*, *Papilliceras*, *Skirroceras* et *Stephanoceras*).

2.1.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Au cours de la zone à Humphriesianum, la topologie inférée diffère sensiblement de la topologie générale. Le rapprochement entre les faunes du Haut-Atlas central (AC) et du Moyen-Atlas plissé (AP) d'une part et les faunes du bassin Lusitanien (BL) et des Apennins d'Ombrie-Marches (BA) d'autre part, est lié à la qualité du registre faunique. En ce qui concerne les autres régions, les distances fauniques montrent des légères modifications.

2.2. Test de critère du PIELOU

Les valeurs obtenues de Q/Qmax montrent que la matrice est complètement désordonnée (ungraded matrix)(tabl. 7). L'ordre de la liste des régions est le même que celui de la matrice précédente (voir tabl. 7).

	Q1/Qmax					**Q/Qmax**
	S	**BB**	**J**	**D**	**BC**	
Humphriesianum	0,4267	0,4853	0,4744	0,4744	0,4744	0,3921 < Q/Qmax < 0,6060
Propinquans	0,4725	0,5128	0,5275	0,5275	0,5275	
Laeviuscula	0,5385	0,4707	0,5018	0,5018	0,5018	
Discites	0,5476	0,5421	0,5659	0,5659	0,5659	
Concavum	0,4908	0,4963	0,5238	0,5238	0,5238	

Tabl. 7- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour chaque intervalle chronologique (au niveau générique).
Indices considérés : SIMPSON (**S**), BRAUN-BLANQUET (**BB**), JACCARD (**J**), DICE (**D**), BRAY-CURTIS (**BC**).

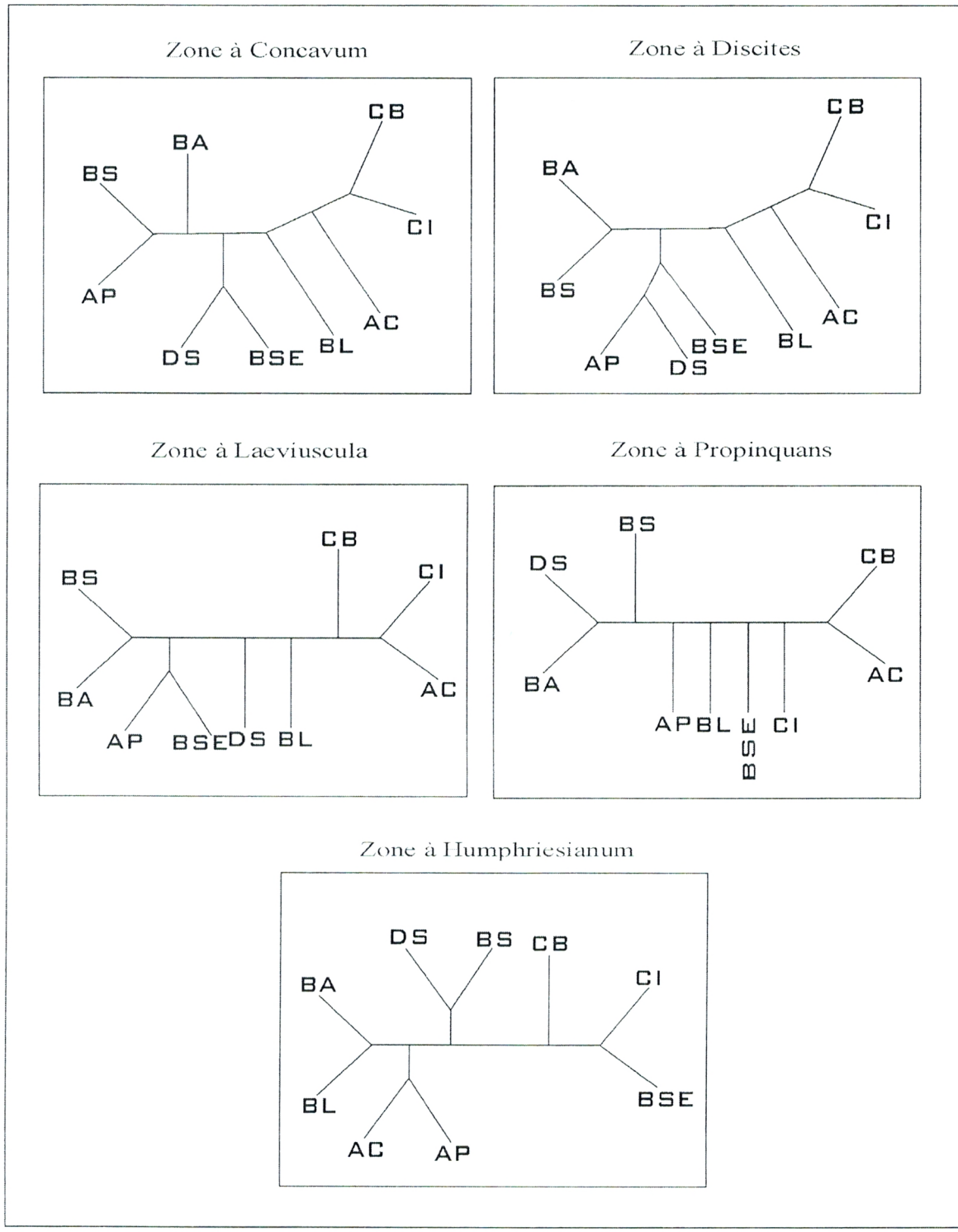


Fig. 74- Phénogrammes reconstitués par intervalles chronologiques (au niveau générique).

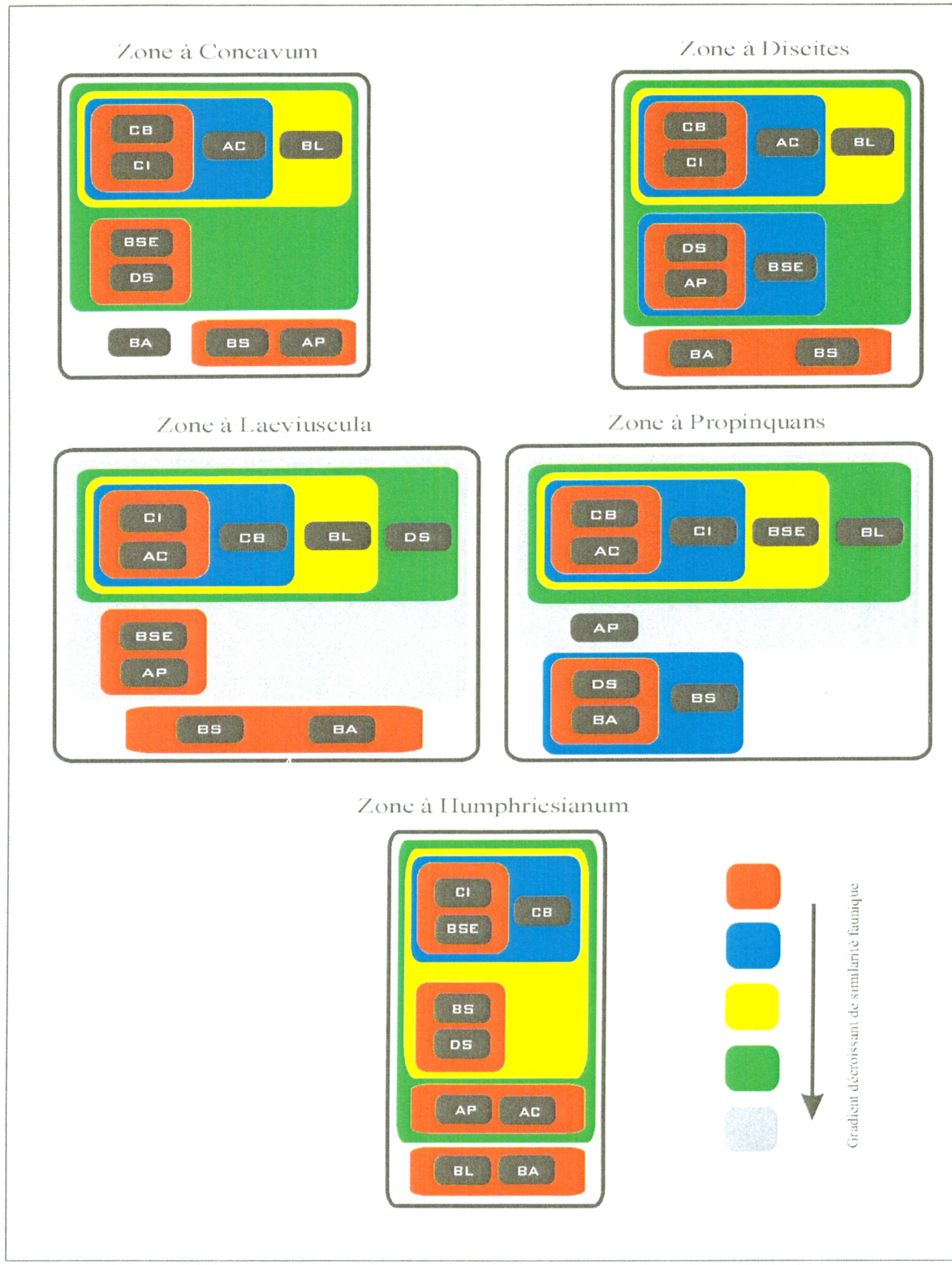


Fig. 75- Diagrammes d'associations hiérarchiques entre région par intervalles chronologiques (au niveau générique).

2.3. Comparaison au niveau spécifique

Le but principal de cette comparaison est d'évaluer quantitativement et qualitativement les changements de la similarité spécifique au cours temps (fig. 76 et 77) par rapport à la similarité générique.

2.3.1. Intervalle 1 : zone à Concavum

La zone à Concavum voit l'apparition d'un nouveau nœud représenté par les faunes du Haut-Atlas central (AC) et du Moyen-Atlas plissé (AP). Les deux régions partagent 11 espèces [(*Eudmetoceras amaltheiforme* (VACEK), *Fontannesia montillanensis* LINARES & SANDOVAL, *Graphoceras concavum* (SOWERBY), *G. formosum* (BUCKMAN), *G. pulchrum* (BUCKMAN), *G. limitatum* BUCKMAN, *Ludwigella cornu* BUCKMAN, *L. rude* BUCKMAN, *Haplopleuroceras eximium* GERARD, *H. subspinatum* (BUCKMAN), et *Rhodaniceras prosphues* (BUCKMAN)](soit 12 %). Par ailleurs, le degré de similarité pour les autres régions est globalement le même qu'au niveau générique sauf pour les faunes du bassin Lusitanien (BL) où nous avons constaté une augmentation de la distance entre ces faunes et celles de la Cordillère Bétique (CB), Ibérique (CI) et du Haut-Atlas central (AC).

2.3.2. Intervalle 2 : zone à Discites

Au cours cet intervalle, la topologie générale est presque la même que celle reconstituée au niveau générique.

2.3.3. Intervalle 3 : zone à Laeviuscula

Pendant cette zone, la topologie précédente est modifiée par la mise en place d'un gradient de similarité montrant le rapprochement respectif des faunes du Dorset-Somerset (DS) et du Sud-Est de la France (BSE) de celles du Haut-Atlas central (AC) et du bassin Lusitanien (BL). Les faunes de la Cordillère Bétique (CB) et Ibérique (CI) présentent toujours le maximum de similarité avec 25 espèces en communs (soit 22 %). Notons, encore, l'isolement des régions situées en bordure Nord du Gondwana (BS, AP, BA). Sur les 111 espèces inventoriées pour la zone à Laeviuscula, 10 % seulement sont présents dans ces trois régions [(*Bradfordia costata* BUCKMAN, *B. helenae* RENZ, *B. inclusa* BUCKMAN, *Docidoceras zemistephanoides* GECZY, *Emileia polyschides* (WAAGEN), *Gerzenites rugosus* WESTEMANN, *Otoites douvillei* PARSONS, *Otoites tumulosus* WESTERMANN, *Pelekodites schlumbergeri* (HAUG), *Strigoceras strigifer* (BUCKMAN) et *Witchellia pavimentaria* (BUCKMAN)].

2.3.4. Intervalle 4 : zone à Propinquans

Marquée généralement par une phase d'extinction importante, cette période se caractérise surtout par l'éloignement des faunes du bassin Lusitanien (BL) de celles de CB, AC, CI et BSE.

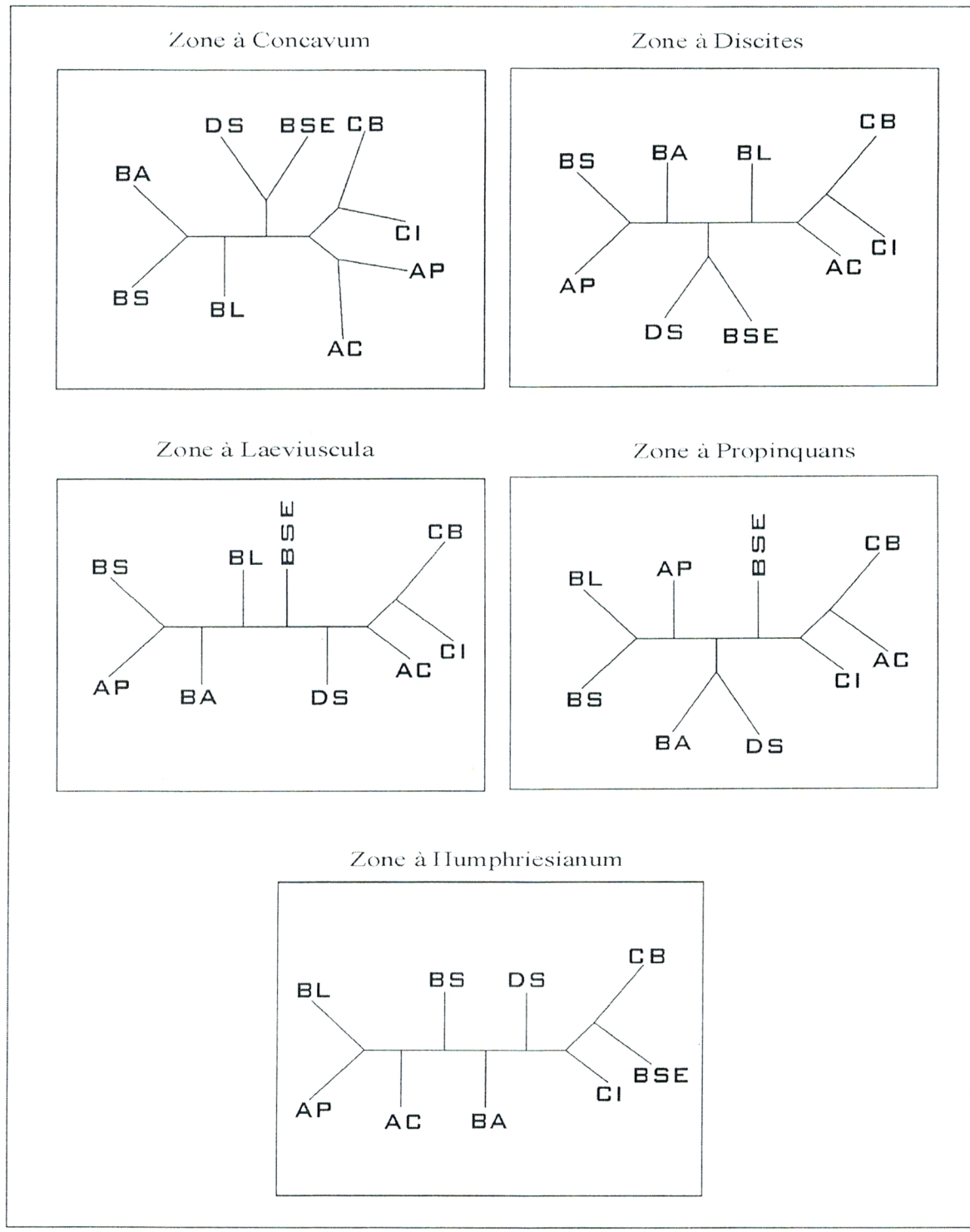


Fig. 76- Phénogrammes reconstitués par intervalles chronologiques (au niveau spécifique).

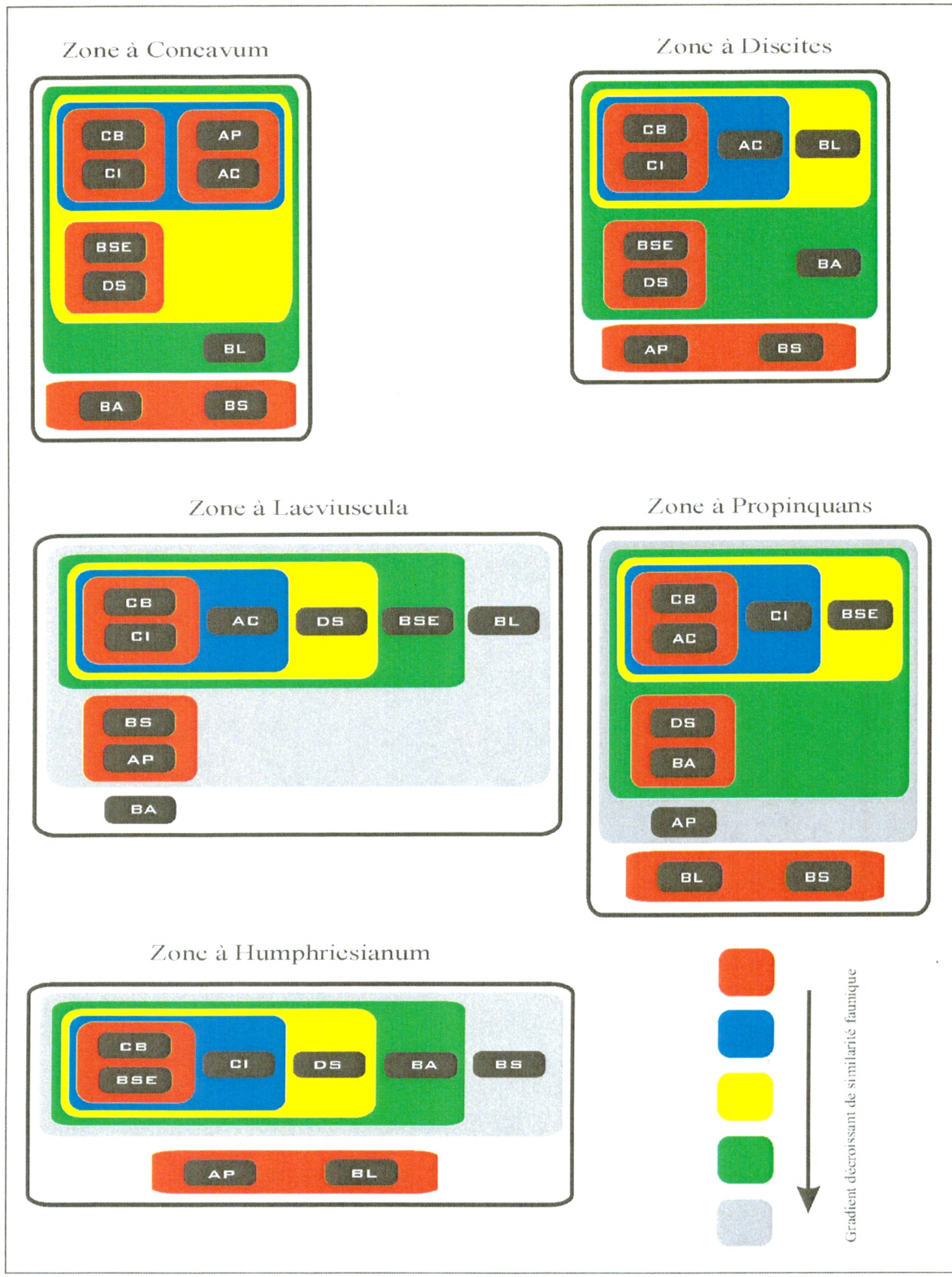


Fig. 77- Diagrammes d'associations hiérarchiques entre région par intervalles chronologiques (au niveau spécifique).

2.3.5. Intervalle 5 : zone à Humphriesianum

Hormis la forte valeur de similarité entre les faunes de la cordillère Bétique (CB) et celles du Sud-Est de la France (BSE) [22 espèces en communs : *Dorsetensia liostraca* BUCKMAN, *D. edouardiana* (D'ORBIGNY), *Itinsaites flexus* (WESTERMANN), *I. garnieri* PAVIA, *I. golubevi* (KRIMHOLZ), *Micropoecilomorphus vicetinus* (PARONA), *Normannites orbignyi* BUCKMAN, *N. vulgaricostatus* WESTERMANN, *Oecotraustes genicularis* (WAAGEN), *Oppelia flexa* (BUCKMAN), *O. subradiata* (SOWERBY), *Phaulostephanus diniensis* PAVIA, *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY), *Sphaeroceras brongniarti* (SOWERBY), *Skirroceras macrum* (QUENSTEDT), *Stephanoceras bigoti* (HAUG), *St. humphriesianum* (SOWERBY), *St. pyritosum* (QUENSTEDT), *St. scalare* WEISERT, *Strigoceras pseudostrigifer* (MAUBEUGE), *Teloceras dubium* (SCHMIDTILL & KRUMBECK) et *T. coronatum* (SCHLOTHEIM)], la comparaison entre les autres régions reste peu significative vu la qualité des données utilisées.

2.4. Test de critère du PIELOU

Au niveau spécifique, les valeurs obtenues de Q/Qmax indiquent que la matrice de distance est désordonnée (tabl. 8).

	Q1/Qmax					Q/Qmax
	S	BB	J	D	BC	
Humphriesianum	0,4011	0,3681	0,3736	0,3736	0,3736	0,3921 < Q/Qmax < 0,6060
Propinquans	0,4451	0,4652	0,4725	0,4725	0,4725	
Laeviuscula	0,4212	0,4780	0,4744	0,4744	0,4744	
Discites	0,4158	0,4084	0,4103	0,4103	0,4103	
Concavum	0,4817	0,5385	0,5385	0,5385	0,5385	

Tabl. 8- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour chaque intervalle chronologique (au niveau spécifique).
Indices considérés : SIMPSON (**S**), BRAUN-BLANQUET (**BB**), JACCARD (**J**), DICE (**D**), BRAY-CURTIS (**BC**).

IV. CONCLUSION

Pendant le Lias supérieur-Dogger, le schéma paléogéographique de l'Europe occidentale et de l'Afrique du Nord correspond à un plateau continental portant un archipel d'îles entouré de masses continentales plus importantes (CONTINI, 1990). Cette nouvelle situation a engendré la mise en place de plusieurs unités paléobiogéographiques que nous avons essayé d'analyser du point de vue de leur similarité faunique à travers les neuf régions considérées.

L'ensemble des données soumises au traitement global (toutes intervalles confondus), montre l'existence d'une parfaite relation entre les positions géographiques des régions et leur composition taxonomique. Ainsi, la comparaison des régions entre elles fait apparaître une topologie générale marquée par la similarité faunique binaire entre les régions suivantes :

-la Cordillère Bétique et la Cordillère Ibérique ;
-le Haut-Atlas central et le bassin Lusitanien ;
-le bassin de Sud-Est de la France et le Dorset-Somerset ;
-les Béni Snassen et les Apennins d'Ombrie-Marches avec le Moyen-Atlas plissé.

Cette similarité facilitée par la présence des voies de communication aisées entre les différentes régions, nous permis de constater la présence d'un noyau important de diversification situé au niveau de la Cordillère Bétique-Cordillère Ibérique (fig. 78).

Par contre, le traitement des données pour chaque intervalle montre au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur les faits suivants :

-la grande stabilité dans le temps des faunes de la Cordillère Bétique, Ibérique, Haut-Atals central et le bassin Lusitanien ;
-la fluctuation (déplacement) des faunes du Dorset-Somerset, du bassin de Sud-Est de la France et du Moyen-Atlas plissé. Cette fluctuation bien soulignée à partir de la zone à Laeviuscula est liée à la coïncidence entre l'élévation des paléotempératures selon un gradient Nord-Sud, les variations eustatiques, la paléobiogéographie, les substances trophiques et enfin la facilité des échanges fauniques entre les régions ;
-l'isolement le plus souvent des faunes des Béni Snassen et des Apennins d'Ombrie-Marches.

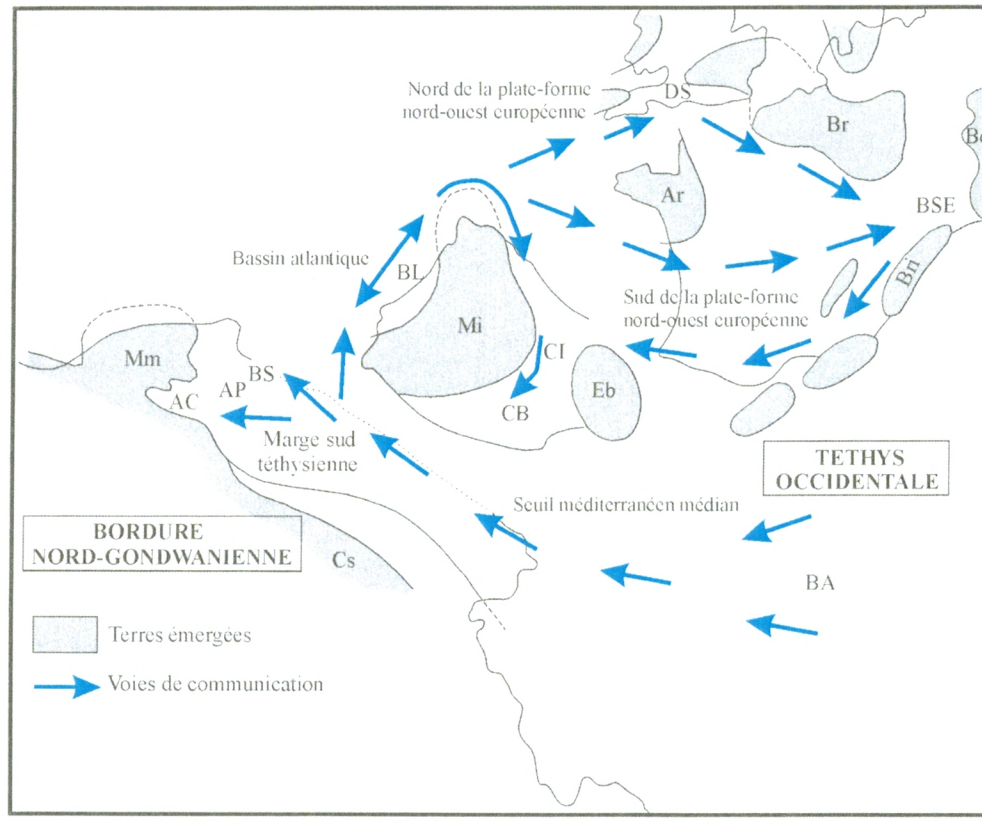


Fig. 78- Provinces paléogéographiques de la Téthys occidentale et voies de communication possibles pour les ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur (d'après ELMI & RULLEAU, 1990, modifié) [sans échelle].
Ar : terre armoricaine, **Bo** : terre de Bohème, **Br** : terre du Brabant et terre rhénane, **Bri** : zone briançonnaise, **Cs** : Craton saharien, **Eb** : terre de l'Ebre, **Mi** : Meseta ibérique, **Mm** : Meseta marocaine.

Cinquième Partie – APPLICATION DE LA METHODE QUANTITATIVE DES ASSOCIATIONS UNITAIRES

Cinquième partie -

APPLICATION DE LA METHODE QUANTITATIVE DES ASSOCIATIONS UNITAITRES

I. INTRODUCTION

La formulation mathématique de certaines méthodes d'analyse quantitative constitue actuellement un outil indispensable pour réorganiser les informations biochronologiques et surtout pour régler les contradictions qui affectent les relations stratigraphiques observées entre les taxons.

Dans cette optique, nous avons choisi de tester la méthode des associations unitaires, qui est déterministe (et non statistique), sur les ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur. L'application de cette méthode quantitative automatisée par les programmes **BioGraph** ver. 2.20-2.10 (SAVARY & GUEX, 1991; 1999) et **UaGraph** ver. 0 [1] (HAMMER et *al.*, 2002) a pour but d'établir un canevas biochronologique à l'échelle de la Téthys occidentale, d'une part, en validant les zones empiriques par des zones d'associations unitaires discrètes, discontinues et reproductibles, d'autre part, en étudiant les phénomènes de diachronisme et de renouvellements fauniques.

II. METHODOLOGIE

A. Acquisition et mise en forme des données

1. Acquisition des données

Dans le cadre de cette étude, les sections types ainsi que les composites fabriqués pour avoir une vision complète de l'extension verticale des taxons, appartiennent à cinq régions (fig. 79):

-Portugal (01 section est considérée) :
*Bassin Lusitanien (section de Cap Mondego : SADKI, 1984 ; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988b; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988c; ROCHA et *al.*, 1990 ; HENRIQUES, 1992 ; HENRIQUES & MOUTERDE, 2000).

-Espagne (06 sections sont considérées) :
*Cordillère Ibérique (section de Camino : FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988a et section de Barranco La Caneleja : FERNANDEZ-LOPEZ, 1985).

*Cordillère Bétique (domaine subbétique)(composite Brarranco de Agua Larga_Sierra de Ricote : SANDOVAL, 1983 ; LINARES & SANDOVAL, 1990, 1993, 1996 ; SANDOVAL & CHANDLER, 2000 ; section de Barranco de la Jarropa : SANDOVAL, 1990 ; section Barranco de Cagasebo : SANDOVAL et *al.*, 1999 et composite Rio de las Juntas (MOA)_Montillana (JAC6) : SANDOVAL, 1983 ; LINARES & SANDOVAL, 1993).

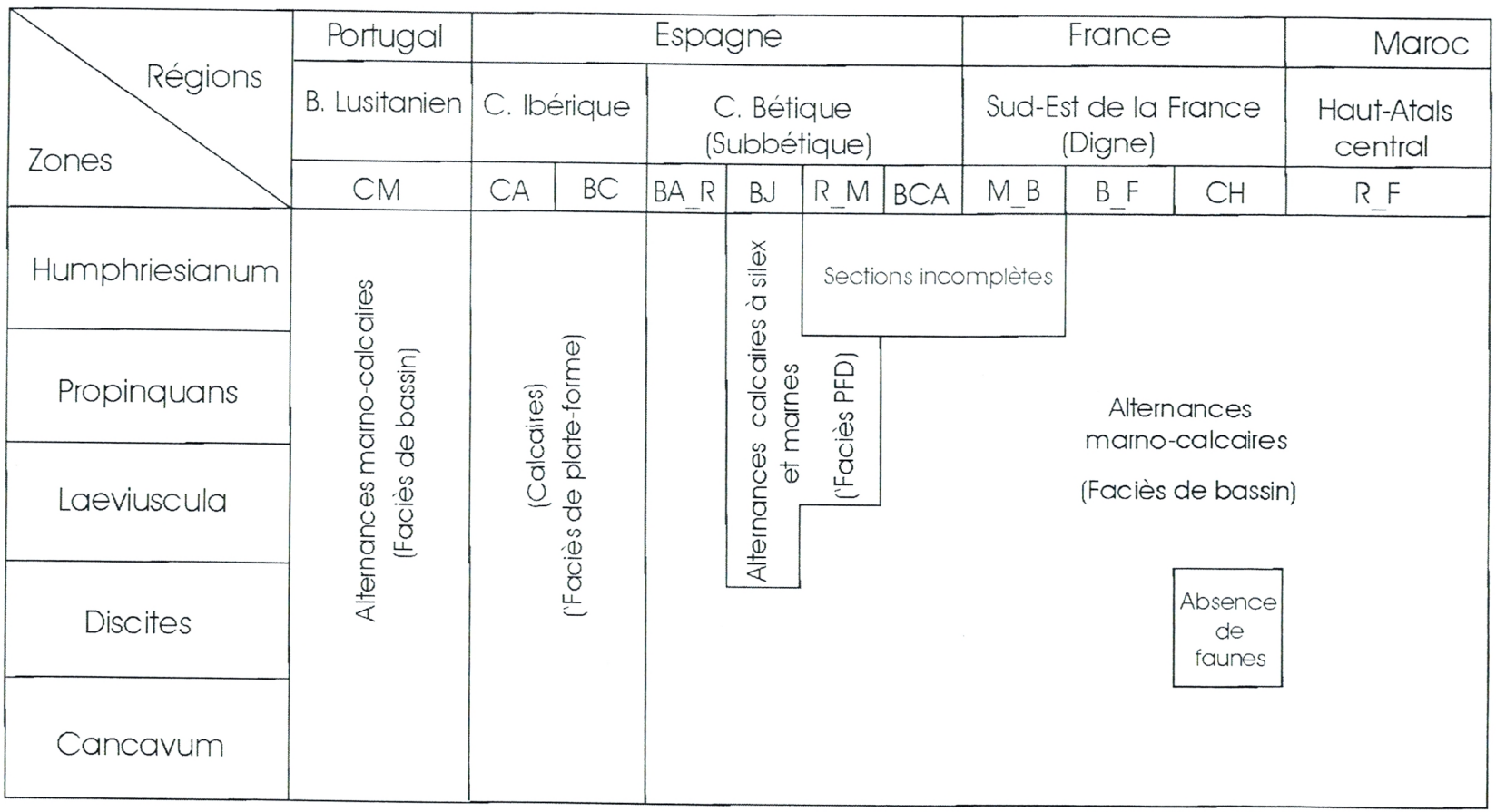


Fig. 79- Sections considérées et leurs caractéristiques sédimentologiques.

Sections : **BA_R** : Barranco de Agua larga_Ricote, **BC**: Barranco La Canaleja, **BCA** : Barranco de Cagasebo, **B_F** : Beaumont_Feston, **BJ** : Barranco de la Jarropa, **CA** : Camino, **CH** : Chaudon, **M_B** : Marcoux_Bouinenc, **CM** : Cap Mondego, **R_F** : Rich_Flilo, **R_M** : Rio de las Juntas_Montillana ; Abréviations : **B** : Bassin, **C** : Cordillère, **PDF** : Plate-forme distale.

-France (03 sections sont considérées) :
*Bassin du Sud-Est de la France (composite Marcoux_Bouinenc : CALOO, 1970a et b,1971 ; SADKI, 1984 ; composite Beaumont_Feston : PAVIA, 1983 et section Chaudon : PAVIA, 1983).

-Maroc (01 section est considérée) :
*Haut-Atlas central marocain (composite Rich_Kasbat Flilo : SADKI 1992, 1996).

Il est important de souligner que les régions comme : le Dorset-Somerset (Angleterre), les Apennins d'Ombrie-Marches (Italie), les Béni Snassen et enfin le Moyen-Atlas plissé (Maroc) ont été éliminées du traitement. La présence de condensations et/ou de lacunes dans ces régions engendre des contradictions biostratigraphiques qui ne peuvent pas être réglées d'une manière objective par la méthode des associations unitaires.

2. Mise en forme des données

Comme nous utilisons des données qui proviennent d'auteurs différents, nous sommes donc obligés d'homogénéiser les listes fauniques d'un point de vue taxonomique (fig. 80). D'abord, nous avons commencé par certaines données suspectes qui ont pu être corrigées par une révision du matériel conservé à l'Université de Coimbra (Portugal) et à l'Université de Granada (Espagne) ou simplement par une analyse des figurations. Ensuite, nous avons harmonisé les différentes citations. Ainsi, les citations d'espèces proches (**aff.**, **cf.**, **gr.**) sont rapportées à la même espèce. Les citations douteuses sont supprimées alors qu'une catégorie (**sp.**) est prise en compte quelque soit sa position stratigraphique. Le couple dimorphe sera toujours considéré comme étant deux entités taxonomiques distinctes. A la fin de cette opération, une base de données brute est constituée. Elle comprend 12 familles et 82 genres d'ammonites répartis sur **11** sections.

B. Elaboration d'une base de données formatée pour « BioGraph »

Dans le but de faciliter l'analyse des données acquises, plusieurs étapes sont nécessaires pour élaborer un fichier de format 'Samples' (sous environnement MS-DOS) prêt à être traité par le logiciel **BioGraph**. Nous avons dans un premier temps, choisi un codage alphanumérique sur 5 caractères pour chaque taxons comme l'impose la syntaxe de données (voir SAVARY & GUEX, 1999). Puis, nous avons reporté le contenu taxonomique de chaque niveau pour chaque section (niveau n : taxonx x, y, z,....) dans un tableau qui sera converti par la suite en format texte dans un fichier Word. Après la mise en forme des données, nous obtenons un fichier de type 'Samples.DAT' reconnaît par le logiciel et qui constitue l'ensemble de notre 'data set ' brute. Notons que l'utilisation du logiciel **Uagraph** (sous environnement Windows) a été indispensable pour résoudre les contradictions engendrées par certains taxons.

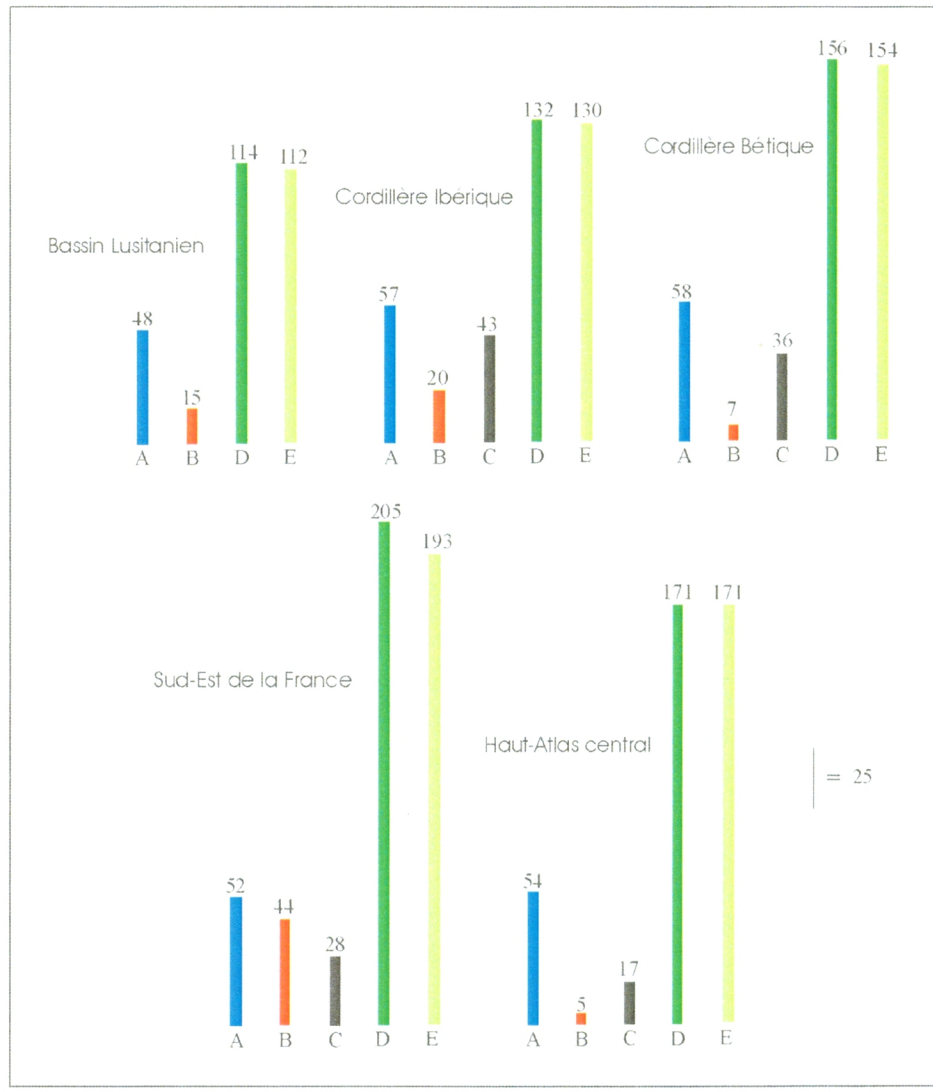


Fig. 80- Mise en forme des pratiques taxonomiques appliquées aux faunes d'ammonites d'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur dans les cinq régions considérées.

A : nombre de citations de genres, **B** : nombre de citations de formes rapprochées (**aff.**, **cf.**, **gr.**), **C** : nombre de catégorie sp., **D** : nombre de citations toutes formes confondues, **E** : nombre de citations validées.

C. Traitement et optimisation de la base de données

Pour arriver à construire une zonation fiable, il faut d'abord établir des associations unitaires, ce qui nécessite d'effectuer plusieurs opérations à l'aide du logiciel **BioGraph** (avec les outils Bg_Tools) dont le but est d'optimiser notre base de données. A chaque opération, les incohérences stratigraphiques détectées dans la base de données sont détruites manuellement comme nous le verrons par la suite. Dans ce traitement, nous avons considéré quatre paramètres d'optimisation, qui sont : le nombre de taxons pris en compte, le nombre d'associations unitaires obtenues, le nombre de contradictions dans les relations biostratigraphiques et de sous-graphes induits interdits (ou composantes fortement connexes)(*strongly connected components*).

1. Traitement intra-région

Ce premier traitement est réalisé pour voir la répartition numérique des contradictions dans chaque région. Pour cela, nous avons analysé successivement : la Cordillère Ibérique (02 sections), la Cordillère Bétique (04 sections) et le Sud-Est de la France (03 section), en éliminant les taxons uniprésents. Ainsi, les résultats obtenus montrent de faibles incohérences biostratigraphiques. Ensuite, une deuxième opération est effectuée. Elle consiste à convertir chaque protoréférentiel en fichier SAMPLES, comme s'il s'agissait d'une section synthétique de la région. A ce stade de traitement global, nous avons remarqué que cette méthode dite « agrégative » génère de nombreux problèmes liés à la fois aux occurrences uniques et aux taxons restitués. Elle sera donc écartée. Notons que, les deux régions à savoir, le Portugal et le Maroc sont représentées chacune par une seule section type qui a été utilisée comme protoréférentiel.

2. Traitement inter-région

Cette méthode globale où les 11 sections sont analysées ensembles, nous a permis de relever les faits suivants :

-aucune espèce n'est fortement impliquée dans les contradictions et surtout dans les composantes fortement connexes ;
-les contradictions sont réparties de manière presque uniforme sur l'ensemble des régions ;
-les contradictions les plus importantes sont enregistrées sur la plate-forme.

Le tableau ci-dessous évalue l'impact des différentes opérations que nous avons effectuées dans ce traitement.

OPERATIONS		1	2	3	4	5	6	
Nombre de taxons	DONNEES A L'ETAT BRUTE	404	210	157	134	101	91	DONNEES A L'ETAT FINAL
Nombre de contradictions		14147	9083	3135	2038	917	446	
Nombre de SCC		35	28	16	16	5	0	
Nombre d'AUs		149	77	66	60	44	41	
		OPTIMISATION DES DONNEES						

Tabl. 9- Optimisation de la base de données
(Evaluation de l'impact des 6 opérations successives).

2.1. Analyse du 'data set' à l'état brute

Cette première analyse intéresse la totalité des données brutes. Elle montre la présence de 14147 contradictions biostratigraphiques, de 35 composantes fortement connexes et de 149 associations unitaires.

2.2. Elimination des taxons uniprésents

Les taxons présents dans une seule région sont éliminés du traitement, car ils n'ont aucune valeur pour les corrélations biostratigraphiques. Cela entraîne déjà la perte de 194 taxons sur 404, soit 48 %. Il s'agit de : 66 taxons qui ne sont présents que dans le bassin du Sud-Est de la France; 43 taxons identifiés uniquement dans le Haut-Atlas central marocain; 29 taxons cités dans le bassin Lusitanien; 29 taxons qui ne sont présents que dans la Cordillère Bétique; enfin 27 taxons uniprésents dans la Cordillère Ibérique (tabl. 10). Le nombre de contradictions passe alors de 14147 à 9083 et le nombre de composantes fortement connexes passe de 35 à 28. Par ailleurs, le nombre des associations unitaires passe de 149 à 77.

	Taxons éliminés
Bassin du Sud-Est de la France (66 taxons)	15bcm, 21cde, 25dpl, 26dli, 49ede, 63gpo, 72lca, 88igr, 89ila, 90ima, 91itu, 115ev, 117fo, 118in, 119pr, 121rh, 125fl, 132me, 157so, 163ho, 166ci, 168hu, 171sc, 179ac, 180bl, 181cu, 182sb, 183tr, 208ay, 224be, 225bf, 226bg, 231bn, 234bq, 241bx, 253cp, 266dj, 267dk, 268dl, 271dq, 274dt, 275du, 276dv, 277dw, 278dx, 279dy, 287fh, 289fj, 295fv, 296fw, 305wg, 306wh, 316ws, 320ww,324va, 327vd, 329vf, 344vw, 345vx, 349kb, 362kp, 372kz, 378zf, 385zm, 403jg, 408jw.
Haut-Atlas central (43 taxons)	203am, 211ae, 215ar , 222bc, 244cb, 245cd, 246ce, 247cf, 248cg, 249ch, 255cs, 258cw, 261da, 262dc, 264dg, 286fg, 288fi, 294fu, 299fz, 307wi, 311wm, 312wn, 314wp, 328ve, 331vh, 334vl, 336vn, 337vo, 338vp, 339vq, 340vr, 346vy, 355kh, 356kj, 357kk, 360kn, 361ko, 373za, 376zd, 393zw, 394zx, 401je, 402jf.
Bassin Lusitanien (29 taxons)	03amb, 145po, 207as, 210ad, 227bh, 232bo, 237bt, 250cj, 259cx, 260cz, 272dr, 290fk, 304wf, 310wl, 342vt, 343vv, 351kd, 352ke, 353kf, 359km, 365ks, 368kv, 369kw, 370kx, 291fm, 395zy, 396zz, 399jc, 406jj.
Cordillère Bétique (29 taxonx)	01abb, 04ast, 36epl, 93kpa, 130pu,148te, 172ki, 206at, 217ak, 219aj, 220ba, 221bb, 223bd, 239bv, 263df, 269dm, 270dp, 280dz, 300wb, 303we, 335vm, 341vs, 347vz, 348ka, 350kc, 390zs, 392zv, 407jk, 410jx.
Cordillère Ibérique (27 taxons)	109ms, 201cd, 204af, 205op, 216aq, 229bk, 230bm, 238bu, 242by, 284fd, 285ff, 313wo, 317wt, 319wv, 321wx, 332vj, 333vk, 358kl, 363kq, 374zb, 375zc, 379zg, 380zh, 381zi, 386zn, 388zp, 409jz.

Tabl. 10- Nombre de taxons éliminés dans chaque région
(pour le codage des taxons, se reporter à l'annexe 4).

2.3. Elimination des taxons dont l'identification n'est qu'au niveau générique

En effet, ces taxons sont souvent source de confusions et peuvent générer un nombre important des contradictions. Ainsi, nous avons éliminé tous les taxons dont l'identification n'est qu'au niveau générique quand pour le même genre, il existe déjà des espèces clairement identifiées: 212aw (*Bradfordia*), 214ax (*Bradfordia* sp.), 218ao (*Braunsina*), 18cao (*Cadomoceras* sp.), 228bj (*Chondroceras* sp.), 28doc (*Docidoceras* sp.), 236bs (*Dorsetensia* sp.), 37emi (*Emileia* sp.), 38eml (*Emileites* sp.), 243bz (*Euaptetoceras* sp.), 251ck (*Euhoploceras*), 252cl (*Euhoploceras* sp.), 254cq (Fissilobiceras), 256ct (*Fontannesia*), 257cv (*Fontannesia* sp.), 64gr (*Gerzenites* sp.), 273ds (*Graphoceras* sp.), 78hyp (*Hyperlioceras* sp.), 282fb (*Haplopleuroceras*), 283fc (*Haplopleuroceras* sp.), 292fs (*Itinsaites* sp.), 94kum (*Kumatostephanus* sp.), 293ft (*Kumatostephanus*), 98lab (*Labyrinthoceras* sp.), 297fx (*Leptosphinctes* sp), 298fy (*Lissoceras* sp.), 301wc (*Maceratites* sp.), 302wd (*Maceratites*), 308wj (*Nannina*), 309wk (*Nannina* sp.), 315wr (*Normannites* sp.), 323wz (*Otoites* sp.), 322wy (*Otoites*), 325vb (*Pelekodites* sp.), 326vo (*Pelekodites*), 330vg (*Phaulostephanus*), 143pt (*Protoecotraustes*), 364kr (*Skirroceras* sp.), 366kt (*Sonninia*), 367ku (*Sonninia* sp.), 377ze (*Stemmatoceras*), 382zj (*Stephanoceras* sp.), 383zk (*Strigoceras*), 384zl (*Strigoceras* sp.), 387zo (*Teloceras* sp.), 389zq (*Toxamblyites*), 391zt (*Toxamblyites* sp.), 397ja (*Trilobiticeras*), 398jb (*Trilobiticeras* sp.), 404jh (*Witchellia* sp.), 405ji (*Witchellia*), 200zr (*Zurcheria*). En même temps, nous avons corrigé quelques erreurs commises dans le 'data set' précédent (élimination de l'espèce *Witchellia* cf. *platymorpha* uniprésente dans la Cordillère Ibérique). A cette phase d'optimisation des données, le nombre de contradictions descend à 3135, le nombre de composantes fortement connexes descend à 16 et le nombre des associations unitaires identifiées passe de 77 à 66.

2.4. Elimination des taxons à occurrence unique totale

Ces taxons à occurrence unique sont les plus souvent impliqués dans les contradictions biostratigraphiques, car ils ne répondent pas à la définition d'un graphe et génèrent des associations unitaires virtuelles. Dans ce cas, nous avons retirés du 'data set' 23 taxons qui sont : 05bhe (*Bradfordia helenae*), 16ban (*Braunsina angulifera*), 19cco (*Cadomoceras costellatum*), 34ebu (*Emileia bulligera*), 43eam (*Euaptetoceras amplectens*), 45eeu (*Eudmetoceras eudmetum*), 58fex (*Fontannesia explanata*), 69gfa (*Graphoceras fallax*), 73lbl (*Ludwigella blanda*), 110vi (*Micropoecilomorphus vicetinus*), 114re (*Nannina regrediens*), 123um (*Oecotraustes umbilicatus*), 134la (*Pelekodites lauxi*), 144si (*Protoecotraustes spiniger*), 147pd (*Reynesella pioides*), 151sh (*Shirbuirnia* sp.), 152le (*Skirroceras leptogyrale*), 158ca (*Sonninia carinodisca*), 176cm (*Strigoceras compressum*), 190ti (*Trilobiticeras trilobitoides*), 193ge (*Witchellia gelasina*), 213av (*Bradfordia gracililobata*), 371ky (*Fissilobiceras franconicum*). De cette manière, le nombre de contradictions chute à 2038, le nombre des associations unitaires à 60 et le nombre de composantes fortement connexes reste le même.

2.5. Elimination des taxons à occurrence unique partielle

En fonction de leur géofréquence, plusieurs taxons à occurrence unique partielle on été soit supprimé complètement du 'data set', soit maintenu uniquement dans la section où le FAD et le LAD du taxon sont représentés. Il s'agit de : 06bpr (Bradfordia praeradiata), 07bco (*Bradfordia costata*), 08bcs (*Bradfordia costidensa*), 10bre (*Bradfordia renzi*), 12bas (*Braunsina aspera*), 30dhe (*Dorsetensia hebridica*), 31dlo (*Dorsetensia liostraca*), 32dro (*Dorsetensia romani*), 33dsu (*Dorsetensia subtecta*), 35epo (*Dorsetensia polyschides*), 39eac (*Emileites catamorphus*), 41ean (*Epalxites anceps*), 44ein (*Eudmetoceras infernense*), 46emr (*Euhoploceras marginatum*), 47emo (*Euhoploceras modestum*), 48ead (*Euhoploceras adicrum*), 50edo (*Euhoploceras dominans*), 56fau (*Fontannesia aurita*), 57fcu (*Fontannesia curvata*), 59fgr (*Fontannesia grammoceroides*), 66gde (*Graphoceras decorum*), 76hcu (*Hyperlioceras curvicostatum*), 77hdi (*Hyperlioceras discitiforme*), 80hex (*Haplopleuroceras eximium*), 81hmu (*Haplopleuroceras mundum*), 82hsu (*Haplopleuroceras subspinatum*), 83hcl (*Hebetoxyites clypeus*), 84hmt (*Hebetoxyites mouterdei*), 85ifl (*Itinsaites flexus*), 87igo (*Itinsaites golubevi*), 92kpe (*Kumatostephanus perjucundus*), 100oo (*Lissoceras oolithicum*), 101se (*Lissoceras semicostulatum*),, 104co (*Maceratites costulatus*), 105mc (*Maceratites macer*), 111mi (*Microtoxamblyites* sp.), 120or (*Normannites orbignyi*), 124pa (*Oedania parvicosta*), 127cn (*Otoites contracta*), 128do (*Otoites douvillei*), 133du (*Pelekodites dundriensis*), 136sc (*Pelekodites schlumbergeri*), 137sl (*Pelekodites sulcatus*), 138zu (*Pelekodites zurcheri*), 139pl (*Phaulostephanus paululus*), 141cy (*Poecilomorphus cycloides*), 150lo (*Riccardiceras longalvum*), 153ba (*Skirroceras baylei*), 155cr (*Sonninia corrugata*), 156fe (*Sonninia felix*), 160sm (*Sonninia simulans*), 167ub (*Stephanoceras umbilicum*), 173no (*Stephanoceras nodosum*), 175st (*Strigoceras strigifer*), 191cc (*Trilobiticeras cricki*), 192al (*Witchellia albida*), 194ru (*Witchellia rubra*), 196lv (*Witchellia laeviuscula*), 240bw (*Epalxites* cf. *lepsiusi*). Ceci nous a permis d'obtenir 917 contradictions, 5 composantes fortement connexes et 44 associations unitaires.

2.6. Résolution des cycles entre les horizons maximaux résiduels

Cette dernière opération consiste à traiter manuellement les 5 composantes fortement connexes afin de détruire d'une manière objective les relations stratigraphiques contradictoires qui peuvent exister entre les couples de cliques maximales (HMR). Les informations nécessaires pour ce genre de traitement sont contenues dans les quatre fichiers suivants édités par le programme **BioGraph** (voir annexes 5 et 6) :

-le fichier TGE où est listé le contenu de chaque HMR ;
-le fichier TGF où sont données les relations stratigraphiques entre les HMR ;
-le fichier TGD où sont recensés les arêtes et les arcs entre les taxons ;
-le fichier TGG où sont notés les HMR engagés dans les composantes fortement connexes.

Le document analysé par le programme montre l'existence de 88 cliques maximales (HMR) dont 35 sont impliquées dans des contradictions dues aux configurations interdites du graphe biostratigraphique. Notre premier objectif sera donc d'éliminer les 5 composantes fortement connexes, en cherchant les taxons qui induisent fréquemment des relations de type contradictoire entre les HMR. Il est à noter que les HMR : 33 [9.52], 65

[1. 54*], 81 [7.17], 30 [6.39] et 62 [11.42*] sont plus impliqués que d'autres dans la formation de ces composantes fortement connexes.

Lors de ce traitement, nous allons essayer de résoudre les contradictions stratigraphiques entre les taxons de trois façons :

-la première consiste à vérifier la base de données, en s'assurant qu'il ne s'agit pas d'erreur lors de l'élaboration du 'data set' ;
-la deuxième consiste à remplacer certaines superpositions par des coexistences virtuelles ;
-la troisième façon reste la plus simple. Elle consiste à ignorer les superpositions contradictoires et peu reproductibles.

2.6.1. Quelques exemples de cas traités

Parmi les configurations interdites détectées par le programme **BioGraph**, on a pu distinguer des cycles d'ordre 3 (C3) ou supérieur (Cn), des circuits semi-orientés d'ordre 3-4 (S3-S4) et des circuits d'ordre 4 (Z''4). Cependant, il est indispensable d'éliminer ces configurations interdites pour rendre nos données optimales.

a. Composante fortement connexe (SCC) n°5

Cette SCC concerne trois HMR : 45 [9.80*], 46 [10.64*], 86 [2.13], et donc un seul cycle de type C3 (fig. 81a). La première relation 86 → 45 est sans ambigüité. Par contre, les deux relations restantes sont toutes deux contradictoires. Ainsi, le contenu spécifique de ces deux HMR montre l'implication des taxons: 122vu, 162pc, 22cev dans la relation de superposition 45 → 46 (composite de Beaumont_Feston, niveau 80) et 126su, 165bi dans la relation 46 → 86 (section de Chaudon, niveau 64) (fig. 82). Pour annuler ces conflits, nous avons choisi d'ignorer les superpositions contradictoires peu reproductibles dans la première relation. En revanche, dans la deuxième relation, nous avons supprimé sans aucun problème le taxon 165bi (*Stephanoceras bigoti*) en occurrence unique à Chaudon et le taxon 17cad (*Cadomites* sp.) dans toutes les sections.

b. Composante fortement connexe (SCC) n°4

Elle concerne également trois HMR : 33 [9.52], 65 [1.54*], 81 [7.17] et le même type de cycle analysé précédemment (fig. 81b et 83). Les différents cas interprétés sont :

a-dans le cas de la relation 81 → 33, le taxon 127cn est à la source de la contradiction : 127cn → 195ct. Après vérification des données de base, on a remarqué que ce taxon est en position stratigraphique contradictoire à l'échelle locale (Cordillère Bétique). Sa position au niveau du composite Rio de las Juntas_Montillana laisse supposer qu'il s'agit d'un remaniement sédimentaire. De ce fait, il sera supprimé dudit composite.

b-dans le cas de la relation 33 → 65, deux taxons (62gru et 95lme) sont à l'origine de la contradiction : 62gru → 61fro, 62 gru → 102de et 95lme →138zu. Les solutions préconisées sont :

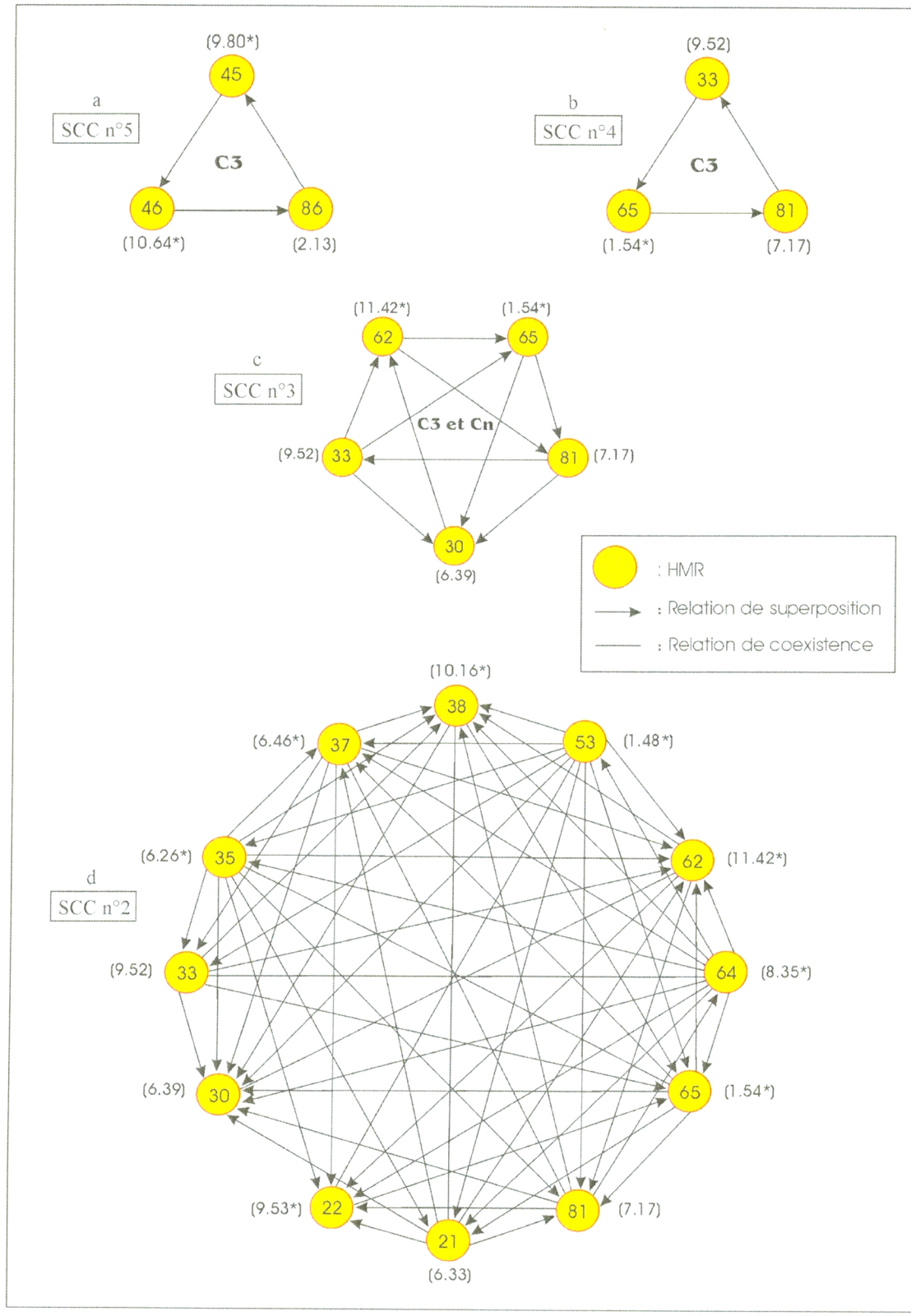


Fig. 81- Principales configurations interdites analysées.

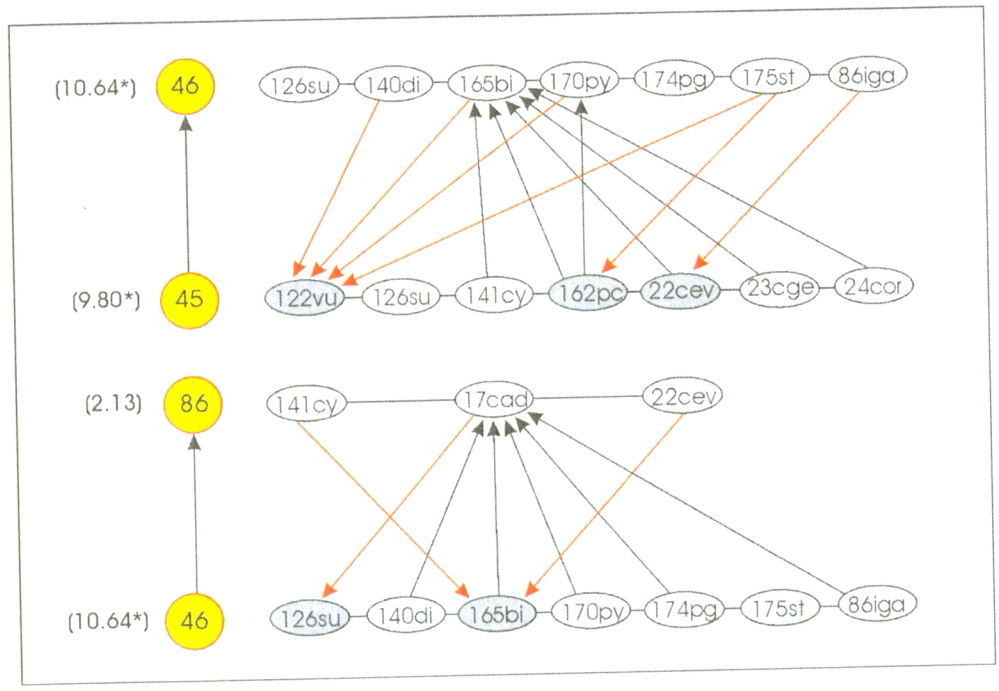


Fig. 82- Conflits observés entre les HMR : 45-46 et 46-86 (SCC n°5).

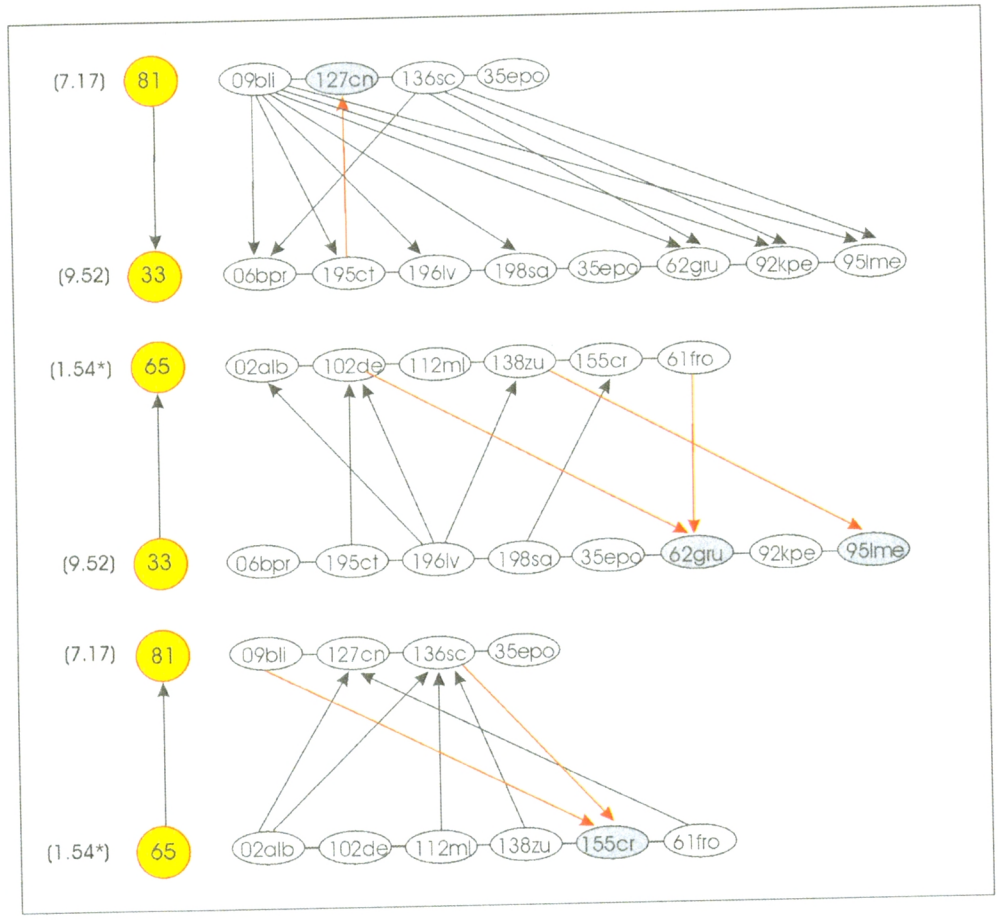


Fig. 83- Conflits observés entre les HMR : 81-33, 33-65 et 65-81 (SCC n°4).

-placer artificiellement 62gru dans le niveau 54 de la section de Cap Mondego (Portugal) ;

-supprimer complètement les taxons 102de (*Lissoceras depereti*) et 95lme (*Labyrinthoceras meniscum*). Ces taxons à géofréquence 3 sont en occurrence unique à : Cap Mondego (Portugal), Rich_Flilo (Maroc), Barranco de la Jarropa (Cordillère Bétique) et Marcoux_Bouinenc (Sud-Est de la France). Leur présence dans cette étape de traitement est due à une erreur de rédaction.

-enfin dans le cas de la relation 65 → 81, un seul taxon est impliqué dans le conflit. Il s'agit de 155cr qui génère deux arcs contradictoires avec les taxons 136sc et 09bli. Pour détruire ces deux arcs, nous avons transformé cette relation de superposition en coexistence. L'espèce 155cr est placée dans le niveau 17 du composite Rio de las Juntas_Montillana (Cordillère Ibérique).

c. Composante fortement connexe (SCC) n°3

A la différence des composantes fortement connexes (SCC 4 et 5), la composante forte n° 3 est de type C3 et Cn (fig. 81c). Elle est formée de cinq HMR reliés par dix arcs (imbrication de plusieurs cycles de type C3). Pour éliminer les structures interdites au sein de ce cycle et en trouver la cause, nous avons choisi d'illustrer quelques cas dans les figures 84 à 88.

L'examen des cas sélectionnés, montre que les relations entre les taxons qui induisent le plus fréquemment des conflits entre les HMR sont les suivants :

09bli → 155cr	138zu → 95lme	136sc → 62gru	197ro → 92kpe	197ro → 35epo
136sc → 155cr	185pv → 95lme	61fro → 62gru	136sc → 92kpe	195ct → 127cn
198sa → 155cr	197ro → 95lme	197ro → 62gru	96lin → 92kpe	136sc → 137sl
197ro → 155cr	136sc → 95lme	102de → 62gru	106mc → 195ct	
106mo → 136sc	138zu → 136sc	136sc → 06bpr	96lin → 35epo	

Après avoir ignoré certaines relations anormales et non reproductibles, nous avons transformé certains arcs en arêtes et retiré les taxons 95lme, 102de (voir SCC 4) et 35epo. Ce dernier taxon (35 epo) est une forme appartenant au groupe d'une espèce (gr.) (*Emileia* gr. *polyschides*). Il est présent sous cette forme douteuse dans deux sections de la région du Sud-Est de la France. D'autre part, les coexistences supplémentaires créées, consistent à placer dans la section de Cagasebo, niveau 39, les taxons 155cr, 136sc et 62gru et dans le composite de Beaumont_Feston, niveau 52, le taxon 136sc.

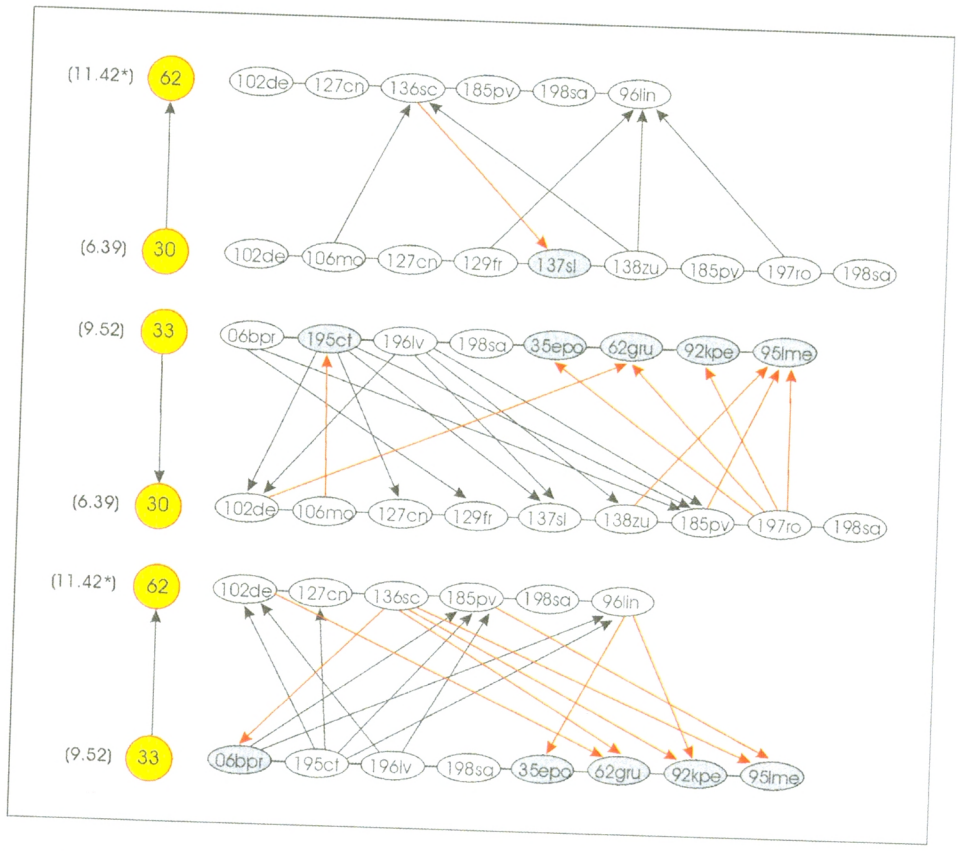


Fig. 84- Conflits observés entre les HMR 30-62, 33-30 et 33-62 (SCC n°3).

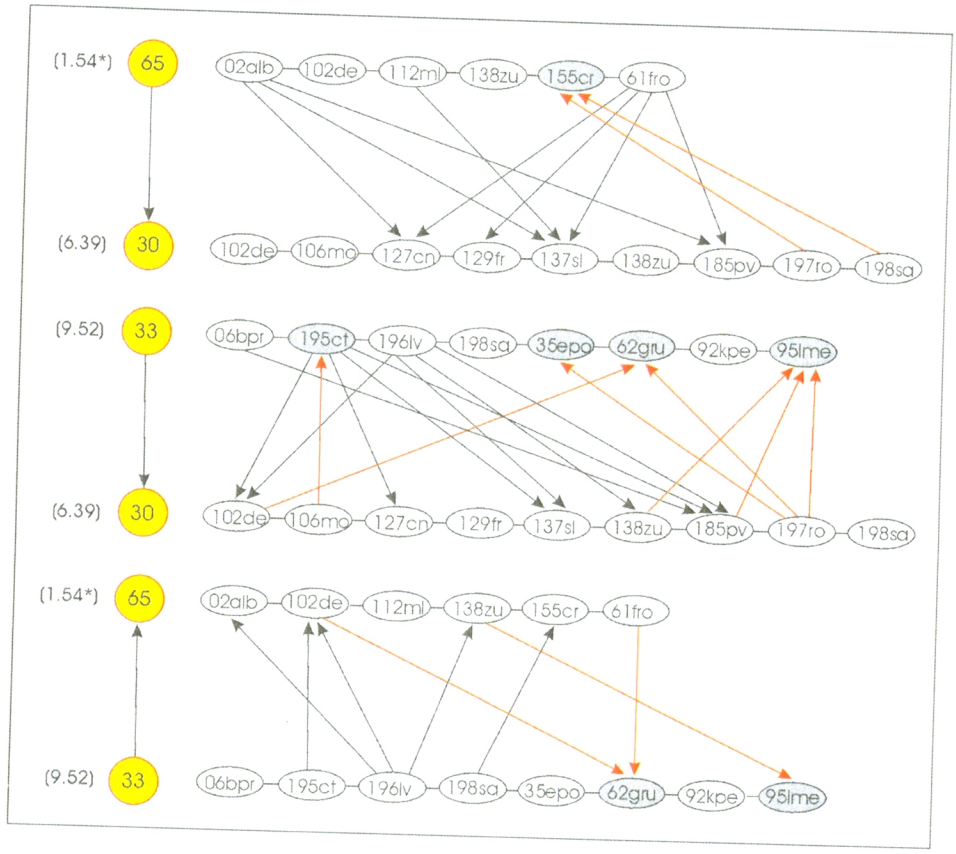


Fig. 85- Conflits observés entre les HMR 65-30, 33-30 et 65-33 (SCC n°3).

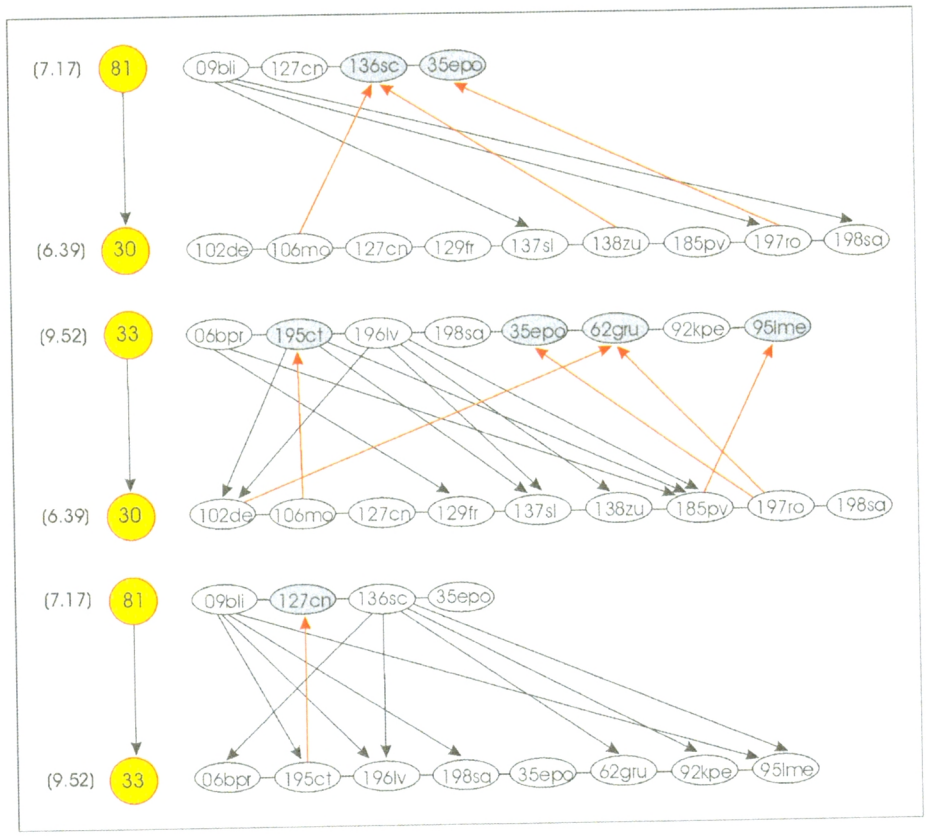


Fig. 86- Conflits observés entre les HMR 81-30, 33-30 et 81-33 (SCC n°3).

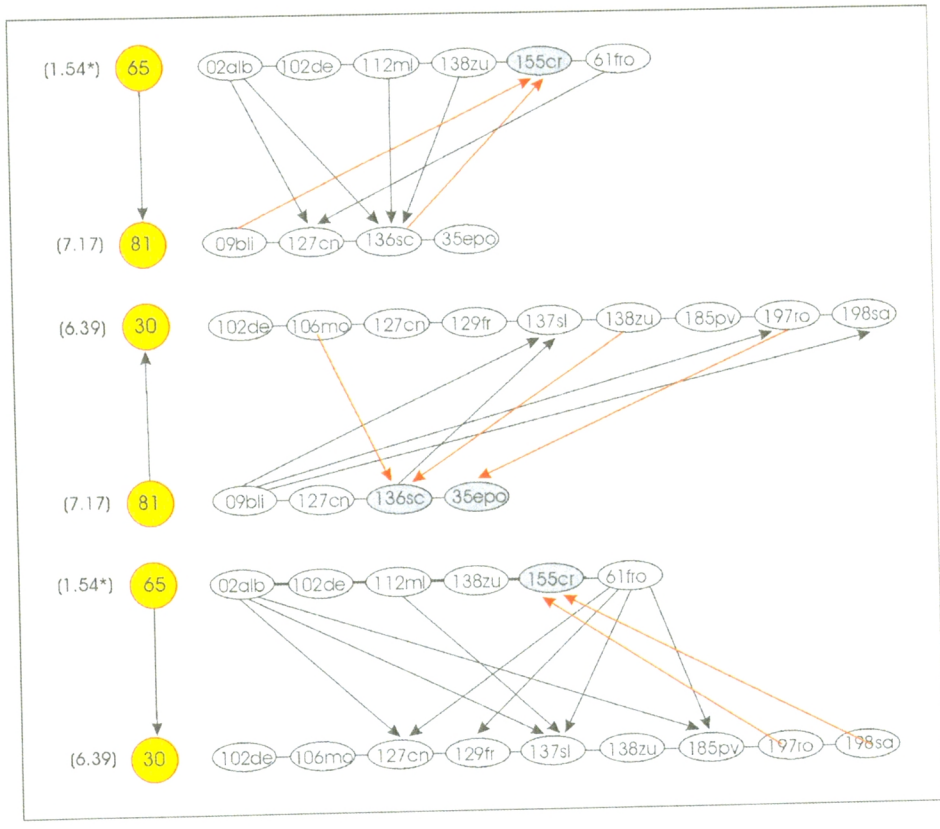


Fig. 87- Conflits observés entre les HMR 65-81, 81-30 et 65-30 (SCC n°3).

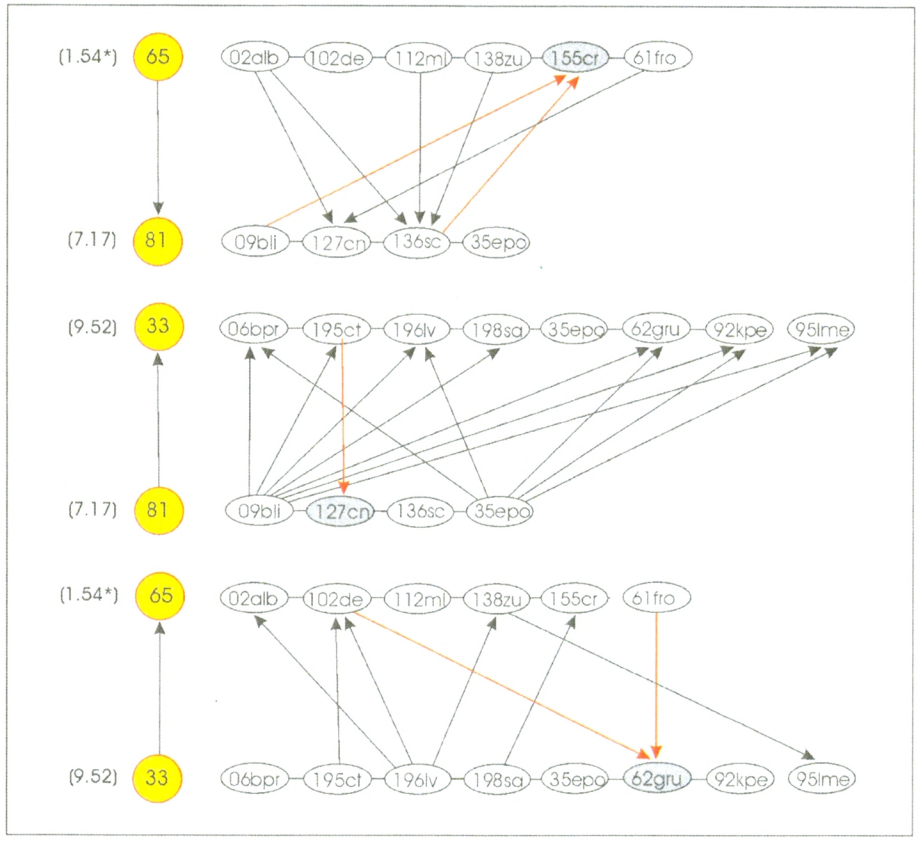


Fig. 88- Conflits observés entre les HMR 65-81, 81-33 et 33-65 (SCC n° 3).

d. Composante fortement connexe (SCC) n° 2 et 1

Ces deux dernières composantes fortement connexes admettent plusieurs types de sous-graphes induits interdits qui résultent des superpositions stratigraphiques anormales (exemple de SCC n° 2, fig. 81d). Le retour aux données de base et la recherche d'indices de remaniements, nous ont permis d'éliminer les cycles C3 et Cn, et tous les autres circuits imbriqués. Dans cette opération, nous n'allons pas présenter en détail toutes les relations détruites (plus de 300 relations), nous nous contentons simplement de figurer quelques relations qui ont servi à trouver les taxons perturbateurs.

Dans le cas des relations entre les HMR 35 → 55, 84 → 35, 24 → 48 et 86 → 29 (fig. 89 et 90e), les taxons responsables des relations suspectées (127cn → 103au, 138zu → 128do, 128do → 175st, 136sc → 175st, 197ro → 175st, 198sa → 175st, 61fro → 175st, 196lv → 02alb, 02alb → 136sc et 53ffi → 107sp, 53ffi → 135pk, 53ffi → 199ua, 53ffi → 54fgi, 53ffi → 61fro) sont supprimés complètement du fichier pour les raisons suivantes :

*le taxon 103au est remanié dans la section de Barranco La Canaleja (Cordillère Ibérique) avec une incertitude de détermination dans le composite de Rich_Flilo (Maroc) (SADKI, 1996, fig. 13) ;

*le taxon 128do est un individu assimilé (*Otoites* cf. *douvillei*) dans les composites de Marcoux_Bouinenc, Beaumont_Feston (Sud-Est de la France) et Rich_Flilo (Maroc) ;

*le taxon 175st est remanié dans la section de Barranco de la Jarropa (Cordillère Bétique) ;

*le taxon 53ffi est un individu assimilé (*Fissilobiceras* cf. *fissilobatum*) dans la section de Beaumont_Feston (Sud-Est de la France) ;

*le taxon 135pk est un individu assimilé (*Pelekodites* cf. *pelekus*) dans les composites de Marcoux_Bouinenc (Sud-Est de la France) et Rich_Flilo (Maroc) ;

*le taxon 02alb à géofréquence 2 est décrit seulement sous le nom du genre (*Albarracinites*) dans la section de Cap Mondego (Portugal) et le composite Rich_Flilo (Maroc) (fig. 89c et 90e).

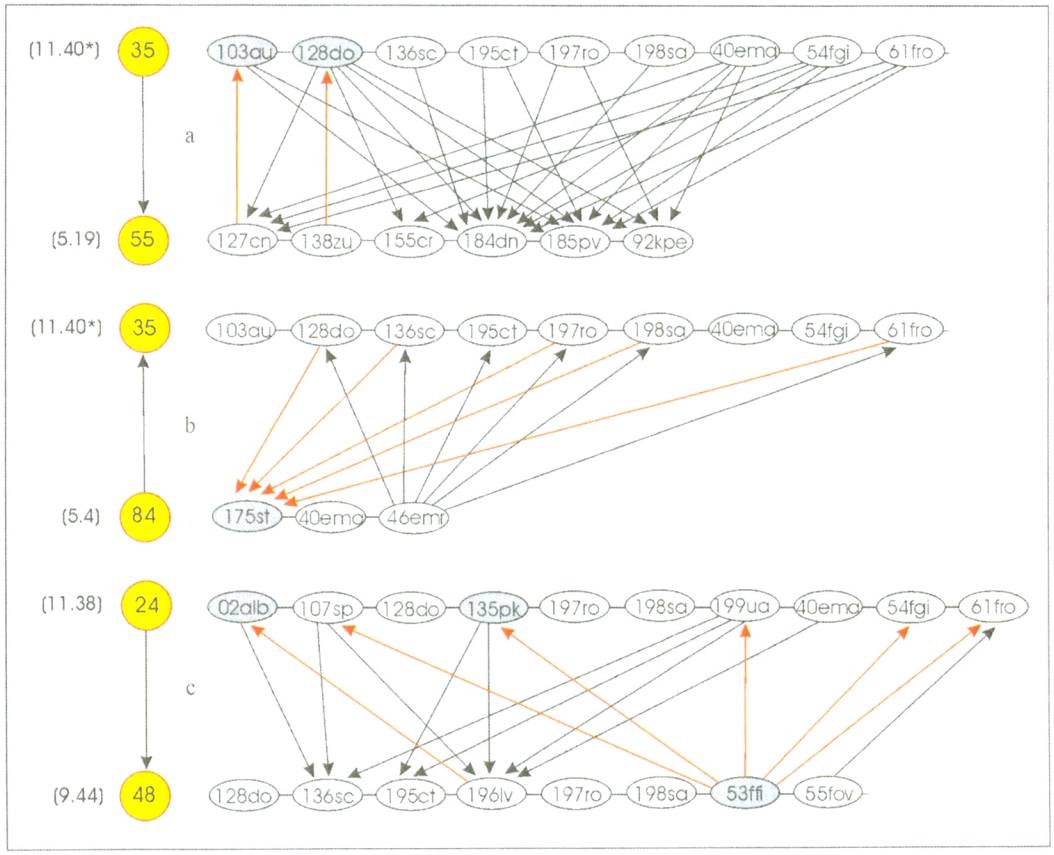


Fig. 89- Relations conflictuelles entre les taxons des HMR 35-55, 84-35 et 24-48.

Par contre, dans les relations entre les HMR 78 → 65 et 86 → 29 (fig. 90), les deux taxons à l'origine des superpositions anormales seront supprimés partiellement (*i.e.* uniquement dans ces sections). A cet effet, les arguments utilisés pour leur suppression sont liés à la qualité de la détermination qui reste douteuse. Le taxon 194ru (*Witchellia* cf. *rubra*) est ignoré dans le composite de Beaumont_Feston (Sud-Est de la France) et le taxon 112ml (*Mollistephanus* sp.) dans la section de Cap Mondego (Portugal).

Il convient de souligner que lors de cette analyse, les déterminations douteuses des taxons n'ont pu être revues, car aucune figuration n'a été donnée par les auteurs.

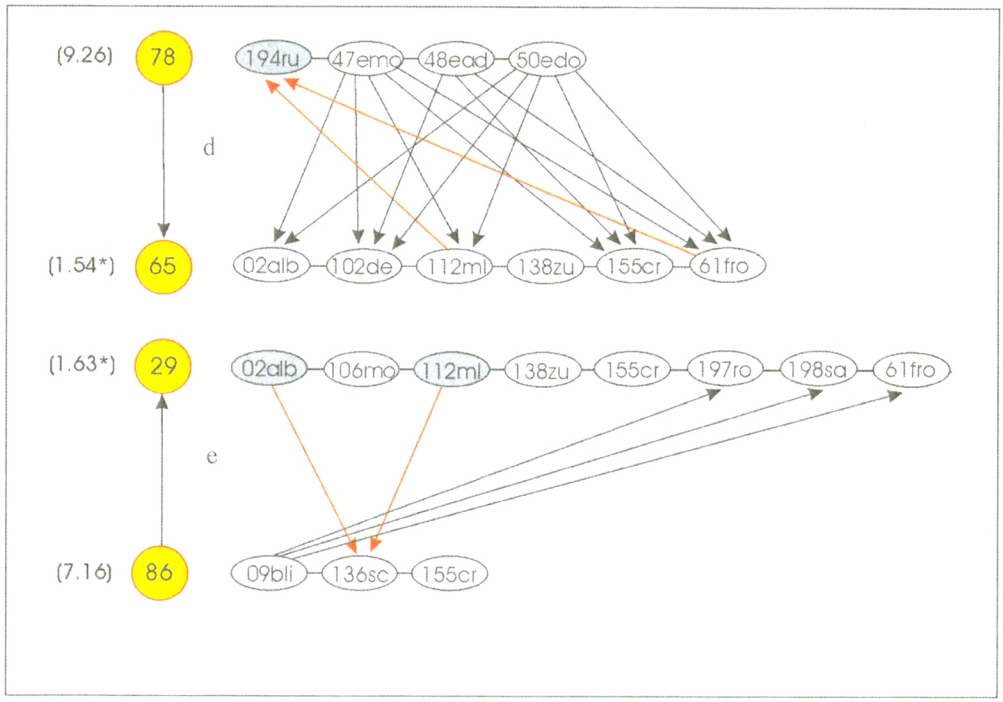


Fig. 90- Relations conflictuelles entre les taxons des HMR 78-65 et 86-29.

Avec l'élimination des cinq composantes fortement connexes, les données sont donc rendues cohérentes. Dès lors, nous pouvons valider cette dernière opération (446 contradictions, 0 SCC, 41 associations unitaires) et poursuivre notre étude

III. RESULTATS

Suite aux différentes étapes effectuées en vue d'optimiser les données de base, le programme **BioGraph** fournit trois documents essentiels pour l'interprétation biochronologique :

-le protoréférentiel ;
-la matrice de reproductibilité latérale donnant l'extension géographique des associations unitaires détectées dans les sections;
-les tables de corrélation des associations unitaires entre les sections.

A. Présentation et analyse du protoréférentiel

Le protoréférentiel obtenu est constitué d'une séquence de 41 associations unitaires ordonnées chronologiquement. Cette séquence synthétise toutes les relations de coexistence, de superposition et d'exclusion des 91 taxons d'ammonites finalement retenus. Ainsi, 4 associations unitaires sont identifiées dans l'Aalénien supérieur et 37 dans le Bajocien inférieur (fig. 91). Chaque association unitaire est identifiable par des éléments caractéristiques pertinents (espèce-indice selon le vocabulaire classique des biostratigraphes) et par des éléments caractéristiques artificiels (MAILLIOT et *al.*, 2006).

Nous n'allons pas effectuer un inventaire exhaustif du contenu taxonomique de chacune des 41 associations unitaires. Signalons seulement leurs éléments caractéristiques.

-l'association unitaire 1 est constituée essentiellement de cinq espèces : *Malladaites pertinax* (VACEK), *Brasilia similes* (BUCKMAN), *Graphoceras concavum* (SOWERBY), *Ludwigella cornu* BUCKMAN et *L. rude* BUCKMAN.

-l'association unitaire 2 est caractérisée par sept nouvelles espèces: *Eudmetoceras renzi* ELMI, *Graphoceras apertum* BUCKMAN, *G. v-scriptum* BUCKMAN, *G. formosum* (BUCKMAN), *G. pulchrum* BUCKMAN, *Haplopleuroceras subspinatum* BUCKMAN et *H. eximium* GERARD associées au genre *Praestrigites*.

-les association unitaire 3 et 4 sont marquées par un assemblage très diversifié. Il comprend : *Rhodaniceras prosphues* BUCKMAN, *Graphoceras limitatum* BUCKMAN, *Fontannesia luculenta* BUCKMAN, *Haplopleuroceras mundum* BUCKMAN, *Nannoceras* sp., *Braunsina contorta* BUCKMAN et *B. aspera* BUCKMAN.

-les associations unitaires 5 à 16 sont reconnues surtout par la présence de formes nouvelles de *Graphoceratidae* [*Toxolioceras incisum* BUCKMAN, *T. walkeri* (BUCKMAN), *T. arcuatum* (BUCKMAN), *T. mundum* (BUCKMAN), *Oedania inflata* BUCKMAN, *Reynesella juncta* BUCKMAN], *Sonniniidae* [*Euhoploceras modestum* (BUCKMAN), *E. acanthodes* (BUCKMAN), *E. subdecoratum* (BUCKMAN), *E. dominans* (BUCKMAN), *E. marginatum* BUCKMAN, *E. adicrum* (WAAGEN)] et *Erycitidae* [*Haplopleuroceras mouterdei* sp. nov., *Docidoceras cylindroides* BUCKMAN]. Notons que les deux dernières associations unitaires se distinguent par l'apparition des espèces caractéristiques retenues comme artificielles. Il s'agit de *Emileites malenotatus* BUCKMAN (AU 15) et *Zurcheria ubaldi* DOUVILLE (AU 16).

-l'association unitaire 17 comprend trois espèces qualifiées de pertinentes comme *Fissilobiceras ovalis* (QUENSTEDT), *Trilobiticeras cricki* PARSONS et *Pelekodites schlumbergeri* (HAUG) Elles sont associés aux *Pelekodites zurcheri* (DOUVILLE), *Bradfordia renzi* SAPUNOV, *B. liomphala* BUCKMAN, *Mollistephanus* sp., *Maceratites moisyi* BRASIL, *Labyrinthoceras intricatum* BUCKMAN, *Emileites malenotatus* BUCKMAN, *Zurcheria ubaldi* DOUVILLE et *Euhoploceras adicrum* (WAAGEN).

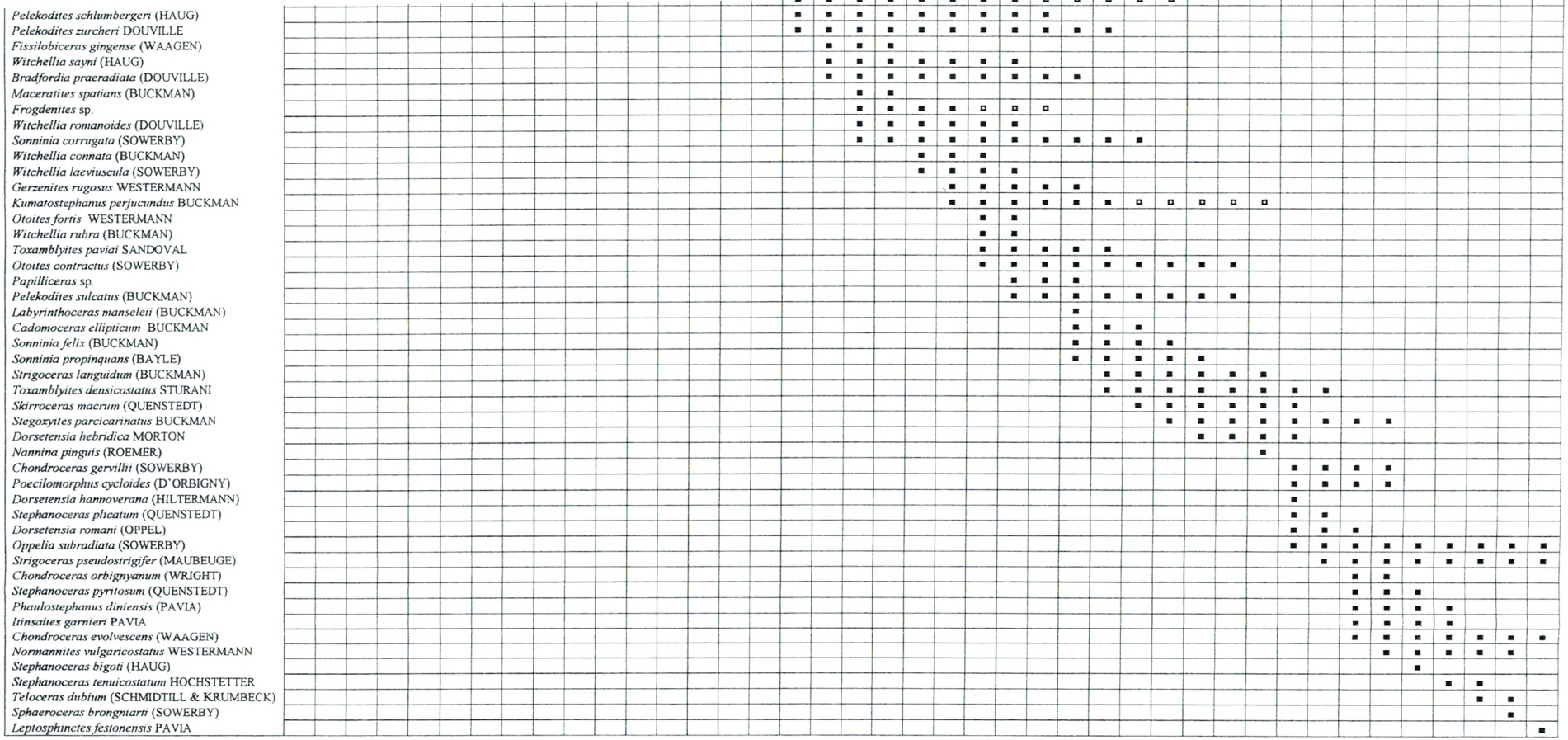
-les associations unitaires 18 à 24 sont reconnues soit par une seule espèce caractéristique : *Witchellia sayni* (HAUG)(AU 18), *W. connata* (BUCKMAN) (AU 20), *W. laeviuscul*a (SOWERBY) (AU 21) soit par des paires d'espèces caractéristiques. Par exemple : *Witchellia romanoides* (DOUVILLE)-*Sonninia corrugata* (SOWERBY) (AU 19), *Gerzenites rugosus* WESTERMANN-*Kumatostephanus perjucundus* BUCKMAN (AU 22), *Otoites fortis* WESTERMANN-*Witchellia rubra* (BUCKMAN) et *Otoites contractus* (SOWERBY)-Toxamblyites paviai SANDOVAL (AU 23).

-l'association unitaire 26 se caractérise surtout par l'apparition de l'espèce *Sonninia propinquans* (BAYLE) associée à *S. felix* (BUCKMAN) et à *Cadomoceras ellipticum* BUCKMAN.

Fig. 91- Associations unitaires (protoréférentiel) et zones d'associations unitaires obtenues dans l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur pour les 11 sections considérées.

▫ Correction des « effets de bords » pour certains taxons.

AGE	Aalénien sup.				Bajocien inférieur																																	
	CONCAVUM				DISCITES												LAEVIUSCULA (*ex-Sowerbyi*)									PROPINQUANS (*ex-Sauzei*)							HUMPHRIESIANUM							
Z.AU	A		B		C						D						E				F		G			H				I			J				K		L	
AU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Malladaites pertinax (VACEK)	■																																							
Brasilia similes (BUCKMAN)	■																																							
Graphoceras concavum (SOWERBY)	■	■																																						
Ludwigella cornu BUCKMAN	■	■																																						
Ludwigella rude BUCKMAN	■	■																																						
Eudmetoceras renzi ELMI		■	■																																					
Graphoceras apertum BUCKMAN		■	■	■																																				
Graphoceras v-scriptum (BUCKMAN)		■	■	■	■	■																																		
Graphoceras formosum (BUCKMAN)		■	■	■	■	■	■																																	
Graphoceras pulchrum (BUCKMAN)		■	■	■	■	■	■																																	
Praestrigites sp.		■	■	■	■	■	■	■	■	■																														
Haplopleuroceras subspinatum (BUCKMAN)		■	■	■	■	■	■	■	■	■																														
Haplopleuroceras eximium GERARD		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																												
Rhodaniceras prosphues (BUCKMAN)			■	■	■																																			
Graphoceras limitatum BUCKMAN			■	■	■	■	■	■																																
Fontannesia luculenta BUCKMAN			■	■	■	■	■	■	■																															
Haplopleuroceras mundm BUCKMAN		▫	■	■	■	■	■	■	■																															
Nannoceras sp.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	▫																							
Braunsina contorta BUCKMAN				■	■	■	■	■	■	■																														
Braunsina aspera BUCKMAN				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																											
Toxolioceras incisum (BUCKMAN)					■	■	■	■	■	■																														
Toxolioceras walkeri (BUCKMAN)						■	■	■	■	■																														
Braunsina elegantula BUCKMAN						■	■	■	■	■	■	■																												
Reynesella juncta BUCKMAN						■	■	■	■	■	■	■	■	■																										
Euhoploceras modestum (BUCKMAN)						■	■	■	■	■	■	■	■																											
Toxolioceras arcuatum (BUCKMAN)							■	■	■	■																														
Euhoploceras acanthodes (BUCKMAN)				▫	▫	▫	▫	■	■	■	■	■	■																										
Oedania inflata BUCKMAN									■	■	■	■	■																											
Haplopleuroceras mouterdei sp. nov.									■	■	■	■	■																											
Toxolioceras mundum (BUCKMAN)										■	■																													
Euhoploceras subdecoratum (BUCKMAN)										■	■	■	■	■																										
Euhoploceras dominans (BUCKMAN)											■	■	■	■																										
Docidoceras cylindroides BUCKMAN												■	■	■																										
Euhoploceras marginatum (BUCKMAN)												■	■	■	■																									
Euhoploceras adicrum (WAAGEN)													■	■	■	■	■																							
Bradfordia liomphala BUCKMAN														■	■	■	■																							
Emileites malenotatus BUCKMAN															■	■	■	■	■	■	▫	▫	▫	▫	▫															
Zurcheria ubaldi DOUVILLE																■	■	■	■																					
Fissilobiceras ovalis (QUENSTEDT)																	■	■	■	■	■																		
Bradfordia renzi SAPUNOV																	■	■																					
Trilobiticeras cricki PARSONS																	■	■	■	■	■																		


Pelekodites schlumbergeri (HAUG)
Pelekodites zurcheri DOUVILLE
Fissilobiceras gingense (WAAGEN)
Witchellia sayni (HAUG)
Bradfordia praeradiata (DOUVILLE)
Maceratites spatians (BUCKMAN)
Frogdenites sp.
Witchellia romanoides (DOUVILLE)
Sonninia corrugata (SOWERBY)
Witchellia connata (BUCKMAN)
Witchellia laeviuscula (SOWERBY)
Gerzenites rugosus WESTERMANN
Kumatostephanus perjucundus BUCKMAN
Otoites fortis WESTERMANN
Witchellia rubra (BUCKMAN)
Toxamblyites paviai SANDOVAL
Otoites contractus (SOWERBY)
Papilliceras sp.
Pelekodites sulcatus (BUCKMAN)
Labyrinthoceras manseleii (BUCKMAN)
Cadomoceras ellipticum BUCKMAN
Sonninia felix (BUCKMAN)
Sonninia propinquans (BAYLE)
Strigoceras languidum (BUCKMAN)
Toxamblyites densicostatus STURANI
Skirroceras macrum (QUENSTEDT)
Stegoxyites parcicarinatus BUCKMAN
Dorsetensia hebridica MORTON
Nannina pinguis (ROEMER)
Chondroceras gervillii (SOWERBY)
Poecilomorphus cycloides (D'ORBIGNY)
Dorsetensia hannoverana (HILTERMANN)
Stephanoceras plicatum (QUENSTEDT)
Dorsetensia romani (OPPEL)
Oppelia subradiata (SOWERBY)
Strigoceras pseudostrigifer (MAUBEUGE)
Chondroceras orbignyanum (WRIGHT)
Stephanoceras pyritosum (QUENSTEDT)
Phaulostephanus diniensis (PAVIA)
Itinsaites garnieri PAVIA
Chondroceras evolvescens (WAAGEN)
Normannites vulgaricostatus WESTERMANN
Stephanoceras bigoti (HAUG)
Stephanoceras tenuicostatum HOCHSTETTER
Teloceras dubium (SCHMIDTILL & KRUMBECK)
Sphaeroceras brongniarti (SOWERBY)
Leptosphinctes festonensis PAVIA

-les associations unitaires 27, 28 et 29 ne peuvent pas être reconnues par une seule espèce, mais plutôt par des assemblages d'espèces (= zones d'associations).

-pour ce qui est des associations unitaires 30, 31 et 32, elles peuvent être reconnues par l'apparition de deux espèces pertinentes *Dorsetensia hebridica* MORTON (AU 30) et *Nannina pinguis* (ROEMER) (AU 32).

-enfin, les associations unitaires 33 à 41 comprennent les éléments caractéristiques suivantes :

**Chondroceras gervillii* (SOWERBY), *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY), *Stephanoceras plicatum* (QUENSTEDT), *Dorsetensia romani* (OPPEL) et *Oppelia subradiata* (SOWERBY) (AU 33) ;

**Chondroceras evolvescens* (WAAGEN), *C. orbignyanum* (WRIGHT), *Itinsaites garnieri* PAVIA, *Phaulostephanus diniensis* PAVIA et *Stephanoceras pyritosum* (QUENSTEDT) (AU 35);

**Stephanoceras bigoti* (HAUG) (AU 37) et *S. tenuicostatum* HOCHSTETTER (AU 38) ;

**Teloceras dubium* (SCHMIDTILL & KRUMBECK) (AU 39).

B. Présentation de la matrice de reproductibilité des AU et des tables de corrélation

Les résultats de ces deux documents seront examinés ici pour construire la zonation (référentiel biochronologique zonal).

1. Matrice de reproductibilité des AU

La matrice dite de reproductibilité des associations unitaires (fig. 92) indique clairement que :

-21 AU sont strictement identifiées dans une seule section (n = 1). Elles ne peuvent donc pas directement servir de zones (AU 4, AU 5, AU 7, AU 8, AU 12, AU 13, AU 15, AU 18, AU 19, AU 20, AU 22, AU 26, AU 28, AU 29, AU 30, AU 31, AU 34, AU 35, AU 36, AU 38, AU 39) ;

-l' AU 1 et 2 sont les plus reproductibles. Elles sont identifiées dans quatre sections (n = 4);

-l'AU 11 et 12 ne sont strictement identifiées dans aucune section (n = 0).

A première vue, nous remarquons que les associations unitaires détectées ont une faible reproductibilité latérale. Il est donc difficile d'obtenir un référentiel zonal significatif. Pour remédier à ce problème, il existe deux façons de procéder :

-la première consiste à réunir deux ou plusieurs associations unitaires qui ne sont pas reproductibles lorsqu'elles sont isolées mais qui le deviennent quand elles sont réunies;

-la seconde consiste à réunir autour d'une association unitaire reproductible une ou plusieurs associations unitaires qui ne le sont pas.

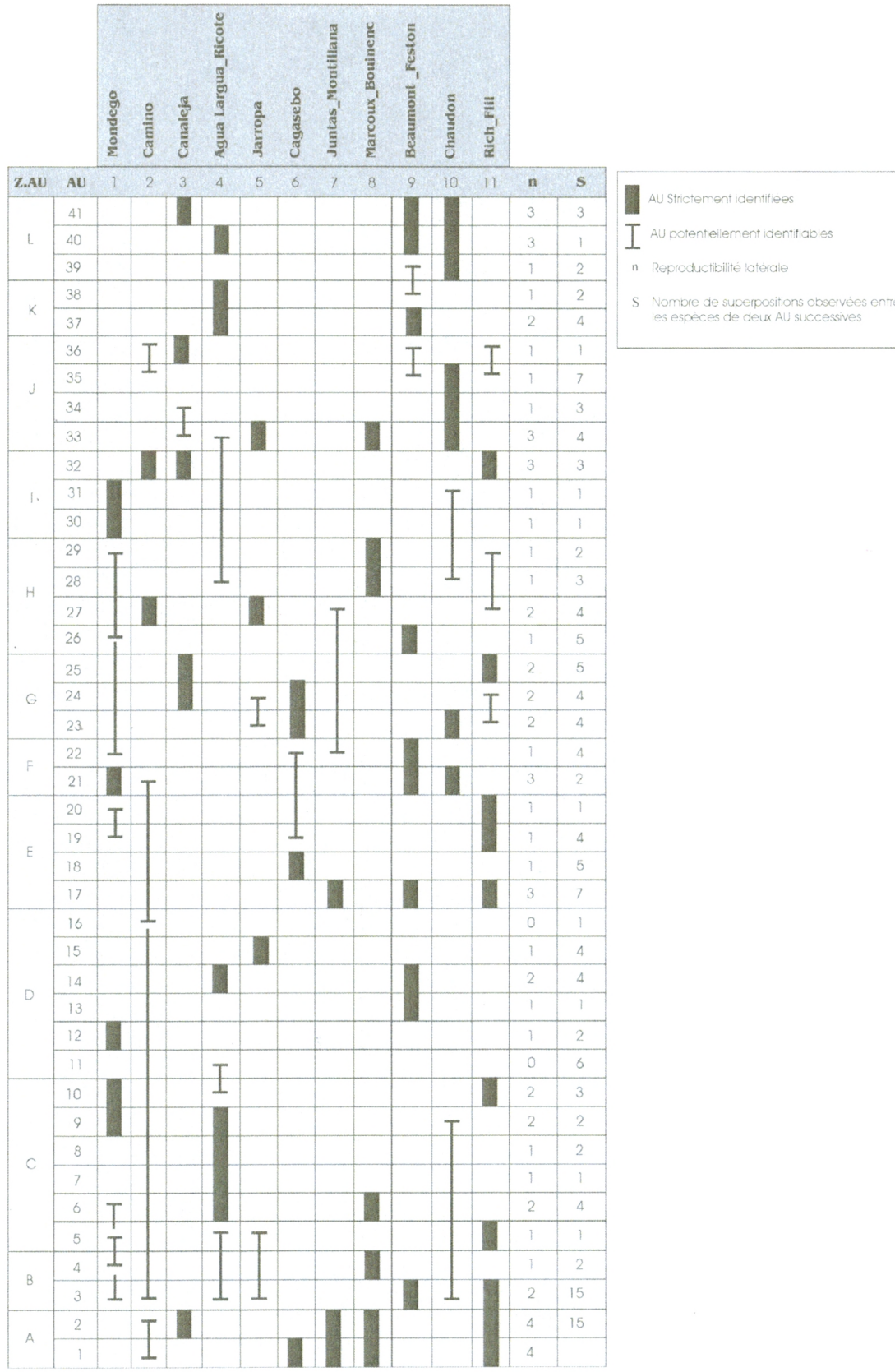


Fig. 92- Matrice de reproductibilité des 41 associations unitaires (AU) et leur réunion en 12 biochronozones (Z.AU).

2. Tables de corrélation

Comme la matrice de reproductibilité, les tables de corrélation montrent que le contrôle superpositionnel entre la plupart des associations unitaires identifiées dans les 11 sections est très faible (fig.93). Les informations concernant chaque niveau de chaque section doivent être interprétées avec beaucoup de prudence surtout quand on observe au-dessus d'un niveau *n* où une AU *j* est strictement identifiée (*n* : *j* – *j*), un niveau *m* où une réunion d'AU est potentiellement identifiable et contient l'AU *j* clairement identifiée du niveau *n* sous-jacent ainsi qu'une autre AU *i* antérieure à *j* (*m* : *i* – *j*). Dans ce cas, le niveau *m* est identifié par l'AU *j* (MAILLIOT et *al.*, 2006). A titre d'exemple, dans le composite de Beaumont_Feston, les niveaux 19 à 24 sont clairement identifiés par l'AU 14, puis la réunion d'AU [13-14] est proposée pour le niveau 25. L'AU 13 précédent chronologiquement l'AU 14, nous pouvons affirmer que l'AU 14 seule suffit pour caractériser le niveau 25. A partir de ces tables de corrélation, nous pouvons également remarquer la présence de nombreuses lacunes dans les sections de type plate-forme (Camino et Barranco La Canaleja).

IV. INTERPRETATION DES RESULTATS

A. Etablissement des biochronozones et construction du référentiel zonal

La construction d'une zonation à partir de la séquence d'AU nécessite un examen simultané de la matrice de reproductibilité et des tables de corrélation. Cependant, la manière précise selon laquelle les AU sont groupées pour constituer une zone ne peut être qu'empirique (GUEX, 1986). En effet, le programme **BioGraph** permet de construire des biochronozones à partir de données biostratigraphiques par des procédures automatiques.

Etant donné la distribution inégale des associations unitaires dans les différentes sections analysées, nous avons utilisé l'indice de reproductibilité R (GUEX, 1979) afin d'estimer quantitativement leurs valeurs biochronologiques.

$$R = N_{id} / (N_{pot} + N_{id})$$

où N_{id} = nombre de profils stratigraphiques dans lesquels une association unitaire est identifiable.

et N_{pot} = nombre de profils dans lesquels cette association est potentiellement identifiable.

Les valeurs de R calculées pour les 41 associations unitaires sont interprétées comme suit (fig. 94) :

-les AU 37, 40 et 41 ont une excellente reproductibilité R = 1. Cette valeur maximale résulte du fait qu'elles ne sont jamais potentiellement identifiables dans d'autres sections que ceux où elles sont strictement identifiées ;

-les AU 1 et 2 possèdent également un bon indice de reproductibilité R = 0,8. Leur réunion suffit pour valider une biochronozone;

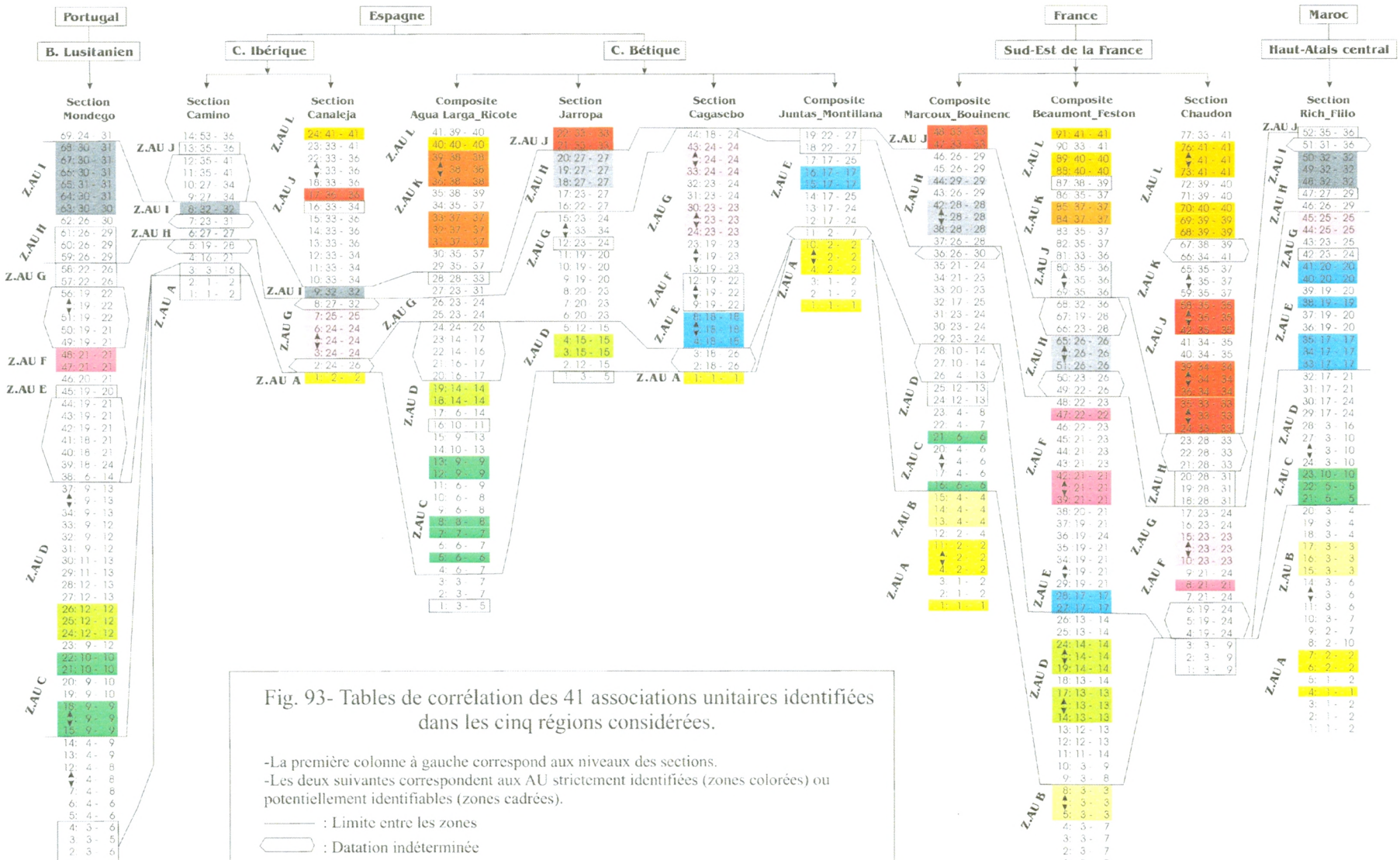


Fig. 93- Tables de corrélation des 41 associations unitaires identifiées dans les cinq régions considérées.

-La première colonne à gauche correspond aux niveaux des sections.
-Les deux suivantes correspondent aux AU strictement identifiées (zones colorées) ou potentiellement identifiables (zones cadrées).

: Limite entre les zones

: Datation indéterminée

-les AU 17, 21 et 32 ont un indice R = 0, 6 - 0,75. La réunion de ces AU avec d'autres de même nature ou avec des AU potentiellement identifiables fait augmenter la reproductibilité pour constituer une biochronozone ;

-les AU 11 et 16 ont un indice R = 0. Les deux AU ne sont potentiellement identifiables que dans la section de Camino. Leur réunion avec d'autres AU strictement identifiées a nécessité l'aide du nombre de superpositions observées entre les espèces de deux AU successives (noté S) (output BG_T08).

En tenant compte de ces résultats, nous avons pu déterminer un nombre total de 12 zones d'associations unitaires (Z.AU), notées de A à L du bas vers le haut :

-Biochronozone A = réunion des AU 1 et 2 ;
-Biochronozone B = réunion des AU 3 et 4 ;
-Biochronozone C = réunion des AU 5, 6, 7, 8, 9 et 10 ;
-Biochronozone D = réunion des AU 11, 12, 13, 14, 15 et 16 ;
-Biochronozone E = réunion des AU 17, 18, 19 et 20 ;
-Biochronozone F = réunion des AU 21 et 22 ;
-Biochronozone G = réunion des AU 23, 24 et 25 ;
-Biochronozone H = réunion des AU 26, 27, 28 et 29 ;
-Biochronozone I = réunion des AU 30, 31 et 32 ;
-Biochronozone J = réunion des AU 33, 34, 35 et 36 ;
-Biochronozone K = réunion des AU 37 et 38 ;
-BiochronozoneL = réunion des AU 39, 40 et 41 ;

Ces zones d'associations unitaires ont été reportées sur les figures 91 (protoréférentiel), 92 (matrice de reproductibilité) et 93 (tables de corrélation). Chaque biochronozone présente d'une manière optimale toutes les relations biostratigraphiques (coexistences réelles ou virtuelles) entretenues entre les taxons analysés.

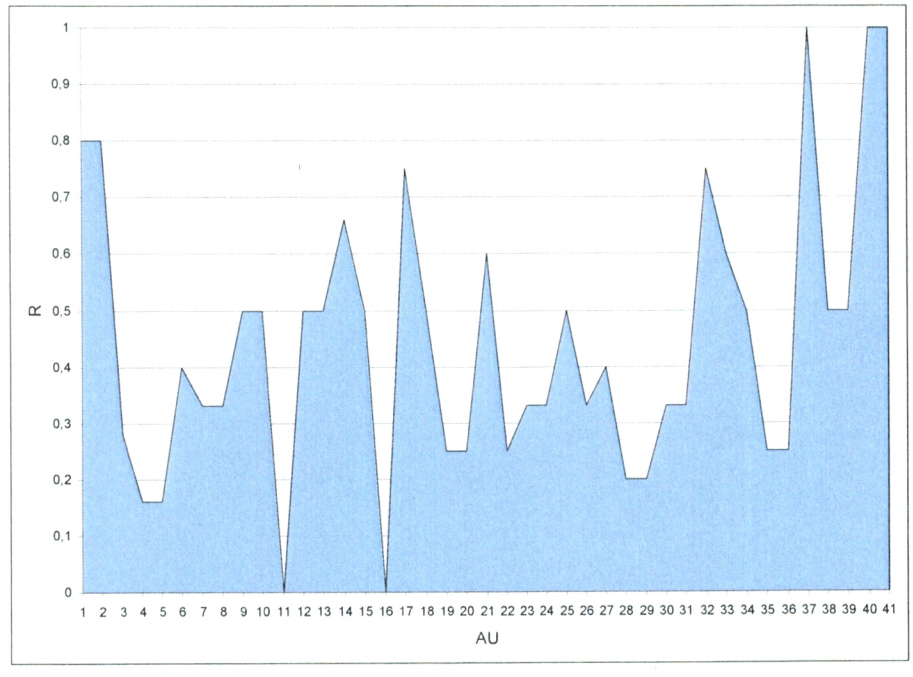


Fig. 94- Indices de reproductibilité des 41 associations unitaires.

B. Phénomènes de diachronisme et de renouvellements fauniques

1. Diachronisme des taxons

Afin d'estimer quantitativement la dispersion biochronologique qui peut intervenir entre les datums (FADs et LADs) des différentes espèces, GUEX (1987) proposa une méthode mathématique très intéressante. Elle est basée sur le calcul des paramètres suivants :

-Da (x) et Dd(x) : il s'agit de la valeur du diachronisme du FAD de l'espèce x et celle du LAD ;

-Dt (x) : c'est le diachronisme total qui égal à Da (x) + Dd(x) ;

-La (x) : c'est la longévité apparente qui est égale au nombre de biochronozones dans lesquelles l'espèce x existe réellement ou virtuellement [(Last UA – First UA) + 1]. Les valeurs de La (x) sont données par le programme **BioGraph**.

A partir des différentes valeurs obtenues, on calcule dès lors l'indice de diachronisme qui est le rapport Dt (x)/La (x) (dispersion totale sur longévité apparente). La variation de ce rapport donne des informations sur la qualité globale de l'enregistrement des espèces :

-si Dt (x)/La (x) = 0 $\Rightarrow$ les espèces sont synchrones ;

-si Dt (x)/La (x) = [0,1 – 0,49] $\Rightarrow$ les espèces présentent un diachronisme modéré à l'échelle locale ;

-si Dt (x)/La (x) = 0 [0,5 – 0,99] $\Rightarrow$ les espèces présentent un diachronisme fort à l'échelle locale ;

-si Dt (x)/La (x) = $\geq$ 1 $\Rightarrow$ les espèces sont régionalement diachrones.

Pour l'étude du diachronisme des taxons de l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, les résultats sont résumés dans la figure 95. Ainsi, la fréquence de 91 taxons en fonction de leur longévité apparente [La (x)] et en fonction de leur dispersion biochronologique [Dt (x)] a permis de délimiter 3 secteurs (A à C). Chaque secteur se distingue par une catégorie de taxons :

-secteur A représente 24 % de taxons pour lesquels la dispersion biochronologique totale est nulle. Ces taxons sont synchrones et sont donc de bons marqueurs biochronologiques dans le domaine paléobiogéographique considéré. Nous pouvons citer les espèces : *Malladaites pertinax* (VACEK), *Rhodaniceras prosphues* (BUCKMAN), *Oedania inflata* (BUCKMAN), *Toxolioceras mundum* (BUCKMAN), *Otoites fortis* WESTERMANN, *Labyrinthoceras intricatum* BUCKMAN, *Witchellia rubra* (BUCKMAN), *Nannina pinguis* (ROEMER), *Trilobiticeras cricki* (PARSONS), *Stephanoceras bigoti* (HAUG), *S. tenuicostatum* (HOCHSTETTER), *Dorsetensia hannoverana* (HILTERMANN), *Teloceras dubium* (SCHMIDTILL & KRUMBECK).

-secteur B correspond à l'ensemble des taxons pour lesquels la dispersion biochronologique est modérée à forte. Parmi les 42 % des taxons qui appartiennent à ce secteur, se trouvent notamment *Ludwigella cornu* BUCKMAN, *Graphoceras. limitatum* BUCKMAN, *Braunsina aspera* BUCKMAN, *B. contorta* BUCKMAN, *Euhoploceras marginatum* (BUCKMAN), *E. modestum* (BUCKMAN), *Sonninia propinquans* (BAYLE), *Dorsetensia romani* (OPPEL) et *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY).

-secteur C recense 34 % de taxons régionalement diachrones. Cela signifie que les taxons sont enregistrés dans des biochronozones différentes selon les régions. Dans ce type de diachronisme, nous avons même remarqué l'implication de certaines espèces-indices des zonations conventionnelles [*Toxolioceras walkeri* (BUCKMAN), *Euhoploceras acanthodes* (BUCKMAN), *Fissilobiceras ovalis* (QUENSTEDT), *Witchellia laeviuscula* (SOWERBY), *Dorsetensia hebridica* MORTON].

En conclusion, le calcul de la dispersion biochronologique des taxons a permis de relever deux faits importants. Il s'agit de :

a-la présence de 34 % de taxons complètement diachrones. Ceci nous laisse penser que l'origine de ce diachronisme très fort est liée à la qualité sédimentaire de certaines sections (faciès de plate-forme interne et remaniement de la faune) d'une part et à la présence des sections incomplètes d'autre part (voir fig. 79, p. 128).

b-l'importance de caractériser les zones par les associations unitaires et pas seulement par l'espèce-indice.

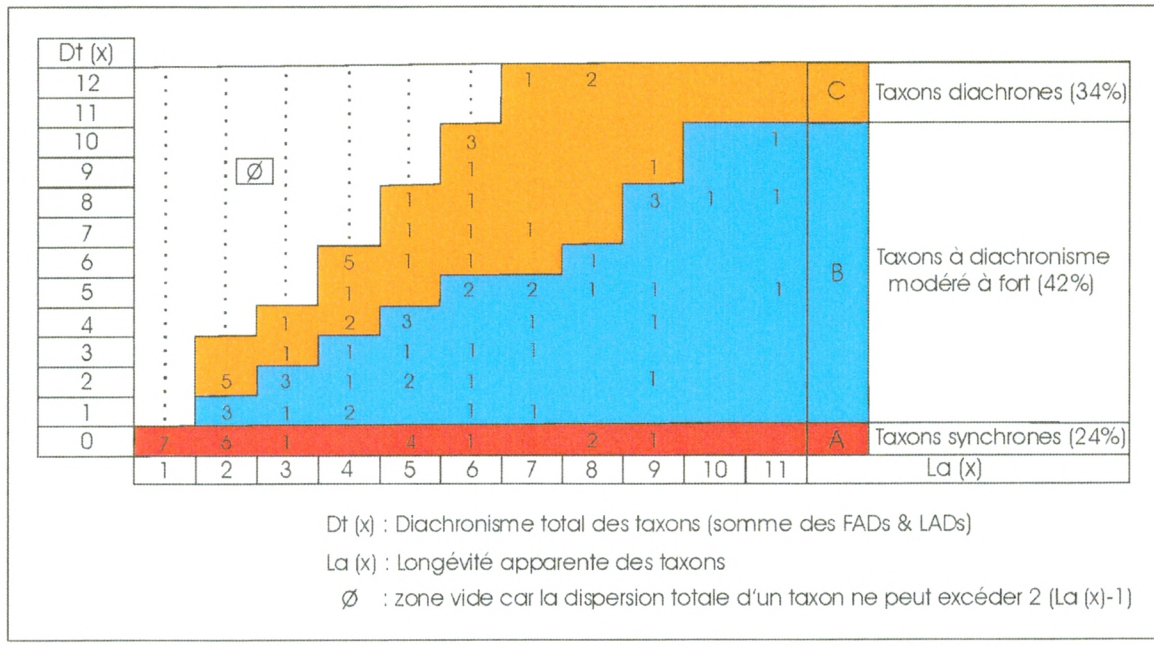


Fig. 95- Diachronisme des taxons de l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur des régions étudiées.

2. Renouvellements fauniques

En plus de la quantification du diachronisme, la méthode des associations unitaires appliquée aux ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, nous a permis de mettre en évidence des renouvellements fauniques. L'interprétation à la fois du diagramme reportant le nombre cumulé des taxons qui apparaissent (FADs) et disparaissent (LADs) pour chaque AU (output BG_T05) (fig. 96) et la courbe de diversité faunique des AU (fig. 97) montrent l'existence de cinq périodes bien distinctes :

-la première période (A à C) correspond à une phase de diversification très marquée. Le nombre des FADs augmente beaucoup plus vite que le nombre des LADs. Cette période, associée à une diversité élevée qui atteint son maximum dans la sous-zone à Walkeri, marque fort bien le passage Aalénien supérieur-Bajocien inférieur (zone à Concavum-zone à Discites).

-la deuxième période (D) (sous-zone à Subsectum) se caractérise par une phase d'augmentation des LADS par rapport aux FADs. Cette situation se confirme par la chute de la diversité.

-la troisième période (E à G) (zone à Laeviuscula) correspond à une nouvelle phase de radiation où le nombre de FADs augmente conjointement avec la diversité. On peut cependant enregistrer la présence en F (sous-zone à Trigonalis ?) la disparation de quelques taxons accompagnée d'une légère baisse de la diversité.

-la quatrième période (H à I) (zone Propinquans) indique une phase avec un taux équilibré de FADs et de DASs (ce qui traduit par des courbes parallèles) et une chute globale de la diversité faunique.

-la cinquième période (J à K) (zone à Humphriesianum) est marquée au début (J) (zone à Romani) par une nouvelle phase de renouvellement faunique et une légère croissance de la diversité.

GUEX (1987) arrive également à mettre en évidence des cycles transgressions/régressions à l'aide de la méthode des associations unitaires. A cet effet, nous avons comparé la courbe de diversité faunique des 41 AU avec la courbe de variations eustatiques (fig. 98). L'image obtenue confirme avec précisions les interprétations développées dans la troisième partie de ce travail. Ainsi, l'évolution de la courbe de diversité faunique des AU montre que le maximum de diversification se corrèle parfaitement avec les intervalles transgressifs (sous-zone à Limitatum, sous-zone à Laeviuscula et sous-zone à Romani) à l'exception de la sous-zone à Walkeri. Cependant, l'élévation maximum du niveau marin enregistré dans la courbe eustatique de HAQ et *al.* (1988) (zone à Laeviuscula, sous-zone à Laeviuscula) vient renforcer l'idée de la relation entre la diversité faunique et les séquences de dépôts, contrôlées par l'eustatisme. Par ailleurs, il serait très intéressant d'utiliser les données géochimiques de l'isotope $\delta^{18}O$, car elles peuvent apporter également d'autres éléments nouveaux concernant le contrôle de la diversité et de renouvellement faunique. Dans une récente étude réalisée sur les dents de poissons de la Téthys au cours de Jurassique moyen et supérieur (LECUYER et *al.*, 2003), nous avons pu remarquer une augmentation successive des valeurs de $\delta^{18}O$ dans les zones à Concavum et Humphriesianum et une diminution dans la zone à Propinquans. De tels

résultats mériteraient d'être vérifiés en se basant sur les ammonites de la province téthysienne.

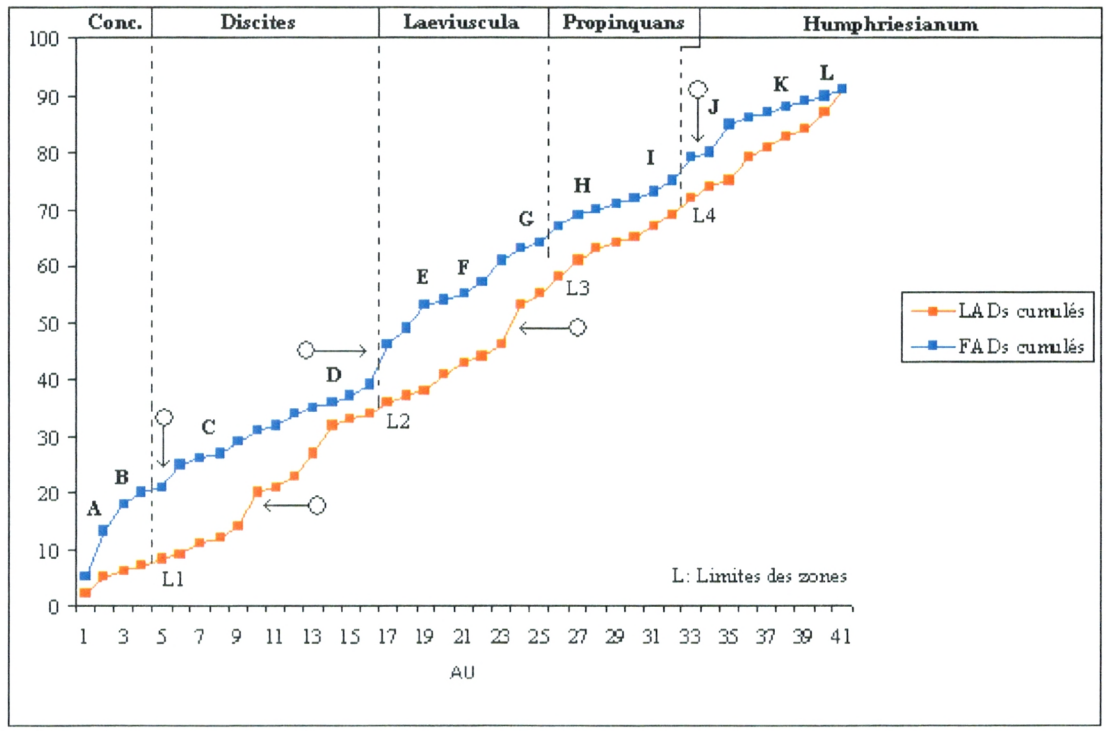


Fig. 96- Taux de renouvellements fauniques des ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur en fonction de la succession des associations unitaires.

A : Sous-zone à Concavum (AU 1 et 2), **B** : Sous-zone à Limitatum (AU 3 et 4), **C** : Sous-zone à Walkeri (AU 5 à 10), **D** : Sous-zone à Subsectum (AU 11 à 16), **E** : Sous-zone à Ovalis (AU 17 à 20), **F** : Sous-zone à Trigonalis (AU 21 et 22), **G** : Sous-zone à Laeviuscula (AU 23 à 25), **H** : Sous-zone à Patella (AU 26 à 29), **I** : Sous-zone à Hebridica (AU 30 à 32), **J** : Sous-zone à Romani (AU 33 à 36), **K** : Sous-zone Humphriesianum (AU 37 et 38), **L** : Sous-zone à Blagdeni (AU 39 à 41).

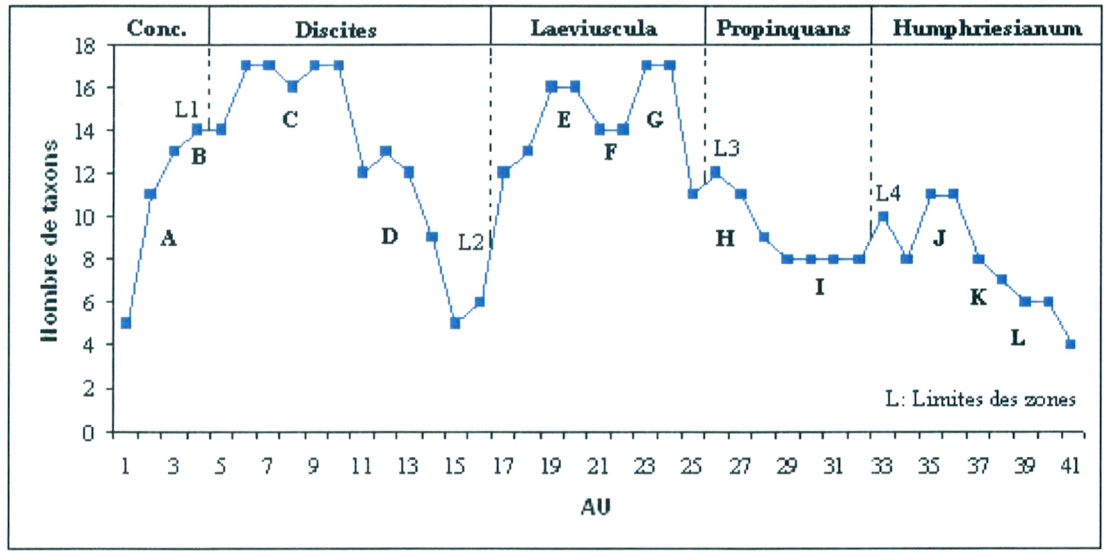


Fig. 97- Diversité faunique des associations unitaires.

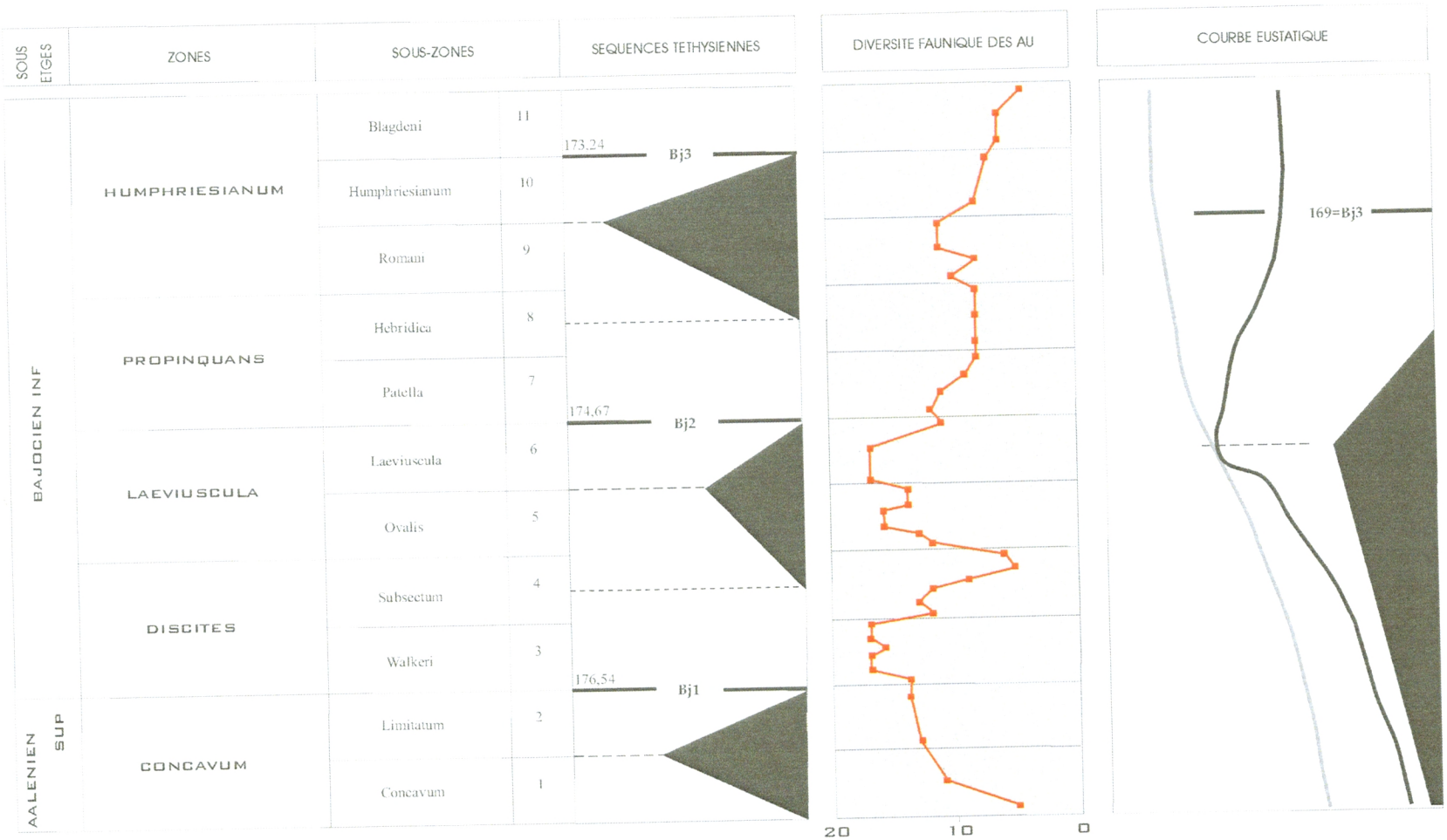


Fig. 98- Diversité faunique des associations unitaires comparée avec la courbe de variations eustatiques.
Les limites des séquences stratigraphiques sont celles établies par HARDENBOL et *al*. (1998).
La courbe eustatique est celle de HAQ et *al*. (1988).

C. Comparaison avec les zonations empiriques

Dans la figure 99, nous comparons la succession des 12 zones d'associations unitaires (biochronozones) définies dans ce travail avec la zonation empirique. Cette dernière proposée par le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique (1997) peut s'appliquer à toutes les régions situées au nord et au sud de la Téthys. Remarquons tout d'abord que les limites des zones classiques se trouvent sans ambigüité dans la zonation basée sur les associations unitaires. Pour les sous-zones on souligne par contre quelques réserves concernant la sous-zone à Trigonalis.

Notons que la corrélation des zones se fait quand on peut corréler l'un des éléments caractéristiques d'une zone d'associations unitaires avec le FAD ou le LAD de ce même taxon dans une zonation empirique.

Dans cette optique, les zones d'associations unitaires (Z.AU A à Z.AU L) montrent les caractéristiques suivantes qui permettent de les calibrer avec les zonations empiriques :

- Z.AU A :

Sommet : dernière apparition de *Graphoceras concavum* (SOWERBY), *Ludwigella cornu* BUCKMAN et *L. rude* BUCKMAN et première apparition de *Eudmetoceras renzi* ELMI, *Graphoceras apertum* BUCKMAN, *G. v-scriptum* BUCKMAN, *G. formosum* (BUCKMAN), *G. pulchrum* BUCKMAN, *Haplopleuroceras subspinatum* BUCKMAN *H. eximium* GERARD et *Praestrigites* sp. Cette biochronozone correspond à la sous-zone à Concavum.

- Z.AU B :

Base : première apparition de *Rhodaniceras prosphues* BUCKMAN, *Graphoceras limitatum* BUCKMAN, *Fontannesia luculenta* BUCKMAN, *Nannoceras* sp., *Braunsina contorta* BUCKMAN et *B. aspera* BUCKMAN. Il s'agit sans auncun doute de la sous-zone à Limitatum. Le passage entre cette zone de Aalénien supérieur et celle du Bajocien inférieur (Z.AU C) est illustré dans la figure 100. Cette dernière montre que les corrélations biochronologiques (méthode des associations unitaires) appliquées ici, permettent de placer avec plus de précision la limite entre les deux étages (l'apparition des premiers *Toxolioceras* marque la base du Bajocien inférieur). Il est à noter qu'après la première réunion du groupe de travail sur le Bajocien à Piobbico (1988), cinq sections de référence ont été proposées pour être l'éventuel stratotype pour la limite entre l'Aalénien et le Bajocien : Cap Mondego au Portugal (ROCHA et *al.*, 1990 ; HENRIQUES, 1992 ; HENRIQUES, 2000 ; HENRIQUES & MOUTERDE, 2000), Barranco de Agua Larga en Espagne (LINARES & SANDOVAL, 1990, 1996 ; SANDOVAL & CHANDLER, 2000), Beaumont au Sud-Est de la France (PAVIA, 1983), Bearreraig dans l'île de Skye en Ecosse (MORTON, 1990, 1994) et enfin Rich dans le Haut-Atlas central marocain (SADKI, 1991, 1994).

- Z.AU C :

Base : première apparition des *Toxolioceras* [*T. incisum* BUCKMAN, *T. walkeri* (BUCKMAN), *T. arcuatum* (BUCKMAN), *T. mundum* (BUCKMAN)] et des *Euhoploceras* [*E. modestum* (BUCKMAN), *E. acanthodes* (BUCKMAN), *E. subdecoratum* (BUCKMAN)].
Sommet : dernière apparition surtout de *Haplopleuroceras subspinatum* BUCKMAN et de *Braunsina contorta* BUCKMAN. La correspondance est parfaite avec la sous-zone classique de Walkeri.

- Z.AU D :

Base : première apparition de *Euhoploceras dominans* (BUCKMAN), *E. marginatum* BUCKMAN, *E. adicrum* (WAAGEN) et *Docidoceras cylindroides* BUCKMAN.
Sommet : dernière apparition de *Braunsina aspera* BUCKMAN, *B. elegantula* BUCKMAN, *Haplopleuroceras mouterdei* sp. nov., *H. eximium* GERARD, *Reynesella juncta* BUCKMAN et *Oedania inflata* BUCKMAN. On est donc bien dans la sous-zone à Subsectum en absence de l'espèce indice : *Hyperlioceras* (*H.*) *subsectum* (BUCKMAN) dans toutes les sections étudiées.

- Z.AU E :

Base : première apparition de *Fissilobiceras ovalis* (QUENSTEDT), *Trilobiticeras cricki* PARSONS, *Pelekodites schlumbergeri* (HAUG), *P. zurcheri* (DOUVILLE), *Maceratites moisyi* BRASIL et *Bradfordia renzi* SAPUNOV.
Sommet : dernière apparition de *Euhoploceras adicrum* (WAAGEN). La correspondance est ici également bonne avec la présence de l'espèce indice de la sous-zone à Ovalis.

- Z.AU F ? :

Pour cette période, le traitement des données nous a permis de corréler avec beaucoup de réserve cette zone avec la sous-zone à Trigonalis (absence d'espèces pertinentes).
Base : première apparition de *Witchellia. connata* (BUCKMAN) et *W. laeviuscula* (SOWERBY).

- Z.AU G :

Base : première apparition de *Otoites fortis* WESTERMANN, *Witchellia rubra* (BUCKMAN), *Otoites contractus* (SOWERBY) et *Toxamblyites paviai* SANDOVAL. C'est bien la sous-zone à Laeviuscula amputée de sa base (Trigonalis).

- Z.AU H :

Base : première apparition de *Sonninia propinquans* (BAYLE), *S. felix* (BUCKMAN), *Labyrinthoceras manseleii* (BUCKMAN), *Cadomoceras ellipticum* BUCKMAN et *Skirroceras macrum* (QUENSTEDT). Cet assemblage correspond exactement à la sous-zone à Patella

- Z.AU I :

Base : première apparition de *Dorsetensia hebridica* MORTON et *Nannina pinguis* (ROEMER). La présence de ces deux espèces pertinentes, nous autorise à la corréler avec la sous-zone à Hebridica.

- Z.AU J :

Base : première apparition de *Chondroceras gervillii* (SOWERBY), *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY), *Stephanoceras plicatum* (QUENSTEDT), *Dorsetensia romani* (OPPEL) et *Oppelia subradiata* (SOWERBY). Pour la sous-zone à Romani, la correspondance est parfaite entre les deux types de zonations.

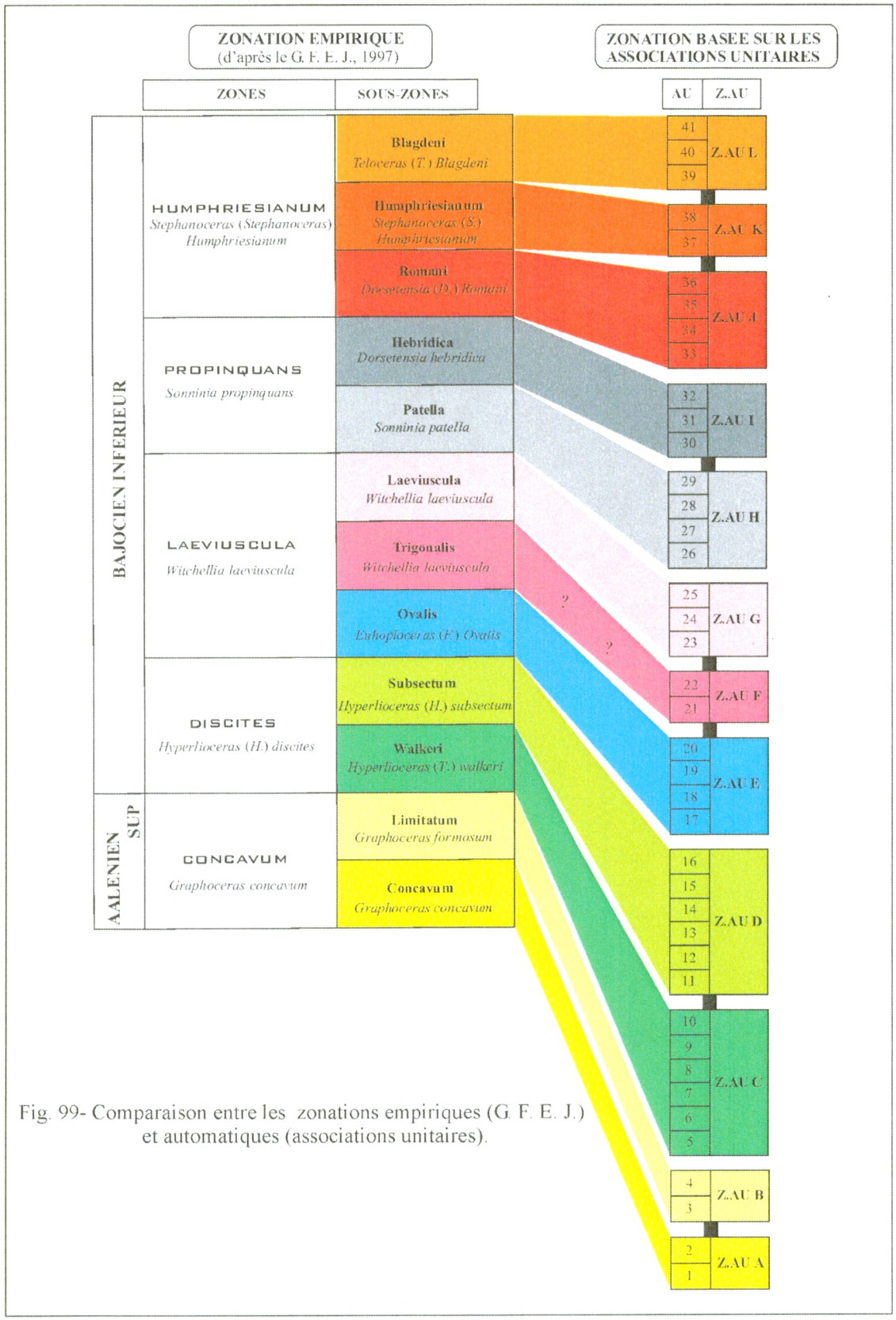


Fig. 99- Comparaison entre les zonations empiriques (G. F. E. J.) et automatiques (associations unitaires).

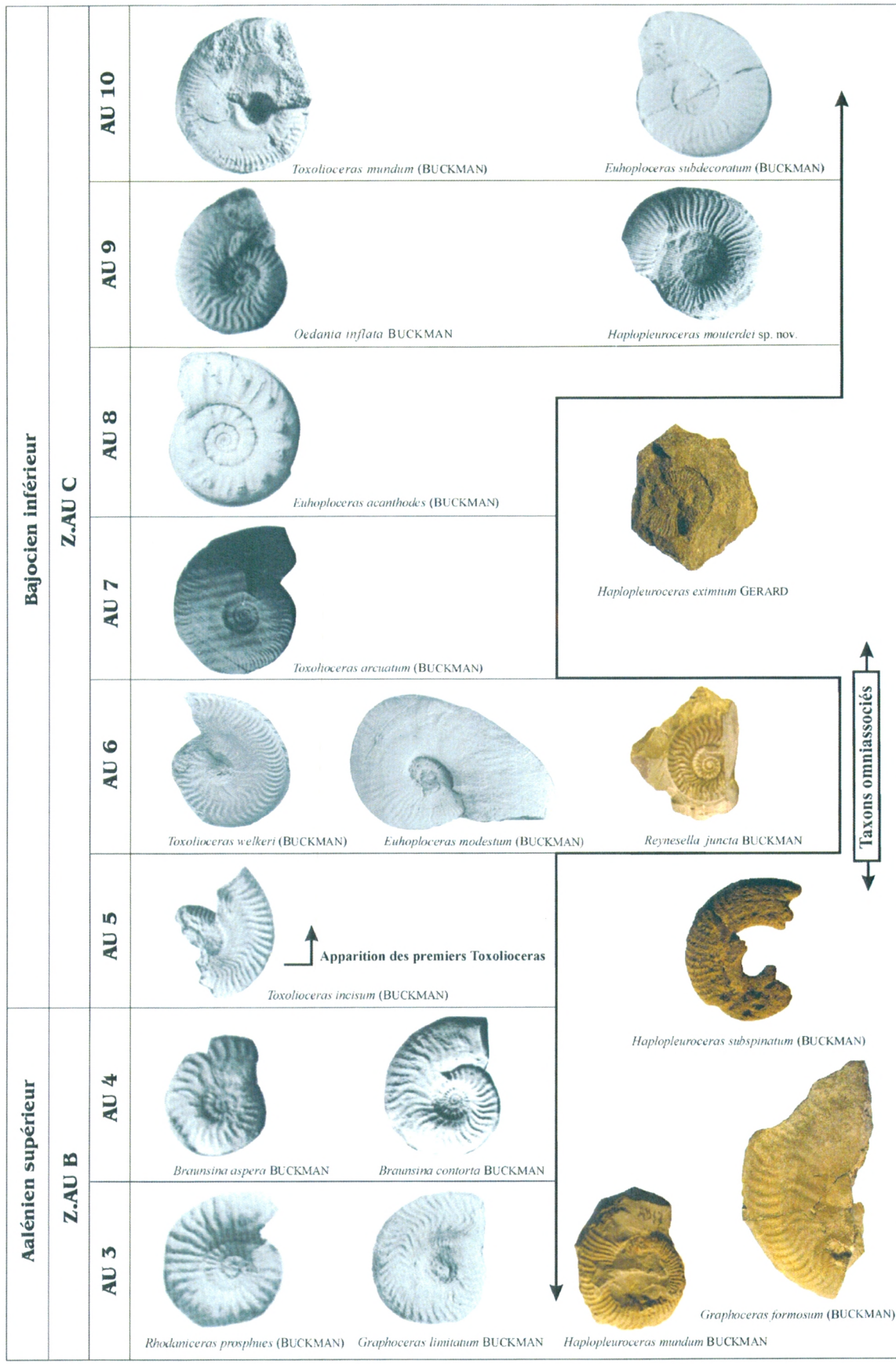


Fig. 100- Eléments caractéristiques pertinents des associations unitaires identifiées au passage Aalénien supérieur-Bajocien inférieur.

- Z.AU K :

Base : première apparition de *Stephanoceras bigoti* (HAUG) et *S. tenuicostatum* HOCHSTETTER et disparition de *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY), de *Chondroceras gervillii* (SOWERBY) et *C. orbignyanum* (WRIGHT). Comme le montre la matrice de reproductibilité et les tables de corrélation, cette biohronozone reste très fragile à situer en raison des lacunes enregistrées dans les sections. Les quelques caractéristiques données précédemment permettent de la corréler avec la sous-zone à Humphriesianum.

- Z.AU L:

Base : première apparition de *Teloceras dubium* (SCHMIDTILL & KRUMBECK)
Sommet : première apparition du genre *Leptosphinctes*. La présence de l'espèce indice indique clairement qu'on est dans la sous-zone à Blagdeni.

Malgré la qualité de la documentation et le nombre insuffisant des sections analysées, l'application de la méthode déterministe des associations unitaires a permis de reconnaître 12 zones pour l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur. Cette zonation montre une remarquable concordance entre l'échelle biochronologique empirique et celle établie à partir des associations unitaires.

D'autre part, cette zonation automatique proposée est une illustration de la manière exacte et complète des coexistences observées et déduites entre les 91 taxons.

Sixième Partie - VOIES D'ECHANGE FAUNIQUE : AMERIQUE DU SUD-TETHYS OCCIDENTALE

Sixième Partie - VOIES D'ECHANGE FAUNIQUE : AMERIQUE DU SUD-TETHYS OCCIDENTALE

I. INTRODUCTION

Au cours du Jurassique inférieur et moyen, la distribution paléobiogéographique des différentes familles d'ammonites, nous a permis d'explorer les éventuelles voies de communications qui ont pu être utilisées par ces organismes (fig. 101). Ainsi, sur les trois domaines paléobiogéographiques (Téthys, Pacifique et Boréal), proposés par WESTERMANN (2000), DOMMERGUES et *al.* (2001) et VRIELYNCK & BOUYSSE (2001), une similitude dans la composition taxonomique est enregistrée entre les provinces les plus occidentales de la Téthys (le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne, le bassin atlantique, la marge sud téthysienne, le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne et le seuil méditerranéen médian) et la province orientale du Pacifique (Amérique du Sud). Le domaine boréal, marqué par un très fort endémisme faunique, reste totalement isolé pendant cette période. Dans ce dernier chapitre, nous allons essayer, à partir des corrélations biostratigraphiques et des interprétations systématiques, présenter quelques éléments de réflexion sur les voies marines utilisables par les ammonites.

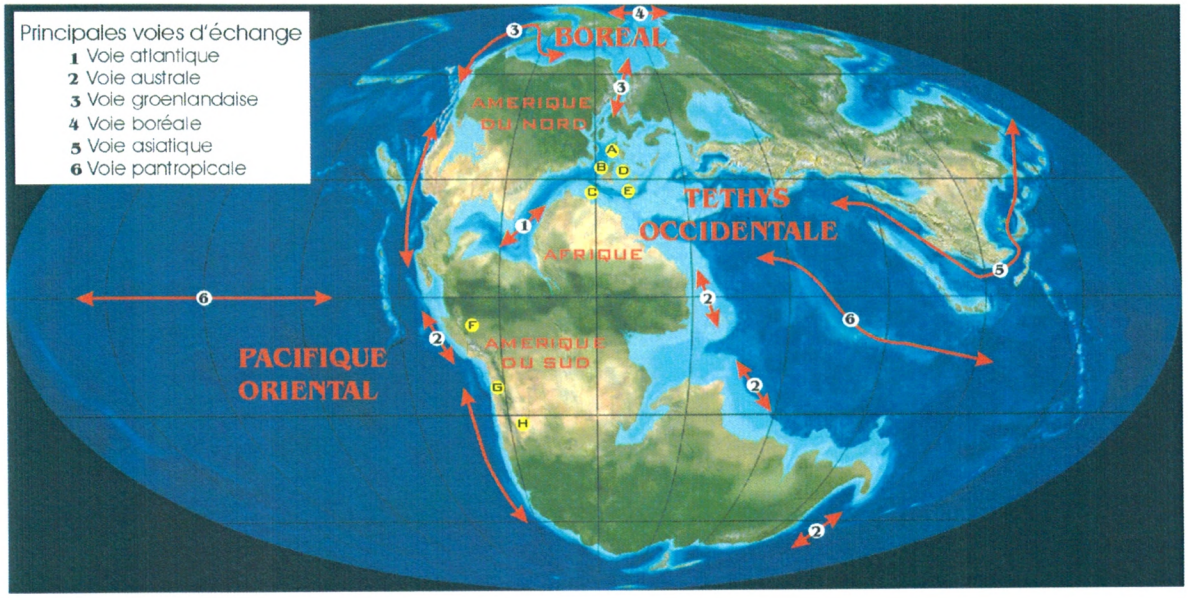


Fig. 101- Localisation des provinces paléobiogéographiques analysées et principales voies possibles de transits fauniques durant le Jurassique inférieur et moyen.

A : le Nord de la plate-forme nord-ouest européenne, **B** : le bassin atlantique, **C** : la marge sud téthysienne, **D** : le Sud de la plate-forme nord-ouest européenne, **E** : le seuil méditerranéen médian, **F** : Pérou, **G** : Chili, **H** : Argentine.

II. MODELES DES VOIES D'ECHANGE

Pour la période jurassique, plusieurs modèles des voies d'échange ont été proposés afin d'expliquer la répartition mondiale de certains groupes d'ammonites (voir fig. 101). Nous nous contenterons de donner un aperçu sur deux grands modèles bien démontrés par CECCA (2002). Le premier correspond à la migration par des corridors traversant la Pangée et des routes contournant ses marges. Le deuxième évoque la migration pantropicale depuis la Téthys vers le Pacifique oriental. Ce dernier proposé par NEWTON (1988) et largement discuté par les auteurs (SMITH et *al.*, 1990 ; CECCA, 2002) s'appuie sur l'existence d'espèces marines fossiles ayant des stades larvaires planctoniques de longue durée induisant des capacités migratoires importantes (*in* MOYNE et *al.*, 2004). Une remarque s'impose pour les ammonites, dont le développement direct ne passe pas par un stade embryonnaire planctonique, la dispersion pantropicale d'œufs ou de très jeunes individus est une hypothèse tout à fait acceptable (DOMMERGUES, 1994).

A. Voie atlantique

Cette voie appelée également « corridor hispanique » ou « proto-atlantique » est issue de la prolongation vers l'Ouest de la déchirure téthysienne entre Afrique et Amérique du Sud d'une part et Amérique du Nord d'autre part (fig. 102). Le fonctionnement précis de ce couloir qui préfigure l'océan Atlantique central et qui a permis sans doute d'avoir des échanges fauniques entre le Pacifique oriental et la Téthys occidentale (HALLAM, 1977 ; ELMI, 1993) pose toujours un problème. Pour mieux cerner ce problème, nous essayerons de résumer les quelques hypothèses suivantes :

-Selon les données tectoniques d'AUBOUIN (1977) et la synthèse paléontologique (étude des bivalves triasiques et jurassiques) de DAMBORENEA (2000), cette voie de communication a pu fonctionner dès le Lias inférieur.

-Pour THIERRY (1982), la découverte de « *Bouleiceras* » dans les Andes (HILLEBRANDT, 1973) et l'existence de ce même genre d'ammonite arabo-malgache dans les bassins atlantiques du Maroc et du Portugal témoigne en faveur d'une connexion entre Téthys-Atlantique et Pacifique. Cette connexion par la voie atlantique a pu se faire au Toarcien. Il convient d'ouvrir ici une parenthèse sur les *Bouleiceras* des Andes qui sont des formes de petite taille, un peu plus précoces, et s'écartant presque toutes des types malgaches (RULLEAU et *al.*, 2003).

-D'après les travaux de WESTERMANN (1977, 1980, 1992, 1993), WESTERMANN et *al.* (1980), WESTERMANN & RICCARDI (1985), DAMBORENEA & MANCENIDO (1988) et HILLEBRANDT et *al.* (1992) des échanges fauniques auraient emprunté le couloir atlantique avant le Callovien (fig. 103).

-Enfin, dans une publication sur les voies d'échange faunique entre l'Amérique du Sud et la Téthys alpine, ELMI (1993) exclut l'existence pérenne d'une voie atlantique avant l'Aaléno-Bajocien et même avant le Callovien dont on connaît des dépôts reposant sur la croûte océanique de l'Atlantique central.



Fig. 102- Reconstitution du corridor hispanique au cours du Jurassique inférieur (170 Ma) (d'après BLAKEY, 2006, modifié).

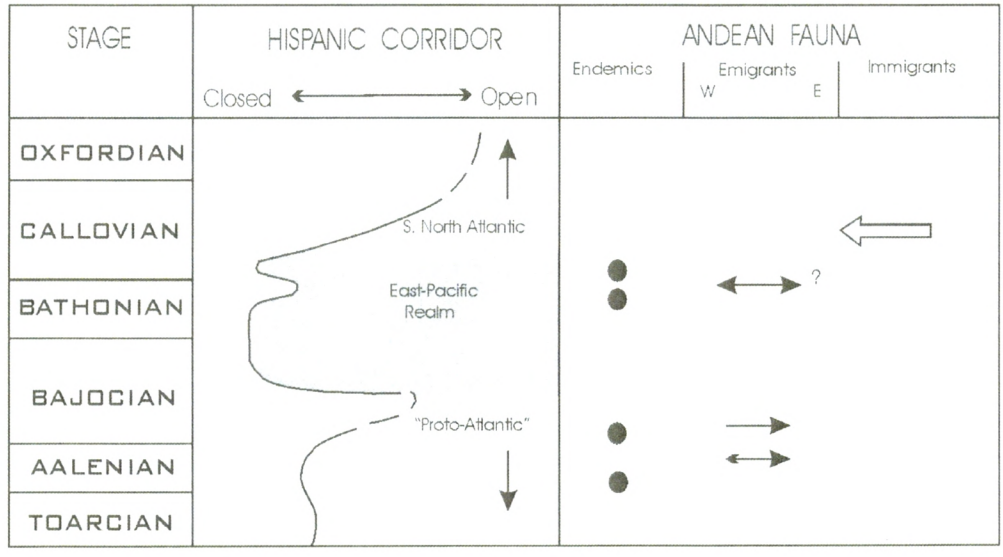


Fig. 103- Fonctionnement du corridor hispanique au cours du Jurassique inférieur et moyen (d'après WESTERMANN & RICCARDI, 1985, modifié).

B. Voie australe

La possibilité d'une communication entre la Téthys et le Pacifique oriental par le contournement de la masse continentale du Gondwana par le sud « voie péri-gondwanienne » a été admise par de nombreux auteurs (THIERRY, 1976 ; ENAY, 1982 ; RICCARDI, 1991 ; DAMBORENEA, 1993 ; ELMI, 1993). De plus, dans une récente synthèse consacrée à la répartition mondiale des faunes d'ammonites au Jurassique moyen, MOYNE et *al.* (2004) montrent que la composition taxonomique à la fois dans la province australienne et sud américaine est relativement proche, ce qui plaide en faveur d'une communication par le sud du Gondwana.

C. Voie groenlandaise

La voie groenlandaise ou « corridor viking » (*sensu* WESTERMANN, 1993) est située entre le Groenland et la Scandinavie. Elle se poursuit au travers des mers arctiques puis s'achève le long de la marge américaine de la Panthalassa. Son fonctionnement au cours du Jurassique inférieur et moyen a toujours été l'objet de débats entre les spécialistes. Certains auteurs excluent toutes possibilités de communications entre le domaine boréal (mers arctiques) et la province nord-téthysienne avant le Pliensbachien (HALLAM, 1977 ; ENAY, 1985 ; CECCA, 2002) ou encore pendant le Bajocien-Bathonien (CALLOMON, 1979 ; DORE, 1991). En revanche, DOMMERGUES et *al.* (2004) évoquèrent quelques rares échanges fauniques dès le Sinémurien.

D. Voie boréale

Suggérée pour la première fois par CALLOMON (1985), cette voie implique des transits fauniques entre l'Amérique du Nord et la partie Est de la Russie par l'intermédiaire de la mer de Béring. Il s'agit donc d'un contournement de la Laurasie par le Nord.

E. Voie asiatique

D'après les travaux de DOMMERGUES et *al.* (2004), une telle voie est tout à fait plausible mais seulement pour les groupes d'ammonites pandémiques écologiquement peu exigeants.

F. Voie pantropicale

A la différence des voies précédentes, la voie pantropicale correspond au deuxième modèle que nous avons déjà évoqué auparavant. Elle implique donc la possibilité de dispersions trans-océaniques indépendamment de toute proximité de marges continentales. Aujourd'hui, cette hypothèse est utilisée comme voie alternative pour expliquer l'existence de taxons pantropicaux et même pandémiques (DOMMERGUES et *al.*, 2004).

En somme, nous remarquons d'après les données paléontologiques et géologiques que ces voies de communications n'ont pas toujours fonctionné avec la même importance. Elles ont été contrôlées par des phénomènes tectoniques amenant le décloisonnement momentané des bassins (ELMI, 1993).

III. DISPERSION DES DIFFERENTS GROUPES D'AMMONITES ET DISCUSSION SUR LES VOIES D'ECHANGE

Il est difficile d'établir exactement la répartition géographique d'un taxon car les découvertes ultérieures risques de modifier considérablement les données actuellement connues. Devant les limites d'une telle analyse, nous avons essayé d'apporter des précisions sur le degré de similitude entre les faunes de la Téthys occidentale et celles du Pacifique oriental, en particulier la faune de l'Amérique du Sud (Pérou, Chili, Argentine). Tout d'abord, les taxons cités dans la littérature sont inventoriés d'une manière exhaustive. Ensuite, la totalité des informations taxonomiques est homogénéisée pour donner une bonne image de la distribution paléogéographique des différents groupes d'ammonites. A la fin, nous tenterons d'argumenter cette similitude par l'existence de certaines voies de communications qui ont été utilisées par les ammonites pour occuper lesdites provinces.

A. Dispersion des différents groupes d'ammonites

Sur les 12 familles d'ammonites répertoriées au cours de l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, nous avons remarqué que certaines familles peuvent avoir une extension extrêmement réduite, comme les *Graphoceratidae*, ou au contraire très large comme les *Hammatoceratidae*, les *Sonniniidae*, les *Lissoceratidae* et les *Stephanoceratidae*. Le reste des familles montrent une distribution paléogéographique très variable.

1. *Hammatoceratidae*

Cette famille est très abondante dans l'ensemble des domaines paléobiogéographiques à l'exception du domaine boréal où elle est représentée par le genre endémique *Erycitoides* (WESTERMANN, 1993) (fig. 104). Dans la présente synthèse, 9 genres appartenant à la famille des *Hammatoceratidae* ont été répertoriés. Il s'agit des genres *Bredyia*, *Eudmetoceras*, *Planammatoceras* et *Pseudaptetoceras* présents à la fois dans la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud (WESTERMANN, 1967, 1993 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; WESTERMANN et *al.*, 1980). Le genre *Bredyia* cité dans les Andes argentino-chiliennes ne dépasse guère la zone à Murchisonae (WESTERMANN, 1967 ; WESTERMANN et *al.*, 1980, WESTERMANN & RICCARDI, 1972, 1985) et il en est de même pour le genre *Hammatoceras* téthysien (WESTERMANN, 1967). Notons que, dans la partie occidentale de la Téthys (Bassin du Sud-Est de la France, Cordillère Ibérique et Bétique), ces deux genres montrent une extension verticale plus grande (base de la zone à Concavum)(LINARES et *al.*, 1988 ; FERRY & MANGOLD, 1995). En revanche, les genres *Rhodaniceras* et *Pseudammatoceras* sont des formes caractérisant surtout le domaine téthysien (s.s.) alors que les *Puchenquia* (WESTERMANN, 1980 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972, 1982, 1985) ainsi que les *Hammatoceratidae* nov.gen. (WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; WESTERMANN, 1980) sont endémiques dans l'Amérique du Sud.

2. *Graphoceratidae*

D'origine probablement téthysienne, cette famille a colonisé les mers peu profondes de l'Europe occidentale et a évolué ensuite selon des itinéraires répétitifs (fig. 105). Sur les 14 genres répertoriés ici (*Braunsina*, *Brasilia*, *Darellina*, *Darellella*, *Darellia*,

Graphoceras, *Hyperlioceras*, *Ludwigella*, *Pseudographoceras*, *Reynesella*, *Toxolioceras*, *Oedania*, *Vacekia* et *Tmetoceras*), seul le genre *Tmetoceras* est pandémique. Il est connu :

*En Europe (Angleterre, France, Portugal, Espagne, Italie, Hongrie) :

-Au Sud de l'Angleterre (zone à Opalinum-Concavum, CALLOMON & CHANDLER, 1990) ;

-Dans la région de Digne-les-Bains (zone Opalinum-Murchisonae, CALOO, 1970b, 1971) ;

-Dans la région lyonnaise *s.l.* (zone Opalinum-Murchisonae, RULLEAU, 1994 ; RULLEAU et *al.*, 2001). Par contre, les *Tmetoceras* recueillis récemment à La Verpillière dans des dépôts condensés montrent une position stratigraphique plus élevée (sommet de la zone à Murchisonae et base de la zone à Concavum) (RULLEAU, 2006) ;

-Dans le bassin Lusitanien (zone à Opalinum-Murchisonae, HENRIQUES, 1992, 2000 ; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1999a et b) ;

-Dans Cordillère Ibérique (zone à Opalinum-Murchisonae, GOY & URETA, 1990,1991 ; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1999a et b) ;

-Dans la Cordillère Bétique (zone à Opalinum-Murchisonae, FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1999a et b ; SANDOVAL et *al.*, 2001). Selon LINARES et *al.* (1988), ce genre peut atteindre l'extrême base de la zone à Concavum ;

-Dans les Apennins d'Ombrie-Marches (zone à Opalinum-Murchisonae)(CRESTA, 1988) ;

-Dans la Montagne de Bakony (zone à Opalinum-Murchisonae, GECZY, 1967) ;

*En Afrique du Nord (Algérie, Maroc) :

-Dans la partie méridionale des Monts de Tlemcen (zone à Opalinum, BENEST & ELMI, 1969 ; ELMI, 1986) ;

-Dans la partie orientale des Monts de Rhar Roubane (zone à Opalinum, ATROPS, 1974 ; MAROK et *al.*, 2004) ;

-Dans les Béni Snassen (zone à Opalinum, OUAHHABI, 1994) ;

-Dans le Moyen-Atlas plissé (zone à Opalinum, BENSHILI, 1989 ; EL HAMMICHI, 2002) ;

-Dans le Haut-Atlas central marocain (zone à Opalinum-Murchisonae, SADKI, 1992, 1996) ;

*En Amérique du Nord :

-Au Sud de l'Alaska et dans la Colombie Britannique (zone à Opalinum-Concavum, WESTERMANN, 1980 ; WESTERMANN et *al.*, 1980 ; IMLAY, 1982 ; POULTON et *al.*, 1991) ;

-Dans l'Oregon (zone à Opalinum-Concavum, IMLAY, 1973 ; WESTERMANN, 1980 ; WESTERMANN et *al.*, 1980 ; POULTON & TRIPPER, 1991) ;

*En Amérique du Sud :

-Au Pérou, au Nord du Chili et à l'Ouest de l'Argentine (zone à Opalinum-Concavum, WESTERMANN, 1967 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972, 1985 ; WESTERMANN, 1980 ; WESTERMANN et *al.*, 1980) ;

*En Asie :

-Au Japon et dans la partie orientale de la Russie (zone à Opalinum-Concavum, SATO, 1954 ; WESTERMANN, 1980) ;

-Au Sud-Est de l'Asie (zone à Opalinum-Concavum, SATO, 1954 ; KOMALARJUM & SATO, 1964 ; WESTERMANN, 1980) ;

3. *Erycitidae*

D'après RULLEAU & ELMI (2001), les *Erycitidae* sont à l'origine de plusieurs lignées bajociennes : les *Otoitidae* et les *Sphaeroceratidae*, à partir des *Abbasites* (WESTERMANN & RICCARDI, 1985) et les *Stephanoceratidae* issus des *Erycites*. La répartition géographique de cette famille est bien limitée à l'échelle du globe (fig. 106). Parmi les 9 genres que nous avons pu énumérés dans cette étude, les genres *Abbasites*, *Zurcheria*, *Erycites* sont connus en Téthys occidentale et en Amérique de Sud. Par contre, les genres d'affinités téthysiennes (*Abbasitoides*, *Malladaites* et *Parazurcheria*) ou typiquement méditerranéen (*Haplopleuroceras*) sont cités uniquement dans certaines provinces de la Téthys occidentale. Notons enfin, la présence en Argentine du genre *Podagrosiceras* qui est endémique. Ce taxon a été rangé pour la première fois dans la famille des *Podagrosiceratidae* (MAUBEUGE & LAMBERT, 1955). Quelques années plus tard ; WESTERMANN (1964a) proposa de classer les *Podagrosiceras* parmi les *Hammatoceratinae* (famille des *Hammatoceratidae*). En 1985, en collaboration avec RICCARDI, le même auteur décida de créer avec beaucoup de prudence une nouvelle sous famille appelée *Podagrosiceratinae*. Ainsi, le genre *Podagrosiceras* sera placé dans cette sous-famille qui elle-même est rattachée à la famille des *Erycitidae*.

4. *Sonniniidae*

Considérés comme la dernière famille des *Hammatocerataceae*, les *Sonniniidae* possèdent une large répartition (fig. 107). Dans notre cas, ils sont représentés par 13 genres dont 9 sont cités à la fois dans la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud (*Euhoploceras*, *Fissilobiceras, Fontannesia*, *Papilliceras*, *Sonninia*, *Witchellia*, *Nannina*, *Dorsetensia* et *Newmarracarroceras*). Parmi ces genres, les *Newmarracarroceras* qui sont pandémiques comme les *Witchellia* occupent une aire géographique plus vaste. Ils sont connus en Argentine (WESTERMANN & RICCARDI, 1972, 1982 ; WESTERMANN, 1981), en Oregon (IMLAY, 1973), en Nouvelle Guinée (WESTERMANN & GETTY, 1970), en Indonésie (SATO et *al.*, 1978) ; à l' Ouest de l'Australie (ARKELL & PLAYFORD, 1954) ; au Sud-Est de la Chine (WESTERMANN & WANG, 1988), en Turquie (BREMER, 1966), au Sud-Est de la France (PAVIA & STURANI, 1968), en Espagne [Cordillère Bétique (LINARES & SANDOVAL, 1988) et Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985)], au Portugal (FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988) et au Maroc dans le Haut-Atlas central (SADKI, 1992, 1996). Par ailleurs, les genres *Nannoceras*, *Maceratites* et *Pelekodites* sont abondants dans les provinces de la Téthys occidentale.

Il est à noter que le dernier genre *Shirbuirnia* cité en Arabie (ENAY et *al.*, 1987), en Oregon (IMLAY, 1973), au Sud de l'Allemagne (DIETL, 1977), en Ecosse (MORTON, 1975), au Sud de l'Angleterre (CALLOMON & CHANDLER, 1990), en Hongrie (GALACZ, 1991), en Espagne [Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985)] et au Maroc (SADKI, 1992, 1996) n'a pas jusque là été signalé en Amérique du Sud.

5. *Strigoceratidae*

Dérivée des derniers *Hammatoceratidae* (*Eudmetoceras*, *Euaptetoceras* et *Pseudaptetoceras*, SANDOVAL, 1985, WESTERMANN & RICCARDI, 1985 ; WESTERMANN, 1993), la famille des *Strigoceratidae* montre une répartition limitée (fig. 108). Elle est représentée dans la Téthys occidentale par 4 genres : *Strigoceras* et son équivalent microconque *Cadomoceras*, *Hebetoxyites* et *Praestrigites*. En Amérique de Sud, nous retrouvons seulement le genre pandémique *Strigoceras* associé aux *Praestrigites* (WESTERMANN, 1980; WESTERMANN & RICCARDI, 1985).

6. *Lissoceratidae*

Avec une extension stratigraphique plus longue, depuis la zone à Murchisonae jusqu'à la zone à Orbis (Bathonien supérieur) et une distribution plus large (fig. 109), les *Lissoceratidae* sont représentés le plus souvent par le genre pandémique *Lissoceras*. Par contre, en Espagne [Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985) et Cordillère Bétique (SANDOVAL, 1990)] un autre genre (*Microlissoceras*) à cachet typiquement méditerranéen a été signalé depuis la zone à Laeviuscula.

7. *Oppeliidae*

Les *Oppeliidae* montrent dès leur apparition (*Bradfordia*) une vaste répartition géographique (fig. 110) surtout au cours du Bajocien supérieur-Bathonien. Durant l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, les représentants de cette famille comprennent 11 genres. Il s'agit de 6 genres cités uniquement dans la Téthys occidentale (*Microtoxambyites*, *Micropoecilomorphus*, *Protoecotraustes*, *Stegoxyites*, *Amblyoxyites* et *Oecotraustes*), de 3 genres existants à la fois dans Téthys occidentale et l'Amérique de Sud (*Bradfordia*, *Poecilomorphus* et *Oppelia*, WESTERMANN, 1967,1980 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; WESTERMANN et *al.*, 1980), de 1 genre signalé en Alaska (WESTERMANN, 1969), dans la Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ , 1985), dans le Sud-Est de la France (PAVIA, 1983), et dans le Haut-Atlas marocain (SADKI, 1992, 1996) et enfin, de 1 genre téthysien (*Toxamblyites*) qui est absent du domaine pacifique oriental.

8. *Otoitidae*

Dès son apparition à l'Aalénien supérieur (zone à Concavum), cette famille occupe une aire de répartition importante (fig. 111). Elle montre une série de genres avec des formes macroconques et microconques qui sont communes à plusieurs provinces. Ainsi, entre la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud, nous avons enregistré la répartition suivante :

-4 genres sont communs (*Docidoceras*, *Emileites*, *Emileia* et *Otoites*) ;

-2 genres sont presque pandémiques, mais ils manquent en l Amérique du Sud. Ce sont les *Trilobiticeras* formes microconques de *Docidoceras* et les *Riccardiceras ;*

-le genre *Chondromileia* est présent seulement dans le Pacifique oriental (WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; WESTERMANN, 1980 ; WESTERMANN et *al.*, 1980) ;

-le genre *Pseudotoites* qui selon WESTERMANN & RICCARDI (1979, 1985) ressemble aux *Emileites* NW européens de même âge est connu uniquement en régions pacifiques (Circum Pacifique) : En Alaska (WESTERMANN, 1969), en Oregon (WESTERMANN & RICCARDI, 1985), dans les Andes argentino-chiliennes (WESTERMANN, 1967 ; HILLEBRANDT, 1970 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1972 ; WESTERMANN & RICCARDI, 1979 ; WESTERMANN et *al.*, 1980), au Pérou (WESTERMANN et *al.*, 1980) ; en Australie (ARKELL & PALYFORD, 1954) et en Indonésie (WESTERMANN & GETTY, 1970). Il est intéressant, à ce propos, de noter qu'un exemplaire de *Pseudotoites* a été décrit et figuré par SANDOVAL (1983) dans la Cordillère Bétique. Pour éviter l'introduction d'un biais dans notre analyse, Il n'a pas été pris en considération.

9. *Sphaeroceratidae*

Pendant l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, les *Sphaeroceratidae* ont gagné plusieurs régions (fig. 112) à l'exception du domaine boréal où ils n'ont jamais été trouvés (DONOVAN et *al.* (1981) ou encore dans le Nord du continent asiatique et la Russie où ils sont très rares (TUCHKOV, 1967). Parmi les taxons rencontrés aussi bien dans la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud, nous citons les genres pandémiques *Sphaeroceras* et *Labyrinthoceras* ainsi que le genre *Chondroceras*. Les *Frogdenites* téthysiens sont présents uniquement dans certaines provinces de la Téthys occidentale.

10. *Stephanoceratidae*

A côté des *Sonniniidae*, les *Stephanoceratidae* présentent une répartition quasi-mondiale (fig. 113). Dans la présente étude, cette famille importante est représentée par 18 genres dont plusieurs couples dimorphes.

-5 genres sont pandémiques (*Phaulostephanus*, *Skirroceras*, *Stephanoceras*, *Teloceras* et *Cadomites*). Ils sont cités dans plusieurs domaines paléogéographiques en plus de la Téthys occidentale et de l'Amérique du Sud ;

-5 genres existent aussi bien en Téthys occidentale qu'en Pacifique oriental (*Kumatosphanus*, *Stemmatoceras*, *Gerzenites*, *Normannites* et *Zemistephanus*). Parmi ces genres, 3 seulement sont communs entre la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud (*Kumatosphanus*, *Stemmatoceras*, et *Normannites*). Il est bon de signaler au passage que le genre *Zemistephanus* considéré comme propre à la province pacifique (WESTERMANN, 1980, WESTERMANN et *al.*, 1980 ; WESTERMANN, 1993) a été récolté pour la première fois dans le Haut-Atlas central marocain (SADKI (1992, 1996) ;

-6 genres ne sont connus pour le moment que dans la Téthys occidentale (*Albarracinites*, *Epalxites*, *Itinsaites*, *Masckeites*, *Platystomites* et *Polyplectites*) ;

-le genre *Mollistephanus* montre une large répartition géographique à l'échelle du domaine téthysien ;

-le genre *Lupherites* est rencontré uniquement dans le Pacifique oriental (Argentine, Chili, Mexique et Oregon, WESTERMANN et *al.*, 1980 ; WESTERMANN, 1981 ; SANDOVAL & WESTERMANN, 1986).

11. *Perisphinctidae*

La famille des *Perisphinctidae* qui s'épanouira dans les étages postérieurs, trouve son origine chez les *Stephanoceraridae* (PAVIA, 1983, p. 80). Elle montre au cours de

l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur une répartition géographique généralement très limitée (fig. 114). Ainsi, dans la Téthys occidentale et l'Amérique du Sud, les *Perisphinctidae* sont représentés par le genre *Leptosphinctes*. Ce dernier est cité également au Japon (SATO & WESTERMANN, 1991), au Sud de l'Asie (WESTERMANN, 1980), en Nouvelle Guinée (SATO et *al.*, 1978), au Mexique (WESTERMANN, 1980 ; SANDOVAL & WESTERMANN, 1986) et en Amérique du Nord (WESTERMANN, 1993), mais dans une position stratigraphique plus élevée (à partir de la zone à Niortense). Par contre, son équivalent microconque (*Cleistosphinctes*) a été signalé dans la Cordillère Ibérique (FERNANDEZ-LOPEZ, 1985).

12. *Incertae sedis*

Dans l'état actuel de nos connaissances, le genre *Asthenoceras* que nous avons rangé à part dans la classification des ammonites est connu exclusivement en Amérique du Nord [Alaska (WESTERMANN, 1969, 1980) et Oregon (IMLAY, 1973)] et en Téthys occidentale [bassin Lusitanien (SADKI, 1984 ; FERNANDEZ-LOPEZ et *al.*, 1988 ; ROCHA et *al.*, 1990 ; HENRIQUES, 1992), Cordillère Bétique (LINARES & SANDOVAL, 1988) et Haut-Atlas central marocain (SADKI, 1992, 1996)] (fig. 115). En Angleterre, le genre *Asthenoceras* se situe dans l'Aalénien moyen (zone à Murchisonae)(CALLOMON & CHANDLER, 1990).

B. Discussion sur les voies d'échange

Bien que les données utilisées ici ne présentent pas toutes le même degré de précision et de certitude, cela nous a pas empêché de supposer l'existence et le rôle des voies de communication entre la Téthys occidentale et les domaines cordillérains et andins des Amériques. Ainsi, pour l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, 95 genres au total ont été inventoriés. Ils se répartissent comme suit:

-48 genres sont communs à la Téthys occidentale et le Pacifique oriental ;
-41 genres sont cités uniquement dans les provinces de la Téthys occidentale ;
-6 genres sont signalés seulement dans le Pacifique oriental. Il s'agit des genres : *Puchenquia* et *Hammatoceratidae* nov. gen. (*Hammatoceratidae*), *Podagrosiceras* (*Erycitidae*), *Chondromileia* et *Pseudotoites* (*Otoitidae*) et *Lupherites* (*Stephanoceratidae*).

Dans cette optique, la dispersion enregistrée de taxons (50 % de taxons communs avec parfois de fort diachronisme), plaide en faveur d'un échange faunique entre la partie occidentale de la Téthys et le Pacifique oriental, en particulier l'Amérique du Sud. Mais, quel modèle choisir pour expliquer ces échanges ?

Pour ma part, je pense que les voies d'échange comme le «corridor hispanique», ou le contournement du Sud du Gondwana ont probablement été utilisées par les ammonites pour occuper les différentes provinces de la Téthys et du Pacifique oriental (Andes, Mexique, Ouest de l'Amérique du Nord) (fig. 116). Ces voies abondamment argumentées aujourd'hui, cadrent le mieux avec les faits de la dispersion et les affinités fauniques. Encore faut-il souligner que la voie pantropicale de NEWTON (1988) pourrait peut-être également vérifiée si nous disposions de plus de données concernant le registre fossile du domaine téthysien et pacifique.

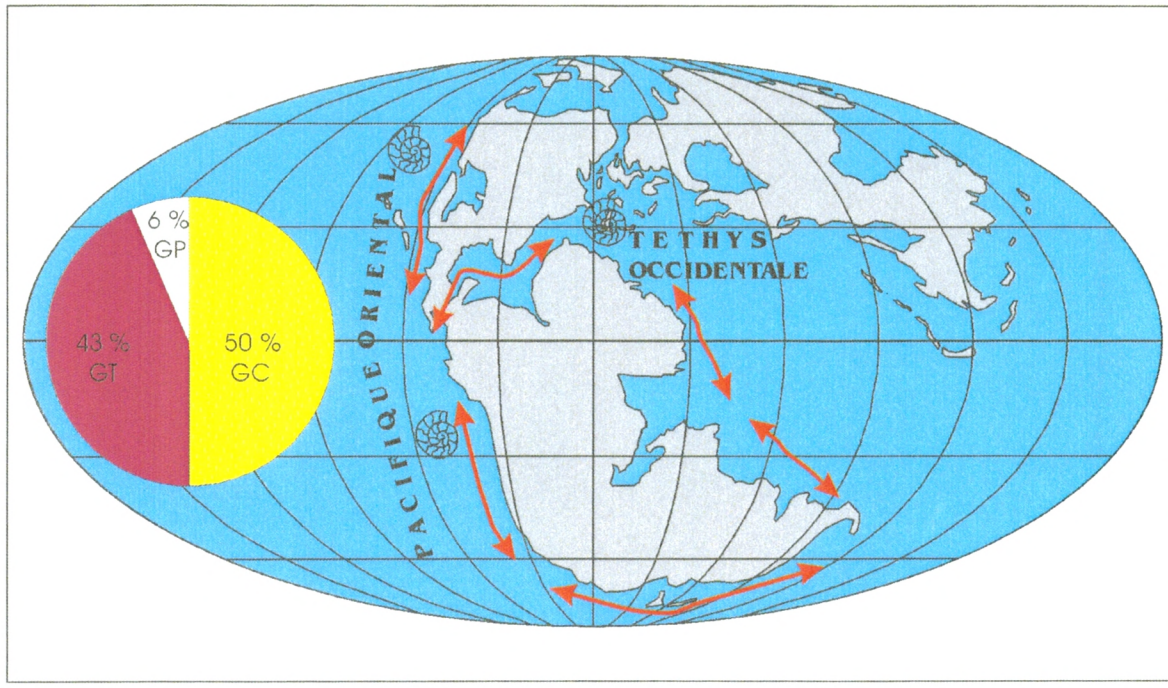


Fig. 116- Modèles des voies d'échange Téthys occidentale-Pacifique oriental.
GC : genres communs, **GT** : genres présents dans la Téthys occidentale, **GP** : genres présents dans le Pacifique oriental.

IV. CONCLUSION

De l'ensemble des faits exposés ici, il ressort qu'une communication aisée entre la Téthys occidentale et le Pacifique oriental selon des voies de passage : corridor hispanique ou contournement de la pointe méridionale du Gondwana fut la plus probable. Mais, il reste nécessaire de compléter et d'affiner la dispersion des différents groupes d'ammonites au niveau spécifique et générique selon les périodes étudiées. Ceci va permettre aux paléontologues de comprendre mieux les mécanismes qui contrôlent ces échanges fauniques ou ces migrations selon le vocabulaire de certains auteurs.

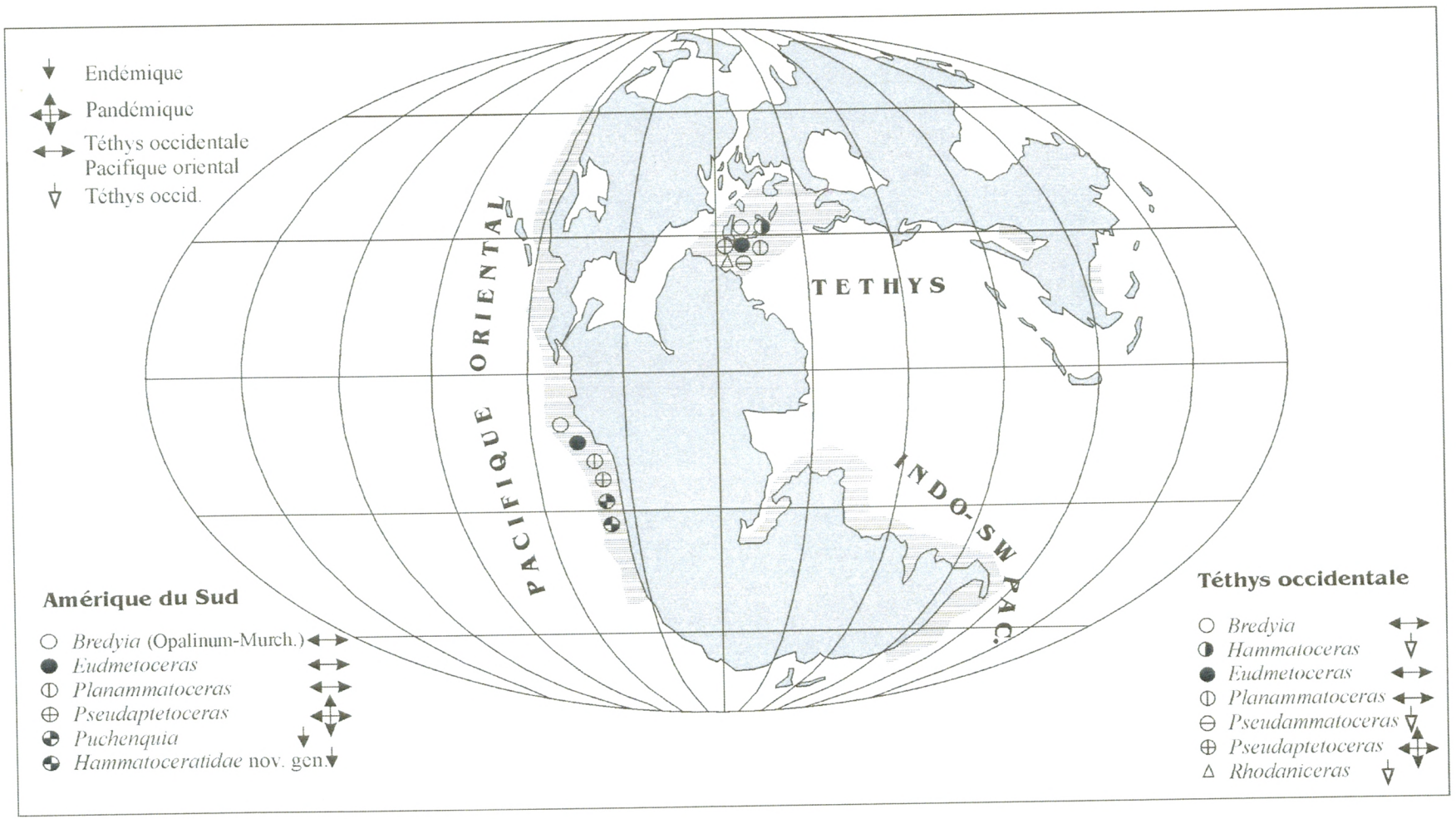


Fig. 104- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Hammatoceratidae*.

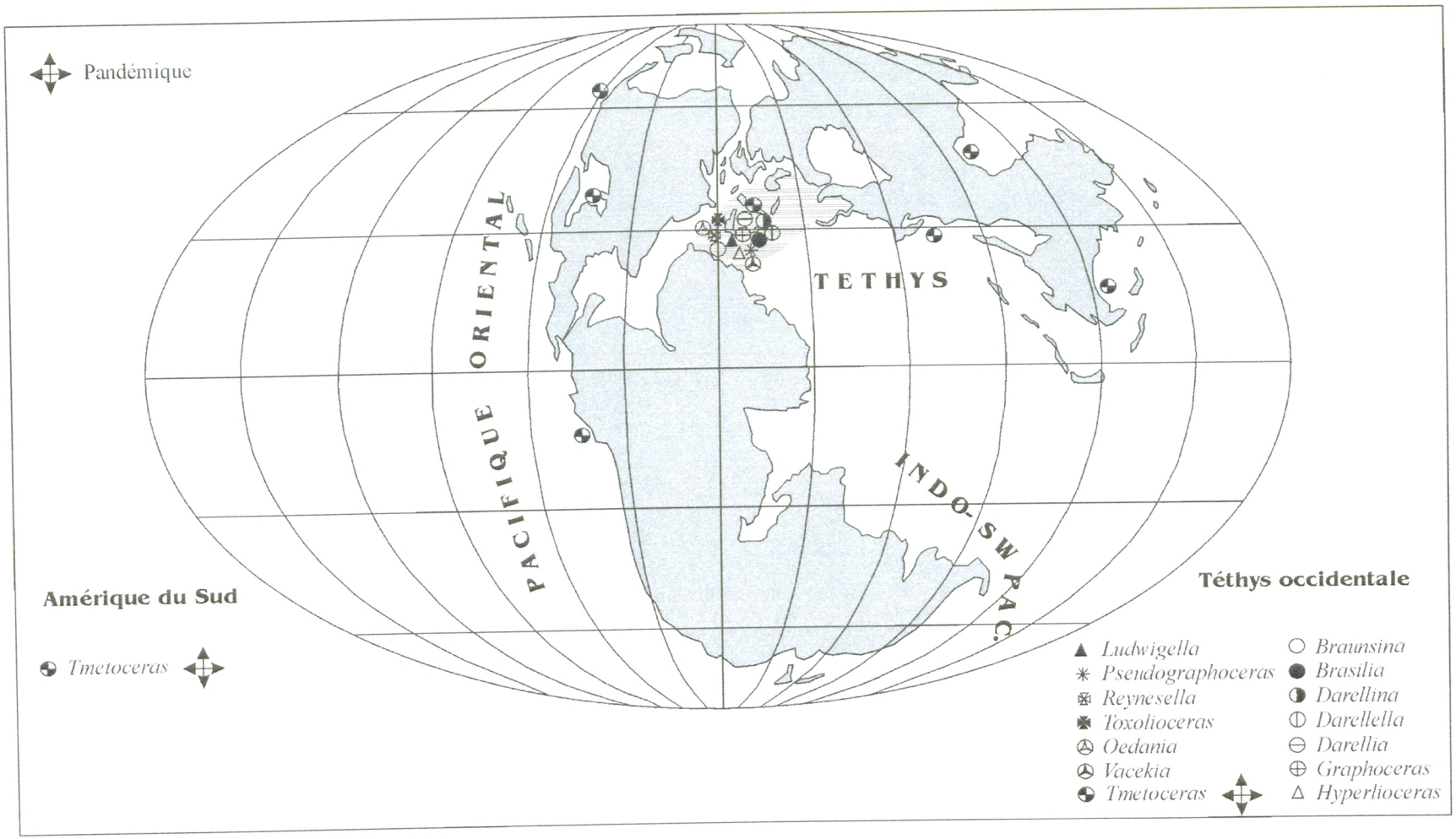


Fig. 105- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Graphoceratidae*.

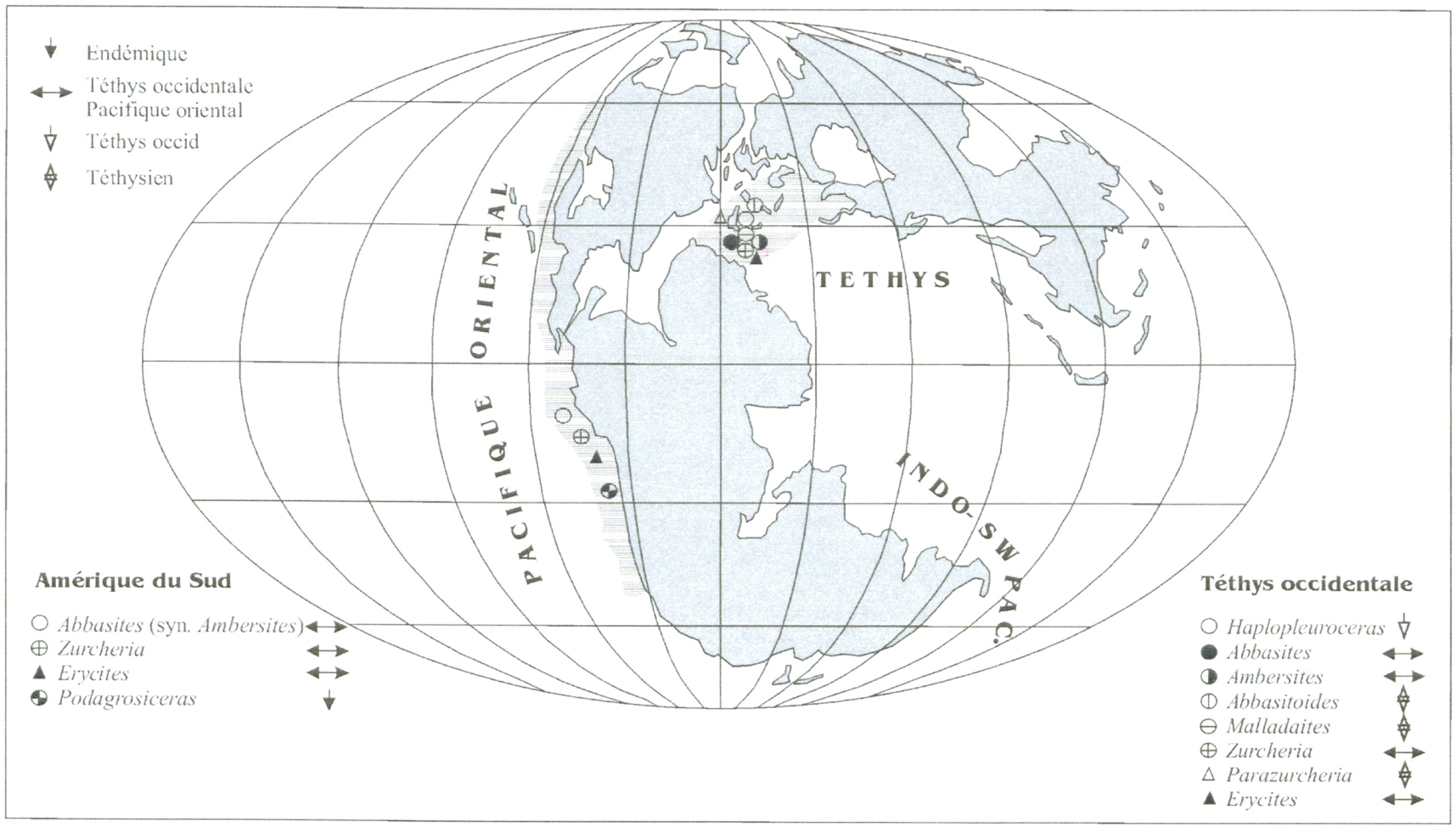


Fig. 106- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Erycitidae*.

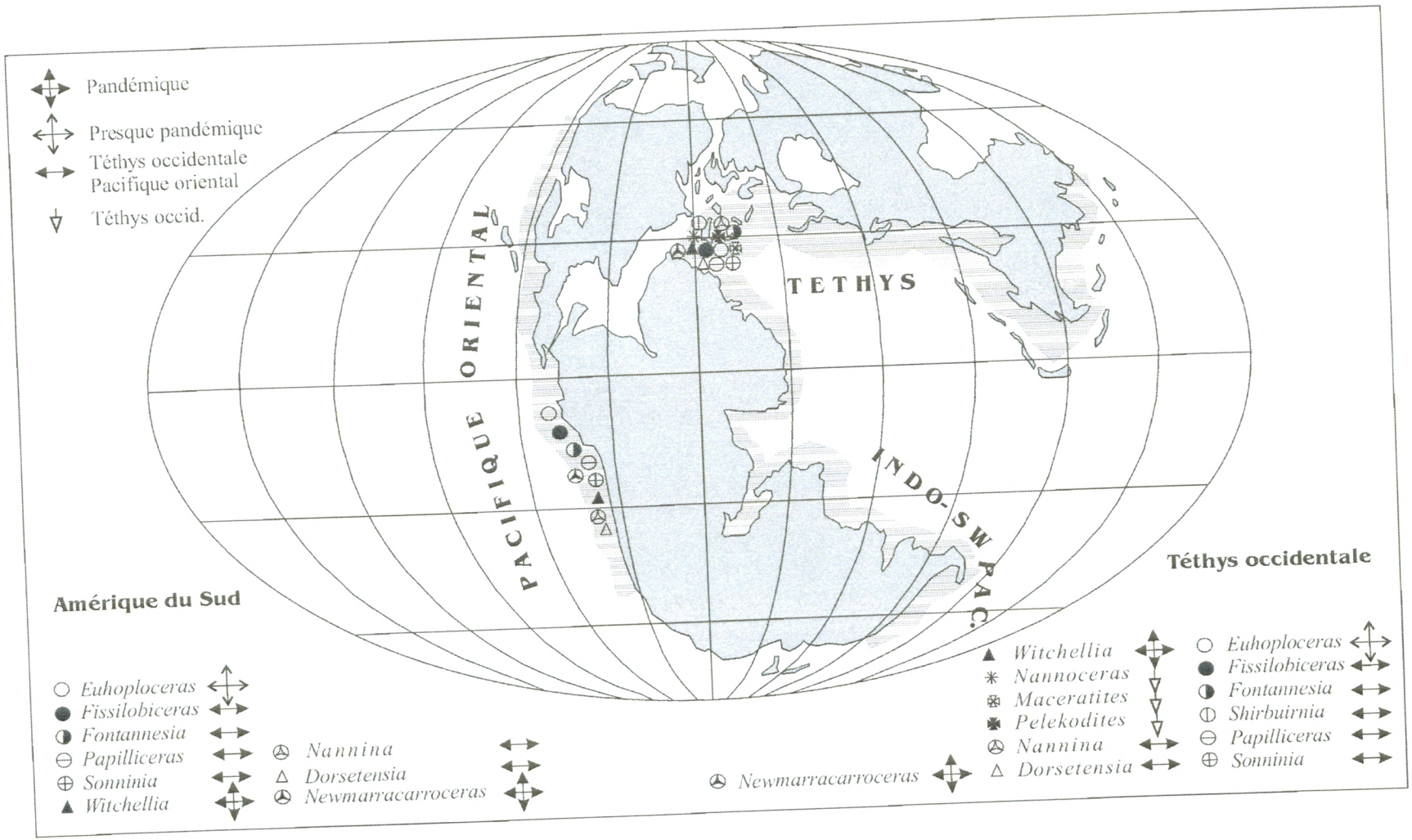


Fig. 107- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Sonniniidae*.

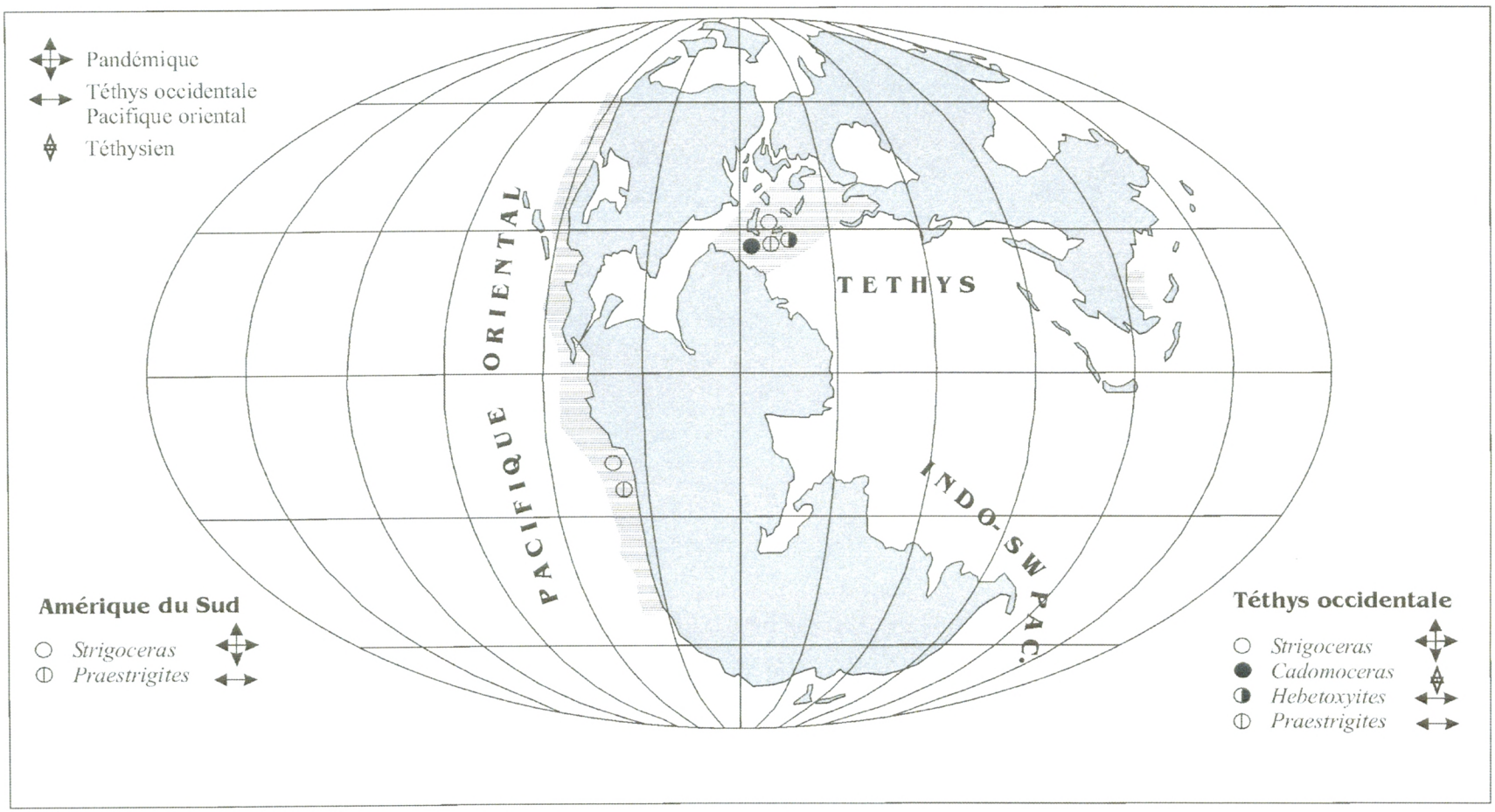


Fig. 108- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Strigoceratidae*.

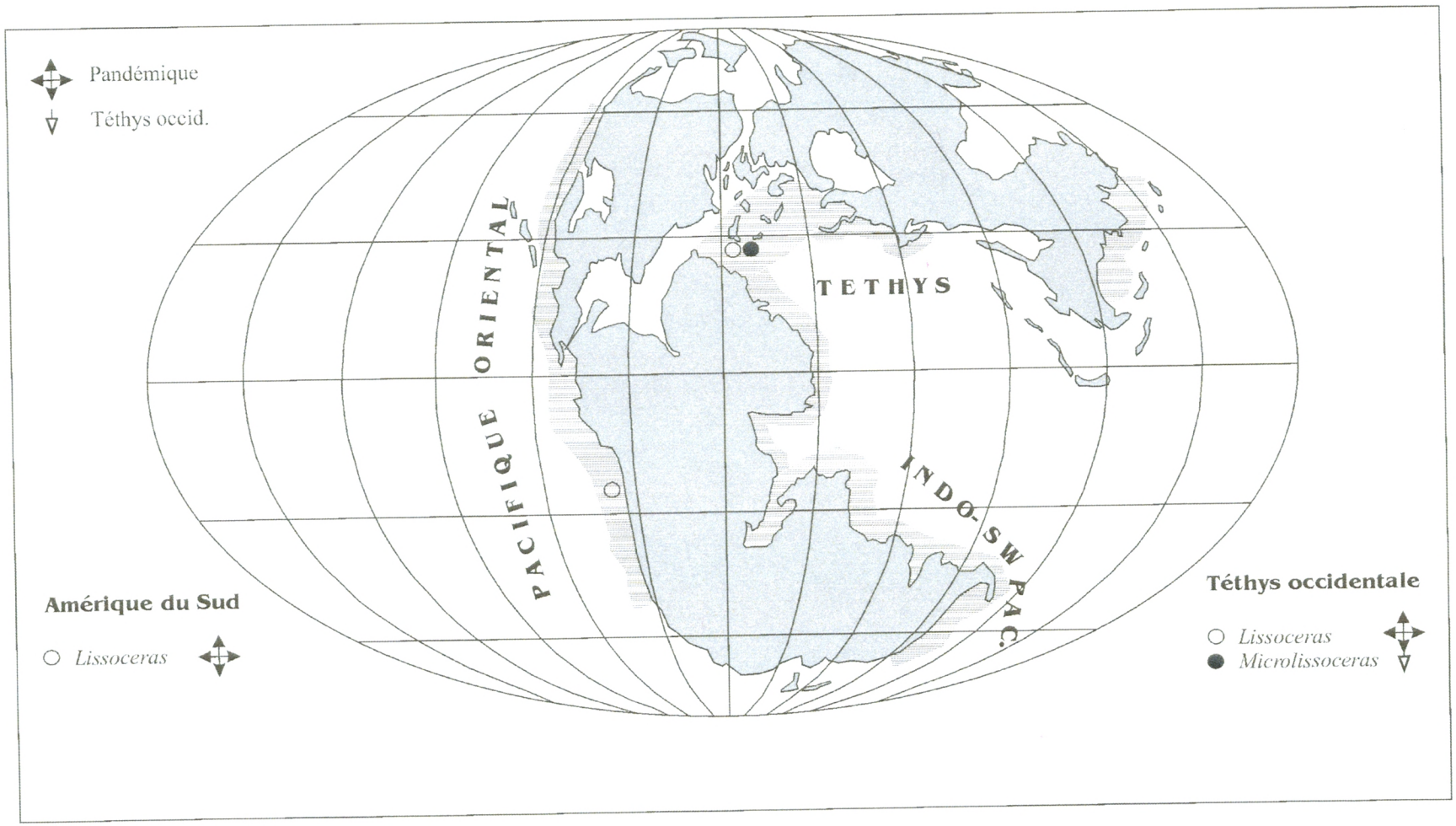


Fig. 109- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Lissoceratidae*.

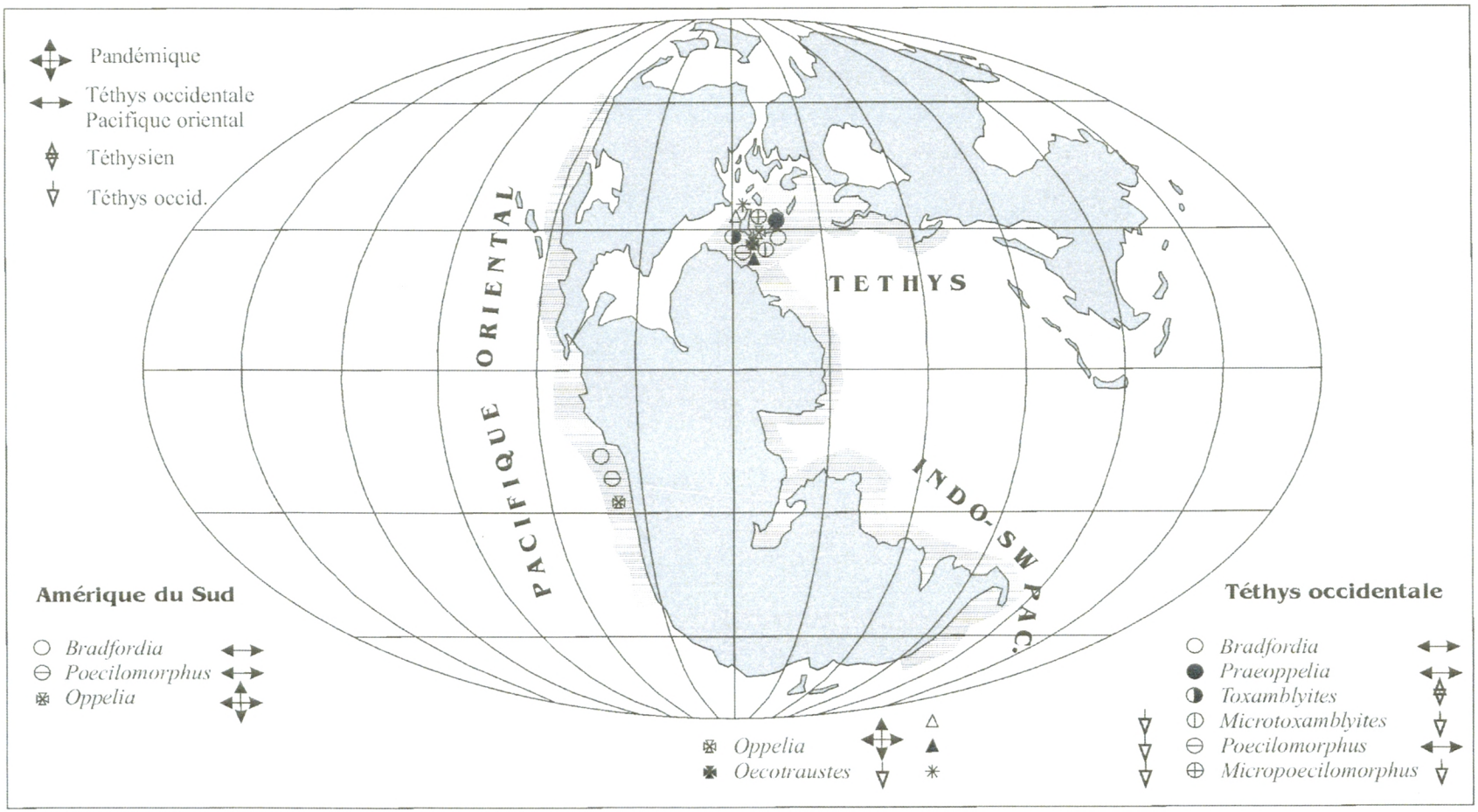


Fig. 110- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Oppeliidae*.

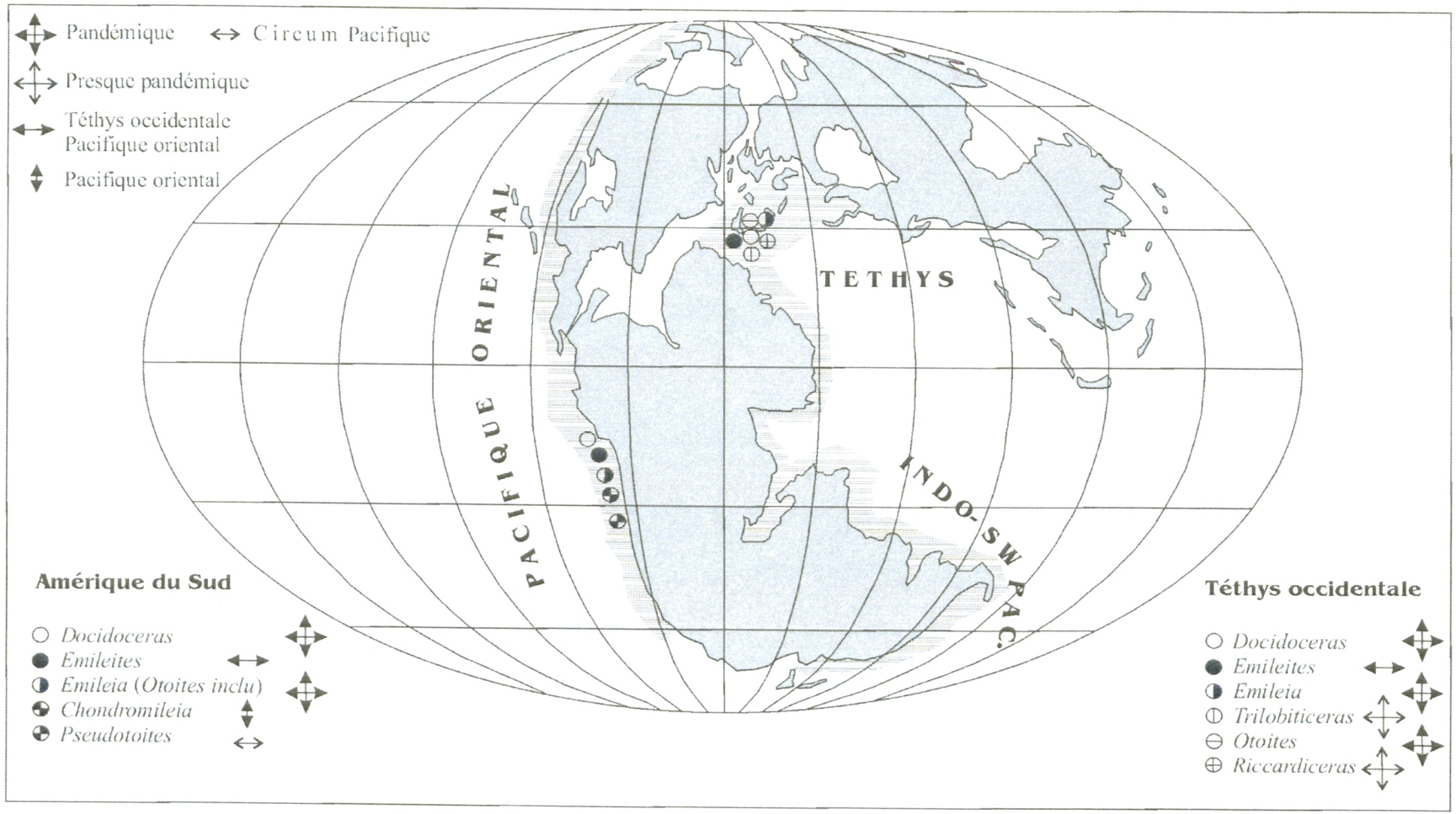


Fig. 111- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Otoitidae*.

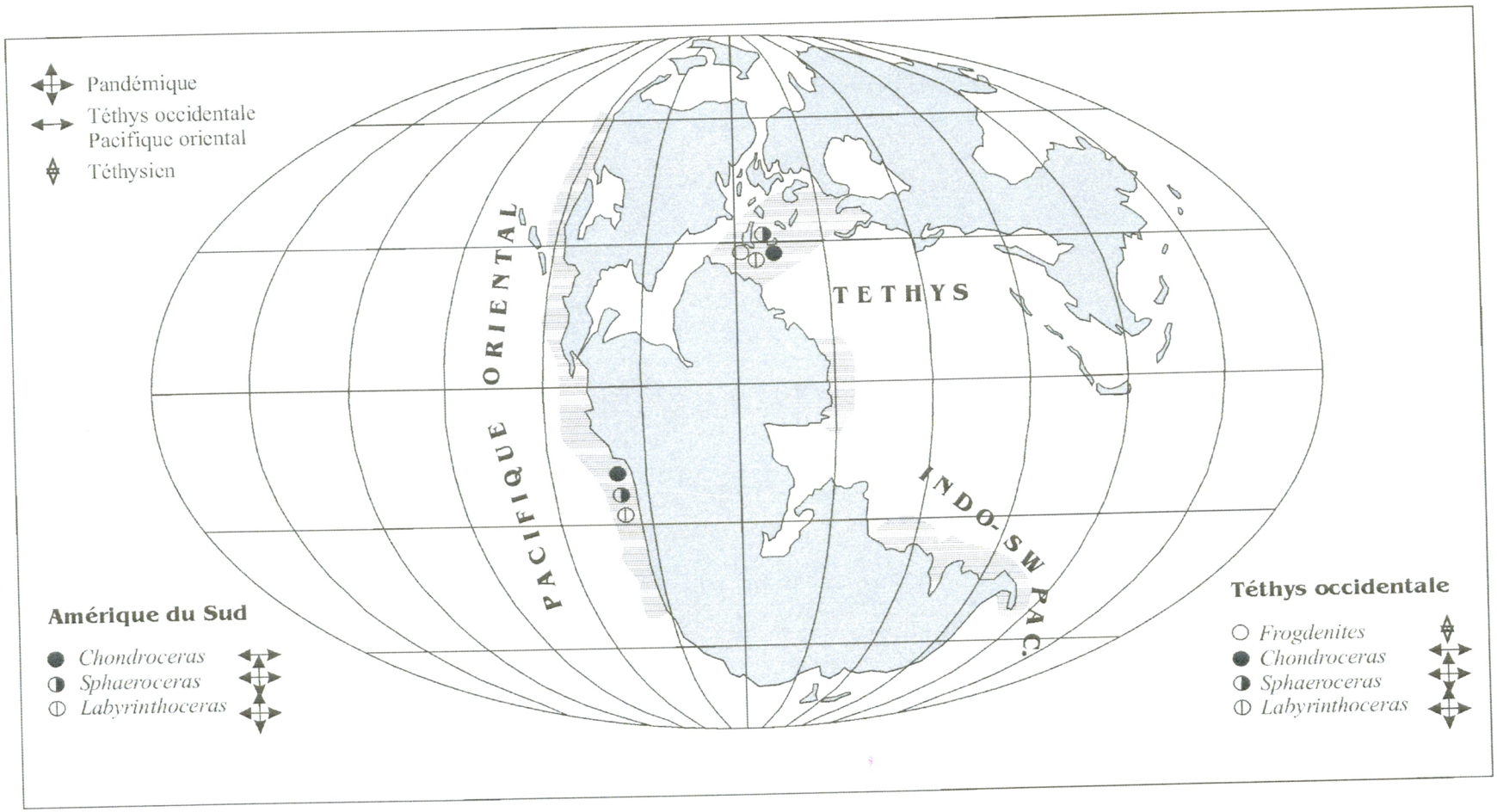


Fig.112- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Sphaeroceratidae*.

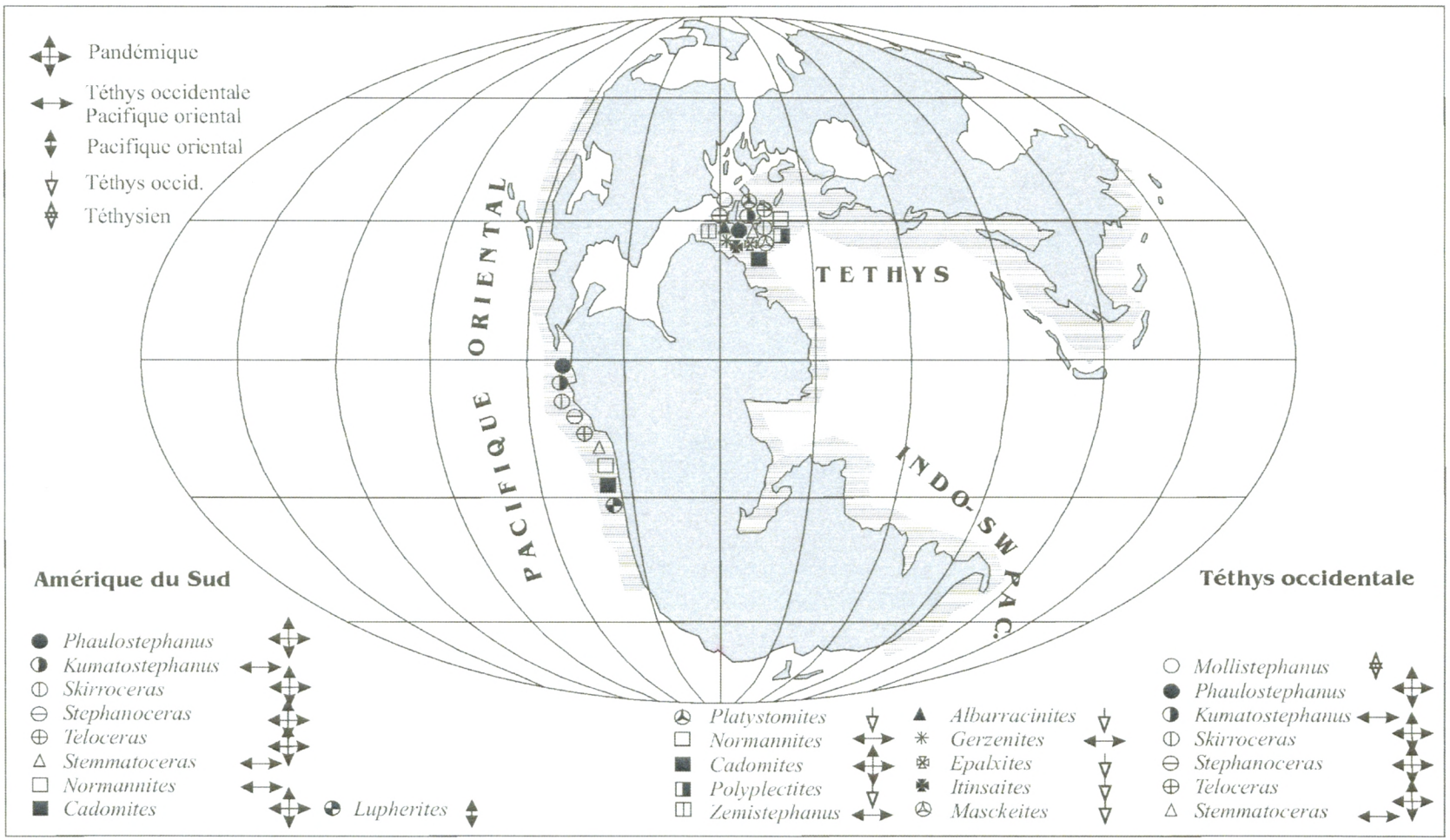


Fig. 113- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Stephanoceratidae*.

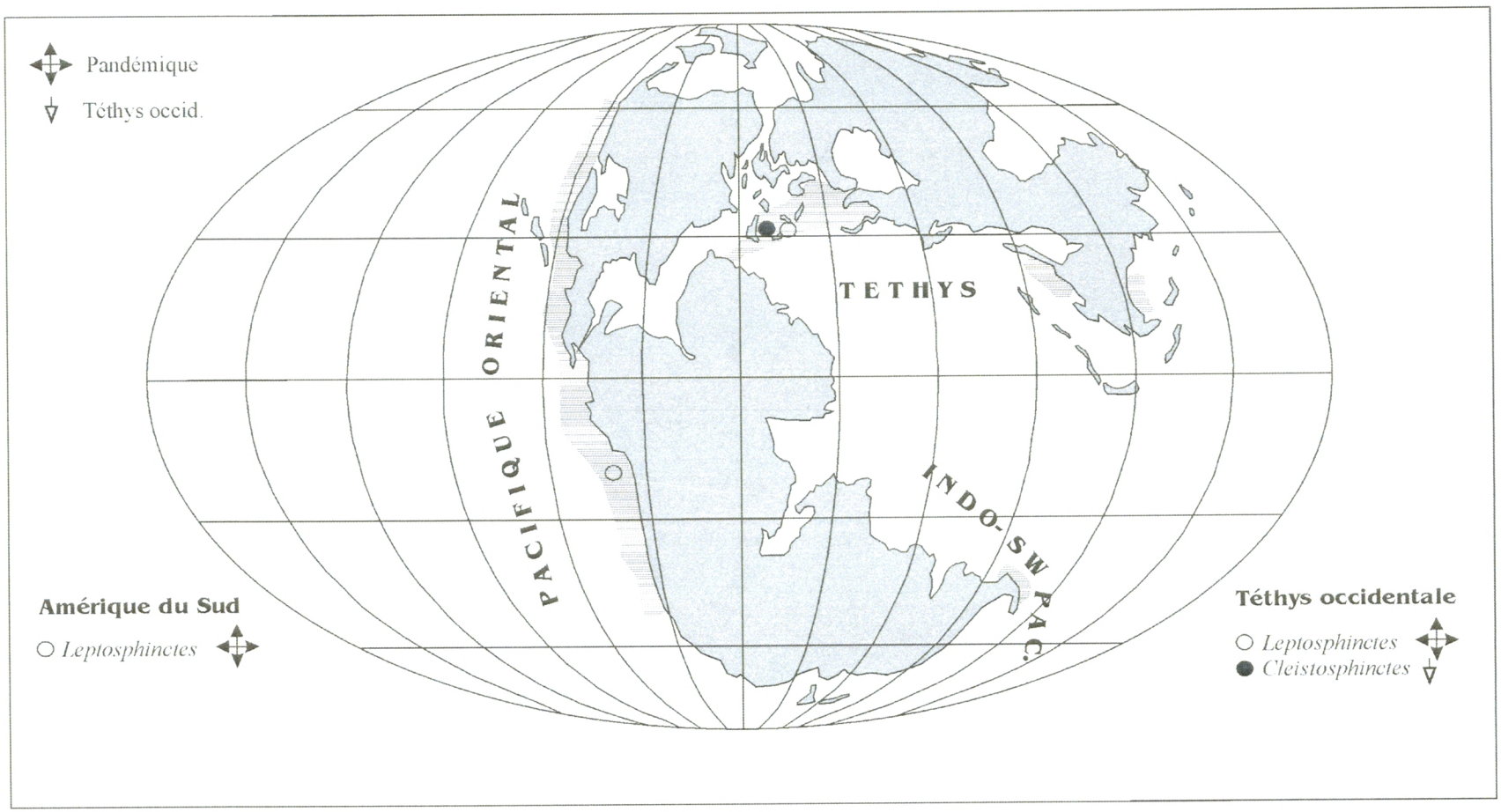


Fig. 114- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Perisphinctidae*.

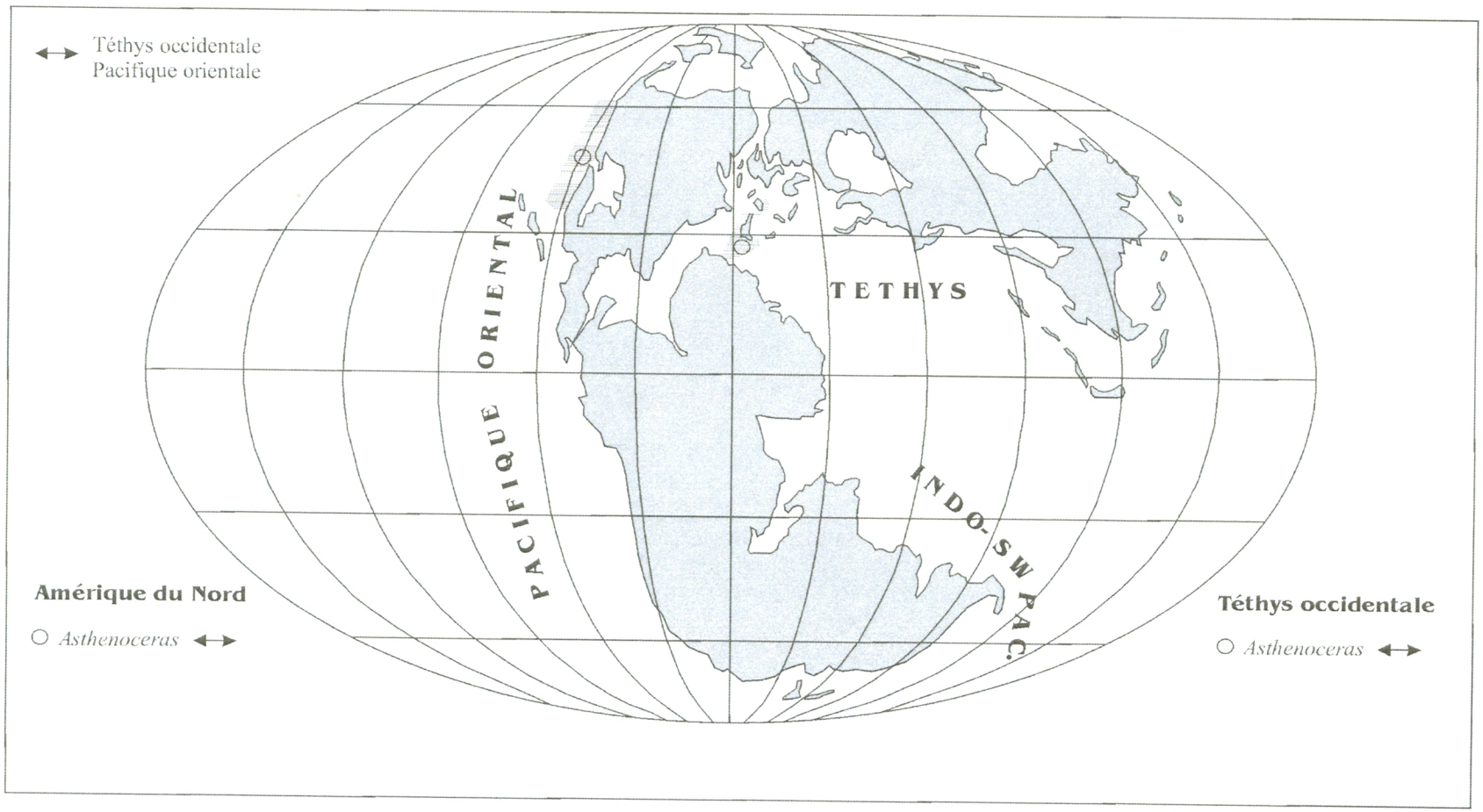


Fig. 115- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Incertae sedis*.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

I. CONCLUSIONS

Au terme de ce travail, je voudrais essentiellement faire ressortir l'intérêt des méthodes quantitatives qui ont été appliquées aux ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur et les résultats qui ont été obtenus.

En ce qui concerne **la méthode statistique**, le calcul des coefficients de corrélation (r) et de détermination (r^2) permet d'effectuer des corrélations statistiques entre les différentes courbes de biodiversité totale :

-pour les neuf régions considérées, les valeurs obtenues montrent que la biodiversité générique totale évolue de façon similaire dans le bassin Lusitanien et le Haut-Atlas central et à un degré moins dans le Dorset-Somerset et la Cordillère Ibérique. Par contre, au niveau spécifique, la courbe de biodiversité totale du bassin Lusitanien est plus proche de celle de la Cordillère Ibérique. Des valeurs moins significatives sont enregistrées également dans le bassin du Sud-Est de la France et les Béni Snassen.

-à l'échelle des provinces paléogéographiques, une bonne corrélation des courbes de biodiversité totale est constatée entre la province atlantique et la marge sud téthysienne (au niveau générique) d'une part et la province atlantique et celle du seuil méditerranéen médian (au niveau spécifique) d'autre part.

Afin de quantifier les relations entre les faunes issues des neuf régions (biogéographie quantitative), les données traitées par **la méthode multivariée** (Analyse en coordonnées principales et le calcul d'indices de similarité et de distance) font apparaître l'existence d'une parfaite relation entre la position géographique des régions, la physiographie des bassins et la composition taxonomique (comparaison des régions entre elles, tous intervalles confondus). Or, la comparaison pour chaque intervalle, montre au contraire trois faits importants :

-la grande stabilité dans le temps des faunes de la Cordillère Bétique, Ibérique, Haut-Atlas central et le bassin Lusitanien ;
-la fluctuation des faunes du Dorset-Somerset, du bassin de Sud-Est de la France et du Moyen-Atlas plissé ;
-l'isolement le plus souvent des faunes des Béni Snassen et des Apennins d'Ombrie-Marches.

Dans ce travail, nous avons également testé une nouvelle approche par la biochronologique quantitative. Il s'agit de la **méthode automatisée des associations unitaires** qui a été développé par GUEX pour effectuer des corrélations biostratigraphiques souvent très délicates. Contrairement aux démarches précédentes, les données analysées ici proviennent de 11 sections originales situées dans la Téthys occidentale. La documentation ainsi récoltée sera en premier lieu standardisée d'un point

de vue taxonomique pour constituer une base de données. Cette base de données est ensuite soumise au traitement par la méthode dite des «associations unitaires». On obtient un protoréférentiel à partir duquel on construit une zonation commune composée de 91 taxons. On peut ainsi reconnaître une succession de chronologique de 41 associations unitaires réunies en 12 zones. Cette zonation, montre une remarquable concordance entre l'échelle biochronologique empirique proposée par le G. F. E. J. (1997) et celle établie à partir des associations unitaires.

D'autre part, cette zonation a permis aussi d'estimer la dispersion biochronologique des datums qui peut intervenir entre les espèces dans les cinq bassins étudiés. Ainsi, trois catégories de taxons sont distinguées : 24 % de taxons sont synchrones et sont donc de bons marqueurs biochronologiques dans le domaine paléobiogéographique considéré. Le reste possède une répartition diachrone (42 % des taxons ont une dispersion biochronologique modérée à forte et 34 % de taxons sont régionalement diachrones).

Enfin, cette méthode d'analyse suggère l'existence de plusieurs phases de renouvellement faunique. Ces phases identifiées en fonction du nombre cumulé de taxons qui apparaissent (FAD) et disparaissent (LAD) dans chaque association unitaire correspondent fort bien à des cycles transgressions/régressions.

La dernière partie de ce travail illustre le rôle des voies de communication entre la Téthys occidentale et le Pacifique oriental, en particulier l'Amérique du Sud (Pérou, Chili, Argentine). Au cours de l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, la qualité de la dispersion des différents groupes d'ammonites témoigne en faveur d'une communication aisée entre la Téthys occidentale et le Pacifique oriental selon des voies de passage : corridor hispanique ou contournement de la pointe méridionale du Gondwana.

II. PERSPECTIVES

A l'issue de cette étude quantitative, de nombreuses perspectives nous apparaissent, en particulier :

A. Pour la biodiversité et la dynamique biogéographique

- **Réviser certaines faunes d'ammonites** : cela est nécessaire pour aboutir à une compréhension écologique plus juste de la dynamique biogéographique.

- **Elargir l'étude à d'autres régions** : une telle synthèse à l'échelle de la Téthys permettrait sans doute de préciser l'influence respective des facteurs de contrôle (écologie, physiographie, variations du niveau marin, changements climatiques) sur la biodiversité et sur la dynamique biogéographique.

- **Comparer les analyses géochimiques aux données paléontologiques** : l'idée d'une diminution de $\delta^{18}O$ du Nord vers Sud est importante à vérifier pour les régions de l'Afrique du Nord, en particulier le Maroc et l'Algérie. La présence d'un tel paléogradient de température au cours de la période Aalénien supérieur-Bajocien inférieur peut être utilisée également pour expliquer la dynamique biogéographique.

B. Pour les corrélations biochronologiques (associations unitaires)

➢ **Intégrer de nouvelles sections dans le 'data set'**: de cette manière, les associations unitaires non-reproductibles pourraient le devenir. A ce titre, nous pensons intégrer d'autres sections dilatées situées au Maroc, au Portugal et en Algérie (Monts des Traras, Dj. Nador de Tiaret, et la marge méridionale du domaine tlemcénien, en particulier la région de Sidi Yahia ben Sefia).

➢ **Réaliser le même type d'analyse sur d'autres groupes que les ammonites** : pour la même période, il serait très intéressant d'intégrer d'autres faunes comme les brachiopodes, les foraminifères et les ostracodes. Cela permettra de vérifier la validité de la zonation automatique d'une part et de confirmer les phases de renouvellements fauniques enregistrées d'autre part.

➢ **Etendre l'étude à tout le Jurassique afin d'établir une échelle biochronologique discrète intégrée** : ce projet peut être réalisé à l'échelle du domaine téthysien (*s.l.)* si les spécialistes du Jurassique acceptent d'utiliser les mêmes conceptions taxonomiques pour la détermination des ammonites.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALMERAS Y. & ELMI S. (1982)- Fluctuations des peuplements d'ammonites et de brachiopodes en liaison avec les variations bathymétriques pendant le Jurassique inférieur et moyen en Méditerranée Occidentale. *Boll. Soc. Paeont. Ital.*, Vol. 21, n° 2-3, pp. 169-188, 4 fig., 3 pl.

ALMERAS Y., ELMI S., MOUTERDE R., RUGET C. & ROCHA R.B. (1988)- Evolution paléogéographique du Toarcien et influence sur les peuplements. *2nd Internat. Symp. Juras. Stratigr.* Lisboa, pp. 687-698.

AMEUR M. (1988)- Histoire d'une plate-forme carbonatée de la marge sud-téthysienne : L'autochtone des Traras (Algérie occidentale) du Trias supérieur jusqu'au Bathonien moyen. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. Cl. Bernard Lyon I*, 2 vol., 548 p.,188 fig., 24 pl.

ANGIOLINI L. & BUCHER H. (1999)- Taxonomy and quantitative biochronology of Guadalupian brachiopods from the Khuff formation, southeastern Oman. *Geobios,* n° 5, pp. 665-699, fig. 12, tab. 15, 6 pl.

ATROPS F. (1974)- Le Bajocien inférieur et moyen des Beni Bahdel au sud-ouest de Tlemcen (ouest algérien).*Géol. méd., Marseille*, t. 1, n° 2, pp. 75-88, 2 fig., 3 pl.

ATROPS F. & FERRY S. (1989)- Sequence stratigraphy and changes in the ammonite fauna (Upper Jurassic, S-E France). *In* « Mesozoic record of Western Tethyan margin» *2ème Congrès français de sédimentologie*, Lyon, pp. 7-9.

ARKELL W.J. (1951)- A Middle Bathonian ammonite fauna from Schwandorf, northern Bavaria. *Schweiz. Paleont. Abh.*, 69, pp. 1-18, 3 pl.

ARKELL W.J. (1957)- Jurassic ammonites. *In* R.C. MOORE (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Parl L, Mollusca 4. *Geol. Soc. America, Univ. Kansas Press*, pp. L80-L465.

ARKELL W.J. & PLAYFORD P.E. (1954)- The Bajocian ammonites of Western Australia. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, sér. B, Biol. Sci., n° 651, 237, pp. 547-605, 13 fig.

AUBOUIN J. (1977)- Téthys, Atlantique et Pacifique : regard tectonique. *C.R. somm. Soc. géol. France*, fasc. 4, pp. 170-179.

BASSE E. (1952)- Céphalopodes. *In* J. PIVETEAU (ed.) : Traité de paléontologie. t. 2, pp. 461-755, 102 fig., 37 pl. (*Masson et Cie*). Paris

BECCARO P. (2004)- Upper Jurassic radiolarians from Inci MT. Area (North-Western Sicily, Italy) : Biochronology and calibration by ammonites. *Riv. Ital. Paleon.. Strat.*, vol. 110, n° 1, pp. 289-301, 6 fig., 3 pl.

BENEST M. & ELMI S. (1969)- Précisions stratigraphiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la partie méridionale des Monts de Tlemcen (Algérie). *C. R. Somm. Soc. géol. France.*, n° 8, pp.295-296, 1 fig.

BENSHILI K. (1980)- Etude de la faune d'ammonites du Toarcien supérieur et de l'Aalénien du jbel Bou-Dahar (Haut-Atlas oriental, Maroc). Comparaisons avec les autres faunes mésogéennes. *Thèse 3ème cycle, Univ. Cl. Bernard, Lyon I*, 149 p., 14 fig., 15 pl.

BENSHILI K. (1989)- Lias-Dogger du Moyen Atlas plissé (Maroc). Sédimentation, Biostratigraphie et évolution plaéogéographique. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 106, 285 p., 96 fig., 24 pl.

BENSHILI K. (1990)- Le Bajocien inférieur du moyen Atlas plissé (Maroc). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 71-84, 4 fig., 2 pl.

BENSHILI K. & ELMI S. (1994)- Enregistrement biostratigraphique et séquentiel des événements toarciens-bajociens dans le Moyen Atlas plissé (Maroc). *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 277-283, 3 fig., 1 pl.

BERGE C. (1973)- Graphes et hypergraphes. Dunod (ed.), Paris, 576 p.

BESSON D. (1998)- Renouvellement faunique et corrélations biostratigraphiques au passage Domérien-Toarcien (Téthys occidentale et N-W Europe). *Mém. DEA. Univ. Cl. Bernard, Lyon I*, 49 p., 21 fig.

BLAKEY R. (2006)- http : // jan.ucc.nau.edu.

BOULARD C. (1993)- Biochronologie quantitative : concepts, méthodes et validité. *Dipl. Doct. Univ. Cl. Bernard, Lyon I*, 222 p. 132 fig.

BOULARD C. & CARBONNEL G. (1995)- Du sondage à l'affleurement par les Associations Unitaires : L'exemple des ostracodes Paléocènes du bassin nigéro-soudanais. *Archs Sci.* Genève, vol. 48, Fasc. 1, pp. 11-18.

BRAUN E.V. & JORDAN R. (1976)- The stratigraphy and paleontology of the mesozoic sequence in the Mae Sot area in western Thailand. *Geol. Jb.*, n° 21, pp. 3-51.

BREMER H. (1966)- Ammoniten aus dem unteren Bajocium und unteren Bathonium in der Umgebung von Ankara (Türkei).*N. Jb. Geol. Paläont., Stuttgart*, vol, 125, pp. 155-169, 1 fig., 4 pl.

BUCKMAN S.S. (1909-1930)- Yorkshire Type Ammonites. *London*, vol. 1-2, Type Ammonites, vol. 3-7, 790 pl.

CALOO B. (1970a)- Biostratigraphie de l'Aalénien et de la base du Bajocien dans la région de Digne (Basses-Alpes, France). *C.R. Acad. Sci. Paris,* sér. D, t. 271, pp. 1938-1940.

CALOO B. (1970b)- La sous-famille des Graphoceratinae (*Ammonitina*) dans l'Aalénien au Nord de Digne (Basses-Alpes, France). *Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. Cl. Bernard, Lyon I*, 78 p., 27 fig., 8 pl.

CALOO B. (1971)- Caractères morphologiques non mesurables chez les Graphoceratinés (*Ammonitina*) (Aalénien du Nord de Digne, Basses-Alpes, France). *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 45, 151 p., 12 pl., 36 fig., 6 tabl.

CALLOMON J.H. (1979)- Marine Boreal Bathonian fossils from the northern North Sea and their palaeogeographical significance. *Proc. Geol. Assoc.*, n° 90, pp. 163-169.

CALLOMON J.H. (1985)- The evolution of the Jurassic ammonite family Cardioceratidae. *Spec. Pap. Palaeont.*, n° 33, pp. 49-90.

CALLOMON J.H. & CHANDLER R.B. (1990)- A review of the ammonite horizons of the Aalenian – Lower Bajocian stages in the Middle Jurassic of southern England. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 85-112, 6 fig., 4 pl.

CALLOMON J.H. & CHANDLER R.B. (1994)- Some early Middle Jurassic ammonites of Tethyan affinities from the Aalenian of southern England. *Palaeopelagos Special Publication* 1, pp. 17-40, 2 fig., 8 pl.

CARIOU E., CONTINI D., DOMMERGUES J.L., ENAY R., GEYSSANT J.R., MONGOLD C. & THIERRY J. (1985)- Biogéographie des Ammonites et évolution structurale de la Téthys au cours du Jurassique. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. I, n° 5, pp. 679-697, 5 fig.

CECCA F. (2002)- Palaeobiogeography of marine fossil invertebrates, concepts and methods. Taylor & Francis, *London*, 273 p.

CHANDLER R. B. (1997)- The Graphoceratid ammonite succession in the Aalenian and lowest Bajocian (Middle Jurassic) at Horn Park, Dorset, UK. *Proc. Dorset, Nat. Hist. Archae. Soc.*, pp. 84-106, 10 pl.

CHANDLER R. B., DIETZE V., SOMMER V. & GAUTHIER H. (2001)- Remarks on the *Astarte* Bed (Upper Bajocian, Middle Jurassic) of Burton Bradstock (Dorset, Southern England). *Hantkeniana* 3, pp. 5-23, 2 fig., 4 pl.

CONTINI D. (1969)- Les Graphoceratidae du Jura franc-comtois. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, 3e sér. Géol., fasc. 7, 95 p., 24 fig., 12 tabl. 24 pl.

CONTINI D. (1970)- L'Aalénien et le Bajocien du Jura franc-comtois. Etude stratigraphique. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, 3e sér. Géol., fasc. 11, 203 p., 56 fig.

CONTINI D. (1980)- Synthèse paléogéographique du Jurassique Français. *In* : GROUPE FRANÇAIS D'ETUDE DU JURASSIQUE : Aalénien-Bajocien, 37-48. CARIOU E., CONTINI D., DEBRAND-PASSARD S., DONZE P., GABILLY J., LEFAVRAIS-RAYMOND A., MOUTERDE R. & THIERRY J. (coord.). *Docum. Lab. Géol. Lyon,* H.S. 5, 210 p., 1 fig., 3 tabl., 42 cartes.

CONTINI D. (1987)- L'influence du milieu sur l'évolution de quelques lignées d'ammonites à la limite Lias-Dogger. *Cahiers Univ. Catho. Lyon*, sér., Sci., n° 1, pp. 83-92, 5 fig.

CONTINI D. (1989)- Graphoceratidae du Toarcien supérieur à la base du Bajocien. *Geobios*, n° 22, fasc. 1, pp. 17-22, 2 fig.

CONTINI D. (1990)- Les crises sédimentaires à la limite Lias-Dogger. *Cahiers Univ. Catho. Lyon*, sér., Sci., n° 4, pp. 19-28, 3 fig.

CONTINI D. (1991)- La Limite Aalénien-Bajocien. 3rd *Internat. Sympos. Jurs. Stratigr.*, Poitiers, p. 26

CONTINI D., ELMI S. & MOUTERDE R. (1971)- Les zones du Jurassique en France : Aalénien. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, Fasc. 6, pp. 9-10.

CONTINI D., ELMI S., MOUTERDE R. & RIOULT M. (1997)- Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : Zonation parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *In* : GROUPE FRANÇAIS D'ETUDE DU JURASSIQUE : Aalénien, 37-40. CARIOU E. & HANTZPERGUE P. (coord.). *Bull Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, Mém. 17, 440 p., 6 fig., 79 tabl., 42 pl.

CONTINI D. & RIOULT M. (1994)- Révision critique de la paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. (Pub. J-C. FISCHER), Vol. 1 : Céphalopodes jurassiques, *Ed. Masson , Mus. Nat. Hist. Natur.*, 340 p., 42 fig., 90 pl.

CRESTA S. (1988)- Associations d'ammonites et biostratigraphie de l'Aalénien et du Bajocien inférieur des Apennins d'Ombrie-Marches (Italie centrale). 2nd *Internat. Symp. Juras. Strati.* Lisboa, pp. 209-224, 6 fig.

CRESTA S. (1994)- Distribution stratigraphique des Hammatoceratidae au Toarcien et Aalénien des Apennins d'Ombrie Marches (Italie). *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 113-115, 1 fig.

CRESTA S. (1996)- Comments on Hammatoceratids (Ammonitina) taxonomy. *Internat. Subcomm. Juras. Strati., Aalenews*, n° 6, pp. 15-19.

CRESTA S. (1997)- Hammatoceratidi aaleniani di Monte Erice (Sicilia occidentale, Italia) *Boll. Serv. Geol. It.,* Roma,, Vol. CXIV, pp. 27-56, 13 fig., 2 tabl., 3 pl.

CRESTA S. (2000)- Definition of the global boundary stratotype section and point (GSSP) of the Aalenian (Middle Jurassic) and the Toarcian-Aalenian boundary. *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 8-12, 1 fig.

CRESTA S. (2000)- Toarcian-Aalenian ammonite biostratigraphy in the Monte Nerone area (central Apennines, Italy). *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 13-19, 2 fig.

CRESTA S. & GALACZ A. (1990)- Mediterranean basal Bajocian ammonite faunas. Examples from Hungary and Italy. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 165-198, 3 fig., 13 pl.

CRESTA S., BASILICI G., BUSSOLETT A., COMAS M.J., ELMI S., FERNANDEZ-LOPEZ S., FERRETTI A., GOY A., HENRIQUES M. H., KALIN O., JIMENEZ A., MARTINEZ G., SANDOVAL J., URETA S. & VENTURI F.(1995)- Relazione sul Workshop «Paleontologia e biostratigrafia dei sedimenti ammonitiferi toarciano-bajociani in successioni di alto morfostrutturale dell'Appennino umbro-marchigiano: l'area di Monte Nerone. Correlazioni con altre regioni della Tetide occidentale». (Piobbico, 2-14 agosto 1993). *Boll. Serv. Geol. It.,* Roma,, Vol. CXII, pp. 129-139, 1 fig., 1 pl.

DAMBORENEA S.E. (1993)- Early Jurassic South American Pectinaceans and Circum Pacific palaeobiogeography. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.,* n° 100, pp. 109-123.

DAMBORENEA S.E. (2000)- Hispanic Corridor: its evolution and the biogeography of bivalve molluscs. *GeoResearch Forum*, n° 6, pp. 369-380.

DAMBORENEA S.E. & MANCENIDO M.O. (1988)- *Weyla*: Semblaza de un bivalvo Jurasico andino. *V Congr. Geol. Chileno*, Santiago, II, pp. C13-C25.

DAVAUD E. (1979)- Automatisation des corrélations biochronologiques: un exemple d'application de l'informatique à la résolution d'un problème naturaliste complexe. *Publ. Spéciale*, Genève, pp. 1-48.

DAVAUD E. (1982)- The automation of biochronological correlation. *In* CUBITT & REYMENT R.A. (eds.): Quantitative Stratigraphic Correlation. *John Wiley & Sons Ltd*, pp. 85-99.

DAVAUD E. & GUEX J. (1978)- Traitement analytique manuel et algorithmique de problèmes complexes de corrélations biochronologiques. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 71, n° 3, pp. 581-610.

DE WEVER P., AZEMA J. & FOURCADE E. (1994)- Radiolaires et Radiolarites : Production primaire, diagenèse et paléogéographie. *Bull. Centres Rech. Prod. Explor Elf Aquitaine*, n° 18, pp. 315-379.

DIETL G. (1977)- The Braunjura (Brown Jurassic) in Southwest Germany. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n° 25, 41 p., 14 fig., 1 tabl., 7 pl.

DIETL G. (1978)- Zur Braunjura gama/delta-Grenze (Unter-Bajocium) im Westteil der Schwäbischen Alb (Baden-Württemberg). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n° 36, 15 p., 4 fig., 1 tabl., 1 pl.

DIETL G. (1981)- Zur systematischen Stellung von *Ammonites subfurcatus* ZIETEN und deren Bedeutung für die *subfurcatum*-Zone (Bajocium, Mittl. Jura). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n° 81, 11 p., 1 pl.

DIETL G. (1990)- The Wutach section (SW Germany), a possible reference section of the Lower Bajocian? Preliminary note. *Mem. Descr. Carta Geol. It.* n° 40, pp. 11-12.

DIETL G. & ETZOLD A. (1977)- The Aalenian at the type locality. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n°. 30, 13 p., 3 fig., 2 pl.

DIETL G. & HAAG W. (1980)- Über die « sowerbyi-Zone » (= laeviuscula-Zone, Unter-Bajocium, Mittl. Jura) in einem Profil bei Nenningen (östl. Schwäb. Alb). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n°. 60, 11 p., 1 fig., 1 tabl., 1 pl.

DIETZE V., CHANDLER R.B. & SCHEWEIGERT G. (2003)- *Witchellia pseudoromanoides* n. sp. (Ammonoidea, Sonniniidae) aus der Laeviuscula-Zone (Mittlerer Jura, Unter-Bajocium) der östlichen Schwäbischen Alb (Süddeutschland). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, n° 337, 25 p., 4 fig., 1 tabl., 5 pl.

DIGIANNI N., LAMBERT B. & MALVESY T. (1994)- Etablissement d'une biozonation (Nannofossiles) à partir de méthodes quantitatives (simples & multivariées) : exemple du Miocène inférieur du Vénézuéla. *Strata. 1er Congrès Français de Stratigraphie*, Sér. 1, vol. 6, hors recueil.

DOMMERGUES J.L. (1994)- Les faunes d'ammonites pandémiques et téthysiennes du Lias confrontées à un modèle de distribution pantropicale. *Palaeopelagos Spec. Publ.*, n° 1, pp. 93-107.

DOMMERGUES J.L., LAURIN B. & MEISTER C. (2001)- The recovery and radiation of the early Jurassic ammonoids : morphologic versus palaeobiogeographical patterns. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.,* n° 165, pp. 195-213.

DOMMERGUES J.L. & MARCHAND D. (1988)- Paléobiogéographie historique et écologique : Application aux Ammonites du Jurassique. *In* : J. WIEDMANN & J. KULLMANN, *Cephalopods Present Past*, pp. 351-364, 5 fig., 1 tabl.

DOMMERGUES J.L. & MEISTER C. (1987)- La biostratigraphie des ammonites du Carixien (Jurassique inférieur) d'Europe occidentale : un test de la méthode des associations unitaires. *Eclogae geol. Helv.* Vol. 80, n° 3, pp. 919-938, 13 fig.

DOMMERGUES J.L., MEISTER C. & JAILLARD E. (2004)- Ammonites de la formation Santiago de la zone subandine du S-E de l'Equateur (Jurassique inférieur, Sinémurien). *Rev. Paléobio.*, n° 23 (1), pp. 355-371.

DONOVAN D.T. (1958)- Ammonites zones of the Toarcian (Ammonitico rosso facies of Southern Swisterland und Italy). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 51, pp. 33-60

DONOVAN D.T., CALLOMON J.H. & HOWARTH M.K. (1981)- Classification of the Jurassic Ammonitina. *In*: M.R. HOUSE & J.R. SENIOR, The Ammonoidea. *Syst. Assoc, Spec.* vol. 18, pp. 101-155, 5 fig.

DORE A.G. (1991)- The structural foundation and evolution of Mesozoic seaways between Europe and the Arctic. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.,* n° 87, pp. 441-492.

DUBAR G. (1938)- Sur la formation de rides à l'Aalénien et au Bajocien dans le Haut-Atlas de Midelt. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 206, n° 7, pp. 525-527.

DUBAR G., ELMI S., MOUTERDE R. & RUGET-PERROT C. (1971)- Divisions et limites de l'Aalénien (Sud-Est de la France et quelques régions méridionales). *Coll. Jurass.,* Luxembourg, 1967, *Mém. B.R.G.M., France*, n° 75, pp. 397-410.

DUBAR G. & MOUTERDE R. (1952)- Variations de faciès et lacunes dans le Bajocien inférieur du Haut-Atlas marocain. *C.R. 19ème Cong. géol. Intern.,* Alger, sect. XIII, fasc. XV, pp. 17-21.

DUBAR G. & MOUTERDE R. (1961)- Les faunes d'ammonites du Lias moyen et supérieur. Vue d'ensemble et bibliographie. *In* Colloque sur le Lias français, Chambéry, 1960, *Mém. B.R.G.M.,* France, n° 4, pp. 236-244.

DUBOIS A. (1981)- Table ronde « Genre, sous-genre et groupe d'espèces » : Quelques réflexions sur la nation de genre en zoologie. *Soc. Zoo. France*, pp. 503-513.

EDWARDS L.E. (1979)- Range charts and no-space graphs. *Computers and Geosciences*, Oxford, vol. 4, pp. 247-255.

EDWARDS L.E (1982 a)- Numerical and semi-objective biostratigraphy : Review and predictions. *Proceedings of the 3rd North American Paleontological Convention*, Montreal, vol. 1, pp. 147-152.

EDWARDS L.E (1982 b)- Quantitative biostratigraphy; the methods should suit the data. *In* CUBITT J.M. & REYMENT R.A. (eds.) : Quantitative stratigraphic correlation. *John Wiley and Sons*, Chichester, pp. 45-60.

EL HAMMICHI F. (2002)- Le Moyen Atlas Sud occidental (Maroc) au Lias-Dogger: Contexte géodynamique, biostratigraphique (Ammonites) et évolution paléogéographique. *Thèse Doct., Univ. Mohammed V*, 268 p., 77 fig., 23 pl.

EL HARIRI K., SADKI D., DOMMERGUES J.L. & MOUTERDE R. (1992)- Niveaux condensés, fluctuations eustatiques ? Implications sur les faunes d'ammonites jurassiques dans le Haut-Atlas (Maroc). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 314, Série II, pp. 507-510., 2 fig.

ELMI S. (1963)- Les *Hammatoceratinae* (Ammonitina) dans le Dogger inférieur du Bassin rhodanien. *Trav. Lab. Géol. Lyon*, N.S., n°10, 144 p., 35 fig., 11 pl.

ELMI S. (1967)- Le Lias supérieur et le Jurassique moyen de l'Ardèche. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon.* n° 19, 845 p., 206 fig., 17 pl.

ELMI S. (1969)- Note : Remarques sur la Nomenclature appliquée aux « Dimorphes » chez les Ammonites Jurassiques. *Inter. Uni. Geol. Sci.* Ser A, n°1, pp.165-166.

ELMI S. (1969)- Les influences mésogéennes dans le Jurassique moyen du Sud-Est de la France, comparaison avec l'Ouest algérien. *Annal. Inst. Geol. Publ. Hungarici,* vol. LIV., Fasc. 2, pp. 471-481

ELMI S. (1977)- Différences chronologiques dans l'évolution morphologique des dimorphes d'une même lignée (Ammonoïdes Jurassiques). *Haliotis*, vol. 6, pp. 71-95, 5 fig., 4 pl.

ELMI S. (1985)- Influence des hauts fonds sur la composition des peuplements et sur la dispersion des ammonites. *Com. Trav. hist. sci., Bull. Sect. Sci.*, t. IX, pp. 217-228, 7 fig.

ELMI S. (1986)- Corrélations biostratigraphiques et mégaséquentielles dans le Jurassique inférieur et moyen d'Oranie. Comparaisons avec les régions voisines. *Rev. Fac. Sci. Marrakech* (1985), PICG-UNESCO, n° 183, NS. 2, pp. 225-247, 1 fig. 2 pl.

ELMI S. (1990)- Réflexion sur les interactions entre l'évolution et l'adaptation des ammonoïdes et la dynamique des aires sédimentaires. *Cahiers Univ. Catho. Lyon.* sér. Sci., n° 4, pp. 153-159.

ELMI S. (1993)- Les voies d'échange faunique entre l'Amérique du Sud et la Téthys alpine pendant le Jurassique inférieur et moyen. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 125, pp. 139-149, 2 fig.

ELMI S. & BENSHILI K. (1987)- Relations entre la structuration tectonique, la composition des peuplements et l'évolution ; exemple du Toarcien du Moyen Atlas méridional (Maroc). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, n° 26 (1-2), pp. 47-62, 6 fig., 2 pl.

ELMI S. & CALOO B. (1985)- Eléments essentiels des peuplements d'ammonites du Toarcien terminal-Aalénien en Oranie. *Cahiers Inst. Cathol. Lyon*, n° 14, pp. 43-53, 2 pl.

ELMI S. & RULLEAU L. (1990)- Le genre *Pseudolillia* (Ammonitina, Grammoceratinae) dans le Toarcien Supérieur (France, Espagne, Portugal, Maroc). *Atti II Conv. Int. F.E.A. Pergola*, 1987, PALLINI et *al.* (ed.) Fossili, evoluzione, ambiente. pp. 291-315, 5 fig., 7 pl.

ENAY R. (1982)- Paléobiogéographie et Ammonites jurassiques : « rythmes fauniques » et variations du niveau marins ; voies d'échanges, migrations et domanies biogéographiques. *In* Livre Jubilaire Soc. géol. France, 1830-1980. *Mém. h.s. Soc. géol. France*, n° 10, pp. 261-281.

ENAY R. (1985)- Seuils et voies d'échanges : rôle dans la distribution et évolution des Ammonites jurassiques. *In* : Géodynamique des seuils et des hauts-fonds, Poitiers. *Com. Trav. Hist. Scient., Bull. sect. Sci., Paris*. t. IX, pp. 203-215.

ENAY R. (1993)- Les apports sud-téthysiens parmi les faunes jurassiques nord-ouest européennes : interprétation paléobiogéographique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 317, sér. II, pp. 115-121.

ENAY R. & MANGOLD C. (1982)- Dynamique biogéographique et évolution des faunes d'Ammonites au Jurassique. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XXIV, n° 5-6, pp. 1025-1046, 11 fig.

ENAY R. & MANGOLD C., DRESNAY R. Du & RAKUS M. (1987)- Arrivals of Arabian origin among the ammonite faunas of Morocco during the Bajocian-Bathonian. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.,* Amsterdam, n° 61, pp. 107-120, 4 fig.

ERBA E. & PAVIA G. (1990)- Record of the discussion about the proposals for the Bajocian G.S.S.P. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 63-68., 2 fig.

ESCARGUEL G. (2001)- ***BG-Index*** version 1.1β. Programme et notice d'utilisation. Distribué par l'auteur. *Lab. Paleon. Univ. Cl. Bernard.*

ESCARGUEL G. (2003)- ***BG-Index*** version 1.1β. Ressemblance et Dissemblance entre Listes Taxonomiques. Notice d'utilisation v. 1.22. *Lab. Paleon. Univ. Cl. Bernard.* 56 p.

FELSENSTEIN J. (1993)- PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.5. Distribué par l'auteur. *Department of genetics, Univ. Washington*, Seattle.

FERNANDEZ-LOPEZ S. & SUAREZ-VEGA L.C. (1979)- Estudio Bioestratigrafico (*Ammonoidea*) del Aaleniense y Bajociense en Asturias. *Cuad. Geol.*, n° 10, pp. 1-12, 4 fig., 1 pl.

FERNANDEZ-LOPEZ S. (1985)- El Bajociense en la cordillera Iberica. *Tesis doctoral*, Univ. Compl. Madrid, 848 p, 116 fig, Atlas: 67 pl.

FERNANDEZ-LOPEZ S. & GOMEZ J (1990)- Evolution tectono-sédimentaire et genèse des associations d'ammonites dans le secteur central du bassin Ibérique (Espagne) pendant l'Aalénien. *Cahiers Univ. Catho. Lyon, sér. Sci.,* n° 4, pp. 39-52, 8 fig.

FERNANDEZ-LOPEZ S. & GOMEZ J (2004)- The middle Jurassic eastern margin of the Iberian platform system (Eastern Spain). Palaeogeographiphy and biodispersal routes of ammonoids. *Riv. Ital. Paleon. Strat.*, vol. 110, n° 1, pp. 151-162.

FERNANDEZ-LOPEZ S., GOY A. & URETA M.S. (1988a)- El Toarciense superior, Aaleniense y Bajociense en Camino (Santander). Precisiones bioestratigraficas. *Ciencias de la Tierra*, Geologia, (11), pp. 47-62.

FERNANDEZ-LOPEZ S., HENRIQUES M.H., LINARES A., SANDOVAL J. & URETA M.S. (1999a)- Aalenian *Tmetoceras* (Ammonoidea) from Iberia : Taxonomy, Habitats, and Evolution. *In* F. OLORIZ & F.J. RODRIGUEZ TOVAR (ed.) : *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods. Kluwer Academic/ Plenum Publ.*, New York, n° 8, pp. 91-108, 9 fig.

FERNANDEZ-LOPEZ S., HENRIQUES M.H., LINARES A., SANDOVAL J. & URETA M.S. (1999b)- Aalenian *Tmetoceras* (Ammonoidea) from Iberia : Taphonomy and Palaeobiogeography. *In* F. OLORIZ & F.J. RODRIGUEZ TOVAR (ed.) : *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods. Kluwer Academic/ Plenum Publ.*, New York, n° 28, pp. 395-417, 19 fig.

FERNANDEZ-LOPEZ S., HENRIQUES M.H., MOUTERDE R., ROCHA R.B. & SADKI D. (1988b)- Le Bajocien inférieur du Cap Mondego (Portugal) : Essai de biozonation. *2nd Internat. Symp. Juras. Stratigr.* Lisboa, pp. 301-313, 3 fig., 1 pl.

FERNANDEZ-LOPEZ S. & MELENDEZ G. (2004)- Fossilization of ammonites and sedimentary events in deep environments of carbonate platform (Highest middle to lowest upper Oxfordian, Iberian range, Spain). *Riv. Ital. Paleon.. Strat.*, vol. 110, n° 1, pp. 219-230, 13 fig.

FERNANDEZ-LOPEZ S., MOUTERDE R. & ROCHA R.B. (1988c)- Les *Zurcheria* s.l. (Ammonitina, Erycitidae) du Bajocien inférieur du Cap Mondego (Portugal). *2nd Internat. Symp. Juras. Stratigr.* Lisboa, pp. 283-300, 4 fig., 1 tabl., 2 pl.

FERRY S. & MANGOLD C. (avec la collaboration de VARREL E., ROBIN Y. et MAURIN V.) (1995)- Faciès de dépôt et stratigraphie séquentielle des calcaires bajociens du Jura méridional. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 133, 96 p., 48 fig., 1 tabl.

FULKERSON D.R. & GROSS O.A. (1965)- Incidence matrices and interval graphs. *Pac. Journ. Math.*, Vol. 15, n° 3, pp. 835-855, 15 fig.

GABILLY J. (1961)- Le Toarcien de Thouars. Étude stratigraphique du stratotype. *Mém. B.R.G.M.,* France, n° 75, pp. 5-16, 2 fig.

GABILLY J. (1964)- Le Jurassique inférieur et moyen sur le littoral vendéen. *Trav. Inst. Géol. Anthrop. Préhist. Fac. Sci.,* Poitiers, pp. 67-107, 4 fig.

GABILLY J. (1971)- Méthodes et modèles en stratigraphie du Jurassique. *Mém. B.R.G.M., France*, n° 4, pp. 345-356, 2 fig., 4 tabl.

GABILLY J., CONTINI D., MOUTERDE R. & RIOULT M. (1971)- Les zones du Jurassique en France : Bajocien. *C. R. Somm. Soc. géol.* France, Fasc. 6, pp. 10-13.

GABILLY J. & RIOULT M. (1971)- Le Bajocien inférieur et le Toarcien supérieur sur les bordures du Massif Armoricain. Limite entre le Jurassique inférieur et le

Jurassique moyen. Problème de L'Aalénien. *Coll. Jurass.*, Luxembourg, 1967, *Mém. B.R.G.M., France*, n° 75, pp. 385-395.

GALACZ A. (1972)- *Trilobiticeras* (Ammonoidea, Otoitidae) from the Bajocian (Middle Jurassic) of the Bakony Mountains. *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sec. Geol.*, t. XV, pp. 39-45, 2 fig.

GALACZ A. (1976)- Bajocian (Middle Jurassic) sections from the Northern Bakony (Hungary). *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sec. Geol.*, t. XVIII, pp. 177-191, 5 fig.

GALACZ A. (1986)- A new species of *Mollistephanus* (Stephanoceratidae, Ammonitina) from the Middle Jurassic of Lokut hill (Bakony Mts, Hungary). *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sec. Geol.*, t. XXVI, pp. 121-139, 1 fig., 1 pl.

GALACZ A. (1988)- The boundaries and a proposed subdivision of the Bajocian Otoites Sauzei zone. *2nd Internat. Symp. Juras. Strati.* Lisboa, pp. 315-331, 2 fig., 1 tabl.

GALACZ A. (1990)- Taxonomy, dimorphism and phylogenetic significance of the Bajocian (Middle Jurassic) ammonite *Labyrinthoceras*. *Atti II Conv. Int. F.E.A. Pergola*, 1987, PALLINI et *al.* (ed) Fossili, evoluzione, ambiente. pp. 341-348, 5 fig.

GALACZ A. (1991)- Lower Bajocian sonniniid ammonites from the Gerecse Mountains, Hungary. *In* MORTON M. (ed.): *Proc. Conf. Aal. Baj. Stratigr.*, Isle of Skye, Scotland 1991, pp. 109-111, 2 fig.

GALACZ A. (1994)- *Lokuticeras* nov. gen.-a new genus for a Mediterranean Bajocian (Middle Jurassic) stephanoceratid ammonite group. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 161-175, 1 fig., 3 pl.

GALACZ A. (1995)- Revision of the Middle Jurassic ammonite fauna from Csoka-hegy, Vértes Hills (Transdanubian Hungary). *Hantkeniana* 1, pp. 119-129, 1 fig., 2 pl.

GALACZ A. (2001)- *Frogdenites*, the early Sphaeroceratid ammonite from the lower Bajocian of the Bakony and Gerecse Hills, Hungary. *Hantkeniana* 3, pp. 41-47, 1 pl.

GARCIA-GOMEZ R., JIMENEZ A.P., LINARES A., RIVAS P. & SANDOVAL J. (1994)- The Toarcian Aalenian Boundary in the Betic Cordillera (Southern Spain). *Geobios*. n° 17, pp. 211-222, 5 fig., 1 pl.

GAUTHIER H. & RIOULT M. (1994)- Révision critique de la paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. (Pub. J-C. FISCHER), Vol. 1 : Céphalopodes jurassiques, (*ed. Masson*), *Mus. Nat. Hist. Natur.*, 340 p., 42 fig., 90 pl.

GECZY B. (1964)- Contribution au problème de la limite Lias/Dogger dans la Montagne Bakony. Coll. Jurass. Luxembourg, 1962, *C. R. Mém. Inst. grd.-duc., Sect. sci. nat. phys. math.*, pp. 697-703.

GECZY B. (1966)- Ammonoïdes jurassiques de Csernye, Montagne Bakony, Hongrie. Part I (Hammatoceratidae). *Geol. Hung, ser. Palaeont.*, fasc. 34, 276 p., 126 fig., 44 pl.

GECZY B. (1966)- Le problème de la limite Lias/Dogger en Hongrie. *Acta Geologica Hungr.* X, pp. 195-202.

GECZY B. (1967)- Biozones et chronozones dans le Jurassique de Csernye (Montagne Bakony); Coll. Jurass. Luxembourg, 1962, *Sect. Jurass. Comt. Mésoz. Méditerr.* 17 p., 4 fig.

GILMORE P.C. & HOFFMAN A.J. (1964)- Characterization of comparability graphs and of interval graphs. *Canad. Journ. Math.*, n° 16, pp. 539-548, 3 fig.

GOY A., HENRIQUES M.H., SANDOVAL J. & URETA S. (2000)- Stratigraphic events at the Lias-Dogger boundary in Iberia : Betic and Iberian cordilleras and Lusitanian Basin. *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 133-136, 1 fig.

GOY A., MARTINEZ G. & URETA S. (1991)- The succession of Hammatoceratinae in the Aalenian of Northern Spain. *In* N. MORTON (ed.) : *Proc. Conf. Aal. Baj. Stratigr.*, Isle of Skye, Scotland, pp. 49-63, 4 fig., 3 pl.

GOY A. & URETA S. (1987)- Leioceratinae (Ammonitina) del Aaleniense inferior de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica, Espana). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, Modena, vol. 25, n° 3, pp. 213-236, 7 fig., 5 pl.

GOY A. & URETA S. (1990)- El Aaleniense en la Cordillera Ibérica. *Cahiers Univ. Catho. Lyon, sér. Sci.,* n° 4, pp. 73-87, 7 fig.

GOY A. & URETA S. (1991)- The lower boundary of Aalenian in the Fuentelsaz section (Iberian range, spain). *In* N. MORTON (ed.): *Proc. Conf. Aal. Baj. Stratigr.*, Isle of Skye, Scotland 1991, pp. 33-47, 2 fig., 4 pl.

GOY A., URETA S., ARIAS C., CANALES M.L., GARICIA-JORAL F., HERRERO C., MARTINEZ G. & PERILLI N. (1994)- The Fuentelsaz section (Iberian range, Spain), a possible Stratotype for the base of the Aalenian stage. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 1-31, 5 fig., 7 pl.

GOY A., URETA S., GARCIA-JORAL F., GOMEZ J., HERRERO C. & MARTINEZ G. (2004)- Conservation management of the Aalenian stage GSSP in Fuentelsaz (Castilla-La Mancha, Spain). *Riv. Ital. Paleon. Strat.*, vol. 110, n° 1, pp. 393-397, 1 fig.

GRACIANSKY P.C., JACQUIN T. & VAIL P.R. (1994a)- Signature stratigraphique des bassins sédimentaires ouest européens : Les effets du rifting téthysien et atlantique pour le Lias et le Dogger. *Strata. 1er Congrès Français de Stratigraphie*, Sér. 1, vol. 6, hors recueil.

GRACIANSKY P.C., JACQUIN T. & VAIL P.R. (1994b)- Les cycles sédimentaires du Lias et du Dogger : Essais de corrélations du domaine boréal au domaine téthysien. *Strata. 1er Congrès Français de Stratigraphie*, Sér. 1, vol. 6, hors recueil.

GRADSTEIN F.M., AGTERBERG F.P., OGG J.G., HARDENBOL J., VEEN P. Van, THIERRY J. & HUANG Z. (1994)- A Mesozoic time scale. *J. Geoph. Res.*, 99, B12, pp. 24051-24074.

GROUPE FRANÇAIS D'ETUDE DU JURASSIQUE (1991)- Réactualisation des échelles d'Ammonites. *3rd. Intern. Symp. Juras. Stratigr.* Poitiers, pp. 124-134.

GUEX J. (1977)- Une nouvelle méthode d'analyse biochronologique. Note préliminaire. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 351, pp. 309-321.

GUEX J. (1978)- Influence du confinement géographique des espèces fossiles sur l'élaboration d'échelles biochronologiques et sur les corrélations. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 354, vol. 74, fasc. 3, pp. 115-124.

GUEX J. (1979)- Terminologie et méthodes de la biostratigraphie moderne : commentaires critiques et propositions. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 355, vol. 74, fasc. 3, pp. 169-216.

GUEX J. (1980)- Calcul, caractérisation et identification des associations unitaires en biochronologie. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 358, vol. 75, pp. 111-126.

GUEX J. (1981)- Associations virtuelles et discontinuités dans la distribution des espèces fossiles : un exemple intéressant. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 359, vol. 75, pp. 179-197.

GUEX J. (1984)- Estimations numériques de la qualité de l'enregistrement fossile des espèces. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 365, vol. 77, pp. 79-89.

GUEX J. (1984)- Recherche des associations unitaires : une nouvelle technique d'optimisation. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 366, vol. 77, pp. 169-172.

GUEX J. (1987)- Corrélations biochronologiques et associations unitaires. *Presses Polytechniques Romandes*, Lausanne, 244 p.

GUEX J. (1991)- Biochronological correlations. *Springer-Verlag*, 252 p.

GUEX J. (1992)- Origine des sauts évolutifs chez les ammonites. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 82.2, pp. 117-144.

GUEX J. (1994)- Biochronologie quantitative : quelques exemples d'application de la méthode des associations unitaires. *Strata. 1er Congrès Français de Stratigraphie*, Sér. 1, vol. 6, p. 16.

GUEX J. & DAVAUD E. (1982)- Recherche automatique des associations unitaires en biochronologie. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 361, vol. 76, pp. 53-69.

GUEX J. & DAVAUD E. (1986)- Recherche automatique des associations unitaires : option nouvelle et exemple d'application. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.,* Lausanne, n° 78.2, pp. 195-205.

HALLAM A. (1977)- Biogeographic evidence bearing on the creation of Atlantic seaways in the Jurassic. *In* R.M. WEST (ed.): Paleontology and plate tectonics with special reference to the history of the Atlantic Ocean. *Milwaukee Pub. Mus. Spec. Publ. Biol. Geol.*, n° 2, pp. 23-34.

HALLAM A. (1981)- A revised sea-level curve for the Early Jurassic: *Journ. Geol. Soc. London,* vol. 138, pp. 735-743, 3 fig.

HALLAM A. (1988)- A re-evaluation of Jurassic eustasy in the light of new data and the revised Exxon curve: *In* C.K. WILGUS et *al.*, eds., Sea-level changes: An integrated approach: *SEPM, Spec. Publ.*, vol. 42, pp. 261-273.

HALLAM A. (1989)- The case for sea-level change as a dominant causal factor in mass extinction of marine invertebrates: *Philo. Transact. Roy., Soc., London*, vol. B325, pp. 437-455.

HALLAM A. (1997)- Estimates of amount and rate of sea-level change across the Rhaetian-Hettangian and Pliensbachian-Toarcian boundaries (latest Triassic and Early Jurassic). *Journ. Geol. Soc. London*, vol. 154, pp. 773-779

HAMMER Ø., HARPER D.A.T. & RYAN P.D. (2004)- PAST : PAleontological STatistics, version 1.30.

HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. (1988)- Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *In* C.K. WILGUS et *al.*, eds., Sea-level changes: An integrated approach: *SEPM, Spec. Publ.*, vol. 42, pp. 71-108.

HAUG E. (1892)- Communication sur l'étage Aalénien. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, Fasc. 20, pp. 174-177.

HAUG E. (1894)- Le système jurassique. *In* M.M. BERTHOLET (ed.) : *La Grande Encyclopédie*, Paris, vol. 21, pp. 322-331.

HAUG E. (1910)- Traité de Géologie-II. Les périodes géologiques, fasc. 2, Jurassique et Crétacé. *A. Colin* (ed.), Paris, pp. 929-1396.

HANTZPERGUE P. (1993)- Le seuil de résolution du temps est-il atteint par les ammonites au Mésozoïque ?.*Paléovox*, n° 2, France, pp. 31-42, 9 fig., 3 tabl.

HAY W.W. (1972)- Probabilistic stratigarphy. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 65, n° 2, pp. 255-266.

HENRIQUES M.H. (1992)- Biostratigrafia e Paleontologia (Ammonoidea) do Aaleniano em Portugal (Sector Setentrional da Bacia Lusitaniana). *Thèse Doct. Univ. Coimbra*, 301p, 59 fig., 7 pl.

HENRIQUES M.H. (1995)- Les faunes d'ammonites de l'Aalénien portugais : composition et implications paléobiogéographiques. *Geobios*, M.S. 18, pp. 229-235, 4 fig., 1 pl.

HENRIQUES M.H. (2000a)- Le GSSP du Bajocien (Cap Mondego, Portugal). *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 20-22, 2 fig.

HENRIQUES M.H. (2000b)- Biostratigraphie (*Ammonoïdea*) du passage Lias-Dogger dans le bassin Lusitanien : La coupe de S. GIAO (Portugal). *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 31-35, 2 fig., 1 pl.

HENRIQUES M.H., GARDIN S., GOMES C.R., SOARES A.F., ROCHA R.B., MARQUES J.F., LAPA M.R. & MONTENEGRO J.D. (1994)- The Aalenian-Bajocian boundary at Cabo Mondego (Portugal). *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 63-77, 7 fig., 2 pl.

HENRIQUES M.H. & MOUTERDE R. (2000b)- Importance des Graphoceratidés dans les associations enregistrées au GSSP du Bajocien (Cap Mondego, Portugal). *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 23-27, 3 fig., 1 pl.

HENRIQUES M.H., SADKI D. & MOUTERDE R. (1988)- Graphoceratidés (Ammonitina) de la base du Bajocien Portugais. *2nd Internat. Symp. Juras. Strati.* Lisboa, pp. 243-254, 1 fig., 1 pl.

HILLEBRANDT A. VON (1970)- Zur Biostratigraphie und Ammoniten-Fauna des südamerikanischen Jura (insbes. Chile). *N. Jb. Geol. Paläont.*, Stuttgart, vol. 136, n° 2, pp. 166-211, 3 fig., 2 tabl.

HILLEBRANDT A. VON (1973)- Die Ammonitengattungen *Bouleiceras* und *Frechiella* im Jura von Chile und Argentinien. *Eclogae geol. Helv.*, n° 66 (2), pp. 351-363.

HILLEBRANDT A. VON, WESTERMANN G.E.G., CALLOMON J.H. & DETTERMAN R.L. (1992)- Ammonites of the circum-Pacific region. *In*: G.E.G. WESTERMANN (ed.), The Jurassic of the Circum Pacific. *Camb. Univ. Press*, pp. 342-359.

HOHN M.E. (1982)- Properties of composite sections constructed by least-squares. *In* CUBITT J.M. & REYMENT R.A. (eds.) : Quantitative stratigraphic correlation. *John Wiley and Sons*, Chichester, pp. 107-117.

HOUSE M.R. (1985)- Mollusca. Class Cephalopoda. *In*: J.W. MURRAY (ed.), Atlas of invertebrate macrofossils. *The Palaeontological Association,* pp. 114-152.

IMLAY R.W. (1973)- Middle Jurassic (Bajocian) Ammonites from Eastern Oregon. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 756, pp. 1-100.

IMLAY R.W. (1982)- Late Bajocian Ammonites from Southern Alaska. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 1189, pp. 1-19.

INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2006)- International Stratigraphic Chart. (http:// stratigraphy.org).

JELETZKY J.A. (1965)- Is it possible to quantify biochronological correlation ? *Journal of Paleontology*, Tulsa, vol. 39, n° 1, pp. 135-140.

KOMALARJUN P. & SATO T. (1964)- Contributions to the geology and palaeontology of Southeast Asia, XIV. Aalenian (Jurassic) ammonites from Mae Sot, Northwestern Thailan. *Jap. J. Geol. Geogr.*, n° 35, pp. 149-161, 6 pl.

KOPIK J. (1974)- Genus *Cadomites* MUNIER CHALMAS 1892 (Ammonitina) in the Upper Bajocian and Bathonian of the Cracow-Wielun Jurassic range and the Gory Swietokrzyskie mountains (Southern Poland). *Bull. Geol. Inst.*, (276), pp. 7-53 p., 2 fig., 12 tabl., 11 pl.

KRYSTYN L. (1972)- Die Oberbajocium und Bathonium-Ammoniten der Klaus-Schichten des Steinbruches Neumühle bei Wien (Österreich). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, n° 76, pp. 195-310, 29 fig., 2 tabl. 24 pl.

LECUYER C., PICARD S., GARCIA J.P., SHEPPARD S.M.F., GRANDJEAN P. & DROMART G. (2003)- Thermal evolution of Tethyan surface waters during the Middle-Late Jurassique : Evidence from $\delta^{18}O$ values of marine fish teeth. *Paleoceanography*, vol. 18, n° 3, 1076, 16 p., 8 fig., 3 tabl.

LEKKERKERKER C.G. & BOLAND J. Ch. (1962)- Representation of a finite graph by a set of intervals on the real line. *Fund. Math.*, n° 51, pp. 45-64, 8 fig.

LELIEVRE T. (1960)- Etude des ammonites de l'Aalénien de deux gisements du Nord du Maroc (Prérif). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXX, pp. 15-50, 3 fig.

LINARES A. (1979)- El Aalenense de la Zona Subbética. *Cuad. Geol.*, n° 10, pp. 413-424.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1986)- *Malladaites* nov. gen. et *Spinammatoceras* (Hammatoceratidae, Ammonitina) de l'Aalénien de la Zone Subbétique, sud de l'Espagne. *Geobios*. n° 19, fasc. 2, pp. 207-224, 13 fig., 2 pl.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1988)- *Asthenoceras y Fontannesia* (Grammoceratinae ?, Ammonitina) del transito Aaleniense-Bajociense de la Zona Subbética (Sur de Espana). *Rev. Espanola de Paleont.*, n° 3, pp. 3-11, 2 fig., 1 pl.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1990)- The lower boundary of the Bajocian in the « Barranco de Agua Larga » section (Subbetic Domain, Southern Spain). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 13-22, 2 fig., 2 pl.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1992)- El género *Vacekia* (Grammoceratinae, Ammonitina) del Aaleniense de la Cordillera Bética. *Rev. Espanola de Paleont.*, n° Extra, pp. 91-99, 4 fig, 1 pl.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1993)- El Aaleniense de la Cordillera Bética (Sur de Espana): analisis bioestratigrafico y caracterizacion paleogeografica. *Rev. Soc. Geol.* Espana. n° 6, pp. 177-206.

LINARES A. & SANDOVAL J. (1996)- The genus *Haplopleuroceras* (Erycitidae, Ammonitina) in the Betic Cordillera, Southern Spain. *Geobios*, n° 29, pp. 287-305, 8 fig., 4 pl.

LINARES A., URETA S. & SANDOVAL J. (1988)- Comparison between the Aalenian ammonite associations from the Betic and Iberian Cordilleras : Elements of correlation. *2nd Internat. Symp. Juras. Stratigr.* Lisboa, pp. 193-208, 3 fig.

MAILLIOT S., MATTIOLI E., GUEX J. & PITTET B. (2006)- The Early Toarcian anoxia, a synchronous event in the Western Tethys ? An approach by quantitative biochronology (Unitary Associations), applied on calcareous nannofossils. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, (240), pp. 562-586, 9 fig.

MAROK A., ELMI S., SEBANE A., BENYAHIA M. & ZAOUI D. (2005)-Ammonite turnover and diachronism in the toarcian of the Maghreb Tethys : Quantitative biochronological approach. *18ème Colloque des Bassins Sédimentaires Marocains*, Fès, pp. 51-52.

MAROK A., MEHDID A.E.H. & STAMBOULI M.R. (2004)- Sédimentation carbonatée sous contrôle tectonique. Exemple : la partie orientale des Monts de Rhar Roubane (Algérie nord occidentale) au cours du Lias-début du Dogger. *1er Séminaire National des Sciences de la Terre* au *Développement Durable*, Tébessa, pp. 77-78.

MAROK A., SEBANE A., BENYAHIA M., HAMMOUDA S.A. & SOULIMANE C. (2004)- Renouvellement et diachronisme des foraminifères du Toarcien de la Téthys maghrébine : Approche par biochronologie quantitative. *Colloque Internat. Terre et Eau.* Annaba, pp. 96-99, 4 fig.

MAROK A., SEBANE A., MEKAHLI L. & ELMI S. (2007)- Quantitative Biogeography of the Upper Aalenian-Lower Bajocian Ammonites (Western Tethys) : Application of the Multivariate Methods. *Medwell Journals*, n° 2, pp. 113-118, 4 fig., 2 tabl.

MARTINEZ G. (1992)- Hammatoceratinae (Ammonitina) del Toarciense superior y Aaleniense en la Cordillera Ibérica, *Tesis Doct. Univ. Complutense, Madrid* , 331 p.

MAUBEUGE P.L. (1955)- Les Ammonites aaléniennes, bajociennes et bathoniennes du Jura Suisse septentrional. Ière partie. *Mém. Suisses Paléont.*, Vol. 71, pp. 1-48, 11 pl.

MAUBEUGE P.L. (1961)- Catalogue des Ammonites du Jurassique inférieur et moyen (Hettangien à Bathonien) du Musée cantonal de Bâle-Campagne. *Tätigk. Natur. Gesell. Basell.* 1ère partie, Vol. 22, pp. 27-164.

MAUBEUGE P.L. (1964)- Sur la valeur de l'étage Aalénien et le problème de la coupure Jurassique inférieur et moyen. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 258, pp. 2866-2868.

MAUBEUGE P.L. (1967)- Catalogue des Ammonites du Jurassique inférieur et moyen (Hettangien à Bathonien) du Musée cantonal de Bâle-Campagne. *Tätigk. Natur. Gesell. Basell.* 2ème partie, Vol. 25, pp. 43-130.

MAUBEUGE P.L. (1969)- Catalogue des Ammonites du Jurassique inférieur et moyen (Hettangien à Bathonien) du Musée cantonal de Bâle-Campagne. *Tätigk. Natur. Gesell. Basell.* 3ème partie, Vol. 26, pp.13-64.

MAUBEUGE P. L. (1994)- Sur quelques *Hyperlioceras* et autres Ammonites bajociennes du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, pp. 365-371, 4 fig.

MAUBEUGE P.L. & LAMBERT R. (1955)- Sur quelques Ammonites aaléniennes d'Argentine. *Bull. Soc. Géol. Paléontol. Hydrol.*, Tome LXIV, pp. 620-624, 1 pl.

MAYER-EYMAR C. (1864)- Tableau de synchronisation des terrains jurassiques. Zürich.

McARTHUR J.M., MORTON N. & THIRLWALL M.F. (2000)- Strontium isotope stratigraphy of the Aalenien-Bajocian auxiliary stratoype point at Bearreraig, Isle of Skye, NW Scotland. *GeoResearch Forum,* Vol. 6, pp. 137-144.

MILLENDORF S.A. & MILLENDORF M.T. (1982)- The conceptual basis for lateral tracing of biostratigraphic units. Quantitative Stratigraphic Correlation. *John Wiley & Sons Ltd*, pp. 101-106.

MONNET C. & BUCHER H. (1999)- Biochronologie quantitative (associations unitaires) des faunes d'ammonites du Cénomanien du Sud-Est de la France. *Bull. Soc. géol. France*, t. 170, n° 5, pp. 599-610, 7 fig.

MONNET C. & BUCHER H. (2002)- Cenomanian (early Late Cretaceous) ammonoid faunas of Western Europe. Part I : Biochronology (Unitary Associations) and diachronism of datums. *Eclogae geol. Helv.* 95, pp. 57-73, 9 fig.

MONNET C., BUCHER H., ESCARGUEL G. & GUEX J. (2003)- Cenomanian (early Late Cretaceous) ammonoid faunas of Western Europe. Part II : Diversiy patterns and the end-Cenomanian anoxic event. *Eclogae geol. Helv.* 96, pp. 381-398, 16 fig.

MORTON N. (1971)- The standard zones of the Aalenian *Stage. Ann. Inst. Geol. Pub. Hungary*, vol. LIV, fasc. 2, pp. 433-437.

MORTON N. (1975)- Bajocian Sonniniidae and other ammonites from western Scotland. *Palaeontology*, vol. 18, pp. 41-91, 12 pl.

MORTON N. (1976)- Bajocian (Jurassic) stratigraphy in Skye, western Scotland. *Scot. Journ. Geol., Glasgow*, vol. 12, pp. 23-33.

MORTON N. (1983)- Pathologically deformed *Graphoceras* (Ammonitina) from the Jurassic of Skye, Scotland, *Palaeontology*, Vol. 26, pp. 443-453, 4 tab., 4 fig., 1 pl.

MORTON N. (1984)- Aalenian- Bajocian boundary at Bearreraig, Isle of Skye, Scotland. *In* O. MICHELSEN & A. ZEISS (ed.): *Internat. Sympos, Jurs. Stratigr.*, Erlangen 1984. *Geol. Surv. Denmark*, vol. II, pp. 341-351, 1 fig.

MORTON N. (1990)- Bearreraig (Isle of Skye, N.W. Scotland) as boundary stratotype for the base of the Bajocian stage. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 23-48, 6 fig., 3 pl.

MORTON N. (1994a)- Stratigraphical markers in the Aalenian-Bajocian boundary succession at Bearreaig, Isle of Skye, Scotland. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 79-90, 6 fig.

MORTON N. & CHANDLER R. B. (1994b)- Ammonite biostratigraphy of the Aalenian-Bajocian boundary : comparison of faunal horizons in Dorset/Somerset and Isle of Skye. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 91-92.

MOUTERDE R. (1961)- Colloque sur le Lias français. Rapport IV, Corrélations (divisions et limites) et conclusions. *Mém. B.R.G.M., France*, n° 4, pp. 407- 415, 2 fig.

MOUTERDE R. (1962)- Suggestion pour la défense de l'Aalénien. *Coll. Jurass*, Luxembourg, pp. 217-220.

MOUTERDE R. (1971)- Esquisse de l'évolution biostratigraphique de la Péninsule Ibérique au Jurassique. *Cuad. Geol. Ibérica.*, vol. 2, pp. 21-31

MOUTERDE R. (1991)- Données paléontologiques sur les ammonites de la limite Aalénien-Bajocien présentées à Piobicco (1988). *In* N. MORTON (ed.) : *Proc. Conf. Aal. Baj. Stratigr.*, Isle of Skye, Scotland, pp. 125-129.

MOUTERDE R., CHEVALLIER T., CORNA M. & SADKI D. (1990)- Variations eustatiques et évolution des ammonites au Lias et au Bajocien. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. VI, n° 6, pp. 985-988.

MOUTERDE R. & ELMI S. (1993)- Eléments de comparaison entre les faunes liasiques d'ammonites du Nord-ouest européen, de la Téthys occidentale et de l'Ouest de l'Amérique du nord. *Geobios*, M.S., n° 15, pp. 313-315.

MOUTERDE R., ENAY R., CARIOU E., CONTINI D., ELMI S., GABILLY J. MANGOLD C., MATTEI J., RIOULT M, THIERRY J. & TINTANT H. (1971)- Les zones du Jurassique en France. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, Fasc. 6, pp. 1-27.

MOUTERDE R., KERRIEN Y., LABOURGUIGNE J. & MANIVIT J. (1966)- Le Lias et le Bajocien de La Javie (Basses-Alpes). *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. VIII, pp. 347-352.

MOUTERDE R., RAMALHO M., ROCHA R.B., RUGET C. & TINTANT H. (1971)-Le Jurassique du Portugal : Esquisse stratigraphique et zonale. *Bul. Soc. géol. Portugal*, Vol. XVIII, pp. 73-104.

MOUTERDE R., ROCHA R.B., & RUGET C. (1980)- Stratigraphie et faune du Lias et de la base du Dogger au Nord du Mondego (Quiaios et Brenha)(parties 2 à 4). *Com. Serv. Geol. Portugal*, t. 66, pp. 79-97, 1 fig.

MOUTERDE R., RUGET C. (1975)- Esquisse de la paléogéographie du Jurassique inférieur et moyen au Portugal. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVII, n° 6, pp. 779-786.

MOUTERDE R., RUGET C. & CALOO B. (1972)- Les limites d'étages : Examen du problème de la limite Aalénien-Bajocien. *Mém. B.R.G.M., France*, n° 77, pp. 59-68, 2 tabl.

MOUTERDE R., SADKI D., CHEVALLIER T. & FERRY S. (1989)- Sea level changes and ammonite turnovers in the Bajocian of the Vocontian Trough (S-E France)- *2ème Congr. Franc. Sédim.*, Lyon. pp. 48-50.

MOYNE S., NEIGE P., MARCHAND D. & THIERRY J. (2004)- Répartition mondiale des faunes d'ammonites au Jurassique moyen (Aalénien supérieur à Bathonien moyen) : relations entre biodiversité et paléogéographie. *Bull. Soc. géol. France*, t. 175, n° 5, pp. 513-523, 5 fig.

NEWTON C.R. (1988)- Significance of 'Tethyan' Fossils in the American Cordillera. *Science*, n° 242, pp. 385-391.

O'DOGHERTY L., SANDOVAL J. & VERA J.A. (2000)- Ammonite Faunal turnover tracing sea-level changes during the Jurassic (Betic Cordillera, southern Spain). *Journ. Geol. Soc*. London, Vol. 157, pp. 723-736, 10 fig.

OHMERT W. (2000)- The nature of biostratigraphic boundries in the early middle Jurassic of south west Germany. *GeoResearch Forum*, Vol. 6, pp. 145-152, 4 fig.

OHMERT W., PRAUSS M. & WEISS M. (1991)- The Toarcian-Aalenian boundary at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany), a possible boundary stratotype for the Aalenian. *In* M. MORTON (ed.): *Proc. Conf. Aal. Baj. Stratigr.*, Isle of Skye, Scotland 1991, pp. 7-31, 11 fig., 2 pl.

OHMERT W. & WEISS M. (1988)- Reports of the working-Groups. Toarcian-Aalenian. *2nd Internat. Symp. Juras. Strati.* Lisboa, pp. 13-14.

OHMERT W. & ROLF Ch. (1994)- The Aalenian boundaries at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany). . *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 33-61, 9 fig., 5 pl.

OUAHHABI B. (1994)- Le Lias et le Dogger inférieur des Béni Snassen orientaux (Maroc) : Stratigraphie, Paléontologie et Dynamique du bassin. Comparaison avec les Monts d'Oujda et les régions limitrophes. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. Mohamed 1er*, 495 p., 89 fig., 15 pl.

PALLINI G., ELMI S. & GASPARRI F. (2004)- Late Toarcian-late Aalenian Ammonites assemblage from MT Magaggiaro (Western sicily, Italy). *Geologica Romana*, n° 37, 1-55 p., 3 tabl., 13 pl.

PARSONS C.F. (1974)- The sauzei and «so called » sowerbyi Zones of the Lower Bajocian. *Newsl. Stratigr.*, Leiden, vol. 3, pp. 153-180, 4 fig., 2 tabl.

PARSONS C.F. (1979)- A stratigraphic revision of the Inferior Oolite of Dundry Hill Bristol. *Proc. Geol. Soc.*, (90), pp. 133-151, 3 fig., 4 tabl., 2 pl.

PAVIA G. (1969)- Nouvelles données sur le Bajocien de Digne (Basses-Alpes) : Coexistence de *Normannites*, *Itinsaites*, *Stemmatoceras*, *Teloceras*, avec les premiers représentants de la superfamille *Perisphinctaceae* à la base de la zone à Subfurcatum. *Boll. Soc. Geol. It.,* Roma, 88, pp. 445-451, 4 fig.

PAVIA G. (1983)- Monographie II- Ammoniti e biostratigrafia del Baiociano inferiore di Digne (Francia SE, Dip. Alpes-Haute- Provence). *Mus. Reg. Sci. Nat.,* Torino, 254 p., 34 fig., 32 pl.

PAVIA G. (1990)- The basal Bajocian boundary in the Digne area (SE France) : Commentary note.). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 61-62.

PAVIA G. & CRESTA S. (Coords.) (2002)- Revision of Jurassic ammonites of the Gemmellaro collections. *Quad. Museo G.G. Gemmellaro*, Palermo, (6), 408 p., 242 fig.

PAVIA G. & ENAY R. (1997)- Definition of the Aalenian-Bajocian Stage boundary. *Episodes*, Vol. 20, n° 1, pp. 16-22.

PAVIA G. & STURANI C. (1968)- Etude biostratigraphique du Bajocien des chaînes subalpines aux environs de Digne (Basses-Alpes). *Boll. Soc. Geol. Italiana*, Rome, vol. 87, pp. 306-316, 3 fig.

POULTON T.P. & TIPPER H.W. (1991)- Aalenian ammonites and strata of western Canada. *Geol. Surv. Can.*, n° 411, pp. 1-71.

POULTON T.P., HALL R.L., TIPPER H.W., CAMERON B.E.B. & CARTER E.S. (1991)- Courrent status of Middle Jurassic biostratigraphy of the Queen Charlotte Islands, British Columbia. *Geol. Surv. Can.*, n° 90-10, pp. 237-252.

RICCARDI A.C. (1991)- Jurassic and Cretaceous marine connections between the Southeast Pacific and Tethys. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, n° 87, pp. 155-189.

RICCARDI A.C., WESTERMANN G.E.G. & DAMBORENEA S.E. (1990)- 3. South America and Antarctic Peninsula. 3.2 Middle Jurassic of South America and Antarctic Peninsula. Contr.: (BALDONI A.M., BALLENT S., BONAPARTE J.F., MANCENIDO M.O., GASPARINI Z., QUATTROCCHIO M.E., SCAFATI L.H., THOMSON M.R.A. & VOLKHEIMER W.). *Newsl. Stratigr.*, vol. 21, pp. 105-128, 10 charts.

RIEBER H. (1984)- Aalenian, present status and open problems. *In* MICHELSEN O. & ZEISS A. (ed.): *Internat. Sympos, Jurs. Stratigr.*, Erlangen 1984. *Geol. Surv. Denmark*, vol. I, pp. 47-54, 1 tabl.

RIOULT M. (1964)- Le stratotype du Bajocien. *Coll. Juras.*, Luxembourg (1962), *Publ. Inst. Gr. Duc., Sect. Sci. Nat. Phys. Nat.*, pp. 239-258.

RIOULT M. (1967)- Contribution à l'étude du Lias de la bordure occidentale du Bassin de Paris. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. Caen*, n° CNRS. AO. 1798, 3 vol., 565 p.

RIOULT M. (1971)- Alcide d'Orbigny et les étages du Jurassique. *Mém. B.R.G.M.*, France, n° 75, pp. 17-33.

RIOULT M. (1980)- Les étages français et leurs stratotypes. Bajocien. *Mém. B.R.G.M., France*, n° 109, pp. 73-83, 3 fig.

RIOULT M. (1994)- Révision critique de la paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. (Pub. J-C. FISCHER), Vol. 1 : Céphalopodes jurassiques, *ed. Masson, Mus. Nat. Hist. Natur.*, 340 p., 42 fig., 90 pl.

RIOULT M., CONTINI D., ELMI S. & GABILLY J. (avec la participation de MOUTERDE) (1997)- Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : Zonation parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *In* : GROUPE FRANÇAIS D'ETUDE DU JURASSIQUE : Bajocien, 41-53. CARIOU E. & HANTZPERGUE P. (coord.). *Bull Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, Mém. 17, 440 p., 6 fig., 79 tabl., 42 pl.

RIOULT M. & FILY G. (1980)- Stratotype du Bajocien et parastratotypes du Bathonien sur les cotes du Calvados, Normandie. *Bull. Inf. Géol. bass.* Paris, n° h-s, 12 p.

REBOULET S. (1995)- L'évolution des ammonites du Valanginien-Hauterivien inférieur du bassin Vocontien et de la plate-forme provençale (Sud-Est de la France) : Relations avec la stratigraphie séquentielle et implications biostratigraphiques. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 137, 371 p., 44 fig., 38 pl.

REBOULET S. & ATROPS F. (1995)- Rôle du climat sur les migrations et la composition des peuplements d'ammonites du Valanginien supérieur du bassin Vocontien (S-E de la France). *Géobios* M.S. 18, pp. 357-365, 3 fig.

ROCHA R.B. (1976)- Estudo estratigrafico e paleontologico de Jurassico de Algarve ocidental. *Centr. Estr. Univ. Lisboa*, 178 p., 6 tt.

ROCHA R.B., HENRIQUEZ M.H., SOARES A., MOUTERDE R., CALOO B., RUGET C. & FERNANDEZ-LOPEZ S. (1990)- The Cabo Mondego section as a possible Bajocian boundary stratotype. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 49-60, 2 fig., 3 pl.

ROLLIER L. (1913)- Sur quelques ammonoïdes jurassiques et leur dimorphisme sexuel. *Extr. Archi. Sci. Phys. Nat., Genève*, 4ème période, t. XXXV, pp. 263-288, 12 fig.

ROUGET I., NEIGE P & DOMMERGUES J.L. (2004)- L'analyse phylogénétique chez les ammonites : état des lieux et perspectives. *Bull. Soc. géol. France*, t. 175, n° 5, pp. 507-512, 1 fig.

ROUSSELLE B. (1997)- Partition stratigraphique des faciès et des volumes de dépôts en domaine de plate-forme carbonatée : Exemple dans l'Aalénien du Sud-Est de la France. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 143, 225 p., 55 fig., 7 pl.

RUBEL M. (1978)- Principales of construction and use of biostratigraphical scales for correlation. *Computers and Geosciences*, Oxford, vol. 4, n° 3, pp. 243-246.

RULLEAU L. (1992)- Les Hammatoceratidae du Toarcien et de l'Aalénien de la région lyonnaise. *Publ. Com. Entr. Lafrage*, Lozanne, 15 p. 37 pl.

RULLEAU L. (1994)- les Graphoceratidae du Toarcien supérieur et de l'Aalénien de la région lyonnaise. *Publ. Com. Entr. Lafarge*, Lozanne, 12 p., 2 fig., 28 pl.

RULLEAU L. (1997)- Les fossiles du Bajocien de la région lyonnaise. *Section « Géologie-Paléontologie ». C.E. Lafarge éd.*, Lozanne, 13 p., 28 pl.

RULLEAU L. (2006)- Biostratigraphie et paléontologie du Lias supérieur et du Dogger de la région lyonnaise. *Publ. Com. Entr. Lafarge*, 382 p., 34 fig., 116 pl.

RULLEAU L., BECAUD M. & NEIGE P. (2003)- Les ammonites traditionnellement regroupées dans la sous-famille des Bouleiceratinae (Hildoceratidae, Toarcien) : aspects phylogénétiques, biogéographiques et systématiques. *Geobios*, n° 36, pp. 317-348, 4 pl.

RULLEAU L. & ELMI S. (2000)- Le passage Lias-Dogger dans la région lyonnaise. *Strata,* Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 59-60, 1 fig.

RULLEAU L., ELMI S. & THEVENARD B. (2001)- Géologie et paléontologie des dépôts ferrugineux du Toarcien et de l'Aalénien aux environs de Lyon. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 154, 153 p., 24 fig., 31 pl.

SADKI D. (1984)- Biostratigraphie et paléontologie des ammonites de quelques gisements du Bajocien inférieur du Maroc, de France et de Portugal. *Thèse 3ème cycle, Univ. Cl. Bernard*, Lyon I, 188 p., 44 fig., 21 tabl., 6 pl.

SADKI D. (1988)- Les genres *Bradfordia* et *Praeoppelia* (Ammonitina, Haploceratacea) dans l'Aalénien supérieur et le Bajocien inférieur du Haut-Atlas marocain et du Portugal. *2nd Internat. Symp. Juras. Stratigr.* Lisboa, pp. 225-242, 2 fig., 1 pl.

SADKI D. (1990)- Les derniers Grammoceratinae et les derniers Hammatoceratinae du Bajocien inférieur du Haut-Atlas marocain. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 205-214, 3 fig., 1 pl.

SADKI D. (1991)- Proposition de la région de Rich (Haut-Atlas central marocain) comme stratotype auxiliaire subméditerranéen pour la limite Aalénien-Bajocien. *Géobios*, M.S. 17, pp. 431-440, 4 fig., 2 pl.

SADKI D. (1992a)- Les variations de faciès et les discontinuités de sédimentation dans le Lias-Dogger du Haut-Atlas central (Maroc) : chronologie, caractérisation, corrélations. *Bull. Soc. géol. France*, t. 163, n° 2, pp. 179-186.

SADKI D. (1992b)- Le Haut-Atlas central (Maroc) : Stratigraphie et paléontologie du Lias supérieur et du Dogger inférieur. Dynamique du bassin et des peuplements. *Thèse. Doct. d'Etat, Univ. Cadi Ayyad,*, 331 p., 50 fig., 10 pl.

SADKI D. (1994a)- L'Aalénien supérieur et le Bajocien inférieur du Haut-Atlas marocain : Révision biostratigraphique et corrélations. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 177-190, 7 fig.

SADKI D. (1994b)- La région de Rich (Haut-Atlas central marocain) une des localités types pour le choix de la limite Aalénien-Bajocien. *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 313-321, 5 fig.

SADKI D. (1996)- Le Haut-Atlas central (Maroc) : Stratigraphie et paléontologie du Lias supérieur et du Dogger inférieur. Dynamique du bassin et des peuplements. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 142, 245 p., 50 fig., 10 pl.

SADKI D. (2000)- Le Lias supérieur et la base du Dogger, une période de bouleversement bio-sédimentaires et tectono-eustatiques dans le Haut-Atals central Marocain. *Strata*, sér. 1, vol. 10, pp. 109-111.

SADKI D. & ELMI S. (1991)- Fluctuations de la composition des peuplements d'ammonoïdes en relation avec la dynamique sédimentaire au passage Aalénien-Bajocien dans le Haut-Atlas central marocain. *In* N. MORTON (ed.) : *Proc. Conf. Aal. Baj. Strat.*, Isle of Skye , Scotland, pp. 113-122, 2 fig.

SADKI D. & MOUTERDE R. (1994c)- Ammonites de l'Aalénien supérieur et du Bajocien inférieur à affinités ouest américaines dans le Haut-Atlas marocain. . *Misc. Serv. Geol. Nazion.* Roma, vol. 5, pp. 191-201, 2 pl.

SANDOVAL J. (1983)- Bioestratigrafia y paleontologia (Stephanocerataceae y Perisphinctaceae) del Bajocense y Bathonense en las Cordilleras Beticas. *Doctoral thesis, Univ. Granada*, t. I (texte) : 613 p., 156 fig., t. II (Atlas) : 72 pl.

SANDOVAL J. (1985)- Los Strigoceratidae (Ammonitina) del Bajocense de la zona subbetica (sur de Espana). *Mediterranea Ser. Geol.*, n° 4, pp. 85-112, 7 fig., 2 pl.

SANDOVAL J. (1990)- A revision of the Bajocian divisions in the Subbetic Domain (southern Spain). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 141-162, 8 fig., 4 pl.

SANDOVAL J. & CHANDLER R.B. (2000)- The Sonniniid ammonite Euhoploceras from the Middle Jurassic of south-west England and southern Spain). *Palaeontology*, Vol. 43, Part 3, pp. 495-532, 7 fig., 13 pl.

SANDOVAL J., HENRIQUES M.H., URETA S., GOY A. & RIVAS P. (2001)- The Lias/Dogger boundary in Iberia: Betic and Iberian cordilleras and Lusitanian basin. *Bull. Soc. géol. France*, t. 172, n° 4, pp. 387-395.

SANDOVAL J., JIMENEZ G., MORENO J., ROMERO G. & TRIVES V. (1999)- Early Bajocian ammonite assemblages from Campillo de Arenas area (central sector of the Betic Cordillera, southern Spain. *EPA Workshop,* Lisboa, Portugal, pp. 108-112, 4 fig.

SANDOVAL J. & LINARES A. (1990)- The lower boundary of the Bajocian in the "Barranco de Agua Larga" section (Subbetic Domain, Southern Spain).). *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, Vol. XL, pp. 13-22, 2 fig., 2 pl.

SANDOVAL J., LINARES A. & HENRIQUES M.H. (2000)- The Middle Jurassic genus *Riccardiceras* (Otoitidae, Ammonitina) in the Westernmost Tethys : Betic Cordillera and Lusitanian Basin. *Rev. Paléobiol.,* Vol. spéc. n° 8, pp. 29-44, 3 fig., 4 pl.

SANDOVAL J., O'DOGHERTY L. & GUEX J. (2001)- Evolutionary rates of Jurassic ammonites in relation to sea-level fluctuations. *Palaios*, vol. 16, pp. 311-335.

SANDOVAL J., O'DOGHERTY L., VERA J.A. & GUEX J. (2002)- Sea-level changes and ammonite faunal turnover during the Lias/Dogger transition in the western Tethys. *Bull. Soc. géol. France*, t. 173, n° 1, pp. 57-66.

SANDOVAL J. & WESTERMANN G.E.G. (1986)- The Bajocian (Jurassic) ammonite fauna of Oaxaca, Mexico. *Journal of Paleontology*, Vol. 60, n° 6, pp. 1220-1271, 39 fig.

SAVARY J. & GUEX J. (1991)- BioGraph : un nouveau programme de construction des corrélations biochronologiques basées sur les associations unitaires. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 313 : pp. 317-340.

SATO T. (1954)- Découverte de *Tmetoceras* dans le plateau de Kitakami au Nord du Japan. *Jap. J. Geol. Geogr.*, n° 24, pp. 11-121.

SATO T. & WESTERMANN G.E.G. (1991)- Japan and Southeast Asia. *In* G.E.G. WESTERMANN & A.C. RICCARDI (ed.)- Jurassic taxa ranges and correlation charts for the circum Pacific. *Newsl. Stratigr.*, Stuttgart, vol. 24, pp. 81-108, 5fig.

SATO T., WESTERMANN G.E.G., SKWARKO S.K. & HASIBUAN F. (1978)- Jurassic biostratigraphy of the Sula Islands, Indonesia. *Bull. Geol. Surv. Indonesia*, vol. 4, pp. 1-28, 8 fig., 1 tabl.

SAVARY J. & GUEX J. (1999)- Discrete biochronological scales and unitary associations: Description of the BioGraph computer program. *Mém. Géol.*, Lausanne, n° 34, 300 p.

SCHAAF A. (1985)- Un nouveau canevas biochronologique du Crétacé inférieur et moyen : les biozones à Radiolaires. *Bull. Sci. Géol.*, 38/3, pp. 227-269.

SCHAAF A. (1994)- Quand la terre fait la danseuse. *Journées spécialisées Soc. Géol. France*, Lyon, p. 28.

SCHLEGELMILCH R. (1985)- Die Ammoniten des Süddeutschen Doggers. *G. Fischer (ed.)*, Stuttgart, 149 p. 59 pl.

SCHINDEWOLF O.H. (1961-1968)- Studien zur Stammgeschichte der Ammoniten. *Abh. Akad. Wissenschaften und der literatur, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse*, 901 p., 478 fig., 3 pl.

SCHWEIGERT G. (1996)- Seltene Ammoniten aus dem Opalinuston (Unter-Aalenium) des Schwäbischen Jura (Baden-Württemberg). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, ser. B, vol. 244, pp. 1-17, 4 pl.

SHAW A.B. (1964)- Time in stratigraphy. *McGraw-Hill Book Co*, New-York, 365 p.

SMITH P.L., WESTERMANN G.E.G., STANLEY JR. G.D. & YANCEY T.E. (1990)- Paleobiogeography of the Ancient Pacific. *Science*, n° 249, pp. 680-683.

SOARES A.F., ROCHA R.B., ELMI S., HENRIQUES M.H., MOUTERDE R., ALMERAS Y., RUGET C., MARQUES J., DUARTE L., CARAPITO M.C. & KULLBERG J.C. (1993)- Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un « rift avorté ». *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 217, sér. II, pp. 1659-1666.

STURANI C. (1971)- Ammonites and stratigraphy of the "*Posidonia alpine*" beds of the venetians Alps. *Mem. Inst. Geol. Min.* Univ. Padova, Vol. 28, pp. 1-190, 46 fig., 16 pl.

TAYLOR D.G. (1988)- Middle Jurassic (late Aalenian and early Bajocian) ammonite biochronology of the Snowshoe Formation, Oregon. *Oregon Geology*, vol. 50, n° 11/12, pp. 123-138, 3 fig., 4 pl.

THIERRY J. (1976)- Paléobiogéographie de quelques Stephanocerataceae (Ammonitina) du Jurassique moyen et supérieur ; une confrontation avec la théorie mobiliste. *Géobios*, n° 9, fasc. 3, pp. 291-331, 9 fig.

THIERRY J. (1981)- L'application des méthodes quantitatives en paléontologie des Ammonites. *Inter. Symp. Concept. Meth. Paleo*. Barcelona, pp. 269-279, 7 fig.

THIERRY J. (1982)- Téthys, Mésogée et Atlantique au Jurassique : quelques réflexions basées sur les faunes d'Ammonites. *Bull. Soc. géol. France,* (7), XXVI, n° 5-6, pp. 1053-1067.

THIERRY J. (1994)- La biostratigraphie aujourd'hui en France : concepts, méthodes et usages. *Strata. 1er Congrès Français de Stratigraphie*, Sér. 1, vol. 6, p. 30.

TINTANT H. (1966)- La notion d'espèce en Paléontologie. *Mises à jour Scientifiques*, I, n° 3, pp. 273-294.

TINTANT H. (1972)- La conception biologique de l'espèce et son application en stratigraphie. *Mém. B.R.G.M., France*, n° 77, pp. 77-87.

TINTANT H. (1974)- Les méthodes quantitatives en paléontologie ; domaines d'application et limites. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVI, n° 4, p. 333-335.

TINTANT H. (1977)- Le polymorphisme intraspécifique en paléontologie (exemples pris chez les ammonites). *Haliotis*, Vol. 6, pp. 49-69

TINTANT H. (1978)- L'évolution et le temps : Les fossiles, chronomètre de l'histoire de la vie. *Rev. Questions Scientifiques*, Tome 149, n° 1, 54 p.

TINTANT H., MARCHAND D. & MOUTERDE R. (1982)- Relations entre les milieux marins et l'évolution des ammonoïdes : les radiations adaptatives du Lias. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXVI, n° 5-6, pp. 951-961.

TINTANT H. & MOUTERDE R. (1981)- Classification et Phylogenèse chez les ammonites jurassiques. *Inter. Symp. Concept. Meth. Paleo* . Barcelona, pp. 85-101.

TUCHKOV I.I. (1967)- New data on stratigraphy of Middle Jurassic sediments on the lower course of the Lena River. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, Moskva, t. 8 , n° 175, pp. 1355-1358, 3 fig.

URETA M.S. (1985)- Bioestratigrafia y Paleontologia (*Ammonitina*) del Aaleniense en el sector noroccidental de la Cordillera Ibérica. *Tesis Doct. Univ. Complutense, Madrid* (1983), 452 p.

VRIELYNCK B. & BOUYSSE P. (2001)- Le visage changeant de la Terre. L'éclatement de la Pangée et la mobilité des continents au cours des derniers 250 millions d'années en 10 cartes. *Comm. Cart. Géol. Monde*, 32 p.

WESTERMANN G.E.G. (1964a)- El Hammatoceratido Podagrosiceras Athleticum Maubeuge y Lambert, del Bayociano inferior (Aaleniano) del Neuquen central, Argentina (Ammonitina, Jurasico). *Rev. Asoc. Paleont. Argentina*, t. III, n° 6, pp. 173-181, 2 fig., 1 pl.

WESTERMANN G.E.G. (1964b)- Sexual-Dimorphismus bei Ammonoideen und seine Bedeutung für die Taxionomie der *Otoitidae*. (Einschliesslich *Sphaeroceratinae*; *Ammonitina,* M. Jura). *Palaeontographica*, n° 124, pp. 33-73, 14 fig., 4 pl.

WESTERMANN G.E.G. (1969)- The ammonite fauna of the Kialagvik Formation at Wide Bay, Alaska Peninsula, Part II. Sonninia sowerbyi Zone (Bajocian). *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 57, n° 255, pp. 1-226, 57 fig., 47 pl.

WESTERMANN G.E.G. (1967)- Sucesion de Ammonites del Jurasico medio en Antofagasta, Atacama, Mendoza y Neuquen. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. XXII, n° 1, pp. 65-73, 3 fig.

WESTERMANN G.E.G. (1975)- Bajocian Ammonoid Fauna of Tethyan affinities from the Kambe Limestone Series of Kenya and implication to plate tectonics. Newsl. *Stratigr*. Vol. 4, n° 1, pp. 23-48, 6 fig., 2 pl. 1 tab.

WESTERMANN G.E.G. (1977)- Comment to HALLAS'S conclusion regarding the first marine connection between the eastern Pacific and western Tethys. *In*: WEST, R.M. (ed.). Paleontology and Plate tectonics. *Milwaukee Pub. Mus. Spec. Publ. Biol. Geol.*, n° 2, pp. 35-38, 2 fig.

WESTERMANN G.E.G. (1980)- Ammonite Biochronology and Biogeography of the Circum-Pacific Middle Jurassic. *In* the "Ammonoidae", M.R. HOUSE & J.R. SENIOR (ed.), Academic Press, London & New York, *Syst. Assoc.,* Spec. Vol. 18, pp. 459-498, 16 fig.

WESTERMANN G.E.G. (1981)- The Upper Bajocian and Lower Bathonian (Jurassic) ammonite faunas of Oaxaca, Mexico and West-Tethyan affinities. *Paleont. Mexicana,* n° 46, pp. 1-39, 5 fig., 11 pl.

WESTERMANN G.E.G. (1990)- New developments in ecology of Jurassic-Cretaceous ammonoids. *Atti II Conv. Int. F.E.A. Pergola*, 1987, PALLINI et *al.* (ed.) Fossili, evoluzione, ambiente. pp. 459-478.

WESTERMANN G.E.G. (1992)- Limits of global bio-event correlation: diachronous ammonite "extinction" across Jurassic bioprovinces. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. XXXXVII, n° 4, pp. 353-364, 13 fig.

WESTERMANN G.E.G. (1993)- Global bio-events in mid-Jurassic ammonites controlled by seaways. The Ammonoidea : *Env. Ecol. Evol. Change* (ed. M.R. HOUSE), Syst. Ass. Spec., Oxford, Vol. 47, pp. 187-226, 10 fig.

WESTERMANN G.E.G. (2000)- Biochore classification and nomenclature in paleobiogeography: an attempt at order. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, n° 158, pp. 1-13.

WESTERMANN G.E.G. (2001)- Modes of extinction, pseudo-extinction and distribution in Middle Jurassic ammonites: terminology. *Can. J. Earth Sci.*, n° 38, pp. 187-195, 4 fig.

WESTERMANN G.E.G & GETTY T.A. (1970)- New Middle Jurassic Ammonitinae from New Guinea. *Bull. Amer. Paleont.*, New York, vol. 57, n° 256, pp. 231-321, 25 fig.

WESTERMANN G.E.G. & RICCARDI A.C. (1972)- Amonitas y Estratigrafia del Aaleniano-Bayociano en los Andes argentino-chilenos. *Ameghiniana*, t. IX, n° 4, pp. 357-389, 7 fig., 1 tabl.

WESTERMANN G.E.G. & RICCARDI A.C. (1982)- Ammonoid fauna from the Early Middle Jurassic of Mendoza Province, Argentina. *Journ. Paleont.*, vol. 56, n° 1, pp. 11-41, 7 fig., 6 pl.

WESTERMANN G.E.G. & RICCARDI A.C. (1985)- Middle Jurassic Ammonite Evolution in the Andean Province and Emigration to Tethys. *In* U. BAYER & A. SEILACHER (ed.): *Sedimentary and Evolutionary Cyles*. Lecture Notes Earth Sci., Vol. 1, pp. 6-34, 9 fig., 1 tab., Springer, Berlin.

WESTERMANN G.E.G., RICCARDI A.C., PALACIOS O. & RANGEL C. (1980)- Jurasico medio en el Peru. *Bol. Ins. Geol. Min. Metal.*, ser. D, n° 9, pp. 1-47, 9 fig., 6 pl.

WESTERMANN G.E.G. & WANG Y. (1988)- Middle Jurassic ammonites of Tibet and the age of the lower Spiti Shales. *Palaeontology*, London, vol. 31, Part 2, pp. 295-339, 12 fig., 5 pl.

ZIEGLER B. (1967)- Ammoniten-Ökologie am Beispiel des Oberjura. *Geol. Rdsch.*, (56), pp. 439-464.

ZITTEL K.A. (1884)- Handbuch der Paleontologie. München, Berlin, 893 p.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Pages

Fig. 1- Emplacement paléogéographique des bassins analysés de l'Aalénien supérieur au Bajocien inférieur (d'après DE WEVER et *al.*, 1994, modifié)..... 15
Fig. 2- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum au Maroc..... 19
Fig. 3- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum (Angleterre, Portugal et Espagne)..... 19
Fig. 4- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Concavum (France et Italie)..... 20
Fig. 5- Zonation de l'Aalénien supérieur et du Bajocien inférieur adoptée dans cette étude (d'après le **G**roupe **F**rançais d'**E**tude du **J**urassique, 1997)... 24
Fig. 6- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites au Maroc..... 25
Fig. 7- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites (Angleterre, Portugal et Espagne)..... 27
Fig. 8- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Discites (France et Italie)..... 27
Fig. 9- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula au Maroc..... 29
Fig. 10- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula (Angleterre, Portugal et Espagne)..... 30
Fig. 11- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Laeviuscula en France et Italie..... 30
Fig. 12- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans au Maroc..... 31
Fig. 13- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans (Angleterre, Portugal et Espagne) 33
Fig. 14- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Propinquans (France et Italie)..... 33
Fig. 15- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum au Maroc..... 34
Fig. 16- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum (Angleterre, Portugal et Espagne)..... 36
Fig. 17- Corrélation entre les différentes subdivisions de la zone à Humphriesianum (France et Italie)..... 36
Fig. 18- Principaux paires dimorphes chez les derniers *Graphoceratidae*..... 49
Fig. 19- Principaux paires dimorphes dans la famille des *Sonniniidae*..... 49
Fig. 20- Principaux paires dimorphes dans la famille des *Stephanoceratidae*..... 50
Fig. 21- Systématique des taxons analysés..... 52.53

Fig. 22- Phénogramme reconstitué à partir des distances fauniques entre 6 régions..... 58
Fig. 23- Transformation du phénogramme en « Graphe d'Association Hiérarchique »..... 58
Fig. 24- Organigramme des principles opérations effectuées lors du traitement des données de similarité et de distance..... 59
Fig. 25- Exemple de la méthode de Shaw..... 60
Fig. 26- Distribution verticale locale de 8 espèces dans une section stratigraphique (d'après GUEX, 1987, modifié)..... 61
Fig. 27- Exemple d'un graphe orienté..... 63
Fig. 28- Représentation d'une chaîne (1), chemin (2), cycle (3) et circuit (4) dans un graphe orienté..... 64
Fig. 29- Exemple de deux types de graphes transitifs..... 64
Fig. 30- Exemple d'un graphe non orienté..... 65
Fig. 31- Graphe non orienté admettant une clique maximale (d'après BOULARD, 1993)..... 65
Fig. 32- Exemple d'un graphe semi orienté..... 66
Fig. 33- Exemple de graphe orienté et sa matrice associée..... 66
Fig. 34- Exemple théorique de graphe non orienté G représentant les coexistences, de graphe orienté Gs représentant les superpositions et de graphe biostratigraphique (semi-orienté) G* représentant les coexistences et les superpositions entre 8 taxons (d'après GUEX, 1987, modifié)..... 67
Fig. 35- Matrice associée au graphe biostratigraphique G* de la figure 34..... 68
Fig. 36- Différents types de configurations interdites présents dans un graphe biostratigraphique..... 69
Fig. 37- Coexistences virtuelles déduites des circuits semi-orientés S3 (d'après GUEX, 1987 , modifié)..... 70
Fig. 38- Coexistences virtuelles déduites des circuits semi-orientés S4 (d'après GUEX, 1987 , modifié)..... 70
Fig. 39- Coexistences virtuelles déduites des circuits Z4 (d'après GUEX, 1980, 1987 , modifié)..... 71
Fig. 40- Principaux types de relations stratigraphiques entre les horizons résiduels (d'après GUEX, 1988, modifié)..... 72
Fig. 41- Exemple d'un graphe Gk constitué de deux chemins (SAVARY & GUEX, 1999, modifié)..... 73
Fig. 42- Exemple de tables de corrélation (A) et de matrice de reproductibilité (B) pour trois sections (d'après BOULARD, 1993)..... 74
Fig. 43- Matrice d'incidence X (K_i)-espèces montrant que l'espèce 3 est absente dans tous les niveaux assignables à l'A.U.3 (reproductible) (d'après GUEX, 1981, 1987)..... 75
Fig. 44- Principales opérations effectuées par le programme BioGraph..... 76
Fig. 45- Exemple d'application de la méthode des associations unitaires sur des groupes de fossile..... 77
Fig. 46- Situation des régions étudiées..... 79
Fig. 47- Distribution quantitative et qualitative des familles au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur..... 81

Fig. 48- Diversité et renouvellement faunique dans le Dorset-Somerset (A), le bassin Lusitanien (B) et la Cordillère Ibérique (C)..... 84
Fig. 49- Diversité et renouvellement faunique dans la Cordillère Bétique (A), le bassin du Sud-Est de la France (B) et les Apennins d'Ombrie-Marches (C)..... 86
Fig. 50- Diversité et renouvellement faunique dans les Béni Snassen (A), le Moyen Atlas-plissé (B) et le Haut-Atals central (C)..... 88
Fig. 51- Corrélation entre ls courbes de biodiversité totale par régions (à l'échelle de la sous-zone)..... 89
Fig. 52- Corrélation entre ls courbes de biodiversité totale par régions (à l'échelle de la zone)..... 91
Fig. 53- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité générique totale par régions..... 92
Fig. 54- Régression linéaire effectuée pour le bassin Lusitanien-Haut Atlas central (A) et le Dorset-Somerset-Cordillère Ibérique (B)..... 92
Fig. 55- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité spécifique totale par régions..... 93
Fig. 56- Régression linéaire effectuée pour le bassin Lusitanien-Cordillère Bétique (A) et le Sud Est de la France-Béni Snassen (B)..... 93
Fig. 57- Evolution de la biodiversité générique et spécifique totale dans les cinq provinces paléogéographiques..... 95
Fig. 58- Corrélation entre les courbes de biodiversité totale par provinces..... 97
Fig. 59- Matrice de corrélation des profils temporels de la biodiversité totale par provinces (**A** : générique, **B** : spécifique)..... 98
Fig. 60- Régression linéaire effectuée pour le bassin atlantique-marge sud téthysienne et le bassin atlantique-seuil méditerranéen médian (**A** : générique, **B** : spécifique)..... 98
Fig. 61- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans la province Nord de la plate-forme nord-ouest européenne..... 100
Fig. 62- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans le bassin atlantique..... 102
Fig. 63- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) sur la marge sud téthysienne..... 104
Fig. 64- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) dans la province Sud de la plate-forme nord-ouest européenne..... 106
Fig. 65- Biodiversité familiale générique (A) et spécifique (B) sur le seuil méditerranéen médian..... 108
Fig. 66- Evolution de la biodiversité générique totale en fonction des paléolatitudes..... 110
Fig. 67- Evolution de la biodiversité spécifique totale en fonction des paléolatitudes..... 110
Fig. 68- Analyse en cordonnées principales de la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 4..... 114
Fig. 69- Phénogramme (arbre de « Neighbor-Joining ») permettant de visualiser les relations de proximité entre régions enregistrées dans la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 4..... 114
Fig. 70- Analyse en cordonnées principales de la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 5..... 115

Fig. 71- Phénogramme (arbre de « Neighbor-Joining ») permettant de visualiser les relations de proximité entre régions enregistrées dans la matrice de distance de BRAY-CURTIS calculée pour le tableau 5..... 115
Fig. 72- Phénogramme reconstitué pour l'ensemble des intervalles chronologiques..... 117
Fig. 73- Diagramme d'association hiérarchique entre régions tous intervalles chronologiques confondus..... 117
Fig. 74- Phénogrammes reconstitués par intervalles chronologiques (au niveau générique)..... 120
Fig. 75- Diagrammes d'associations hiérarchiques entre région par intervalles chronologiques (au niveau générique)..... 121
Fig. 76- Phénogrammes reconstitués par intervalles chronologiques (au niveau spécifique)..... 123
Fig. 77- Diagrammes d'associations hiérarchiques entre région par intervalles chronologiques (au niveau spécifique)..... 124
Fig. 78- Provinces paléogéographiques de la Téthys occidentale et voies de communication possibles pour les ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur (d'après ELMI & RULLEAU, 1990, modifié) [sans échelle]..... 126
Fig. 79- Sections considérées et leurs caractéristiques sédimentologiques..... 128
Fig. 80- Mise en forme des pratiques taxonomiques appliquées aux faunes d'ammonites d'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur dans les cinq régions considérées..... 130
Fig. 81- Principales configurations interdites analysées..... 136
Fig. 82- Conflits observés entre les HMR : 45-56 et 46-86 (SCC n°5)..... 137
Fig. 83- Conflits observés entre les HMR : 81-33, 33-65 et 65-81 (SCC n°4)..... 137
Fig. 84- Conflits observés entre les HMR : 30-62, 33-30 et 33-62 (SCC n°3)..... 139
Fig. 85- Conflits observés entre les HMR : 65-30, 33-30 et 65-33 (SCC n°3)..... 139
Fig. 86- Conflits observés entre les HMR : 81-30, 33-30 et 81-33 (SCC n°3)..... 140
Fig. 87- Conflits observés entre les HMR : 65-81, 81-30 et 65-30 (SCC n°3)..... 140
Fig. 88- Conflits observés entre les HMR : 65-81, 81-33 et 33-65 (SCC n°3)..... 141
Fig. 89- Relations conflictuelles entre les taxons des HMR 35-55, 84-35 et 24-48..... 142
Fig. 90- Relations conflictuelles entre les taxons des HMR 78-65 et 86-29..... 143
Fig. 91- Associations unitaires (protoréférentiel) et zones d'associations unitaires obtenues dans l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur pour les 11 sections considérées..... 145
Fig. 92- Matrice de reproductibilité des 41 associations unitaires (AU) et leur réunion en 12 biochronozones (Z.AU)..... 147
Fig. 93- Tables de corrélation des 41 associations unitaires identifiées dans les cinq régions considérées..... 149
Fig. 94- Indices de reproductibilité des 41 associations unitaires..... 150
Fig. 95- Diachronisme des taxons de l'intervalle Aalénien supérieur-Bajocien inférieur des régions étudiées..... 152
Fig. 96- Taux de renouvellements fauniques des ammonites de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur en fonction de la succesion des associations unitaires..... 154

Fig. 97- Diversité faunique des associations unitaires..... 154
Fig. 98- Diversité faunique des associations unitaires comparée avec la courbe de variations eustatiques. Les limites des séquences stratigraphiques sont celles établies par HARDENBOL et *al.* (1998). La courbe eustatique est celle de HAQ et *al.* (1988)..... 155
Fig. 99- Comparaison entre les zonations empiriques (G. F. E. G.) et automatiques (associations unitaires)..... 158
Fig. 100- Eléments caractéristiques pertinents des associations unitaires identifiées au passage Aalénien supérieur-Bajocien inférieur..... 159
Fig. 101- Localisation des provinces paléobiogéographiques analysées et principales voies possibles de transits fauniques durant le Jurassique inférieur et moyen..... 161
Fig. 102- Reconstitution du corridor hispanique au cours du Jurassique inférieur (170 Ma) (d'après BLAKEY, 2006, modifié)..... 163
Fig. 103- Fonctionnement du corridor hispanique au cours du Jurassique inférieur et moyen (d'après WESTERMANN & RICCARDI, 1985, modifié)..... 163
Fig. 104- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Hammatoceratidae* 172
Fig. 105- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Graphoceratidae* 173
Fig. 106- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Erycitidae* 174
Fig. 107- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Sonniniidae* 175
Fig. 108- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Strigoceratidae* 176
Fig. 109- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Lissoceratidae* 177
Fig. 110- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Oppeliidae* 178
Fig. 111- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Otoitidae* .. 179
Fig. 112- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Sphaeroceratidae* 180
Fig. 113- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Stephanoceratidae* 181
Fig. 114- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Perisphinctidae* 182
Fig. 115- Carte de distribution paléobiogéographique de la famille des *Incertae sedis* 183
Fig. 116- Modèles des voies d'échange Téthys occidentale-Pacifique oriental..... 171

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tabl. 1- Liste des familles rencontrées dans l'intervalle chronologique Aalénien supérieur-Bajocien inférieur..... 79
Tabl. 2- Nombre absolu de genres par régions, pour chaque intervalle chronologique..... 82
Tabl. 3- Nombre absolu d'espèces par régions, pour chaque intervalle chronologique..... 82
Tabl. 4- Tableau des genres appartenant aux différentes familles et réparties entre les neuf régions..... 112
Tabl. 5- Tableau des espèces appartenant aux différentes familles et réparties entre les neuf régions..... 112
Tabl. 6- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour les cinq indices considérés 117
Tabl. 7- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour chaque intervalle chronologique (au niveau générique)..... 119
Tabl. 8- Valeurs de critère de PIELOU calculées pour chaque intervalle chronologique (au niveau spécifique)..... 125
Tabl. 9- Optimisation de la base de données (Evaluation de l'impact des 6 opérations successives)..... 131
Tabl. 10- Nombre de taxons éliminés dans chaque région (pour le codage des taxons, se reporter à l'annexe 4)..... 132

ANNEXES

Annexe 1 : Biodiversité comparée.
Annexe 2 : Biogéographie quantitative (liste des genres et leur code numérique).
Annexe 3 : Biogéographie quantitative (matrices de Similarités et de Distances).
Annexe 4 : Associations unitaires (liste des taxons supprimés et leur code numérique).
Annexe 5 : Associations unitaires (liste des taxons retenus et leur code numérique).
Annexe 6 : Associations unitaires (fichiers édités par le programme **BioGraph**).

Annexe 1 : Biodiversité comparée

Coefficient de détermination r^2 valeurs validées > 70 %					
Régions	Générique	spécifique	Provinces	Générique	spécifique
DS-BL	15, 7	0,5	NPFNOE-BAt	15,7	0,5
DS-CI	78,0*	23,2	NPFNOE-MST	65,3	32,9
DS-CB	7,0	1,8	NPFNOE-SPFNOE	66,3	0,6
DS-SE	2,7	6,7	NPFNOE-SMM	4,7	0,2
DS-BA	3,9	89,6	BAt-MST	73,0*	24,6
DS-BS	4,7	0,1	BAt-SPFNOE	3,4	33,9
DS-AP	4,9	51,9	BAt-SMM	26,3	92,5*
DS-AC	32,2	31,7	MST- SPFNOE	31,5	0,0
BL-CI	0,2	3,6	MST-SMM	15,2	28,5
BL-CB	17,4	87,3*	SPFNOE-SMM	25,8	11,9
BL-SE	33,0	64,6			
BL-BA	38,7	2,9			
BL-BS	61,2	55,2			
BL-AP	0,2	0,0			
BL-AC	94,7*	45,4			
CI-CB	0,6	2,8			
CI-SE	5,6	16,2			
CI-BA	36,7	43,7			
CI-BS	40,9	41,4			
CI-AP	13,8	5,6			
CI-AC	1,6	11,6			
CB-SE	25,2	44,9			
CB-BA	0,0	1,0			
CB-BS	14,0	28,8			
CB-AP	20,1	0,3			
CB-AC	21,7	63,6			
SE-BA	58,1	0,0			
SE-BS	46,9	76,2			
SE-AP	58,7	24,0			
SE-AC	41,2	50,5			
BA-BS	73,7	1,8			
BA-AP	18,2	32,4			
BA-AC	31,8	18,3			
BS-AP	10,8	26,8			
BS-AC	45,8	12,2			
AP-AC	0,1	5,3			

AC : Haut-Atlas central ; AP : Moyen-Atlas plissé ; BA : Bassin des Apennins d'Ombrie-Marches ; BL : Bassin Lusitanien ; BS : Béni Snassen ; BSE : Bassin du Sud-Est de la France ; CB : Cordillère Bétique ; CI : Cordillère Ibérique ; DS : Dorset-Somerset ; NPFNOE : Nord de la plate-forme nord-ouest européenne ; BAt : Bassin atlantique ; MST : Marge sud téthysienne ; SPFNOE : Sud de la plate-forme nord-ouest européenne ; SMM : Seuil méditerranéen médian.

Annexe 2 : Biogéographie quantitative

***Liste des genres et leur code numérique**

01abb *Abbasites*
02aba *Abbasitoides*
03alb *Albarracinites*
04amb *Ambersites*
05aml *Ambloxyites*
06ast *Asthenoceras*
07bra *Bradfordia*
08brs *Brasilia*
09bru *Braunsina*
10bre *Bredyia*
11cad *Cadomites*
12cao *Cadomoceras*
13cho *Chondroceras*
14cle *Cleistosphinctes*
15dar *Darellella*
16dae *Darellia*
17dal *Darellina*
18doc *Docidoceras*
19dor *Dorsetensia*
20emi *Emileia*
21eml *Emileites*
22epa *Epaxites*
23ery *Erycites*
24eud *Eudmetoceras*
25euh *Euhoploceras*
26fis *Fissilobiceras*
27fon *Fontannesia*
28fro *Frogdenites*
29ger *Gerzenites*
30gra *Graphoceras*
31hap *Haplopleuroceras*
32heb *Hebtoxyites*
33hyp *Hyperlioceras*
34iti *Itinsaites*
35kum *Kumatostephanus*
36lab *Labyrinthoceras*
37lep *Leptosphinctes*
38lis *Lissoceras*
39lud *Ludwigella*
40mac *Maceratites*
41mal *Malladaites*
42mas *Masckeites*
43mic *Microlissoceras*
44mir *Micropoecilomorphus*
45mio *Microtoxamblyites*
46mol *Mollistephanus*
47nan *Nannina*
48nao *Nannoceras*
49new *Newmarracarroceras*
50nor *Normannites*
51oec *Oecotraustes*
52oed *Oedania*
53opp *Oppelia*
54oto *Otoites*
55pap *Papilliceras*
56par *Parazurcheria*
57pel *pelekodites*
58pha *Phaulostephanus*
59pla *Planammatoceras*
60plt *Platystomites*
61poe *Poecilomorphus*
62pol *Polyplectites*
63pra *Praeoppelia*
64 *Praestrigites*
65pro *Protoecotraustes*
66pse *Pseudammatoceras*
67psu *Psudaptetoceras*
68psd *Pseudographoceras*
69rey *Reynesella*
70rho *Rhodaniceras*
71ric *Riccardiceras*
72shi *Shirbuirnia*
73ski *Skirroceras*
74son *Sonninia*
75sph *Sphaeroceras*
77ste *Stegoxyites*
78stm *Stemmatoceras*
79stp *Stephanoceras*
80str *Strigoceras*
81tel *Teloceras*
82tox *Toxamblyites*
83too *Toxolioceras*
84tri *Trilobiticeras*
85vac *Vacekia*
86wit *Witchellia*
87zem *Zemistephanus*
88zur *Zurcheria*
89ham *Hammatoceras*

Annexe 3 : Biogéographie quantitative

Matrices de Similarités (tous intervalles confondus)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	0.76087						
Bassin 3	1.00000	0.93878					
Bassin 4	0.93478	0.91837	0.91781				
Bassin 5	0.89130	0.69388	0.92982	0.84211			
Bassin 6	0.73077	0.73077	0.92308	1.00000	0.76923		
Bassin 7	0.90000	0.76667	1.00000	1.00000	0.96667	0.53846	
Bassin 8	0.77143	0.74286	0.97143	1.00000	0.85714	0.57692	0.70000
Bassin 9	0.84783	0.87755	0.91525	0.89831	0.71930	0.84615	0.83333

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.71429						
Bassin 3	0.60526	0.60526					
Bassin 4	0.58904	0.61644	0.88158				
Bassin 5	0.71930	0.59649	0.69737	0.65753			
Bassin 6	0.41304	0.38776	0.31579	0.35616	0.35088		
Bassin 7	0.58696	0.46939	0.39474	0.41096	0.50877	0.46667	
Bassin 8	0.58696	0.53061	0.44737	0.47945	0.52632	0.42857	0.60000
Bassin 9	0.66102	0.72881	0.71053	0.72603	0.69492	0.37288	0.42373

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.58333						
Bassin 3	0.60526	0.58228					
Bassin 4	0.56579	0.58442	0.81707				
Bassin 5	0.66129	0.47222	0.66250	0.58537			
Bassin 6	0.35849	0.33929	0.30769	0.35616	0.31746		
Bassin 7	0.55102	0.41071	0.39474	0.41096	0.50000	0.33333	
Bassin 8	0.50000	0.44828	0.44156	0.47945	0.48387	0.32609	0.47727
Bassin 9	0.59091	0.66154	0.66667	0.67089	0.54667	0.34921	0.39063

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.73684						
Bassin 3	0.75410	0.73600					
Bassin 4	0.72269	0.73770	0.89933				
Bassin 5	0.79612	0.64151	0.79699	0.73846			
Bassin 6	0.52778	0.50667	0.47059	0.52525	0.48193		
Bassin 7	0.71053	0.58228	0.56604	0.58252	0.66667	0.50000	
Bassin 8	0.66667	0.61905	0.61261	0.64815	0.65217	0.49180	0.64615
Bassin 9	0.74286	0.79630	0.80000	0.80303	0.70690	0.51765	0.56180

Matrices de Distances (tous intervalles confondus) : Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 23.91
Bassin 3 0.00 6.12
Bassin 4 6.52 8.16 8.22
Bassin 5 10.87 30.61 7.02 15.79
Bassin 6 26.92 26.92 7.69 0.00 23.08
Bassin 7 10.00 23.33 0.00 0.00 3.33 46.15
Bassin 8 22.86 25.71 2.86 0.00 14.29 42.31 30.00
Bassin 9 15.22 12.24 8.47 10.17 28.07 15.38 16.67 5.71

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 28.57
Bassin 3 39.47 39.47
Bassin 4 41.10 38.36 11.84
Bassin 5 28.07 40.35 30.26 34.25
Bassin 6 58.70 61.22 68.42 64.38 64.91
Bassin 7 41.30 53.06 60.53 58.90 49.12 53.33
Bassin 8 41.30 46.94 55.26 52.05 47.37 57.14 40.00
Bassin 9 33.90 27.12 28.95 27.40 30.51 62.71 57.63 44.07

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 41.67
Bassin 3 39.47 41.77
Bassin 4 43.42 41.56 18.29
Bassin 5 33.87 52.78 33.75 41.46
Bassin 6 64.15 66.07 69.23 64.38 68.25
Bassin 7 44.90 58.93 60.53 58.90 50.00 66.67
Bassin 8 50.00 55.17 55.84 52.05 51.61 67.39 52.27
Bassin 9 40.91 33.85 33.33 32.91 45.33 65.08 60.94 45.90

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 26.32
Bassin 3 24.59 26.40
Bassin 4 27.73 26.23 10.07
Bassin 5 20.39 35.85 20.30 26.15
Bassin 6 47.22 49.33 52.94 47.47 51.81
Bassin 7 28.95 41.77 43.40 41.75 33.33 50.00
Bassin 8 33.33 38.10 38.74 35.19 34.78 50.82 35.38
Bassin 9 25.71 20.37 20.00 19.70 29.31 48.24 43.82 29.79

INDICE DE BRAY-CURTIS
Bassin 1
Bassin 2 0.26316
Bassin 3 0.24590 0.26400
Bassin 4 0.27731 0.26230 0.10067
Bassin 5 0.20388 0.35849 0.20301 0.26154
Bassin 6 0.47222 0.49333 0.52941 0.47475 0.51807
Bassin 7 0.28947 0.41772 0.43396 0.41748 0.33333 0.50000
Bassin 8 0.33333 0.38095 0.38739 0.35185 0.34783 0.50820 0.35385
Bassin 9 0.25714 0.20370 0.20000 0.19697 0.29310 0.48235 0.43820 0.29787

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 1 : zone à Concavum (au niveau générique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	0.75000						
Bassin 3	0.83333	0.63158					
Bassin 4	0.83333	0.73684	1.00000				
Bassin 5	0.75000	0.64286	0.57143	0.57143			
Bassin 6	0.25000	0.50000	0.62500	1.00000	0.25000		
Bassin 7	0.66667	0.83333	1.00000	1.00000	0.66667	0.16667	
Bassin 8	0.62500	0.75000	0.87500	1.00000	0.62500	0.37500	0.66667
Bassin 9	0.75000	0.68421	0.72727	0.86364	0.50000	0.62500	1.00000	1.00000

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.47368						
Bassin 3	0.45455	0.54545					
Bassin 4	0.35714	0.50000	0.78571				
Bassin 5	0.64286	0.47368	0.36364	0.28571			
Bassin 6	0.16667	0.21053	0.22727	0.28571	0.14286		
Bassin 7	0.33333	0.26316	0.27273	0.21429	0.28571	0.12500	
Bassin 8	0.41667	0.31579	0.31818	0.28571	0.35714	0.37500	0.50000
Bassin 9	0.40909	0.59091	0.72727	0.67857	0.31818	0.22727	0.27273	0.36364

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.40909						
Bassin 3	0.41667	0.41379					
Bassin 4	0.33333	0.42424	0.78571				
Bassin 5	0.52941	0.37500	0.28571	0.23529			
Bassin 6	0.11111	0.17391	0.20000	0.28571	0.10000		
Bassin 7	0.28571	0.25000	0.27273	0.21429	0.25000	0.07692	
Bassin 8	0.33333	0.28571	0.30435	0.28571	0.29412	0.23077	0.40000
Bassin 9	0.36000	0.46429	0.57143	0.61290	0.24138	0.20000	0.27273	0.36364

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.58065						
Bassin 3	0.58824	0.58537					
Bassin 4	0.50000	0.59574	0.88000				
Bassin 5	0.69231	0.54545	0.44444	0.38095			
Bassin 6	0.20000	0.29630	0.33333	0.44444	0.18182		
Bassin 7	0.44444	0.40000	0.42857	0.35294	0.40000	0.14286	
Bassin 8	0.50000	0.44444	0.46667	0.44444	0.45455	0.37500	0.57143
Bassin 9	0.52941	0.63415	0.72727	0.76000	0.38889	0.33333	0.42857	0.53333

Matrices de Distance calculées pour l'intervalle 1 : zone à Concavum (au niveau générique) Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	25.00						
Bassin 3	16.67	36.84					
Bassin 4	16.67	26.32	0.00				
Bassin 5	25.00	35.71	42.86	42.86			
Bassin 6	75.00	50.00	37.50	0.00	75.00		
Bassin 7	33.33	16.67	0.00	0.00	33.33	83.33	
Bassin 8	37.50	25.00	12.50	0.00	37.50	62.50	33.33
Bassin 9	25.00	31.58	27.27	13.64	50.00	37.50	0.00	0.00

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1								
Bassin 2	52.63							
Bassin 3	54.55	45.45						
Bassin 4	64.29	50.00	21.43					
Bassin 5	35.71	52.63	63.64	71.43				
Bassin 6	83.33	78.95	77.27	71.43	85.71			
Bassin 7	66.67	73.68	72.73	78.57	71.43	87.50		
Bassin 8	58.33	68.42	68.18	71.43	64.29	62.50	50.00	
Bassin 9	59.09	40.91	27.27	32.14	68.18	77.27	72.73	63.64

INDICE DE JACCARD

Bassin 1								
Bassin 2	59.09							
Bassin 3	58.33	58.62						
Bassin 4	66.67	57.58	21.43					
Bassin 5	47.06	62.50	71.43	76.47				
Bassin 6	88.89	82.61	80.00	71.43	90.00			
Bassin 7	71.43	75.00	72.73	78.57	75.00	92.31		
Bassin 8	66.67	71.43	69.57	71.43	70.59	76.92	60.00	
Bassin 9	64.00	53.57	42.86	38.71	75.86	80.00	72.73	63.64

INDICE DE DICE

Bassin 1								
Bassin 2	41.94							
Bassin 3	41.18	41.46						
Bassin 4	50.00	40.43	12.00					
Bassin 5	30.77	45.45	55.56	61.90				
Bassin 6	80.00	70.37	66.67	55.56	81.82			
Bassin 7	55.56	60.00	57.14	64.71	60.00	85.71		
Bassin 8	50.00	55.56	53.33	55.56	54.55	62.50	42.86	
Bassin 9	47.06	36.59	27.27	24.00	61.11	66.67	57.14	46.67

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1								
Bassin 2	0.41935							
Bassin 3	0.41176	0.41463						
Bassin 4	0.50000	0.40426	0.12000					
Bassin 5	0.30769	0.45455	0.55556	0.61905				
Bassin 6	0.80000	0.70370	0.66667	0.55556	0.81818			
Bassin 7	0.55556	0.60000	0.57143	0.64706	0.60000	0.85714		
Bassin 8	0.50000	0.55556	0.53333	0.55556	0.54545	0.62500	0.42857	
Bassin 9	0.47059	0.36585	0.27273	0.24000	0.61111	0.66667	0.57143	0.46667

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 2 : zone à Discites (au niveau générique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1								
Bassin 2	0.69231							
Bassin 3	0.92308	0.77778						
Bassin 4	0.92308	0.77778	0.90000					
Bassin 5	0.76923	0.62500	0.87500	0.68750				
Bassin 6	0.77778	0.55556	0.88889	0.88889	0.55556			
Bassin 7	0.57143	0.85714	1.00000	0.85714	0.85714	0.28571		
Bassin 8	0.90000	0.90000	1.00000	0.90000	0.90000	0.55556	0.71429	
Bassin 9	0.84615	0.66667	0.80952	0.85000	0.75000	0.88889	0.71429	0.90000

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.50000						
Bassin 3	0.52174	0.60870					
Bassin 4	0.60000	0.70000	0.78261				
Bassin 5	0.62500	0.55556	0.60870	0.55000			
Bassin 6	0.53846	0.27778	0.34783	0.40000	0.31250		
Bassin 7	0.30769	0.33333	0.30435	0.30000	0.37500	0.22222	
Bassin 8	0.69231	0.50000	0.43478	0.45000	0.56250	0.50000	0.50000
Bassin 9	0.52381	0.57143	0.73913	0.80952	0.57143	0.38095	0.23810	0.42857

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.40909						
Bassin 3	0.50000	0.51852					
Bassin 4	0.57143	0.58333	0.72000				
Bassin 5	0.52632	0.41667	0.56000	0.44000			
Bassin 6	0.46667	0.22727	0.33333	0.38095	0.25000		
Bassin 7	0.25000	0.31579	0.30435	0.28571	0.35294	0.14286	
Bassin 8	0.64286	0.47368	0.43478	0.42857	0.52941	0.35714	0.41667
Bassin 9	0.47826	0.44444	0.62963	0.70833	0.48000	0.36364	0.21739	0.40909

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.58065						
Bassin 3	0.66667	0.68293					
Bassin 4	0.72727	0.73684	0.83721				
Bassin 5	0.68966	0.58824	0.71795	0.61111			
Bassin 6	0.63636	0.37037	0.50000	0.55172	0.40000		
Bassin 7	0.40000	0.48000	0.46667	0.44444	0.52174	0.25000	
Bassin 8	0.78261	0.64286	0.60606	0.60000	0.69231	0.52632	0.58824
Bassin 9	0.64706	0.61538	0.77273	0.82927	0.64865	0.53333	0.35714	0.58065

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 2 : zone à Discites (au niveau générique)
Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	30.77						
Bassin 3	7.69	22.22					
Bassin 4	7.69	22.22	10.00				
Bassin 5	23.08	37.50	12.50	31.25			
Bassin 6	22.22	44.44	11.11	11.11	44.44		
Bassin 7	42.86	14.29	0.00	14.29	14.29	71.43	
Bassin 8	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	44.44	28.57
Bassin 9	15.38	33.33	19.05	15.00	25.00	11.11	28.57	10.00

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	50.00						
Bassin 3	47.83	39.13					
Bassin 4	40.00	30.00	21.74				
Bassin 5	37.50	44.44	39.13	45.00			
Bassin 6	46.15	72.22	65.22	60.00	68.75		
Bassin 7	69.23	66.67	69.57	70.00	62.50	77.78	
Bassin 8	30.77	50.00	56.52	55.00	43.75	50.00	50.00
Bassin 9	47.62	42.86	26.09	19.05	42.86	61.90	76.19	57.14

INDICE DE JACCARD

Bassin 1								
Bassin 2	59.09							
Bassin 3	50.00	48.15						
Bassin 4	42.86	41.67	28.00					
Bassin 5	47.37	58.33	44.00	56.00				
Bassin 6	53.33	77.27	66.67	61.90	75.00			
Bassin 7	75.00	68.42	69.57	71.43	64.71	85.71		
Bassin 8	35.71	52.63	56.52	57.14	47.06	64.29	58.33	
Bassin 9	52.17	55.56	37.04	29.17	52.00	63.64	78.26	59.09

INDICE DE DICE

Bassin 1								
Bassin 2	41.94							
Bassin 3	33.33	31.71						
Bassin 4	27.27	26.32	16.28					
Bassin 5	31.03	41.18	28.21	38.89				
Bassin 6	36.36	62.96	50.00	44.83	60.00			
Bassin 7	60.00	52.00	53.33	55.56	47.83	75.00		
Bassin 8	21.74	35.71	39.39	40.00	30.77	47.37	41.18	
Bassin 9	35.29	38.46	22.73	17.07	35.14	46.67	64.29	41.94

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1								
Bassin 2	0.41935							
Bassin 3	0.33333	0.31707						
Bassin 4	0.27273	0.26316	0.16279					
Bassin 5	0.31034	0.41176	0.28205	0.38889				
Bassin 6	0.36364	0.62963	0.50000	0.44828	0.60000			
Bassin 7	0.60000	0.52000	0.53333	0.55556	0.47826	0.75000		
Bassin 8	0.21739	0.35714	0.39394	0.40000	0.30769	0.47368	0.41176	
Bassin 9	0.35294	0.38462	0.22727	0.17073	0.35135	0.46667	0.64286	0.41935

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 3 : Zone à Laeviuscula (au niveau générique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1								
Bassin 2	0.81818							
Bassin 3	0.95455	0.95833						
Bassin 4	0.77273	0.83333	0.92308					
Bassin 5	0.75000	0.62500	0.93750	0.75000				
Bassin 6	0.71429	0.71429	1.00000	1.00000	0.71429			
Bassin 7	0.87500	0.87500	0.87500	0.87500	0.62500	0.42857		
Bassin 8	0.72727	0.81818	0.90909	1.00000	0.72727	0.57143	0.50000	
Bassin 9	0.90909	0.87500	0.86667	0.84615	0.75000	0.85714	0.87500	0.81818

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1								
Bassin 2	0.75000							
Bassin 3	0.67742	0.74194						
Bassin 4	0.65385	0.76923	0.77419					
Bassin 5	0.54545	0.41667	0.48387	0.46154				
Bassin 6	0.22727	0.20833	0.22581	0.26923	0.31250			
Bassin 7	0.31818	0.29167	0.22581	0.26923	0.31250	0.37500		
Bassin 8	0.36364	0.37500	0.32258	0.42308	0.50000	0.36364	0.36364	
Bassin 9	0.66667	0.70000	0.83871	0.73333	0.40000	0.20000	0.23333	0.30000

INDICE DE JACCARD

Bassin 1								
Bassin 2	0.64286							
Bassin 3	0.65625	0.71875						
Bassin 4	0.54839	0.66667	0.72727					
Bassin 5	0.46154	0.33333	0.46875	0.40000				
Bassin 6	0.20833	0.19231	0.22581	0.26923	0.27778			
Bassin 7	0.30435	0.28000	0.21875	0.25926	0.26316	0.25000		
Bassin 8	0.32000	0.34615	0.31250	0.42308	0.42105	0.28571	0.26667	
Bassin 9	0.62500	0.63636	0.74286	0.64706	0.35294	0.19355	0.22581	0.28125

INDICE DE DICE

Bassin 1								
Bassin 2	0.78261							
Bassin 3	0.79245	0.83636						
Bassin 4	0.70833	0.80000	0.84211					
Bassin 5	0.63158	0.50000	0.63830	0.57143				
Bassin 6	0.34483	0.32258	0.36842	0.42424	0.43478			
Bassin 7	0.46667	0.43750	0.35897	0.41176	0.41667	0.40000		
Bassin 8	0.48485	0.51429	0.47619	0.59459	0.59259	0.44444	0.42105	
Bassin 9	0.76923	0.77778	0.85246	0.78571	0.52174	0.32432	0.36842	0.43902

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 3 : zone à Laeviuscula (au niveau générique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	18.18						
Bassin 3	4.55	4.17					
Bassin 4	22.73	16.67	7.69				
Bassin 5	25.00	37.50	6.25	25.00			
Bassin 6	28.57	28.57	0.00	0.00	28.57		
Bassin 7	12.50	12.50	12.50	12.50	37.50	57.14	
Bassin 8	27.27	18.18	9.09	0.00	27.27	42.86	50.00
Bassin 9	9.09	12.50	13.33	15.38	25.00	14.29	12.50	18.18

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	25.00						
Bassin 3	32.26	25.81					
Bassin 4	34.62	23.08	22.58				
Bassin 5	45.45	58.33	51.61	53.85			
Bassin 6	77.27	79.17	77.42	73.08	68.75		
Bassin 7	68.18	70.83	77.42	73.08	68.75	62.50	
Bassin 8	63.64	62.50	67.74	57.69	50.00	63.64	63.64
Bassin 9	33.33	30.00	16.13	26.67	60.00	80.00	76.67	70.00

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	35.71						
Bassin 3	34.38	28.13					
Bassin 4	45.16	33.33	27.27				
Bassin 5	53.85	66.67	53.13	60.00			
Bassin 6	79.17	80.77	77.42	73.08	72.22		
Bassin 7	69.57	72.00	78.13	74.07	73.68	75.00	
Bassin 8	68.00	65.38	68.75	57.69	57.89	71.43	73.33
Bassin 9	37.50	36.36	25.71	35.29	64.71	80.65	77.42	71.88

INDICE DE DICE

Bassin 1								
Bassin 2	21.74							
Bassin 3	20.75	16.36						
Bassin 4	29.17	20.00	15.79					
Bassin 5	36.84	50.00	36.17	42.86				
Bassin 6	65.52	67.74	63.16	57.58	56.52			
Bassin 7	53.33	56.25	64.10	58.82	58.33	60.00		
Bassin 8	51.52	48.57	52.38	40.54	40.74	55.56	57.89	
Bassin 9	23.08	22.22	14.75	21.43	47.83	67.57	63.16	56.10

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1								
Bassin 2	0.21739							
Bassin 3	0.20755	0.16364						
Bassin 4	0.29167	0.20000	0.15789					
Bassin 5	0.36842	0.50000	0.36170	0.42857				
Bassin 6	0.65517	0.67742	0.63158	0.57576	0.56522			
Bassin 7	0.53333	0.56250	0.64103	0.58824	0.58333	0.60000		
Bassin 8	0.51515	0.48571	0.52381	0.40541	0.40741	0.55556	0.57895	
Bassin 9	0.23077	0.22222	0.14754	0.21429	0.47826	0.67568	0.63158	0.56098

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 4 : zone à Propinquans (au niveau générique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1								
Bassin 2	0.53846							
Bassin 3	0.76923	0.80952						
Bassin 4	0.69231	0.71429	0.82609					
Bassin 5	0.69231	0.76190	0.81818	0.72727				
Bassin 6	1.00000	0.71429	1.00000	0.85714	1.00000			
Bassin 7	0.57143	1.00000	1.00000	0.85714	1.00000	0.42857		
Bassin 8	0.53846	0.53846	0.84615	0.76923	0.69231	0.57143	0.57143	
Bassin 9	0.69231	0.76190	0.86364	0.86364	0.81818	0.85714	1.00000	0.76923

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1								
Bassin 2	0.33333							
Bassin 3	0.41667	0.70833						
Bassin 4	0.39130	0.65217	0.79167					
Bassin 5	0.40909	0.72727	0.75000	0.69565				
Bassin 6	0.53846	0.23810	0.29167	0.26087	0.31818			
Bassin 7	0.30769	0.33333	0.29167	0.26087	0.31818	0.42857		
Bassin 8	0.53846	0.33333	0.45833	0.43478	0.40909	0.30769	0.30769	
Bassin 9	0.40909	0.72727	0.79167	0.82609	0.81818	0.27273	0.31818	0.45455

INDICE JACCARD

Bassin 1								
Bassin 2	0.25926							
Bassin 3	0.37037	0.60714						
Bassin 4	0.33333	0.51724	0.67857					
Bassin 5	0.34615	0.59259	0.64286	0.55172				
Bassin 6	0.53846	0.21739	0.29167	0.25000	0.31818			
Bassin 7	0.25000	0.33333	0.29167	0.25000	0.31818	0.27273		
Bassin 8	0.36842	0.25926	0.42308	0.38462	0.34615	0.25000	0.25000	
Bassin 9	0.34615	0.59259	0.70370	0.73077	0.69231	0.26087	0.31818	0.40000

INDICE DICE
Bassin 1
Bassin 2 0.41176
Bassin 3 0.54054 0.75556
Bassin 4 0.50000 0.68182 0.80851
Bassin 5 0.51429 0.74419 0.78261 0.71111
Bassin 6 0.70000 0.35714 0.45161 0.40000 0.48276
Bassin 7 0.40000 0.50000 0.45161 0.40000 0.48276 0.42857
Bassin 8 0.53846 0.41176 0.59459 0.55556 0.51429 0.40000 0.40000
Bassin 9 0.51429 0.74419 0.82609 0.84444 0.81818 0.41379 0.48276 0.57143

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 4 : zone à Propinquans (au niveau générique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 46.15
Bassin 3 23.08 19.05
Bassin 4 30.77 28.57 17.39
Bassin 5 30.77 23.81 18.18 27.27
Bassin 6 0.00 28.57 0.00 14.29 0.00
Bassin 7 42.86 0.00 0.00 14.29 0.00 57.14
Bassin 8 46.15 46.15 15.38 23.08 30.77 42.86 42.86
Bassin 9 30.77 23.81 13.64 13.64 18.18 14.29 0.00 23.08

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 66.67
Bassin 3 58.33 29.17
Bassin 4 60.87 34.78 20.83
Bassin 5 59.09 27.27 25.00 30.43
Bassin 6 46.15 76.19 70.83 73.91 68.18
Bassin 7 69.23 66.67 70.83 73.91 68.18 57.14
Bassin 8 46.15 66.67 54.17 56.52 59.09 69.23 69.23
Bassin 9 59.09 27.27 20.83 17.39 18.18 72.73 68.18 54.55

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 74.07
Bassin 3 62.96 39.29
Bassin 4 66.67 48.28 32.14
Bassin 5 65.38 40.74 35.71 44.83
Bassin 6 46.15 78.26 70.83 75.00 68.18
Bassin 7 75.00 66.67 70.83 75.00 68.18 72.73
Bassin 8 63.16 74.07 57.69 61.54 65.38 75.00 75.00
Bassin 9 65.38 40.74 29.63 26.92 30.77 73.91 68.18 60.00

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 58.82
Bassin 3 45.95 24.44
Bassin 4 50.00 31.82 19.15
Bassin 5 48.57 25.58 21.74 28.89
Bassin 6 30.00 64.29 54.84 60.00 51.72
Bassin 7 60.00 50.00 54.84 60.00 51.72 57.14
Bassin 8 46.15 58.82 40.54 44.44 48.57 60.00 60.00
Bassin 9 48.57 25.58 17.39 15.56 18.18 58.62 51.72 42.86

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1							
Bassin 2	0.58824						
Bassin 3	0.45946	0.24444					
Bassin 4	0.50000	0.31818	0.19149				
Bassin 5	0.48571	0.25581	0.21739	0.28889			
Bassin 6	0.30000	0.64286	0.54839	0.60000	0.51724		
Bassin 7	0.60000	0.50000	0.54839	0.60000	0.51724	0.57143	
Bassin 8	0.46154	0.58824	0.40541	0.44444	0.48571	0.60000	0.60000
Bassin 9	0.48571	0.25581	0.17391	0.15556	0.18182	0.58621	0.51724	0.42857

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 5 : zone à Humphriesianum (au niveau générique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	0.33333						
Bassin 3	0.85714	1.00000					
Bassin 4	0.78571	0.66667	0.95455				
Bassin 5	0.78571	0.83333	0.95652	0.86364			
Bassin 6	0.80000	0.60000	1.00000	1.00000	1.00000		
Bassin 7	0.72727	0.33333	1.00000	1.00000	1.00000	0.20000	
Bassin 8	0.54545	0.50000	1.00000	0.81818	0.90909	0.40000	0.63636
Bassin 9	0.66667	0.66667	1.00000	0.88889	1.00000	0.60000	0.55556	0.66667

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.14286						
Bassin 3	0.42857	0.21429					
Bassin 4	0.50000	0.18182	0.75000				
Bassin 5	0.47826	0.21739	0.78571	0.82609			
Bassin 6	0.28571	0.50000	0.17857	0.22727	0.21739		
Bassin 7	0.57143	0.18182	0.39286	0.50000	0.47826	0.09091	
Bassin 8	0.42857	0.27273	0.39286	0.40909	0.43478	0.18182	0.63636
Bassin 9	0.42857	0.44444	0.32143	0.36364	0.39130	0.33333	0.45455	0.54545

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.11111						
Bassin 3	0.40000	0.21429					
Bassin 4	0.44000	0.16667	0.72414				
Bassin 5	0.42308	0.20833	0.75862	0.73077			
Bassin 6	0.26667	0.37500	0.17857	0.22727	0.21739		
Bassin 7	0.47059	0.13333	0.39286	0.50000	0.47826	0.06667	
Bassin 8	0.31579	0.21429	0.39286	0.37500	0.41667	0.14286	0.46667
Bassin 9	0.35294	0.36364	0.32143	0.34783	0.39130	0.27273	0.33333	0.42857

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.20000						
Bassin 3	0.57143	0.35294					
Bassin 4	0.61111	0.28571	0.84000				
Bassin 5	0.59459	0.34483	0.86275	0.84444			
Bassin 6	0.42105	0.54545	0.30303	0.37037	0.35714		
Bassin 7	0.64000	0.23529	0.56410	0.66667	0.64706	0.12500	
Bassin 8	0.48000	0.35294	0.56410	0.54545	0.58824	0.25000	0.63636
Bassin 9	0.52174	0.53333	0.48649	0.51613	0.56250	0.42857	0.50000	0.60000

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 5 : zone à Humphriesianum (au niveau générique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 2	66.67							
Bassin 3	14.29	0.00						
Bassin 4	21.43	33.33	4.55					
Bassin 5	21.43	16.67	4.35	13.64				
Bassin 6	20.00	40.00	0.00	0.00	0.00			
Bassin 7	27.27	66.67	0.00	0.00	0.00	80.00		
Bassin 8	45.45	50.00	0.00	18.18	9.09	60.00	36.36	
Bassin 9	33.33	33.33	0.00	11.11	0.00	40.00	44.44	33.33

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1								
Bassin 2	85.71							
Bassin 3	57.14	78.57						
Bassin 4	50.00	81.82	25.00					
Bassin 5	52.17	78.26	21.43	17.39				
Bassin 6	71.43	50.00	82.14	77.27	78.26			
Bassin 7	42.86	81.82	60.71	50.00	52.17	90.91		
Bassin 8	57.14	72.73	60.71	59.09	56.52	81.82	36.36	
Bassin 9	57.14	55.56	67.86	63.64	60.87	66.67	54.55	45.45

INDICE DE JACCARD

Bassin 1								
Bassin 2	88.89							
Bassin 3	60.00	78.57						
Bassin 4	56.00	83.33	27.59					
Bassin 5	57.69	79.17	24.14	26.92				
Bassin 6	73.33	62.50	82.14	77.27	78.26			
Bassin 7	52.94	86.67	60.71	50.00	52.17	93.33		
Bassin 8	68.42	78.57	60.71	62.50	58.33	85.71	53.33	
Bassin 9	64.71	63.64	67.86	65.22	60.87	72.73	66.67	57.14

INDICE DE DICE

Bassin 1								
Bassin 2	80.00							
Bassin 3	42.86	64.71						
Bassin 4	38.89	71.43	16.00					
Bassin 5	40.54	65.52	13.73	15.56				
Bassin 6	57.89	45.45	69.70	62.96	64.29			
Bassin 7	36.00	76.47	43.59	33.33	35.29	87.50		
Bassin 8	52.00	64.71	43.59	45.45	41.18	75.00	36.36	
Bassin 9	47.83	46.67	51.35	48.39	43.75	57.14	50.00	40.00

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1								
Bassin 2	0.80000							
Bassin 3	0.42857	0.64706						
Bassin 4	0.38889	0.71429	0.16000					
Bassin 5	0.40541	0.65517	0.13725	0.15556				
Bassin 6	0.57895	0.45455	0.69697	0.62963	0.64286			
Bassin 7	0.36000	0.76471	0.43590	0.33333	0.35294	0.87500		
Bassin 8	0.52000	0.64706	0.43590	0.45455	0.41176	0.75000	0.36364	
Bassin 9	0.47826	0.46667	0.51351	0.48387	0.43750	0.57143	0.50000	0.40000

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 1 : zone à Concavum (au niveau spécifique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	0.33333						
Bassin 3	0.29630	0.53333					
Bassin 4	0.44444	0.53333	0.67742				
Bassin 5	0.44444	0.46667	0.45161	0.41935			
Bassin 6	0.30000	0.20000	0.20000	0.40000	0.10000		
Bassin 7	1.00000	0.50000	1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	
Bassin 8	0.46667	0.26667	0.66667	0.73333	0.53333	0.10000	1.00000
Bassin 9	0.23077	0.40000	0.53846	0.61538	0.38462	0.20000	1.00000	0.73333

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.18519						
Bassin 3	0.25806	0.25806					
Bassin 4	0.30769	0.20513	0.53846				
Bassin 5	0.38710	0.22581	0.45161	0.33333			
Bassin 6	0.11111	0.13333	0.06452	0.10256	0.03226		
Bassin 7	0.07407	0.06667	0.06452	0.05128	0.06452	0.00000	
Bassin 8	0.25926	0.26667	0.32258	0.28205	0.25806	0.06667	0.13333
Bassin 9	0.22222	0.23077	0.45161	0.41026	0.32258	0.07692	0.07692	0.42308

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.13514						
Bassin 3	0.16000	0.21053					
Bassin 4	0.22222	0.17391	0.42857				
Bassin 5	0.26087	0.17949	0.29167	0.22807			
Bassin 6	0.08824	0.08696	0.05128	0.08889	0.02500		
Bassin 7	0.07407	0.06250	0.06452	0.05128	0.06452	0.00000	
Bassin 8	0.20000	0.15385	0.27778	0.25581	0.21053	0.04167	0.13333
Bassin 9	0.12766	0.17143	0.32558	0.32653	0.21277	0.05882	0.07692	0.36667

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.23810						
Bassin 3	0.27586	0.34783					
Bassin 4	0.36364	0.29630	0.60000				
Bassin 5	0.41379	0.30435	0.45161	0.37143			
Bassin 6	0.16216	0.16000	0.09756	0.16327	0.04878		
Bassin 7	0.13793	0.11765	0.12121	0.09756	0.12121	0.00000	
Bassin 8	0.33333	0.26667	0.43478	0.40741	0.34783	0.08000	0.23529
Bassin 9	0.22642	0.29268	0.49123	0.49231	0.35088	0.11111	0.14286	0.53659

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 1 : zone à Concavum (au niveau spécifique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	66.67						
Bassin 3	70.37	46.67					
Bassin 4	55.56	46.67	32.26				
Bassin 5	55.56	53.33	54.84	58.06			
Bassin 6	70.00	80.00	80.00	60.00	90.00		
Bassin 7	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
Bassin 8	53.33	73.33	33.33	26.67	46.67	90.00	0.00

Bassin 9 76.92 60.00 46.15 38.46 61.54 80.00 0.00 26.67

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 81.48
Bassin 3 74.19 74.19
Bassin 4 69.23 79.49 46.15
Bassin 5 61.29 77.42 54.84 66.67
Bassin 6 88.89 86.67 93.55 89.74 96.77
Bassin 7 92.59 93.33 93.55 94.87 93.55 100.00
Bassin 8 74.07 73.33 67.74 71.79 74.19 93.33 86.67
Bassin 9 77.78 76.92 54.84 58.97 67.74 92.31 92.31 57.69

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 86.49
Bassin 3 84.00 78.95
Bassin 4 77.78 82.61 57.14
Bassin 5 73.91 82.05 70.83 77.19
Bassin 6 91.18 91.30 94.87 91.11 97.50
Bassin 7 92.59 93.75 93.55 94.87 93.55 100.00
Bassin 8 80.00 84.62 72.22 74.42 78.95 95.83 86.67
Bassin 9 87.23 82.86 67.44 67.35 78.72 94.12 92.31 63.33

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 76.19
Bassin 3 72.41 65.22
Bassin 4 63.64 70.37 40.00
Bassin 5 58.62 69.57 54.84 62.86
Bassin 6 83.78 84.00 90.24 83.67 95.12
Bassin 7 86.21 88.24 87.88 90.24 87.88 100.00
Bassin 8 66.67 73.33 56.52 59.26 65.22 92.00 76.47
Bassin 9 77.36 70.73 50.88 50.77 64.91 88.89 85.71 46.34

INDICE DE BRAY-CURTIS
Bassin 1
Bassin 2 0.76190
Bassin 3 0.72414 0.65217
Bassin 4 0.63636 0.70370 0.40000
Bassin 5 0.58621 0.69565 0.54839 0.62857
Bassin 6 0.83784 0.84000 0.90244 0.83673 0.95122
Bassin 7 0.86207 0.88235 0.87879 0.90244 0.87879 1.00000
Bassin 8 0.66667 0.73333 0.56522 0.59259 0.65217 0.92000 0.76471
Bassin 9 0.77358 0.70732 0.50877 0.50769 0.64912 0.88889 0.85714 0.46341

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 2 : zone à Discites (au niveau spécifique)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 0.43750
Bassin 3 0.31250 0.46875
Bassin 4 0.43750 0.35135 0.53125
Bassin 5 0.50000 0.35000 0.35000 0.50000
Bassin 6 0.00000 0.09091 0.27273 0.36364 0.09091
Bassin 7 0.00000 0.50000 0.50000 0.50000 0.50000 0.00000
Bassin 8 0.00000 0.40000 0.60000 0.40000 0.20000 0.20000 0.50000
Bassin 9 0.43750 0.37838 0.46875 0.43902 0.30000 0.09091 0.00000 0.60000

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.18919						
Bassin 3	0.15625	0.40541					
Bassin 4	0.15217	0.28261	0.36957				
Bassin 5	0.40000	0.18919	0.21875	0.21739			
Bassin 6	0.00000	0.02703	0.09375	0.08696	0.05000		
Bassin 7	0.00000	0.02703	0.03125	0.02174	0.05000	0.00000	
Bassin 8	0.00000	0.05405	0.09375	0.04348	0.05000	0.09091	0.20000
Bassin 9	0.17073	0.34146	0.36585	0.39130	0.14634	0.02439	0.00000	0.07317

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.15217						
Bassin 3	0.11628	0.27778					
Bassin 4	0.12727	0.18571	0.27869				
Bassin 5	0.28571	0.14000	0.15556	0.17857			
Bassin 6	0.00000	0.02128	0.07500	0.07547	0.03333		
Bassin 7	0.00000	0.02632	0.03030	0.02128	0.04762	0.00000	
Bassin 8	0.00000	0.05000	0.08824	0.04082	0.04167	0.06667	0.16667
Bassin 9	0.14000	0.21875	0.25862	0.26087	0.10909	0.01961	0.00000	0.06977

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.26415						
Bassin 3	0.20833	0.43478					
Bassin 4	0.22581	0.31325	0.43590				
Bassin 5	0.44444	0.24561	0.26923	0.30303			
Bassin 6	0.00000	0.04167	0.13953	0.14035	0.06452		
Bassin 7	0.00000	0.05128	0.05882	0.04167	0.09091	0.00000	
Bassin 8	0.00000	0.09524	0.16216	0.07843	0.08000	0.12500	0.28571
Bassin 9	0.24561	0.35897	0.41096	0.41379	0.19672	0.03846	0.00000	0.13043

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 2 : Zone à Discites (au niveau spécifique)
Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	56.25						
Bassin 3	68.75	53.13					
Bassin 4	56.25	64.86	46.88				
Bassin 5	50.00	65.00	65.00	50.00			
Bassin 6	100.00	90.91	72.73	63.64	90.91		
Bassin 7	100.00	50.00	50.00	50.00	50.00	100.00	
Bassin 8	100.00	60.00	40.00	60.00	80.00	80.00	50.00
Bassin 9	56.25	62.16	53.13	56.10	70.00	90.91	100.00	40.00

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	81.08						
Bassin 3	84.38	59.46					
Bassin 4	84.78	71.74	63.04				
Bassin 5	60.00	81.08	78.13	78.26			
Bassin 6	100.00	97.30	90.63	91.30	95.00		
Bassin 7	100.00	97.30	96.88	97.83	95.00	100.00	
Bassin 8	100.00	94.59	90.63	95.65	95.00	90.91	80.00
Bassin 9	82.93	65.85	63.41	60.87	85.37	97.56	100.00	92.68

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 84.78
Bassin 3 88.37 72.22
Bassin 4 87.27 81.43 72.13
Bassin 5 71.43 86.00 84.44 82.14
Bassin 6 100.00 97.87 92.50 92.45 96.67
Bassin 7 100.00 97.37 96.97 97.87 95.24 100.00
Bassin 8 100.00 95.00 91.18 95.92 95.83 93.33 83.33
Bassin 9 86.00 78.13 74.14 73.91 89.09 98.04 100.00 93.02

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 73.58
Bassin 3 79.17 56.52
Bassin 4 77.42 68.67 56.41
Bassin 5 55.56 75.44 73.08 69.70
Bassin 6 100.00 95.83 86.05 85.96 93.55
Bassin 7 100.00 94.87 94.12 95.83 90.91 100.00
Bassin 8 100.00 90.48 83.78 92.16 92.00 87.50 71.43
Bassin 9 75.44 64.10 58.90 58.62 80.33 96.15 100.00 86.96

INDICE DE BRAY-CURTIS
Bassin 1
Bassin 2 0.73585
Bassin 3 0.79167 0.56522
Bassin 4 0.77419 0.68675 0.56410
Bassin 5 0.55556 0.75439 0.73077 0.69697
Bassin 6 1.00000 0.95833 0.86047 0.85965 0.93548
Bassin 7 1.00000 0.94872 0.94118 0.95833 0.90909 1.00000
Bassin 8 1.00000 0.90476 0.83784 0.92157 0.92000 0.87500 0.71429
Bassin 9 0.75439 0.64103 0.58904 0.58621 0.80328 0.96154 1.00000 0.86957

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 3 : zone à Laeviuscula (au niveau spécifique)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 0.53846
Bassin 3 0.51515 0.61538
Bassin 4 0.39394 0.61538 0.65789
Bassin 5 0.35000 0.30769 0.55000 0.55000
Bassin 6 0.33333 0.00000 0.33333 0.00000 0.00000
Bassin 7 0.33333 0.00000 0.66667 0.00000 0.33333 0.00000
Bassin 8 0.33333 0.16667 0.16667 0.00000 0.50000 0.00000 0.33333
Bassin 9 0.42424 0.76923 0.54717 0.60526 0.50000 0.33333 0.66667 0.50000

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 0.21212
Bassin 3 0.32075 0.15094
Bassin 4 0.34211 0.21053 0.47170
Bassin 5 0.21212 0.20000 0.20755 0.28947
Bassin 6 0.03030 0.00000 0.01887 0.00000 0.00000
Bassin 7 0.03030 0.00000 0.03774 0.00000 0.05000 0.00000
Bassin 8 0.06061 0.07692 0.01887 0.00000 0.15000 0.00000 0.16667
Bassin 9 0.22951 0.16393 0.47541 0.37705 0.16393 0.01639 0.03279 0.04918

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.17949						
Bassin 3	0.24638	0.13793					
Bassin 4	0.22414	0.18605	0.37879				
Bassin 5	0.15217	0.13793	0.17742	0.23404			
Bassin 6	0.02857	0.00000	0.01818	0.00000	0.00000		
Bassin 7	0.02857	0.00000	0.03704	0.00000	0.04545	0.00000	
Bassin 8	0.05405	0.05556	0.01724	0.00000	0.13043	0.00000	0.12500
Bassin 9	0.17500	0.15625	0.34118	0.30263	0.14085	0.01587	0.03226	0.04688

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.30435						
Bassin 3	0.39535	0.24242					
Bassin 4	0.36620	0.31373	0.54945				
Bassin 5	0.26415	0.24242	0.30137	0.37931			
Bassin 6	0.05556	0.00000	0.03571	0.00000	0.00000		
Bassin 7	0.05556	0.00000	0.07143	0.00000	0.08696	0.00000	
Bassin 8	0.10256	0.10526	0.03390	0.00000	0.23077	0.00000	0.22222
Bassin 9	0.29787	0.27027	0.50877	0.46465	0.24691	0.03125	0.06250	0.08955

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 3 : zone à Laeviuscula (au niveau spécifique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	46.15						
Bassin 3	48.48	38.46					
Bassin 4	60.61	38.46	34.21				
Bassin 5	65.00	69.23	45.00	45.00			
Bassin 6	66.67	100.00	66.67	100.00	100.00		
Bassin 7	66.67	100.00	33.33	100.00	66.67	100.00	
Bassin 8	66.67	83.33	83.33	100.00	50.00	100.00	66.67
Bassin 9	57.58	23.08	45.28	39.47	50.00	66.67	33.33	50.00

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	78.79						
Bassin 3	67.92	84.91					
Bassin 4	65.79	78.95	52.83				
Bassin 5	78.79	80.00	79.25	71.05			
Bassin 6	96.97	100.00	98.11	100.00	100.00		
Bassin 7	96.97	100.00	96.23	100.00	95.00	100.00	
Bassin 8	93.94	92.31	98.11	100.00	85.00	100.00	83.33
Bassin 9	77.05	83.61	52.46	62.30	83.61	98.36	96.72	95.08

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	82.05						
Bassin 3	75.36	86.21					
Bassin 4	77.59	81.40	62.12				
Bassin 5	84.78	86.21	82.26	76.60			
Bassin 6	97.14	100.00	98.18	100.00	100.00		
Bassin 7	97.14	100.00	96.30	100.00	95.45	100.00	
Bassin 8	94.59	94.44	98.28	100.00	86.96	100.00	87.50
Bassin 9	82.50	84.38	65.88	69.74	85.92	98.41	96.77	95.31

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 69.57
Bassin 3 60.47 75.76
Bassin 4 63.38 68.63 45.05
Bassin 5 73.58 75.76 69.86 62.07
Bassin 6 94.44 100.00 96.43 100.00 100.00
Bassin 7 94.44 100.00 92.86 100.00 91.30 100.00
Bassin 8 89.74 89.47 96.61 100.00 76.92 100.00 77.78
Bassin 9 70.21 72.97 49.12 53.54 75.31 96.88 93.75 91.04

INDICE DE BRAY-CURTIS
Bassin 1
Bassin 2 0.69565
Bassin 3 0.60465 0.75758
Bassin 4 0.63380 0.68627 0.45055
Bassin 5 0.73585 0.75758 0.69863 0.62069
Bassin 6 0.94444 1.00000 0.96429 1.00000 1.00000
Bassin 7 0.94444 1.00000 0.92857 1.00000 0.91304 1.00000
Bassin 8 0.89744 0.89474 0.96610 1.00000 0.76923 1.00000 0.77778
Bassin 9 0.70213 0.72973 0.49123 0.53535 0.75309 0.96875 0.93750 0.91045

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 4 : zone à Propinquans (au niveau spécifique)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 0.00000
Bassin 3 0.27586 0.60000
Bassin 4 0.31034 0.60000 0.58824
Bassin 5 0.24000 0.60000 0.44000 0.48000
Bassin 6 0.53846 0.00000 0.53846 0.69231 0.15385
Bassin 7 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
Bassin 8 0.42857 0.00000 0.28571 0.42857 0.57143 0.14286 0.00000
Bassin 9 0.27586 0.60000 0.50000 0.67647 0.44000 0.53846 0.00000 0.42857

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 0.00000
Bassin 3 0.22222 0.08333
Bassin 4 0.26471 0.08824 0.55556
Bassin 5 0.20690 0.12000 0.30556 0.35294
Bassin 6 0.24138 0.00000 0.19444 0.26471 0.08000
Bassin 7 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
Bassin 8 0.10345 0.00000 0.05556 0.08824 0.16000 0.07692 0.00000
Bassin 9 0.19048 0.07143 0.42857 0.54762 0.26190 0.16667 0.00000 0.07143

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 0.00000
Bassin 3 0.14035 0.07895
Bassin 4 0.16667 0.08333 0.40000
Bassin 5 0.12500 0.11111 0.22000 0.25532
Bassin 6 0.20000 0.00000 0.16667 0.23684 0.05556
Bassin 7 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
Bassin 8 0.09091 0.00000 0.04878 0.07895 0.14286 0.05263 0.00000
Bassin 9 0.12698 0.06818 0.30000 0.43396 0.19643 0.14583 0.00000 0.06522

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 0.00000
Bassin 3 0.24615 0.14634
Bassin 4 0.28571 0.15385 0.57143
Bassin 5 0.22222 0.20000 0.36066 0.40678
Bassin 6 0.33333 0.00000 0.28571 0.38298 0.10526
Bassin 7 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
Bassin 8 0.16667 0.00000 0.09302 0.14634 0.25000 0.10000 0.00000
Bassin 9 0.22535 0.12766 0.46154 0.60526 0.32836 0.25455 0.00000 0.12245

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 4 : zone à Propinquans (au niveau spécifique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 72.41 40.00
Bassin 4 68.97 40.00 41.18
Bassin 5 76.00 40.00 56.00 52.00
Bassin 6 46.15 100.00 46.15 30.77 84.62
Bassin 7 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00
Bassin 8 57.14 100.00 71.43 57.14 42.86 85.71 100.00
Bassin 9 72.41 40.00 50.00 32.35 56.00 46.15 100.00 57.14

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 77.78 91.67
Bassin 4 73.53 91.18 44.44
Bassin 5 79.31 88.00 69.44 64.71
Bassin 6 75.86 100.00 80.56 73.53 92.00
Bassin 7 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00
Bassin 8 89.66 100.00 94.44 91.18 84.00 92.31 100.00
Bassin 9 80.95 92.86 57.14 45.24 73.81 83.33 100.00 92.86

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 85.96 92.11
Bassin 4 83.33 91.67 60.00
Bassin 5 87.50 88.89 78.00 74.47
Bassin 6 80.00 100.00 83.33 76.32 94.44
Bassin 7 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00
Bassin 8 90.91 100.00 95.12 92.11 85.71 94.74 100.00
Bassin 9 87.30 93.18 70.00 56.60 80.36 85.42 100.00 93.48

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 75.38 85.37
Bassin 4 71.43 84.62 42.86
Bassin 5 77.78 80.00 63.93 59.32
Bassin 6 66.67 100.00 71.43 61.70 89.47
Bassin 7 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00 100.00
Bassin 8 83.33 100.00 90.70 85.37 75.00 90.00 100.00
Bassin 9 77.46 87.23 53.85 39.47 67.16 74.55 100.00 87.76

INDICE DE BRAY-CURTIS

Bassin 1							
Bassin 2	1.00000						
Bassin 3	0.75385	0.85366					
Bassin 4	0.71429	0.84615	0.42857				
Bassin 5	0.77778	0.80000	0.63934	0.59322			
Bassin 6	0.66667	1.00000	0.71429	0.61702	0.89474		
Bassin 7	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	
Bassin 8	0.83333	1.00000	0.90698	0.85366	0.75000	0.90000	1.00000	
Bassin 9	0.77465	0.87234	0.53846	0.39474	0.67164	0.74545	1.00000	0.87755

Matrices de Similarités calculées pour l'intervalle 5 : Zone à Humphriesianum (au niveau spécifique)

INDICE DE SIMPSON

Bassin 1							
Bassin 2	0.00000						
Bassin 3	0.34783	0.00000					
Bassin 4	0.39130	0.00000	0.51613				
Bassin 5	0.47826	0.00000	0.52083	0.70968			
Bassin 6	0.08333	0.00000	0.58333	0.58333	0.66667		
Bassin 7	0.20000	0.00000	0.70000	0.50000	0.60000	0.20000	
Bassin 8	0.25000	0.00000	0.50000	0.25000	0.75000	0.25000	0.25000
Bassin 9	0.33333	0.00000	0.41667	0.25000	0.75000	0.16667	0.10000	0.25000

INDICE DE BRAUN-BLANQUET

Bassin 1							
Bassin 2	0.00000						
Bassin 3	0.16667	0.00000					
Bassin 4	0.29032	0.00000	0.33333				
Bassin 5	0.16923	0.00000	0.38462	0.33846			
Bassin 6	0.04348	0.00000	0.14583	0.22581	0.12308		
Bassin 7	0.08696	0.00000	0.14583	0.16129	0.09231	0.16667	
Bassin 8	0.04348	0.00000	0.04167	0.03226	0.04615	0.08333	0.10000
Bassin 9	0.17391	0.00000	0.10417	0.09677	0.13846	0.16667	0.08333	0.08333

INDICE DE JACCARD

Bassin 1							
Bassin 2	0.00000						
Bassin 3	0.12698	0.00000					
Bassin 4	0.20000	0.00000	0.25397				
Bassin 5	0.14286	0.00000	0.28409	0.29730			
Bassin 6	0.02941	0.00000	0.13208	0.19444	0.11594		
Bassin 7	0.06452	0.00000	0.13725	0.13889	0.08696	0.10000	
Bassin 8	0.03846	0.00000	0.04000	0.02941	0.04545	0.06667	0.07692
Bassin 9	0.12903	0.00000	0.09091	0.07500	0.13235	0.09091	0.04762	0.06667

INDICE DE DICE

Bassin 1							
Bassin 2	0.00000						
Bassin 3	0.22535	0.00000					
Bassin 4	0.33333	0.00000	0.40506				
Bassin 5	0.25000	0.00000	0.44248	0.45833			
Bassin 6	0.05714	0.00000	0.23333	0.32558	0.20779		
Bassin 7	0.12121	0.00000	0.24138	0.24390	0.16000	0.18182	
Bassin 8	0.07407	0.00000	0.07692	0.05714	0.08696	0.12500	0.14286
Bassin 9	0.22857	0.00000	0.16667	0.13953	0.23377	0.16667	0.09091	0.12500

Matrices de Distances calculées pour l'intervalle 5 : Zone à Humphriesianum (au niveau spécifique). Programme Neighbor-joining (UPGMA)

INDICE DE SIMPSON
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 65.22 100.00
Bassin 4 60.87 100.00 48.39
Bassin 5 52.17 100.00 47.92 29.03
Bassin 6 91.67 100.00 41.67 41.67 33.33
Bassin 7 80.00 100.00 30.00 50.00 40.00 80.00
Bassin 8 75.00 100.00 50.00 75.00 25.00 75.00 75.00
Bassin 9 66.67 100.00 58.33 75.00 25.00 83.33 90.00 75.

INDICE DE BRAUN-BLANQUET
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 83.33 100.00
Bassin 4 70.97 100.00 66.67
Bassin 5 83.08 100.00 61.54 66.15
Bassin 6 95.65 100.00 85.42 77.42 87.69
Bassin 7 91.30 100.00 85.42 83.87 90.77 83.33
Bassin 8 95.65 100.00 95.83 96.77 95.38 91.67 90.00
Bassin 9 82.61 100.00 89.58 90.32 86.15 83.33 91.67 91.67

INDICE DE JACCARD
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 87.30 100.00
Bassin 4 80.00 100.00 74.60
Bassin 5 85.71 100.00 71.59 70.27
Bassin 6 97.06 100.00 86.79 80.56 88.41
Bassin 7 93.55 100.00 86.27 86.11 91.30 90.00
Bassin 8 96.15 100.00 96.00 97.06 95.45 93.33 92.31
Bassin 9 87.10 100.00 90.91 92.50 86.76 90.91 95.24 93.33

INDICE DE DICE
Bassin 1
Bassin 2 100.00
Bassin 3 77.46 100.00
Bassin 4 66.67 100.00 59.49
Bassin 5 75.00 100.00 55.75 54.17
Bassin 6 94.29 100.00 76.67 67.44 79.22
Bassin 7 87.88 100.00 75.86 75.61 84.00 81.82
Bassin 8 92.59 100.00 92.31 94.29 91.30 87.50 85.71
Bassin 9 77.14 100.00 83.33 86.05 76.62 83.33 90.91 87.50

INDICE DE BRAY-CURTIS
Bassin 1
Bassin 2 1.00000
Bassin 3 0.77465 1.00000
Bassin 4 0.66667 1.00000 0.59494
Bassin 5 0.75000 1.00000 0.55752 0.54167
Bassin 6 0.94286 1.00000 0.76667 0.67442 0.79221
Bassin 7 0.87879 1.00000 0.75862 0.75610 0.84000 0.81818
Bassin 8 0.92593 1.00000 0.92308 0.94286 0.91304 0.87500 0.85714
Bassin 9 0.77143 1.00000 0.83333 0.86047 0.76623 0.83333 0.90909 0.87500

Annexe 4: Associations unitaires

***Liste des taxons supprimés et leur code numérique**

01abb *Abbasitoides* sp.
03amb *Amblyoxyites*
04ast *Asthenoceras intermedium*
15bcm *Braunsina compactum*
21cde *Chondroceras densicostatum*
25dpl *Darellia planaris*
26dli *Docidoceras liebi*
36epl *Emileia polymera*
49ede *Euhoploceras densicostatum*
63gpo *Gerzenites postrugosus*
72lca *Ludwigella castum*
88igr *Itinsaites gracilis*
89ila *Itinsaites latumbilicatus*
90ima *Itinsaites masckei*
91itu *Itinsaites turgidus*
93kpa *Kumatostephanus paucicosta*
109ms *Masckeites densus*
115ev *Nannina evoluta*
117fo *Normannites fortis*
118in *Normannites immuntans*
119pr *Normannites prorectus*
121rh *Normannites rhomboidalis*
125fl *Oppelia flexa*
130pu *Otoites pauper*
132me *Papilliceras mesacantha*
145po *Pseudaptetoceras klimakomphalum*
148te *Reynesella tenuistriata*
157so *Sonninia patella*
163ho *Stemmatoceras hoffmanni*
166ci *Stephanoceras crassicostatum*
168hu *Stephanoceras humphriesianum*
171sc *Stephanoceras scalare*
172ki *Stephanoceras kirschneri*
179ac *Teloceras acuticostatum*
180bl *Teloceras blagdeni*
181cu *Teloceras coronatum*
182sb *Teloceras subcoronatum*
183tr *Teloceras triptolemus*
201cd *Cadomoceras cadomense*
203am *Ambersites*
204af *Abbasites* cf. *abbas*
205op *Abbasites* sp.
206at *Abbasitoides modestum*
207as *Albarracinites albarraciniensis*
208ay *Amblyoxyites amblys*
210ad *Asthenoceras delicatum*
211ae Asthenoceras
215ar *Bradfordia platyomphala*
216aq *Brasilia gigantea*
217ak *Brasilia* sp.
219aj *Braunsina* sp.
220ba *Braunsina projecta*
221bb *Braunsina rotabilis*
222bc *Braunsina semilens*
223bd *Braunsina stigmosa*
224be *Braunsina cornigerum*
225bf *Cadomites lissajousi*
226bg *Cadomoceras cf. sullyense*
227bh *Cadomoceras carinatum*
229bk *Chondroceras polytomum*
230bm *Darellina docilis*
231bn *Derellella recticostata*
232bo *Docidoceras transiens*
234bq *Dorsetensia edouardiana*
237bt *Dorsetensia*
238bu *Emileia brocchii*
239bv *Emileia contrahens*
241bx *Epalxites* cf. *angustumbilicatus*
242by *Epalxites* sp.
244cb *Euaptetoceras*
245cd *Eudmetoceras flexuosum*
246ce *Eudmetoceras masticonensis*
247cf *Eudmetoceras* sp. A
248cg *Eudmetoceras* sp. B
249ch *Eudmetoceras*
250cj *Euhoploceras omphalicum*
253cp *Fissilobiceras* sp.
255cs *Fissilobiceras pleydelliforme*
258cw *Fontannesia* sp. B
259cx *Fontannesia carinata*
260cz *Fontannesia clarckei*
261da *Fontannesia despecta*
262dc *Fontannesia montillanensis*
263df *Fontannesia obruta*
264dg *Gerzenites antiquus*
266dj *Graphoceras latum*
267dk *Graphoceras* sp. A
268dl *Graphoceras magnum*
269dm *Graphoceras debile*
270dp *Graphoceras impolitum*
271dq *Graphoceras robustum*
272dr *Graphoceras*
274dt *Ludwigella micrum*
275du *Ludwigella nodatum*
276dv *Ludwigella tolutarium*
277dw *Ludwigella vibratum*

278dx *Ludwigella opacum*
279dy *Hyperlioceras rudidiscites*
280dz *Hyperlioceras desori*
284fd *Haplopleuroceras crassum*
285ff *Haplopleuroceras tobleri*
286fg *Hebetoxyites incongruens*
287fh *Hebetoxyites* sp.
288fi *Hebetoxyites*
289fj *Itinsaites latansatus*
290fk *Itinsaites* cf. *braikenridgi*
291fm *Itinsaites*
294fu *Kumatostephanus kumaterus*
295fv *Leptosphinctes* cf. *coronarius*
296fw *Leptosphinctes chaudonensis*
299fz *Maceratites minimus*
300wb *Maceratites sulcatus*
303we *Mollistephanus hispaniensis*
304wf *Mollistephanus* cf. *mollis*
305wg *Nannina deltafalcata*
306wh *Nannina lauwilbergensis*
307wi *Nannina undifera*
310wl *Nannoceras* cf. *schlumbergeri*
311wm *Nannoceras nannomorphum*
312wn *Newmarracarroceras clarckei*
313wo *Normannites* cf. *formosus*
314wp *Normannites kialagvikensis*
316ws *Normannites* cf. *quenstedti*
317wt *Oecotraustes* sp.
319wv *Oppelia* sp.
320ww *Oppelia* aff. *skrodzkyi*
321wx *Oppelia* cf. *stantoni*
324va *Parammatoceras* cf. *alleoni*
327vd *Pelekodites* cf. *buckmani*
328ve *Pelekodites erycinus*
329vf *Pelekodites* cf. *macer*
331vh *Planammatoceras*
332vj *Platystomites* cf. *crassicostatus*
333vk *Platystomites* sp.
334vl *Poecilomorphus umbilicatus*
335vm *Polyplectites* sp.
336vn *Praeoppelia*
337vo *Praeoppelia concava*
338vp *Praeoppelia richensis*
339vq *Praeoppelia* sp. 2
340vr *Praeoppelia subplicatella*
341vs *Praestrigites deltotus*
342vt *Protoecotraustes* cf. *dundriensis*
343vv *Pseudammatoceras dolium*
344vw *Pseudammatoceras* cf. *mouterdei*
345vx *Pseudammatoceras* cf. *rugatum*
346vy *Pseudammatoceras* sp. 1
347vz *Pseudographoceras helveticum*
348ka *Pseudographoceras umbilicatum*
349kb *Reynesella rodburgense*
350kc *Reynesella curvata*
351kd *Reynesella benigna*
352ke *Reynesella inops*
353kf *Reynesella toxeres*
355kh *Rhodaniceras* sp.
356kj *Rhodaniceras dubari*
357kk *Riccardiceras perfectum*
358kl *Riccardiceras telegdirothi*
359km *Riccardiceras limatum*
360kn *Shirbuirnia oviformis*
361ko *Shirbuirnia trigonalis*
362kp *Skirroceras* aff. *rochei*
363kq *Skirroceras* cf. *skolex*
365ks *Skirroceras*
368kv *Sonninia decora*
369kw *Sonninia reformata*
370kx *Sonninia subspinosa*
372kz *Sonninia* cf. *furticarinata*
373za *Sonninia jugifera*
374zb *Sphaeroceras* sp.
375zc *Stegoxyites* sp.
376zd *Stegoxyites*
378zf *Stephanoceras sturanii*
379zg *Stephanoceras brodiaei*
380zh *Stephanoceras kreter*
381zi *Stephanoceras mutabile*
385zm *Teloceras sparsinodum*
386zn *Teloceras* cf. *blagdeniformis*
388zp *Teloceras parvum*
390zs *Toxamblyites fasciculatus*
392zv *Toxolioceras* sp.
393zw *Toxolioceras*
394zx *Toxolioceras inclusum*
395zy *Toxolioceras curvum*
396zz *Reynesella furcatum*
399jc *Trilobiticeras* aff. *platygaster*
401je *Witchellia patefactor*
402jf *Witchellia plena*
403jg *Witchellia sutneri*
406jj *Pseudaptetoceras* sp.
407jk *Pseudaptetoceras amaltheiforme*
408jw *Oecotraustes genicularis*
409jz *Oecotraustes pulcher*
410jx *Masckeites* sp.

Annexe 5 : Associations unitaires

***Liste des taxons retenus et leur code numérique**

06bpr *Bradfordia praeradiata* (DOUVILLE)
09bli *Bradfordia liomphala* BUCKMAN
10bre *Bradfordia renzi* SAPUNOV
11bsi *Brasilia similes* (BUCKMAN)
12bas *Braunsina aspera* BUCKMAN
13bcn *Braunsina contorta* BUCKMAN
14bel *Braunsina elegantula* BUCKMAN
20cel *Cadomoceras ellipticum* BUCKMAN
22cev *Chondroceras evolvescens* (WAAGEN)
23cge *Chondroceras gervillii* (SOWERBY)
24cor *Chondroceras orbignyanum* (WRIGHT)
27dcy *Docidoceras cylindroides* BUCKMAN
29dha *Dorsetensia hannoverana* (HILTERMANN)
30dhe *Dorsetensia hebridica* MORTON
32dro *Dorsetensia romani* (OPPEL)
40ema *Emileites malenotatus* BUCKMAN
42ekl Eudmetoceras *renzi* ELMI
46emr *Euhoploceras marginatum* (BUCKMAN)
47emo *Euhoploceras modestum* (BUCKMAN)
48ead *Euhoploceras adicrum* (WAAGEN)
50edo *Euhoploceras dominans* (BUCKMAN)
51eac *Euhoploceras acanthodes* (BUCKMAN)
52esu *Euhoploceras subdecoratum* (BUCKMAN)
54fgi *Fissilobiceras gingense* (WAAGEN)
55fov *Fissilobiceras ovalis* (QUENSTEDT)
60flu *Fontannesia luculenta* BUCKMAN
61fro *Frogdenites* sp.
62gru *Gerzenites rugosus* WESTERMANN
65gco *Graphoceras concavum* (SOWERBY)
67gfo *Graphoceras formosum* (BUCKMAN)
68gli *Graphoceras limitatum* BUCKMAN
70gpu *Graphoceras pulchrum* (BUCKMAN)
71gvs *Graphoceras v-scriptum* (BUCKMAN)
74lco *Ludwigella cornu* BUCKMAN
75lru *Ludwigella rude* BUCKMAN
79hmo *Haplopleuroceras mouterdei* sp. nov.
80hex *Haplopleuroceras eximium* GERARD
81hmu *Haplopleuroceras mundum* BUCKMAN
82hsu *Haplopleuroceras subspinatum* (BUCKMAN)
86iga *Itinsaites garnieri* PAVIA
92kpe *Kumatostephanus perjucundus* BUCKMAN
96lin *Labyrinthoceras intricatum* BUCKMAN
97lma *Labyrinthoceras manseleii* (BUCKMAN)
99lfe *Leptosphinctes festonensis* PAVIA
106mo *Maceratites moisyi* (BRASIL)
107sp *Maceratites spatians* (BUCKMAN)
108pe *Malladaites pertinax* (VACEK)
112ml *Mollistephanus* sp.
113pi *Nannina pinguis* (ROEMER)
116na *Nannoceras* sp.
122vu *Normannites vulgaricostatus* WESTERMANN
126su *Oppelia subradiata* (SOWERBY)
127cn *Otoites contractus* (SOWERBY)
129fr *Otoites fortis* WESTERMANN
131pp *Papilliceras* sp.
136sc Pelekodites *schlumbergeri* (HAUG)
137sl *Pelekodites sulcatus* (BUCKMAN)
138zu *Pelekodites zurcheri* (DOUVILLE)
140di *Phaulostephanus diniensis* (PAVIA)
141cy *Poecilomorphus cycloides* (D'ORBIGNY)
142ps *Praestrigites* sp.
146ju *Reynesella juncta* BUCKMAN
149ph *Rhodaniceras prosphues* (BUCKMAN)
154ma *Skirroceras macrum* (QUENSTEDT)
155cr *Sonninia corrugata* (SOWERBY)
156fe *Sonninia felix* (BUCKMAN)
159pn *Sonninia propinquans* (BAYLE)
161br *Sphaeroceras brongniarti* (SOWERBY)
162pc *Stegoxyites parcicarinatus* BUCKMAN
164tn *Stephanoceras tenuicostatum* HOCHSTETTER
165bi *Stephanoceras bigoti* (HAUG)
169pm *Stephanoceras plicatum* (QUENSTEDT)
170py *Stephanoceras pyritosum* (QUENSTEDT)
174pg *Strigoceras pseudostrigifer* (MAUBEUGE)
177ln *Strigoceras languidum* (BUCKMAN)
178db *Teloceras dubium* (SCHMIDTILL & KRUMBECK)
184dn *Toxamblyites densicostatus* STURANI
185pv *Toxamblyites paviai* SANDOVAL
186in *Toxolioceras incisum* (BUCKMAN)
187mu *Toxolioceras mundum* (BUCKMAN)
188wa *Toxolioceras walkeri* (BUCKMAN)
189ar *Toxolioceras arcuatum* (BUCKMAN)
191cc *Trilobiticeras cricki* PARSONS
194ru *Witchellia rubra* (BUCKMAN)
195ct *Witchellia connata* (BUCKMAN)
196lv *Witchellia laeviuscula* (SOWERBY)
197ro *Witchellia romanoides* (DOUVILLE)
198sa *Witchellia sayni* (HAUG)
199ua *Zurcheria ubaldi* DOUVILLE
265dh *Graphoceras apertum* BUCKMAN
318wu *Oedania inflata* BUCKMAN

Annexe 6 : Associations unitaires

Fichier TGE

```
Cliques maximales rangées par cardinalité
-101 taxons
-11 sections
-88 cliques
*des taxons ajoutés

  1    8.16*[ 13]: 12BAS 13BCN 146JU 14BEL 186IN 47EMO 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 81HMU
82HSU
  2    9.61 [ 13]: 06BPR 127CN 131PP 137SL 155CR 156FE 159PN 175ST 20CEL 35EPO 62GRU 92KPE
95LME
  3    8.21*[ 13]: 12BAS 13BCN 146JU 186IN 188WA 47EMO 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 81HMU
82HSU
  4    4.10*[ 13]: 12BAS 13BCN 146JU 14BEL 186IN 189AR 47EMO 67GFO 68GLI 70GPU 80HEX 81HMU
82HSU
  5    1.31*[ 12]: 12BAS 13BCN 146JU 14BEL 186IN 187MU 189AR 318WU 47EMO 79HMO 80HEX 82HSU
  6    1.21 [ 12]: 12BAS 13BCN 146JU 186IN 187MU 188WA 189AR 318WU 47EMO 79HMO 80HEX 82HSU
  7    4.13*[ 12]: 12BAS 13BCN 146JU 14BEL 186IN 189AR 318WU 47EMO 79HMO 80HEX 81HMU 82HSU
  8    1.12*[ 12]: 12BAS 13BCN 146JU 47EMO 60FLU 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 81HMU 82HSU
  9    11.15 [ 11]: 116NA 142PS 149PH 42EKL 60FLU 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 82HSU
 10    11.21*[ 11]: 116NA 13BCN 142PS 149PH 186IN 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 82HSU
 11    10.59 [ 11]: 126SU 140DI 141CY 170PY 174PG 175ST 22CEV 23CGE 24COR 32DRO 86IGA
 12    11.17 [ 11]: 116NA 142PS 149PH 265DH 42EKL 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 82HSU
 13    9.5*[ 10]: 149PH 42EKL 60FLU 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 81HMU 82HSU
 14    11.37*[ 10]: 02ALB 107SP 112ML 128DO 135PK 197RO 198SA 40EMA 54FGI 61FRO
 15    4.1*[ 10]: 13BCN 149PH 186IN 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 81HMU 82HSU
 16    11.38 [ 10]: 02ALB 107SP 128DO 135PK 197RO 198SA 199UA 40EMA 54FGI 61FRO
 17    1.18*[ 10]: 12BAS 13BCN 146JU 318WU 47EMO 60FLU 79HMO 80HEX 81HMU 82HSU
 18    8.9*[  9]: 142PS 265DH 42EKL 65GCO 67GFO 70GPU 71GVS 74LCO 82HSU
 19    7.10*[  9]: 142PS 265DH 42EKL 65GCO 67GFO 71GVS 74LCO 75LRU 82HSU
 20    10.21*[  9]: 127CN 137SL 154MA 155CR 156FE 159PN 175ST 20CEL 35EPO
 21    6.33 [  9]: 102DE 106MO 112ML 127CN 129FR 138ZU 185PV 197RO 198SA
 22    9.53*[  9]: 06BPR 155CR 175ST 195CT 196LV 35EPO 62GRU 92KPE 95LME
 23    4.8 [  9]: 12BAS 14BEL 186IN 47EMO 51EAC 68GLI 80HEX 81HMU 82HSU
 24    11.40*[  9]: 103AU 128DO 136SC 195CT 197RO 198SA 40EMA 54FGI 61FRO
 25    1.33*[  9]: 116NA 13BCN 14BEL 186IN 187MU 47EMO 79HMO 80HEX 82HSU
 26    6.21*[  9]: 06BPR 102DE 106MO 112ML 135PK 138ZU 197RO 198SA 61FRO
 27    11.35 [  9]: 02ALB 106MO 10BRE 112ML 138ZU 191CC 40EMA 48EAD 53FFI
 28    11.39 [  9]: 02ALB 103AU 128DO 135PK 197RO 198SA 40EMA 54FGI 61FRO
 29    8.15*[  9]: 12BAS 13BCN 265DH 67GFO 68GLI 70GPU 71GVS 80HEX 82HSU
 30    6.39 [  9]: 102DE 106MO 127CN 129FR 137SL 138ZU 185PV 197RO 198SA
 31    1.45*[  8]: 02ALB 112ML 138ZU 155CR 191CC 195CT 40EMA 61FRO
 32    11.7*[  8]: 142PS 265DH 42EKL 67GFO 71GVS 75LRU 80HEX 82HSU
 33    9.52 [  8]: 06BPR 195CT 196LV 198SA 35EPO 62GRU 92KPE 95LME
 34    11.23*[  8]: 116NA 13BCN 142PS 186IN 187MU 79HMO 80HEX 82HSU
 35    6.26*[  8]: 06BPR 102DE 106MO 112ML 127CN 138ZU 197RO 198SA
 36    5.11*[  8]: 02ALB 107SP 112ML 138ZU 155CR 195CT 40EMA 61FRO
 37    6.46*[  8]: 06BPR 102DE 127CN 137SL 138ZU 194RU 197RO 198SA
 38    10.16*[  7]: 129FR 155CR 195CT 196LV 35EPO 62GRU 92KPE
 39    9.36*[  7]: 128DO 136SC 191CC 194RU 195CT 197RO 198SA
 40    1.16*[  7]: 116NA 13BCN 142PS 60FLU 79HMO 80HEX 82HSU
 41    6.44*[  7]: 102DE 106MO 127CN 137SL 185PV 198SA 96LIN
 42    2.4*[  7]: 02ALB 128DO 195CT 197RO 198SA 53FFI 55FOV
 43    6.6*[  7]: 06BPR 106MO 10BRE 112ML 138ZU 198SA 54FGI
 44    9.46*[  7]: 06BPR 128DO 195CT 196LV 197RO 198SA 55FOV
 45    9.80*[  7]: 122VU 126SU 141CY 162PC 22CEV 23CGE 24COR
 46    10.64*[  7]: 126SU 140DI 165BI 170PY 174PG 175ST 86IGA
 47    9.45 [  7]: 128DO 195CT 196LV 197RO 198SA 53FFI 55FOV
 48    5.16*[  7]: 06BPR 127CN 155CR 175ST 194RU 196LV 92KPE
 49    9.17 [  7]: 12BAS 27DCY 46EMR 47EMO 48EAD 50EDO 51EAC
 50    1.71*[  6]: 02ALB 112ML 155CR 156FE 159PN 62GRU
 51    1.28*[  6]: 12BAS 27DCY 46EMR 47EMO 50EDO 79HMO
 52    1.25 [  6]: 12BAS 27DCY 46EMR 47EMO 79HMO 80HEX
 53    1.48*[  6]: 112ML 155CR 191CC 195CT 196LV 61FRO
 54    4.37*[  6]: 126SU 140DI 164TN 174PG 175ST 86IGA
 55    4.26*[  6]: 06BPR 112ML 127CN 155CR 196LV 62GRU
 56    8.32*[  6]: 128DO 135PK 136SC 194RU 197RO 198SA
```

```
57    2.6*[  6]: 127CN 137SL 155CR 177LN 185PV 20CEL
58    10.39*[  6]: 126SU 141CY 169PM 174PG 175ST 32DRO
59    11.47*[  6]: 127CN 155CR 156FE 159PN 184DN 92KPE
60    10.34 [  6]: 126SU 154MA 169PM 29DHA 30DHE 32DRO
61    5.19 [  6]: 127CN 138ZU 155CR 184DN 185PV 92KPE
62    11.42*[  6]: 102DE 127CN 136SC 185PV 198SA 96LIN
63    9.20 [  6]: 09BLI 27DCY 46EMR 47EMO 48EAD 50EDO
64    8.35*[  6]: 06BPR 128DO 195CT 196LV 198SA 95LME
65    1.54*[  6]: 02ALB 102DE 112ML 138ZU 155CR 61FRO
66    10.71 [  5]: 122VU 126SU 164TN 174PG 178DB
67    9.23 [  5]: 09BLI 47EMO 48EAD 50EDO 52ESU
68    1.76*[  5]: 127CN 137SL 154MA 159PN 30DHE
69    10.73 [  5]: 122VU 126SU 161BR 174PG 178DB
70    1.78*[  5]: 127CN 137SL 177LN 23CGE 30DHE
71    4.14*[  5]: 146JU 318WU 47EMO 52ESU 79HMO
72    8.45 [  5]: 127CN 137SL 156FE 159PN 162PC
73    3.24*[  4]: 126SU 174PG 22CEV 99LFE
74    3.12*[  4]: 126SU 141CY 162PC 169PM
75    4.22*[  4]: 09BLI 116NA 199UA 55FOV
76    11.44 [  4]: 131PP 136SC 185PV 97LMA
77    4.19*[  4]: 09BLI 146JU 47EMO 52ESU
78    9.26 [  4]: 194RU 47EMO 48EAD 50EDO
79    11.4 [  4]: 108PE 65GCO 74LCO 75LRU
80    8.1 [  4]: 11BSI 65GCO 74LCO 75LRU
81    7.17 [  4]: 09BLI 127CN 136SC 35EPO
82    9.29*[  4]: 136SC 191CC 194RU 48EAD
83    3.16 [  4]: 126SU 141CY 162PC 184DN
84    5.4 [  3]: 175ST 40EMA 46EMR
85    11.48*[  3]: 113PI 141CY 184DN
86    2.13 [  3]: 141CY 17CAD 22CEV
87    3.3 [  3]: 103AU 131PP 196LV
88    3.9 [  3]: 113PI 141CY 177LN
```

Fichier TGF

Relations entre les cliques
>> : i sous j sans contradiction
-> : i sous j avec contradiction
<- : i sur j avec contradiction
<< : i sur j sans contradiction
?? : indéterminée

88 cliques

```
8.16*: >>9.61 <<8.21* >>4.10* >>1.31* ->1.21 >>4.13*  <<1.12*  <-11.15  <-11.21*  >>10.59
<-11.17  <<9.5* >>11.37*  <<4.1*  >>11.38  ->1.18*  <-8.9* <-7.10*  >>10.21*  >>6.33
>>9.53*  ->4.8  >>11.40*  >>1.33*  >>6.21*  >>11.35  >>11.39  <<8.15*  >>6.39 >>1.45*  <-
11.7*  >>9.52 ->11.23*  >>6.26*  >>5.11*  >>6.46*  >>10.16*  >>9.36*  ->1.16*  >>6.44*
>>2.4*  >>6.6*  >>9.46*  >>9.80*  >>10.64*  >>9.45  >>5.16*  ->9.17 >>1.71*  ->1.28* ->1.25
>>1.48*  >>4.37*  >>4.26*  >>8.32*  >>2.6* >>10.39*  >>11.47*  >>10.34  >>5.19  >>11.42*
->9.20  >>8.35*  >>1.54*  >>10.71  ->9.23 >>1.76*  >>10.73  >>1.78*  >>4.14*  >>8.45
>>3.24*  >>3.12*  >>4.22*  >>11.44  >>4.19*  ->9.26 <<11.4 <<8.1  >>7.17  >>9.29*
>>3.16 ->5.4  >>11.48*  >>2.13  >>3.3  >>3.9

9.61 : <<8.21*  <<4.10*  <<1.31*  <<1.21 <<4.13*  <<1.12*  <<11.15  <<11.21*  >>10.59
<<11.17  <<9.5* <-11.37*  <<4.1* <-11.38 <<1.18*  <<8.9* <<7.10*  >>10.21*  <-6.33 <<9.53*
<<4.8  <<11.40* <<1.33*  <-6.21*  <-11.35  <<11.39  <<8.15*  <-6.39 <-1.45*  <<11.7*
<<9.52 <<11.23*  <-6.26*  <-5.11*  <-6.46*  <-10.16*  <<9.36*  <<1.16*  <-6.44*  <<2.4*
<-6.6* <<9.46*  >>9.80*  >>10.64*  <<9.45  <<5.16*  <<9.17 <<1.71*  <<1.28*  <<1.25 <<1.48*
>>4.37*  <<4.26*  <<8.32*  ->2.6*  >>10.39*  ->11.47*  ->10.34  ??5.19 <-11.42*  <<9.20
<<8.35*  <-1.54*  >>10.71  <<9.23  ->1.76*  >>10.73  ->1.78*  <<4.14*  >>8.45  >>3.24*
>>3.12*  <<4.22*  <-11.44  <<4.19*  <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29*  ->3.16 <<5.4-
>11.48*  >>2.13 <<3.3 >>3.9

8.21*: >>4.10*  >>1.31*  >>1.21 >>4.13*  <<1.12*  <-11.15  <-11.21*  >>10.59  <-11.17
<<9.5*  >>11.37*  <<4.1* >>11.38  ->1.18*  <-8.9*  <-7.10*  >>10.21*  >>6.33 >>9.53*  ->4.8
>>11.40*  >>1.33*  >>6.21*  >>11.35  >>11.39  <<8.15*  >>6.39 >>1.45*  <-11.7*  >>9.52 -
>11.23*  >>6.26*  >>5.11*  >>6.46*  >>10.16*  >>9.36*  ->1.16*  >>6.44*  >>2.4* >>6.6*
>>9.46*  >>9.80*  >>10.64*  >>9.45 >>5.16*  ->9.17 >>1.71*  >>1.28*  >>1.25 >>1.48*
>>4.37*  >>4.26*  >>8.32*  >>2.6* >>10.39*  >>11.47*  >>10.34  >>5.19 >>11.42*  >>9.20
>>8.35*  >>1.54*  >>10.71  >>9.23 >>1.76*  >>10.73  >>1.78*  >>4.14*  >>8.45 >>3.24*
>>3.12*  >>4.22*  >>11.44  >>4.19*  >>9.26 <<11.4 <<8.1  >>7.17 >>9.29*  >>3.16 >>5.4
>>11.48*  >>2.13 >>3.3  >>3.9
```

4.10*: >>1.31* ->1.21 >>4.13* <<1.12* <-11.15 <-11.21* >>10.59 <-11.17 <<9.5*
>>11.37* <<4.1* >>11.38 ->1.18* <-8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40*
>>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 ->11.23*
>>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46*
>>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37*
>>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35*
>>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12*
>>4.22* >>11.44 >>4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48*
>>2.13 >>3.3 >>3.9

1.31*: <<1.21 <<4.13* <<1.12* <-11.15 <-11.21* >>10.59 <-11.17 <<9.5* >>11.37* <<4.1*
>>11.38 <<1.18* <<8.9* <<7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* <-4.8 >>11.40* >>1.33*
>>6.21* >>11.35 >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 ??11.23* >>6.26*
>>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* <-1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80*
>>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26*
>>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54*
>>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22*
>>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48*
>>2.13 >>3.3 >>3.9

1.21 : <-4.13* <<1.12* <-11.15 <-11.21* >>10.59 <-11.17 <<9.5* >>11.37* <<4.1*
>>11.38 <<1.18* <<8.9* <<7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* <-4.8 >>11.40* >>1.33*
>>6.21* >>11.35 >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26*
>>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* <-1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80*
>>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26*
>>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54*
>>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22*
>>11.44 ->4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13
>>3.3 >>3.9

4.13*: <<1.12* <-11.15 <-11.21* >>10.59 <-11.17 <<9.5* >>11.37* <<4.1* >>11.38
<<1.18* <-8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* <-4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21*
>>11.35 >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26* >>5.11*
>>6.46* >>10.16* >>9.36* <-1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64*
>>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32*
>>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 -
>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44
>>4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.12*: <-11.15 <-11.21* >>10.59 <-11.17 <<9.5* >>11.37* <-4.1* >>11.38 >>1.18* <-
8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35
>>11.39 <-8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46*
>>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45
>>5.16* ->9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6*
>>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23
>>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19*
>>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.15 : >>11.21* >>10.59 >>11.17 <<9.5* >>11.37* ->4.1* >>11.38 ->1.18* <-8.9* <-
7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39->8.15*
>>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36*
>>1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17
>>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47*
>>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73
>>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1
>>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.21*: >>10.59 <<11.17 <<9.5* >>11.37* <<4.1* >>11.38 ->1.18* <<8.9* <<7.10*
>>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 ??8.15*
>>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36*
->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71*
->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34
>>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14*
>>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29*
>>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

10.59 : <<11.17 <<9.5* <-11.37* <<4.1* <-11.38 <<1.18* <<8.9* <<7.10* <<10.21* <-6.33
<<9.53* <<4.8 <<11.40* <<1.33* <-6.21* <-11.35 <<11.39 <<8.15* <-6.39 <-1.45*
<<11.7* <<9.52 <<11.23* <-6.26* <-5.11* <-6.46* <<10.16* <<9.36* <<1.16* <-6.44*
<<2.4* <-6.6* <<9.46* ->9.80* >>10.64* <<9.45 <<5.16* <<9.17 <<1.71* <<1.28* <<1.25
<<1.48* >>4.37* <<4.26* <<8.32* <-2.6* <<10.39* <-11.47* <<10.34 <-5.19 <-11.42*
<<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <<1.78* <<4.14* <-8.45 >>3.24*
<-3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <-3.16 <<5.4 <-
11.48* ->2.13 <<3.3 <<3.9

11.17 : <-9.5* >>11.37* ->4.1* >>11.38 ->1.18* <<8.9* <<7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 ->8.15* >>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.5*: >>11.37* >>4.1* >>11.38 >>1.18* <-8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* >>4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 ->8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* >>1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* >>9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.37*: <<4.1* >>11.38 <<1.18* <<8.9* <<7.10* ->10.21* ->6.33 ->9.53* <<4.8 >>11.40* <<1.33* ->6.21* <<11.35 >>11.39 <<8.15* ->6.39 ->1.45* <<11.7* ->9.52 <<11.23* ->6.26* ->5.11* ->6.46* ->10.16* ->9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* ->9.46* >>9.80* ->10.64* ??9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* ->4.37* ->4.26* >>8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 >>11.42* <<9.20 ->8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

4.1*: >>11.38 ->1.18* <-8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 <-8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.38 : <<1.18* <<8.9* <<7.10* ->10.21* ->6.33 ->9.53* <<4.8 >>11.40* <<1.33* ??6.21* <<11.35 >>11.39 <<8.15* ->6.39 ->1.45* <<11.7* ->9.52 <<11.23* ->6.26* ->5.11* ->6.46* ->10.16* ->9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* ->9.46* >>9.80* ->10.64* ->9.45 ->5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* ->4.37* ->4.26* >>8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 >>11.42* <<9.20 ->8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

1.18*: <-8.9* <-7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* <-4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 <-8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

8.9*: <<7.10* >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 >>8.15* >>6.39 >>1.45* ??11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* >>9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

7.10*: >>10.21* >>6.33 >>9.53* ->4.8 >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 >>8.15* >>6.39 >>1.45* >>11.7* >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* >>9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

10.21*: <-6.33 <<9.53* <<4.8 <<11.40* <<1.33* <-6.21* <-11.35 <<11.39 <<8.15* <-6.39 <-1.45* <<11.7* <<9.52 <<11.23* <-6.26* <-5.11* <-6.46* <<10.16* <<9.36* <<1.16* <-6.44* <<2.4* <-6.6* <<9.46* >>9.80* >>10.64* <<9.45 <<5.16* <<9.17 <<1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* <<4.26* <<8.32* ??2.6* >>10.39* <-11.47* ->10.34 <-5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 ->1.76* >>10.73 ->1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* ->3.16 <<5.4 ->11.48* >>2.13 <<3.3 >>3.9

6.33 : ->9.53* <<4.8 <-11.40* <<1.33* <<6.21* <<11.35 <-11.39 <<8.15* >>6.39 <-1.45* <<11.7* <-9.52 <<11.23* <<6.26* <-5.11* ->6.46* ->10.16* <-9.36* <<1.16* >>6.44* <-2.4* <<6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* <<9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

9.53*: <<4.8 <<11.40* <<1.33* <-6.21* <-11.35 <-11.39 <<8.15* ??6.39 <-1.45* <<11.7* <<9.52 <<11.23* <-6.26* <-5.11* <-6.46* ??10.16* <<9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* <<9.46* >>9.80* >>10.64* <<9.45 <-5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* >>4.26* <<8.32* ->2.6* >>10.39* ->11.47* ->10.34 ->5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 ->1.76* >>10.73 ->1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <<9.29* ->3.16 <<5.4 ->11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

4.8 : >>11.40* >>1.33* >>6.21* >>11.35 >>11.39 <-8.15* >>6.39 >>1.45* <-11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.40*: <<1.33* <-6.21* <<11.35 <<11.39 <<8.15* ->6.39 <-1.45* <<11.7* >>9.52 <<11.23* ->6.26* <-5.11* ->6.46* >>10.16* ->9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* ->9.45 >>5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 >>11.42* <<9.20 >>8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.33*: >>6.21* >>11.35 >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 <<11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* <<1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

6.21*: <<11.35 <-11.39 <<8.15* >>6.39 ??1.45* <<11.7* ->9.52 <<11.23* >>6.26* ->5.11* >>6.46* ->10.16* ->9.36* <<1.16* >>6.44* <-2.4* <<6.6* ->9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* ->4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 ->8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

11.35 : >>11.39 <<8.15* >>6.39 >>1.45* <<11.7* ->9.52 <<11.23* >>6.26* >>5.11* ->6.46* ->10.16* ->9.36* <<1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* ->9.46* >>9.80* ->10.64* ->9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* ->4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* <<9.20 ->8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

11.39 : <<8.15* ->6.39 ->1.45* <<11.7* ->9.52 <<11.23* ->6.26* ->5.11* ->6.46* >10.16* ->9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* ->9.46* >>9.80* >>10.64* <-9.45 >5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* ->4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 >>11.42* <<9.20 ->8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* >>11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 >>9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

8.15*: >>6.39 >>1.45* <<11.7* >>9.52 ->11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

6.39 : <-1.45* <<11.7* <-9.52 <<11.23* <<6.26* <-5.11* <-6.46* <-10.16* <-9.36* <<1.16* >>6.44* <-2.4* <<6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* <-4.26* <-8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

1.45*: <<11.7* ->9.52 <<11.23* ->6.26* >>5.11* ->6.46* ->10.16* ??9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 ->8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 ->9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

11.7*: >>9.52 >>11.23* >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* ->1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* >>9.17 >>1.71* >>1.28* >>1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* >>4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.52 : <<11.23* <-6.26* <-5.11* <-6.46* >>10.16* <<9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* <<9.46* >>9.80* >>10.64* <<9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* >>4.37* >>4.26* <<8.32* ->2.6* >>10.39* ->11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 <<8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <<9.29* ->3.16 <-5.4 ->11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.23*: >>6.26* >>5.11* >>6.46* >>10.16* >>9.36* <<1.16* >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* ->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

6.26*: <-5.11* >>6.46* ->10.16* <-9.36* <<1.16* >>6.44* <-2.4* <<6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 <-8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

5.11*: ->6.46* ->10.16* ->9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 ->8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 ->9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

6.46*: ->10.16* <-9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <<6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 ->5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

10.16*: <-9.36* <<1.16* ->6.44* <-2.4* <-6.6* <<9.46* >>9.80* >>10.64* <<9.45->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

9.36*: <<1.16* ->6.44* ->2.4* <-6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 >>8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <<9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.16*: >>6.44* >>2.4* >>6.6* >>9.46* >>9.80* >>10.64* >>9.45 >>5.16*->9.17 >>1.71* ->1.28* ->1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* ->9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 ->9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* ->9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

6.44*: <-2.4* <<6.6* <-9.46* >>9.80* ->10.64* <-9.45 <-5.16* <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <-1.48* ->4.37* <-4.26* <-8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 <-11.42* <-9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <-9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <-4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 <-3.3 >>3.9

2.4*: <-6.6* ??9.46* >>9.80* >>10.64* <<9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* ->4.26* <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 ->8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

6.6*: ->9.46* >>9.80* ->10.64* ->9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* ->4.37* ->4.26* ->8.32* >>2.6* ->10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 ->8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 ->9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

9.46*: >>9.80* >>10.64* <<9.45 ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* >>4.26* <<8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 >>8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <<9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.80*: ->10.64* <<9.45 <<5.16* <<9.17 <<1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* ->4.37* <<4.26* <<8.32* <<2.6* <<10.39* <<11.47* <-10.34 <<5.19 <<11.42* <<9.20 <<8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <<1.78* <<4.14* <<8.45 >>3.24* <<3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <<3.16 <<5.4 <<11.48* <<2.13 <<3.3 <<3.9

10.64*: <<9.45 <<5.16* <<9.17 <<1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* <<4.26* <<8.32* <-2.6* <<10.39* <-11.47* <<10.34 <-5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <<1.78* <<4.14* <-8.45 ->3.24* <-3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <-3.16 <<5.4 <-11.48* ->2.13 <<3.3 <<3.9

9.45 : ->5.16* <<9.17 >>1.71* <<1.28* <<1.25 ->1.48* >>4.37* >>4.26* <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 >>8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <<9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

5.16*: <<9.17 ->1.71* <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* ??4.26* <<8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* ->10.34 >>5.19 <-11.42* <<9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 ->1.76* >>10.73 ->1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <<9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.17 : >>1.71* >>1.28* <-1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* ->4.22* >>11.44 ->4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.71*: <<1.28* <<1.25 <<1.48* >>4.37* <-4.26* <-8.32* ->2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* <-11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 <-3.3 >>3.9

1.28*: <<1.25 >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <-4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.25 : >>1.48* >>4.37* >>4.26* >>8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 >>11.42* >>9.20 >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* ->4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 ->4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.48*: >>4.37* >>4.26* <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 ->11.42* <<9.20 <-8.35* >>1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

4.37*: <<4.26* <<8.32* <-2.6* <<10.39* <-11.47* <<10.34 <-5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <<1.78* <<4.14* <-8.45 ->3.24* <-3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <-3.16 <<5.4 <-11.48* ??2.13 <<3.3 <<3.9

4.26*: <-8.32* >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 >>5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

8.32*: >>2.6* >>10.39* >>11.47* >>10.34 ->5.19 ->11.42* <<9.20 >>8.35* ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <<9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

2.6*: ->10.39* ->11.47* >>10.34 >>5.19 <<11.42* <<9.20 <-8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 ->1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* ->8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 <<3.3 >>3.9

10.39*: <-11.47* <<10.34 <-5.19 <-11.42* <<9.20 <<8.35* <-1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <-1.78* <<4.14* <-8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* ->3.16 <<5.4 <-11.48* ->2.13 <<3.3 <<3.9

11.47*: ->10.34 <<5.19 <<11.42* <<9.20 <-8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 ->1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* ->3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 <<3.3 ->3.9

10.34 : <-5.19 <<11.42* <<9.20 <<8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 <<1.76* >>10.73 <-1.78* <<4.14* <-8.45 >>3.24* ->3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* ->3.16 <-5.4 <-11.48* ->2.13 <<3.3 <-3.9

5.19 : <-11.42* <<9.20 <-8.35* <<1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 ->1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* ->3.12* <-4.22* <-11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <-9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 <-3.3 ->3.9

11.42*: <-9.20 <-8.35* <-1.54* >>10.71 <-9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* >>11.44 <-4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 ??3.3 >>3.9

9.20 : >>8.35* >>1.54* >>10.71 >>9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <-4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* ->4.22* >>11.44 <-4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

8.35*: ->1.54* >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* ->11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <-7.17 <<9.29* ->3.16 <-5.4 ->11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.54*: >>10.71 <<9.23 >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* <-4.22* ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 <-9.29* >>3.16 <<5.4 >>11.48* >>2.13 ->3.3 >>3.9

10.71 : <<9.23 <<1.76* >>10.73 <<1.78* <<4.14* <<8.45 ->3.24* <<3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <<3.16 <<5.4 <<11.48* <-2.13 <<3.3 <<3.9

9.23 : >>1.76* >>10.73 >>1.78* <<4.14* >>8.45 >>3.24* >>3.12* ->4.22* >>11.44 <<4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

1.76*: >>10.73 >>1.78* <<4.14* ??8.45 >>3.24* >>3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* ->3.16 <-5.4 ->11.48* >>2.13 <<3.3 >>3.9

10.73 : <<1.78* <<4.14* <<8.45 ->3.24* <<3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <<3.16 <<5.4 <<11.48* <-2.13 <<3.3 <<3.9

1.78*: <<4.14* <-8.45 >>3.24* ->3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* ->3.16 <-5.4 ->11.48* >>2.13 <<3.3 ->3.9

4.14*: >>8.45 >>3.24* >>3.12* >>4.22* >>11.44 >>4.19* >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

8.45 : >>3.24* >>3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* >>3.16 <<5.4 ->11.48* >>2.13 <<3.3 ->3.9

3.24*: <<3.12* <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* <<3.16 <<5.4 <<11.48* <-2.13 <<3.3 <<3.9

3.12*: <<4.22* <<11.44 <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* >>3.16 <<5.4 <-11.48* ->2.13 <<3.3 <<3.9

4.22*: ->11.44 <<4.19* <-9.26 <<11.4 <<8.1 ->7.17 ->9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.44 : <<4.19* <<9.26 <<11.4 <<8.1 <<7.17 <<9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 <-3.3 >>3.9

4.19*: >>9.26 <<11.4 <<8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.26 : <<11.4 <<8.1 ->7.17 >>9.29* >>3.16 ->5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.4 : ??8.1 >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

8.1 : >>7.17 >>9.29* >>3.16 >>5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

7.17 : <-9.29* >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

9.29*: >>3.16 <-5.4 >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

3.16 : <<5.4 <<11.48* ->2.13 <<3.3 <<3.9

5.4 : >>11.48* >>2.13 >>3.3 >>3.9

11.48*: >>2.13 <<3.3 <<3.9

2.13 : <<3.3 <<3.9 3.3 : >>3.9

Fichier TGD

Arcs (->):

02ALB: 113PI[2] 127CN[2] 131PP[1] 136SC[1] 137SL[1] 141CY[1] 177LN[2] 17CAD[1] 184DN[2] 185PV[2] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

06BPR: 107SP[1] 122VU[1] 126SU[1] 129FR[1] 141CY[1] 154MA[1] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 184DN[1] 185PV[2] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 32DRO[1] 96LIN[1] 99LFE[1]

09BLI: 06BPR[1] 122VU[1] 126SU[2] 128DO[1] 131PP[2] 137SL[1] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[1] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 53FFI[1] 62GRU[1] 86IGA[1] 92KPE[2] 95LME[1] 99LFE[1]

102DE: 113PI[1] 131PP[1] 156FE[2] 159PN[2] 177LN[1] 184DN[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 62GRU[1] 97LMA[1]

103AU: 102DE[1] 113PI[2] 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 156FE[1] 159PN[1] 162PC[1] 169PM[1] 177LN[1] 184DN[2] 185PV[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 96LIN[1] 97LMA[2] 99LFE[1]

106MO: 103AU[1] 107SP[1] 113PI[1] 128DO[1] 131PP[1] 136SC[1] 156FE[1] 159PN[1] 184DN[1] 194RU[1] 195CT[1] 199UA[1] 23CGE[1] 24COR[1] 97LMA[1] 107SP: 102DE[1] 103AU[1] 113PI[1] 127CN[1] 131PP[1] 136SC[1] 154MA[1] 156FE[1] 159PN[1] 184DN[2] 185PV[2] 194RU[1] 196LV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 32DRO[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

108PE: 02ALB[1] 06BPR[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[2 107SP[1] 10BRE[2] 112ML[2] 113PI[1] 116NA[1] 127CN[1] 128DO[1] 129FR[1] 131PP[1] 135PK[2] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[2] 13BCN[1] 142PS[1] 149PH[1] 156FE[1] 159PN[1] 184DN[1] 185PV[2] 186IN[1] 187MU[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[1] 197RO[2] 198SA[2] 199UA[1] 23CGE[1] 24COR[1] 265DH[1] 40EMA[1] 42EKL[1] 48EAD[1] 53FFI[1] 54FGI[2] 60FLU[1] 61FRO[2] 67GFO[1] 68GLI[1] 70GPU[1] 71GVS[1] 80HEX[1] 82HSU[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

10BRE: 102DE[2] 103AU[1] 107SP[1] 113PI[1] 127CN[1] 128DO[1] 129FR[1] 131PP[1] 135PK[2] 136SC[1] 137SL[1] 156FE[1] 159PN[1] 184DN[1] 185PV[2] 194RU[1] 195CT[1] 197RO[2] 199UA[1] 23CGE[1] 24COR[1] 61FRO[2] 96LIN[2] 97LMA[1]

112ML: 103AU[1] 113PI[1] 131PP[1] 136SC[1] 137SL[2] 177LN[1] 184DN[1] 194RU[1] 199UA[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

113PI: 122VU[1] 126SU[1] 162PC[1] 169PM[1] 17CAD[1] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 99LFE[1]

116NA: 02ALB[3] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[2] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[1] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 164TN[1]

165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[2] 178DB[1] 17CAD[2] 184DN[2] 185PV[2]
191CC[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2]
24COR[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 48EAD[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 61FRO[2] 62GRU[1]
86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

11BSI: 09BLI[1] 127CN[2] 128DO[1] 12BAS[1] 135PK[1] 136SC[2] 137SL[1] 13BCN[
1] 142PS[1] 146JU[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 162PC[1] 169PM[1]
188WA[1] 194RU[1] 195CT[1] 196LV[1] 198SA[1] 20CEL[1] 265DH[1] 29DHA[1]
35EPO[1] 42EKL[1] 46EMR[1] 52ESU[1] 67GFO[1] 68GLI[1] 70GPU[2] 71GVS[1]
81HMU[1] 82HSU[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1]

122VU: 99LFE[3]
126SU:

127CN: 113PI[1] 122VU[2] 126SU[3] 140DI[2] 141CY[3] 161BR[3] 164TN[3] 165BI[
3] 169PM[2] 170PY[3] 174PG[2] 178DB[2] 17CAD[2] 22CEV[3] 24COR[2] 29DHA[3]
32DRO[2] 86IGA[2] 99LFE[2]

128DO: 102DE[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[2] 137SL[2] 141CY[
1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1]
169PM[1] 170PY[1] 175ST[1] 184DN[1] 185PV[1] 20CEL[2] 22CEV[1] 23CGE[2]
24COR[2] 29DHA[1] 35EPO[1] 62GRU[1] 92KPE[1] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[1]

129FR: 122VU[1] 126SU[1] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[
1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 175ST[1] 178DB[1] 194RU[1] 22CEV[1] 23CGE[1]
24COR[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 32DRO[1] 86IGA[1] 96LIN[1] 99LFE[1]

12BAS: 02ALB[1] 06BPR[1] 09BLI[2] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[2] 122VU[1] 126SU[
2] 127CN[4] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[2] 137SL[3] 140DI[1] 141CY[1]
154MA[2] 155CR[3] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2]
169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[2]
194RU[2] 195CT[3] 196LV[4] 197RO[1] 198SA[3] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[1]
23CGE[2] 24COR[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 52ESU[3] 53FFI[1]
55FOV[2] 61FRO[1] 62GRU[2] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[2] 99LFE[1]

131PP: 113PI[2] 122VU[2] 126SU[3] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[1] 161BR[2] 162PC[
2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1]
184DN[2] 22CEV[2] 23CGE[3] 24COR[3] 86IGA[1] 99LFE[2]

135PK: 113PI[1] 127CN[2] 129FR[1] 131PP[1] 137SL[2] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[
2] 159PN[2] 162PC[1] 169PM[1] 184DN[1] 185PV[2] 195CT[2] 196LV[1] 20CEL[1]
23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

136SC: 06BPR[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 137SL[2] 141CY[1] 154MA[1] 155CR[
2] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1]
175ST[1] 184DN[1] 196LV[2] 20CEL[2] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1]
55FOV[1] 62GRU[1] 92KPE[2] 95LME[2] 99LFE[1]

137SL: 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[
1] 22CEV[1] 24COR[1] 29DHA[1] 99LFE[1]

138ZU: 103AU[1] 113PI[1] 128DO[1] 131PP[1] 136SC[1] 154MA[1] 156FE[1] 159PN[
1] 199UA[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 32DRO[1] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

13BCN: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[
2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[2] 136SC[2] 137SL[2]
138ZU[1] 140DI[1] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[1]
164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1]
184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[3] 196LV[3] 197RO[1] 198SA[3]
199UA[2] 20CEL[1] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 40EMA[2]
46EMR[2] 48EAD[1] 50EDO[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2]
62GRU[1] 86IGA[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

140DI: 122VU[1] 161BR[2] 178DB[2] 17CAD[1] 99LFE[1]

141CY: 161BR[2] 164TN[2] 165BI[2] 178DB[1] 99LFE[3]

142PS: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[
2] 113PI[1] 127CN[2] 128DO[1] 12BAS[1] 131PP[1] 135PK[1] 136SC[2] 137SL[1]
138ZU[1] 146JU[1] 14BEL[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 177LN[1] 184DN[1]
185PV[1] 188WA[1] 189AR[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[1] 197RO[1] 198SA[2]
199UA[1] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 318WU[1] 35EPO[1] 40EMA[2]
46EMR[1] 47EMO[1] 48EAD[1] 50EDO[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 61FRO[2] 62GRU[1]
92KPE[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

146JU: 02ALB[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[2] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[1] 131PP[1] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[2] 140DI[1] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[3] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[1] 23CGE[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 46EMR[2] 50EDO[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 86IGA[1] 95LME[1]

149PH: 02ALB[2] 06BPR[1] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[2] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[1] 12BAS[2] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[2] 140DI[1] 146JU[2] 14BEL[2] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 175ST[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[2] 185PV[2] 187MU[3] 188WA[1] 189AR[2] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[3] 196LV[3] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[2] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 318WU[2] 32DRO[1] 40EMA[3] 46EMR[2] 47EMO[2] 48EAD[1] 50EDO[1] 51EAC[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 79HMO[2] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

14BEL: 02ALB[1] 09BLI[1] 102DE[1] 112ML[1] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[1] 137SL[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 195CT[1] 196LV[2] 198SA[1] 199UA[1] 23CGE[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 52ESU[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 86IGA[1]

154MA: 122VU[1] 140DI[2] 141CY[1] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 170PY[2] 174PG[2] 178DB[2] 17CAD[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 86IGA[2] 99LFE[1]

155CR: 113PI[1] 122VU[2] 126SU[2] 140DI[1] 141CY[3] 161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[2] 170PY[2] 174PG[1] 178DB[1] 17CAD[1] 22CEV[3] 23CGE[3] 24COR[2] 29DHA[3] 30DHE[2] 32DRO[2] 86IGA[1] 99LFE[2]

156FE: 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 177LN[1] 22CEV[1] 23CGE[3] 24COR[2] 29DHA[1] 30DHE[1] 99LFE[1]

159PN: 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 177LN[1] 22CEV[1] 23CGE[3] 24COR[2] 29DHA[1] 99LFE[1]

161BR: 17CAD[1] 99LFE[2]

162PC: 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 29DHA[1] 99LFE[2]

164TN: 161BR[3] 17CAD[1] 99LFE[2]

165BI: 122VU[2] 161BR[3] 164TN[3] 178DB[2] 17CAD[1] 99LFE[2]

169PM: 122VU[2] 140DI[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 178DB[1] 184DN[1] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 86IGA[1] 99LFE[2]

170PY: 122VU[2] 161BR[3] 164TN[3] 178DB[2] 17CAD[1] 99LFE[2]

174PG: 17CAD[1]

175ST: 107SP[1] 122VU[2] 138ZU[1] 161BR[2] 162PC[1] 178DB[1] 184DN[1] 185PV[1] 99LFE[2]

177LN: 122VU[1] 126SU[1] 162PC[1] 169PM[1] 17CAD[1] 184DN[2] 22CEV[2] 24COR[1] 99LFE[1]

178DB: 17CAD[1] 99LFE[1]

17CAD: 126SU[1]

184DN: 122VU[1] 154MA[1] 17CAD[1] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1] 32DRO[1] 95LME[1] 99LFE[1]

185PV: 113PI[2] 141CY[1] 154MA[1] 156FE[1] 159PN[1] 17CAD[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 32DRO[1] 95LME[1]

186IN: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[2] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 46EMR[1] 48EAD[1] 50EDO[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

187MU: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[2] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 46EMR[1] 48EAD[1] 50EDO[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

188WA: 02ALB[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[1] 127CN[2] 128DO[1] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[2] 14BEL[1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 162PC[1] 169PM[1] 177LN[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[2] 198SA[2] 20CEL[1] 23CGE[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 46EMR[2] 50EDO[1] 52ESU[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 95LME[1]

189AR: 02ALB[1] 09BLI[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[2] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[1] 137SL[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 195CT[1] 196LV[2] 198SA[1] 199UA[1] 23CGE[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 50EDO[1] 51EAC[1] 52ESU[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 86IGA[1]

191CC: 06BPR[1] 102DE[2] 103AU[1] 107SP[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[2] 135PK[1] 137SL[2] 141CY[1] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 177LN[1] 184DN[1] 185PV[1] 199UA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[3] 24COR[2] 30DHE[1] 35EPO[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 62GRU[2] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[1]

194RU: 122VU[1] 126SU[1] 131PP[1] 141CY[1] 154MA[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 184DN[1] 20CEL[2] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[2] 32DRO[1] 35EPO[1] 53FFI[1] 55FOV[1] 62GRU[1] 95LME[3] 99LFE[1]

195CT: 102DE[2] 113PI[1] 122VU[2] 126SU[2] 127CN[5] 131PP[2] 137SL[3] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[3] 156FE[4] 159PN[4] 161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[2] 170PY[2] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 184DN[2] 185PV[2] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[4] 24COR[3] 29DHA[3] 30DHE[2] 32DRO[2] 86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[2]

196LV: 02ALB[1] 102DE[1] 113PI[1] 122VU[3] 126SU[4] 137SL[3] 138ZU[1] 140DI[2] 141CY[3] 154MA[4] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[3] 162PC[3] 164TN[3] 165BI[3] 169PM[3] 170PY[3] 174PG[2] 177LN[2] 178DB[2] 17CAD[1] 184DN[2] 185PV[1] 20CEL[2] 22CEV[3] 23CGE[4] 24COR[3] 29DHA[3] 30DHE[2] 32DRO[2] 86IGA[2] 97LMA[1] 99LFE[3]

197RO: 113PI[1] 122VU[2] 126SU[2] 131PP[2] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[2] 178DB[1] 184DN[1] 20CEL[1] 22CEV[2] 23CGE[3] 24COR[3] 29DHA[1] 30DHE[1] 32DRO[1] 35EPO[2] 62GRU[2] 86IGA[1] 92KPE[2] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[1] 99LFE[2]

198SA: 113PI[1] 122VU[2] 126SU[2] 131PP[2] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[2] 155CR[4] 156FE[4] 159PN[4] 161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[2] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[2] 177LN[1] 178DB[1] 184DN[1] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[4] 24COR[3] 29DHA[2] 30DHE[2] 32DRO[1] 86IGA[1] 97LMA[1] 99LFE[2]

199UA: 102DE[1] 103AU[1] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[1] 131PP[2] 136SC[1] 140DI[1] 154MA[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 195CT[1] 196LV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

20CEL: 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 141CY[2] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 17CAD[1] 184DN[1] 22CEV[2] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 99LFE[1]

22CEV: 161BR[2] 164TN[2] 165BI[2] 178DB[1]

23CGE: 161BR[2] 164TN[2] 165BI[2] 178DB[1] 99LFE[3]

24COR: 161BR[2] 164TN[2] 165BI[2] 178DB[1] 99LFE[3]

265DH: 02ALB[1] 102DE[1] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[1] 113PI[1] 127CN[1] 128DO[2] 131PP[1] 135PK[2] 136SC[2] 137SL[1] 138ZU[1] 146JU[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 162PC[1] 169PM[1] 184DN[1] 185PV[1] 186IN[1] 187MU[1] 188WA[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[1] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 48EAD[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 61FRO[1] 81HMU[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

27DCY: 02ALB[1] 06BPR[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[1] 136SC[1] 137SL[2] 141CY[1] 14BEL[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 177LN[1] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[2] 92KPE[1] 95LME[1] 99LFE[1]

29DHA: 122VU[1] 140DI[1] 141CY[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 178DB[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 86IGA[1] 99LFE[1]

30DHE: 122VU[1] 140DI[1] 141CY[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 175ST[1] 178DB[1] 22CEV[1] 24COR[1] 86IGA[1] 99LFE[1]

318WU: 02ALB[1] 09BLI[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[2] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[1] 137SL[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 195CT[1] 196LV[2] 198SA[1] 199UA[1] 23CGE[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 50EDO[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 86IGA[1]

32DRO: 122VU[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 178DB[1] 99LFE[1]

35EPO: 122VU[2] 126SU[2] 140DI[1] 141CY[2] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 178DB[1] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1] 30DHE[1] 32DRO[1] 86IGA[1] 99LFE[2]

40EMA: 06BPR[1] 102DE[2] 113PI[1] 127CN[2] 131PP[1] 137SL[1] 154MA[1] 156FE[2] 159PN[2] 177LN[1] 184DN[2] 185PV[2] 194RU[1] 196LV[2] 23CGE[2] 24COR[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 32DRO[1] 62GRU[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

42EKL: 02ALB[1] 06BPR[1] 09BLI[2] 102DE[1] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[2] 12BAS[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[3] 137SL[1] 138ZU[1] 13BCN[1] 141CY[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 184DN[1] 185PV[1] 186IN[1] 187MU[1] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[1] 197RO[2] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 27DCY[1] 35EPO[2] 40EMA[1] 46EMR[1] 47EMO[1] 48EAD[2] 50EDO[1] 51EAC[1] 52ESU[1] 53FFI[2] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 92KPE[2] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[1] 99LFE[1]

46EMR: 02ALB[1] 06BPR[2] 102DE[1] 107SP[1] 112ML[1] 116NA[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[4] 128DO[2] 131PP[1] 135PK[1] 136SC[2] 137SL[3] 138ZU[1] 141CY[1] 14BEL[1] 154MA[2] 155CR[4] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 177LN[1] 184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 194RU[3] 195CT[4] 196LV[4] 197RO[1] 198SA[3] 20CEL[2] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[1] 29DHA[2] 30DHE[1] 32DRO[1] 35EPO[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[2] 92KPE[2] 95LME[3] 99LFE[1]

47EMO: 02ALB[1] 06BPR[1] 102DE[1] 112ML[1] 122VU[1] 126SU[2] 127CN[3] 128DO[1] 131PP[2] 136SC[1] 137SL[2] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[3] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 53FFI[1] 55FOV[2] 61FRO[1] 62GRU[2] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[1] 99LFE[1]

48EAD: 06BPR[1] 102DE[1] 103AU[1] 107SP[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[1] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[1] 137SL[1] 141CY[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 184DN[1] 185PV[1] 195CT[2] 196LV[1] 197RO[2] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 35EPO[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[1]

50EDO: 02ALB[1] 06BPR[1] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[1] 136SC[1] 137SL[2] 141CY[1] 14BEL[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 177LN[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 53FFI[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[2] 92KPE[1] 95LME[1] 99LFE[1]

51EAC: 06BPR[1] 09BLI[2] 116NA[1] 122VU[1] 126SU[2] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[2] 136SC[1] 137SL[1] 13BCN[1] 140DI[1] 141CY[1] 146JU[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[1] 178DB[1] 17CAD[1] 187MU[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[1] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[1] 199UA[1] 20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 318WU[1] 35EPO[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 55FOV[2] 62GRU[1] 79HMO[1] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[1] 99LFE[1]

52ESU: 06BPR[1] 116NA[1] 122VU[1] 126SU[2] 127CN[3] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[
1] 136SC[2] 137SL[2] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2]
161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 175ST[1]
178DB[1] 17CAD[1] 187MU[1] 191CC[1] 194RU[2] 195CT[2] 196LV[3] 197RO[1]
198SA[2] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 35EPO[1]
53FFI[1] 55FOV[2] 62GRU[1] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[2] 99LFE[1]

53FFI: 06BPR[1] 102DE[1] 103AU[1] 107SP[1] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[
1] 131PP[2] 135PK[1] 137SL[1] 141CY[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1]
162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 175ST[1] 184DN[1] 185PV[1] 199UA[1]
20CEL[1] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 35EPO[1] 54FGI[1] 61FRO[1] 62GRU[1]
92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[1]

54FGI: 102DE[2] 113PI[1] 127CN[1] 129FR[1] 131PP[1] 137SL[1] 156FE[1] 159PN[
1] 184DN[1] 185PV[2] 194RU[1] 23CGE[1] 24COR[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

55FOV: 113PI[1] 122VU[2] 126SU[3] 127CN[4] 129FR[1] 131PP[2] 137SL[1] 140DI[
2] 141CY[3] 154MA[2] 155CR[3] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[3] 162PC[1] 164TN[3]
165BI[3] 169PM[1] 170PY[3] 174PG[2] 175ST[2] 177LN[1] 178DB[2] 17CAD[2]
184DN[1] 185PV[1] 20CEL[2] 22CEV[3] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1] 30DHE[1]
32DRO[1] 35EPO[2] 62GRU[2] 86IGA[2] 92KPE[2] 95LME[1] 99LFE[2]

60FLU: 02ALB[2] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1]10BRE[1] 112ML[2] 113PI[
1] 127CN[1] 128DO[1] 131PP[1] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[1] 14BEL[1]
155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 177LN[1] 184DN[1] 185PV[1] 186IN[2] 187MU[2]
188WA[1] 189AR[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[1] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[1]
23CGE[2] 24COR[1] 265DH[1] 27DCY[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 46EMR[1] 48EAD[1]
50EDO[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

61FRO: 113PI[1] 127CN[2] 129FR[1] 131PP[1] 137SL[2] 156FE[2] 159PN[2] 177LN[
1] 184DN[1] 185PV[2] 194RU[1] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 62GRU[1] 96LIN[2]
97LMA[1]

62GRU: 122VU[2] 126SU[2] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[1] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[
2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 22CEV[2] 23CGE[3]
24COR[2] 29DHA[1] 30DHE[2] 32DRO[1] 86IGA[1] 99LFE[2]

65GCO: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[1] 103AU[2] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[
1] 113PI[3] 116NA[2] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 12BAS[1] 131PP[2]
135PK[2] 136SC[3] 137SL[1] 138ZU[1] 13BCN[2] 141CY[2] 146JU[1] 149PH[1]
154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 162PC[2] 169PM[2] 177LN[2] 17CAD[1]
184DN[3] 185PV[2] 186IN[1] 187MU[1] 188WA[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2]
196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2]
29DHA[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 48EAD[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1]
55FOV[1] 60FLU[1] 61FRO[1] 68GLI[2] 80HEX[1] 81HMU[1] 92KPE[1] 95LME[1]
96LIN[2] 97LMA[2] 99LFE[1]

67GFO: 02ALB[2] 06BPR[1] 09BLI[2] 102DE[2] 103AU[2] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[
1] 112ML[2] 113PI[2] 122VU[2] 126SU[3] 127CN[4] 128DO[3] 131PP[4] 135PK[2]
136SC[3] 137SL[3] 138ZU[1] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[2] 155CR[3] 156FE[4]
159PN[4] 161BR[2] 162PC[3] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[2] 170PY[2] 174PG[1]
175ST[1] 177LN[2] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[2] 185PV[1] 187MU[3] 191CC[3]
194RU[2] 195CT[4] 196LV[5] 197RO[2] 198SA[4] 199UA[2] 20CEL[2] 22CEV[2]
23CGE[4] 24COR[3] 27DCY[2] 29DHA[1] 30DHE[1] 318WU[2] 35EPO[1] 40EMA[2]
46EMR[3] 48EAD[2] 50EDO[2] 51EAC[2] 52ESU[3] 53FFI[2] 54FGI[1] 55FOV[2]
61FRO[2] 62GRU[2] 79HMO[2] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[2] 96LIN[1] 97LMA[2]
99LFE[2]

68GLI: 02ALB[2] 06BPR[1] 09BLI[2] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[
1] 112ML[2] 113PI[1] 122VU[1] 126SU[2] 127CN[4] 128DO[3] 131PP[3] 135PK[2]
136SC[3] 137SL[3] 138ZU[1] 140DI[1] 141CY[1] 154MA[2] 155CR[3] 156FE[4]
159PN[4] 161BR[2] 162PC[2] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1]
175ST[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 187MU[3] 191CC[3]
194RU[2] 195CT[4] 196LV[4] 197RO[2] 198SA[4] 199UA[2] 20CEL[2] 22CEV[1]
23CGE[3] 24COR[2] 27DCY[2] 29DHA[1] 30DHE[1] 318WU[2] 35EPO[1] 40EMA[2]
46EMR[3] 48EAD[2] 50EDO[2] 52ESU[3] 53FFI[2] 54FGI[1] 55FOV[2] 61FRO[2]
62GRU[2] 79HMO[2] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[2] 96LIN[1] 97LMA[1] 99LFE[1]

70GPU: 02ALB[1] 09BLI[2] 102DE[1] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[
1] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[2] 136SC[3] 137SL[1]
138ZU[1] 140DI[1] 154MA[2] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 162PC[1]
164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1]
185PV[1] 187MU[2] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2]
199UA[2] 20CEL[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[1] 318WU[1] 35EPO[1] 40EMA[1]
46EMR[1] 48EAD[1] 51EAC[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[1]
79HMO[1] 86IGA[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[1]

71GVS: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 131PP[2] 135PK[2] 136SC[2] 137SL[2] 138ZU[1] 140DI[1] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 187MU[3] 189AR[2] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[3] 196LV[3] 197RO[1] 198SA[3] 199UA[2] 20CEL[1] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 318WU[2] 40EMA[2] 46EMR[2] 48EAD[1] 50EDO[1] 51EAC[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 79HMO[2] 86IGA[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

74LCO: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[1] 103AU[2] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[1] 113PI[3] 116NA[2] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 12BAS[1] 131PP[2] 135PK[2] 136SC[3] 137SL[1] 138ZU[1] 13BCN[2] 141CY[2] 146JU[1] 149PH[1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 162PC[2] 169PM[2] 177LN[2] 17CAD[1] 184DN[3] 185PV[2] 186IN[1] 187MU[1] 188WA[1] 191CC[1] 194RU[1] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 48EAD[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 60FLU[1] 61FRO[1] 68GLI[2] 80HEX[1] 81HMU[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[2] 97LMA[2] 99LFE[1]

75LRU: 02ALB[2] 06BPR[1] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[2] 106MO[2] 107SP[1] 10BRE[2] 112ML[2] 113PI[3] 116NA[2] 122VU[1] 126SU[1] 127CN[4] 128DO[2] 129FR[1] 12BAS[1] 131PP[2] 135PK[3] 136SC[3] 137SL[2] 138ZU[2] 13BCN[2] 141CY[2] 146JU[1] 149PH[1] 154MA[1] 155CR[2] 156FE[2] 159PN[2] 162PC[2] 169PM[2] 177LN[2] 17CAD[1] 184DN[3] 185PV[3] 186IN[1] 187MU[1] 188WA[1] 191CC[1] 194RU[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[2] 198SA[3] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[1] 35EPO[1] 40EMA[1] 46EMR[1] 48EAD[1] 52ESU[1] 53FFI[2] 54FGI[2] 55FOV[1] 60FLU[1] 61FRO[2] 68GLI[2] 70GPU[3] 81HMU[1] 92KPE[1] 95LME[1] 96LIN[3] 97LMA[2] 99LFE[1]

79HMO: 02ALB[1] 09BLI[1] 102DE[1] 112ML[1] 126SU[1] 127CN[2] 131PP[1] 137SL[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[1] 159PN[1] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 191CC[1] 195CT[1] 196LV[2] 198SA[1] 199UA[1] 23CGE[1] 30DHE[1] 40EMA[1] 55FOV[1] 61FRO[1] 62GRU[1] 86IGA[1]

80HEX: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[2] 128DO[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[1] 137SL[1] 138ZU[1] 140DI[1] 154MA[1] 155CR[1] 156FE[2] 159PN[2] 161BR[1] 164TN[1] 165BI[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 195CT[2] 196LV[2] 197RO[1] 198SA[2] 199UA[2] 23CGE[2] 24COR[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 48EAD[1] 50EDO[1] 52ESU[1] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 86IGA[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

81HMU: 02ALB[1] 06BPR[1] 09BLI[2] 102DE[1] 112ML[1] 116NA[2] 122VU[2] 126SU[3] 127CN[5] 128DO[2] 129FR[1] 131PP[2] 135PK[1] 136SC[2] 137SL[3] 140DI[2] 141CY[2] 142PS[1] 154MA[3] 155CR[4] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[3] 162PC[2] 164TN[3] 165BI[3] 169PM[2] 170PY[3] 174PG[2] 175ST[2] 177LN[1] 178DB[2] 17CAD[1] 187MU[2] 191CC[2] 194RU[2] 195CT[4] 196LV[5] 197RO[2] 198SA[4] 199UA[1] 20CEL[2] 22CEV[2] 23CGE[3] 24COR[2] 27DCY[2] 29DHA[2] 30DHE[2] 32DRO[1] 35EPO[2] 40EMA[1] 46EMR[3] 48EAD[1] 50EDO[2] 52ESU[3] 53FFI[1] 55FOV[3] 61FRO[1] 62GRU[3] 86IGA[2] 92KPE[2] 95LME[2] 99LFE[2]

82HSU: 02ALB[2] 09BLI[1] 102DE[2] 103AU[1] 106MO[1] 107SP[1] 10BRE[1] 112ML[2] 113PI[1] 126SU[1] 127CN[3] 128DO[2] 131PP[2] 135PK [2] 136SC[2] 137SL[2] 138ZU[1] 140DI[1] 154MA[2] 155CR[2] 156FE[3] 159PN[3] 161BR[1] 162PC[1] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 174PG[1] 177LN[1] 178DB[1] 17CAD[1] 184DN[1] 185PV[1] 191CC[2] 194RU[1] 195CT[3] 196LV[3] 197RO[1] 198SA[3] 199UA[2] 20CEL[1] 23CGE[2] 24COR[1] 27DCY[1] 29DHA[1] 30DHE[1] 40EMA[2] 46EMR[2] 48EAD[1] 50EDO[1] 52ESU[2] 53FFI[1] 54FGI[1] 55FOV[1] 61FRO[2] 62GRU[1] 86IGA[1] 95LME[1] 96LIN[1] 97LMA[1]

86IGA: 122VU[1] 161BR[2] 178DB[2] 17CAD[1] 99LFE[1]

92KPE: 122VU[2] 126SU[2] 140DI[1] 141CY[2] 154MA[2] 161BR[2] 162PC[1] 164TN[2] 165BI[2] 169PM[1] 170PY[2] 174PG[1] 178DB[1] 22CEV[2] 23CGE[2] 24COR[2] 29DHA[2] 30DHE[1] 32DRO[2] 86IGA[1] 99LFE[2]

95LME: 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 154MA[2] 161BR[1] 162PC[2] 164TN[1] 165BI[1] 169PM[1] 170PY[1] 22CEV[1] 23CGE[1] 24COR[1] 29DHA[2] 32DRO[1] 99LFE[1]

96LIN: 09BLI[1] 113PI[1] 131PP[1] 156FE[1] 159PN[1] 184DN[1] 194RU[1] 23CGE[1] 24COR[1] 35EPO[1] 92KPE[1] 97LMA[1]

97LMA: 113PI[2] 122VU[1] 126SU[1] 141CY[1] 156FE[1] 159PN[1] 162PC[1] 169PM[
1] 177LN[1] 184DN[2] 22CEV[1] 23CGE[2] 24COR[2] 99LFE[1]
99LFE:

Fichier TGG

Liste des composantes fortement connexes et des relations indéterminées
5 strongly connected components
77 undetermined relationships

Strongly connected component 1:
11.37* 11.38 6.33 9.53* 11.40* 6.21* 11.39 6.39 1.45* 9.52 6.26* 5.11* 6.46* 10.16* 9.36*
6.44* 2.4* 9.46* 9.45 5.16* 1.48* 4.26* 8.32* 11.42* 8.35* 1.54* 11.44 7.17 9.29* 3.3

Undetermined relationships:
5.11* - 8.32* 6.33 - 8.32* 1.48* - 7.17 5.11* - 8.35* 6.44*5.16* 6.46* - 10.16* 10.16* -
11.44 9.52 - 6.46* 9.52 - 11.42* 10.16* - 11.42* 9.46* - 7.17 6.26* - 7.17 5.11* - 9.36*
11.40* - 1.45* 11.40* - 5.11* 6.39 - 3.3 5.11* - 9.29* 6.46* - 4.26* 11.38 - 9.45 6.33 -
10.16* 6.44* - 7.17 9.53* - 11.44 6.33 - 4.26* 5.16* - 11.44 1.45* - 8.32* 6.21* - 11.39
1.45* - 9.29* 5.11* - 1.48* 1.54* - 9.29* 6.33 - 9.52 6.39 - 5.16* 6.21* - 1.48* 4.26*
- 11.42* 6.21* - 9.46* 11.40* - 6.21* 6.39 - 10.16*
11.39 - 9.45 6.39 - 6.46* 1.45* - 8.35* 5.16* - 1.54* 11.38 - 1.45* 6.39 - 7.17 6.33 -
9.53* 9.52 - 6.26* 9.53* - 5.16* 11.40* - 9.45 11.39 - 1.45* 1.45* - 1.48* 6.26* - 1.54*
9.53* - 11.42* 6.39 - 4.26* 6.26* - 8.32* 6.21* - 2.4* 11.37* - 6.21* 11.40* - 9.36* 6.21*
- 9.36* 9.36* - 8.32* 6.21* - 9.45 11.39 - 9.36* 11.38 - 2.4* 11.40* - 8.32* 2.4* - 8.32*
11.38 - 9.36* 11.37* - 2.4* 11.39 - 2.4*

Strongly connected component 2:
6.33 9.53* 6.39 9.52 6.26* 6.46* 10.16* 1.48* 11.42* 8.35* 1.54* 7.17

Undetermined relationships:
10.16* - 1.54* 9.53* - 6.46* 6.39 - 9.52 6.33 - 1.54* 6.33 - 6.46* 6.26* -
8.35* 9.53* - 1.54* 6.46* - 11.42* 8.35* -7.17

Strongly connected component 3:
6.39 9.52 11.42* 1.54* 7.17

Undetermined relationships:
11.42* - 7.17

Strongly connected component 4:
9.52 1.54* 7.17

Undetermined relationships:
9.52 - 1.54*

Strongly connected component 5:
9.80* 10.64* 2.13

Undetermined relationships:
9.80* - 10.64*

ملخص

لقد اقترح على الباحثين خلال العشرين سنة الأخيرة ، مجموعة من التقنيات ذات الأساس الرياضي، من أجل إصباغ الطابع الكمي على المعطيات المستحثية بطريقة موضوعية. لقد طبقت في هذا العمل، ثلاث مناهج مرتكزة على الإعلام الآلي، على أمونيتات التيثيس الغربي وأظهرت النتائج الأولى المحصل عليها بالطريقة الإحصائية أن بعض منحنيات التنوع التي تخص النوع و الجنس في مختلف المناطق و الأقاليم البيوجغرافية القديمة تبدو متقاربة أثناء الألبي العلوي – الباجوسي الأسفل . فضلا على ذلك فإن الطريقة متعددة المتغير قد سمحت بشكل كمي، تناول بيوجغرافيا الأمونيتات. إن مقارنة المناطق التسع فيما بينها في جميع المجالات الزمنية ، أظهرت لنا أن هناك علاقة وطيدة بين الوضعية الجغرافية لهذه المناطق ، فيزيوغرافيا الأحواض و التركيب التصنيفي.

وفي المقابل فإن المقارنة بين كل مجال زمني تبين، على النقيض الاستقرار الكبير في الزمان لحيوانات أربع مناطق (سلسلة البيتيك، الإبيريك، الأطلس العلوي المتوسط، حوض الليزيتانسي)، و تغير الحيوانات في ثلاث مناطق (الدورمات – سومارمات، حوض الجنوب الشرقي الفرنسي و الأطلس المتوسط المطوي) و أخيرا عزلة الحيوانات في منطقتين (بني سناسن و الأبونا أموبري مارش) .

و على خلاف الطرق سابقة الذكر، فإن المنهج الحتمي المسمى بطريقة التجمعات الموحدة هي المطبقة هنا من أجل تحقيق الإرتباطات البيوكرونولوجية بين 11 مقطع منتمي إلى إقليم التيثيس الغربي. و هكذا فإن تحليل المعطيات المتجانسة يؤدي إلى تكوين تتابع زمني لـ 41 من التجمعات الموحدة التي تم جمعها في 12 منطقة تجمعات و التي تسمح بإرتباطات قابلة جانبيا للظهور المتكرر. إن هذا التحليل يوحي باختلاف زمني هام بين الرواتب الحيوانية و بوجود عدة أطوار من التجدد الحيواني. و أخيرا فإن التحليل يظهر أن هناك انسجاما كبيرا بين التقسيم الآلي و التقسيم الكلاسيكي . على أن بعض الصعوبات المرتبطة بنوعية و طبيعة المصادر المستعملة كان لابد من توضيحها .

و من جهة أخرى فإن درجة التشابه بين حيوانات التيثيس الغربي وحيوانات المنطقة الشرقية للهادي، وخاصة حيوانات أمريكا الجنوبية (البيرو، الشيلي ، الأرجنتين) تمكننا من توضيح طرق الاتصال المحتملة كالممر الإسباني أو المرور بغندوانة من الجنوب.

الكلمات المفتاحية : أمونيتات، الأدين العلوي، الباجوسي الأسفل، التيثيس الغربي، طريقة الإحصائية، التنوع، طريقة متعددة المتغير، بيوجغرافيا، طريقة التجمعات الموحدة، المنطقة الشرقية للهادي، الممر الإسباني، غندوانة.

RESUME

Durant les 20 dernières années, plusieurs techniques à bases mathématiques ont été proposées aux chercheurs afin de quantifier d'une manière objective les données paléontologiques. Dans ce travail, trois méthodes informatisées sont appliquées aux ammonites de la Téthys occidentale. Les premiers résultats obtenus par la méthode statistique, montrent que certaines courbes de biodiversité spécifique et générique dans les différentes régions et provinces paléobiogéographiques semblent covarier au cours de l'Aalénien supérieur-Bajocien inférieur.

Par ailleurs, la méthode multivariée a permis d'aborder de façon quantitative la biogéographie des ammonites. La comparaison entre les neuf régions entre elles, tous intervalles confondus font apparaître l'existence d'une parfaite relation entre la position géographique des régions, la physiographie des bassins et la composition taxonomique. En revanche, la comparaison pour chaque intervalle chronologique montre au contraire, la grande stabilité dans le temps des faunes dans quatre régions (Cordillère Bétique, Ibérique, Haut-Atlas central et bassin Lusitanien), la fluctuation des faunes dans trois régions (Dorset-Somerset, bassin du Sud-Est de France et Moyen-Atlas plissé) et enfin l'isolement des faunes dans deux régions (Béni Snassen et Appennins d'Ombrie-Marches).

A l'inverse des méthodes précédentes, la méthode déterministe dite des associations unitaires est appliquée ici pour effectuer des corrélations biochronologiques entre 11 sections appartenant toutes au domaine téthysien occidental. Ainsi, l'analyse des données optimisées aboutit à la formation d'une succession chronologique de 41 associations unitaires réunies en 12 zones d'associations, qui permettent des corrélations latéralement reproductibles. Cette analyse suggère également la présence d'un diachronisme important entre les taxons et la présence de plusieurs phases de renouvellements fauniques. Enfin, l'analyse montre qu'il existe une très bonne concordance entre la zonation automatique et la zonation empirique. Toutefois quelques contraintes liées à la qualité de la documentation sont mises en évidence. D'autre part, le degré de similarité entre les faunes de la Téthys occidentale et celles du Pacifique oriental, en particulier la faune de l'Amérique du Sud (Pérou, Chili, Argentine) permet de mettre en évidence des voies de communication probables comme le «corridor hispanique», ou le contournement du Gondwana par le sud.

Mots-clés : Ammonites, Aalénien supérieur-Bajocien inférieur, Téthys occidentale, Méthode statistique, Biodiversité, Méthode multivariée, Biogéographie, Méthode des associations unitaires, Pacifique oriental, Corridor hispanique, Gondwana.

ABSTRACT

During the last two decades, several mathematical techniques have been proposed to quantify paleontological data in an objective way. In this work, three computerized methods were applied to the ammonites of Western Tethys. The first results obtained by the statistical method show that some curves of specific and generic biodiversity in various areas and paleobiogeographic provinces seem to covary during Upper Aalenian-Lower Bajocian.

In addition, the multivariate method was a useful tool to quantify the biogeography of ammonites. The comparison between the nine areas, for all intervals, reveals perfect relationships between the location of the areas, the physiography of basins and the taxonomic composition. On the other hand, the comparison between individual chronological intervals shows (1) great fauna stability along the time in four areas (Betic Cordillera, Iberian Cordillera, Central High Atlas and Lusitanian basin), (2) fauna fluctuation in three areas (Dorset-Somerset, the basin Southeastern France and the folded Middle Atlas) and (3) fauna isolation in two areas (Beni Snassen and Umbria-Marche Apennines).

In contrast to the previous methods, the deterministic method, also called unitary associations, is applied in this study to show the existing biochronological correlations between the 11 sections that belong to the Western Tethyan Domain. Thus, from optimized data analysis, a chronological succession of 41 unitary associations arises, and the latter are grouped in 12 association zones that might show laterally reproducible correlations. This analysis also suggests the existence of an important diachronism between the taxa and the presence of several fauna turnover phases. Finally, the analysis shows that there is a good agreement between both automatic and empirical zonations. However, some constraints are noticed and are mainly related to the documentation quality. Furthermore, the striking similarites between the Western Tethys fauna and those of the Eastern Pacific, particularly the South America (Peru, Chile, Argentina) fauna, could indicate likely communication pathways such as the « Hispanic corridor » or the southern Gondwana pathway.

Key-words : Ammonites, Upper Aalenian-Lower Bajocian, Western Tethys, Statistical method, Biodiversity, Multivariate method, Biogeography, Unitary association method, Eastern Pacific, Hispanic corridor, Gondwana.