

**BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL  
DES SCIENCES NATURELLES  
DE BELGIQUE**

**BULLETIN VAN HET KONINKLIJK  
BELGISCH INSTITUUT VOOR  
NATUURWETENSCHAPPEN**

**SCIENCES DE LA TERRE  
AARDWETENSCHAPPEN  
VOL. 66 – SUPPLEMENT**

**Proceedings**

**“Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries”  
Brussels 8 - 16 September 1995**

**edited by P. F. Rawson, A. V. Dhondt, J. M. Hancock and W. J.  
Kennedy**



**BRUXELLES 1996 BRUSSEL**



BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL  
DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE

BULLETIN VAN HET KONINKLIJK BELGISCH  
INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

SCIENCES DE LA TERRE  
AARDWETENSCHAPPEN  
VOL. 66 - SUPPLEMENT

**Proceedings**

**“Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries”  
Brussels 8 - 16 September 1995**

**edited by P. F. Rawson, A. V. Dhondt, J. M. Hancock and W. J.  
Kennedy**

BRUXELLES 1996 BRUSSEL



Rédacteur en chef - Hoofdredacteur - *Editor*:  
Annie V. DHONDT

Secrétaire de rédaction - Redactiesecretaris - *Associate editor*:  
Jacques GODEFROID

Comité de rédaction - Redactiecomité - *Editorial board*:  
Pierre BULTYNCK  
Daniel CAHEN  
Michel DELIENS

Comité international - Internationaal comité - *Consulting editors*:  
Denise BRICE (Lille, France)  
C. Howard C. BRUNTON (London, UK)  
William T. DEAN (Cardiff, UK)  
Gerhard HAHN (Marburg, FRG)  
Thomas R. WALLER (Washington DC, USA)

BULLETIN  
DE L'INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE  
SCIENCES DE LA TERRE

BULLETIN  
VAN HET KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN  
AARDWETENSCHAPPEN

Vol. 66 - Supplement

ISSN 0374-6291

Publié, verschenen, *published*: 15.X.96

© Edition de  
l'Institut Royal des Sciences Naturelles  
de Belgique  
Rue Vautier 29  
B-1000 Bruxelles, Belgique

© Uitgave van het  
Koninklijk Belgisch Instituut voor  
Natuurwetenschappen  
Vautierstraat 29  
B-1000 Brussel, België

Preface	5	<b>The Cenomanian stage</b> by K.-A. TRÖGER (compiler) and W. J. KENNEDY	57
Acknowledgments	6	<b>The Turonian stage and substage boundaries</b> by P. BENGTSON (compiler)	69
<b>The Berriasian stage and the Jurassic-Cretaceous boundary</b> by V. A. ZAKHAROV, P. BOWN and P. F. RAWSON	7	<b>The Coniacian stage and substage boundaries</b> by E. G. KAUFFMAN (compiler), W. J. KENNEDY and C. J. WOOD	81
<b>The Valanginian stage</b> by L. BULOT (compiler)	11	<b>The Santonian stage</b> by M. A. LAMOLDA and J. M. HANCOCK	95
<b>The Hauterivian stage</b> by J. MUTTERLOSE (compiler)	19	<b>The Campanian stage</b> by J. M. HANCOCK and A. S. GALE	103
<b>The Barremian stage</b> by P. F. RAWSON (compiler)	25	<b>Definition of a Global Boundary Stratotype Section and Point for the Campanian/Maastrichtian boundary</b> by G. S. ODIN (compiler)	111
<b>The Aptian stage</b> by E. ERBA	31		
<b>The Albian stage and substage boundaries</b> by M. HART (compiler), F. AMÉDRO and H. G. OWEN	45		

Dedicated to the memory of TOVE BIRKELUND (1928-1986),  
chairperson of the Cretaceous Subcommittee 1975-1984.

## Preface

The Cretaceous Subcommittee held its *First International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries* at Copenhagen in October 1983, under the Chairmanship of Tove Birkelund, with Finn Surlyk as Secretary. The proceedings were published the following year as volume 33 of the *Bulletin of the Geological Society of Denmark*. The preliminary proposals published in that volume have provided the starting point for all subsequent discussion.

Since 1983 interest in the Cretaceous has developed enormously, aided by several international projects such as the *mid-Cretaceous events programme* (IGCP 67) and more recently Tethyan Cretaceous Correlation (IGCP 262) and the current Tethyan-Boreal Correlation (IGCP 362). It became apparent that our original three working groups (pre Albian Stages, Albian-Turonian Stages and Coniacian-Maastrichtian Stages) were too large in scope to deal effectively with all the new research, so in 1992 the subcommittee's structure was reorganised to form a working group for each stage. All active Cretaceous specialists were encouraged to join appropriate groups and over 80 have now done so. We even managed to find volunteers to chair them!

The working groups were strongly encouraged to follow certain guiding principles:

- the selected boundaries should be recognisable over as wide an area as possible and ideally in both Tethyan and Boreal (Temperate) Realms.
- selection should rely on accurate correlation using all available tools, including biostratigraphy, magnetostratigraphy, sequence stratigraphy and isotope stratigraphy.
- the stratigraphic level of the recommended boundary should conform as closely as feasible with current practice.
- the choice of the Global Stratotype Section and Point (GSSP) depends primarily on the chosen boundary marker(s). Although historical precedence should be considered when choosing a stratotype section it should not override the importance of choosing a widely-correlatable boundary in the most appropriate section, in whatever part of the world that may be.

A target of 3 years was set for the production of clear recommendations, to be presented to a second international conference scheduled for 1995. We are immensely grateful to the groups and, in particular, to the group chairmen, for having achieved so much in such a short time. Their conclusions and recommendations were presented to the *Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries* held in Brussels, Belgium from 8 to 16 September 1995. Over 180 scientists attended the meeting and the working groups' workshops provoked a lively debate.

Inevitably, while this concentrated effort has resolved many problems others have been highlighted. Thus it becomes apparent in the 12 summary papers presented here that although several working groups can now start preparing formal proposals for GSSPs, to be presented to the Commission on Stratigraphy for formal ratification, others have to pursue further research. We intend to complete all this during the next 4 years so that by the time of the International Geological Congress of 2000 our tasks will be completed. In the meantime, readers of this volume who have further information to offer should contact the appropriate Working Group chairmen as soon as possible.

### **Peter Rawson**

Chairman of the Subcommittee on Cretaceous Stratigraphy

### **Annie V. Dhondt**

Vice-Chairwoman of the Subcommittee on Cretaceous Stratigraphy

## **Acknowledgements**

Between the 1983 and 1995 conferences the Subcommittee was chaired by Jake Hancock (1984 - 1989) and Walter Kegel Christensen (1989 - 1994), whose enthusiasm did so much to keep our Subcommittee working.

The meeting in Brussels was organised by our Secretary, Annie V. Dhondt, who coped magnificently with everything. The facilities of the Museum were provided by Daniel Cahen, Director of the Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique/ Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Financial help is gratefully acknowledged from the "Services Fédéraux des Affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles/ Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden" (Brussels), "Exekutive der Deutschsprachige Gemeinschaft" (Eupen) and "Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek" (Brussels).

At the Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique/ Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen Annie was helped especially by the staff of the Department of Palaeontology, and the staff connected to the Museum itself. They are too many to mention them all, but we would like to express special thanks to Dirk Anne, Jan Claerbout, René Cremers, Hugo De Potter, Jacques Godefroid, Marcella Haemelinck and Vera Janssens.

The Subcommittee is also grateful to the editors of the Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique - Série Sciences de la Terre for allowing us to publish our results as Vol. 66 - Supplement, and to Jake Hancock and Jim Kennedy for their unstinting help with the scientific preparation of the symposium and at the editorial stage. Special thanks go to Alexandra Egorova (Brussels) and Anatoly M. Nikishin (Moscow) for the translation of the abstracts into Russian.

Finally, we would like to thank Jürgen Remane, Chairman of the Stratigraphy Commission, for his continuing support and advice.

**Peter Rawson**

Chairman, Cretaceous Subcommittee.



## Recommandations aux auteurs

Le Bulletin de l'I.R.Sc.N.B. est publié annuellement en trois séries: Biologie, Entomologie, Sciences de la Terre.

Seuls seront acceptés les articles originaux. Les manuscrits doivent être rédigés en anglais, français, allemand ou néerlandais. Les articles seront soumis à un comité de lecture dont la décision est souveraine. Celle-ci sera communiquée à l'auteur dans les meilleurs délais. Les manuscrits non conformes aux présentes recommandations seront refusés.

En principe, aucune limite n'est imposée pour la longueur des manuscrits. Cependant, pour des articles particulièrement longs, une contribution financière pourra être demandée à l'auteur.

Les manuscrits sont à envoyer à M. le Directeur de l'I.R.Sc.N.B.

Cinquante tirés-à-part seront gratuits.

### Texte

Le texte doit être dactylographié dans sa forme définitive en trois exemplaires sur format DIN A4, avec des marges suffisantes (4 cm côté gauche), double interligne, recto seulement. Il doit mentionner le(s) nom(s), le(s) prénom(s) du (des) auteur(s) et leur adresse professionnelle à placer après les références bibliographiques.

Il doit indiquer, outre le titre, un titre abrégé (35 caractères maximum). Il doit être accompagné d'un résumé en deux langues, dont un en anglais. Chaque résumé sera suivi de trois à six mots-clés. Le renvoi aux références bibliographiques se fera en mentionnant dans le texte le nom de l'auteur (en petites capitales), suivi de l'année et éventuellement de la page, placées entre parenthèses.

Le manuscrit doit être accompagné des illustrations et de deux photocopies de chacune d'elles. L'auteur mentionnera dans la marge du texte les endroits où il souhaite voir insérer les tableaux et les figures. Dans les manuscrits taxonomiques les listes synonymiques éventuelles doivent être aussi précises que possible.

*Short contributions:* rubrique pour articles ne dépassant pas 4 pages imprimées (traitant de résultats nouveaux ou d'actualité) qui peuvent être soumis jusqu'à deux mois avant la mise à l'impression du volume.

### Liste de références

Les références seront classées par ordre alphabétique des auteurs et par ordre chronologique pour chaque auteur. Les titres des périodiques ne seront pas abrégés, mais écrits en toutes lettres. Les références seront présentées de la manière suivante:

BROWN, S., CASSUTO, S. & LOOS, R.W., 1985. Biomechanics of chelipeds in some decapod crustaceans. *Journal of Zoology*, 188 (2): 143-159.

GERY, J., 1977. Characoids of the World. Tropical Fish Hobbyist Publications Inc. Ltd., Neptune City, U.S.A., 672 pp.

HAQ, B.U., 1984. A synoptic review of 200 million years of ocean history. In: HAQ, B.U. & MILLIMAN, J.D. (Editors), Marine Geology and Oceanography of Arabian Sea and coastal Pakistan. Van Nostrand Reinhold, London, pp. 201-232.

MILLE, G.S., 1913. Revision of the Bats of the genus *Glossophaga*. *Proceedings of the United States National Museum*, 46: 413-429.

### Tableaux

Les tableaux seront présentés séparément. Ils seront numérotés en chiffres arabes accompagnés d'une légende et porteront le nom de l'auteur.

### Dessins, photographies et planches

Les dessins, photographies et planches de bonne qualité doivent être réalisés en tenant compte de la justification du Bulletin (17,6 × 24,5 cm pour une page entière et 8,5 × 24,5 cm pour une colonne) et de la réduction éventuelle que l'auteur préciserà. Chaque illustration portera le nom de l'auteur et le numéro de la figure. Les légendes des illustrations seront dactylographiées sur des feuilles séparées. Il est souhaitable que chaque illustration comporte une échelle.

### Remarques générales

Les noms de genres et d'espèces et les mots latins seront soulignés.

On utilisera les unités du système SI et les symboles internationaux.

L'emploi de notes infrapaginales doit être évité si possible.

Les remerciements figureront à la fin du texte avant les références.

### Epreuves

L'auteur recevra une première et éventuellement une seconde épreuve. Les épreuves devront être renvoyées dans les délais fixés. Tout retard entraînera la remise de la publication à une date ultérieure. Les corrections sont apportées en rouge, dans la marge au moyen des signes conventionnels. Toute modification apportée au texte original sera facturée à l'auteur.

## Richtlijnen voor de auteurs

Het Bulletin van het K.B.I.N. verschijnt jaarlijks in drie reeksen: Biologie, Entomologie, Aardwetenschappen.

Enkel originele artikels worden aanvaard. Ze dienen geschreven te zijn in het Engels, Frans, Duits of Nederlands. De ingezonden artikels worden ter beoordeling voorgelegd aan een leescomité. De beslissingen van dit comité zijn bindend en worden zo spoedig mogelijk medegedeeld aan de auteur(s). Manuscripten niet opgesteld volgens deze richtlijnen worden geweigerd.

Er is in principe geen beperking wat de lengte van de artikels betreft. Wel kan eventueel een financiële tussenkomst gevraagd worden voor langere artikels.

De manuscripten worden naar de Directeur van het K.B.I.N. gezonden.

Per artikel worden 50 gratis overdrukken ter beschikking gesteld.

### Tekst

De tekst wordt ingezonden in zijn definitieve vorm, in drie exemplaren op DIN A4-formaat, uitsluitend recto getypt met een dubbele regelafstand en met een 4 cm brede linkermarge. Naam en adres van de auteur(s) worden na de literatuurlijst geplaatst.

Er dient een verkorte titel opgegeven te worden van maximum 35 lettertekens, die bovenaan de tekstbladzijden zal gedrukt worden.

De samenvatting dient opgesteld te worden in tenminste twee talen, waarvan één het Engels, en wordt telkens gevolgd door drie tot zes trefwoorden.

Verwijzing in de tekst naar de literatuurlijst gebeurt als volgt: tussen haakjes worden de naam van de auteur (in kleine kapitalen), het jaar en eventueel de bladzijde aangegeven, of de auteursnaam wordt gevolgd door jaar en eventueel bladzijde tussen haakjes.

De originele illustraties en twee kopieën worden samen met het manuscript ingediend. De auteur geeft in de marge van de tekst de plaats van de figuren en tabellen aan.

In taxonomische artikels worden de eventuele aanwezige synoniemlijsten zo nauwkeurig mogelijk opgesteld.

*Short contributions*: rubriek voor korte artikels (maximum 4 gedrukte bladzijden) over onderwerpen die nieuw zijn of actueel in de belangstelling staan; mogen voorgelegd worden tot 2 maanden voor het in druk gaan van het volume.

### Literatuurlijst

De literatuurlijst vermeldt alleen die werken waarnaar in het artikel verwezen wordt, en is alfabetisch gerangschikt, naar de auteursnaam. De titels van de tijdschriften worden niet afgekort, maar voluit geschreven.

De referenties worden opgesteld aan de hand van onderstaande voorbeelden.

BROWN, S., CASSUTO, S. & LOOS, R.W., 1985. Biomechanics of chelipeds in some decapod crustaceans. *Journal of Zoology*, 188 (2): 143-159.

GERY, J., 1977. Characoids of the World. Tropical Fish Hobbyist Publications Inc. Ltd., Neptune City, U.S.A., 672 pp.

HAQ, B.U., 1984. A synoptic review of 200 million years of ocean history. In: HAQ, B.U. & MILLIMAN, J.D. (Editors), *Marine Geology and Oceanography of Arabian Sea and coastal Pakistan*. Van Nostrand Reinhold, London, pp. 201-232.

MILLE, G.S., 1913. Revision of the Bats of the genus *Glossophaga*. *Proceedings of the United States National Museum*, 46: 413-429.

### Tabellen

Tabellen worden op afzonderlijke vellen toegevoegd. Ze worden genummerd met arabische cijfers, en zijn voorzien van een legende en van de naam van de auteur.

### Tekeningen, foto's en platen

Tekeningen, foto's en platen moeten van goede kwaliteit zijn. De auteurs dienen rekening te houden met de afmetingen van het Bulletin (17,6 × 24,5 cm voor een volledige bladzijde en 8,5 × 24,5 cm voor een kolom) en dienen de eventuele reductie te vermelden.

Op iedere illustratie zal de naam van de auteur(s) en het nummer van de illustratie vermeld zijn.

De legendes van de figuren worden op een afzonderlijk blad toegevoegd.

Het is wenselijk figuren van een schaal te voorzien.

### Algemene opmerkingen

Genus- en speciesnamen en Latijnse woorden worden steeds onderstreept.

De auteurs worden verzocht eenheden van het SI-systeem en internationale symbolen te gebruiken.

Het gebruik van voetnota's dient zoveel mogelijk vermeden te worden.

De bedankingen worden aan het einde van de tekst geplaatst juist voor de literatuurlijst.

### Drukproeven

De auteurs ontvangen één en indien nodig twee drukproeven. Deze dienen teruggestuurd te worden binnen de vastgestelde termijn, zoniet zal de publikatie van het artikel naar een latere datum verschoven worden.

Verbeteringen worden in het rood aangebracht in de marge, door middel van de conventionele tekens. Ieder wijziging van de tekst, aangebracht in de drukproef, zal aan de auteur aangekend worden.

## Instructions for contributors

The I.R.Sc.N.B./K.B.I.N. Bulletin is published annually in three series: Biology, Entomology, Earth Sciences.

Only original contributions will be considered. Articles written in English, French, German and Dutch can be submitted. An editorial committee will referee all papers; its decision is final, and will be communicated to the author(s) as quickly as possible. Papers not conforming to the present instructions will be refused.

There is, a priori, no limit as to the length of the papers published. However, in some cases, after consulting the author(s), shortening of the text or a financial contribution may be requested.

Manuscripts should be sent to the Director of the I.R.Sc.N.B./K.B.I.N.

Authors will receive 50 free offprints.

### Text

Articles should be submitted in their final form (three copies) on DIN A4 paper, typed only recto, double spaced throughout and with margins on both sides of the text (4 cm on the left side). Name and professional address of the paper's author(s) should be placed after the reference-section.

An article must be provided with a title, and a 'running head', not exceeding 35 characters. Abstracts should be written in English and in at least one other language, and each abstract should be followed by 3 to 6 key-words.

Bibliographic references in the text should indicate the name of the author (in small capitals) and be followed by the year of publication, together with the exact page reference (if appropriate), both between brackets. Original illustrations with two extra copies should be submitted with the manuscript. The author(s) should indicate in the margin of the text where the figures and tables are to be inserted. In taxonomic papers synonymies must be as precise as possible.

*Short contributions:* for papers, not longer than 4 printed pages (presenting new results of a topical subject) which can be submitted up to two months before the volume goes to the printers.

### Literature cited

Bibliographic references should be classified alphabetically according to the author's names. Include only papers mentioned in the text of the paper. Do not abbreviate the titles of journals. Examples are as follows:

BROWN, S., CASSUTO, S. & LOOS, R.W., 1985. Biomechanics of chelipeds in some decapod crustaceans. *Journal of Zoology*, 188 (2): 143-159.

GERY, J., 1977. Characoids of the World. Tropical Fish Hobbyist Publications Inc. Ltd., Neptune City, U.S.A., 672 pp.

HAQ, B.U., 1984. A synoptic review of 200 million years of ocean history. In: HAQ, B.U. & MILLIMAN, J.D. (Editors), Marine Geology and Oceanography of Arabian Sea and coastal Pakistan. Van Nostrand Reinhold, London, pp. 201-232.

MILLE, G.S., 1913. Revision of the Bats of the genus *Glossophaga*. *Proceedings of the United States National Museum*, 46: 413-429.

### Tables

Tables should be type-written on separate sheets, and should be numbered consecutively using arabic numerals. Each table must have a legend, and must have the name of the author.

### Illustrations: figures, photographs, plates

Drawings, diagrams, photographs and plates must be of good quality. Authors must keep the size of the Bulletin in mind (17.6 × 24.5 cm for a full page, and 8.5 × 24.5 for one column) when preparing illustrations, and when necessary indicate the reduction. Each illustration must carry the name(s) of the author(s) and the number of the illustration. The legends of the illustrations should be typed on a separate page or pages. Symbols used in the illustrations are to be defined in the legends. It is preferable to add a scale on drawings and photographs.

### General remarks

The names of genera and species and Latin words must be underlined throughout the manuscript. Authors are requested to use SI system symbols. Footnotes should be avoided. Place acknowledgements at the end of the text, just before the bibliographic references.

### Proofs

Authors will receive one and if necessary two proofs. These must be returned within the time limit indicated. If this does not happen, the publication of the paper will be postponed automatically to a later date. Make corrections in red in the margin using conventional symbols. Each change to the original text made in proof stage will be charged to the author.



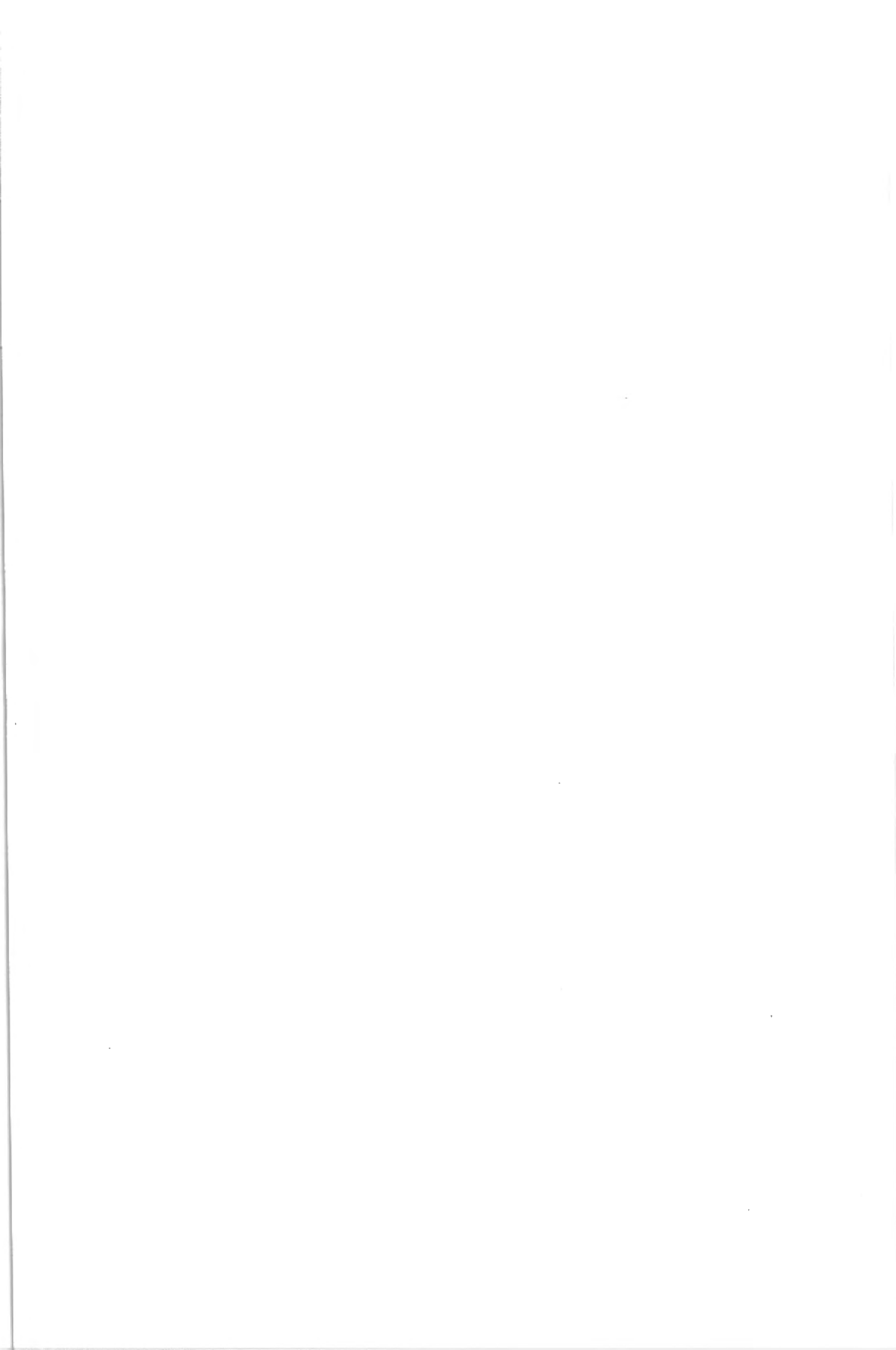


TABLE DES MATIÈRES

CONTENTS

Preface	5	<b>The Cenomanian stage</b> by K.-A. TRÖGER (compiler) and W. J. KENNEDY	57
Acknowledgments	6	<b>The Turonian stage and substage boundaries</b> by P. BENGTON (compiler)	69
<b>The Berriasian stage and the Jurassic-Cretaceous boundary</b> by V. A. ZAKHAROV, P. BOWN and P. F. RAWSON	7	<b>The Coniacian stage and substage boundaries</b> by E. G. KAUFFMAN (compiler), W. J. KENNEDY and C. J. WOOD	81
<b>The Valanginian stage</b> by L. BULOT (compiler)	11	<b>The Santonian stage</b> by M. A. LAMOLDA and J. M. HANCOCK	95
<b>The Hauterivian stage</b> by J. MUTTERLOSE (compiler)	19	<b>The Campanian stage</b> by J. M. HANCOCK and A. S. GALE	103
<b>The Barremian stage</b> by P. F. RAWSON (compiler)	25	<b>Definition of a Global Boundary Stratotype Section and Point for the Campanian/Maastrichtian boundary</b> by G. S. ODIN (compiler)	111
<b>The Aptian stage</b> by E. ERBA	31		
<b>The Albian stage and substage boundaries</b> by M. HART (compiler), F. AMÉDRO and H. G. OWEN	45		