

Figure 24. Zones d'intervalle (Hedberg, 1976).

un caractère biostratigraphique distinctif et n'avoir pas de sa position entre les zones (Fig. 24).

est souvent par un caractère qui se termine à cette zone et on ne voit pas de disparition ou une apparition de nouvelles espèces à *Ericsonia subdis-*...  
entre la disparition de  
1) *D. saipanensis* et  
*ithus formosus* (Eo-  
plus loin (p. 164,  
fossiles étant sensi-  
tative, cette biozone  
stratigraphique, sauf

régionalement. D'autre part, la détermination rigoureuse des espèces présente parfois quelques difficultés, surtout dans les séries évolutives (voir Fig. 1 et 2). *Pourtant les zones d'intervalle sont les plus utilisées à des fins de corrélations.*

#### 4. Chronostratigraphie

L'objectif de la chronostratigraphie est de diviser la succession des couches de l'écorce terrestre en unités correspondant à des intervalles de temps. Les unités chronostratigraphiques sont des unités de référence servant de base aux corrélations. L'échelle chronostratigraphique (tableaux 2 et 3,

p. 45 et 46) a pour objet d'établir une hiérarchie complète et structurée de toutes les unités stratigraphiques.

Chaque unité chronostratigraphique, par exemple un *système*, représente un ensemble de couches. La durée de leur dépôt est une unité géochronologique. C'est alors une unité abstraite, la *période*, portion du temps écoulé. Hedberg (1976), pour illustrer la différence, propose la comparaison suivante : l'unité chronostratigraphique correspond *au sable* qui s'écoule dans un sablier pendant un certain intervalle de temps, tandis que l'unité géochronologique est le *temps* pendant lequel le sable s'est écoulé. La hiérarchie des unités chronostratigraphiques et géochronologiques s'établit ainsi :

Unités chronostratigraphiques	Unités géochronologiques
Eonothème	Eon
Erathème	Ere
Système	Période
Série	Epoque
Etage	Age
Chronozone	Chron

#### • Chronozone

La chronozone est la plus petite subdivision chronostratigraphique. Son équivalent géochronologique est le *chron*, ou encore *siècle* ou *moment*, termes peu usités. Elle correspond généralement à la durée d'une biozone mais est différente de la biozone elle-même. Ainsi (Fig. 25) la zone d'extension (*range zone*) à *Zigzagiceras zigzag* (Bathonien inférieur) est limitée aux couches où cette Ammonite est rencontrée tandis que la chronozone à *Zigzagiceras zigzag* renferme toutes les couches de même âge, qui correspon-

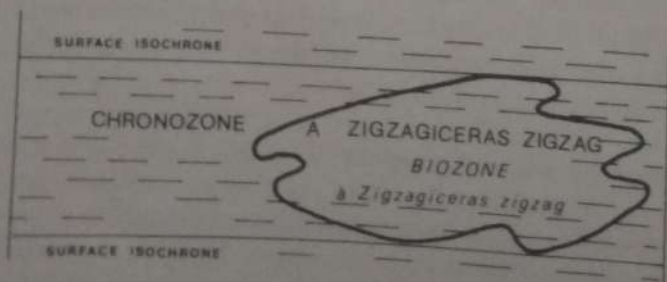


Figure 25. Relation entre la chronozone à *Zigzagiceras zigzag* et la biozone à *Z. zigzag* (Bathonien inférieur). *Zigzagiceras zigzag* n'a été trouvé qu'à l'intérieur de l'espace limité par un trait sinueux (d'après Hedberg, 1976, modifié).

dent à l'extension verticale totale de *Z. zigzag* sans tenir compte de la présence ou de l'absence de cette espèce.

#### • Etage

L'étage est l'unité la plus couramment employée en chronostratigraphie avec les unités dérivées : sous-étage et superétage. Son équivalent géochronologique est l'*âge*. C'est historiquement une des plus anciennes unités stratigraphiques utilisées et, avant 1850, Alcide d'Orbigny en avait déjà créé vingt-sept <sup>4</sup>.

L'introduction des étages en stratigraphie constitue un énorme progrès par rapport aux formations. De descriptive et régionale, la stratigraphie devenait conceptuelle et universelle. Comme le fait remarquer Laffitte (Colloque 1972) : « Si dans la pratique, il semble y avoir peu de différences entre une expression telle que Oxford Clay ou Oxfordien, il y a, en théorie et en fait, une différence considérable entre les deux termes puisque le premier désigne une formation géologique limitée, tandis que le second désigne le temps pendant lequel cette formation s'est déposée et fournit donc immédiatement un cadre chronologique général dans lequel peut entrer l'histoire du globe ».

D'Orbigny définissait les étages *par leur contenu lithologique et paléontologique*. Pour lui, un étage est un état de la nature passée « pendant lequel il existait, comme dans la nature actuelle, des continents, des mers, des plantes et des animaux marins; et dans les mers des animaux pélagiens et des animaux côtiers à toutes les zones de profondeur », phrase de précurseur qui contient à la fois en germe le principe des corrélations et ceux de la paléogéographie.

Pour d'Orbigny, les étages successifs étaient bien individualisés et séparés par de très nettes coupures. Comme il avait compté vingt-sept étages, on pensait qu'il y avait vingt-sept créations mettant ainsi la stratigraphie en accord avec la théorie des « révolutions du globe » (Cuvier) qui prévalait à cette époque. Ce sera là le principal reproche fait à la notion historique d'étage par les stratigraphes modernes : séparés par des hiatus, des discordances, des phases orogéniques, des lacunes de sédimentation... ils ne représentent pas

4. En anglais, *stage*; en allemand *Stufe*; en italien *piano*, en espagnol *piso*.

la continuité du temps géologique. Ce sont les barreaux d'une échelle qui n'aurait pas de montants.

Cette conception, débarrassée de son contexte religieux, persiste toujours dans la notion d'étages équivalents à des cycles sédimentaires comme le sont ceux des bassins tertiaires de l'Europe de l'Ouest. C'est pour y remédier que les nouveaux étages créés, ou les anciens redéfinis, doivent l'être suivant des règles strictes de procédure : coupe unique, exposée en totale continuité, choisie de préférence dans des faciès marins plus favorables aux corrélations. Au cas où cette coupe idéale n'existerait pas, il reste à définir l'étage par des stratotypes de limites (p. 49) qui doivent répondre aux mêmes caractéristiques (coupes continues, milieu marin...) que le stratotype de l'étage. Il est souhaitable de pouvoir définir dans ces coupes un certain nombre de biozones et d'horizons correspondant à des changements majeurs (*breaks*) paléontologiques et sédimentologiques (cendres volcaniques par exemple) survenus dans une séquence de dépôts continus. Il est nécessaire d'être très rigoureux dans le choix des étages car ce sont eux qui servent à définir les unités d'un rang plus élevé comme les séries et les systèmes dont ils sont les composants.

L'épaisseur des étages peut varier de quelques mètres à plusieurs milliers de mètres, leur durée de 2 à 10 Ma pour les étages classiques.

Le nom des étages doit être dérivé d'un terme géographique (localité type ou région type) avec une terminaison en ien : Cénomaniens, de Cenomanum = Le Mans; Turonien, de Touraine. Il faut toutefois reconnaître qu'un certain nombre d'étages historiques se jouent de cette règle. Certains dérivent d'un faciès (Corallien = Oxfordien supérieur et Kimméridgien inférieur), d'autres d'un Etat (Lusitanien, de Lusitana = Portugal, équivalent de Corallien), d'un fossile prédominant (Ptérocérien, de *Pteroceras*; Virgulien, d'*Exogyra virgula*; Bononien, de *Perisphinctes bononiensis*, trois sous-étages du Kimméridgien-Portlandien), ou même encore d'une déesse (Tithonique, de Tithon, époux de Eos, l'Aurore, étage terminal du Jurassique à l'aurore du Crétacé).

D'autre part, certains étages historiques ont une connotation régionale et entrent ainsi en compétition dans l'échelle chronostratigraphique avec toutes les zizanies que l'on devine. C'est le cas du Tithonique (étage mésogéen), du Portlandien (Europe du Nord) et du Volgien (Europe de l'Est),

tous trois malencontreusement situés sous la limite Jurassique-Crétacé (*Mésozoïque*, p. 92). Certains, comme l'Urgonien (voir p. 178) et le Wealdien ont pris un sens faciologique. Pourtant le premier avait été correctement défini par d'Orbigny mais son sens a été dévié par ses continuateurs. D'autres, enfin, ont été définis en milieu lagunaire (Sparnacien, Sannoisien) et sont difficilement transposables en milieu marin.

Le concept d'étage est tellement utile qu'il a été annexé — et en même temps fâcheusement détourné de son sens chronostratigraphique — par les structuralistes (*étage tectonique*) et les mammalogistes (*étage mammalien*).

Un *étage tectonique* est en fait un niveau correspondant à des conditions de températures et de pressions déterminées. Ainsi Wegmann (1935) distingue-t-il : un *étage superficiel à peu profond* où règnent des températures faibles et des pressions relativement basses : les plis y sont de type concentrique, et le métamorphisme y est nul ou faible (épimétamorphisme); c'est le domaine des superstructures des chaînes plissées; un *étage tectonique profond* où règnent de hautes pressions et de fortes températures, rendant les roches plastiques et propres à donner des plis semblables, domaine du métamorphisme méso ou cata, et, à la base, de la migmatitisation et de la granitisation (infrastructure des chaînes plissées).

Les *étages mammaliens* représentent une tentative de regroupement de données géographiquement dispersées, souvent même locales, sur la succession et l'évolution des faunes de Mammifères. Chacun d'eux est alors une séquence de localités de référence représentant des stades successifs de l'évolution des Mammifères. Par exemple, les localités de Paulhiac, Montaigu et Lavaugnac sont réunies dans l'étage Agenien, correspondant approximativement à l'Aquitaniens. La définition de ces étages n'est pas conforme aux règles de la nomenclature stratigraphique. Ils ne sont d'ailleurs guère employés, même par les Vertébristes, sauf ceux du Miocène supérieur (Vallésien, Turolien) et du Pliocène-Quaternaire (Rusciniens, Villafranchiens). Les étages mammaliens n'ont qu'une valeur de biozone et ne devraient représenter qu'une étape transitoire en attendant une meilleure corrélation des échelles stratigraphiques marines et continentales.

Enfin, parmi les *superétages* couramment employés, mentionnons le Néocomien et le Sénonien (tableau 3) et parmi les *sous-étages* le Bédoulien,

le Gargasien et le Clansayésien qui, réunis, forment l'Aptien.

• **Séries et époques**

Une série (en anglais le mot s'écrit avec un s au singulier : *series*) est une unité chronostratigraphique intermédiaire entre l'étage et le système. Son équivalent géochronologique est l'époque. Elle est généralement divisée en étages : sa limite inférieure est alors celle de l'étage le plus ancien, sa limite supérieure celle de l'étage le plus jeune.

La durée moyenne d'une série est d'environ 15 Ma sauf pour celles du Quaternaire (Pléistocène 2 Ma et Holocène 0,01 Ma).

Les séries ou époques sont désignées par les adjectifs inférieur, moyen et supérieur accolés au nom des systèmes (Crétacé supérieur), par un nom dérivé de racines grecques (Eocène, voir *Cénozoïque*, p. 13), d'une localité (Dinantien, tableau 2), de noms traditionnels attribués par les carriers comme Lias, Dogger, Malm (*Mésozoïque*, p. 95) ou encore Measures dans les « Coal Measures », série du Carbonifère d'Angleterre.

• **Systèmes et périodes**

Un système est une unité chronostratigraphique intermédiaire entre la série et l'éra. Son équivalent géochronologique est la période. Dans certains cas, on utilise des sous-systèmes (Mississipien et Pennsylvanien pour le Carbonifère des Etats-Unis) ou des supersystèmes : Karroo en Afrique du Sud, qui s'étend du Carbonifère au Jurassique (*Mésozoïque*, p. 82), Tertiaire comprenant les systèmes Paléogène et Néogène.

Chaque système étant un ensemble de séries elles-mêmes constituées d'étages, la définition des limites repose sur les règles énoncées pour les séries. Cela n'exclut pas qu'on puisse d'emblée définir la limite de deux systèmes qui est en même temps celle des étages correspondants (voir limite Silurien-Dévonien, p. 49).

La durée moyenne d'un système varie de 25 à 70 Ma (voir tableaux 2 et 3) sauf pour le Quaternaire beaucoup plus bref (2 Ma). Certains systèmes (Cambrien 70 Ma) ont une durée supérieure à celle d'une ère (Cénozoïque 65 Ma).

Les noms des systèmes et périodes ont diverses origines : position dans le temps (Quaternaire), référence lithologique (Carbonifère, Trias, Crétacé), paléontologique (Nummulitique = Paléogène), ethnique (Ordovicien, Silurien), géographique (Cambrien, Permien, Dévonien, Jurassique)

ou bien encore leur nom dérive de racines grecques (Paléogène, Néogène). La plus grande fantaisie règne dans les désinences aussi bien en français qu'en anglais (*Trias-Triassic*, *Crétacé-Cretaceous* par exemple).

• **Erathèmes et ères**

Le mot **érathème** (de *era*, et *them*, les dépôts d'une ère) est la plus importante unité chronostratigraphique couramment utilisée, l'ère est son équivalent géochronologique. Une ère est formée par la réunion de plusieurs périodes.

Le nom des ères reflète les changements majeurs survenus dans l'histoire de la Terre. L'ère primaire représente les terrains primitifs, l'ère tertiaire les formations où vivaient des animaux semblables aux formes actuelles. L'ère secondaire est intermédiaire et l'ère quaternaire, consacrée à l'Homme, a été rétrogradée au rang d'une période. Aujourd'hui, on préfère désigner les ères par Paléozoïque (vie animale ancienne; on devrait dire Paléobiotique = vie ancienne), Mésozoïque<sup>5</sup> (vie animale intermédiaire), Cénozoïque (vie animale récente) réunissant les ex-ères Tertiaire (devenue supersystème) et Quaternaire (devenue système).

• **Enothèmes et éons**

Le terme **éon** est utilisé pour une unité géochronologique plus grande qu'une ère. L'équivalent chronostratigraphique est l'**énothème**. Deux éons sont généralement admis : le Précambrien qui en fait pourrait lui-même être subdivisé en plusieurs éons (*Paléozoïque*, p. 21) et le Phanérozoïque (vie animale visible) comprenant le Paléozoïque, le Mésozoïque et le Cénozoïque.

• **Echelle chronostratigraphique et échelle géochronologique**

La succession des différentes unités dans leur position hiérarchique constitue l'échelle chronostratigraphique standard figurée par les tableaux 2 et 3. Beaucoup d'équivalences et de limites font toujours l'objet de controverses et les deux tableaux préparés par Foucault et Raoult, auxquels ils ont adjoint les datations radiométriques et les

5. Les termes *Mésophytique* et *Cénophytique* sont employés dans un sens différent par les palynologistes, car l'évolution des végétaux ne coïncide pas avec celle des animaux. C'est ainsi que le *Mésophytique* s'étend du Permien supérieur au Crétacé inférieur et que le *Cénophytique* débute au Crétacé supérieur.

## Les unités stratigraphiques

m.a	ÈRE	SYST. PER.	SOUS-SYST. ÉPOQUE	Étages	sous-étages et autres dénominations	cycles orogén.							
<b>QUATERNAIRE (voir tableau)</b>													
18	<b>CÉNOZOÏQUE TERTIAIRE</b>			<b>PLIO-CÈNE</b>	Plaisancien / Astien	Villafranchien inf.							
6					<b>MIOCÈNE</b>	SUP.	Tabianien = Zancleén		● valache ● rhodanienne ● attique				
10							Messinien	Pontien					
							Tortonien	Tortonien					
15						MOY.	Serravallien	Vallésien	Vindobonien	● styrienne			
							Langhien	Helvétien					
25				INF.			Burdigalien						
				<b>OLIGO-CÈNE</b>		Aquitanien							
						Chattien							
37						SUP.	Stampien s. str.	Stampien	Rupélien	● save			
							Priabonien	Sannoisien	Ludien	Lattorfien			
43							Bartonien (s. str.)	Marinésien	Auversien	Biarrizien	● pyrénéenne		
49						MOY.	INF.	Lutétien					
55				Yprésien	Cuisien			Sparnacien - Ilherdien					
				<b>PALÉO-CÈNE</b> (NUMMULITIQUE)		Thanétien		Landénien					
						Montien	Vitrollien		Garumnien				
						Danien							
65													
75	<b>SECONDAIRE = MÉSOZOÏQUE</b>			<b>SÉNONIEN</b>	Maestrichtien	Rognacien Bégudien	Aturien	● iara-mienne					
					Campanien	Fuvélien	Valdonnien						
88					SUP.		Santonien	Emschérien					
							Coniacien	Angoumien	Ligérien				
							Turonien						
100					<b>MÉCOMIEN</b>		INF.	Cénomanien					
106				Albien				Vraconien	Gault	● autrichienne			
				Aptien				Clansayésien	Gargasien	Bédoulien	Urgonien		
118				Barrémien									
				Hauterivien									
				Valanginien									
				Berriasien			Wealdien						
141				<b>MALM</b>				SUP.	Portlandien	Tithonique / Volgien	Purbeckien	● néo-cimmérienne	
									Kimméridgien	Virgulien	Pérocérien		
160									Oxfordien	Séquanien	Rauracien	Argovien	Lusitanien
									Callovien	Oxfordien s. str.			
176									<b>DOGGER</b>		MOY.	Bathonien	
					Bajocien								
	Aalénien												
	Toarcién												
	Domérien	Pliensbachien											
	Carixien	= Charmouthien											
200	<b>LIAS</b>		INF.	Sinemurien	Lotharingien	Sinemurien							
				Hettangien									
				Rhétien	Rhétien	Infralias							
215				<b>TRIAS alpin</b>		SUP.	Norien	Keuper		● éocimmérienne			
							Carnien						
							Ladinien	Lettenkohle	Muschelkalk				
							Anisien = Virglorien						
225				<b>TRIAS germanique</b>		MOY.	Warténien = Scythien	Buntsandstein					
230										Permo-Trias			

A. Foucault et J.F. Raoult

Tableau 2. Subdivisions et phases tectoniques des ères Mésozoïque et Cénozoïque (d'après A. Foucault et J.-F. Raoult, *Dictionnaire de géologie*, Masson).

Les unités stratigraphiques et leurs limites

ma.	ÈRE	SYSTÈMES PÉRIODES	SOUS-SYST. ÉPOQUE	Étages	sous-étages et autres dénominations		cycles phases orogén	
230	PRIMAIRE = PALÉOZOÏQUE	PERMIEN	SUP.	Thuringien	Zechstein	Tatarien	palatine	
240				Saxonien	Rotliegense	Kazanien	hercynien (ou varisque)	
260			INF.	Autunien		Artinskien		
280		CARBONIFÈRE	SILÉSISIEN (Houiller)	SUP.	Stéphanien	Carbonif. russe		Duralien
290					Westphalien		Moscovien	
315					Namurien		Bashkirien	
325			INF.	DINAN-TIEN	Viséen	Carbonif. INF.	Viséen	Culm
335					Tournaisien		Tournaisien	
345					Strunien		Tournaisien	
360		DÉVONIEN	SUP.	Famennien	DÉVONIEN	Eifelien	GOTHLANDIEN	cycle bretonne
370				Frasnien				
				Givétien				
MOY.	Couvinien		Coblencien					
	Emsien							
	Siegénien							
INF.	Gédinnien	Downtonien						
395	SILURIEN s.str.	SUP.	Ludlowien	SILURIEN s.l.	Tarannonien	ardennaise		
423			Wenlockien					
435			Llandovérien					
450	ORDOVICIEN	SUP.	Ashgillien	ORDOVICIEN	Skiddavien	cycle calédonien		
			Caradocien					
			Llandeilien					
INF.		Llanvirnien						
		Arénigien						
500	Trémadocien							
515	CAMBRIEN	SUP.	Potsdamien	CAMBRIEN	? Revinien	cycle sarde		
540		MOY.	Acadien		? Devillien			
570		INF.	Géorgien					
1000	PRÉCAMBRIEN	ARCHÉEN PROTÉROZOÏQUE ALGONKIEN	INFRA-CAMBRIEN	PRÉCAMBRIEN	Éocambrien	cadomienne (assyntique)		
2600			Briovérien					
3800			Pentévrien					
			Icartien					

A. Foucault et J.F. Raoult

Tableau 3. Subdivisions et phases tectoniques de l'ère Paléozoïque et, très simplifiées, du Précambrien (d'après A. Foucault et J.-F. Raoult) (voir les unités du Précambrien dans Paléozoïque, tableau II, p. 23).