

Les méthodes modernes de la Stratigraphie du Jurassique : ses buts, ses problèmes,

par PIERRE L. MAUBEUGE.

Aborder les problèmes généraux de la Stratigraphie du Jurassique peut sembler à première vue condamner à des redites et une absence de nouveautés, tant le sujet apparaît abondamment étudié avec de nombreux travaux à tendances synthétiques parus à ce propos. La question peut donc paraître à juste titre épuisée.

Or, si on met à part les Traités destinés plus spécialement aux études supérieures géologiques, muets sur un exposé complet de la question, il existe bien une série de travaux s'adressant aux spécialistes. Ils marquent l'époque moderne de la Stratigraphie (début du siècle); très peu nombreux sont ceux publiés en langue française (N. LAUX, P. ROCHÉ, P. L. MAUBEUGE, R. MOUTERDE); ceux de C. DIENER (1919), fondamentaux, et ayant inspiré les plus belles pages de W. J. ARKELL, sont parus en allemand et sont à peu près inconnus, même en Allemagne. J. VON PIA et O. H. SCHINDEWOLF, tout en approfondissant le sujet, ont négligé certains aspects théoriques ou synthétiques, abordant plutôt l'historique et la méthodologie. En anglais, c'est surtout W. J. ARKELL (1933) qui brossait une synthèse magistrale, tenant compte de tous les travaux antérieurs; ses propres recherches postérieures et la critique de certaines tentatives (de S. W. MULLER, notamment) allaient lui permettre d'apporter des éléments neufs, fondamentaux, mais appelant malgré tout des remarques et objections.

C'est dire, d'une part, que la présentation synthétique des tendances modernes de la Stratigraphie du Jurassique n'est pas entièrement formulée, en langue française au moins, et que surtout, d'autre part, les problèmes en suspens ne sont pas signalés. Un double exposé doit permettre de présenter, plus ou moins heureusement, ces aspects de la question. Une partie, plus historique, permet néanmoins des critiques constructives, en définissant les méthodes qui paraissent établies; une partie plus brève permet de présenter les problèmes qui me paraissent demeurer en suspens. Depuis vingt ans je poursuis des recherches sur le Jurassique, et si les premières années étaient celles du

stade du collectionneur, je pense aborder plus ou moins heureusement depuis quinze ans des méthodes scientifiques. Suivant de très près, avec des contacts humains et des voyages d'études, les problèmes de la Stratigraphie du Jurassique surtout dans la Méso-Europe, je pense que l'on voudra bien excuser l'aspect téméraire de ma tentative et y voir plutôt une relation d'information qu'un exposé solennel.

La Stratigraphie se propose d'étudier la succession chronologique et la répartition géographique des différentes couches constituant l'écorce terrestre. L'étude des roches et des fossiles qu'elles contiennent est donc une nécessité pour mener à bien ce projet. Examinés en dehors du temps et de l'espace, roches et fossiles deviennent les matériaux d'étude des pétrographes et des paléontologistes ou des paléontologistes-stratigraphes.

La Paléontologie est donc de toute nécessité corrélatrice de la Géologie générale et, puisqu'elle se préoccupe de l'enchaînement naturel des êtres, elle comprend aussi une partie, la Paléontologie stratigraphique, qui ne saurait exister indépendamment de la Stratigraphie. Cette dernière, elle aussi, ne saurait exister sans la Paléontologie, puisque la reconnaissance de l'âge relatif des terrains superposés, par le moyen des fossiles, dépend étroitement des progrès de la Paléontologie.

Une parenthèse s'impose ici. La Stratigraphie, de son côté, ne saurait non plus être séparée de la Paléogéographie, qui fait appel aux données déduites des flores et des faunes, de la répartition des terres et des mers, des conditions de sédimentation. On comprend aisément que la Sédimentologie et la Paléogéographie aient pu se délimiter, encore que leurs frontières soient incertaines, comme chapitres voisins de la Stratigraphie. Quand on parle de Stratigraphie, c'est la Stratigraphie historique que l'on considère, aussi il est à peine nécessaire de préciser ici, que seul cet aspect général est en cause : c'est l'aspect fondamental de la Stratigraphie que je veux considérer : la datation des couches par leur contenu paléontologique, et les différentes notions de temps, les chronologies.

Pour parler de l'histoire des progrès de la Stratigraphie, il est nécessaire d'ouvrir une préface par un court aperçu sur les progrès de la Paléontologie.

Les auteurs de l'Antiquité classique : HÉRODOTE, ARISTOTE, THÉOPHRASTE, STRATON, OVIDE, STRABON, PLINE, n'ont pas ignoré les pétrifications, que nous appelons aujourd'hui les

fossiles. THÉOPHRASTE (de Lesbos, 368-284) a même écrit le premier traité de géologie, dont le texte est malheureusement perdu. Mais aucune idée nette ni valable ne se dégage des écrits de tous ces auteurs.

Jusqu'au Moyen-Age, aucun progrès n'est réalisé en ce qui concerne la connaissance des fossiles. Cette époque ne permet guère de prospérer à la Paléontologie. Ceci est dû au fait que l'Université de Paris, le grand centre intellectuel de l'époque, est sous l'autorité de l'Église. Or, celle-ci condamne et excommunie tout ce qui n'est pas entièrement d'accord avec la Théologie. Non seulement la réalité du Déluge universel n'est même pas discutée, mais les savants de l'époque s'attardent sérieusement à commenter les dimensions exactes de l'arche de Noé !

Néanmoins, Albert le Grand, l'encyclopédiste du XIII^e siècle, comprend la véritable nature des fossiles et, un des premiers, affirme que ce ne sont pas « des jeux de la nature ».

Divers auteurs s'occupent encore occasionnellement des fossiles. Mais il faut attendre la Renaissance avec LÉONARD DE VINCI (1452-1529) pour voir s'élever des idées nouvelles et saines sur les fossiles et les rudiments de la Paléontologie stratigraphique. DE VINCI s'élève contre l'hypothèse des coquilles apportées par le Déluge là où on les trouve, à l'intérieur des terres. C'est un des premiers stratigraphes.

JOHANN KENTMANN (1518-1574) crée la première grande collection de fossiles et en dresse le catalogue avec figures. C'est donc là le premier mémoire de Paléontologie.

Toutefois, c'est seulement avec le génial potier agenais BERNARD DE PALISSY (1510-1590) que, pour la première fois, on reconnaît l'identité précise de toute une série de formes fossiles, avec des genres actuels. PALISSY distingue même des formes marines, lacustres et fluviatiles. FONTENELLE a pu, en 1720, rendre un témoignage admiratif à ce propos au précurseur que fut ce « potier de terre, qui ne savait ni latin ni grec ».

PALISSY réunit une collection de fossiles et vint à Paris où, entre 1575 et 1584, il organisa une série de conférences. Il s'élève alors publiquement contre les docteurs en Sorbonne, soutient que les pétrifications ne sont pas des « jeux de la Nature » mais des restes d'animaux ayant vécu dans l'eau, à l'endroit même où on les trouve, ceci avant la lapidification de la vase. Son

génie admirable resta incompris et ses luttes avec la Sorbonne se terminèrent tragiquement. Il fut en effet enfermé à la Bastille, où il mourut en 1590.

Malgré ses vues remarquables, les idées les plus folles font leur chemin pendant les XVII^e et XVIII^e siècles. Le Déluge est très à la mode. Les savants de l'époque nous fournissent de très intéressantes précisions sur ce cataclysme : c'est ainsi que l'un d'entre eux est à même de nous préciser que le Déluge a eu lieu au mois de mai. Un astronome fait mieux encore : il précise la date de l'événement, un mercredi 28 novembre !

Toutefois, ROBERT HOOKE (1635-1703) émet sur les fossiles quelques idées qui en font un des précurseurs de l'Évolutionnisme. Et NICOLAS STÉNON (1638-1687) exprime le premier quatre principes stratigraphiques fondamentaux concernant la succession et la superposition des strates des terrains sédimentaires.

Vers cette époque, l'établissement qui sera plus tard le célèbre British Museum, est ouvert au public (1759); il comprend déjà une très importante collection de fossiles.

En 1709, SCHEUCHZER reconnaît avec ROBERT HOOKE la véritable nature des lignes cloisonnaires des Ammonites et nous livre des travaux paléontologiques non négligeables. C'est en présentant ces travaux à l'Académie des Sciences, que FONTENELLE, le secrétaire perpétuel, fit la fameuse comparaison des fossiles, médailles de la Création, avec les médailles antiques. BUFFON, en 1749, relève vertement les stupides plaisanteries de VOLTAIRE à propos des fossiles. En 1778, dans ses *Époques de la Nature*, il exprime, le premier, une opinion sur la durée des temps géologiques; il a ainsi l'audace, pour l'époque, d'attribuer 75.000 ans à la Terre dont il divise l'histoire en 6 époques. Il imagine, le premier, la chronologie géologique appuyée sur une méthode : la durée de la sédimentation. Il confirme la notion, rarement entrevue avant lui, que bien des groupes animaux sont entièrement fossiles.

Vers 1780, l'abbé GIRAUD-SOULAVIE établit pour la première fois une échelle stratigraphique basée sur l'âge relatif des sédiments. Il est le premier à avoir une idée exacte de la succession des êtres organisés, dans le temps, avec l'existence de faunes différentes selon l'âge des couches sédimentaires. Les idées de ce précurseur, ne réclamant pas les éclaircissements d'un commentateur, se trouvent exprimées clairement dans son *Histoire Naturelle de la France méridionale*, en 7 tomes (1780-1784).

Ses vues étaient en avance sur son époque et ce n'est que vingt-cinq ans plus tard que la Paléontologie stratigraphique prendra son essor simultanément en Angleterre, en Italie et en France, avec respectivement les WILLIAM SMITH, G. B. BROCCHI, ALEXANDRE BRONGNIART.

BROCCHI (1772-1826) distingue les terrains secondaires et tertiaires de l'Apennin, précisant leurs caractères stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques. Dans sa *Conchyologie fossile subapennine* (1814), il reconnaît et précise une relation entre l'âge des strates et les espèces fossiles que l'on y recueille. Il reconnaît que plus on remonte dans le temps, plus les faunes sont différentes des actuelles.

BRONGNIART (1770-1847) se place parmi les fondateurs de la Géologie stratigraphique avec, dès 1808, sa description géologique des environs de Paris. Jusqu'en 1829, il publie une série de travaux stratigraphiques, où il distingue les faciès, esquissant également une division des terrains en agalysiens (cristallins), hémilysiens (métamorphiques) et sédimentaires; parmi ces derniers, il distingue également les faciès continentaux, marins, littoraux, pélagiques et abyssaux.

WILLIAM SMITH a une antériorité et une priorité de recherches incontestables sur ces deux auteurs par ses travaux commencés sur le terrain en 1790. Nous devons nous attarder à examiner son œuvre, car son importance est telle, si considérable, qu'elle a fait dire de SMITH qu'il est le « Père de la Stratigraphie ».

Disons tout de suite que la gloire ne vint visiter SMITH que peu avant sa mort; encore faut-il préciser que ses mérites ne furent universellement reconnus que longtemps après sa disparition. On peut dire que la misère fut la conséquence de son génie, et c'est à peine s'il ne mourut pas dans le dénûment complet, l'État anglais, sur la pression de l'opinion de ses pairs, s'étant heureusement décidé à lui faire une pension (dérisoire). De son vivant, les biens de SMITH furent même une fois saisis, et un ami sauva à grand-peine, pendant son absence, ses précieuses notes et manuscrits de la destruction et de la saisie.

Le premier tableau stratigraphique jamais publié, dû à SMITH, accompagnait la première carte géologique qui ait également été probablement jamais faite. La carte représentait le sous-sol dans un rayon de 8 km autour de Bath. Quant au

tableau, il s'intitulait « Tableau de l'ordre des couches et des restes organiques qu'elles renferment dans la région de Bath, étudiées et contrôlées avant 1759 ».

L'histoire de ce tableau nous est racontée par le neveu de WILLIAM SMITH, JOHN PHILLIPS.

Notons d'ailleurs que nous verrons ainsi, dès les premiers travaux, le Jurassique apparaître comme un des éléments fondamentaux dans l'établissement des règles de la Stratigraphie. Le Jurassique ne perdra en aucun moment cette place pré-éminente due à la facilité des études de détail dans ses séries, que l'on retrouve à peu près partout identiques en Europe, où est née et s'est développée la Stratigraphie. Il y a en effet dans le Jurassique une remarquable alternance des sédiments, que nous retrouverons ultérieurement, dont la signification n'a pas toujours été clairement reconnue, quant à des généralisations des lois sédimentaires; de plus, le caractère fossilifère des séries est remarquable et le stratigraphe est admirablement servi par les faunes d'Ammonites, riches et variées, diversifiées dans le temps. Voilà donc pourquoi le Jurassique avait son destin tout tracé quant à l'établissement de la Stratigraphie et le perfectionnement de la connaissance de ses lois.

De 1794 à 1799, SMITH, habitant aux environs de Bath, s'occupait, comme ingénieur, d'un tronçon du canal de Kennet and Avon. Il releva alors cette première carte géologique en question et fit, à cette occasion, la connaissance d'un collectionneur enthousiaste de fossiles, le Révérend BENJAMIN RICHARDSON, de Farleigh Hungerford.

SMITH rangea la collection de RICHARDSON en plaçant les fossiles dans l'ordre des couches. Les collections offrirent alors dans le cabinet de RICHARDSON une représentation réelle des séries dans la Nature. Il faut insister vivement sur le fait que la corrélation des fossiles et des roches de chaque strate ne s'était jamais présentée auparavant à l'esprit de RICHARDSON. SMITH alla outre, affirmant à son ami que c'était une loi générale partout dans le district, « les mêmes couches se retrouvant toujours dans le même ordre de superposition et renfermant les mêmes fossiles particuliers ». Toutefois ceci laissa RICHARDSON non seulement étonné, mais parfaitement incrédule.

SMITH finit cependant par convaincre, sur le terrain, son ami de la réalité de sa découverte. Et il put même lui annoncer à l'avance la nature exacte de la roche et des fossiles inclus qu'ils pourraient recueillir à Dundry Hill, dans l'Oolithique inférieur.

C'est alors que les deux amis engendrèrent un trio en se liant avec le Révérend JOSEPH TOWNSEND; celui-ci les accompagna dorénavant dans leurs sorties géologiques.

Ainsi, un jour, après avoir dîné chez TOWNSEND, l'un d'entre eux proposa d'écrire un aperçu, sous forme de tableau, des caractéristiques principales du sujet, découvert par SMITH et vérifié et complété par leur travail commun. Ce fut RICHARDSON qui prit la plume et écrivit sous la dictée de SMITH un tableau stratigraphique qui n'allait que de la craie à la houille. En face de la description des couches venait une liste de fossiles remarquables recueillis dans chacune d'elles. Les noms des fossiles furent fournis surtout par RICHARDSON. Chacun des trois confrères prit un exemplaire du document ainsi rédigé en collaboration, « sans qu'aucune stipulation ait été faite sur l'usage qu'il pourrait en faire ».

Le résultat du désintéressement inégalable avec lequel SMITH faisait partager ses idées et découvertes fut qu'il a été devancé dans la publication de ses termes stratigraphiques ! En effet, TOWNSEND a fait imprimer la première liste en 1813, rendant toutefois un hommage à SMITH. Cette même année, la liste de TOWNSEND se trouvait déjà reproduite dans l'*Introduction à la Géologie* de BAKEWELL.

La première liste publiée est, sur certains points, plus complète que le tableau manuscrit de 1799, anticipant certaines revisions de W. SMITH, de 1815 et 1817; mais elle comporte des omissions et des erreurs importantes. W. SMITH était d'ailleurs au courant de l'existence de certaines couches non portées sur le manuscrit. Celui-ci n'avait trait qu'à une des régions où elles manquent précisément par suite de transgressions et érosions.

En définitive, le tableau de SMITH était exact pour une région étudiée, mais incomplet pour une région plus étendue. Le tableau de TOWNSEND, reproduit par BAKEWELL, était inexact, conduisant à des conclusions erronées.

La plupart des termes stratigraphiques adoptés et créés par W. SMITH étaient empruntés à l'agriculture et au langage courant des carriers; certains de ces termes existaient depuis 1668.

La dernière grande addition aux tableaux de couches du Jurassique a été apportée par DEAN BUCKLAND en 1818, un an avant sa nomination à la nouvelle chaire de géologie d'Oxford. L'attention des géologues s'est, à cette époque, portée sur la région d'Oxford; aussi, des additions et des modifications sont-

elles apportées au tableau élaboré pour la région de Bath. Certaines de ces modifications, notamment en ce qui concerne l'introduction du terme « oolithe d'Oxford », sont d'ailleurs assez fâcheuses, car elles prêtent à confusion, surtout à l'étranger. Aujourd'hui même, on ignore encore la place réelle et la signification stratigraphique de certaines formations mentionnées par BUCKLAND.

W. SMITH n'a jamais été un paléontologiste au sens actuel du terme. En pratique, il était cependant d'instinct un paléontologiste-stratigraphe exceptionnel. Il faut dire que, dès sa plus tendre enfance, il avait pu jouer aux billes avec les Térébratules bajociennes, dans son village de Churchill en Oxfordshire; il avait pu aussi être familiarisé avec le fait que les gros *Clypeus* servaient de poids aux paysans. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'il devint un observateur attentif et un collectionneur de fossiles.

Sa maîtrise de ce qui sera la Paléontologie stratigraphique ressort de ses remarquables assemblages successifs des faunes des formations du Jurassique moyen et supérieur. On en a vu l'exemple dans son classement stratigraphique de la collection du Révérend RICHARDSON.

Il faut bien remarquer le fait qu'il a pu donner une liste adéquate, alors qu'il n'avait pour la majorité des fossiles aucun nom à sa disposition.

Les successeurs de SMITH adoptèrent rapidement l'axiome qui veut que l'« on trouve toujours les mêmes couches dans le même ordre de superposition et qu'elles renferment les mêmes fossiles particuliers ». Ils établirent rapidement les corrélations et les synchronismes entre les couches de diverses régions d'Angleterre grâce à la Paléontologie stratigraphique combinée à la Lithologie. Deux monographies régionales remarquables font date : celle de FITTON (1827) et celle de JOHN PHILLIPS (1829). La somme de ces travaux finit par montrer l'indépendance des faciès et des fossiles conducteurs sur de grandes étendues.

Certes, WILLIAM SMITH n'avait pas formulé cette notion d'indépendance dix ans plus tôt, mais il est impossible qu'elle ait pu lui être étrangère.

Les premières tentatives pour formuler des idées de corrélation, en se basant uniquement sur les fossiles, ont été faites par un obscur géologue, LOUIS HUTTON, qui travailla sur le Lias du Yorkshire. W. C. WILLIAMSON travailla également dans ce sens.

A la fin du XVIII^e siècle, A. G. WERNER avait déjà tenté d'établir une échelle des formations en Allemagne médiane, laquelle devait servir de coupe de référence pour toutes les autres régions; d'esprit plutôt lithologique que chronologique pure, cette tentative était assise sur des bases fragiles : le général ne peut pas se déduire d'un seul endroit, mais d'une confrontation de diverses régions.

Ces idées étaient lentes à s'ébaucher et à prospérer en Angleterre. Mais il n'en fut pas de même en France, grâce à une des gloires de la Paléontologie, ALCIDE D'ORBIGNY (1812-1857). D'ORBIGNY chercha à codifier la Stratigraphie. Il commença par appeler étages, en leur donnant un nom, les groupes de couches désignés jusque-là sous des dénominations locales. Il tenta, dit-il, « de choisir des noms tirés des localités où un étage est le mieux développé, afin de mettre un terme à cette nomenclature chaotique, basée sur la Lithologie locale, qui varie tellement d'un endroit à l'autre, et sur les fossiles, qui peuvent être très courants dans une localité, mais manquer totalement ailleurs ».

C'était donc distinguer là aussi les fossiles de faciès des fossiles conducteurs. Mais tout de suite, D'ORBIGNY rencontra une grande difficulté à cause des identifications désinvoltes de fossiles faites par les différents auteurs.

Ainsi, on s'expliquera l'œuvre immense et pérenne que réalisa D'ORBIGNY en entreprenant l'inventaire descriptif des Invertébrés fossiles. Son *Prodrome de Paléontologie stratigraphique* (1850) est une distinction et une énumération de pas moins de 18.000 espèces classées par ordre chronologique dans les 27 étages qu'il crut pouvoir reconnaître. Ce *Prodrome de Paléontologie* et la *Paléontologie française* sont la partie la plus connue de l'œuvre du brillant paléontologiste qui fut le premier titulaire de la Chaire de Paléontologie du Muséum.

Pendant quinze ans, D'ORBIGNY chercha en France les associations paléontologiques des différentes couches; il put ainsi acquérir la conviction qu'il existait 10 divisions (ou étages) possibles dans les terrains jurassiques. Vingt-sept divisions correspondaient à toute l'histoire de la Terre. Pour D'ORBIGNY, ces 10 divisions (ainsi que toutes les autres) étaient délimitées partout, aussi bien par leurs faunes que par des limites stratigraphiques naturelles. D'ORBIGNY, à l'aide des travaux des autres auteurs, se mit alors à rechercher si dans le Monde il

pouvait retrouver ces mêmes divisions. Il put établir des synchronismes avec des régions aussi éloignées que la fameuse contrée de Cutch, aux Indes, où le Jurassique est si bien représenté. Il trouva non seulement des similitudes, mais des identités de faunes lui prouvant la contemporanéité des couches examinées. Il put ainsi admettre que les séparations de ses étages étaient générales, sans aucun caractère arbitraire. Pour lui, elles étaient l'« expression des divisions que la Nature a délimitées par des coups violents sur toute la Terre ».

Ces vues impliquaient un grand enthousiasme mais, d'autre part, elles simplifiaient un peu trop la réalité des phénomènes. Comme le signalait ARKELL, « si un demi-siècle plus tard D'ORBIGNY avait eu à recréer son système, il n'aurait plus pu conserver ces vues d'uniformité et de simplicité universelles. Ses étages auraient été infiniment plus nombreux car, en effet, à son époque, on n'était pas embarrassé par les grands problèmes géologiques et les détails ».

Il faut bien dire que, tout d'abord, les géologues n'adoptèrent pas les divisions de D'ORBIGNY, trop préoccupés par leurs connaissances locales, plus détaillées, qui les asservissaient.

C'est dans son *Cours élémentaire de Stratigraphie* (1849-1852) que D'ORBIGNY emploie le terme « zone » sans lui donner de définition d'ailleurs, pour caractériser les étages dont il s'est servi.

Une dizaine d'années plus tard, QUENSTEDT publiait son célèbre ouvrage *Der Jura*, après avoir effectué une étude détaillée des terrains jurassiques du Wurtemberg.

Bien que d'autres travaux stratigraphiques sur divers étages soient parus entre-temps, nous retrouvons encore une fois le rôle prééminent des niveaux jurassiques dans l'avancement des méthodes stratigraphiques. Malgré la diversité de son œuvre, D'ORBIGNY était avant tout un « homme du Jurassique »; il en sera de même, avec un caractère plus rigoureux encore, pour le vieux maître allemand.

QUENSTEDT était incontestablement la plus grande autorité de son temps en matière de Jurassique; aussi discute-t-il dans son travail l'œuvre de D'ORBIGNY. Dans ses critiques il fait ressortir la superficialité et les erreurs des travaux de D'ORBIGNY. Il faut aussi considérer des données plus prosaïques et non négligeables : il y a un siècle s'allumait un violent antagonisme franco-germanique; en outre, et surtout, la grande colère de

QUENSTEDT, toute humaine et naturelle, était due au fait que D'ORBIGNY avait voulu ignorer la priorité de ses travaux et de ceux de ses compatriotes. Néanmoins, ses huit pages de critiques sont constructives et précieuses en enseignements.

Aussi ne faut-il pas s'étonner que, dès 1860, les successeurs de D'ORBIGNY aient ajouté une douzaine d'étages nouveaux à ceux proposés par le maître. Le plus fertile créateur d'étages, trop fertile même, fut MAYER-EYMAR qui, en 1888, n'avait pas introduit moins de 30 noms nouveaux, tous tirés de noms de localités. Depuis, l'amusement n'a pas cessé, et certains continuent encore le jeu au milieu de l'indifférence générale. Aussi ne faut-il pas s'étonner que, actuellement, pour le seul Système Jurassique, il y ait une centaine de noms d'étages proposés. On a même vu des auteurs contemporains, quand ils en proposent de « nouveaux », ignorant la nomenclature de cette centaine d'étages, aller jusqu'à prendre des noms déjà employés avec une signification stratigraphique nouvelle.

ARKELL résume la situation de l'époque : « Ainsi donc, par leur ardeur, les disciples de D'ORBIGNY avaient totalement trahi ses intentions. Ils avaient « amélioré » son système jusqu'à n'en plus rien laisser qu'un complexe insensé d'étages se chevauchant, et de valeurs différentes; complexe n'ayant pas le moins du monde une plus grande utilité que l'ancienne nomenclature qu'il devait remplacer ».

Remarquons, au passage, le système de division des étages de QUENSTEDT. Celui-ci distinguait dans le Jurassique : le Jura noir, le Jura brun et le Jura blanc, qui correspondent approximativement au Lias, Dogger et Malm des auteurs anglais. Chacun de ces trois groupes était divisé en niveaux nommés chacun par une lettre grecque de *a* à *f*. On verra un peu plus loin comment OPPEL perfectionna le système de divisions stratigraphiques de son maître.

On conçoit pleinement que, devant un tel état de faits confus, pour la nomenclature des étages jurassiques, ARKELL ait voulu écarter tous les noms d'étages prêtant à confusion ou superflus; ceci devra simplifier grandement la littérature géologique, et il est à souhaiter que ses vues soient uniformément adoptées. Cette tentative d'ARKELL fait suite à une initiative de S. W. MÜLLER, lequel, en 1941, avait proposé quelque chose d'analogue mais

très discutable. On le verra plus loin. Un des avantages du tableau d'étages d'ARKELL (mis soigneusement à part ses divisions zonales) est le nombre réduit des coupures et le caractère pratique d'utilisation de ce fait.

Quoi qu'il en soit, pour revenir au début du siècle, cette laborieuse et pénible évolution avait conduit à une représentation plus fidèle de la Nature. Mais la théorie du catastrophisme de D'ORBIGNY, avec 10 faunes successives, occupant tour à tour la Terre, puis balayées pendant l'époque jurassique, prenait un caractère d'improbabilité notoire. Avec l'accroissement de nos connaissances il apparaît que les changements se produisent en réalité d'une façon incessante. Le déroulement de la vie sur la Terre et la lente marche de l'évolution n'ont jamais cessé, variant seulement en vitesse selon les époques et les endroits. ANDREW RAMSAY étudiant le Lias anglais l'avait nettement pressenti et exprimé en 1864. Il attribuait d'ailleurs un grand rôle aux migrations de faunes.

Chose curieuse, nous reverrons, avec la sédimentation cyclique et les renouvellements de faunes d'Ammonites, réapparaître, sous une forme atténuée, mais certaine, l'aspect catastrophique cher à D'ORBIGNY.

Avant de quitter les travaux de D'ORBIGNY, quelques points sont à relever. ARKELL a reproché à D'ORBIGNY l'emploi de certains noms d'étages qui ne répondent pas aux principes de base quant à un choix géographique. L'auteur anglais parle à juste titre, sous une forme imagée, du « mot hybride, à la fois horrible et nouveau, Liasien », tiré du terme Lias de WILLIAM SMITH. Il réclame aussi l'expurgation de termes comme ceux-ci non tirés du nom de localités et adoptés souvent par les successeurs de D'ORBIGNY : Astartien, Corallien, Spongilien, Glypticien, Pholadomyen, etc. Une autre critique fondamentale, formulée par ARKELL, peut être résumée ainsi. D'ORBIGNY a adopté pour ses étages des noms de localités situées dans des pays étrangers, sans s'assurer exactement à quoi correspondaient rigoureusement ces noms dans leurs lieux d'origine. Il faudrait, d'une façon idéale, que l'étage soit « défini d'après le développement des couches dans la localité d'où il tire son nom ». Bon nombre de noms d'étages de D'ORBIGNY se rapportent à la succession des séries anglaises, maintenant bien connues; mais, à son époque, elles ne l'étaient que vaguement; or, les successions paléontologiques de D'ORBIGNY se rapportent à la succession en France! Aussi ARKELL n'hésite-t-il pas à

réclamer, le cas échéant, que l'on « redéfinisse ses étages de façon à ce qu'ils correspondent exactement aux couches existant dans les localités d'où ils tirent leur nom, ainsi qu'à celles portant autrefois primitivement ces mêmes noms ».

Par malheur, ARKELL lui-même, dans ses tentatives de créer des échelles standard, ne devait pas respecter cette notion de correspondance. Si, pour les niveaux supérieurs du Jurassique, jusqu'à l'Oxfordien, et même probablement au Callovien, les coupures du maître anglais sont acceptables, il n'en est plus de même pour les niveaux inférieurs du Jurassique. On peut dire qu'il y a méconnaissance totale de certaines zones d'Ammonites parfaitement établies. Et si l'on me permet un souvenir personnel, on aura l'explication de ces faits. A un certain moment ARKELL m'écrivait pour constater que nos voies s'étaient rejointes et croisées quant à nos plans d'études, quand j'abordais, pratiquement en collaboration avec lui, l'examen de la stratigraphie du Bathonien. En effet, je l'ai d'ailleurs souligné dans sa biographie, ARKELL a commencé ses études par le Jurassique supérieur; il avançait en descendant la série. Sa maîtrise était totale à ce propos; ce n'est que sur les dernières années de sa vie, trop courte, qu'il abordait progressivement le Jurassique moyen. Pour une partie du Jurassique il avait une connaissance pratique considérable; pour la partie inférieure, ses connaissances étaient plus théoriques, plus livresques, basées sur l'analyse des travaux nombreux d'ailleurs, la concernant. On conçoit que certains points ne lui parussent pas clairement établis, ignorant quel degré de confiance il pouvait apporter aux résultats avancés par certains auteurs, moi-même compris. Si seules des retouches de détail sont à apporter à ses zones d'Ammonites du Jurassique supérieur, il en va donc tout autrement pour les niveaux plus anciens, c'est un fait indiscutable, malgré sa notoriété.

Concluons quant à l'œuvre de D'ORBIGNY : les fautes relevées par ARKELL proviennent tout naturellement du fait qu'une partie de l'œuvre stratigraphique de D'ORBIGNY était prématurée. Notre paléontologiste a voulu généraliser trop tôt, alors que l'on ne connaissait pas, dans toute l'Europe, les listes locales de successions de faunes jurassiques. Il aurait pu seulement, si cela avait été, tracer ses divisions en choisissant un certain nombre de localités types qui auraient servi à définir un étage.

Aussi doit-on finalement, et malheureusement, dire qu'une grande partie de la confusion, qui règne encore aujourd'hui dans la nomenclature et les corrélations internationales, a été provoquée par la tentative prématurée de D'ORBIGNY.

C'est QUENSTEDT, critiquant la méthode de D'ORBIGNY, qui indiqua la voie où la Stratigraphie trouva le moyen de s'épanouir. QUENSTEDT insiste sur la recherche du détail, préalable à la synthèse, alors que trop souvent cette précision apparaît superflue, et bien à tort, aux auteurs. Visant d'ailleurs D'ORBIGNY, un passage du prodigieux travailleur allemand se termine par une phrase terrible et sans appel. Qu'on en juge : « La première tâche que nous ayons à remplir, en ce qui concerne le Jurassique, consiste à établir des sections aussi fidèlement que possible dans les différents districts... La comparaison exacte de deux couches successives de trois pouces d'épaisseur, à l'aide de leur teneur réelle, peut contribuer de façon beaucoup plus fructueuse au progrès de la science que l'établissement d'un catalogue d'étages existant dans les parties les plus reculées de la terre, si l'on admet, naturellement, que ces étages ne sont pas corrects... Quel avantage y a-t-il à ce qu'un homme ait visité le monde entier, s'il ne comprend même pas de façon exacte ce qui se passe devant sa propre porte ? » (1858).

Cette méthode paléontologique détaillée, propre à l'école allemande, dont QUENSTEDT fut le champion le plus notoire, servit de méthode de travail à tous les chercheurs d'Europe pendant une vingtaine d'années. Et même si l'œuvre paléontologique de QUENSTEDT doit être complètement révisée, — et le travail n'est pas terminé, — c'est à juste titre que ses concitoyens lui ont élevé un mémorial sur le rebord de l'Alb de Souabe, devant un merveilleux panorama, dans une région qu'il a tant aimée; le géologue allemand illustre parfaitement la pensée si juste et si profonde de MARCOU, un des pionniers de la Stratigraphie du Jurassique : « Personne ne connaît bien la géologie d'un pays, quelque petit soit-il, s'il ne l'a pas habité longtemps; il faut dormir, rêver, souffrir même des intempéries des saisons, sur les roches que l'on veut étudier ».

Refaisons un pas en arrière, un grand pas. Dès 1836, LOUIS HUTTON avait vu, en Angleterre, que les Ammonites seraient le matériel idéal pour tracer les divisions de la Stratigraphie paléontologique, et il mit sa découverte à l'épreuve dans l'étude du Lias moyen et supérieur de la région de Whitby. HUTTON réclamait fermement la récolte des Ammonites en place, et

non dans les éboulis d'une couche, les divisions paléontologiques ne concordant pas toujours avec les divisions lithologiques. W. C. WILLIAMSON le suivit de près dans le même ordre d'idées.

Un an après la parution du travail de HUTTON, MARTIN SIMPSON était nommé conservateur du Musée de Whitby; il trouvait en entrant dans ses fonctions de grandes collections d'Ammonites liasiques du Yorkshire. Il se mit aussitôt à l'ouvrage pour les décrire et, en 1843, il avait publié la description de plus de 100 espèces. En 1868, il fournissait, pour accompagner son travail, une coupe détaillée des falaises de Whitby, où les fossiles étaient minutieusement localisés.

Mais faisons un bond en avant pour revenir où nous en étions précédemment. Nous trouvons un disciple de QUENSTEDT, à Tubingen, ALBERT OPPEL, qui devait apporter un esprit nouveau dans les méthodes stratigraphiques. Cet homme, doué d'un pouvoir d'observation extraordinaire, avait acquis à 25 ans une célébrité mondiale. Par une ironie du sort, ce maître de la Stratigraphie mourait victime de la fièvre typhoïde âgé de 34 ans.

Après s'être familiarisé avec les formations si bien décrites par son maître, en Souabe et dans le Wurtemberg, OPPEL, en 1854, entreprend un voyage d'études dans les régions où le Jurassique est si bien représenté, en Suisse, en France et en Angleterre. Il partait avec le germe d'une idée entièrement nouvelle et qui paraît maintenant si familière à tout étudiant en géologie. Son idée est exprimée dans son célèbre ouvrage *Die Juraformation Englands, Frankreichs und Sudwestlichen Deutschlands* (1856-1858). Cette idée devait conduire à la notion de zone paléontologique. Son ouvrage contient les premiers fondements de l'idée d'une échelle des temps, détaillée, indépendante de toutes considérations locales, lithologiques ou paléontologiques. En une saisissante image, ARKELL a pu dire très justement, qu'avant lui l'histoire de la Géologie était aussi confuse que celle de l'Assyrie et de Babylone à l'époque où chaque royaume avait une chronologie locale particulière, qui était celle de la ville.

Nulle part, OPPEL n'a défini ce qu'il entendait par zone. Cela semble superflu tant le sens du terme est apparent dans son travail. Ce n'est d'ailleurs pas lui qui avait employé le premier ce terme : il l'a adopté avec son sens, trouvant inutile de le définir à nouveau.

D'ORBIGNY, on l'a vu, l'utilisait le premier, de la même manière que le terme étage, le réservant cependant à un usage purement paléontologique. HEBERT lui (1857), par endroits, parle de zones pour certaines espèces, mais sans s'arrêter longuement à cette notion.

OPPEL a donc le privilège d'avoir perfectionné l'usage des zones, les libérant des servitudes des faciès lithologiques et paléontologiques; il a donné à ses successions proposées une extension considérable puisqu'il les considère comme valables sur le plan mondial.

Parmi ses 33 zones paléontologiques du Jurassique, OPPEL en a attribué 22 à des Ammonites en tant que fossiles indicateurs; 5 vont à des Lamellibranches, 2 à des Brachiopodes, 2 à des Échinodermes, 1 à un Gastropode. Enfin, une dernière zone devait par la suite recevoir un nom. D'ailleurs, ultérieurement, toutes les zones d'OPPEL qui n'avaient pas reçu d'Ammonites pour indices, en ont été pourvues.

Les géologues qui ont étudié après OPPEL le système jurassique ont presque tous été obligés de perfectionner son tableau en le complétant. Chaque auteur a, d'ailleurs, en théorie, liberté complète de modifier son nombre de zones, quel que soit le caractère local de ses besoins.

OPPEL avait reconnu la difficulté de donner un tableau complet, du fait que toutes les espèces fossiles, à son époque, n'étaient pas encore bien distinguées. Trente-cinq ans plus tard, BUCKMAN rencontrait les mêmes difficultés; d'excellents indicateurs, disait-il, n'étaient pas baptisés. C'est ce qui conduisit d'ailleurs BUCKMAN, sur la fin de sa vie, à passer son temps à figurer et à nommer un nombre croissant d'espèces d'Ammonites. A sa mort, il avait publié 1.052 planches d'Ammonites, où étaient figurées 797 espèces. Cette œuvre magistrale est contenue dans ses deux principaux ouvrages *Yorkshire Type Ammonites* et *Type Ammonites*, sans compter sa monographie des Ammonites de l'Oolithique inférieur.

On voit donc que le terme de zone, tel qu'il est défini après OPPEL, est purement stratigraphique : c'est une couche ou un groupe de couches, identifiées par un fossile ou une série de fossiles. Le critère paléontologique l'emporte sur les caractères lithologiques et sur ceux des faunes de faciès. En 1883, un Congrès Géologique International a énoncé une définition de la zone : « ...c'est un groupe de couches... caractérisées par un ou plusieurs fossiles particuliers qui servent d'indices ».

La Commission d'Unification de la Nomenclature Stratigraphique a été créée à Paris en 1878 et, en Belgique, on ne peut pas ne pas évoquer le nom de son Secrétaire général : DEWALQUE. Celui-ci proposait à juste titre que le terme zone entre dans les désignations stratigraphiques et non chronologiques. Et les propositions des diverses commissions nationales, sauf une, étaient à peu près concordantes pour attribuer au terme zone une valeur spatiale, donc stratigraphique, et non chronologique.

L'idée de POMPECKJ, comme quoi la zone d'OPPEL est « une notion de temps exprimée par la durée des roches et des espèces ou des faunes », est théoriquement inexacte. Cela conduirait à admettre comme zones (= termes chronologiques) les divisions établies avec tant de patience par QUENSTEDT dans les séries jurassiques du Wurtemberg.

WAAGEN, probablement, est le premier auteur à exprimer l'idée que la division en zones peut conduire, dans le temps, à une expression des modifications subies par le monde vivant. NEUMAYR a redonné, ultérieurement, une forme plus précise à cette notion (et c'est WEDEKIND qui s'est le plus catégoriquement posé pour l'emploi de la « zone » comme mesure du temps en géologie). Pour NEUMAYR, une zone du Jurassique, selon OPPEL, correspond à la durée moyenne des principales espèces d'Ammonites. DIENER a cru devoir contester le fait et pense en apporter une laborieuse démonstration. Mais surtout, malgré la somme de travail que cela représente, il n'est guère, pour le Jurassique, d'exemples d'anomalies de répartition des espèces indices signalées par DIENER qui puissent être conservés; mauvaises localisations des récoltes, stratigraphie insuffisante, déterminations approchées, sont les explications.

Fidèle à l'idée de WAAGEN, celle de la théorie des mutations (totalement différente des mutations des généticiens), NEUMAYR reconnaissait la classification en zones du Jurassique comme assise sur des divisions à bases paléontologiques, régies par les mutations des types les plus fréquents de faunes. Cette idée est toujours exposée dans son *Histoire de la Terre* (1887). Toutefois, en pratique, il ne s'écartait pas beaucoup plus que WAAGEN de la notion des zones d'OPPEL. On se souviendra que WAAGEN étayait sa notion de zones sur les sept séries de formes d'Ammonites qu'il croyait avoir reconnues. L'idée était d'autant plus fragile qu'elle reposait surtout sur des études de sédiments de type alpins.

HEBERT illustre l'usage de certains auteurs : ils désignent une « zone » avec indication d'un nom de fossile pour une couche ou un groupe de couches qui semblent être caractérisées par la présence fréquente de l'espèce citée. HEBERT semble employer ainsi zone comme synonyme d'assise, couche, ou encore niveau.

MARCOU, dont le nom ne peut pas être tu à propos de l'histoire de la Stratigraphie du Jurassique, s'est déjà élevé avec sa fougue légendaire contre d'ARCHIAC, la dénomination des zones d'après un seul fossile indice lui semblant mener à des malentendus. Or, en réalité, c'est le choix judicieux du fossile indice adéquat qui justifie la zone !

Pour WEDEKIND, la notion de zone est bien différente : sa biostratigraphie repose sur l'idée que la zone (durée) correspond à la durée de vie d'une espèce. Il est clair que pour lui, l'idée de zone couvre une idée purement chronologique.

Il y a eu en fait des conceptions tellement variées quant à la notion de zone, qu'il est impossible de les reprendre toutes dans leurs détails. DIENER a fait un laborieux recensement, encore incomplet, à ce propos, avec un exemple type pour une zone d'Ammonite.

On peut noter, comme curiosité, la conception de T. WRIGHT : les zones étant caractérisées, dans ses études sur les Ammonites du Lias anglais, par des contenus organiques, cet auteur parle de « zones de vie » (Life-zone).

Je ne puis que renvoyer, outre au livret de SCHINDEWOLF, à l'étude substantielle de DIENER, où la notion de zone, sous toutes ses variantes dans l'interprétation, est parfaitement disséquée. Ceci pour tous les systèmes. On y verra, chez le premier bien entendu, la notion de zones basées sur d'autres animaux que les Ammonites : Échinides, Brachiopodes, Vertébrés et même flores.

Dans ces définitions et usages du mot zone, il n'est fait aucune mention du temps; toutefois, il est implicitement entendu, dans les tableaux d'OPPEL et de ses successeurs, que les subdivisions ont demandé moins de temps pour se former que les divisions principales. Mais ce n'est qu'en 1893 qu'il fut essayé de formuler une idée chronologique basée sur une échelle de temps indépendante des couches et permettant de comparer les données relatives de dépôts des différentes couches entre elles. A cette époque, aucun vocabulaire adéquat n'existait concernant ces problèmes.

Donc, c'est en 1893 que la Stratigraphie fit un bond énorme en avant, avec les idées neuves et hardies d'un géologue anglais, qui une fois de plus était un spécialiste du Jurassique. Il s'agit de SYDNEY SAVORNIN BUCKMAN, né en 1860 dans le Gloucestershire, dont A. MORLEY DAVIES nous a narré la vie.

Le père de BUCKMAN professait au collège d'agriculture de la région; il se retira à la fin de sa carrière dans le Dorset, près de Sherborne, à Bradford-Abbas. BUCKMAN avait 3 ans à cette époque. Il s'est ainsi trouvé placé « au milieu de l'une des régions les plus riches en fossiles du monde, dans laquelle les Ammonites sont rassemblées en quantités incroyables dans les minces couches de la formation de l'Oolithique inférieur ». On doit convenir que le milieu a exercé sur lui une puissante action. Aussi, à 18 ans, BUCKMAN avait-il déjà publié un article sur les Astartes de l'Oolithique inférieur. Trois ans plus tard, c'était son premier travail sur les Ammonites qu'il livrait. C'était là le début d'une féconde et extraordinaire carrière scientifique; peu à peu, BUCKMAN s'assura une maîtrise incontestée dans la connaissance des terrains jurassiques : d'abord de Sherborne, puis des régions voisines, et enfin du Système jurassique de Grande-Bretagne presque tout entier.

C'est à 33 ans à peine que BUCKMAN publie les premiers travaux où sont exprimées ses idées révolutionnaires quant à la Stratigraphie. Gêné par l'insuffisance de terminologie existante, pour traiter des problèmes stratigraphiques généraux, il introduisit un terme nouveau : héméra.

« Sa signification », dit-il, « est jour ou temps, et je désire l'utiliser comme indicateur chronologique de la séquence des faunes ». Les héméras successives marquent les plus petites divisions consécutives que la succession des différentes espèces permet de distinguer dans les couches. « La présence d'héméras successives peut toujours être reconnue », ajoute BUCKMAN, « grâce à leur espèce indicatrice ou à certaines espèces contemporaines, même quand les couches sont très diminuées en puissance. On peut toujours distinguer une succession d'héméras d'une apparente contemporanéité ».

BUCKMAN insiste bien sur le fait que l'héméra marque l'apogée du développement d'une ou plusieurs espèces choisies comme indicatrices; pour les terrains jurassiques, ces espèces indices

sont des Ammonites. L'héméra est une division purement chronologique qui n'a rien de commun avec la zone; le terme zone est de nature rigoureusement stratigraphique et n'est à aucun prix synonyme d'héméra.

Il est assez difficile de formuler cette différence sous une forme imagée. Je crois cependant pouvoir la faire sentir en disant que la personne qui réalise cette confusion fait la même faute qu'en confondant la signification chronologique du feuillet de calendrier avec la signification propre de chacun des termes imprimés sur le feuillet.

Puisque nous en sommes à des comparaisons, il n'est pas mauvais de s'arrêter un instant à la suivante, qui fait comprendre la succession des héméras et leur valeur d'indicateurs chronologiques. Les égyptologues parlent couramment d'un document, d'un monument, datant de telle dynastie pharaonique. Les écoliers apprennent toute une partie de l'histoire de France en rapportant les faits au règne d'un roi, de Clovis à Louis XVI. On a ainsi des chronologies commodes, situant un fait dans le temps, en le rapportant à la vie d'un individu. En chronologie hémérale, le Géologue situe une couche ou un phénomène par rapport à la vie d'une espèce d'Ammonite indice. Le caractère abstraitif de l'héméra apparaît ainsi très bien : ce n'est qu'une durée, un temps révolu. On ne peut pas confondre l'Ammonite indice, réalité matérielle, avec la durée de sa vie, pas plus que l'on ne peut confondre Henri IV avec la durée de son règne. La zone n'en apparaît que plus comme une réalité matérielle concrète : un ensemble de roches contenant des fossiles.

L'héméra étant une division purement chronologique, même si elle ne peut être reconnue dans un ensemble de couches, elle a forcément existé, alors que la zone a pu ne pas se former. En effet, le temps n'a pas pu ne pas exister.

Dès la communication de sa note, l'incompréhension accueillit le travail de BUCKMAN. L'abstraction chronologique de l'auteur semble avoir été au-dessus de la compréhension des géologues de son époque !

En 1902, donc neuf ans plus tard, BUCKMAN, s'apercevant que la plupart des gens considèrent l'héméra comme une simple division de la zone, publie un nouvel article explicatif. Il faut remarquer que les idées de l'auteur y ont déjà évolué; deux définitions de l'héméra y sont redonnées. L'une est une répé-

tion sous une autre forme de la première définition. La seconde est franchement mauvaise et doit être proscrite : « l'héméra est le temps pendant lequel un certain travail, à savoir le dépôt de ce que l'on appelle la « zone », s'est effectué ». En effet, cette définition pêche par l'emploi du mot zone avec un sous-entendu différent de celui admis par OPPEL.

On ne peut admettre comme définition de l'héméra que l'une des trois formes suivantes :

C'est le summum de développement d'une ou de plusieurs espèces (1893).

C'est le temps pendant lequel une espèce particulière, généralement une Ammonite, a eu une existence prédominante (1898).

C'est le temps pendant lequel une ou plusieurs espèces ont atteint graduellement leur point culminant, l'ont dépassé, puis ont décliné (1902).

Le temps qu'il a fallu à une zone pour se déposer est quelque chose de bien distinct. La zone est « un groupe de couches caractérisées par un assemblage d'organismes »; un seul d'entre ceux-ci est choisi généralement comme espèce indicatrice. Mais il n'a jamais été question que celui-ci soit confiné dans la zone ou doive être présent dans toute la zone. On conçoit facilement que la durée d'une zone dépasse de beaucoup celle d'une héméra. En réalité, elle correspond à plusieurs héméras. C'est ce que BUCKMAN a voulu traduire en plaçant dans ses tables plusieurs héméras en face de chaque zone. Beaucoup de gens ont cru aussitôt qu'une héméra était synonyme de sous-zone.

En définitive, une héméra est une subdivision du temps qu'a pris le dépôt d'une zone. Ce temps de dépôt d'une zone a reçu le nom de siècle (= *saeculum*) par A. J. JUKES BROWNE (1903). Ceci est synonyme de « moment » proposé au Congrès Géologique International de Bologne (1881) par le Comité Suisse pour l'Unification de la Nomenclature. Moment a priorité sur siècle; mais comme ARKELL le fait déjà remarquer, le mot moment est d'un usage courant pour désigner une très petite fraction de temps; il serait assez bizarre de l'appliquer pour désigner une durée embrassant de nombreux millénaires ⁽¹⁾ !.

(1) Il était donc inutile, en 1900, au C.G.I. de Paris, de proposer le terme « phase » pour remplacer « moment ». Car les sens multiples possibles de « phase » sont à eux seuls source de confusions effroyables !

On peut se demander quelle est l'unité stratigraphique qui doit correspondre à une héméra.

Plusieurs héméras sont incluses dans une sécule (ou un moment = moment-zone de DIENER). On ne peut pas dire qu'une héméra soit une subdivision de sécule; ces deux expressions impliquent des idées bien différentes. La sécule est basée sur la durée ou le point culminant de l'assemblage, et l'héméra est le summum d'une espèce indice. Comme ARKELL le fait bien remarquer, il y a là deux échelles différentes : la différence est telle celle entre deux unités de longueurs appartenant à des systèmes différents.

C'est pour pallier cette lacune qu'A. E. TRUEMAN introduisit en 1923 le terme stratigraphique « épibole » comme devant s'appliquer aux dépôts accumulés pendant une héméra.

Tableau résumant les termes employés en chronologie hémérale et montrant leurs rapports mutuels, ainsi que leurs rapports avec les termes stratigraphiques.

Termes stratigraphiques			Termes chronologiques		
		Épibole	Héméra		Age
Étage	Faunizone 3	Épibole	Héméra	Séculé	
		Épibole	Héméra		
		Épibole	Héméra		
		Épibole	Héméra		
Étage	Faunizone 2	Épibole	Héméra	Séculé	Age
		Épibole	Héméra		
	Faunizone 1	Épibole	Héméra	Séculé	Age
		Épibole	Héméra		
		Épibole	Héméra		

La Stratigraphie moderne utilise encore d'autres termes que nous allons examiner et dont certains sont dus encore à BUCKMAN.

En 1902, BUCKMAN proposait les termes de biozone et de faunizone. La biozone est l'ensemble des couches déposées durant la vie totale d'une espèce. Les couches appartiennent donc à des héméras différentes et elles contiennent l'espèce, soit à sa naissance, soit à son déclin.

La vie d'une espèce, ou son biochron [H. S. WILLIAMS, 1901 ⁽¹⁾], a une naissance, une période de développement numérique et d'extension géographique; c'est son paracmé (BUCKMAN). La période de maximum de fréquence c'est l'acmé; celle de son déclin jusqu'à l'extinction de l'espèce, est l'épacmé. Pour les Ammonites indices, l'acmé a une durée confondue avec l'héméra.

Quant aux espèces indices à biochron court, la biozone se confond pratiquement avec l'épibole. Mais pour certaines Ammonites, et bien d'autres groupes d'animaux, les biozones ont de grandes étendues verticales et ne sont nullement confondues avec l'épibole.

Lorsque BUCKMAN créa le mot biozone, il l'entendait comme équivalent de biochron, terme antérieur. Mais ce mot formé avec zone ne saurait être employé dans un sens chronologique sans provoquer fatalement des confusions. C'est bien ce qui arriva. Les Allemands, surtout, ont employé ce terme dans le sens stratigraphique pour représenter l'équivalent du dépôt à l'intervalle de temps en vue duquel il a été originellement introduit.

Dans ce nouveau sens, le terme biozone est utile, car il n'y a que ce mot pour indiquer le dépôt complet formé au cours de l'existence totale d'une espèce.

Le second terme proposé par BUCKMAN est celui de faunizone. Il l'a défini d'après les données de MARR. La faunizone est une « bande de couches... caractérisée par un assemblage de vestiges organiques ». Les faunizones sont donc « les faciès successifs des faunes présentées dans les couches », ces faunizones pouvant varier horizontalement ou verticalement, et les couches « pouvant

(¹) H. S. WILLIAMS a formulé des considérations théoriques fort complexes, avec une terminologie non utilisée depuis 1901; seul « géochron » au sens d'équivalent de temps pour l'établissement d'une formation au sens lithologique, a peut-être des chances d'être utilisé par un auteur en mal de novation.

ne pas varier et cependant présenter plusieurs faunes successives ». Ce terme exprime donc en définitive presque exactement ce que les anciens auteurs entendaient par zone. BUCKMAN, par la suite, a rarement employé ses deux termes, parlant toujours d'héméras. En Allemagne, le terme faunizone, employé sous la forme de faunenzone, a presque supplanté le terme zone.

Illustration schématique des rapports entre la biozone et l'épibole.

Espèce d'Ammonite indice, à biochron court			Espèce d'Ammonite non utilisable comme espèce indice, à biochron long		BIOZONE
				Épacmé	
(Héméra) Épibole	Biozone	Épacmé Acmé Paracmé	(Héméra)	Acmé	
				Paracmé	

Une nouvelle étape dans les idées de BUCKMAN consiste à grouper ses héméras en divisions plus importantes, ou âges. En 1896, il réalisait son premier travail sur ce sujet, concernant l'Oolithique inférieur, et il donnait à ses âges les mêmes noms que les étages stratigraphiques de D'ORBIGNY. Toutefois, en 1898, devant les critiques du Conseil de la Geological Society, il changea cette façon de faire, introduisant la double terminologie actuelle (âges-étages). Primitivement, en effet, BUCKMAN employait des termes de Stratigraphie dans un sens chronologique. Par la suite, il libéra donc complètement la chronologie de la Stratigraphie.

Dès lors, BUCKMAN se lança à corps perdu dans l'établissement d'une échelle des temps basée sur la Zoologie pure. Les Ammonites lui servirent comme indicateurs de la succession des faunes.

Les héméras sont caractérisées chacune par l'acmé d'une espèce; un certain nombre d'héméras successives ou proches dans le temps sont caractérisées par des espèces appartenant à une même famille. Or, la durée pendant laquelle ces diverses espèces d'une même famille prospèrent et dominant, constitue une unité de temps plus grande que l'héméra, l'âge. Chaque âge

a donc une faune particulière, à caractère propre, marquant les apogées successives de différentes familles. Il n'y a donc aucune corrélation entre l'échelle chronologique de BUCKMAN et l'échelle stratigraphique.

Chacun des âges a alors été groupé par BUCKMAN en époques. En 1898, il introduisait 7 âges et 2 époques applicables pour les dépôts allant du Lias à l'Oolithique inférieur.

En 1922, les progrès accomplis étaient considérables; BUCKMAN proposait 43 âges pour toute l'époque jurassique; 18 s'appliquaient à la série dans laquelle, vingt-quatre ans plus tôt, il n'avait vu que 7 âges. Actuellement, pour cette même série, les auteurs anglais admettent 22 âges (travaux d'E. NEAVERSON, L. F. SPATH, W. J. ARKELL, etc.).

Ces perfectionnements étaient dus à de nouvelles découvertes de faunes dans de nouveaux horizons et à une connaissance plus approfondie des différentes espèces d'Ammonites jurassiques. Un exemple du bond en avant que fait chaque nouvelle étude paléontologique sur des matériaux bien repérés stratigraphiquement, nous est fourni tout récemment avec la monographie de M. K. HOWARTH sur le Lias moyen terminal (Pliensbachien supérieur = Domérien) anglais.

Relevons d'ailleurs, historiquement, une décision incompréhensible de BUCKMAN. Ayant reconnu 7 âges dans le Lias inférieur, il introduit 7 nouveaux noms d'étages, totalement inacceptables : Lymnien, Mercien, Deirien, Raasayen, Wessexien, Hwicvien. En effet, par cette façon de faire, BUCKMAN revenait de la Paléontologie à la Stratigraphie. Comme, de plus, MAYER-EYMAR avait déjà proposé des termes correspondant exactement à ces divisions, il y avait double emploi; et aussi, il y a de grosses divergences d'opinions en ce qui concerne la réalité de certains âges sur lesquels BUCKMAN avait cru pouvoir asseoir ses nouvelles divisions.

Avant de quitter ce sujet, il faut tenir compte d'une importante remarque de P. ROCHÉ (le premier auteur français, le second en langue française après un stratigraphe luxembourgeois, totalement méconnu, N. LAUX); il réfute ainsi une critique superficielle que l'on trouve souvent sous la plume de gens non au courant de ces questions. « Si le biochron d'une Ammonite indice se confond pratiquement avec une héméra, le biochron d'une famille ne se confond nullement avec l'âge. »

Les périodes d'ascension et de déclin y sont en effet infiniment plus considérables. Les représentants d'une famille peuvent apparaître avant son âge. L'âge n'est que la durée de l'acmé d'une famille.

En définitive, ce qui importe pour le stratigraphe-paléontologiste, dans son travail dans la Nature, ce sont les héméras. Celles-ci permettent seules de travailler avec précision et de faire des synchronismes à de très longues distances. On ressent toute leur utilité quand, sur le terrain, on est en présence de couches sans fossiles caractéristiques, ou même azoïques, intermédiaires avec les niveaux fossilifères que sont les zones. A ce moment, le rattachement de ces couches à une zone plutôt qu'à une autre devient arbitraire avec les anciennes méthodes de la Stratigraphie.

Le principe fondamental de la chronologie hémérale est inattaquable, car il est démontré qu'il y a, dans les séries jurassiques anglaises, françaises et germaniques, une succession rapide d'espèces à biochron court.

Néanmoins, dès son invention, la chronologie hémérale, quand elle n'a pas été systématiquement ignorée comme ce fut le cas en France, a été attaquée et critiquée avec une violence dont l'intensité égalait celle de l'enthousiasme de ses protagonistes. Il est vrai qu'avec cette méthode il faut réaliser des travaux d'une grande finesse et que cela implique une grande spécialisation paléontologique. Cela écarte du champ d'activités bien des géologues pourtant confirmés par ailleurs.

Un exemple d'ignorance des travaux de BUCKMAN, pour leur aspect chronologique, nous est fourni par le *Traité de Géologie* de HAUG, dans ses éditions successives. C'est l'occasion de citer l'œuvre du grand géologue français; en effet, HAUG a eu une solide spécialisation sur le Jurassique, ce qui l'amenait à rédiger la partie correspondante du *Traité*, avec des idées personnelles dans sa synthèse. Toujours très utilisée, ou base de départ à l'établissement d'échelles zonales, la division du Jurassique admise par HAUG repose uniquement sur la notion de zones d'Ammonites; l'analyse des faunes et de leurs répartitions y est évidemment plus fine que chez les pionniers de la stratigraphie zonale, aidée par les nombreuses monographies régionales parues avant la synthèse de HAUG. On peut même dire que HAUG travaillait exactement sur des faunizones.

En Angleterre, pour laisser la France à l'écart, les travaux de W. D. LANG, A. E. TRUEMAN, J. W., TUTCHER, S. S. BUCKMAN, L. RICHARDSON, D. T. DONOVAN, W. J. ARKELL, M. K. HOWART, et j'en passe tout aussi notables, ont conduit à des listes chronologiques jurassiques si démesurées aux yeux de certains, que bien des géologues n'ont pas été capables de suivre la marche du progrès. Allant même plus loin, ce qui est bien plus grave, ils se sont crus autorisés à jeter le discrédit sur les principes fondamentaux du système chronologique héméral.

ARKELL a groupé les arguments avancés contre la chronologie hémérale en trois catégories : arguments biologiques, arguments théoriques, arguments géologiques. Nous les examinerons avec lui dans cet ordre.

Dans le concept de l'héméra, il est admis implicitement que l'Ammonite indice est présente dans toute son aire d'extension géographique pendant son acmé. On a objecté que dans les mers actuelles, la répartition des organismes est très hétérogène et dépend de nombreux facteurs physiques. Nous ferons appel au principe des « causes anciennes et des causes actuelles » pour réfuter cet argument. Actuellement, il n'y a plus aucun groupe animal, sauf peut-être les Nautilés, comparable aux Ammonites. De plus, nous reviendrons d'ailleurs là-dessus, à propos des arguments géologiques, les mers épicontinentales secondaires (faciès le mieux connu, les plus profonds n'étant pas exclus) ne pouvaient guère être comparées aux mers actuelles surtout à cause de l'épirogénie sans cesse en activité. La lente accumulation des données géologiques ne fait que montrer chaque jour cette divergence. A l'époque secondaire, les conditions climatiques étaient plus uniformes que maintenant. D'ailleurs, que des Ammonites manquent localement à un certain moment, c'est très probable : le fossile est quelque chose d'exceptionnel par rapport au sédiment. Statistiquement sa présence est anormale alors que la présence du sédiment lui-même est naturelle. Pendant la durée d'une épibole, l'héméra, qui correspond à la durée d'une ou plusieurs générations d'Ammonites, la diffusion de la forme indice a été très vaste; l'indicateur chronologique peut être absent en un endroit, mais présent plus loin, latéralement. D'autre part, il existe des limites géographiques aux extensions par suite des provinces géographiques. On ne peut pas ne pas nommer NEUMAYR à ce propos, dans un aperçu sur la Stratigraphie du Jurassique.

NEUMAYR recommandait déjà, vu les provinces géographiques, de rechercher séparément, pour chacune d'elles, les groupements et successions de fossiles.

Qui n'a pas à l'esprit sans quitter la France, l'interpénétration des faunes méditerranéennes et plus septentrionales, dans le seul Lias, aux coupes naturelles admirables, dans les Causses ? Des problèmes identiques existent quant aux faunes boréales du Jurassique supérieur et ARKELL, discutant le travail de MÜLLER, s'est assez étendu, brillamment, à ce propos.

La grande mobilité des coquilles vides d'Ammonites a dû aider à leur dispersion; mais aussi le polymorphisme fondamental, quant à l'adaptation, existant chez les Ammonoidea, laisse bien aussi présumer d'une inégale capacité à bien se diffuser pour l'animal vivant, selon son genre et son espèce.

STAMP a prétendu qu'une Ammonite ne pouvait avoir le temps de se distribuer largement dans un intervalle de temps aussi court qu'une héméra (nous verrons plus loin quelle durée attribuer, empiriquement, à une héméra). Cela semble un non-sens : en effet, par définition, l'héméra est la durée d'expansion maximum, donc de plus grande fréquence de l'espèce.

Les stratigraphes travaillant aux tables de chronologie hémérale n'ont jamais eu la prétention de trouver une Ammonite indice de chaque héméra, de répartition universelle. Il est même permis de penser que BUCKMAN ne songeait pas à attribuer une telle universalité à ses formes indices, puisqu'il n'a établi ses séries d'héméras qu'en Angleterre, parfois d'après de rares spécimens, connus pour la première fois dans le Dorset.

ARKELL, dans son *Système Jurassique de Grande-Bretagne*, formule des arguments théoriques contre la chronologie hémérale. ROCHÉ, le premier, les a relevés et réfutés. Comme on le voit, les remarques d'ARKELL indiquent une profonde étude et une parfaite compréhension du sujet. Toutefois, quelques-unes relevées par P. ROCHÉ, ne paraissent pas bien établies. Ainsi, ARKELL remarque que l'acmé visible en une région ne correspond pas forcément à l'acmé parfait de l'espèce dans toute son extension géographique. Cette acmé visible « n'a pas non plus de relation constante avec la portée totale qui est la seule concrète et parfois la seule quantité susceptible de détermination ». Enfin, l'héméra pendant laquelle une épibole s'est déposée localement peut représenter différentes parties du biochron de l'espèce indice suivant les endroits. Or, tout cela ne tient pas,

si on se rappelle que, par définition, BUCKMAN entendait que la vitesse de répartition des Ammonites et surtout des formes indices est bien supérieure à celle de la sédimentation. La dispersion de ces coquilles et l'accroissement en épaisseur des sédiments les contenant, sont deux processus en compétition qui rappellent, suivant la belle image de BUCKMAN, le vol de l'avion et le travail du maçon. Pour BUCKMAN, l'héméra correspond à un maximum de fréquence et de dispersion de l'espèce indice. C'est donc un fait unique pour chaque espèce. Or, ARKELL parle d'acmé local, d'héméra locale. C'est, comme dit ROCHE, « associer les contraires ». Ceci est par conséquent en contradiction totale avec l'idée d'héméra. L'« héméra locale » d'ARKELL n'est donc qu'une présence locale. Il n'en est pas de même pour les espèces à biochron long : la présence locale peut ne pas correspondre à l'héméra. Mais les espèces indices sont justement choisies comme ayant des biochrons très courts : biochron et héméra se confondent pratiquement.

ARKELL, dans son même travail, définit parfaitement l'espèce indice. « Presque invariablement, les espèces choisies par nécessité comme indices héméraux n'ont aucune relation avec les espèces de dessus ou de dessous. Elles apparaissent sur scène sans antécédents, disparaissant de façon aussi soudaine, ne laissant dans les couches suivantes aucun descendant immédiat. »

Il est bien connu maintenant que ces espèces indices apparaissent et disparaissent avec des traces de perturbations profondes dans la sédimentation (conglomérats, surfaces taraudées, bancs coquilliers concentrés, y compris les « champs de bataille » de Bélemnites des auteurs allemands, etc.). Tous ces faits traduisent une épirogénie sans cesse en activité dans les mers jurassiques de la Méso-Europe. Une sédimentation cyclique remarquable, notée déjà empiriquement par les premiers géologues avec leurs distinctions lithologiques, en est la conséquence. Sinon le premier, du moins le premier quant aux généralisations dans un bassin, mais sans en voir toutes les conséquences, HEBERT, pour le Bassin de Paris (1857), s'est précisément attaché à rechercher les lignes de rivages et à étudier les surfaces taraudées. Toutes ces surfaces ne sont pas des indices de régressions suivies de transgressions : des ravinements sous-marins existent; mais, bien que non admis par tous nos contemporains, les mouvements épirogéniques de vaste amplitude géographique sont un fait tant en Angleterre qu'en France et en Allemagne du Nord et de l'Ouest. Je crois avoir été un des

premiers à en souligner l'importance et la portée dans le Bassin de Paris, et leurs relations avec la subsidence. Mais ce sont les auteurs allemands, W. KLÜPFEL et H. FREBOLD, qui, en Lorraine précisément, ont signalé pour la première fois cette sédimentation cyclique propre au Jurassique et insisté sur la présence d'interruptions dans la sédimentation. Chose curieuse, ces conclusions, basées sur la pure Stratigraphie, rejoignent les conclusions de STILLE dans le domaine uniquement tectonique; ce recoupement laisse présumer que les interprétations sont bonnes, et la pulsation de la croûte terrestre, encore que les causes à l'origine soient des plus incertaines, est une réalité au moins dans la zone de la Mésio-Europe.

On conçoit que le caractère de cataclysme de ces mouvements, dans le bassin marin, ait amené des destructions et des renouvellements de faunes totaux, pour les animaux flottant, à un degré plus élevé que pour les autres. Voilà l'explication des mystérieux renouvellements et disparitions de formes indices d'Ammonites. Avec un rôle bien moins important du climat, on a là aussi la clé de la si curieuse sédimentation cyclique, si constante, bien que ses termes en soient parfois plus ou moins atrophiques. Si les Ammonites ont poursuivi l'essentiel de leur vie phylétique hors de la zone où nous les trouvons (ce qui ne veut pas dire qu'elles ne se reproduisaient pas dans les mers épicontinentales dont les sédiments nous sont accessibles), on comprend mieux leur caractère de bons marqueurs chronologiques; non seulement le fossile est exceptionnel par rapport au sédiment, mais la quantité théorique de sédiment, quelle que soit son origine, qui aurait pu se déposer ou s'est réellement déposée primitivement, est certainement supérieure à la tranche de sédiment à laquelle nous accédons aujourd'hui. Si l'on pense au caractère exceptionnel des gisements où l'on peut trouver les Ammonites avec leurs apophyses jugales, le péristome étant conservé, leur extraordinaire rareté (toutes causes de destruction à l'extraction étant mises à part) dans des niveaux habituellement bourrés d'Ammonites, on est tenté de penser que ces Céphalopodes ne poursuivaient pas l'essentiel de leur vie où nous les trouvons.

Relevons d'ailleurs, pour en revenir aux critiques théoriques, que non seulement la notion de chronologie hémérale est parfois discutée sur des bases superficielles, mais aussi la stratigraphie zonale. Sans remonter aux « Colonies » de Barrande, où l'on a

bien vu maintenant l'erreur de méthode, et pour rester dans le Jurassique, j'ai entendu formuler des critiques de ce genre : Une Ammonite, dressée, chevauche sur deux zones paléontologiques, en l'occurrence des zones de Brachiopodes. Or, deux faunes de Brachiopodes distinctes ne prouvent pas la concomitance de deux faunes d'Ammonites présumées distinctes; d'autre part, la présence d'une Ammonite dressée éveille l'attention du stratigraphe et laisse supposer un remaniement avec brassage de sédiments. L'étude des gangues et du remplissage est de rigueur à ce propos, outre l'examen du fossile. Celui qui formule une telle critique commet la même faute que de croire qu'un banc fossilifère livrant une riche faune d'Ammonites marquant plusieurs zones, n'est pas affecté par des mélanges de faunes. Or, en cherchant bien, dans un tel cas, on prouve toujours le mélange de faunes, la concentration faunique, par des voies diverses, paléontologiques, lithologiques et pétrographiques, sans compter la géologie générale du bassin sédimentaire.

J'ai aussi entendu des considérations bizarres sur des points comme le suivant, tenues très sérieusement : un récif coralligène chevauchant sur deux zones est considéré comme datant du niveau inférieur tout en saillant accidentellement dans la zone supérieure (on trouve à propos des fameux faciès « coralliens » de notre série suprajurassique, la constante difficulté des premiers auteurs à s'affranchir de la notion des faciès, et certains ont donné sérieusement des limites et des contours fantastiques à leurs étages ou leurs zones). Or, il n'y a que deux solutions : ou le récif de Polypiers est érodé (et il le montre) et ses dépressions latérales sont comblées par les sédiments de la zone plus jeune, et le problème est très clair; ou bien (mais souvent les limites de zones correspondent à des perturbations telles du milieu — il y a des exceptions — que la vie du récif s'est arrêtée), la base du massif corallien est synchronique des sédiments d'une zone et sa partie supérieure est synchronique de la plus jeune. Une ligne théorique le sépare en deux, certes; mais comme le temps n'a pas pu ne pas se dérouler par rapport à la vie, la limite est indiscutable. On comprend mal que de tels arguments aient parfois pu être avancés.

Mais revenons plus particulièrement aux critiques contre la chronologie buckmanienne, en suivant ARKELL et ROCHÉ.

Un certain nombre de géologues anglais ont trouvé, dans diverses régions de Grande-Bretagne, des séries d'épiboles différentes entre elles : les séries sont ou plus complètes ou moins complètes que celles relevées par BUCKMAN pour sa série type d'héméras.

BUCKMAN a fourni à ceci une explication simple, par avance. La plupart des séries locales sont incomplètes et les épiboles présentes en chaque point ne représentent qu'une partie du nombre total d'héméras écoulées durant un âge. Les épiboles manquantes ont été démantelées par l'abrasion. Vu ce que nous savons maintenant de l'épirogénie, c'est un fait fondamental. Mais de toutes ces séries partiellement hétérochrones pourra être tirée une table chronologique idéale complète, perfectible. C'est d'ailleurs à ce travail que s'adonnent bien des stratigraphes contemporains.

Ceci a pour corollaire un perfectionnement incessant dans la connaissance des faunes d'Ammonites. C'est ce qu'a exprimé BUCKMAN en tête de son *Type Ammonites* (vol. III) : « Des additions à la faune diminuent les imperfections des listes zoologiques, mais augmentent celles de toute liste géologique locale : les lacunes dues à la destruction restent davantage exposées ».

C'est surtout du travail de BOVIER, traitant du Lias de la région de Champfromier (Ain), que l'on a tiré une objection très grave contre les idées de BUCKMAN. On voit en effet dans ce travail des espèces indices anglaises se succéder dans un ordre bien différent de celui qu'elles occupent dans la table de BUCKMAN. On y voit aussi, comme le signalait ROCHÉ, des espèces en rupture de zone, et ces décalages sont autrement plus considérables que ceux constatés dans les indices héméraux. ARKELL, après SPATH, reprend ces données. Et il critique, sous une forme théorique, le principe de la chronologie polyhémérale; ce principe n'aurait pas considéré que des espèces « appartenant à des races non apparentées ont pu prospérer et émigrer simultanément dans un même horizon ». L'ordre d'apparition dans une région serait alors absolument fortuit. Mais encore une fois, ARKELL parle d'Ammonites en général et non d'Ammonites indices à biochrons courts. Il n'y a pas lieu d'admettre avec l'éminent géologue anglais que cette « possibilité sape le fondement de la chronologie polyhémérale ».

Je ferai remarquer d'ailleurs à propos du travail de BOVIER que plusieurs stratigraphes connaissant bien le Jura m'ont déclaré douter fortement de la localisation, dans certains niveaux, des formes litigieuses citées. Il y a d'ailleurs plusieurs explications à des erreurs dans le travail de BOVIER; notons, d'autre part, que c'est la seule monographie de ce géologue suisse, de débutant. Mais SPATH, qui avait vu la collection et guidé le travail de détermination au British Museum, m'a déclaré lui-même à plusieurs reprises faire des réserves sur les résultats de cette entreprise... La prudence s'impose donc !

A cette occasion je fournirai un exemple, pris en Lorraine, d'Ammonites en apparence de rupture de zone. Dans notre Lias, au sommet du Lotharingien, la formation du « Calcaire ocreux » est constituée par des bancs épais de calcaire compact riche en taches de pyrite, calcite, avec des passées à véritables oolithes ferrugineuses. Cette assise, très peu épaisse, selon les reconnaissances zonales de HAUG, renfermerait la faune de 3 zones d'Ammonites : zones à *Asteroceras obtusum*, *Oxynoticeras oxynotum*, *Deroceras armatum*. Cette dernière marquerait la zone de base du Lias moyen. Si ce niveau montre indiscutablement par ses caractères excessivement fossilifères et les indices terminaux d'émergence, un caractère de banc à concentrations de faunes, il n'en reste pas moins que les auteurs actuels ont tendance à ne pas suivre HAUG et à faire de la zone à *armatum* un élément lotharingien indistinguable de la zone à *obtusum* ou *oxynotum*; en vérité, on ne sait même pas si ces 2 zones sont elles-mêmes séparables (elles sont équivalentes de la zone à *Echioceras raricostatum* de certains auteurs). On voit comment des problèmes mal posés et mal analysés peuvent fournir des arguments en apparence écrasants contre la seule stratigraphie zonale ! On irait plus loin si, par exemple, un auteur mal informé signalait à juste titre que les faunes indiscutables de la base du Lias moyen (Sous-étage Carixien, supérieur, du Pliensbachien) se trouvent parfois dans ce « Calcaire ocreux »; car j'ai signalé dans les confins hauts-marnais, vers Langres, pour la première fois, que le Carixien supérieur chevauche le faciès « Calcaire ocreux »; les faunes du Lotharingien supérieur n'en sont pas moins distinctes stratigraphiquement, plus bas. Encore une fois nous trouvons une analyse insuffisante des faits comme explication de contradictions apparentes. Dans les épiboles correspondantes à ce Lotharingien supérieur, BUCKMAN a reconnu une impressionnante série d'héméras; avant de tirer

des conclusions théoriques pour ou contre la chronologie de détail, il vaut mieux convenir que le sujet n'est pas éclairci avec toute la rigueur désirable et on peut, hélas une fois de plus, se demander la part d'imagination qui existe dans les conclusions de BUCKMAN.

Il est intéressant de s'arrêter un instant sur la durée absolue possible d'une zone ou d'une héméra. STAMP considère que cette dernière est une période très courte, sans préciser sa durée. TRUEMAN, exprimant une idée diamétralement opposée, pense qu'une héméra doit représenter de nombreux millénaires, et je le crois plus près du vrai. BUCKMAN allait plus loin encore, proposant des durées de l'ordre d'un million d'années !

Des auteurs contemporains ont tenté d'estimer la durée des zones; il est curieux de constater qu'ils n'ont pas été frappés par le fait que celles-ci devaient avoir des longueurs variables en valeur absolue; il y a longtemps que NEUMAYR, le premier je crois, a insisté sur des inégalités à ce propos et sur le fait qu'il y a bien moins de zones dans le Jurassique supérieur que dans les niveaux antérieurs; si la puissance du sédiment ne signifie pas une longueur de temps plus grande pour son dépôt, dans tous les cas, il semble cependant probable qu'au Jurassique supérieur, les zones sont plus étendues en valeur absolue. Il y a là un curieux phénomène dans l'évolution des lignées d'Ammonites probablement en étroite relation avec l'histoire tectonique de la croûte solide et de la répartition des océans.

BARRELL, en 1917, par la méthode du plomb d'Uranium, attribue à l'ère jurassique une durée minimum de 155 millions d'années et une durée maximum de 195 millions d'années. Il y a quelques années déjà, GAGNEBIN a fourni une substantielle étude à propos des estimations absolues de temps en géologie. R. FURON a résumé un certain nombre de chiffres, fournis par divers auteurs. Arbitrairement, je prendrai, pour la période jurassique, une durée tout à fait moyenne de 40 millions d'années. Ce chiffre, eu égard au nombre actuel d'épiboles admises pour le Jurassique, ou de sous-zones, même en les supposant infiniment plus nombreuses, permet de fixer une durée d'un à plusieurs millénaires, pour chaque fine division. Il est d'ailleurs bien probable que toutes n'ont pas non plus la même durée.

Il est manifeste que la sédimentation n'a pas été uniforme, avec un accroissement moyen des sédiments de l'ordre de 1 millimètre en 40 ans, lors du dépôt de la série jurassique du Bassin de Paris. La succession des héméras, en l'absence de concen-

trations dans les niveaux coquilliers, montre par une autre voie, l'irrégularité supposée de la vitesse de sédimentation. Dans certains étages, en ces conditions, une dizaine de mètres de sédiments se seront déposés pendant la durée d'une héméra; dans d'autres, l'épaisseur sera infime. Or, ces différences de vitesse de sédimentation sont liées non seulement aux climats régnant sur les terres fournissant les alluvions, ainsi qu'à l'intensité et la répartition des courants, mais aussi à l'existence de mouvements tectoniques (épirogéniques) de grande amplitude géographique; ceux-ci correspondent d'ailleurs à une sédimentation cyclique. La répartition et le renouvellement des espèces indices cantonnées dans des horizons de faciès différents, apparaissent étroitement liés, je l'ai souligné précédemment, aux phénomènes tectoniques. Des isolements ou non-isolements géographiques, ainsi que des perturbations profondes du milieu expliquent alors les répartitions faunistiques. Ce qui ferait donc la valeur de nos espèces indices, jurassiques, serait non seulement la biologie particulière des Ammonites, mais aussi les incessantes poussées épirogéniques, corrélatives des phénomènes de subsidence sur lesquels seuls P. PRUVOST s'était magistralement arrêté; ceux-ci se faisant sentir dans les curieuses mers qu'étaient les étendues marines épicontinentales jurassiques. Ces poussées, par contrecoup, influent sur la distribution des coquilles d'Ammonites flottant et vivant à la surface des eaux. Un problème passionnant, mal ou pas abordé, serait d'ailleurs celui des relations de ces divisions fines des séries épicontinentales, avec les divisions propres aux mers plus profondes, pour autant que celles-ci nous aient vraiment conservé des sédiments.

POMPECKJ voyait déjà, mais vaguement, dans l'irrégularité de la sédimentation, la cause de la délimitation nette des zones d'Ammonites. Clairement, il impliquait les causes géologiques, à savoir la tectonique active. Cet auteur voulait que les délimitations de biozones s'établissent dans les zones alpines où les successions de faunes sont plus continues; d'autres auteurs l'ont suivi. NEUMAYR le précédait déjà dans ce sens. En pratique, ces faciès et leurs richesses paléontologiques toutes relatives restreignent cette tentative. NEUMAYR soulignait lui-même d'autres points parlant contre cette idée, séduisante à première vue.

Cette dispersion des Ammonites par flottage, les animaux n'ayant pas poursuivi l'essentiel de leur évolution là où on les trouve fossilisées, pourrait, sur le plan théorique, expliquer des anomalies dans la succession des héméras à certains endroits. On conçoit qu'une espèce, à son déclin, vivant au large, n'a pas eu un nombre suffisant d'individus pour que le hasard permette une large diffusion dans les mers épicontinentales. A de rares endroits, par suite de la suppression ou de la formation de barrières naturelles, de rares représentants de cette espèce ont pu se fossiliser. Et, partout ailleurs, on est conduit à admettre que l'espèce est éteinte depuis longtemps, puisqu'une nouvelle espèce indice est apparue, corrélative d'une nouvelle épibole. Ceci expliquerait des anomalies du genre de celles supposées exister à Champfromier (à condition que la succession de référence des divisions admises en Angleterre soit généralisée, il est vrai); le diagramme théorique d'ARKELL peut rendre compte d'ailleurs de tels faits qu'il n'a pas envisagés (1933, p. 33, fig. 1).

On a vu la grande part qui revient aux spécialistes de l'étude des terrains jurassiques dans les progrès de la Géologie. C'est avec l'étude des terrains jurassiques que la Stratigraphie est née et, pratiquement, s'est développée quant à ses méthodes.

Avec P. ROCHÉ il faut, maintenant, loyalement reconnaître une faute très grave de méthode dans l'œuvre de BUCKMAN : mais ce sera l'occasion de rendre ainsi hommage à cet esprit étonnant, si en avance sur ses contemporains, par ses intuitions et vues remarquables.

Le seul reproche formulable envers le tableau chronologique proposé par BUCKMAN vient, non des principes théoriques sur lesquels il a été bâti, non des résultats obtenus par les géologues ayant travaillé sur ces données, mais de la façon dont BUCKMAN s'y est pris pour établir ses successions d'héméras. Les derniers volumes du *Type Ammonites* contiennent pour certains étages, des successions qui ne résultent pas d'observations minutieuses obligatoires sur le terrain quand on veut y employer cette méthode. Mais il s'y mêle en outre une part d'hypothèses très large, mélangée aux faits certains. Il y a même parfois entièrement œuvre d'imagination. ARKELL signale avec une autorité légitime ces points aux géologues non familiarisés avec les séries anglaises. Et s'il n'y a plus guère de

contemporains ayant connu BUCKMAN de son vivant, j'ai cependant pu recueillir des témoignages comme quoi, à l'époque, bien des géologues croyaient que BUCKMAN avait perdu la raison; un discrédit tomba sur ses travaux.

Mais le principe de la chronologie hémérale n'est en rien discrédité par le fait que BUCKMAN ait abandonné, vers la fin de sa carrière, les minutieuses méthodes qui lui avaient précédemment permis de faire avancer ses travaux. A ce moment, le raisonnement ne permettait plus dans son esprit des constructions assez rapides; la vérification des faits sur le terrain nécessitait un temps précieux, des durées qui alarmaient BUCKMAN. Croyant céder à une analyse intuitive des faits, BUCKMAN laisse simplement son imagination le guider. Nous avons vu ce travers chez d'autres Maîtres de la Géologie. Ils ont eu, comme BUCKMAN, une telle possession du sujet de leur étude qu'ils le dominent complètement. Comme l'écrit ROCHÉ, l'esprit « jusque là prisonnier de la pierre s'envole et plane. Il faut pouvoir monter très haut pour perdre de vue la Terre. Cela n'est donné qu'à quelques hommes exceptionnels, au soir d'une vie de labeur, au déclin d'une longue patience ».

Il nous faut, nous aussi, présentement regagner les réalités, et remettre les pieds sur « notre Mère, la Terre » qui nous retrouvera tous tôt ou tard ! Quittons ces subtils aperçus sur le temps en Stratigraphie, tout aussi réels dans leurs aspects théoriques que les plus abstraites considérations des Mathématiques. Rejoignons, pour terminer, en le traitant brièvement, le dernier chapitre du programme de cet exposé : quels sont les buts actuels de la Stratigraphie du Jurassique ?

Dès le début de leurs recherches, les stratigraphes ont senti attaché à leurs pas, un double boulet de forçat dont ils ne se sont pas encore affranchis. Le choix arbitraire d'un étage a un gros inconvénient inhérent à l'imperfection des œuvres humaines. Rien ne prouve que là où il a été choisi, l'étage soit complet paléontologiquement. On y fera bien entrer un certain nombre de zones (ou d'épiboles, que l'on peut à la rigueur, chose inexacte en théorie, assimiler à des sous-zones dans l'activité courante des stratigraphes). Mais si on le rapproche de l'étage contigu, on peut très bien trouver des zones paléontologiques inconnues dans les deux régions où les étages ont été choisis, et pourtant bien représentées en des autres points éloignés du Globe. Ainsi, on voit que des étages choisis par les pionniers de la Stratigraphie n'ont pas forcément des limites

bien définies; une zone paléontologique peut rester à attribuer, entre deux étages; et, parallèlement, ce qui ramène au même problème, on peut trouver des zones paléontologiques qui avaient échappé jusque-là, par exemple par suite de lacunes locales ou d'une pauvreté en fossiles. Un exemple frappant est le suivant : J'ai signalé pour la première fois en France, et sur le Continent, l'individualité d'une zone de base du Toarcien à *Dactylioceras semicelatum-tenuicostatum*, signalée comme niveau par les anciens auteurs anglais. Les stratigraphes sont à peu près unanimes maintenant à admettre la réalité de cette zone. Or, si on se réfère à la coupe type de l'étage Toarcien à Thouars (paradoxalement stratigraphiquement mal représenté à cet endroit), la zone y est jusqu'ici non signalée; la coupe type du Pliensbachien (correspondant à peu près à l'ancien Charmouthien) ne nous renseigne pas plus sur la position exacte de cette malheureuse zone laissée pour compte bien que réelle. C'est l'analyse des séries toarciennes, hors de la localité type, qui fournit la solution pour rattacher cette zone au Lias supérieur, encore que, souvent, lithologiquement, dans l'Est de la France et le centre du Bassin de Paris, il y a continuité de faciès et de sédimentation entre la zone à *Pleuroceras spinatum* terminant le Lias moyen et celle à *Dactylioceras semicelatum-tenuicostatum* marquant le Lias supérieur. C'est surtout le renouvellement de la faune, génériquement (notion d'âge), qui emporte la décision quant à l'attribution; mais on connaît des formes proches des *Dactylioceratidae* en certains points de la Méso-Europe, dans le Lias moyen !

Tout de suite, il apparaît donc que les efforts des stratigraphes modernes du Jurassique sont amplement justifiés. Malgré la gloire impérissable des fondateurs et des pionniers de la Stratigraphie et de la Paléontologie stratigraphique, nous avons la preuve indiscutable que leurs étages employés sont susceptibles de perfectionnements (précisions, additions, amputations, compte tenu de leur caractère forcément arbitraire) et que les zones classiques paléontologiques n'ont pas toutes été reconnues. Une stratigraphie zonale fine, réalisant un équilibre entre la chronologie hémérale et les zones dites classiques (où l'on ne trouve pas toujours le fossile indice sur toute la hauteur de la sécu) est possible et nécessaire, en toute certitude. Il va de soi, d'ailleurs, que dans les zones fossilifères classiques, des erreurs ont pu se glisser : ne pouvant vérifier partout la valeur de leurs coupures, les savants qui les ont proposées, ont

pu prendre des successions locales pour des successions de valeur générale et parfois ils ont utilisé, dans une région pauvre en fossiles, celui qui leur paraissait caractéristique alors qu'il y en avait de meilleurs.

Il est clair, et c'est non un dogme mais une loi, qu'il existe dans le Jurassique des Ammonites datant de façon rigoureuse une zone portant ou devant porter leur nom. Ce n'est pas sans raison que SCHINDEWOLF (1950, p. 137) pose ce qui suit comme conclusion essentielle d'un travail très détaillé et riche en aperçus, relatif à la Stratigraphie en général. Toutes les considérations théoriques et pratiques, et les faits, ramènent aux faunes comme éléments marqueurs de la chronologie stratigraphique; mieux même, ce sont les Invertébrés marins. Et j'ajouterai le fait tout aussi connu que les meilleurs sont les Céphalopodes, avec une hiérarchisation parmi ceux-ci.

Dès lors on ne trouve pas anormal de voir, un siècle après l'établissement de la Stratigraphie et d'innombrables travaux, des tentatives synthétiques. Rappelons celle de S. W. MÜLLER, malgré tout un peu insolite nonobstant l'éminence scientifique de son auteur; en effet, on voit mal la lumière venir d'Amérique quant aux problèmes de Stratigraphie synthétique européenne! On comprend la réaction d'ARKELL, immédiate, psychologiquement analogue à celle de QUENSTEDT devant d'ORBIGNY... Cela aura eu un avantage, pousser ARKELL à rédiger et nous livrer des analyses et critiques de très grande portée. Il m'est impossible, faute de temps, d'analyser oralement sa tentative; c'est surtout pour le Jurassique supérieur et les corrélations avec les faunes boréales et méditerranéennes que le travail d'ARKELL, paru à son tour en Amérique, reste une source d'informations et suggestions capitales.

Du point de vue des étages, il nous faut constater que l'incohérence et le manque d'accord règne toujours à ce propos. A plusieurs reprises j'ai demandé, en vain, qu'il soit considéré, près des Commissions internationales compétentes, l'établissement d'une liste d'étages couverte par une telle autorité. Les considérations personnelles et nationales s'effaceront devant une telle force. Il est incroyable de voir que, de nos jours, quand un auteur allemand, un français et un anglais parlent du Bathonien, par exemple, ils n'ont pas les mêmes coupures présentes à l'esprit; par exemple les Allemands, une partie du moins, et cela prouve quel degré atteint la confusion, englobent une

partie du Bajocien dans le Bathonien. On peut dire que l'on est là à un stade analogue, en géométrie, à celui antérieur à l'introduction du système métrique, adopté à peu près par tous les pays du Monde.

Outre les règles générales de Stratigraphie, proposées par ARKELL, acceptables à des détails près, la création d'étages arbitrairement choisis, sur une base d'informations stratigraphiques il est vrai, est une nécessité impérieuse. Il est probable que, selon les hémisphères et provinces géographiques, il se posera de singuliers problèmes, passionnants. Mais on ne voit pas ce qui s'opposerait (le rôle historique du vieux Continent ne pouvant pas être discuté) à l'utilisation de l'Aalénien au Canada, du Toarcién et du Bajocién en Argentine, par exemple. Ce serait aux spécialistes des pays en cause de faire savoir quel contenu stratigraphique et chronologique ils entendent faire correspondre à ces étages.

Corrélativement, justifiant des monographies plus ou moins locales, malgré tout ce qui est paru sur le vieux Continent, un autre travail s'impose. Patiemment, lentement, mais sur des bases certaines, avec une stratigraphie de détail et des déterminations rigoureuses, l'établissement de listes chronologiques (zones, sous-zones ou épiboles : la lumière se fera avec le temps) est toujours un besoin obsédant. Science descriptive, étroitement apparentée aux sciences historiques, source possible de constructions synthétiques dans d'autres disciplines en dérivant, liées à sa propre précision, la Stratigraphie a devant elle d'impérieux problèmes. A l'aube d'un second millénaire, à l'aurore de la période scientifique de l'esprit humain qui perce pourtant les secrets de l'atome, nous en sommes encore à balbutier sur des problèmes somme toute purement descriptifs ! Certes, cela implique une somme de travaux ingrats pour modifier la situation. Avec les investigations pétrolières la Stratigraphie paléontologique quitte, une des dernières, le domaine de la Science pure, prenant un actualisme scientifique dans le tandem Science-Industrie.

La vieille Europe a vu naître la Stratigraphie. A un tournant de son Histoire, alors que s'engendre péniblement l'Europe tout court, voici que se pose un problème typiquement européen, source d'une coopération internationale et à un retour à des fondements d'unité : la chronologie historique de la Mésopotamie !

La voie de la synthèse dans un travail international est ouverte devant nous. Nul ne sait encore d'où viendra l'appel : nous avons des exemples antérieurs avec des unions pour l'étude d'autres étages; et ici il s'agit d'un Système. Qui sait si par un curieux hasard un petit pays comme le Luxembourg, avec sa Faculté Européenne de Sciences comparées, ne donnera pas le signal; ou la Belgique, qui porte dans son flanc un coin de terre jurassique, ne l'oublions pas !

Un fait est certain, le problème est impérieusement présent devant les spécialistes du Jurassique et, tôt ou tard, sa résolution sera une nécessité.

Dès maintenant, il est temps de tenter de synthétiser les tables chronologiques établies par des chercheurs locaux ou régionaux, afin de situer les séquences trouvées en face des successions d'étages d'une série type. Il est vraisemblable que l'avancement des travaux menés depuis un siècle est suffisant pour enfin établir une échelle chronologique standard des différentes provinces géologiques du Jurassique européen, en attendant pareille tentative en d'autres points du Globe. Le problème est seulement de savoir si cette entreprise sera menée par un seul homme qui y consacrerait toutes ses forces et son temps, peut-être en vain, ou si une équipe de spécialistes arrivera à s'entendre et à proposer ses résultats.

ANNEXE (1).

Dans son *Standard du Jurassique Européen*, ARKELL a, outre des discussions de détails ou de données générales d'un puissant intérêt pour les spécialistes, formulé quelques règles. Celles-ci, dans son esprit, doivent servir de fondement à une codification de la Stratigraphie.

Comme elles me semblent, par leur logique même, la base de travail pour les stratigraphes, et qu'elles n'ont pas été formulées en français, je crois bon d'en résumer les données essentielles.

ARKELL proposait qu'un congrès géologique international établisse une commission internationale de la nomenclature stratigraphique, pour édicter un code de règles analogue à celui qui régit la nomenclature zoologique.

(1) Les quelques points suivants n'ont pu être exposés oralement dans cette conférence déjà trop longue.

Le fait est, si sceptique que l'on soit sur les résultats des travaux d'assemblées, que seule une autorité morale et non nationale, peut faire reconnaître et épauler une telle tentative. (On n'oubliera pas qu'à notre époque il y a encore des pays dissidents par rapport au système métrique!...)

En fait, le travail d'ARKELL est destiné, après avoir posé les règles de base, à montrer les résultats possibles quant au Jurassique européen; pour cela, il fait évidemment une analyse critique. S. W. MÜLLER avait déjà esquissé une telle tentative, pensant que l'autorité du C.G.I. appuierait son initiative. Mais ARKELL, à juste titre, pose le problème de savoir si le C.G.I. doit approuver et proposer une telle table de nomenclature débattue par des géologues indépendants, ou si un code des règles de nomenclature géologique doit être seul proposé par une commission internationale.

Pour ma part, et je pense que l'unanimité se ferait sur ce point, il est indispensable qu'une autorité de ce genre édicte les règles de base de la Stratigraphie.

Ne partageant pas l'avis d'ARKELL, car nous avons débattu la question entre nous, je pense qu'il est nécessaire, pour sortir du chaos, que des commissions compétentes proposent des séries d'étages, adaptés aux différentes provinces géologiques, constituant une échelle immuable; les spécialistes y feront entrer de suite, ou ultérieurement si cela se révèle indispensable, les zones d'Ammonites (ou autres formes) indicatrices. On aura ainsi une échelle internationale objective et neutre. Les conceptions d'étages propres à chaque auteur, lesquelles font que tous n'expriment pas une même pensée avec des mêmes mots, faute de définitions basales, ne viendront plus obscurcir la littérature. On aura ainsi une convention du type de celle ayant établi le système métrique. Des propositions émanant d'un auteur isolé, pour des raisons bien diverses, n'ont guère de chance d'être adoptées, même si elles sont logiques, en l'absence d'une autorité les recommandant.

C'est judicieusement qu'ARKELL suggérerait qu'il soit créé un comité par système, chaque système ayant ses problèmes propres; seules les règles valables pour tous les systèmes seraient proposées par le comité général.

ARKELL adopte à juste titre le principe que les règles de priorité en matière de recherches géologiques ont été suggérées et développées dans leurs grandes lignes par M. NEUMAYR dès 1873 (p. 228).

Pour les noms d'étages, les règles principales sont les suivantes : ceux-ci sont nommés sur des noms de lieux modernes ou classiques, finissant en « ien » en français. Deux noms d'étages très voisins ne doivent pas dériver du même lieu. Le plus ancien est seul valable. Les règles de priorité de publication sont seules en jeu. Les termes antérieurs à 1850 ne sont pas valables, on verra pourquoi.

Les zones paléontologiques pour le Jurassique, qui nous préoccupe plus spécialement, sont fondées uniquement sur les Ammonites comme indices. La règle de priorité joue, sous réserve que l'espèce soit biostratigraphiquement appropriée.

La *Paléontologie Française* de D'ORBIGNY (Terrains jurassiques, vol. I, Céphalopodes, 1842-1851), en ce qui concerne le Jurassique, tient place du *Système de la Nature* de LINNÉ, car les étages et zones y sont énoncés avec un système stratigraphique complet. Malgré les citations d'étages dès 1842, c'est en 1850 que fut publié le résumé géologique avec division des terrains en étages, accompagnés de définitions. Cette année 1850 peut donc être celle du départ pour asseoir une synthèse.

Les citations par les auteurs, antérieures à 1850, de noms issus de localités, ne semblent être prises que comme des adjectifs. Des confusions inextricables risquent d'en résulter si on tentait d'y revenir.

Parfois, certains sous-étages bien définis et très employés, sont utilisables au moins sur des petites régions, selon ARKELL. Je pense qu'il vaut mieux les concevoir comme des étages : une étude approfondie montre en général que ces divisions, si elles sont fondées, ont une valeur pour toute une province sédimentaire (exemples : Lotharingien, Aalénien, etc.).

A juste titre, ARKELL conteste la proposition de MÜLLER : la notion d'usage pour asseoir des divisions; elle est entachée de subjectivité. Car il est vrai que l'usage même fréquent ne signifie pas exactitude.

Enfin, il est bien entendu que si un fossile-indice a changé de nom dans la nomenclature paléontologique, il n'est pas pour autant privé de sa valeur d'indicateur zonal, du point de vue priorité.

C'est sur ces bases qu'ARKELL tente une riche et substantielle analyse de quelques problèmes stratigraphiques du Jurassique européen. Il en ressort clairement la masse énorme de travail qui reste à faire pour clarifier la stratigraphie du Jurassique.

Je pense, dans mon exposé précédent, avoir montré comment des principes élémentaires de base ne sont pas satisfaits, même pour des établissements d'étages. Après NEUMAYR et ARKELL, entre autres, j'aboutis à la nécessité de synthèses sur des bases régionalistes (provinces naturelles); c'est ultérieurement qu'une synthèse mondiale, œuvre collective de spécialistes, sera éventuellement possible.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

- ARKELL, W. J., 1933, The Jurassic System of Great Britain. Oxford. (Bibliographie complète et étude détaillée sur les méthodes stratigraphiques.)
 — 1956, Jurassic Geology of the World. London.
 — 1951, Review of « Grundlagen und Methoden der palaontologischen Chronologie », 3rd edition, by O. H. SCHINDEWOLF. (*Geol. Mag.*, vol. 88, pp. 303 et 304.)
 — 1956, Comments on stratigraphic procedure and terminology. (*Amer. Journ. Sc.*, vol. 254, pp. 457-467.)
- DIENER, C., 1919, L'importance de la division en zones pour le problème de la mesure des temps dans l'histoire de la Terre. (En allemand.) (*Neues Jahrb. f. Min. Geol. und Pal.*, 52, Beil.-Bd., S. 65-172.)
- GAGNEBIN, E., 1934, La durée des temps géologiques. (*Bull. Lab. Geol., Geog. phys., etc. Univ. Lausanne*, Bull. 52, 22 pp.)
- HEDBERG, H. D., 1954, Procedure and Terminology in stratigraphic classification. (*C. R. XIX^e Congr. Sc. Géol. Int., Alger, 1952*, fasc. XIII, pp. 205-233.)
- KOKAYASHI, T., Concept of Time in Geology. I Br., 10 juin 1958. Part. 1 à 6, vol. 20, nos 7 et 10; vol. 21, nos 1 et suiv., Imp. Acad. Proced., Tokyo.)
- LAUX, N., 1924, La méthode analytique Buckman et son application à l'étude du Système jurassique. (*Bull. Soc. géol. de France*, t. XXIV, [5], pp. 198-212.)
- MAUBEUGE, P. L., 1946, Histoire des progrès de la stratigraphie des terrains jurassiques. (Conférences faites à la Société des Sciences de Nancy, 1 brochure polycopiée, 18 pp., 23 tabl., 1 fig., bibl.)
 — 1953, Sur la présence de surfaces taraudées d'un type spécial dans le Jurassique de l'Est du Bassin de Paris. (*C. R. Ac. Sc.*, t. 236, pp. 1686-1688, 27 avril 1953.)
 — Les données actuelles sur la tectonique pendant le Jurassique dans l'Est du Bassin de Paris. Relations avec la sédimentation et conséquences pour la recherche des hydrocarbures. (*Congr. Géol. Intern.*, Session Mexico, sous presse.)
- MULLER, S. W., Standard of the Jurassic System. (*Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 52, pp. 1427 et suiv.)
- PIA, J. VON, Grundbegriffe der Stratigraphie. Mit ausführlicher Anwendung auf die Europäische Mitteltrias. (Verlag Fr. Deuticke, Leipzig, 1930, 1 vol.)

- ROCHE, P., 1939, Aalénien et Bajocien du Mâconnais et de quelques régions voisines. (*Trav. Lab. Géol. Lyon*, Mém. 29, fasc. XXXV.)
- SCHINDEWOLF, O. H., 1957, Comments on some Stratigraphic Terms. (*Amer. Jour. Sc.*, vol. 255, June 1957, pp. 394-399.)
- 1950, Grundlagen und Methoden der paläontologischen Chronologie. (Troisième édition.) 1 vol. 152 p., Berlin.
-
-