

UNE AVENTURE GÉOLOGIQUE EN ARDECHE : LE STRATOTYPE DU BERRIASIEN

DE
**GEORGES
NAUD**
ET
**STÉPHANE
REBOULET**

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE L'ARDECHE, PLACE DE LA MAIRIE, 07000 SAINT-PRIEST
MAÎTRE DE CONFÉRENCES DE L'UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE

MAÎTRE DE CONFÉRENCES, UNIVERSITÉ LYON 1, UFR GÉOSCIENCES, CNRS-UMR 5125 PEPS, BÂTIMENT GÉODE,
2 RUE RAPHAËL DUBOIS, 69622 VILLEURBANNE CEDEX, FRANCE.
CHAIRMAN DU "KILIAN GROUP" (= LOWER CRETACEOUS AMMONITE WORKING GROUP OF THE INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES)

Les richesses géologiques de l'Ardèche sont bien connues et reconnues depuis fort longtemps par les spécialistes des sciences de la Terre. Depuis plus de trente ans, la Société géologique de l'Ardèche contribue à leur présentation au tout public grâce aux nombreuses excursions et stages de découverte organisés dans tout le département. Parmi ces richesses, certaines sont évidentes comme les formations volcaniques, du Mézenc au Coiron en passant par les jeunes volcans des hauts bassins de l'Ardèche et de la Loire, et d'autres sont beaucoup plus discrètes. Il en est ainsi du stratotype du Berriasien qui n'est qu'une succession de couches dans le lit d'un petit cours d'eau, souvent à sec, le Graveyron de Berrias, en Bas-Vivarais sédimentaire. Son importance ne se situe pas dans le spectaculaire mais dans la place qu'il occupe dans les connaissances géologiques générales et plus particulièrement dans l'histoire du Temps.

Le Conseil Général de l'Ardèche, conscient de l'importance discrète mais réelle de cet « objet » géologique a décidé d'en assurer sa protection et sa mise en valeur dans le cadre de

l'Espace naturel sensible du Bois de Païolive. Une bonne connaissance scientifique de ce stratotype étant indispensable, l'Assemblée départementale a confié, après appel d'offre, une étude globale du site (données scientifiques, inventaires divers, propositions de protection et de mise en valeur), à la Société géologique de l'Ardèche.

Afin d'assurer le meilleur rendu possible, l'un d'entre nous (GN) a constitué une équipe comprenant des membres de l'association, simples passionnés de géologie ou enseignants, et des scientifiques extérieurs notamment Stéphane Reboulet, cosignataire de cette publication. Les travaux ont été réalisés au printemps 2007. Un rapport a été rendu sous le titre : *Etude de faisabilité pour la protection, la restauration et la valorisation du stratotype du Berriasien sur l'espace naturel sensible 'Gorges du Chassezac – Bois de Païolive* ». Certains éléments de ce rapport seront repris dans cet article, grâce à l'autorisation du Conseil Général de l'Ardèche que nous remercions. Parallèlement, l'association « Païolive » ayant décidé d'inclure dans son cahier n° 1 (2008) un article sur le stratotype du Berriasien, Stéphane Reboulet et moi-même avons rédigé un long article sur ce sujet qui a été publié sous le titre « *Le stratotype de Berrias (Ardèche, France) : référence géologique internationale de l'étage Berriasien* » (Association Païolive, Saint-Eugène – 07140 Les Vans).

Le texte est, ici, divisé en quatre grands thèmes : le temps en géologie (I), des données générales sur le Crétacé et le Berriasien (II-V), les connaissances scientifiques sur le Berriasien de Berrias (VI) et enfin, les relevés et inventaires que la Société géologique a réalisés sur le site (VII). Dans ce bulletin n°2 sont présentées les parties I à VI. La partie VII sera présentée dans le bulletin n°3.



Affleurement de la partie supérieure du stratotype du Berriasien (Graveyron aval)

I – LE TEMPS EN GEOLOGIE

Le géologue dont une des préoccupations est de reconstituer l'histoire de la Terre, a besoin de repères liés au temps donc de chronologie. En effet, lorsqu'il veut reconstituer un paysage à un moment donné, il faut qu'il soit sûr que tous les éléments dont il dispose soient bien du même âge, celui du moment choisi. La mesure du temps et la mise en évidence de repères a donc, depuis très longtemps, été un important sujet de recherche en sciences de la Terre.

I.1 - CHRONOLOGIE RELATIVE – CHRONOLOGIE ABSOLUE

I.1.1 – La chronologie relative

La chronologie relative est une méthode basée sur l'étude de la succession des couches ou strates (stratigraphie) et l'étude des fossiles, restes d'animaux et de végétaux plus ou moins bien conservés dans les roches sédimentaires (paléontologie). Sans connaître l'âge absolu des formations géologiques, il est ainsi possible de déterminer que tel terrain est plus récent ou plus vieux que tel autre, en étudiant leurs relations géométriques. Pour cela, le géologue utilise deux principes de base : le principe de continuité, selon lequel une couche a le même âge sur toute son étendue ; et le principe de superposition, selon lequel, de deux couches superposées, non renversées, la plus basse est la plus ancienne. L'autre façon d'établir une chronologie relative est l'étude des fossiles. Depuis le développement du "transformisme" (Lamarck, 1744-1829 ; Darwin, 1809-1882), les paléontologues et les biologistes ont démontré que les êtres vivants évoluent dans le temps sous l'influence de facteurs propres aux organismes et extérieurs (environnement, climat, etc.). C'est la raison pour laquelle les fossiles trouvés à la base d'une succession de couches ne sont pas forcément les mêmes que ceux trouvés au sommet. Si la différence est significative, le paléontologue pourra ajouter, en surimpression des couches étudiées, des limites définissant des tranches ou intervalles de temps caractérisés par un ensemble de fossiles. Cette méthode est la paléontologie stratigraphique (biostratigraphie) qui a été développée au début du XIX^e siècle par Cuvier

(1769-1832) et d'Orbigny (1802-1857). Ces derniers établirent les règles pour déterminer l'âge des couches par l'observation des fossiles. Leur utilisation sera à l'origine du principe de corrélations : deux couches ou groupement de couches séparées géographiquement et n'ayant pas obligatoirement la même lithologie, pourront être identifiées comme contemporaines si elles possèdent le même contenu fossilifère. A noter que, dans certains cas, les corrélations lithologiques sont aussi parfois possibles par la comparaison des successions de formations très caractéristiques.

Cuvier et d'Orbigny, fixistes et catastrophistes (ou créationnistes), soulignèrent les différences radicales qui séparent les espèces fossiles des formes actuelles. Admettant la stabilité des espèces (fixisme), ils envisagent la succession de faunes distinctes, résultant de créations répétées (créationisme), anéanties périodiquement par des catastrophes générales (catastrophisme), "les révolutions du Globe". D'Orbigny, dans le célèbre *Prodrome de Paléontologie*, chercha même à déterminer le nombre de créations discernables dans l'histoire de la Terre : *"successivement 27 fois, des créations distinctes sont venues repeupler toute la Terre de ses plantes et de ses animaux, à la suite de chaque perturbation géologique qui avait tout détruit dans la nature vivante"*. Il fit alors émerger la notion d'étage géologique et en nomma 27.



Affleurement de la partie médiane du stratotype du Berriasien

I.1.2 – La chronologie absolue

C'est Rutherford (1871-1937) qui propose, au début du XX^e siècle, d'utiliser la constante de désintégration des éléments radioactifs comme base de mesure du temps. Depuis, les géologues sont capables de déterminer, grâce à ce principe, l'âge de nombreuses roches, donc des formations géologiques qui les contiennent. Il existe plusieurs méthodes de datation absolue par utilisation de divers éléments radioactifs. Par exemple, la mise en place des coulées basaltiques du plateau volcanique du Coiron est datée entre 6 et 9 millions d'années (abrégés dans la suite en Ma) avant aujourd'hui grâce à la méthode de datation dite « potassium – argon » tandis que l'âge du granite de Tournon de plus de 300 Ma est donné par la méthode « uranium – plomb ». C'est la chronologie absolue ou radiochronologie. Toutefois, d'autres méthodes sont également utilisées dans des cas particuliers comme la thermoluminescence des plagioclases (pour les roches volcaniques par exemple) ou les traces de fission.

I.2 – LES DIVISIONS DU TEMPS ET LEURS LIMITES (ETAGE, STRATOTYPE D'UNITÉ, STRATOTYPE DE LIMITE)

Pour subdiviser le Temps en tranches dont la plus courante est appelée « étage », il faut trouver des repères fiables. C'est ce que recherchent les géologues sachant qu'avec l'évolution des connaissances géologiques et technologiques les repères sont de plus en plus précis. Toutefois, l'unanimité n'est pas encore réalisée au sein de la communauté des sciences de la Terre autour de ces critères. Quoi qu'il en soit, un certain nombre de bases peuvent être présentées en ce qui concernent les tranches de temps et leurs limites.

I.2.1 - L'étage et ses déclinaisons

Nous avons vu que d'Orbigny a introduit la notion « d'étage ». A sa suite, à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, les géologues se sont appliqués à subdiviser les temps géologiques en un certain nombre d'unités dites chronostratigraphiques qui sont caractérisées par des ensembles de couches auxquelles on fait correspondre des intervalles de temps. Avec l'apparition des âges absolus, il

est possible de créer, en regard des unités chronostratigraphiques, des unités géochronologiques (Hedberg, 1979). On a ainsi les équivalences suivantes : étage – âge (durée moyenne : 5 Ma) ; série (plusieurs étages) – époque ; système (plusieurs séries) – période ; ératème (plusieurs systèmes) – ère. Il existe aussi des subdivisions plus petites que l'étage (chronozones ou plus simplement zone - chron). La désignation des zones se fait à partir de la nomenclature de Callomon (1985). Des variantes existent selon que l'on parle de chronozone ou de biozone (utilisée par le biostratigraphe souvent aussi simplifiée en zone). Dans le premier cas, le nom de l'espèce fossile caractéristique de la zone (espèce index) prend une majuscule (exemple zone à Jacobi). Dans le second cas, le nom est en italique (zone à *jacobi* ou, plus complètement, à *Berriasella jacobi*). **La division de base la plus couramment utilisée est l'étage**, défini actuellement en fixant sa limite inférieure par des « Clous d'or » sur des coupes de référence.

I.2.2 - Le stratotype d'unité

Selon le Guide Stratigraphique de l'Union Internationale des Sciences Géologiques (IUGS = International Union of Geological Sciences), le stratotype d'unité est une coupe-type qui sert d'étalon pour la définition et l'identification de l'étage. C'est donc un volume, un ensemble de formations. Mais, très rapidement, les paléontologues se sont aperçus qu'une succession de faunes trouvée en un endroit existait aussi en plusieurs autres lieux, permettant ainsi de faire de corrélations à distance. Il fallait donc choisir le lieu qui apparaissait comme le meilleur endroit pour caractériser telle ou telle faune donc tel ou tel étage. Ce lieu a alors pris une valeur de référence, valeur devenue internationale, et a constitué le **stratotype**. Afin de distinguer les étages les uns des autres, un nom leur a été donné. Il est généralement construit à partir du nom (actuel ou ancien) du lieu de référence (mais ce n'est pas systématique) auquel on ajoute le suffixe "-ien". Ainsi, notre localité ardéchoise de Berrias est le site du stratotype de l'étage Berriasien.

Le choix de la coupe type est donc conditionné par sa relative continuité des dépôts et son contenu en fossiles, donnant ainsi

une bonne caractéristique de l'étage. Le stratotype doit exposer particulièrement bien les limites inférieure et supérieure de l'unité, définissant ainsi sa durée. Il doit offrir des possibilités de corrélation à partir de marqueurs biologiques, géochimiques et minéralogiques. De nos jours, pour effectuer des corrélations de plus en plus précises, il est nécessaire de subdiviser le stratotype en zones. Cette zonation à l'intérieur de l'étage ne semblait pas une priorité des premiers auteurs car l'étage était pour eux la plus petite unité stratigraphique accessible, avec une faune/flore homogène.

Cependant, le stratotype parfait n'existe pas : la série sédimentaire n'est jamais parfaitement complète, sans le moindre hiatus de dépôt ; il y a des variations latérales (géographiques) de la nature lithologique des roches ; le contenu fossilifère est rarement homogène entre la base et le sommet et tous les groupes fossiles ne sont pas représentés, ce qui empêche les comparaisons des échelles macro- et micropaléontologiques ; la province biologique à laquelle appartient le stratotype a une extension géographique souvent limitée. De plus, il n'y a pas une coupe-type permanente et stable, de par l'érosion naturelle ou les activités anthropiques. Par convention (principe d'antériorité), on devrait prendre pour référence la coupe recommandée par le créateur d'un étage ; c'est le **stratotype historique**. Les stratotypes historiques ont été souvent définis lors du XX^e siècle. Or, l'évolution des connaissances montre, de nos jours, que le stratotype historique est souvent incomplet et qu'il existe d'autres lieux qui pourraient permettre de le compléter utilement, voire de le remplacer. On peut alors être amené à définir : un parastratotype (coupe de référence relevée dans la même région et désignée en même temps que le stratotype) ; un hypostratotype (coupe de référence décrite dans un autre bassin que celui du stratotype initial) ; un néostratotype (coupe de référence qui remplace un stratotype historique lorsqu'il n'est plus accessible ou est devenu inutilisable ou détruit). Malgré tous les efforts déployés par les géologues pour pallier les défauts et imperfections des stratotypes d'unité, il est devenu nécessaire de remplacer ce dernier par le stratotype de limite, concept qui a émergé il y a une trentaine d'années.

1.2.3 - Le stratotype de limite ou Global Standard Stratotype Section and Point (GSSP)

C'est à partir des années 1970-80 que le concept de stratotype de limite (GSSP ou « Clou d'or ») tend à remplacer celui de stratotype d'unité. En effet, c'est le stratotype de limite qui exprime le mieux la durée d'un étage, même si les limites inférieure et supérieure ne se trouvent pas sur une seule et même coupe. Le stratotype de limite définit prioritairement la base de l'unité chronostratigraphique supérieure et pas nécessairement le sommet de l'unité inférieure. C'est la Commission Internationale de Stratigraphie (sigle ICS en anglais) qui impose que chaque étage soit défini par sa limite inférieure, marquée par un clou d'or (Golden Spike ou "Global Stratigraphic Point"). Cette limite inférieure doit être identifiée par plusieurs marqueurs qui ne sont pas nécessairement associés dans la même couche, donc synchrones. Mais par commodité et convention, l'un d'eux est choisi parce qu'il est le plus favorable pour des corrélations à grande distance. L'utilisation du concept de stratotype de limite offre plusieurs avantages dont celui de fournir des repères précis, concrets et fixes car scellés sur la coupe par les "clous d'or", et d'avoir la possibilité de combler les vides éventuels de l'enregistrement géologique. Ce concept de stratotype de limite a constitué un progrès important pour la chronostratigraphie, en permettant de donner une définition rigoureuse des barreaux successifs de l'échelle des temps géologiques. Cette notion a été développée pour compléter, mais pas supprimer, les stratotypes d'unité qui nous donnent, même si c'est parfois de manière fragmentaire et imparfaite, la composition d'un étage.



Affleurement de la partie inférieure du stratotype du Berriasien (Graveyron amont)

II – PETITE HISTOIRE DU CRÉTACÉ ET NAISSANCE DU BERRIASIEN

Avant d'aborder l'étude du stratotype historique du Berriasien à Berrias, il faut évoquer, très brièvement, une petite histoire du Crétacé et des problèmes associés, notamment la controverse qui s'est développée autour du premier étage du Crétacé, le Berriasien. A ce sujet, Donze et Le Hégarat, à l'occasion du 24^e Congrès Géologique International de 1972 (Montréal, Canada) attestent que « *Dans l'Histoire de la géologie, peu d'étages ont suscité des controverses aussi nombreuses et passionnées que le Berriasien* ».

II.1 – QUELQUES MOTS SUR LE CRÉTACÉ

Le terme de « Terrain Crétacé » fut établi par d'Halley et défini par lui au début du XIX^e siècle pour inclure la formation de la craie. La craie (*creta* en latin) caractérise une unité majeure des strates dans le bassin de Paris et s'étend sur une grande partie de l'Europe. D'Orbigny a groupé, en 1840, les assemblages fossiles du Crétacé de France en 5 étages : Néocomien, Aptien, Albien, Turonien et Sénonien. Un peu plus tard, il ajouta l'Urgonien (entre le Néocomien et l'Albien) et le Cénomanién (entre l'Albien et le Turonien). La large subdivision du Néocomien, inventé par Thurmann en 1836 pour les strates à proximité de Neuchâtel (Suisse), a été restreint dans sa conception originelle et limité aux 3 premiers étages du Crétacé (Berriasien, Valanginien et Hauterivien), suivant les recommandations de Barbier, Debeltmas et Thieuloy lors du Colloque sur le Crétacé inférieur tenu à Lyon (Barbier et Thieuloy, 1965). L'étage Barrémien remplaça l'Urgonien dont le nom a été conservé pour désigner un faciès, de type récifal, dont l'âge varie au sein du Crétacé, selon les régions. Le Sénonien fut divisé en Coniacien, Santonien, Campanien et Maastrichtien (fig.1).

Sur l'échelle radiochronologique présentée dans l'ouvrage "Geological Time Scale 2004" (Gradstein et al., 2004), le Berriasien débute à 145,5 Ma et se termine à 140,2 Ma, base du Valanginien (soit une durée de 5,3 Ma).

Actuellement, pour le Crétacé, seulement 3 stratotypes de limite ont été ratifiés par l'Union Internationale des Sciences Géologiques. Deux ont été définis en France. A l'heure actuelle, le

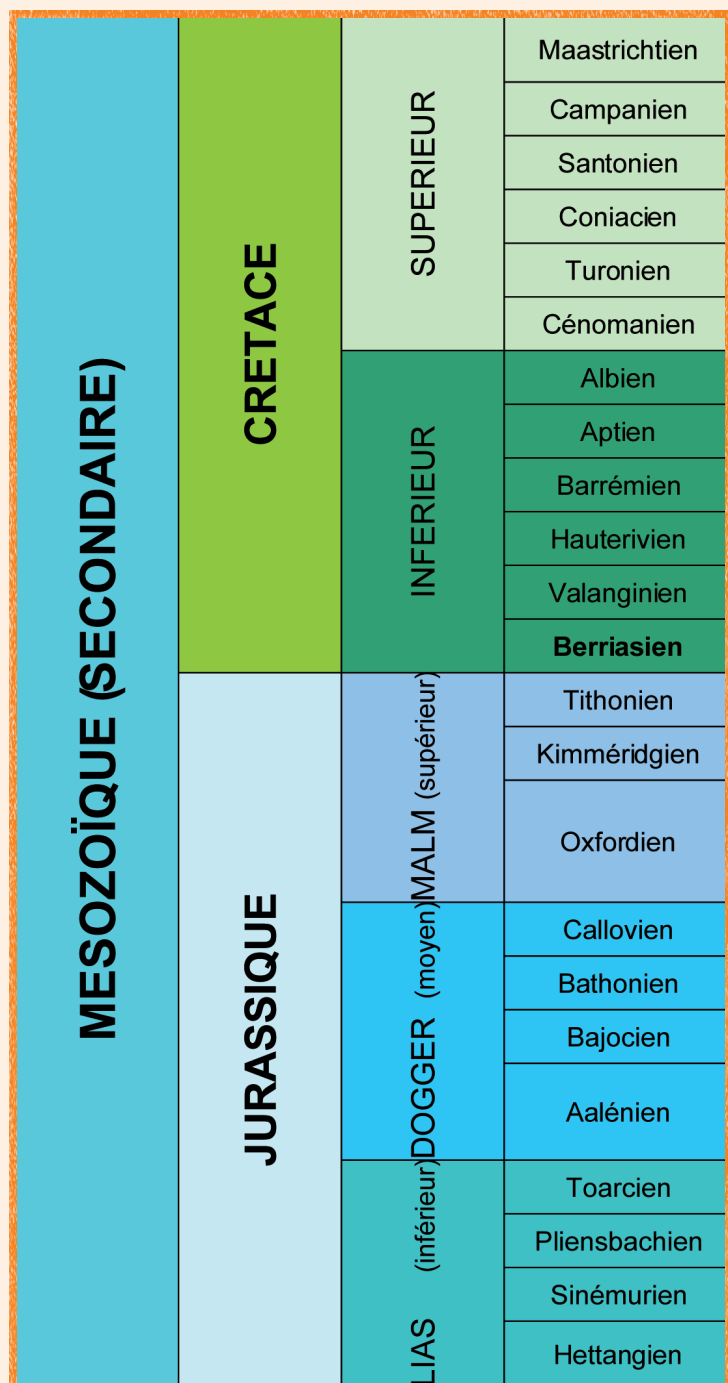


Fig. 1 : Position du Berriasien dans la succession Jurassique-Crétacé

clou d'or pour le Berriasien est à l'étude sachant qu'il correspond aussi à la limite Jurassique-Crétacé, limite qui a fait et fait encore couler beaucoup d'encre, le sujet alimentant une polémique dans le monde scientifique qui dure depuis plus d'un siècle (Naud et Reboulet, 2008). Certains GSSP (clous d'or), comme celui du Berriasien, ont donc un statut particulier lorsqu'ils définissent la limite inférieure des étages qui sont les premiers d'une Série, d'un Système ou d'une Ere géologique.

Le stratotype historique du Berriasien présentant un certain nombre d'imperfections, Le Hégarat et Ferry (1990) ont étudié le

Berriasien d'Angles (Alpes de Haute Provence), situé dans la partie orientale du bassin vocontien, pour trouver un complément au stratotype de Berrias. Les affleurements de la coupe de la route d'Angles ont déjà permis de définir le stratotype du Barrémien (Busnardo, 1965) et l'hypostratotype du Valanginien (Busnardo et al., 1979). Malheureusement, bien que le Berriasien d'Angles comporte peu de niveaux remaniés par gravité (brèches de resédimentation, sédiments glissés), au contraire de ce que l'on peut observer sur la bordure ardéchoise du bassin, des lacunes importantes ont été mises en évidence par ces deux auteurs. Aussi, cette coupe ne peut avoir accès au statut d'hypostratotype et encore moins à celui de néostratotype.

II.2 – De Berrias au Berriasien (1846-1871)

C'est en 1846 que, pour la première fois, la position des calcaires de Berrias est signalée par Jules de Malbosc (orthographe préconisée par la famille à la place de « de Malbos ») et Emilien Dumas (Dumas, 1846). Pour ces érudits locaux, ils constituent l'étage inférieur du Néocomien, immédiatement sous « *les marnes argileuses à bélemnites plates* ». Il faut attendre encore quelques années pour que des paléontologues patentés s'intéressent au site de Berrias. Ainsi, le premier d'entre eux, le suisse Pictet, décrit, en 1867, la faune dite à *Terebratula diphyoïdes* (brachiopodes) contenu dans ces calcaires. A cette occasion, il rappelle que c'est à de Malbosc « *plus qu'à tout autre* » que l'on doit la connaissance des affleurements de Berrias. Comment pouvait-il en être autrement, les affleurements se trouvant dans la propriété même de la famille de Malbosc, son château se situant « *au centre du gisement* ». L'affirmation de la paternité de la connaissance des calcaires de Berrias par Pictet s'inscrit, très probablement, dans la polémique qui s'était développée, à partir de 1859, entre de Malbosc et Dalmas, également géologue naturaliste ardéchois, au sujet du musée de Privas et de ses collections. Dans sa publication, Pictet a inséré une coupe géologique effectuée par le frère Euthyme qui travaillait avec de Malbosc (fig. 2). Il s'agit de la première coupe qui positionne les calcaires de Berrias dans la succession stratigraphique locale. Le frère Euthyme a également donné à Pictet la première description détaillée des calcaires à *Terebratula*

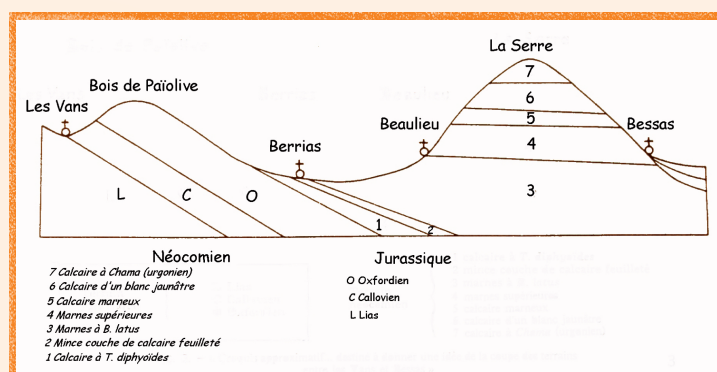


Fig. 2 : Première coupe réalisée entre Les Vans et Bessas et passant par Berrias, d'après le frère Euthyme (in J.F. Pictet, 1867, modifiée)

diphyoïdes. En 1869, Coquand (Coquand et Boutin, 1869) introduit l'expression de « *faune berriasienne* » pour désigner les faunes contenues dans les calcaires qui surmontent les assises du Jurassique supérieur. Comme Pictet, il range, sans aucun doute, le calcaire de Berrias dans le Néocomien car « *les calcaires ammonitifères de Berrias et de Ganges sont une dépendance des assises valanginiennes à Natica leviathan dont ils constituent la base* ». Deux ans plus tard (1871), Coquand parle, au sujet du calcaire de Stramberg (appartenant au Jurassique supérieur), de « *Berriasien* ». Le site de Berrias acquiert alors la valeur de localité-type du Berriasien, sous-étage du Valanginien.

III – DEUX QUESTIONS AUTOUR DU BERRIASIEN

Le titre de gloire acquis par le Berriasien ne le met pas à l'abri d'une rude polémique entre géologues et, très tôt, deux questions majeures sont posées : « Le Berriasien est-il un étage à part entière ? » et « Le Berriasien appartient-il au Crétacé ou au Jurassique ».

III.1 – LE BERRIASIEN, ÉTAGE OU SOUS-ÉTAGE ?

Sous-étage du Valanginien (Coquand et Boutin, 1869) ou partie supérieure du Tithonique (Toucas, 1890), dans la pratique, le Berriasien est généralement considéré comme un étage à part entière. A l'époque de Kilian, pour éviter la confusion entre la conception originelle de Coquand et l'usage courant, le terme Infra-Valanginien a été inventé pour évoquer uniquement la position du Berriasien sous le Valanginien et non une appartenance à celui-ci. La position du Berriasien en étage indépendant du Valanginien a été défendue

par de nombreux auteurs comme Renevier (1874), Baumberger (diverses publications de 1903 à 1910), Mazenot (1939), Wright (1957), Busnardo et Le Hégarat (1965). Ces deux derniers auteurs étudient la fréquence des espèces d'ammonites dans les groupes caractéristiques du Tithonique, du Berriasien et du Valanginien. Ils mettent en évidence une discontinuité très nette entre Berriasien et Valanginien. « *Les genres typiquement berriasiens disparaissent aussi brusquement qu'apparaissent et se diversifient leurs successeurs valanginiens* ». Ils concluent « *Par conséquent, l'individualité de la faune berriasienne, par rapport à celle du Valanginien est telle qu'elle autorise l'accession du Berriasien au rang d'étage* ». En outre, Magné (1965), dans son étude sur des microfossiles, principalement les calpionelles (animaux unicellulaires fossiles dont la loge unique est en forme de vase étroit, qui n'ont vécu que de la partie supérieure du Jurassique au Valanginien), les foraminifères (animaux unicellulaires entourés d'une coquille très bien conservée dans les sédiments) et les ostracodes (petits arthropodes crustacés dont le corps est enfermé dans une coquille bivalve s'articulant au niveau d'une charnière) conclue : « *l'apparition de nombreuses espèces de microfossiles... permet dans la localité type, de séparer le Berriasien du Valanginien* ». La démarche était cohérente puisque le sommet d'un étage est établi, de nos jours, par la définition de la base de l'étage sur incombant. **Le Berriasien est donc bien un étage.**

III.2 -LE BERRIASIEN APPARTIENT-IL AU CRÉTACÉ OU AU JURASSIQUE ?

III.2.1 - De Toucas (1890) et Kilian (1907) à Mazenot (1939)

Toucas arrive en contradicteur dès 1889. Pour lui, la faune des calcaires de Berrias étant identifiable à celle des calcaires de Chomérac, le Berriasien fait partie du Tithonique (ou Tithonien = partie du Jurassique supérieur) et non pas du Valanginien. Le Berriasien est tout simplement le "Tithonique supérieur" (Toucas, 1890). Les réactions sont vives car les affirmations de Toucas posent la question de la limite Jurassique-Crétacé ! Débats et querelles auxquelles participent beaucoup de grands noms de la géologie, se développent et se

succèdent. Kilian, contre l'avis de Toucas, réintègre l'essentiel du Berriasien dans le Crétacé, une petite partie du gisement de Berrias pouvant être mise dans le Tithonique (1907, 1910). Mazenot qui a développé un historique de la polémique du début du XX^e siècle, adopte, dans son étude sur les Paléohoplitidés (ammonites) tithoniques et berriasiens (1939), la limite Jurassique-Crétacé proposée par Kilian.

III.2.2 - De nouvelles études nécessaires

Avec les travaux de Mazenot tout n'est pas réglé, loin s'en faut, car les imperfections de la biostratigraphie sont encore nombreuses, principalement à cause de l'absence de coupes de référence suffisamment précises. Il faut donc reprendre des études sur le sujet. De nombreux chercheurs et équipes de recherche entreprennent donc diverses études. Les résultats de leurs travaux et de leurs idées sont exposés lors de plusieurs colloques spécialisés et réunions scientifiques sur le Crétacé Inférieur (Lyon, 1963 ; Florence, 2004), sur la limite Jurassique-Crétacé (Luxembourg, 1962 ; Lyon-Neuchâtel, 1973).



Une partie de la succession des couches du stratotype du Berriasien

III.2.3 - Au Congrès de Lyon (1963)

C'est à la suite du colloque de Lyon que le site de Berrias va faire l'objet d'études détaillées de la part, notamment, de Busnardo *et al.* (1965). Ils établissent un repérage des bancs avec numérotation. 10 ensembles sont définis dont 6 (n° 2 à 7) seulement sont mis dans le Berriasien. Deux zones sont établies avec les espèces index que sont *Pseudosubplanites. grandis* et *Subthurmannia boissieri*. Parmi les points importants du colloque, il y a la conclusion sur la position du Berriasien qui est traduite dans une petite phrase : « *Il semble préférable de suivre l'usage maintenant établi depuis Kilian, puis Mazenot, qui font du Berriasien la division inférieure du Crétacé* ». La conclusion du Colloque de Lyon entérine donc, en fait, une acception qui était admise plus ou moins implicitement de tous les géologues depuis Pictet et à la suite des travaux de Kilian et Mazenot : **le Berriasien appartient bien au Crétacé.**

IV – TOUJOURS DES PROBLEMES DE LIMITES POUR LE BERRIASIEN

Si le Congrès de Lyon apporte une certaine réponse aux deux questions fondamentales posées au sujet du Berriasien, ses conclusions ne convainquent pas tous les chercheurs. C'est la raison pour laquelle la question des limites et subdivisions du Berriasien est toujours d'actualité. Mais avant d'évoquer ces problèmes il est utile d'évoquer le « remaniement » dont le Berriasien a fait l'objet.

IV.1 – UNE NOUVELLE ZONE POUR LE BERRIASIEN

Les travaux pour le Colloque de Lyon de 1963 ne portant que sur la seule coupe du stratotype de Berrias, les congressistes précisèrent (Busnardo et Le Hégarat, 1965, p. 30) : « *Cette succession n'a pour le moment, qu'une valeur locale et ne peut encore être généralisée. La révision de bien d'autres coupes berriasienne reste nécessaire pour confirmer ces sous-zones ou en établir d'autres* ». Il fallait donc élargir la zone d'étude. Tout d'abord le long de la bordure du Massif Central puis plus à l'Est, dans le bassin vocontien (Donze et Le Hégarat, 1965,

1966 ; Le Hégarat et Remane, 1968, Le Hégarat, 1973). A la suite de ces travaux « *qui constituent la première tentative de zonation précise du Tithonique supérieur et du Berriasien* » (Le Hégarat, 1973, p. 276), la zonation du Berriasien s'enrichit d'une troisième zone puisqu'entre celle à *P. grandis* et celle à *S. boissieri* s'intercale la zone à *Subthurmannia occitanica*.

Chacune de ces zones est subdivisée en sous-zones. Ainsi, la zone à *S. occitanica* comprend, de bas en haut, les sous-zones à *Subthurmannia subalpina*, *Berriasella privasensis* et *Dalmasiceras dalmasi* (cette dernière, du nom de Dalmas, le géologue naturaliste ardéchois déjà évoqué dans le paragraphe consacré aux premiers travaux sur Berrias). Le schéma zonal actuel du Berriasien (Reboulet et Hoedemaeker, *et al.*, 2006) est très proche de celui présenté dans la thèse de Le Hégarat (1973). Seul le sommet de la zone à *S. boissieri* est modifié par l'abandon de la sous-zone à *Berriasella callisto* et l'introduction de la sous-zone à *Tirnovella alpillensis* et *Thurmanniceras otopeta*. Afin d'éviter certaines confusions, il faut noter que la conception actuelle de la zone à *S. boissieri* (*sensu* Hoedemaeker et Bulot, *et al.*, 1990 ; Reboulet et Hoedemaeker, *et al.*, 2006) ne correspond pas à la conception originale de Kilian (1888) qui était celle admise lors du Colloque sur le Crétacé inférieur de Lyon (1963). La définition de cette zone a été modifiée pour que sa base corresponde à la première apparition de l'espèce index *S. boissieri* comme proposé par Le Hégarat (1973) (Hoedemaeker et Bulot, *et al.*, 1990).

IV.2 – UNE LIMITE INFÉRIEURE DU BERRIASIEN TOUJOURS FLUCTUANTE

Jusqu'au Colloque de Lyon-Neuchâtel (1973), la base du Berriasien est confondue avec celle de la zone à *P. grandis* (Busnardo et Le Hégarat, 1965). Lors de ce colloque sur la limite Jurassique-Crétacé, Enay et Geyssant (1975) font apparaître qu'il n'existe pas de différences essentielles entre les faunes d'ammonites des zones à *B. jacobii* (alors conçue comme la dernière zone du Tithonique) et la zone à *P. grandis* (alors conçue comme la première zone du Berriasien, cf. Busnardo et Le Hégarat, 1965 et Le Hégarat, 1973), sauf par des proportions différentes des nombreuses espèces communes.

A l'issue du colloque, il apparaissait donc logique d'unir ces deux « zones » en une seule, la zone à *B. jacobi*-*P. grandis*. Une dizaine d'années plus tard, ce constat paléontologique sera suivi de modifications de la zonation et de la limite inférieure du Berriasien. Ainsi, Hoedemaeker (1982) considère les unités biostratigraphiques *B. jacobi* et *P. grandis* comme des sous-zones de la zone à *Pseudosubplanites euxinus* qu'il place au sommet du Tithonique ; cet auteur définit donc la base du Berriasien avec la base de la zone à *S. occitanica*. Dans la Synthèse Géologique du Sud-Est de la France, Enay (1984, p. 225) regroupe ces deux sous-zones dans la zone à *P. grandis* (*sensu lato*). Dans ce même ouvrage, Busnardo (1984, p. 293) place la base du Berriasien à la base de l'association des zones *B. jacobi*-*P. grandis*. Par la suite, cette façon de voir est officialisée lors de la première réunion à Digne (Juillet 1990) de l'équipe du "Lower Cretaceous Cephalopod Working Group" (Hoedemaeker et Bulot, *et al.*, 1990), mais le regroupement des unités biostratigraphiques à *B. jacobi*-*P. grandis* sous l'appellation zone à *P. euxinus* ou zone à *P. grandis* (*sensu lato*) est remplacée par la zone à *B. jacobi* (*sensu lato*) car *B. jacobi* a été préférée comme index à *P. euxinus* car elle apparaît dès la base de la zone alors que *P. euxinus* n'a été trouvé qu'un peu plus haut.

Parallèlement à l'étude des ammonites, celle des microfossiles se développe et donne des résultats intéressants. Avec les travaux de Le Hégarat et Rémane (1968) puis de Blanc (1996), les calpionelles viennent épauler les ammonites. Leurs zones sont désignées par des lettres de l'alphabet éventuellement complétées d'un chiffre. Ainsi, la zonation du Berriasien à partir des calpionelles est composée de trois zones (B, C, D). Les limites positionnées par Blanc ne sont pas tout à fait en concordances avec celle de Le Hégarat et Rémane. La composition détaillée des ensembles

d'ammonites et de calpionelles est exposée dans divers ouvrages auxquels nous renvoyons (Colloque de Lyon, 1963 ; Le Hégarat et Rémane (1968); Le Hégarat, 1973 ; Blanc, 1996).

L'approche couplée "ammonites-calpionelles" a permis de mieux caractériser les limites (inférieure et supérieure) du Berriasien et devrait aussi permettre de les stabiliser (fig.3). En identifiant la base du Berriasien avec celle de la zone à *B. jacobi* (*sensu* Hoedemaeker et Bulot, *et al.*, 1990), la limite inférieure de cet étage est caractérisée par un changement important dans la succession des calpionelles qui marque la base de la zone B. Une approche identique sera suivie pour définir la limite supérieure du Berriasien.

IV.3 – UNE LIMITE SUPÉRIEURE DU BERRIASIEN BEAUCOUP PLUS STABLE

Les problèmes posés par la limite Berriasien-Valanginien sont moins aigus que ceux posés par la base de l'étage mais loin d'être absents. En effet, de nombreuses controverses se sont développées entre des auteurs comme Le Hégarat (1973), Busnardo et Thieuloy (1979) et Hoedemaeker (1982). La Sous-Commission de Stratigraphie du Crétacé de l'IUGS (Birkelund *et al.*, 1984) recommandait de suivre la proposition de Busnardo et Thieuloy (1979) qui définissaient la limite inférieure du Valanginien avec la base de la zone à *T. otopeta* ; cette solution a été adoptée par la suite par de

VALANGINIEN	Inférieur pp	Stephanophorus		B. campylotoxus	Calpionellites	Coronata	e2i	E
				B. subcampylotoxus		Darderi	e2b	
				B. hirsutus				
		Pertransiens				E 1		
BERRIASIEN	Supérieur	bolssieri	otopeta	K. thieuloyi	Calpionellopsis	Murgeanui	d3t	D
				"T" otopeta			d3s	
			alpillensis			Hungarica	d3i	
			picteti			Oblonga	D2	
			paramimounum			Simplex	D1	
	Moyen	occitanica			Calpionella	Elliptica		C
						Alpina	bt	B
							bs	
	Inf.	jacobi-grandis					bi	
	Tithonien sup.pp		durangites					as
Etages		Zones d'Ammonites, biozones, biosous-zones (Bulot, 1995 ; Le Hégarat, 1972)		Biohorizon d'Ammonites (Bulot, 1995)	Superzones, Biochronozones, biohorizons (Blanc, 1996)			

Fig. 3 : Zonation des Ammonites et des Calpionelles du Berriasien in E. Blanc (1996)

nombreux auteurs. Lors d'une réunion internationale de « l'IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group » (= Kilian Group) tenue à Lyon en 2002, il a été décidé de faire passer la zone à *T. otopeta* du Valanginien dans le Berriasien en tant que dernière sous-zone de la zone à *S. boissieri* et de considérer ainsi la zone d'ammonites à *Tirnovella pertransiens* comme la première zone du Valanginien (Hoedemaeker et Reboulet, *et al.*, 2003). L'apparition de *T. pertransiens* est quasi-concomitante de celle de *Calpionellites darderi*, espèce de calpionnelles marquant la base de la zone E (= Darderi, première zone de calpionnelles du Valanginien), qui définit la limite Berriasien-Valanginien selon la recommandation du Congrès de Bruxelles en 1995 (Bulot *et al.*, 1996). Ainsi, la limite Berriasien-Valanginien est mieux caractérisée par l'apparition quasi-concomitante d'espèces appartenant à deux groupes fossiles bien différents. La conséquence majeure de ce choix est le rangement dans le Berriasien de l'ensemble 8 (niveaux BE 198 et BE 199) défini par Le Hégarat.

V – ET LA LIMITE JURASSIQUE-CRÉTACÉ ?

Lors du Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963), le début du Crétacé est placé à la base du Berriasien, limite inférieure qui est définie par la base de la zone à *P. grandis* depuis les travaux de Busnardo et Le Hégarat (1965), ce qui correspond à la limite historique choisie par Kilian et respectée par Mazenot. Les discussions sur la position de la limite Jurassique-Crétacé tenues lors du Colloque de Lyon-Neuchâtel (1973) font apparaître sept solutions différentes mais aucune ne fut officiellement retenue. Toutefois, une enquête menée auprès des participants a fait ressortir une majorité proposant de placer cette limite à la base de la zone à *B. jacobi-P. grandis*, qui correspond à la base de la zone B des calpionnelles. Cette façon de voir a eu valeur de recommandation et a été ensuite suivie par un grand nombre d'auteurs jusqu'à aujourd'hui. Cependant, Hoedemaeker (1981, 1982, 1987, 1991) propose une alternative. Il suggère de placer la limite Jurassique-Crétacé à la base de la zone à *S. occitanica*, niveau où il reconnaît un renouvellement majeur dans la faune

d'ammonites. Cet auteur souligne également que cette nouvelle limite autorise des corrélations plus aisées entre le domaine de la Tethys (domaine marin méridional qui englobe l'ancêtre de la Méditerranée où se situent la coupe stratotypique de Berrias et la plupart des coupes qui ont servi de discussion à la limite Jurassique-Crétacé) et le domaine boréal (domaine marin plus septentrional). Cette proposition n'a pas été retenue car il subsiste encore divers problèmes. Ainsi, par exemple, le renouvellement dont parle Hoedemaeker se situerait plutôt dans la partie inférieure de la sous-zone à *B. privasensis* donc au milieu de la zone à *S. occitanica* et il ne serait pas possible de la caractériser partout (notamment en Espagne) (Bulot, 1995).

Lors du Second Symposium International sur les Limites d'Etages du Crétacé (Bruxelles, 1995), Zakharov *et al.* (1996) rappellent les recommandations du 27^e Congrès International de Géologie (Moscou, 1984) concernant la limite Jurassique-Crétacé (voir aussi Remane, 1991) : (1) elle devrait être définie dans la province de la Téthys ; (2) elle devrait être placée de préférence à la base de la zone à *B. jacobi-P. grandis* suivant ainsi les recommandations du Colloque de Lyon-Neuchâtel (1973) ; (3) si cette limite n'est pas corrélable entre les domaines téthysien et boréal, une autre limite proche devrait être choisie (la base de la zone à *S. occitanica* serait une solution : cf. Hoedemaeker, 1987) ; (4) dans l'attente d'une décision définitive sur le placement de la limite Jurassique-Crétacé, le Berriasien devrait rester dans le Crétacé.



Une autre partie de la succession des couches du stratotype du Berriasien

Le débat sur la base du Crétacé est donc toujours d'actualité et aucune définition à valeur « mondiale » n'a réussi à émerger malgré la tenue de nombreux congrès et groupes de travail dédiés à ce sujet depuis 1973 et jusqu'au 32^e Congrès International de Géologie de Florence (2004). Si le schéma zonal présenté dans l'ouvrage Geological Time Scale 2004 (Gradstein *et al.*, 2004) montre que l'étage Berriasien débute avec la zone à *B. jacobi* (*sensu* Hoedemaker et Bulot, *et al.*, 1990), il apparaît que le stratotype de limite Jurassique-Crétacé (GSSP Tithonien-Berriasien) n'est pas encore fixé et que la discussion porte sur 3 sites (deux en Espagne et un en France) avec la possibilité de placer le « clou d'or » soit à la base de la zone à *B. jacobi* (*sensu* Hoedemaker et Bulot, *et al.*, 1990) soit à la base de la zone à *S. occitanica*. La sous-commission internationale du Crétacé (appartenant à l'IUGS) a initié la formation d'un nouveau groupe de travail pour définir le GSSP (clou d'or) de la base du Berriasien et du Crétacé. Les deux premières réunions ont eu lieu en Juillet 2007 et Avril 2008, respectivement à Bristol (Angleterre) et Marseille (France). Un consensus semble naître autour d'une solution « traditionnelle », à savoir que le GSSP de la limite Jurassique-Crétacé devrait correspondre à la base du Berriasien. Mais le débat se poursuit quant à savoir où choisir le stratotype de limite et sur quels marqueurs organiques ou non-organiques (géochimiques, magnétiques, etc.) il sera défini.

VI - NOS CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR LE STRATOTYPE DU BERRIASIEN

Nos connaissances sur le stratotype du Berriasien résultent de deux ensembles de démarches, scientifiques d'une part et de protection et de mise en valeur d'autre part. Les études scientifiques ont été menées, jusqu'à ces dernières années, par diverses équipes de chercheurs tandis que les

actions de protection et mise en valeur sont menées, à partir des relevés, inventaires et enquêtes réalisés par la Société géologique de l'Ardèche, pour le Conseil général du département de l'Ardèche. Ce chapitre donne une synthèse des résultats obtenus par les diverses équipes de recherche. Les résultats obtenus par la Société géologique de l'Ardèche sont traités dans le chapitre VII.

VI.1 – Le site de Berrias

Le gisement classique et historique du Berriasien est représenté par une étendue rocheuse qui se développe au Nord du village de Berrias, en Basse-Ardèche, dans le lit et de part et d'autre du ruisseau du Graveyron, ruisseau le plus souvent à sec (fig.4). La coupe stratotypique est indiquée par un trait rouge sur la carte géologique de Bessèges à 1/50 000 (Berger *et al.*, 1988). Les couches offrent une structure monoclinale avec une direction SO-NE et un pendage (plongement) d'une dizaine de degrés vers le SE. Le relief du secteur, peu prononcé, montre de vastes surfaces structurales partiellement couvertes de pierriers, murettes, déblais de carrières voire dépôts de matériaux de construction usagés (briques, tuiles, gravats) et divers détritiques anciens (ferrailles). La végétation du secteur est essentiellement arbustive de type méditerranéen (chênes verts, genévriers,

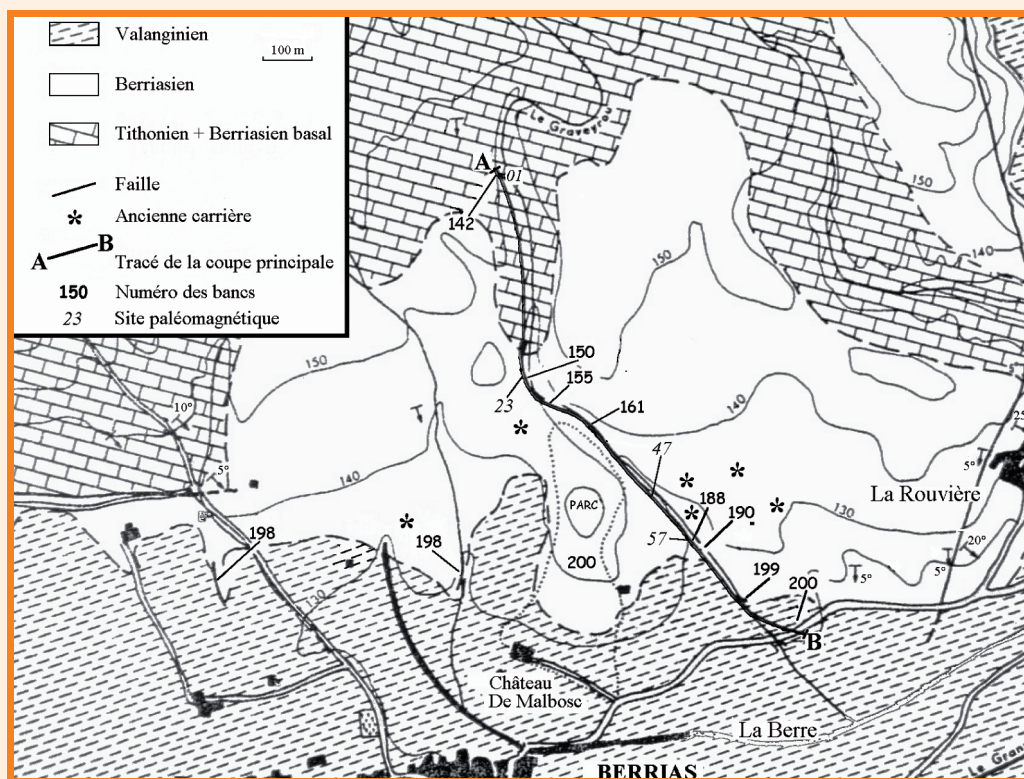


Fig. 4 : Développement de la coupe du stratotype du Berriasien à Berrias d'après Le Hégarat (1980), modifié

micocouliers, buis, térébinthes, saules dans le lit du ruisseau, etc.) et herbacée. Les calcaires sont affectés d'une karstification plus ou moins prononcée, bien exprimée plus au nord, dans l'assise des Calcaires Blancs du Jurassique supérieur du bois de Païolive. Un tel contexte explique que l'observation des couches, en continu, ne peut se faire sur de grandes distances ou de grandes surfaces. La meilleure coupe possible se situe au niveau de la propriété de la famille de Malbosc, dans le lit même du Graveyron, malgré la présence, de place en place, d'alluvions (surtout dans la partie aval de la coupe).

VI.2 - LA SUCCESSION LITHOLOGIQUE

L'étude lithologique détaillée d'une coupe permet de déterminer non seulement la nature même des différentes couches mais également le milieu et le mode de sédimentation qu'elles traduisent, le tout étant lié, très souvent, aux fluctuations du niveau marin commandées par divers facteurs climatiques, tectoniques, paléogéographiques, etc. De telles données contribuent donc à la mise en évidence des événements qui ont présidé à la formation d'une succession de couches. L'étude lithologique représente alors une donnée essentielle dans la définition des divisions du temps en géologie car toutes les études associées se basent sur la succession ainsi déterminée.

L'étude des publications sur le stratotype du Berriasien montre l'évolution des connaissances dans ce domaine. Ainsi, les données fournies par Le Hégarat (1965, 1973), qui a fait la première étude "moderne" du site, n'ont rien à voir avec le lever de coupe des premiers auteurs comme Pictet (1867), Toucas (1889), voire Roman (1950). Les travaux de Le Hégarat (1965) ont nécessité le lever de la coupe « banc par banc », permettant un repérage stratigraphique très précis des ammonites récoltées (fig. 5). Afin que les observations puissent être contrôlées ultérieurement et d'autres méthodes d'étude appliquées, une numérotation des bancs a été effectuée. Les numéros, portés à la peinture verte sur un certain nombre de bancs seulement, étant malheureusement en grande partie effacés ou difficilement lisibles, de nouveaux relevés et travaux d'inventaire ont été réalisés dans le

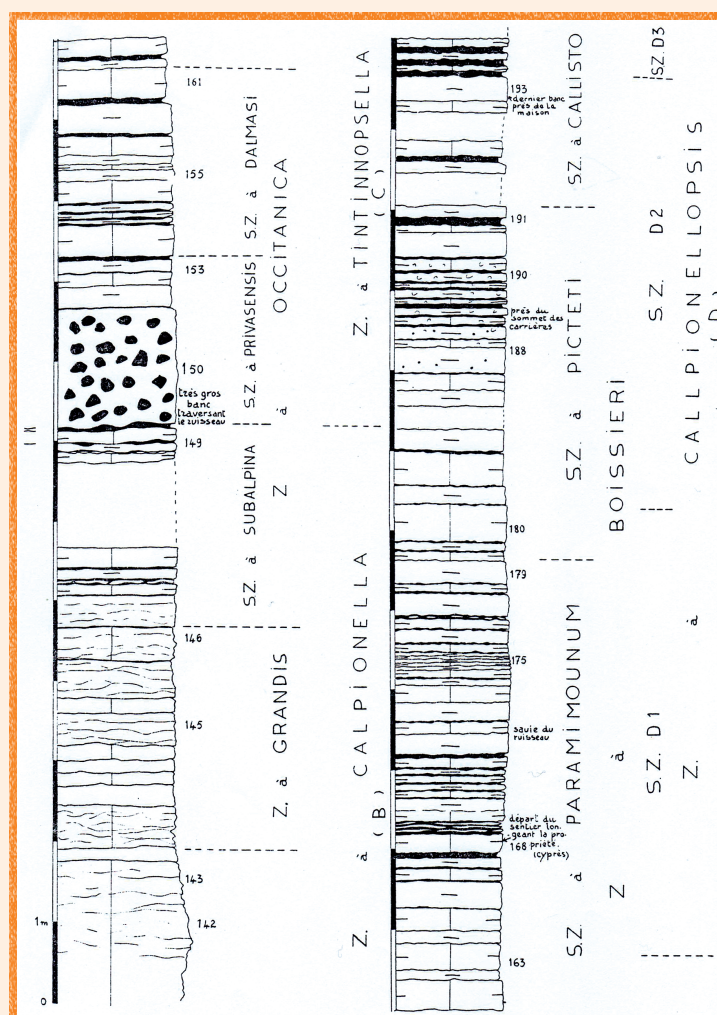


Fig. 5 : Lever de coupe « banc par banc » d'après Le Hégarat (1965)

cadre d'un projet de protection et mise en valeur du site (voir paragraphe VII). Le premier banc portait le numéro 142 et le dernier le n° 201 mais il faut préciser que le Berriasien s'arrête à la base du banc n° 200. Le Hégarat a republié la coupe de Berrias dans d'autres articles scientifiques, comme sa thèse (1973) ou dans la rubrique « Berriasien » de « Les étages français et leurs stratotypes » (1980). La coupe stratotypique du Berriasien est reprise dans la notice de la carte géologique de Bessèges au 1/50 000 (Elmi *et al.*, 1989, p. 73), document plus facilement accessible aux lecteurs.

La coupe. Epaisse d'une trentaine de mètres, elle peut se subdiviser en 3 grands ensembles lithologiques qui correspondent approximativement aux 3 zones d'ammonites. Le Berriasien inférieur (zone à *B. jacobi*, BE 142 à BE 146) est caractérisé à sa base par un calcaire massif, plus ou moins dolomitisé, donnant un aspect microkarstique, dans lequel la macrofaune est absente. Les premières ammonites ont été trouvées un peu plus haut où le sédiment devient plus argileux et où apparaissent de minces interlits marneux. Le Berriasien moyen (zone à *S. occitanica*, BE 147 à

BE 161) est composé de bancs calcaires plus minces et de rares intercalations marneuses ; les ammonites deviennent plus abondantes. Cette partie de la coupe est caractérisée par un gros banc (BE 150) qui est une brèche à éléments anguleux ou arrondis pris dans un ciment calcaire ; des bancs écaillés passant latéralement à la brèche peuvent être observés en rive gauche du Graveyron. Enfin, le Berriasien supérieur (zone à *S. boissieri*, BE 162 à BE 199 inclus) correspond à une suite de bancs bien lités alternant avec des niveaux de marnes devenant plus fréquents vers le haut de la série. La plupart des bancs sont riches en fossiles, sauf la partie médiane de cet ensemble (bancs 170 à 187) où les bancs durs et souvent épais étaient autrefois exploités en petites carrières pour de la pierre de construction (ce point est évoqué dans le bulletin municipal de la commune de Berrias-Casteljau de janvier 2006, p. 18-19). Au-dessus, on peut noter un ensemble de bancs (BE 188), à interlits marneux, présentant des surfaces mamelonnées, rubéfiées, et qui contiennent de nombreux nodules de pyrite. L'espèce d'ammonite *Thurmanniceras otopeta* a été trouvée dans les bancs BE 198 et 199. A l'époque des travaux de Le Hégarat, *T. otopeta* était l'espèce indice de la première zone d'ammonites du Valanginien. Depuis la première réunion internationale du Kilian Group (IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group) tenue à Lyon en 2002, *T. otopeta* est considérée comme une sous-zone de la zone à *S. boissieri* ; la base du Valanginien commence dorénavant avec la zone à *T. pertransiens* (Hoedemaeker et Reboulet, *et al.*, 2003). Cette espèce apparaît dans le banc BE 200 de la coupe de Berrias (Le Hégarat, 1965). Même si, biostratigraphiquement, le Valanginien débute à la base du banc 200, le changement lithologique (= limite cartographique) se fait avec le niveau BE 201 qui marque le début de l'épaisse série marneuse du Valanginien.

La succession lithologique ainsi établie a été l'objet d'études détaillées concernant notamment les faciès des roches carbonatées (Strohmenger et Strasser, 1993) ou l'analyse séquentielle (Jan du Chêne *et al.*, 1993 ; Blanc, 1996). Ces études ont permis, pour les premières, d'obtenir des informations sur les modes de mise en place des dépôts et pour les secondes d'approcher l'évolution du niveau

marin et des conditions de milieu. Ainsi, on peut suivre une évolution récurrente depuis un bas niveau marin jusqu'à un haut niveau et ce au moins 7 fois pendant tout le Berriasien.

VI.3 - FAUNES ET FLORES

Depuis l'étude de Pictet sur la faune des calcaires de Berrias (1867), les études paléontologiques ont beaucoup progressé. Les ammonites se sont tout d'abord imposées comme marqueurs majeurs pour aboutir à la zonation actuelle qui comprend trois zones (*B. jacobi*, *S. occitanica* et *S. boissieri*) et 7 sous-zones. Parmi les ammonites caractérisant le Berriasien, il faut citer les *Berriasella*, les *Dalmasiceras* (hommage à Dalmas), les *Malbosiceras* (hommage à de Malbosc), les *Picteticeras* (hommage à Pictet), etc. A côté des ammonites, la macrofaune est représentée par une abondante faune benthique dont les organismes sont fixés (brachiopodes, crinoïdes) ou libres (bivalves, gastéropodes, oursins, astéries).



Ancienne carrière d'extraction des calcaires de Berrias dans la région du stratotype du Berriasien

Parmi les travaux micropaléontologiques, nous avons vu que l'étude des calpionelles a apporté beaucoup à la caractérisation des limites du Berriasien, notamment du stratotype de Berrias. En 1993, Gardin et Manivit se préoccupent des nannofossiles calcaires (les nannofossiles sont des fossiles animaux ou végétaux de très petite taille qui ne peuvent être étudiés que par l'intermédiaire de microscopes optiques à très fort grossissement ou électroniques). Cette étude a contribué à améliorer « la calibration biostratigraphique des événements séquentiels...de tester les possibilités et les limites de l'utilisation de la nannoflore en interprétation séquentielle en définissant certaines tendances générales propres à chaque système de dépôt... ». De son côté, Monteil (1993) étudie les kystes des dinoflagellés (végétaux unicellulaires, marins, entourés d'une coque siliceuse) et conclue également qu'il est possible de faire des corrélations entre les kystes de dinoflagellés et les séquences stratigraphiques. L'étude des palynofaciès a également été faite (Steffen et Gorin, 1993).

VI.4 - PALÉOMAGNÉTISME ET ÉCHELLE MAGNÉTOSTRATIGRAPHIQUE

Le paléomagnétisme est le magnétisme ancien enregistré par les roches au moment de leur dépôt. Initialement mise en évidence dans les roches volcaniques, cette propriété a été également découverte dans les roches sédimentaires. Au cours des temps géologiques, il y a eu de nombreuses inversions de polarité du champ magnétique terrestre, dues à une activité particulière du noyau terrestre. Etablir la succession de ces inversions est une des applications de la magnétostratigraphie. Ces inversions de polarité étant un phénomène global et de très brève durée à l'échelle des temps géologiques (inférieure à 10 000 ans), nous disposons d'un outil de corrélation à l'échelle de la Terre. C'est Galbrun, qui propose dans sa thèse de 1984, une magnétostratigraphie de la limite Jurassique-Crétacé en prenant comme base le stratotype du Berriasien et une région d'Espagne. Une autre publication spécifique au stratotype du Berriasien, paraît la même année en collaboration avec Rasplus. En 1986, ces deux auteurs établissent, avec Le Hégarat, des corrélations entre magnétostratigraphie et

biostratigraphie apportant des données nouvelles sur le stratotype du Berriasien.

C'est ainsi qu'une séquence de polarité magnétique constituée de six zones ou sous-zones à polarité normale et de cinq zones à polarité inverse a été mise en évidence. Cette séquence est parfaitement corrélée avec les biozones d'ammonites et de calpionelles (fig. 6).

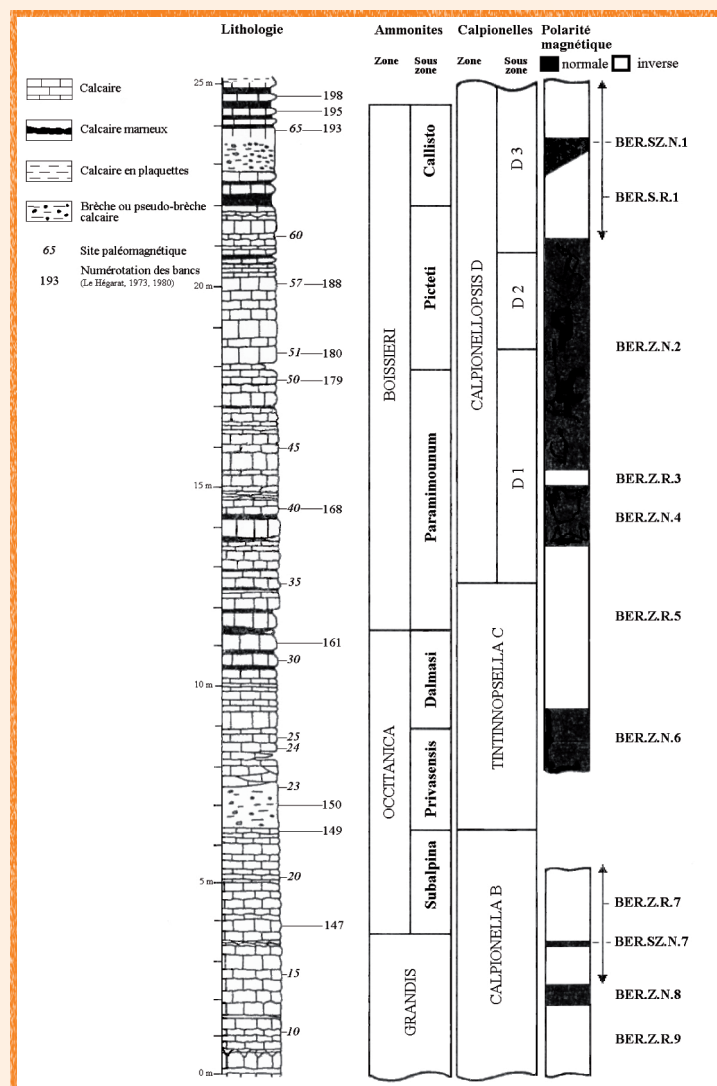


Fig. 6 : Lithologie et magnétostratigraphie de la coupe de Berrias d'après Galbrun et al. (1986), modifiée

Pour réaliser la magnétostratigraphie de la coupe de Berrias, les bancs, objets de prélèvements, ont été repérés par une numérotation particulière, en peinture orangée encore assez bien visible sur le site. La numérotation, de bas en haut, va de 01 à 65 mais tous les numéros ne sont pas reportés sur le terrain ou ne sont pas conservés, l'érosion ayant fait son oeuvre. Il faut préciser qu'il n'y a pas de corrélation automatique entre les numérotations vertes et orange car il y a plus de sites de prélèvement que de bancs retenus par Le Hégarat. Ceci est particulièrement vrai pour la partie basse de la coupe, où aux bancs 142 à 150 correspondent les bancs de

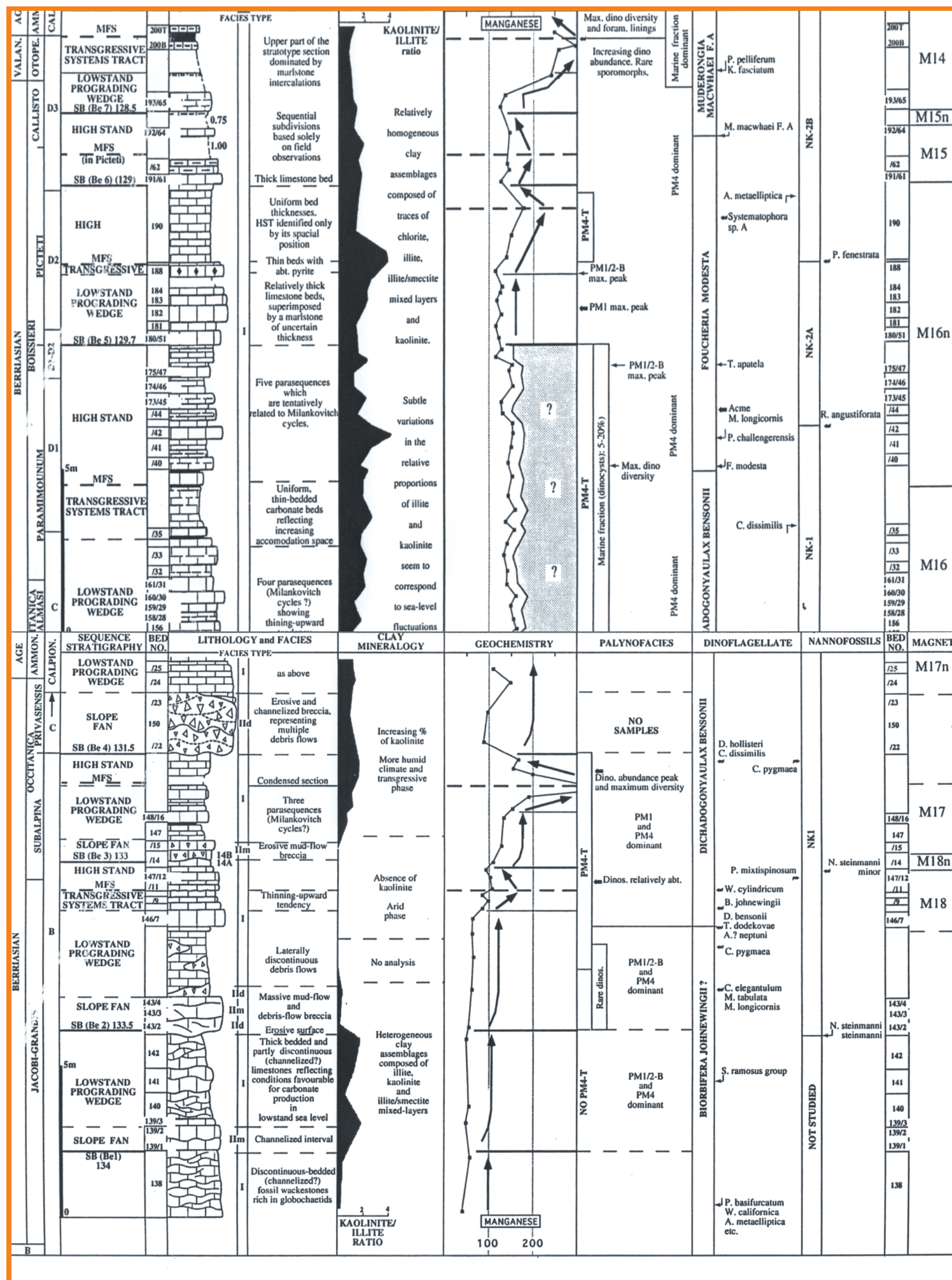


Fig. 7 : Tableau résumant les connaissances générales sur le stratotype du Berriasien à Berrias (Jan du Chêne et al., 1993)

prélèvement 1 à 22. Les prélèvements pour l'étude du paléomagnétisme ont été faits, en deux campagnes successives, sous forme de petites « carottes », cylindres de roches obtenus à l'aide d'une foreuse. Ce sont les trous que l'on observe au niveau de certains bancs.

VI.5 - CHIMIOSTRATIGRAPHIE ET AUTRES DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES

Diverses études ont aussi porté sur la géochimie des carbonates pélagiques, dont la teneur en manganèse, et les isotopes du carbone et de l'oxygène (Emmanuel et Renard, 1993) et sur les teneurs et l'origine de la matière organique (Gorin et Steffen, 1993). Ils donnent des informations intéressantes sur l'évolution du niveau marin et les paléoenvironnements (fig. 7).

VI.6 - EVOCATION PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Un large domaine d'étude. Toutes les études précédentes contribuent à mieux connaître les conditions dans lesquelles les sédiments constituant le stratotype du Berriasien se sont déposés. Toutefois, la coupe de Berrias ne peut, à elle seule, donner une image de ce qui se passait sur la bordure ardéchoise du bassin vocontien, à cette époque. C'est la raison pour laquelle il a été nécessaire d'étudier le Berriasien dans d'autres lieux de cette bordure. Parmi les sites ardéchois intéressants, il y a ceux de Broyon (Baix), de Vogüé-Gare, du Sévenier (Saint-Laurent-sous-Coiron), du Serre des Fourches (Saint-Symphorien-sous-Chomérac). Pour avoir une idée à l'échelle du bassin, le site d'Angles dans les Alpes de Haute-Provence (Le Hégarat et Ferry, 1990) a également été étudié. Ainsi, des corrélations très précises sur de longues distances ont pu être réalisées dans la mesure où le même instant T pouvait être identifié en tout lieu. En effet, pour reconstituer un paysage ou la géographie d'une région à un moment donné, il faut être sûr que ce que l'on observe en plusieurs endroits a bien le même âge. Ceci est obtenu grâce à la biostratigraphie et aux corrélations bancs à bancs.

Berrias dans la géographie générale du Crétacé inférieur. Au Crétacé inférieur, la région de Berrias fait partie de la marge ouest d'un grand bassin, le bassin vocontien, dépendance occidentale de la Téthys, ensemble marin encadré par deux groupes de continents :

au nord Asie-Europe-Amérique du Nord et, au sud, Afrique-Amérique du sud. La bordure du bassin est représentée par les bords du Massif Central à l'ouest et des Vosges, au nord.

« Paysages » du Berriasien (Elmi et al. 1989). Au Berriasien, toute la région est donc sous les flots dont l'épaisseur fluctue selon les moments. Toutefois, ce qui se passe sur les fonds marins est variable selon les lieux aussi l'histoire marine est-elle un peu différente à Chomérac, Vogüé ou Berrias. Pour simplifier, nous nous limitons au secteur de Berrias. L'étude des fossiles (ammonites, bélemnites, calpionelles, nannofossiles, etc.) trouvés sur la coupe de Berrias et le faciès des roches sédimentaires permettent de déterminer un milieu de plate-forme externe hémipélagique (Strohmenger et Strasser, 1993). Au **Berriasien inférieur**, la sédimentation carbonatée est essentiellement alimentée par le plancton dans un environnement hémipélagique relativement profond. Les bancs de calcaires peu argileux sont bien lités. Au cours du **Berriasien moyen**, une grande instabilité tectonique règne aussi bien dans les régions marines franches que dans celles de bordure. Nous sommes dans un secteur affecté par des phénomènes de subsidence (enfouissement régulier ou saccadé du fond d'un bassin sédimentaire). D'importants glissements sous-marins se produisent entraînant la formation de brèches parfois importantes (banc BE 150) tandis que des courants déposent des lits organoclastiques d'origine néritique (turbidites) au sein des brèches ou au toit de celles-ci. A la fin du Berriasien moyen, la région est à nouveau stable, peu subsidente, et le calme revient dans la sédimentation. Au **Berriasien supérieur**, la sédimentation est active malgré des courants qui ont tendance à réduire les dépôts. A la fin du Berriasien, la présence de grains de quartz indique une tendance à l'émersion mais les dépôts valanginiens montrent que la mer est toujours là et que l'histoire marine de Berrias continue. Elle ne s'achèvera qu'à la fin du Crétacé inférieur.

(à suivre la partie VII : Nouvelles données sur la coupe de Berrias et inventaires 2007-2008)

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à la municipalité de Berrias, le département de l'Ardèche ainsi que l'association « Païolive » pour l'accueil qui nous a été réservé au cours de nos travaux.



Vue générale de la partie inférieure du stratotype du Berriasien

BIBLIOGRAPHIE

Barbier R. et Thieuloy J.P., 1965. Etage berriasien ; rapports (Colloque Crétacé inférieur, Lyon, 1963). *Mémoires du Bureau de Recherches géologiques et minières*, 34 : 69-77.

Berger G., Elmi S., Brouder P., Gras H., Arène J., Bigot M., Frère I., Spy-Anderson F.L., Alabouvette B., Brière M., Debrand-Passard S., Boltenhagen C., Ternet Y. et Ménillet F., 1988. Carte géologique de la France (1/50 000), feuilles Bessèges (n° 888). Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans. Notice explicative par Elmi S., Brouder P., Berger G., Gras H., Busnardo R., Bérard P. et Vautrelle C., 1989, 115 p.

Birkelund T., Hancock J.M., Hart M.B., Rawson P.F., Remane J., Robaszynski F., Schmid F. et Surlyk F., 1984. Cretaceous stage boundaries – proposals. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 33 : 3-20.

Blanc E., 1996. Transect Plate-forme – Bassin dans les séries carbonatées du Berriasien supérieur et du Valanginien inférieur (Domaine jurassien et nord-vocontien). Chronostratigraphie et transferts des sédiments. *Géologie Alpine, Mémoire hors-série*, 25, 312 p.

Bulot L., 1995. Les formations à ammonites du Crétacé inférieur dans le SE de la France (Berriasien-Hauterivien) : Biostratigraphie, paléontologie et cycles sédimentaires. *Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (non publié)*, 374 p.

Bulot, L.G. (rapporteur), et al. (10 autres auteurs), 1996. The Valanginian stage. In: Rawson P.F., Dhondt A.V., Hancock J.M. and Kennedy W.J. (eds.). *Proceedings "Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries"*, Brussels 8-16 September 1995. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 66, suppl.: 11 – 18.

Busnardo R., 1965. Le stratotype du Barrémien. 1. Lithologie et macrofaune, et rapport sur l'étage Barrémien. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34 : 101-16 et 161-9.

Busnardo R., 1984. Ammonites. In: Cotillon chapitre Crétacé inférieur. In: Debrand-Passard et al., *Synthèse Géologique du Sud-Est de la France. Stratigraphie et Paléogéographie. Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 125 : 292-294.

Busnardo R. et Le Hégarat G., 1965. In: Le stratotype du Berriasien, partie IV, Conclusions. Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1963. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34 : 25-33.

Busnardo R., Le Hégarat G. et Magné J., 1965. Le stratotype du Berriasien. Partie I, Introduction. Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1963. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34 : 5-33.

Busnardo R. et Thieuloy J.P., 1979. Les Zones d'ammonites du Valanginien. In: Busnardo R., Thieuloy J.P. et Moullade M. (eds). *Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France). Les stratotypes français, C.N.R.S.*, 6 : 58-68 et 127-134.

Busnardo R., Thieuloy J.P. et Moullade M., 1979. Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France). *Les stratotypes français, C.N.R.S.*, 143 p.

Callomon J.H., 1985 – Biostratigraphy, chronostratigraphy and all that again ! *Proceedings of International Symposium on Jurassic Stratigraphy; Erlangen 1984*, 3 : 611-624.

Coquand H. et Boutin, 1869. Sur les relations qui existent entre la formation jurassique et la formation crétacée des cantons de Ganges (Hérault), de Saint-Hippolyte et de Sumène (Gard). *Bulletin de la Société Géologique de France, Série 2*, 26 : 834.

Coquand H., 1871. Sur le Klippenkalk du département du Var et des Alpes-Maritimes. *Bulletin de la Société Géologique de France, Série 2*, 28 : 232-233.

Donze P. et Le Hégarat G., 1965. Les dépôts de la limite Berriasien-Valanginien dans le stratotype du Berriasien à Berrias (Ardèche) et dans la région avoisinante. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D*, 260 : 3707-3709.

Donze P. et Le Hégarat G., 1966. Les dépôts de la limite Berriasien-Valanginien dans le Nord de l'Ardèche sédimentaire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D*, 262 : 610-612.

Donze P. et Le Hégarat G., 1972. Le Berriasien, étage charnière entre le Jurassique et le Crétacé, ses équivalents continentaux en Europe du Nord. 24^e IGC, Montréal (Canada), section 7 : 513-523.

D'Orbigny A., 1840. Paléontologie française. *Terrains crétacés. I. céphalopodes. Paris : publié par l'auteur*, 662 p.

Dumas E., 1846. Néocomien de l'Ardèche. *Bulletin de la Société géologique de France, Série 2*, 3 : 630-636.

Elmi S., Brouder P., Berger G., Gras H., Busnardo R., Bérard P. et Vautrelle C., 1989. Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuilles Bessèges (n° 888), Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans, 115 p.

Carte géologique par Berger G., Elmi S., Brouder P., Gras H., Arène J., Bigot M., Frère I., Spy-Anderson F.L., Alabouvette B., Brière M., Debrand-Passard S., Boltenhagen C., Ternet Y. et Ménillet F., 1988.

Emmanuel L. et Renard M., 1993. Carbonate geochemistry (Mn, d¹³C, d¹⁸O) of the Late Tithonian – Berriasian pelagic limestones of the Vacantian Trough (SE France). *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 205-221.

Enay R., 1984. Généralités. In: Enay, chapitre Jurassique supérieur : Malm. In: Debrand-Passard et al., Synthèse Géologique du Sud-Est de la France. Stratigraphie et Paléogéographie. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 125 : 224-237.

Enay R. et Geyssant J.R., 1975. Faunes tithoniques des chaînes bétiques (Espagne méridionale). Colloque Limite Jurassique-Crétacé, Lyon-Neuchâtel, 1973. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 86 : 39-55.

Galbrun B., 1984. Magnétostratigraphie de la limite Jurassique-Crétacé. Proposition d'une échelle de polarité à partir du stratotype du Berriasien (Berrias, Ardèche, France) et de la Sierra de Lugar (Province de Murcie, Espagne). *Mémoire des Sciences de la Terre de l'Université Pierre et Marie Curie*, 38, 95 p.

Galbrun B. et Rasplus L., 1984. Magnétostratigraphie du stratotype du Berriasien. Premiers résultats. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série II*, 298 : 219-222.

Galbrun B., Rasplus L. et Le Hégarat G., 1986. Données nouvelles sur le stratotype du Berriasien : corrélations entre magnétostratigraphie et biostratigraphie. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8, 2 : 575-584.

Gardin S. et Manivit H., 1993. Upper Tithonian and Berriasian calcareous nannofossils from the Vocontian Trough (SE France) : biostratigraphy and sequence stratigraphy. *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 277-289.

Gorin G. et Steffen D., 1993. Organic facies as a tool for recording eustatic variations in marine fine-grained carbonates – example of the Berriasian stratotype at Berrias (Ardèche, SE France), 85 : 303-320.

Gradstein F., Ogg J. et Smith A., 2004. A Geological Time Scale 2004. Cambridge University Press, 589 p.

Hedberg H., 1979. Guide Stratigraphique International. Classification, terminologie et règles de procédures. Doin éditeurs, Paris, 233 p.

Hoedemaeker P.J., 1981. The Jurassic-Cretaceous boundary near Miravetes (Caravaca, SE Spain) : arguments for its position at the base of the *Occitanica* zone. II Coloquio Estratigrafia Paleogeografia Jurassico España, Granada, 1979. *Cuadernos Geológicos, Granada*, 10 : 235-247.

Hoedemaeker P.J., 1982. Ammonite biostratigraphy of the uppermost Tithonian, Berriasian, and lower Valanginian along the Rio Argos (Caravaca, SE Spain). *Scripta Geologica*, 65 : 1-81.

Hoedemaeker P.J., 1987. Correlation possibilities around the Jurassic/Cretaceous boundary. *Scripta Geologica*, 84: 1-64.

Hoedemaeker P.J., 1991. Tethysan-Boreal correlations and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Newsletter on Stratigraphy*, 25, 1: 37-60.

Hoedemaeker P.J. et Bulot L. (rapporteurs), et al. (17 autres auteurs), 1990. Preliminary ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean Region. *Géologie Alpine*, 66 : 123-127.

Hoedemaeker P.J. et Reboulet S. (rapporteurs), et al. (16 autres auteurs), 2003. Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Lyon, 11 July 2002). *Cretaceous Research* 24, 1 : 89 – 94. Erratum in *Cretaceous Research*, 24, 6, 805.

Jan du Chêne R., Busnardo R., Charollais J., Clavel B., Deconinck J.-F., Emmanuel L., Gardin S., Gorin G., Manivit H., Monteil E., Raynaud J.-F., Renard M., Steffen D., Steinhauser N., Strasser A., Strohmenger C. et Vail P.R., 1993. Sequence-stratigraphic interpretation of Upper Tithonian-Berriasian reference sections in South-East France : multidisciplinary approach. *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 151-181.

Kilian W., 1888. Description géologique de la Montagne de Lure. Masson éditeur, Paris, 458 p.

Kilian W., 1907. Erste Abteilung : Unterkreide (Palaeocretacium). Lieferung 1 : Allgemeines über Palaeocretacium ; Unterkreide im südöstlichen Frankreich, Einleitung. In : Fritz Frech, Lethaea Geognostica. II. Das Mesozoicum, Band 3 (Kreide) (1907-1913). *Schweizerbart. Stuttgart* : p. 1-68.

Kilian W., 1910. La faune des couches à *Hoplites boissieri* (Pict.) (= Berriasien p.p. = Valanginien inférieur) du Sud-Est de la France. Association française pour l'Avancement des Sciences. *Congrès de Lille* : 476-496.

Le Hégarat G., 1965. Le stratotype du Berriasien. Partie II, Stratigraphie et macrofaune. Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1963. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34 : 10-16.

Le Hégarat G., 1973. Le Berriasien du Sud-Est de la France. Thèse doctorat Sciences Naturelles de l'Université Claude Bernard Lyon, 149 : 576 p.

Le Hégarat G., 1980. Berriasien. In: Les étages français et leurs stratotypes. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 109 : 96-105.

Le Hégarat G. et Remane J., 1968. Tithonique supérieur et Berriasien de la bordure cévenole. *Corrélation des ammonites et des calpionelles. Geobios*, 1 : 7-70.

Le Hégarat G. et Ferry S., 1990. Le Berriasien d'Angles (Alpes de Haute-Provence, France). *Geobios*, 23, 3 : 369-373.

Magné J., 1965. Le stratotype du Berriasien. Partie III, La microfaune. Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1963. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 34 : 17-24.

Mazenot G., 1939. Les *Palaeohoplitidae* tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 18, 41, 303 p.

Monteil E., 1993. Dinoflagellate cyst biozonation of the Tithonian and Berriasian of South-East France. Correlation with the sequence stratigraphy. *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 249-273.

Naud G. et Reboulet S., 2008. Le stratotype de Berrias (Ardèche, France) : référence géologique internationale de l'étage Berriasien. *Cahiers de Paléolive*, 1 : 71-85.

Pictet F.J., 1867. Etudes paléontologiques sur la faune à *Terebratula diphyoides* de Berrias (Ardèche). *Mélanges paléontologiques. Georg Editeur, Bâle*, 2 : 43-130.

Reboulet S., et Hoedemaeker P.J. (rapporteurs), et al. (19 autres auteurs) 2006. Report on the 2nd International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Neuchâtel, Switzerland, 8 September 2005). *Cretaceous Research*, 27 : 712-715.

Remane J., 1991. The Jurassic-Cretaceous boundary: problems of definition and procedure. *Cretaceous Research*, 12 : 447-453.

Renevier E., 1874. Tableau des terrains sédimentaires. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, Lausanne*, 13 : 218-52.

Roman F., 1950. Géologie régionale de la France. Le Bas-Vivaraïs. *Actualités Scientifiques et Industrielles, Herman éditeur, Paris*, VI, 1090, 149 p.

Steffen D. et Gorin G.E., 1993. Palynofacies of the Upper Tithonian – Berriasian deep-sea carbonates in the Vocontian Trough (SE France). *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 235-247.

Strohmenger C. et Strasser A., 1993. Eustatic controls on the depositional evolution of Upper Tithonian and Berriasian deep-water carbonates (Vocontian Trough, SE France). *Bulletin des Centres de Recherches et d'Exploration-Production Elf Aquitaine*, 17, 1 : 183-203.

Toucas A., 1889. Nouvelles observations sur le Jurassique supérieur de l'Ardèche. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3, 17 : 729-742.

Toucas A., 1890. Etude de la faune des couches tithoniques de l'Ardèche. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3, 18 : 560-629.

Thurmann J., 1836. Bulletin de la Société Géologique de France. *Série 17* : 209.

Wight C.W., 1957. Mesozoic *Ammonoidea*. In: R.C. Moore (ed.). Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. L, *Mollusca* 4, *Cephalopoda, Ammonoidea*. Geological Society of America and University of Kansas Press: 80-490.

Zakharov V., Bown P. et Rawson P., 1996. The Berriasian Stage and the Jurassic-Cretaceous boundary. In: Rawson P.F., Dhondt A.V., Hancock J.M. and Kennedy W.J. (eds.). Proceedings "Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries", Brussels 8-16 September 1995. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 66 suppl: 7-10.