

an indication of the progress of the 'ripening' process in the resin examined⁷.

⁷ *Acknowledgment.* For the supply of cannabis samples the authors are indebted to Division of Narcotic Drugs of the United Nations, Geneva, Dr. C. FARMILO, Food and Drug Directorate, Ottawa, Professor D. PARREIRAS, Medical Faculty, Rio de Janeiro, and Mr. H. L. GIORDANO, Bureau of Narcotics, Washington.

Résumé. Les auteurs ont étudié les colorations obtenues par la résine de chanvre avec le chlorure ferrique et les ont exprimées numériquement en 'indices de FeCl_3 ' permettant de caractériser certains types de chanvre; l'indice s'accroît avec la teneur en acide canabidiolique.

LJ. GRILIĆ and N. TOMIĆ

Institute for the Control of Drugs, Zagreb (Yugoslavia), December 27, 1962.

STUDIORUM PROGRESSUS

Paléotempératures indiquées par l'analyse isotopique de fossiles du crétacé inférieur des Hautes-Alpes (France)

1. Situation géographique et rappels stratigraphiques

La région du Dévoluy (département des Hautes-Alpes) offre la possibilité d'effectuer de bonnes coupes des niveaux du Néocomien. Les faciès sont caractéristiques de la zone dauphinoise alpine. Au dessus de la corniche du Tithonique (Kiméridgien supérieur, Portlandien) se présente la puissante série calcaro-marneuse de Néocomien sensu lato. La stratigraphie est bien connue depuis les travaux de LORV¹ repris par FONTES².

De bas en haut se succèdent :

Le Berriasien : 50 m de calcaires marneux clairs. Durs à la base, ils deviennent plus marneux au sommet. Ils sont bien datés par de nombreuses Ammonites (*Berriasella choccuensis* Toucas, *Berriasella oppeli* Kilian, *Berriasella richteri* Quenst., *Berriasella ciliata* Schu.) et une riche microfaune de Calpionelles.

Le Valanginien : 200 m de marnes grises ou bleuâtre qui contiennent à leur base une remarquable faune d'Ammonites pyriteuses (*Bochianites neocomiensis* d'Orb., *Neolissoceras grasianum* d'Orb., *Protetragonites quadrisulcatum* d'Orb.) associées à des Lamellibranches et des Gastropodes pyriteux, des Aptychus et des Bélemnites calcitiques (*Duvalia lata* Blainv.).

L'Hauterivien et le Barrémien pro parte : 250 m de complexe calcaro-marneux bien délimité à la base par des bancs gréseux qui ont fourni *Crioceras duvali* Lev., espèce hauterivienne caractéristique. Au dessus fait suite une alternance de bancs marneux et de bancs calcaires d'égale épaisseur (70 cm). Dans leurs niveaux inférieurs ces calcaires marneux livrent *Crioceras duvali* Lev., *Phylloceras infundibulum* d'Orb., *Olcostephanus irregularis* Wegner. Une soixantaine de mètres sous le sommet le passage entre l'Hauterivien et le Barrémien est marqué par la présence dans la même couche de *Crioceras villersianum* d'Orb., espèce qui ne monte guère dans le Barrémien et de *Macroscaphites yvanti* d'Orb., espèce strictement barrémienne. On recueille ensuite une faune pyriteuse à *Barrémites* sp. Enfin ce faciès se termine dans le Barrémien supérieur avec une association faunique à *Pseudothurmannia simionescui* Sark. *Costidiscus recticostatus* d'Orb., *Hamulina subcylindrica* d'Orb. L'ensemble de cette série est surmonté par la seconde corniche calcaire du paysage que l'on peut comparer à la barre urgonienne du Vercors. Mais ici l'absence des Rudistes caractéristiques et la faible épaisseur de cette formation la font qualifier de suburgonienne dans la littérature. La région envisagée se situe à la limite nord de la fosse vocontienne où la sédimentation

reste marneuse pendant tout le Barrémien. Ceci explique les grandes variations d'épaisseur de ce niveau qui passe de 90 m à quelques lentilles en l'espace de 6 km. Les résultats de l'étude de la microfaune semblent indiquer que ce faciès ne se prolonge pas dans l'Aptien (présence de *Orbitolinopsis* cf. *Kilianii* Prev. espèce connue seulement du Barrémien, 50 cm sous le sommet).

Au dessus, une épaisse série marneuse noire est traditionnellement attribuée à l'Aptien-Albien. En fait, aucune macrofaune ou microfaune typiquement aptienne n'a pu être mise en évidence. Seules des considérations d'affinité faunistique ont permis provisoirement de fixer la limite Aptien-Albien quelques 7 ou 8 m au dessus de la barre suburgonienne. La base de ces marnes noires revêt un faciès extrêmement polymorphe (grès glauconieux grossiers, marnes noires, conglomérats à gros éléments, calcaires marneux). Ces variations de faciès et la présence en un point d'un conglomérat à gros éléments ont permis de poser le problème «d'émersions partielles» à la fin du Barrémien dans cette région (FONTES²).

2. Collecte des échantillons et problèmes envisagés

Les échantillons destinés à l'analyse isotopique ont été recueillis aux environs immédiats du village de La Cluse en Dévoluy. Les niveaux décrits sont là plus épais et plus fossilifères que dans le reste du Dévoluy. Nous avons effectué plusieurs coupes sérieuses en prélevant sensiblement tous les deux mètres les fossiles calcitiques (Bélemnites, Aptychus et «Becs de Nautilies»). Nous avons ainsi prélevé plus de 400 échantillons. Nous ne présentons ici que les résultats essentiels, c'est à dire : (a) une esquisse de l'évolution des paléotempératures au Crétacé inférieur dans cette région, (b) la possibilité d'utiliser comme matériel d'analyse les Aptychus et les becs de Nautilies au même titre que les Bélemnites, (c) l'appartenance probable à l'Albien des niveaux qui reposent sur la barre suburgonienne, (d) le bon accord général des résultats obtenus avec les données déjà connues dans d'autres régions pour l'intervalle de temps considéré.

3. Analyse et résultats

Les déterminations des paléotempératures furent conduites en utilisant les techniques établies pour l'analyse isotopique de l'oxygène. Elles ont porté sur 20 spécimens de Bélemnites, pour définir une échelle locale de base, et 5 spécimens d'Aptychus pour étudier les corrélations des températures indiquées avec celles de l'échelle de base. Les échantillons présentant des traces d'échanges (calcite secondaire, silice, ou pyrite) ont été soigneusement éliminés.

On a utilisé pour les analyses un spectromètre de masse Atlas-Werke M86 à double collecteur de type Nier. Le

¹ P. LORV, Bull. Soc. Géol. Fr. 3, 26, 335 (1898).

² J. C. FONTES, Diplôme d'Etudes Supérieures Paris (1961).

Formation	Horizons	O ¹⁸ ‰ (Bélemnites)	°C	Aptychus	δO ¹⁸ ‰ (Aptychus)	°C	Différence ‰ (valeur absolue) Apt.-Bél.
Albien	C7-28a	-2,4	27,7				
	C7-28b	-2,5	28,1				
Barrémien	C7-21	-0,2	17,4				
	C7-11	-0,9	20,5				
	C5-38	-0,8	20	Lamellaptychus gr. angulocostatus	-0,7	19,6	0,1
	C5-37	-0,1	17				
	C5-36	-0,4	18,3	Lamellaptychus angulocostatus	-0,21	17,4	0,19
Hauterivien	C7-9	-1	21				
	C5-34	-0,5	18,7				
	C5-31	-1,2	21,8	Lamellaptychus seranonis (?)	-1,16	21,8	0
	C5-29	-0,9	20,5				
	C5-25	-0,8	20				
	C5-16	-0,75	19,8				
	C5-13	-0,8	20				
Valanginien	C1-17	-1	21				
Berriasien	C4-22	-1,4	22,8				
	C4-18	-0,8	20	Lamellaptychus sp.	-1,19	21,8	0,39
	C4-14	-1,4	22,8				
	C4-3	-1,3	22,3	Lamellaptychus sp.	-1,25	22,1	0,05
	C3-18	-1,2	21,8				

standard était obtenu à partir de marbre statuaire de Carrare. Une correction a été apportée aux résultats pour les rendre directement comparables au standard universel PDB-1 Chicago. La table ci-jointe donne la liste des résultats, exprimés en δO^{18} , l'erreur expérimentale sur chacun d'eux est de $\pm 0,1$.

4. Interprétations des paléotempératures

(a) *L'échelle des Bélemnites*. Les résultats relatifs aux Bélemnites montrent une inclination nette, des valeurs berriasien plus hautes (moyenne 22°C) vers un minimum climatique dans le Barrémien (moyenne 18,6°C). Ensuite un maximum est atteint dans l'Albien (moyenne 27,9°C). Ainsi l'échelle de température fondée sur l'analyse des Bélemnites du Néocomien montre que cet intervalle de temps s'avère relativement froid.

(b) *Résultats de l'analyse des Aptychus*. Deux raisons ont poussé les auteurs à analyser ces fossiles jamais utilisés auparavant pour la détermination des paléotempératures. Chimiquement ils semblent fournir un matériel d'analyse calcitique donc théoriquement utilisable, bien préservé dans les faciès marneux du Dévoluy.

Taxonomiquement ils sont bien identifiables et peuvent servir à la définition stratigraphique. Ils présentent de ce fait un avantage sur les Bélemnites dont les rostrs sont souvent de peu d'intérêt et beaucoup moins fréquents dans ces niveaux. Ainsi on a effectué des analyses sur des spécimens provenant exactement d'horizons dont la température avait été établie d'après l'échelle des Bélemnites.

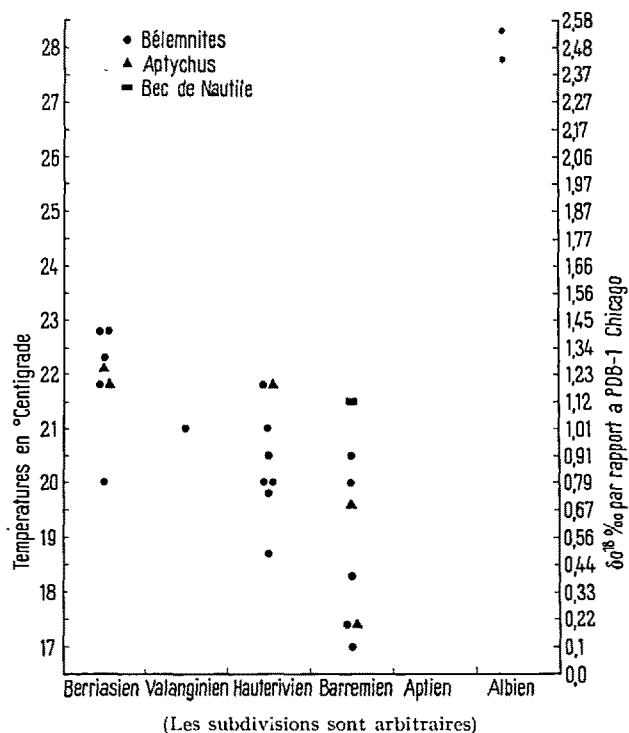
Comme leur structure le laissait supposer (FONTES et SORNAY³), les Aptychus indiquèrent des températures comprises dans le groupement défini par les Bélemnites (voir Figure) et semblent donc utilisables de la même façon que les Bélemnites à la détermination des paléotempératures (un «bec de Nautilé» nous a également fourni une indication plausible).

Ce résultat a reçu immédiatement une application importante. En effet, si l'on extrapole les résultats relatifs au Dévoluy, on doit s'attendre à trouver dans le Jurassique supérieur un maximum climatique analogue à celui de l'Albien.

Un exemplaire d'Aptychus séquanien (*Laevaptychus sp.*) a été analysé en l'absence de Bélemnites, et a indiqué

une température de 23,4°C ($\delta O^{18} = -1,54\text{‰}$ par rapport à PDB 1).

Or, BOWEN⁴ mentionne une valeur haute de 23,1°C pour l'Oxfordien supérieur d'Arc (Doubs). La présence d'un maximum général en Europe occidentale au Jurassique supérieur ressort des autres résultats obtenus par cet auteur (un maximum dans le Jurassique supérieur du Groenland oriental est également signalé dans BOWEN⁵).



³ J. C. FONTES et J. SORNAY, C. R. Acad. Sci. Paris 254, 4319 (1962).

⁴ R. BOWEN, J. Geol. 69, 309 (1961).

⁵ R. BOWEN, Exper. 18, 438 (1962).

Les Aptychus apportent donc ici une précision supplémentaire en excellent accord avec les autres résultats connus pour la même époque.

L'échelle des Bélemnites ainsi complétée donne une bonne esquisse de la paléoclimatologie de cette époque: à partir du maximum de température du Jurassique supérieur on assiste à une baisse graduelle jusqu'au minimum barrémien suivie ensuite d'une remontée vers le maximum Albien (voir Figure). Remarquons que le maximum Albien a, comme celui du Jurassique supérieur, une valeur absolument générale. Cette constance pour toute l'Europe occidentale est bien établie par les travaux de LOWENSTAM et EPSTEIN⁶ et BOWEN⁷. Les autres températures concernant l'Albien de France obtenues par BOWEN⁸ dans le Pas de Calais (Cap Blanc Nez) se rangent entre 22,7°C et 25,1°C.

Ceci concorde avec les données de la paléogéographie. A ces deux époques les mers avaient en effet une large extension sur le continent.

En revanche, au Portlandien la mer se retire dans le réservoir alpin d'où vont partir, en direction du Nord-Ouest, les transgressions successives du Crétacé.

Au Néocomien la mer issue du domaine alpin reste encore séparée de celle qui couvrait une partie des Iles Britanniques. Il faut certainement voir là l'explication des différences relevées entre les valeurs néocomiennes d'Angleterre et celles du Dévoluy (16,5°C à Speeton in BOWEN⁸).

De même à l'Albien, les valeurs obtenues pour les Alpes sont sensiblement plus élevées que celles déterminées à partir de fossiles de régions plus septentrionales. Mais il s'agit cette fois du même domaine marin et l'on peut supposer que les variations sont en grande partie dues aux effets de latitude. Il serait donc extrêmement intéressant de réaliser une étude de fossiles albiens d'Espagne et d'Afrique du Nord pour essayer d'en tirer des indications sur les positions des tropiques de l'équateur et des pôles à cette époque.

(c) *Le problème de l'Aptien*. Les anciens auteurs pensaient que la corniche suburgonienne constituait une faciès de même âge que l'Urgonien du Vercors c'est à dire Barrémien supérieur Aptien inférieur.

En réalité on a vu que la microfaune plaide en faveur d'un âge barrémien pour l'ensemble de la corniche calcaire. L'Aptien devrait tout entier être compris dans le complexe sus-jacent. Or, les températures indiquées par les Bélemnites recueillies au dessus de la barre se rangent dans le domaine Albien et non dans celui de l'Aptien bien étudié par BOWEN^{4,8}. Dans le département du Vaucluse, proche

du Dévoluy, cet auteur a obtenu des valeurs de 19,2°C et 20,5°C très inférieures à celle données par les niveaux supposés aptiens du Dévoluy.

Les autres températures aptiennes de France 21°C à Clansayes et 23,7°C à Wissant déterminées par le même auteur sont également nettement plus basses.

On est donc conduit à proposer un âge Albien pour les dépôts qui reposent sur la barre suburgonienne du Dévoluy. Ainsi l'Aptien correspondrait dans ces régions à un tel relèvement du fond, qu'il aurait déterminé des émergences au moins partielles. Ce relèvement serait peut être la conséquence de secousses tectoniques précoces, dans cette région⁹.

Summary. Paleotemperature determinations were made by the oxygen isotope method on 20 Belemnoids, 5 Aptychi and a 'Nautilus' beak from the Lower Cretaceous of the Dévoluy area of the Hautes-Alpes (France). The data derived show a well-defined trend from higher temperatures in the Berriasian to a climatic minimum in the Barremian followed by a rise to the Albien maximum, previously observed elsewhere in Europe. The Aptychi are shown to be useful paleotemperature indicators utilisable in conjunction with Belemnoids. A Sequanian Aptychus gave a high temperature reading, indicating that the climate steadily cooled from Upper Jurassic times into the Barremian. The single 'Nautilus' beak gave a result suggesting that this group of fossils may also prove valuable in similar studies in the future. The paleotemperature data also showed (by the stratigraphic position of the relevant Belemnoids) that the Aptian is either very attenuated or absent in the Dévoluy.

R. BOWEN et J. C. FONTES

Laboratorio di Geologia Nucleare Contratto EURATOM-ULB-C.N.E.N., Pisa (Italia), et Laboratoire de Géologie Dynamique et de Géographie Physique à la Sorbonne, Paris (France), le 20 novembre 1962.

⁶ H. A. LOWENSTAM et S. EPSTEIN, J. Geol. 62, 207 (1954).

⁷ R. BOWEN, J. Geol. 69, 75 (1961).

⁸ R. BOWEN, J. Pal. 35, 1077 (1961).

⁹ *Remerciements.* Le Professeur M. DURAND-DELGA de l'Université de Paris a déterminé les Aptychus. Les Professeurs L. GLANGEAUD de l'Université de Paris et H. A. LOWENSTAM du California Institute of Technology ont émis de précieuses suggestions géologiques et théoriques. Le Professeur TONGIORGI du Laboratorio di Geologia Nucleare di Pisa où a été réalisé ce travail en a suivi la réalisation. Il est agréable aux auteurs de leur exprimer leur reconnaissance.

THEORIA

Zur mathematischen Theorie der Signerschen Zerlegungsapparatur zur multiplikativen Verteilung von Substanzen zwischen nichtmischbaren Flüssigkeiten

SIGNER et al.¹ haben eine Apparatur zur Trennung chemischer Stoffgemische entwickelt, wobei zwei nichtmischbare Flüssigkeiten durch ein ruhendes Kammer-system fließen, die durch Bohrungen in den Trennwänden miteinander kommunizieren. In den einzelnen Kammern sorgen langsam rotierende Rührscheiben, die in die übereinander lagernden Flüssigkeiten eintauchen,

für eine rasche Einstellung des Verteilungsgleichgewichts der Stoffe des dem Lösungsmittelstrom zugeleiteten Stoffgemisches¹.

Die Leistung des Apparates hängt unter anderem von den Dimensionierungen der Kammern, von der Grösse der Durchflussöffnungen, von der Drehzahl der Rührscheiben und von der Fließgeschwindigkeit der beiden Lösungsmittel ab. Es ist klar, dass sich Abweichungen gegenüber einer theoretisch bestimmbaren Leistung eines idealen Gerätes ergeben. Diese sind vor allem darauf zurückzuführen, dass die Durchmischung in den Kam-

¹ Genaueres findet man in der Note R. SIGNER, K. ALLEMAN, E. KÖHLI, W. LEHMANN, H. MEYER und W. RITSCHARD, Dechema-Monographien 27, 32 (1956).