Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 1 (1948)
Heft: 2

Artikel: Étude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse
Autor: Carozzi, Albert
Kapitel: 3: Paléogéographie et paléotectonique
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739262

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

« L'homme de science qui ne peut émettre une hypothèse n'est plus qu'un comptable de phénomènes. »
LECOMTE DU NOÜY.

CHAPITRE 3

PALÉOGÉOGRAPHIE ET PALÉOTECTONIQUE

§ 1. GÉNÉRALITÉS.

A la suite de ses études, G. Maillard (74) était arrivé à la conclusion que la lagune purbeckienne pouvait être divisée en deux domaines; d'une part la zone dite « des marnes à gypse », s'étendant depuis les affleurements les plus septentrionaux de Saint-Imier jusqu'à une ligne tirée de Pontarlier-Petites-Chiètes à Vallorbe. A partir de cette ligne et jusqu'à l'extrémité S du territoire purbeckien, il n'y a plus, selon Maillard, de couches saumâtres supérieures, ni de marnes à gypse, tout l'étage est lacustre.

D'après nos recherches, la stratigraphie dans la partie méridionale de la lagune est plus compliquée et présente aussi trois termes, les marnes à gypse sont remplacées par les couches dolomitiques inférieures, tandis que les couches lacustres et saumâtres supérieures persistent. Voici un tableau schématique des divers faciès et de leurs relations:

(domaine des couches dolomitiques)			(domaine des marnes à gypse)
La Dôle	Vallorbe	Le Locle	
Couches saumâtres supérieures			Purbeckien sup.
Couches lacustres supérieures			Purbeckien moy.
Intercalation marine moyenne			
Couches lacustres inférieures			
Couches dolomitiques inférieures		Couches dolomitiques réduites Marnes à gypse	Purbeckien inf.

Il semble que les marnes à gypse soient l'équivalent de la plus grande partie des couches dolomitiques inférieures.

Un simple examen des séries stratigraphiques et surtout des courbes de faciès que nous avons données, montre que le Purbeckien du Jura est sujet à de grandes variations de faciès et d'épaisseur. Ces deux caractères sont intimement liés et il n'est pas question de voir dans ces variations des effets tectoniques secondaires (réductions, laminages), mais bien le résultat d'une paléogéographie accusée.

Nous allons, dans les lignes qui suivent, développer l'idée que dans les séries purbeckiennes on peut distinguer deux types principaux de faciès, l'un répondant à des conditions anticlinales, l'autre à des conditions synclinales. Bien entendu, il ne faut pas se méprendre sur les termes « anticlinaux » et « synclinaux », il s'agit des ondulations à grand rayon de courbure d'une tectonique embryonnaire. Les coupes stratigraphiques que nous avons données ne sont pas *actuellement* en position nettement anticlinale ou synclinale, car dans le premier cas le Purbeckien des charnières a été érodé et celui des synclinaux enfoui en profondeur. Ces séries se situent donc en des positions intermédiaires qui, selon les localités, se rapprochent plus ou moins de l'axe de l'anticlinal ou du synclinal actuel. Ceci explique pourquoi les exemples donnés plus loin pour chaque type de faciès ne présentent pas toujours la totalité des caractères spécifiques.

Voyons les caractères généraux des deux types de série:

a) *Série anticlinale:*

1° Epaisseur réduite;
2° Lacunes stratigraphiques, surfaces d'émersion;
3° Faciès lacustre largement développé;
4° Intercalations marines réduites ou absentes;
5° Présence de niveaux sapropéliens, bitumineux ou charbonneux (roches-mères des cailloux noirs);
6° Présence de niveaux rubéfiés ou riches en débris rubéfiés;
7° Forte agitation de la courbe des faciès exprimant une grande sensibilité aux efforts tectoniques;

8° Abondance consécutive de quartz clastique, d'oxydes de fer et de cailloux noirs;
9° Présence locale de brèches de pente ou d'écroulement de falaises.

b) *Série synclinale:*

1° Grande épaisseur;
2° Pas de lacunes stratigraphiques, ni de surfaces d'émersion;
3° Faciès lacustre réduit;
4° Intercalations marines fréquentes;
5° Absence de niveaux sapropéliens;
6° Allochtonie des débris rubéfiés et des cailloux noirs;
7° Faible agitation de la courbe de faciès exprimant une moindre sensibilité aux efforts tectoniques;
8° Moindre fréquence de quartz clastique, d'oxydes de fer et de cailloux noirs;
9° Présence locale de brèches de pente et d'écroulement de falaises, d'origine allogène.

c) *Série réduite:*

On peut encore distinguer des séries purbeckiennes ayant des caractères mal définis, mixtes et caractérisés surtout par une épaisseur très faible et qui jalonnent les limites du territoire purbeckien. Dans ces régions, le passage du Jurassique supérieur au Crétacé s'est effectué presque sans épisode lacustre bien établi et il est intéressant d'y étudier le passage latéral de la lagune purbeckienne à la mer.

§ 2. Domaine des couches dolomitiques inférieures.

a) *Coupes anticlinales.*

Les caractères sont les suivants:

1° Epaisseur moyenne faible dépassant rarement 10 m;
2° Couches dolomitiques inférieures peu épaisses, et entrecoupées d'émersions, souvent absentes ou remplacées par des conglomérats ou des couches lacustres sapropéliennes ou normales;

3° Couches lacustres épaisses riches en niveaux sapropéliens (roches-mères des brèches multicolores). Fréquence des surfaces d'émersions et des niveaux rubéfiés. Localement, grandes épaisseurs de brèches de pente ou d'écroulement de falaises. Intercalations marines réduites ou nulles:

4° Couches saumâtres à Dasycladacées réduites, absentes ou remplacées par des couches lacustres sapropéliennes ou normales.

Ainsi on peut réaliser, dans un cas extrême, une série entièrement lacustre telle que Maillard l'avait définie, mais ce qu'il considérait être un cas général n'est en réalité qu'une exception.

1. *Coupe des Biolles–Marais-Rouge*, épaisseur: 18 m 10.

Le faciès marin dolomitique est remplacé par une grosse brèche-poudingue à éléments portlandiens et le faciès lacustre ne montre pas d'intercalations marines. Les couches saumâtres supérieures sont peu développées.

2. *Coupe du col de la Dôle*, épaisseur: 19 m 36.

Les couches dolomitiques sont épaisses mais entrecoupées par des émersions brusques à surface d'érosion continentale. Dans la série lacustre s'intercalent sur plus de 5 m d'importantes brèches d'écroulement, dont nous avons déjà parlé. Précisons maintenant que les petits éléments arrondis où prédominent les cailloux noirs pourraient bien représenter la grève à galets roulés par les vagues, sur laquelle sont venus s'écrouler les blocs anguleux d'une falaise. On peut avoir une idée de la hauteur de la paroi éboulée en reconstituant la succession stratigraphique que l'on retrouve dans les blocs. Elle s'étend du Portlandien calcaire compact au Purbeckien moyen, ce qui équivaut à environ 30 m. D'autre part, la composition des éléments purbeckiens donne de précieuses indications sur les faciès qui existaient au sommet de l'anticlinal. Nous avons vu qu'ils sont entièrement lacustres et même sapropéliens, ce qui confirme l'idée selon laquelle les dorsales émergées forment les régions émettrices de cailloux noirs. Un autre argument est fourni par les faits suivants: en descendant sur le flanc S

de l'anticlinal de la Dôle vers la Barillette, on observe que le diamètre des galets noirs des brèches multicolores diminue graduellement dans cette direction. En effet, le diamètre des galets atteint 5 à 6 cm dans les brèches d'écroulement du col de la Dôle, tandis qu'il ne dépasse plus 1 à 2 cm dans les brèches de la région de la Barillette. Cette diminution graduelle du diamètre des galets montre que leur origine est à rechercher près des culminations anticlinales.

L'intercalation marine moyenne est bien développée au milieu des couches lacustres, qui s'étendent jusqu'au sommet de la coupe; ainsi les couches saumâtres supérieures manquent.

3. *Coupe de Riondaz-Dessus*, épaisseur: 15 m 61.

Elle ne possède pas un caractère anticlinal aussi accentué que celle du col de la Dôle; il s'agit ici d'un bombement moins accentué. En effet, les couches dolomitiques coupées par une émersion sont bien développées, de même que les couches saumâtres supérieures. La série lacustre, assez importante, est restée à l'abri des intercalations marines.

4. *Coupe du Mont Tendre-Le Mazel*, épaisseur: ?

Les rares parties visibles de cette série indiquent un caractère anticlinal, d'abord la base est formée par une brèche grossière d'origine portlandienne, semblable à celle de la coupe de Marais-Rouge, puis dans les couches dolomitiques s'intercale un calcaire à cailloux noirs témoignant de la proximité de zones émergées à couches sapropéliennes, il s'agit du Mont Tendre lui-même.

5. *Coupe de Vaulion-Pétrafelix*, épaisseur: 9 m 70.

Pour Maillard (74) cette coupe était de faciès littoral et il la considérait comme une trace du bord oriental de la lagune. Mais depuis lors le Purbeckien a été reconnu plus à l'E et la région de Vaulion doit être considérée, à notre avis, comme une zone anticlinale des plus typiques. La conservation d'une telle coupe est due à la forte surrection en bloc du massif de la Dent-de-Vaulion; c'est un cas extrêmement rare. La série en question montre dès la base des couches lacustres sapropéliennes repo-

sant, sans l'intermédiaire des couches dolomitiques, sur le calcaire portlandien conglomératique. Ensuite les alternances lacustres et marines sont fréquentes, indiquant une grande instabilité. Du reste cette dernière est encore soulignée par un important développement du faciès conglomératique. Dans certaines couches, des débris de bois flottés indiquent la proximité de terres fermes. Les couches saumâtres supérieures existent, mais très réduites.

6. *Coupe de Ballaigues* (limite des deux domaines), épaisseur: ?

Cette région très mal connue à cause de la rareté des affleurements, semble avoir été une terre émergée pendant tout le Purbeckien, comme en témoignent les couches charbonneuses et bitumineuses décrites par Maillard (74). Nolthenius (94) y a signalé en plus une surface à perforation de Lithophages au sommet du Purbeckien.

7. *Coupe des Clées* (limite des deux domaines), épaisseur: 8 m 30.

Elle ressemble beaucoup à la précédente, nous avons déjà parlé en détail de l'importance de ses niveaux sapropéliens où on observe le mode de formation d'un type de cailloux noirs. Les couches saumâtres supérieures sont peu épaisses et nous y avons trouvé une lentille de charbon.

8. *Coupe de Feurtilles*, épaisseur: 4 m 94.

L'instabilité est grande, bien que le caractère anticlinal ne soit pas toujours évident, sauf en ce qui concerne l'épaisseur.

Il y a une surface d'érosion très nette précédant l'intercalation marine moyenne. Rappelons l'abondance des débris rubéfiés provenant de couches portlandiennes émergées en voie de rubéfaction dans les environs de Sainte-Croix et la présence de débris de Conifères dans les niveaux lacustres. Les couches saumâtres supérieures manquent presque complètement.

9. *Coupe de Six-Fontaines*, épaisseur: 7 m 25.

Série assez voisine de la précédente, on retrouve l'intercalation marine transgressant sur une surface érodée. Les faciès

sapropéliens et conglomératiques sont présents et les couches saumâtres supérieures sont à peu près absentes.

10. *Coupe du Mont Aubert–Saint-Aubin*, épaisseur: ?

On sait peu de choses sur cette région presque entièrement couverte. En tout cas, les brèches observées indiquent un relief assez accusé soit dans la région du Mont Aubert, soit dans la région du Creux-du-Van–Le Solliat.

11. *Coupe de Vigneules*, épaisseur: 9 m 50.

Pour Maillard (74), le territoire longeant la côte du lac de Bienne, de Landeron à Vigneules, représentait le faciès littoral oriental de la lagune purbeckienne, mais en réalité il s'agit du flanc d'une longue dorsale émergée, correspondant au Chasseral.

A Vigneules même, les couches dolomitiques réduites reposent sur le calcaire portlandien conglomératique. Les couches lacustres riches en débris rubéfiés persistent jusqu'au sommet de la coupe, les couches saumâtres supérieures manquent. Les déductions faites plus haut sont confirmées par la trouvaille à Bienne d'un tronc d'arbre purbeckien silicifié (142) [1].

12. *Coupe des gorges du Seyon*, épaisseur: 9 m 90.

Le caractère anticlinal est ici moins marqué, presque toute la série est marine, à caractère lagunaire peu marqué, mais la partie supérieure lacustre montre des niveaux sapropéliens et bitumineux; les couches saumâtres supérieures manquent ici encore.

b) *Coupes synclinales.*

Les caractères sont les suivants:

1° Epaisseur moyenne grande pouvant atteindre 30 m;
2° Couches dolomitiques inférieures puissantes;
3° Couches lacustres peu épaisses à fréquentes intercalations marines. Absence de niveaux sapropéliens;
4° Couches saumâtres supérieures à Dasycladacées bien développées.

[1] Je remercie le Musée Schwab, à Bienne, de m'avoir aimablement communiqué cette pièce.

1. *Coupe du Crêt-au-Bovairon*, épaisseur: 23 m 15.

La série purbeckienne est typique, les couches dolomitiques épaisses précèdent la série lacustre coupée par une importante intercalation marine. Les couches saumâtres supérieures terminent la coupe.

2. *Coupe de Chez Villard*, épaisseur: 15 m 55.

Le faciès dolomitique puissant supporte les couches lacustres entrecoupées de fréquentes intercalations marines.

Grand développement des couches saumâtres.

3. *Coupe du bois du Mollendruz*, épaisseur: 27 m 40.

Cette coupe stratigraphique est la plus épaisse que nous ayons rencontrée au cours de notre étude. Elle est presque entièrement marine avec quelques rares épisodes lacustres, les couches dolomitiques et les couches saumâtres rivalisent de puissance. Dans la partie inférieure on observe d'importants conglomérats venus sans doute des anticlinaux voisins.

§ 3. Domaine des marnes a gypse.

La rareté des affleurements dans ce domaine a fortement restreint le nombre des exemples.

a) *Coupes anticlinales.*

Les caractères sont les suivants:

1° Epaisseur moyenne faible ne dépassant pas 10 m;

2. Marnes à gypse réduites, sans lentilles de gypse, localement absentes ou remplacées par des couches lacustres sapropéliennes ou normales. Pas de niveau dolomitique au sommet;

3° Couches lacustres puissantes, riches en niveaux sapropéliens (roches-mères des brèches multicolores). Fréquence des surfaces d'émersion;

4° Couches saumâtres supérieures à Dasycladacées réduites souvent absentes ou remplacées par des couches lacustres sapropéliennes ou normales.

Coupe de Noiraigue, épaisseur: 11 m 10.

Nous sommes ici dans le domaine des marnes à gypse, qui manquent précisément dans cette coupe, de même que le banc de calcaire dolomitique qui les surmonte. Les couches lacustres très puissantes, à débris de végétaux flottés, reposent directement sur le calcaire compact portlandien. En revanche, les couches saumâtres existent au sommet de la coupe et l'arrivée de la mer infra-crétacée est marquée par une couche à gros galets noirs provenant de la culmination anticlinale, encore une fois l'existence de couches noires au sommet des anticlinaux se confirme.

b) Coupes synclinales.

Les caractères sont les suivants:

1° Epaisseur moyenne grande pouvant atteindre 20 m;
2° Marnes à gypse épaisses à lentilles de gypse, niveau dolomitique au sommet;
3° Couches lacustres peu épaisses à fréquentes intercalations marines. Absence de niveaux sapropéliens;
4° Couches saumâtres supérieures à Dasycladacées assez bien développées.

1. *Coupe de La Brévine*, épaisseur: 16 m 25.

Nous avons ici la série-type du domaine des marnes à gypse, débutant à la base par les marnes noires terminées par un banc de calcaire dolomitique et surmontées par les couches lacustres et enfin les couches saumâtres. Ces deux dernières ont une puissance à peu près identique.

2. *Coupe de Chambrelien*, épaisseur: 20 m 25.

C'est une coupe tout à fait semblable à la précédente. Au-dessus des marnes à gypse et du calcaire dolomitique viennent les couches lacustres moins importantes qu'à La Brévine et puis les couches saumâtres.

3. *Coupe du Locle*, épaisseur: 10 m environ.

Nous ne pouvons dire grand-chose sur cette série levée par Maillard et actuellement invisible. Les marnes à gypse semblent

manquer localement et les couches lacustres sont peu importantes.

§ 4. Les séries réduites.

1. *Coupe de Premier*, épaisseur: 4 m 75.

Malgré cette faible épaisseur, la série n'offre aucun caractère anticlinal, il n'y a pas de lacunes. En effet, le faciès marin de base repose sur le portlandien conglomératique, puis viennent des couches d'eau douce et finalement le faciès saumâtre supérieur termine la coupe.

2. *Coupe de Convers*, épaisseur: 12 m 35.

La série est presque entièrement marine, dolomitique vers le bas et oolithique vers le haut. Quelques rares niveaux indiquent de faibles émersions avec des marnes noires ou des calcaires à petits débris végétaux. Il est presque exagéré de parler ici de Purbeckien, en effet, ne serait-ce la présence de polygones de dessication et de ripple-marks, on pourrait dire que le faciès marin est continu du Jurassique au Crétacé. C'est vraisemblablement le cas, immédiatement au N de la vallée de Saint-Imier.

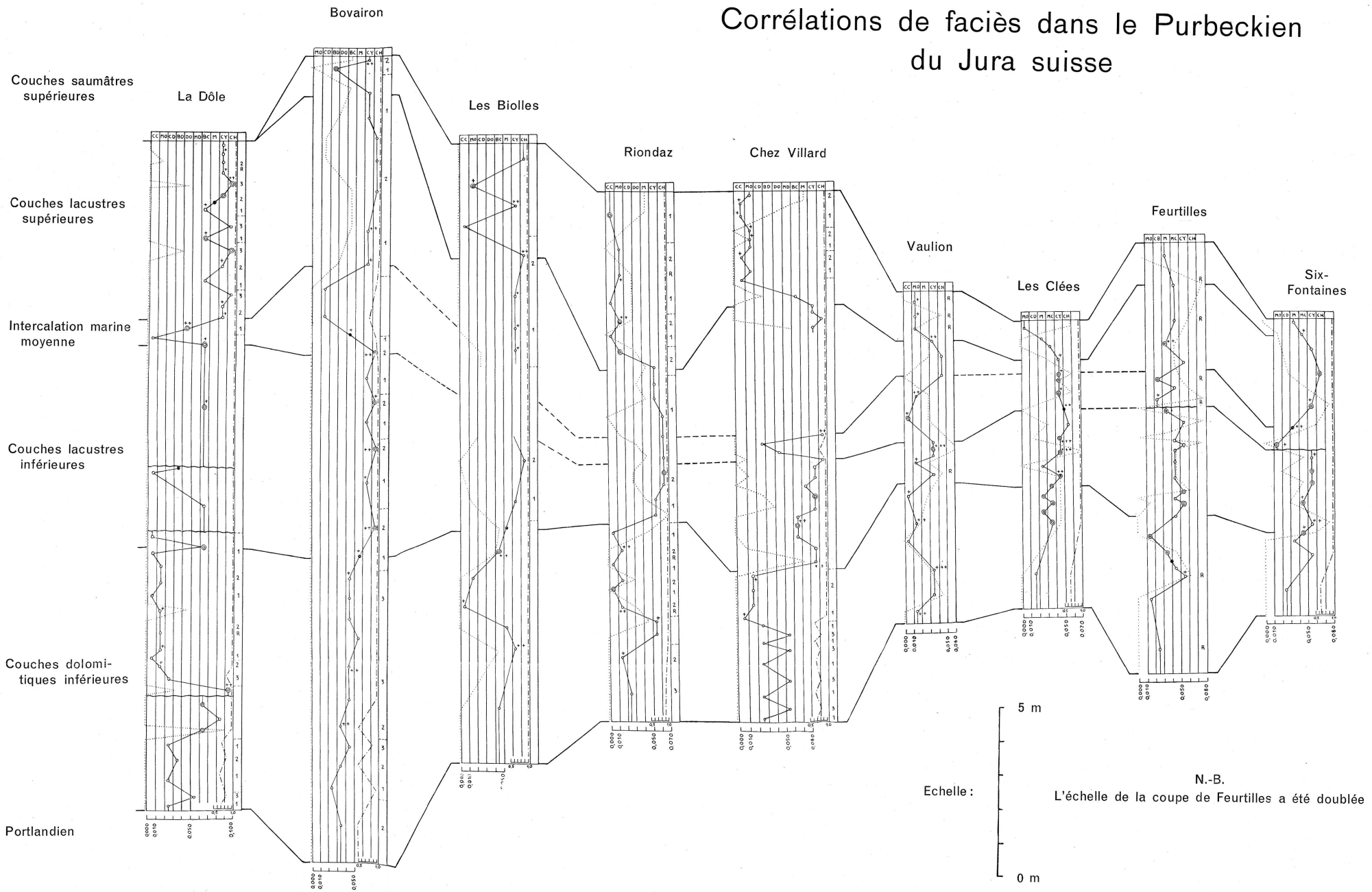
La planche I montre les corrélations que l'on peut établir entre quelques-unes des coupes étudiées. On se rendra aisément compte que *seuls les changements de milieu les plus importants peuvent donner lieu à des raccords à distance.*

En effet, les oscillations à l'intérieur de chaque milieu sont tout à fait locales, chaque région ayant réagi de façon propre aux efforts orogéniques. Il en est de même des brèches multicolores et des arrivées de cailloux noirs, *l'impossibilité de raccord est évidente*, vu le grand nombre de points émetteurs dont les produits ont dû souvent se mêler.

§ 5. La paléotectonique purbeckienne et ses rapports avec la tectonique actuelle.

Reportons (voir planche II) sur la carte structurale du Jura, établie en partie d'après de Margerie (79) à la surface du Portlandien, d'une part les coupes purbeckiennes ayant un

Corrélations de faciès dans le Purbeckien du Jura suisse



type anticlinal et d'autre part celles ayant un type synclinal ou réduit, et voyons s'il y a des analogies.

L'identité existe, les coupes anticlinales et les coupes synclinales purbeckiennes correspondent aux anticlinaux et aux synclinaux actuels.

Prenons deux exemples locaux, pour montrer jusqu'à quel point l'identité est réalisée:

1. *La région du col de La Dôle.*

La carte structurale détaillée publiée par E. Paréjas (98), rend bien compte de l'asymétrie du pli actuel de la Dôle, dont le flanc S est très redressé. C'est sur ce flanc que nous avons levé notre coupe, et la présence des brèches d'écroulement, fait unique jusqu'à ce jour dans le Purbeckien du Jura, indique que *l'asymétrie du pli existait déjà pendant le Purbeckien.*

2. *La région de la Dent-de-Vaulion.*

Les conglomérats que nous avons signalés dans la coupe du bois du Mollendruz viennent sans nulle doute de la forte culmination de la Dent-de-Vaulion et se sont accumulés dans le synclinal qui la longeait vers le SE.

Il nous semble inutile de reprendre une description générale, les faits représentés sur la planche II parlent d'eux-mêmes et nous sommes amenés à la conclusion suivante:

> Le Jura a été affecté au Purbeckien par un plissement précurseur qui a donné naissance à des ondulations à grand rayon de courbure. Ces plis embryonnaires reproduisaient, de façon atténuée, les principales culminations de la tectonique actuelle.

Du reste, G. Maillard (74) avait déjà émis cette hypothèse en se basant sur la coïncidence qu'il avait observée entre les affleurements des couches purbeckiennes et l'emplacement de certains synclinaux actuels. Malheureusement cette coïncidence apparente, simple jeu de l'érosion, ne signifie rien. Toutefois, rendons hommage à Maillard pour sa remarquable intuition.

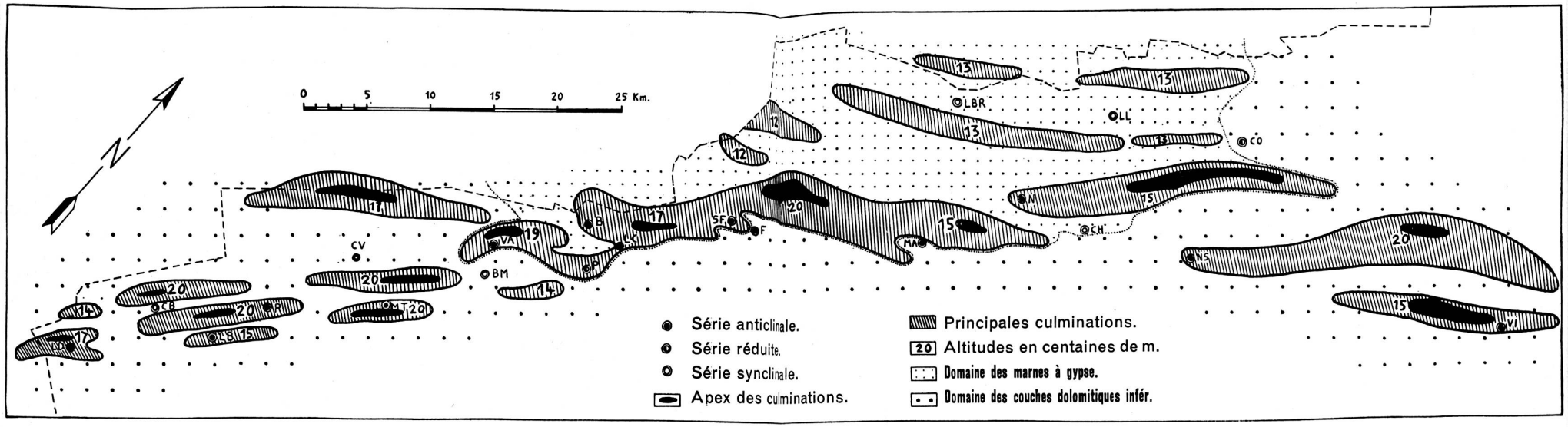
Examinons maintenant l'extension des divers faciès purbeckiens et leurs rapports avec la tectonique embryonnaire. *Nous insistons immédiatement sur le caractère schématique des esquisses paléogéographiques et sur les extrapolations inévitables pour certaines régions où toute coupe stratigraphique s'est avérée impossible*[1]. Néanmoins nous avons jugé utile de présenter ces essais d'interprétation, malgré la part d'hypothèses qu'ils comportent.

a) *Le Purbeckien inférieur:* marnes à gypse et faciès dolomitique (planche III).

Dès que les premières tendances à l'émersion apparaissent au cours du Portlandien supérieur, on remarque que la plus forte poussée s'exerce sur une bande du Jura s'étendant en gros de la ligne transversale Vallorbe-Foncines à celle de Villers-le-Lac-Neuchâtel. Ce secteur s'est surélevé plus fortement que les autres, s'isolant en quelque sorte des régions septentrionale et méridionale. Cet isolement, déjà signalé par Maillard, est responsable de la formation des lagunes à marnes à gypse, tandis que de part et d'autre s'étendent les faciès dolomitiques. Notons, qu'au point de vue tectonique, cette région singulière se situe exactement en face de l'ensellement alpin, massif de l'Aar–Mont-Blanc, cet axe de transmission de poussées, comparable dans sa nature à la transversale de Genève de Ed. Paréjas (98), était déjà actif à ce moment.

Autrefois on admettait que le territoire purbeckien devait ressembler à une vaste dorsale surbaissée culminant dans le domaine des marnes à gypse. Mais la paléogéographie était bien plus compliquée. Les couches dolomitiques se sont déposées dans une mer peu profonde qui ceinturait le domaine plus élevé des marnes à gypse. Son rivage, en territoire suisse, passe par Vaulion, Premier, Les Clées, Six-Fontaines, puis il longe le versant S du Mont Aubert et de la montagne de Boudry. De là

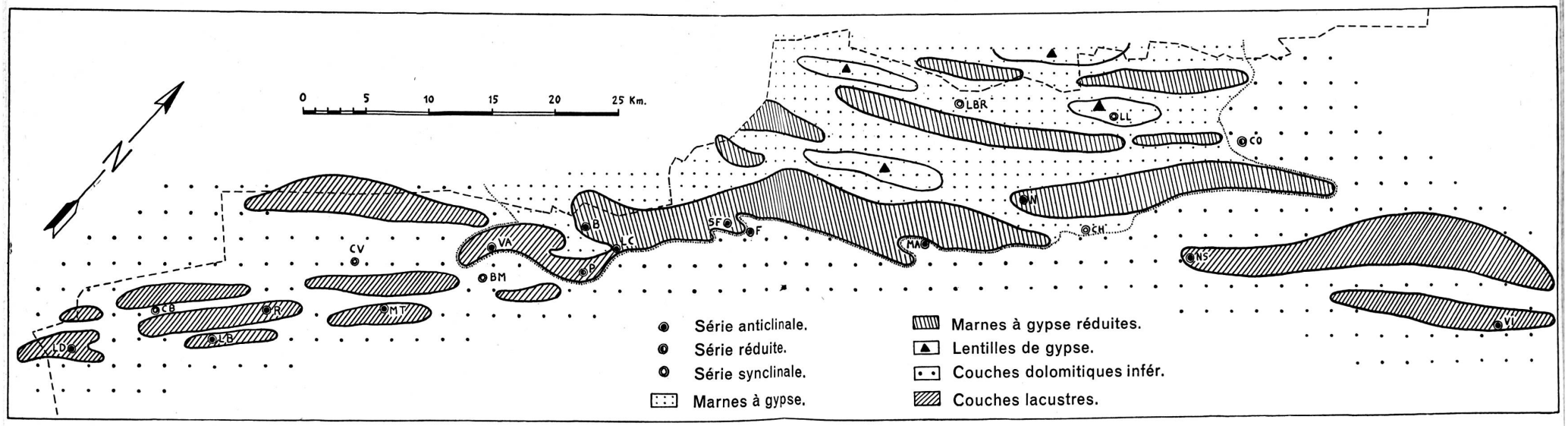
[1] Les contours des dorsales figurées sur les planches II et V ont été tracées sur la base de la tectonique actuelle. Il est probable qu'au Purbeckien elles n'étaient pas toutes individualisées, mais que plusieurs d'entre elles devaient se grouper en des ensembles plus simples.



Rapports entre la carte structurale actuelle du Jura et les domaines paléogéographiques du Purbeckien.

Les initiales désignent les coupes stratigraphiques:

B	Ballaigues.	CH	Chambrelien.	F	Feurtilles.	LC	Les Clées.	MA	Mont Aubert.	NS	Neuchâtel-Seyon.	SF	Six-Fontaines.
BM	Bois du Mollendruz.	CO	Les Convers.	LB	Les Biolles.	LD	La Dôle.	MT	Mont Tendre.	P	Premier.	VA	Vaulion.
CB	Crêt-au-Bovairon.	CV	Chez Villard.	LBR	La Brévine.	LL	Le Locle.	N	Noiraigue.	R	Riondaz-Dessus.	VI	Vigneules.



Esquisse paléogéographique du Purbeckien inférieur.

Même légende que la planche II.

sa trace se suit à Chambrelien, puis dans le Val-de-Ruz et enfin près du Locle et de Villers-le-Lac. De cette mer émergeaient de longues îles correspondant aux voûtes des plis embryonnaires. Sur leur surface se développaient des faciès lacustres, même sapropéliens, dont le remaniement conduit à la formation des premières brèches multicolores. Parfois il y avait lacune de sédimentation et le calcaire portlandien battu par les vagues donnait naissance à des brèches-poudingues. Ailleurs encore les agents atmosphériques rubéfiaient les dorsales émergées. Point n'est besoin de rappeler les principales d'entre elles qui se situaient sur l'emplacement actuel de La Dôle, du Noirmont, du Mont Tendre, du Risoux, de la Dent-de-Vaulion, du Chasseron et, plus au NE, du Chasseral.

De même, l'aire d'extension des marnes à gypse était accidentée. Dans les dépressions synclinales, les marnes se déposaient épaisses et riches en lentilles de gypse, dont plusieurs ont été exploitées (Les Verrières, La Brévine, Le Locle). Sur les voûtes anticlinales, les couches marneuses sont peu importantes, souvent absentes et remplacées par les faciès lacustres, sapropéliens par endroits, tel est le cas de la longue dorsale Suchet-Montagne de Boudry, du Mont-de-Verrières, pour ne parler que des principales culminations.

En résumé, on distingue au Purbeckien inférieur deux domaines de sédimentation bien distincts: d'une part une zone surélevée où se déposent les marnes à gypse, d'autre part une vaste zone moins surélevée, entourant la précédente, et où s'accumulent les couches dolomitiques. Ces deux domaines sont eux-mêmes accidentés par des terres émergées à la surface desquelles s'établissent des faciès lacustres ou continentaux.

Nous insistons d'ores et déjà sur l'existence de ces domaines géographiques qui persisteront pendant tout le Purbeckien, au travers des différents faciès.

b) *Le Purbeckien moyen:* couches lacustres (planche IV).

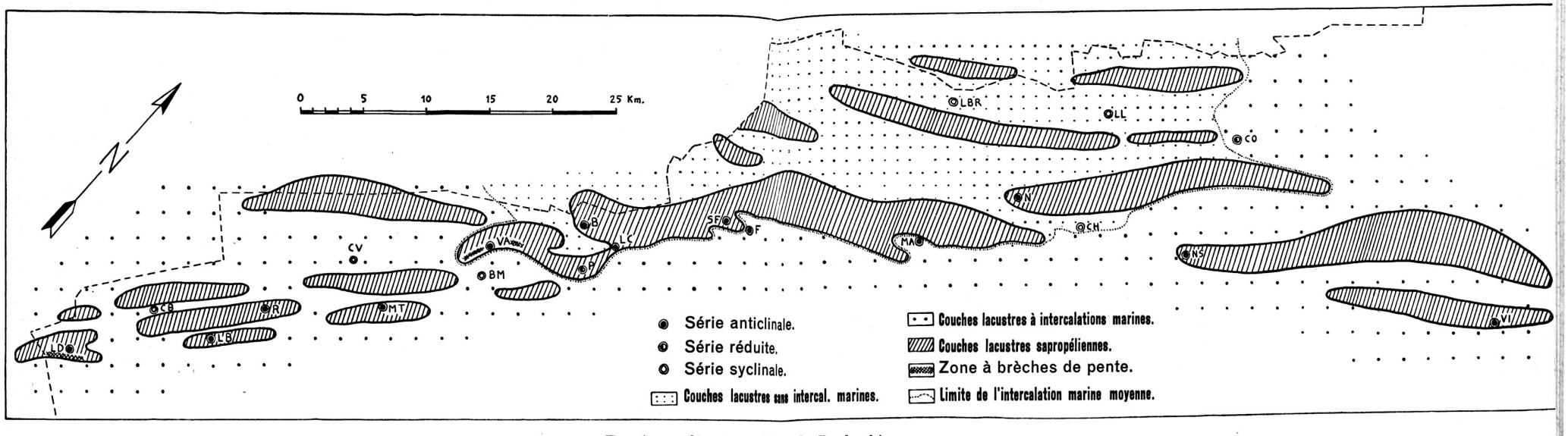
C'est à cette période que la surrection atteint son maximum, la mer s'est entièrement retirée et le faciès lacustre s'étend sur tout l'emplacement de la lagune purbeckienne. Cependant l'uniformité de sédimentation est loin d'être réalisée, les dor-

sales anticlinales constituent toujours des zones plus élevées, en partie isolées, et à leur surface les faciès sapropéliens noirs se développent largement. Au cours des oscillations si fréquentes à cette période, les couches noires sont remaniées et leurs débris se répandent dans les dépressions synclinales sous forme de brèches multicolores. Rappelons que ce remaniement qui avait déjà débuté au Purbeckien inférieur, atteint ici son paroxysme et qu'il se poursuivra encore, mais atténué, dans le Purbeckien supérieur. L'instabilité tectonique est démontrée par les écroulements se produisant sur les flancs des plis asymétriques (La Dôle, Dent-de-Vaulion) et dont les matériaux glissent jusque dans les dépressions les plus profondes (col du Mollendruz). Parfois les rémissions de poussées permettent des pénétrations marines, de courte durée, qui déposent surtout des couches dolomitiques. La plus importante est celle qui s'est produite en plein milieu des couches lacustres; elle s'est étendue, en évitant les dorsales anticlinales, sur presque tout l'ancien domaine des couches dolomitiques inférieures et elle est venue mourir précisément sur son ancienne ligne de rivage. Cette coïncidence indique que l'ancienne aire des marnes à gypse a conservé, même pendant le faciès lacustre, une position légèrement plus élevée qui l'a mise à l'abri des atteintes de la mer.

c) *Le Purbeckien supérieur:* couches saumâtres supérieures (planche V).

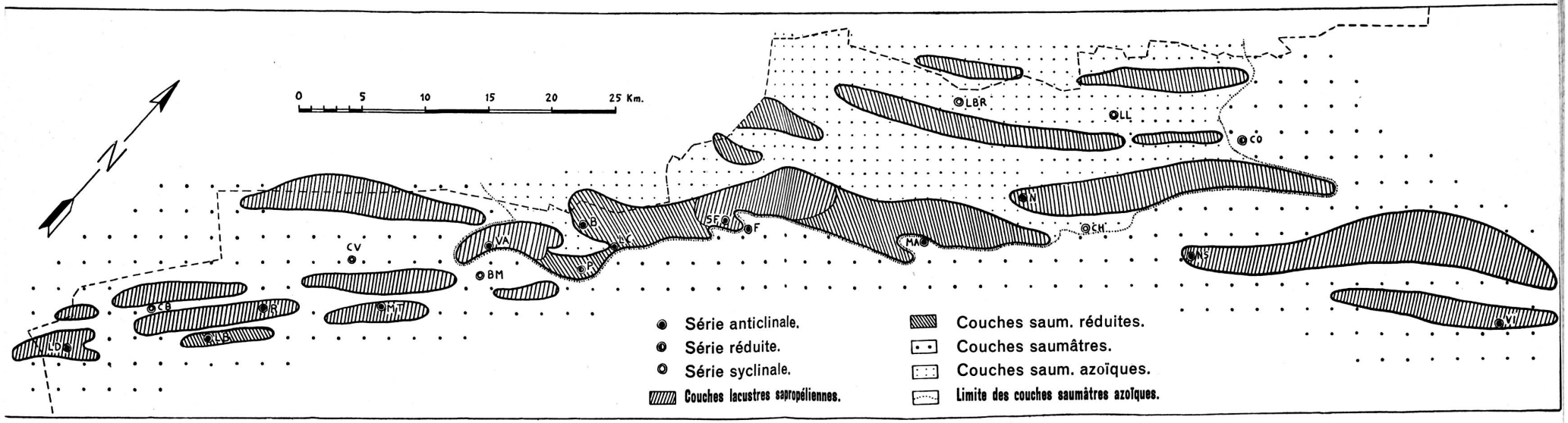
L'effort tectonique touche bientôt à sa fin et la lagune purbeckienne subit une lente subsidence. Le retour de la mer s'amorce par des faciès microbréchiques saumâtres. Pourtant, dans tous les domaines, les zones émergées anticlinales subsistent et il s'y dépose toujours des couches saumâtres d'épaisseur réduite, ou même des couches lacustres sapropéliennes sur les plus fortes culminations.

En ce qui concerne l'allure générale de la région, on note deux faciès principaux. Au centre de l'ancienne zone des marnes à gypse s'étend, selon Maillard et, principalement sur territoire français, un faciès spécial dit « oolithique supérieur » qui passe latéralement à des couches saumâtres relativement pauvres en



Esquisse paléogéographique du Purbeckien moyen.

Même légende que la planche II



Esquisse paléogéographique du Purbeckien supérieur.

Même légende que la planche II.

Dasycladacées. Dès que l'on sort de ce domaine, soit vers le N, soit vers le S, les couches saumâtres sont plus épaisses et plus riches en algues vertes.

d) *La transgression crétacée.*

Les couches infra-crétacées reposent, comme il fallait s'y attendre, soit sur les couches saumâtres, soit sur les couches lacustres. Il y a donc bien une discordance à la base du Crétacé, mais elle n'est observable qu'à grande échelle. Dans le premier cas, la limite entre les deux terrains n'est pas franche et il y a souvent passage graduel ou des alternances, dans l'autre cas le contact est très net. Le faciès du Crétacé inférieur varie selon les localités, il va de la microbrèche oolithique blanche (marbre bâtard) à un calcaire échinodermique grossier rappelant le calcaire roux.

e) *Les variations d'épaisseur du Purbeckien.*

Si même nous voulons négliger complètement les indications paléogéographiques fournies par les différents faciès purbeckiens, nous pouvons avoir un autre argument important en faveur de l'idée d'un plissement précurseur, c'est la carte isopachyque ou carte des épaisseurs. (Fig. 35 A.)

Elle se construit en rejoignant par des courbes les points où le Purbeckien montre la même puissance, les courbes sont dites « isopachytes ». L'esquisse obtenue ne peut donner qu'une idée générale du phénomène vu le nombre restreint de points connus. Il n'en subsiste pas moins que sur l'étendue du Jura vaudois se montrent deux dépressions importantes où le Purbeckien est très puissant, ce sont les zones du Crêt-au-Bovairon (puissance: 23 m 15) et du bois du Mollendruz (puissance: 27 m 40). Ces dernières sont séparées par la culmination importante du Mont-Tendre où le Purbeckien ne dépasse pas 10 m de puissance.

Une comparaison avec la carte structurale actuelle du Jura vaudois construite au sommet du Portlandien (fig. 35 B) est significative.

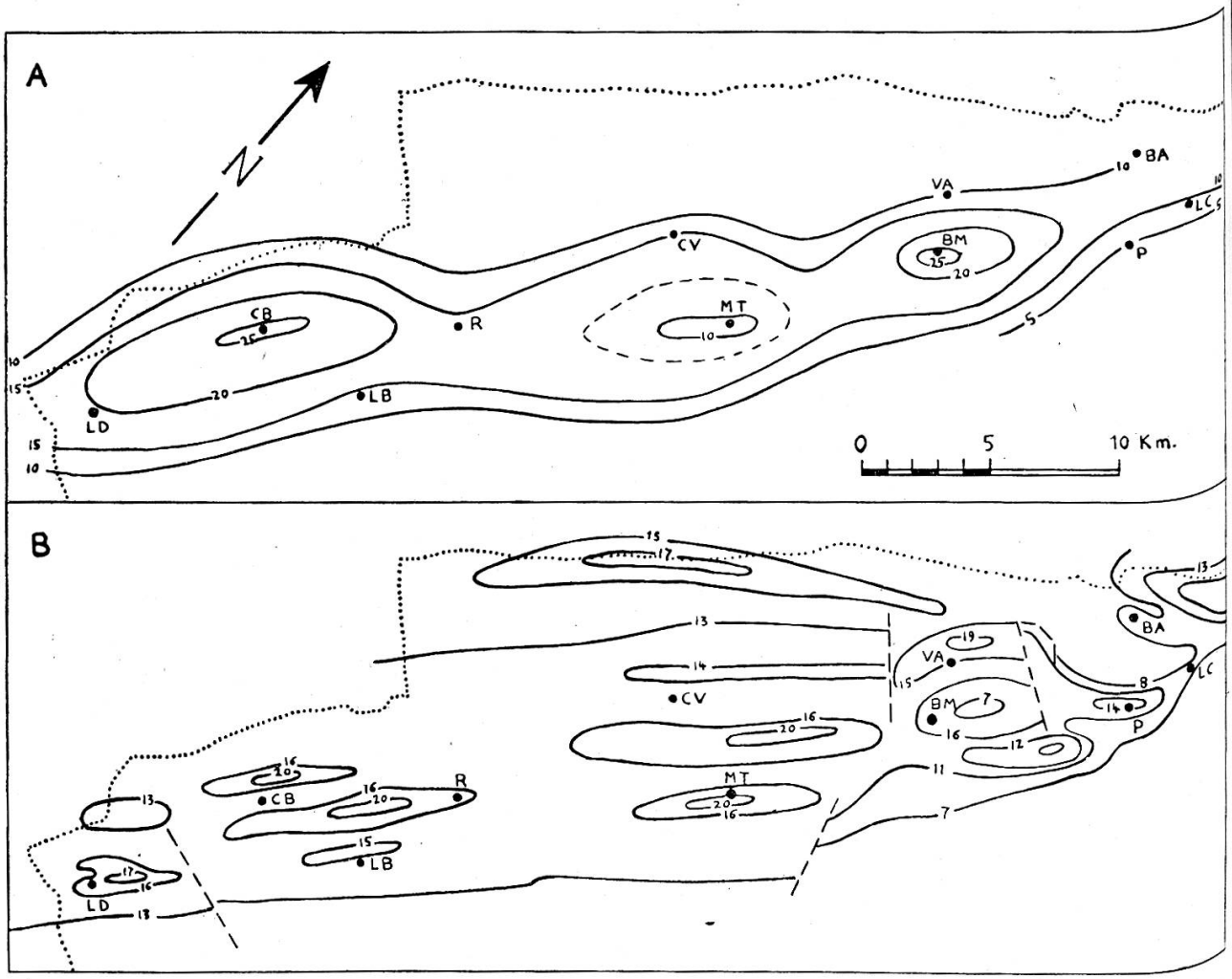


Fig. 35.

A. Carte isopachyque du Purbeckien du Jura vaudois. Les épaisseurs sont données en mètres.
B. Carte structurale actuelle du Jura vaudois construite au sommet du Portlandien. Les altitudes sont données en centaines de mètres.

Les initiales désignent les coupes stratigraphiques:

BA	Ballaigues.	LD	La Dôle.
BM	Bois du Mollendruz.	MT	Mont Tendre.
CB	Crêt-au-Bovairon.	P	Premier.
CV	Chez Villard.	R	Riondaz-Dessus.
LB	Les Biolles.	VA	Vaulion.
LC	Les Clées.		

§ 6. Les limites du territoire purbeckien.

Vers l'intérieur du Jura, sur territoire français, le Purbeckien se développe largement d'après la carte de Maillard. Vers le NE, depuis Bienne, le Sidérolithique éocène a effacé toute trace des

couches lacustres, dont il ne subsiste qu'un seul témoin, celui de Moutier, signalé par Choffat (21), cependant il doit s'agir d'un pointement isolé et la lagune purbeckienne ne devait pas s'étendre bien loin au delà de la vallée de Saint-Imier.

On ne sait pas quelle est l'allure du Jurassique supérieur sous les molasses du Plateau suisse, mais il est probable que des terres émergées devaient y exister, établissant la liaison entre le Purbeckien du Jura et celui du parautochtone du Klausen-Pass (13) et celui de la Nappe de Morcles (Mont-Ruan) signalé récemment (23). Vers le S, la lagune purbeckienne s'étendait très loin, par le Salève, la Cluse de Balme et le Semnoz (88) jusqu'à La Buisse près de Grenoble (146).

§ 7. La paléogéographie du fer.

Pour avoir une idée de l'importance relative de l'apport de fer, on peut pour chaque coupe stratigraphique faire la somme des niveaux ferrugineux (représentés sur les diagrammes par des croix). Nous avons ainsi un moyen de comparer les coupes entre elles. En ce qui concerne les séries anticlinales, on remarque facilement que seules les couches lacustres sont intéressantes; en effet on a les valeurs suivantes, par importance décroissante:

Coupes anticlinales	Niveaux ferrugineux			
	Couches dolomitiques	Couches lacustres	Couches saumâtres	Total
Vaulion . . .	0	15	3	18
La Dôle . . .	5	13	0	18
Vigneules . .	1	14	0	15
Les Clées . .	0	13	0	13
Les Biolles . .	0	8	3	11
Six-Fontaines .	0	10	0	10
Riondaz . . .	6	0	3	9
Feurtilles . . .	1	7	0	8
Noiraigue . .	0	7	0	7

Il ne faut pas donner à ces chiffres plus de valeur qu'ils n'en ont, mais on peut cependant classer les anticlinaux étudiés en

se basant sur le fait que les culminations les plus puissantes, ou les plus étendues, ont persisté le plus longtemps et possèdent ainsi le plus grand nombre de niveaux ferrugineux. L'ébauche de classification des anticlinaux ci-dessous exprime bien leur importance réciproque telle qu'elle apparaît du reste sur la carte structurale et dans les successions de faciès.

Culmination de 1er ordre: Vaulion, la Dôle (18), par analogie Mont Tendre, Noirmont.
2e ordre: Les Clées, Vigneules (15 à 13).
3e ordre: Les Biolles, Six-Fontaines (11 à 10).
4e ordre: Feurtilles, Noiraigue, Riondaz (9 à 6).

Les séries synclinales offrent moins d'intérêt par le fait que leur teneur en fer est fonction directe du délavage des anticlinaux voisins, c'est le cas de la coupe du Crêt-au-Bovairon qui, située au pied de la culmination du Noirmont, montre une teneur anormale dans les couches lacustres; les autres coupes n'offrent rien de particulier.

Coupes synclinales	Niveaux ferrugineux			
	Couches dolomitiques	Couches lacustres	Couches saumâtres	Total
Crêt au Bovairon	6	11	2	19
Chez Villard .	2	6	2	10
Chambrelien .	2	8	3	13

Nous avons vu que la présence du fer est liée à presque toutes les variations de faciès et aux moindres oscillations du fond. Souvent il se montre indépendant du quartz. Tous ces faits témoignent en faveur d'*une origine locale du fer*, il provient, comme l'envisage E. Paréjas (98) pour les culminations des Bornes, du délavage des dorsales anticlinales émergées et soumises aux actions des agents atmosphériques. On a constaté aussi que le fer arrive avec un certain retard par rapport à la courbe des faciès, retard exprimant le temps nécessaire à la rubéfaction et au transport des oxydes à distance.

§ 8. La paléogéographie du quartz.

La présence du quartz clastique est liée aux grandes oscillations ou aux principaux changements de milieu; parfois il en est même indépendant. Le comportement témoigne d'une origine lointaine. Le quartz clastique n'est fréquent que dans les couches lacustres et lors des pénétrations marines à leur intérieur; ailleurs il est rare et sans intérêt.

Le tableau ci-dessous donne les diamètres maxima par ordre décroissant:

Couches lacustres inférieures		Intercalation marine moyenne		Couches lacustres supérieures	
	mm		mm		mm
1 Chambrelien:	0,120	1 Feurtilles:	0,075	1 Vigneules:	0,090
2 Vaulion:	0,100	2 Chambrelien:	0,045	2 Chambrelien:	0,075
3 Noiraigue:	0,090	3 Vaulion:	0,030	3 Feurtilles:	0,075
4 Les Clées:	0,075	4 Vigneules:	0,030	4 Six-Fontaines:	0,075
5 Six-Fontaines:	0,075	5 Chez Villard:	0,000	5 Riondaz:	0,070
6 Chez Villard:	0,075	6 Six-Fontaines:	0,000	6 Noiraigue:	0,060
7 Feurtilles	0,060	7 Les Biolles	0,000	7 Les Clées:	0,060
8 Vigneules:	0,060	8 Bovairon:	0,000	8 Chez Villard:	0,060
9 Les Biolles:	0,045	9 La Dôle:	0,000	9 Premier:	0,055
10 Riondaz:	0,045			10 Vaulion:	0,045
11 Convers:	0,045			11 Les Biolles:	0,045
12 Bovairon:	0,000			12 Bovairon:	0,045
13 La Dôle:	0,000			13 La Dôle:	0,040

A l'aide de ces données on peut tracer les courbes de même indice de clasticité (fig. 36). Les courbes sont dans les grandes lignes parallèles à l'axe du Jura et leur allure varie peu dans les trois niveaux. Les diamètres augmentent graduellement du NW au SE en montrant nettement que le quartz clastique est de provenance alpine, vraisemblablement issu des massifs hercyniens [1]. Notons encore que pendant les couches lacustres, c'est-à-dire lors des oscillations positives, les courbes marquent des inflexions autour de l'ancien domaine des marnes à gypse

[1] Pour le Purbeckien du Jura suisse, le quartz clastique semble provenir du massif Aar-Gothard, du moins dans l'état actuel de nos connaissances.

occupant toujours une position plus surélevée. En revanche, lors de l'intercalation marine moyenne, le quartz fait défaut dans la même région puisqu'elle est restée hors d'atteinte de la mer.

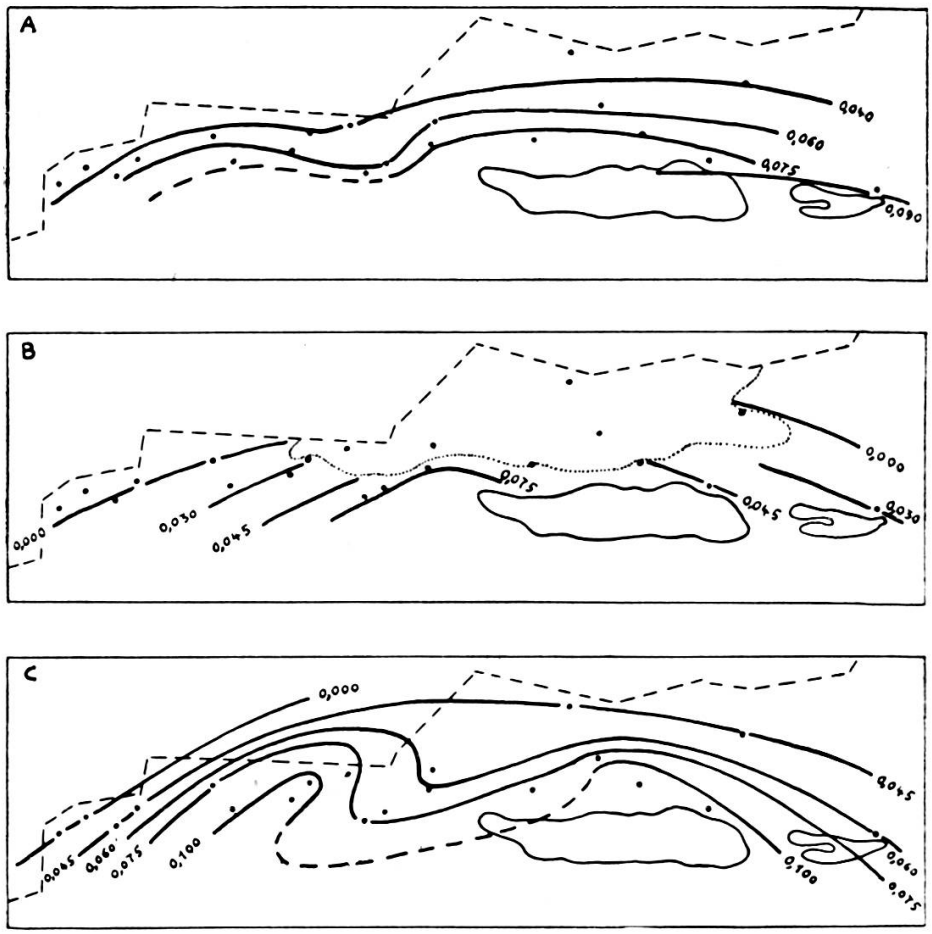


Fig. 36.

Allure des courbes de même indice de clasticité du quartz détritique.

A. Couches lacustres supérieures.
B. Intercalation marine moyenne.
C. Couches lacustres inférieures.

§ 9. Considérations tectoniques.

Dans deux publications récentes (4, 5) D. Aubert est arrivé aux conclusions suivantes: *Le Jura est un plissement superficiel apparent dont la cause réside dans les dislocations de son socle*

cristallin [1]. D'autre part, en étudiant le rapport entre les zones isopiques des terrains secondaires et les plissements jurassiens, cet auteur a montré que des relations de parallélisme apparaissent peut-être au Lias, en tout cas au Dogger, et deviennent assez nettes à l'Oxfordien, à l'Argovien et au Séquanien.

Nous même avons admis au Purbeckien un plissement précurseur reproduisant d'une façon adoucie les principales particularités de la tectonique actuelle. D'après Aubert, nous pouvons admettre que les phénomènes orogéniques se sont manifestés antérieurement et d'une façon plus atténuée, en tout cas au Dogger, si ce n'est plus loin encore dans le passé. Mais, à notre avis, l'intensité de l'effort orogénique au Purbeckien n'a pas été suffisante pour permettre des dislocations du tréfond hercynien, comme le pense Aubert. Or cette phase orogénique semble avoir été la plus intense que le Jura ait subie avant l'orogénèse alpine; et si elle ne semble pas avoir été capable de fracturer le Cristallin, à plus forte raison les mouvements de date antérieure ne pourraient entrer en ligne de compte. Cependant il n'en subsiste pas moins que les dislocations qui ont joué au Tertiaire étaient déjà actives pendant le Dogger et le Malm; comme il nous paraît peu probable qu'elles aient pris naissance en ce moment-là, elles seraient donc d'âge antérieur et vraisemblablement hercyniennes.

Le Jura pourrait donc être considéré comme un plissement hercynien posthume, de direction varisque [2]. Cette hypothèse permet d'expliquer l'instabilité très grande de la sédimentation pendant le Jurassique, instabilité due au jeu intermittent d'accidents hercyniens profonds, réagissant aisément aux poussées venues du géosynclinal alpin. Il est évident que le socle

[1] Cette solution avait du reste déjà été envisagée par J. Cadisch (*Geologie der Schweizeralpen*, 1934, p. 214).

[2] En parlant de la faille d'Ognon, D. Aubert (4) écrit: « ... il est intéressant de constater qu'une ancienne faille hercynienne a joué à nouveau lors du plissement ou peu avant; aussi est-on en droit de supposer que ce cas n'est pas unique et que d'autres dislocations du Jura sont en relation avec des déformations de sa base hercynienne... » Cependant, dans la planche qui accompagne son travail, l'auteur dessine les dislocations du tréfond hercynien comme absolument indépendantes de la structure ancienne de ce dernier.

hercynien qui supporte la série sédimentaire jurassienne est en partie pénéplainé, mais il n'en subsiste pas moins qu'il doit posséder une structure tectonique très accentuée, comme le montre, par exemple, le bassin de Sarrebrück, où les couches carbonifères fortement plissées émergent de la couverture sédimentaire secondaire, transgressive et discordante (9).

On sait que la prolongation vers le SW du bassin de Sarrebrück a été déterminé par l'allure des plis posthumes, d'orientation varisque, affectant les couches triasiques et liasiques de Lorraine. L'étroite liaison entre les faciès jurassiens et le tréfond hercynien ne se montre pas seulement en longitudinale, mais aussi en transversale. En effet, l'aire de sédimentation jurassienne correspond à un ensellement axial complexe de la chaîne hercynienne. Il n'est donc pas étonnant que la paléotectonique purbeckienne nous ait montré une culmination correspondante.

En conclusion, nous estimons que le plissement jurassien n'est pas dû uniquement à des dislocations d'âge secondaire ou tertiaire de son socle cristallin, mais en partie à la reprise de dislocations de direction varisque préexistant dans le socle cristallin depuis l'orogène hercynienne. Bien entendu, ce n'est qu'au paroxysme tertiaire que se produiront les phénomènes principaux de décollement et de disharmonie de la couverture sédimentaire tels que D. Aubert (4, 5) les a envisagés.