

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 4 (1951)
Heft: 1

Artikel: Tectonique et rythmes de sédimentation
Autor: Carozzi, Albert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739935>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.03.2025

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

TECTONIQUE

ET

RYTHMES DE SÉDIMENTATION

PAR

Albert CAROZZI

(Avec 8 fig.)

INTRODUCTION

Dans cette étude que la Faculté des Sciences de l'Université de Genève a bien voulu honorer en nous décernant le Prix Davy 1949¹, sont analysés les rapports entre le facteur tectonique et la sédimentation en milieu calcaire épicontinental.

L'exemple présenté est le Jurassique supérieur à faciès purbeckien du Jura suisse où nous avons démontré en 1948 [1]², pour la première fois dans cette chaîne, l'existence d'un plissement précurseur reproduisant de façon embryonnaire les principaux éléments de la tectonique longitudinale actuelle.

Dernièrement, P. Donze [8] a apporté une confirmation de très grande valeur à cette question.

La sédimentation purbeckienne se trouve ainsi soumise à une influence tectonique active que le comportement des apports détritiques vis-à-vis des sédiments calcaires dans lesquels ils se déposent permet de détailler dans ses moindres aspects.

¹ L'étude fut présentée sous le titre provisoire de « Essai de géologie dynamique en milieu calcaire épicontinental ».

² Les chiffres entre crochets renvoient à la liste bibliographique en fin d'ouvrage.

Les rythmes de sédimentation, dont la plupart aboutissent à des émergences, mettent en évidence la distribution variable dans l'espace et dans le temps de l'influence tectonique. De ce fait nous avons été amené en 1948 [4] à définir la notion d'« indice de sensibilité tectonique » exprimant la sensibilité différentielle des divers paysages géologiques à l'intensité des efforts tectoniques. Depuis lors, cette notion a été reprise à grande échelle entre autres par W. C. Krumbein, L. L. Sloss et E. C. Dapples dans une série de publications [7, 9, 10, 12]. Ils ont confirmé à leur tour l'influence plus soutenue dans le temps du cadre tectonique par rapport au faciès visible en somme qu'à travers le premier.

On rejoint par là l'idée de C. E. Wegmann [13] sur le spectre des mouvements de l'écorce terrestre et leur enregistrement dans les rythmes de sédimentation.

Nous ne saurions clore cette introduction sans remercier M. le professeur Ed. Paréjas pour tous les conseils et les encouragements qu'il n'a cessé de nous prodiguer au cours des longues années vouées à l'étude de ces problèmes de géologie dynamique.

CHAPITRE PREMIER

LA COURBE BATHYMÉTRIQUE RELATIVE (CB)

§ 1. LES RELATIONS ENTRE FACIÈS ET PROFONDEUR.

En étudiant les fréquentes variations de faciès des séries purbeckiennes, on constate que les passages progressifs du milieu marin au milieu lacustre, par un effet de soulèvement ou vice versa par un effet de subsidence, se font toujours par une succession bien déterminée de termes sédimentaires. Il est donc possible d'établir une échelle bathymétrique basée précisément sur cette succession; les indications faunistiques et floristiques prouvant une liaison directe entre les termes sédimentaires et la profondeur. Ce n'est qu'en s'assurant de cette condition première qu'il est possible de tracer *une courbe*

bathymétrique relative, car dans d'autres milieux de sédimentation, où cette condition n'est pas réalisée, il ne s'agira que d'une courbe de succession de faciès sans qu'il soit possible d'y voir une expression bathymétrique.

§ 2. LA CLASSIFICATION BATHYMÉTRIQUE DES FACIÈS.

La série sédimentaire complète, allant du milieu marin le plus profond à l'émergence, n'est pas toujours représentée en totalité dans les diverses coupes du Purbeckien du Jura suisse. Selon les conditions paléogéographiques, divers termes peuvent manquer; ils figureront cependant dans l'échelle bathymétrique standard afin que toutes les courbes soient comparables entre elles.

Examinons la série idéale complète, en partant des termes les plus profonds. On distingue quatre ensembles:

1. Ensemble calcaire :

- a) Calcaire compact (CC) sub-lithographique souvent sans fossiles;
- b) Calcaire microbréche oolithique ou pseudo-oolithique (MO) à Foraminifères ou à Dasycladacées.

Le terme « b » résulte du remaniement du terme « a » et implique donc une profondeur plus faible.

2. Ensemble dolomitique :

- a) Calcaire dolomitique (CD)
 - b) Microbrèche dolomitique (BD)
 - c) Dolomie cristalline (DO)
 - d) Marne dolomitique (MD).
- } à rares fossiles.

Le terme « b » résulte toujours du remaniement du terme « a », et la diminution de profondeur qu'il annonce permet souvent le passage aux marnes qui sont le terme le moins profond de toute la série dolomitique. Le stade des dolomies implique un régime lagunaire bien établi et du reste rarement atteint.

3. Ensemble marneux :

- a) Brèche calcaire (BC);
- b) Calcaire marneux à Chara et Ostracodes (MC);
- c) Marnes (M).

Cet ensemble lie le milieu lagunaire au milieu saumâtre lacustre qui achève la série purbeckienne. Les brèches calcaires, qui semblent de prime abord étrangères à cet ensemble, doivent pourtant s'y rattacher car elles témoignent des ruptures d'équilibre précédant ou suivant les émerSIONS.

4. Ensemble calcaire lacustre :

- a) Calcaire à Ostracodes (CY);
- b) Calcaire à Chara (CH).

Le premier terme se rapporte à des couches calcaires pétries de carapaces d'Ostracodes et contenant souvent des débris flottés de Characées. La présence de ces dernières semble exclure peu à peu celle des Ostracodes, comme si le milieu saumâtre avait fait place aux eaux douces riches en calcaire et favorables au développement des Characées.

Cette succession de faciès permet de tracer *une courbe des variations bathymétriques dans le temps*. Nous l'avons dessinée en portant en bas du diagramme en abscisse et de gauche à droite les profondeurs décroissantes. En ordonnée se place l'échelle du temps représentée par l'épaisseur des divers niveaux (fig. 2 et 3).

§ 3. LA SIGNIFICATION DE LA COURBE BATHYMÉTRIQUE RELATIVE.

Nous sommes maintenant en possession de la courbe exprimant les variations de profondeur en un point pendant un temps donné, variations exprimées par les successions des termes sédimentaires tels qu'ils se sont déposés. Cette courbe exprime les résultats des interférences entre la tectonique et les processus de sédimentation; ce sera cette courbe qu'il nous faudra interpréter lorsque les mécanismes qui sont à son

origine auront été éclaircis. Pour ce faire nous étudierons le comportement des minéraux détritiques qui obéit à des lois particulières venant se superposer aux processus plus complexes régissant la sédimentation calcaire.

§ 4. LA SIMULTANÉITÉ DES OSCILLATIONS TECTONIQUES.

Dés que l'on aborde l'étude d'un bassin sédimentaire soumis à des mouvements orogéniques ou épirogéniques, le premier problème qu'il faut résoudre est celui de la détermination du nombre des oscillations ayant affecté *l'ensemble du bassin* pendant une durée de temps donnée.

Précisons d'emblée que nous admettons comme postulat de base que ces oscillations sont simultanées sur toute l'étendue du bassin de sédimentation.

Du reste, cette simultanéité est également admise par la majorité des auteurs pour les limites de rythmes, elle l'est donc à plus forte raison pour les oscillations qui se comportent comme des phénomènes encore plus brusques.

§ 5. LA DÉTERMINATION DES MOUVEMENTS LOCAUX ET DES CONTRE-COUPS DES MOUVEMENTS LOINTAINS.

Nous avons vu que dans une coupe stratigraphique donnée, la courbe bathymétrique relative (CB) nous indique les variations locales de profondeur. Il est facile d'en déduire le nombre des oscillations ressenties à ce point envisagé. Il ne s'agit pas forcément de la totalité du nombre des oscillations ayant affecté l'ensemble du bassin, mais d'une valeur purement locale.

D'autre part, l'étude des minéraux détritiques se fait en premier lieu par la mesure des variations du diamètre maximum des grains. Le diamètre maximum *apparent* du plus gros élément détritique visible en coupe mince mesure *l'indice de clasticité* du niveau étudié. Il y a bien entendu un indice pour chaque minéral détritique. Quoiqu'il s'agisse de la mesure d'un diamètre maximum *apparent*, l'écart qui en résulte par rapport

au diamètre maximum réel (obtenu par l'analyse mécanique) ne modifie pas de façon appréciable l'expression des conditions naturelles.

Le second mode d'étude des minéraux détritiques est la détermination de la fréquence, c'est-à-dire du nombre de grains d'une espèce minérale donnée présents dans un volume donné d'un niveau. En pratique cela revient à compter le nombre de

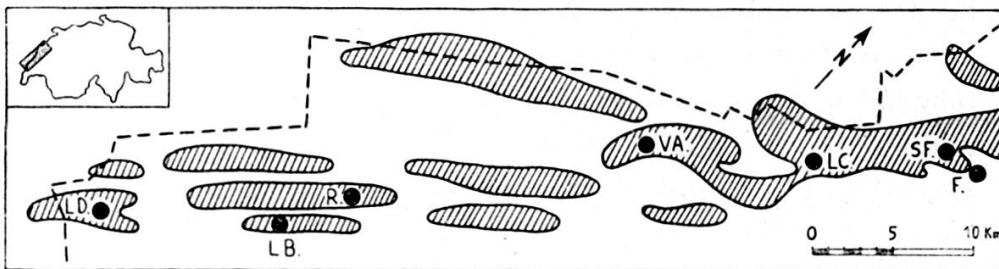


Fig. 1.

Esquisse paléogéographique du Jura vaudois au Purbeckien.

Les surfaces hachurées obliquement indiquent les dorsales surélevées produites par le plissement précurseur d'âge purbeckien. L'emplacement des coupes stratigraphiques décrites est marqué par des points noirs.

Coupes du Jura vaudois méridional:	LD: La Dôle,
	LB: Les Biolles,
	R: Riondaz.
Coupes du Jura vaudois septentrional:	VA: Vaulion,
	LC: Les Clées,
	SF: Six-Fontaines,
	F: Feurtilles.

Dans le cartouche est indiquée la position géographique de la zone étudiée par rapport aux frontières de la Suisse.

grains rencontrés sur un diamètre ou une surface selon une convention préalablement bien définie (*indice de fréquence*). Dans cette étude il sera question uniquement de la courbe de l'indice de clasticité du quartz détritique (CQ), envisagé comme minéral détritique typique et largement répandu. Les comportements des autres minéraux détritiques en grains sont dans les grandes lignes similaires et les conclusions auxquelles on arrive par l'étude du quartz leur sont applicables. En règle générale, la courbe de l'indice de clasticité du quartz détritique (CQ) enregistre fidèlement les mouvements locaux marqués par la courbe bathymétrique relative; toute diminution de profondeur étant accompagnée d'une augmentation de la puissance

des courants correspond à un accroissement de l'indice de clasticité et vice versa. Dans certains cas, lors d'émersions par exemple, la CQ peut devenir insensible par effet d'isolement (fig. 2 et 3).

En outre, à plusieurs reprises, la CQ montre des oscillations que la CB n'enregistre pas, il y a donc *indépendance temporaire des deux phénomènes* (fig. 2 et 3).

Par exemple, la CQ peut montrer un maximum alors que la CB reste plate, cela signifie qu'il s'est produit localement une augmentation de la puissance des courants alors que la profondeur n'a pas varié et que la sédimentation calcaire s'est poursuivie sans modifications. Il s'agit d'effets à distance de perturbations lointaines venant interférer avec les processus locaux de sédimentation.

Ces faits illustrent clairement l'indépendance entre l'apport détritique et les dépôts dans lesquels il vient s'incorporer. Nous sommes ici en possession d'un moyen permettant de déceler dans une coupe stratigraphique les mouvements locaux et les contre-coups des mouvements lointains.

Nous choisirons dans le Purbeckien du Jura suisse quelques exemples de coupes stratigraphiques placées dans des conditions paléogéographiques semblables.

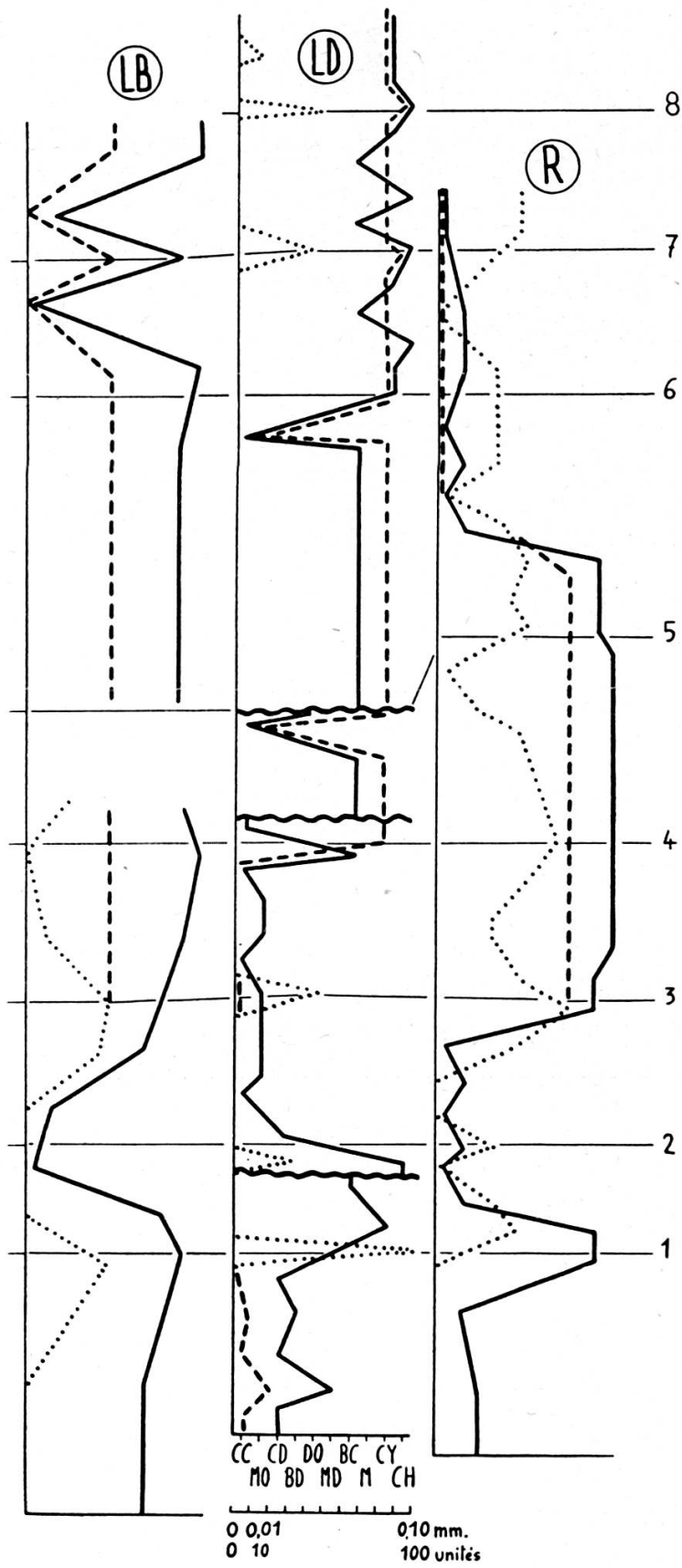
Ces coupes ont des épaisseurs assez voisines et sont séparées les unes des autres par des intervalles d'une dizaine de kilomètres environ (fig. 1).

Fig. 2.

Coupes du Jura vaudois méridional.

- courbe bathymétrique relative (CB).
 courbe de l'indice de clasticité du quartz détritique (CQ).
 - - - - courbe de l'intensité tectonique locale. Elle n'est tracée que dans les cas où elle diffère de la courbe de l'indice de clasticité du quartz détritique (CQ).

LB: Les Biolles, LD: La Dôle, R: Riondaz. Les trois échelles figurées à la base de la coupe de La Dôle sont valables pour l'ensemble. Les chiffres (1 à 8) correspondent aux oscillations tectoniques décrites dans le texte.



Premier exemple (fig. 2).

Comparaison des coupes du Jura vaudois méridional, à savoir:

La Dôle	épaisseur 19,36 m
Riondaz-Dessus	» 15,61 m
Les Biolles-Marais-Rouge	» 18,10 m

Oscillation n° 1: Elle est inscrite dans les trois coupes par les deux courbes.

Oscillation n° 2: Elle est marquée dans les coupes de La Dôle (surface d'émersion) et de Riondaz par les deux courbes, mais elle n'a pas affecté la coupe des Biolles.

Oscillation n° 3: Elle est inscrite dans les coupes de Riondaz et des Biolles par les deux courbes; en revanche elle n'a pas affecté La Dôle mais son contre-coup y est enregistré par un maximum de la CQ.

Oscillation n° 4: Elle est fortement marquée dans la coupe de La Dôle par une surface d'émersion tandis que la CQ reste insensible. La coupe de Riondaz n'a pas été affectée, mais le contre-coup y est inscrit par un maximum de la CQ. Il ne s'est rien passé dans la coupe des Biolles.

Oscillation n° 5: De nouveau fortement marquée dans la coupe de La Dôle par une surface d'émersion et par une absence de réaction de la CQ, cette oscillation n'a été enregistrée que par son contre-coup dans la CQ de Riondaz. L'observation manque dans la coupe des Biolles.

Oscillation n° 6: Elle a été enregistrée uniquement par la CB dans les coupes de La Dôle et des Biolles, tandis que le contre-coup s'est inscrit par un maximum de la CQ dans la coupe de Riondaz.

Oscillation n° 7: Elle est marquée aux Biolles uniquement par la CB, inscrite par les deux courbes à La Dôle. Cette oscillation n'a été enregistrée que par son contre-coup dans la CQ de la coupe de Riondaz.

Oscillation n° 8: Elle est inscrite uniquement par la CB dans la coupe des Biolles, elle l'a été par les deux courbes à La Dôle. Cette oscillation fait défaut à Riondaz, la série purbeckienne s'achevant avant elle.

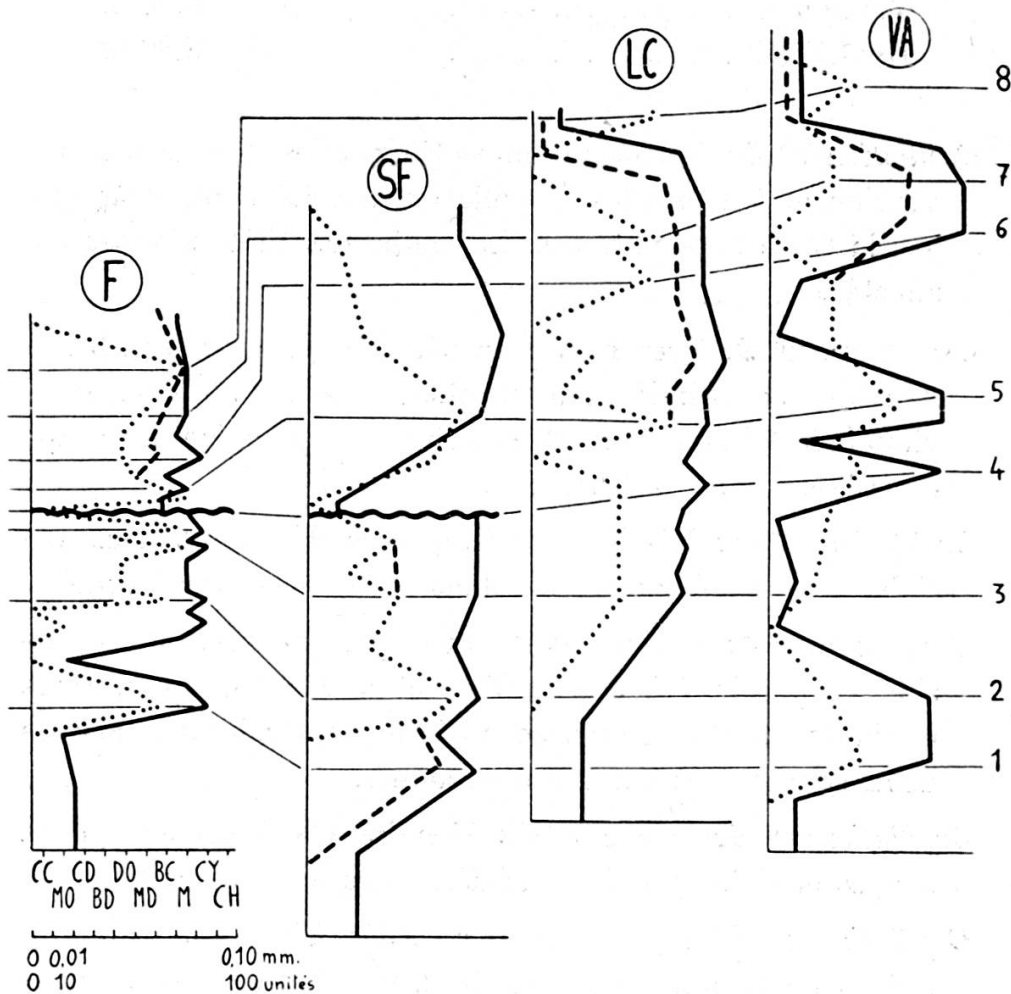


Fig. 3.

Coupes du Jura vaudois septentrional.

- courbe bathymétrique relative (CB).
- courbe de l'indice de élasticité du quartz détritique (CQ).
- - - courbe de l'intensité tectonique locale. Elle n'est tracée que dans les cas où elle diffère de la courbe de l'indice de élasticité du quartz détritique (CQ).

F: Feurtilles, SF: Six-Fontaines, LC: Les Clées, VA: Vaulion. Les trois échelles figurées à la base de la coupe de Feurtilles sont valables pour l'ensemble. Les chiffres (1 à 8) correspondent aux oscillations tectoniques décrites dans le texte.

Deuxième exemple (fig. 3).

Comparaison des coupes du Jura vaudois septentrional, à savoir:

Six-Fontaines (Sainte-Croix)	épaisseur 7,25 m
Feurtilles (Baulmes)	» 4,94 m
Vaulion	» 9,70 m
Les Clées	» 8,30 m

Oscillation n° 1: Nettement marquée par les deux courbes à Vaulion et à Feurtilles, l'oscillation n'a été enregistrée que par la CB à Six-Fontaines. La coupe des Clées n'a pas été affectée.

Oscillation n° 2: Très bien marquée par les deux courbes à Feurtilles et à Six-Fontaines, cette oscillation n'est pas individualisée à Vaulion où elle fait suite à la première. La coupe des Clées n'a pas été touchée.

Oscillation n° 3: Elle est inscrite, avec des amplitudes variables, par les deux courbes dans toutes les coupes étudiées.

Oscillation n° 4: Fortement marquée par une surface d'émer-sion et par la CQ à Feurtilles et à Six-Fontaines, cette oscillation a été enregistrée de façon moins intense par les deux courbes des deux autres coupes.

Oscillation n° 5: Elle est très bien inscrite dans les quatre coupes étudiées par des variations des deux courbes.

Oscillations n°s 6-7: Elles se sont succédées à intervalle rapproché et de ce fait elles sont assez mal individualisées dans l'allure des deux courbes à Vaulion et à Feurtilles. Aux Clées les contre-coups sont inscrits par deux maxima de la CQ. Il n'y a rien de bien clair en ce qui concerne la coupe de Six-Fontaines.

Oscillation n° 8: Elle est marquée par les deux courbes à Feurtilles, tandis que les contre-coups sont inscrits par des maxima de la CQ aux Clées et à Vaulion. A Six-Fontaines, le phénomène purbeckien se termine avant elle.

L'analyse de ces quelques exemples nous amène aux constatations générales suivantes :

- a) Si, en un point donné, la CB enregistre une oscillation positive ou négative, la CQ montre soit une variation dans le même sens (augmentation ou diminution du diamètre maximum des grains), soit aucune variation (diamètre restant à zéro ou gardant une valeur constante);
- b) En un point donné, la CQ peut marquer des oscillations positives ou négatives qui ne sont pas enregistrées par la CB;
- c) Lors d'émersions, si le changement de milieu amène un isolement total, la CQ retombe à zéro. Mais, si l'isolement n'est pas complet, la courbe garde une certaine valeur, en général faible, mais les variations conservent leur signification;
- d) En comparant entre elles les coupes stratigraphiques d'une même région, on remarque que les maxima de la CQ, en apparence aberrants par rapport à la CB qui leur correspond, sont en relation très nette avec les oscillations décelables dans les autres coupes, soit par les indications de leur CB, soit par cette dernière associée avec sa CQ.

Il s'ensuit que les oscillations affectant un point donné ne sont pas forcément enregistrées localement par la CQ, mais se marquent dans d'autres localités par des variations en apparence aberrantes par rapport à leurs propres CB.

En d'autres termes, nous pouvons exprimer la loi suivante :

En un point donné, la CQ est synchrone ou insensible par rapport à la CB; toute asynchronie témoigne d'influences étrangères.

En résumé, le nombre minimum d'oscillations ayant affecté une série sédimentaire rythmique pendant un temps donné s'obtient en combinant logiquement les indications fournies par la courbe bathymétrique relative et par la courbe de variation de l'indice de clasticité des minéraux détritiques. Les deux

courbes prises isolément ne donnent, du point de vue général, que des indications incomplètes.

Pour revenir aux deux exemples cités plus haut, nous constatons qu'il s'est produit sur toute l'aire d'extension du Purbeckien du Jura suisse huit mouvements positifs séparés par autant de phases négatives. Ce nombre exprime en tout cas le nombre « minimum » d'oscillations que l'état actuel de nos connaissances permet de déceler. Nous utilisons intentionnellement le terme de « nombre minimum » pour mettre en évidence qu'il s'agit de la limite temporaire de nos moyens d'investigation.

§ 6. LE PROBLÈME DES SYNCHRONISMES À DISTANCE.

Comme nous avons admis la simultanéité des oscillations dans l'ensemble du bassin, c'est par leur intermédiaire que s'établiront les raccords à distance. Il en résulte la vérification de deux faits admis depuis longtemps, mais sans démonstration. Premièrement que le début et la fin du phénomène purbeckien sont variables d'un endroit à l'autre et deuxièmement que les variations de faciès sont tout à fait locales.

Ceci confirme nos observations antérieures [1], à savoir qu'il y a bien contemporanéité de différents faciès et des passages latéraux de l'un à l'autre suivant les conditions paléogéographiques.

CHAPITRE II

L'INDICE DE SENSIBILITÉ TECTONIQUE (IST)

A. Application à la courbe bathymétrique relative.

§ 1. LA DÉTERMINATION DE LA SENSIBILITÉ D'UN POINT.

Dès que l'on est en possession du nombre minimum d'oscillations ayant affecté l'ensemble d'un bassin de sédimentation, il est intéressant de se rendre compte *qualitativement* de quelle

façon les différents points ont réagi à ce nombre minimum d'oscillations reconnues.

En d'autres termes, il s'agit d'exprimer le rapport entre le nombre total des oscillations reconnues et celles qui ont été enregistrées en un endroit donné. Il va de soi que, suivant les conditions locales, comme nous l'avons déjà vu dans les deux séries d'exemples citées plus haut, un nombre variable d'oscillations n'ont pas été enregistrées dans certaines coupes. Pour déterminer la sensibilité d'un point en ce qui concerne la sédimentation, uniquement la courbe bathymétrique relative est à envisager, puisqu'elle seule fournit les indications locales.

Nous pouvons définir *l'indice de sensibilité tectonique* rapporté à la CB comme suit :

« Pourcentage des oscillations positives ou négatives auxquelles un point envisagé a réagi pendant une durée de temps donnée, sans tenir compte de l'intensité des réactions ni du milieu dans lequel elles se sont effectuées. »

Un fait capital doit être toujours présent à l'esprit, à savoir que deux coupes stratigraphiques d'une formation donnée ayant le même IST rapporté à la CB ne sont comparables entre elles que si la distribution dans le temps des oscillations ressenties et non ressenties est semblable.

En effet, un IST de même valeur n'a aucune signification et peut n'être qu'une simple coïncidence.

§ 2. L'IMPORTANCE PALÉOGÉOGRAPHIQUE DE L'INDICE DE SENSIBILITÉ TECTONIQUE RAPPORTÉ A LA COURBE BATHYMÉTRIQUE RELATIVE.

L'IST rapporté à la CB exprime des propriétés inhérentes à la structure interne du point ou de la région étudiée. Il nous éclaire sur la réaction mécanique d'un point du fond marin, c'est-à-dire sur les caractères des mouvements tels qu'ils s'expriment à la surface. Les principes proposés par C. E. Wegmann [13], à savoir la tectonique comparée des différentes zones de profondeur de l'écorce terrestre et les méthodes de

synchronisation verticale des mouvements permettent de relier les associations de faciès et leur mode de récurrence aux phénomènes profonds et de suivre simultanément l'évolution structurale dans les différents étages.

Nous abordons de ce fait un premier caractère indépendant des phénomènes de sédimentation puisqu'il s'agit de l'expression de propriétés internes du fond sur lequel s'effectuent les dépôts. On peut effectuer cette étude de plusieurs façons, soit en établissant pour chaque oscillation la carte de la répartition des points ayant réagi ou n'ayant pas réagi, soit en traçant pour une formation donnée les courbes joignant les points de même IST.

On délimite ainsi les zones de diverses sensibilités, on groupe les points ayant des caractères internes analogues. Il est dès lors possible d'individualiser des éléments structuraux dont on pourra suivre l'évolution paléogéographique dans l'espace et dans le temps. Il est presque superflu d'insister sur les possibilités d'études qui s'offrent à nous, la principale étant de

N° des oscillations	Rion-daz	Les Biolles	La Dôle	Six-Fon-taines	Les Clées	Vau-lion	Feur-tilles
1	+	+	+	+	—	+	+
2	+	—	+	+	—	+	+
3	+	+	—	+	+	+	+
4	—	—	+	+	+	+	+
5	—	—	+	+	+	+	+
6	—	—	+	—	—	+	+
7	—	+	+	—	—	+	+
8	/	+	+	/	—	—	+
Total des oscillations ressenties	3	4	7	5	3	7	8
IST %	40	50	85	60	40	85	100

détailler les rapports liant la paléogéographie à la paléotectonique et de suivre son jeu mouvant au travers des séries sédimentaires.

Reprenons nos exemples précédents pour la détermination de l'IST rapporté à la CB et ses applications.

Dans le tableau ci-dessus, le signe + indique l'existence de la réaction et le signe — absence de réaction, le trait ondulé indique les surfaces d'émersion et les traits épais les changements de milieu les plus importants.

Rappelons encore ici que, pour interpréter les données de ce tableau, il ne suffit pas de prendre en considération les valeurs de l'IST, mais qu'il faut tenir compte de la distribution dans le temps des réactions. L'identification de deux coupes n'est autorisée que dans le cas d'indices voisins et de répartitions semblables.

Le classement par IST décroissant est le suivant dans le premier groupe :

La Dôle	85%
Les Biolles	50%
Riondaz	40%

Point n'est besoin d'insister sur la grande sensibilité de la coupe de La Dôle où, comme nous l'avons montré [1], se succèdent les surfaces d'émersion et les brèches d'écroulement (fig. 4 et 5). Ce point restera aussi privilégié lors du paroxysme tertiaire puisqu'à son voisinage immédiat prendra naissance le décrochement de Saint-Cergue-Morez.

Les deux coupes des Biolles et de Riondaz montrent un IST voisin et une répartition des réactions assez semblable autorisant une identification.

Dans notre précédent travail, nous en avons fait deux éléments paléogéographiques distincts, actuellement nous sommes enclin, par l'étude de l'IST, à les grouper en un seul élément.

En effectuant le même classement pour le second groupe, nous obtenons la série suivante :

Feurtilles	100%
Vaulion	85%
Six-Fontaines	60%
Les Clées	40%

La sensibilité de la coupe de Feurtilles atteint le maximum, ce qui est confirmé par la présence d'une surface d'émerision. La coupe de Vaulion offre une valeur égale à celle de La Dôle, l'étude de ses faciès nous avait déjà amené à l'idée d'une forte analogie entre les deux points.

Du reste, la région du Bois du Mollendruz, située plus au sud, a montré de puissants conglomérats allochtones provenant sans

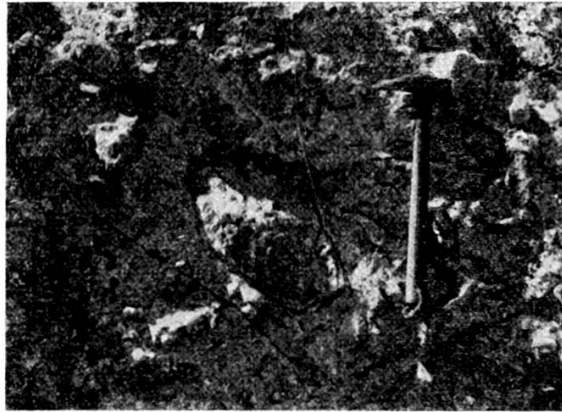


Fig. 4.

Les brèches d'écroulement de La Dôle.

Le gros bloc sub-anguleux du centre de la figure (diam.: 60 cm) est formé par une brèche multicolore.



Fig. 5.

Les brèches d'écoulement de La Dôle.

Le bloc anguleux d'aspect cubique (diam.: 40 cm) est formé par du calcaire portlandien. Le bloc arrondi situé au-dessus est formé par du calcaire dolomitique portlandien.

nul doute de la zone de Vaulion. Actuellement, à proximité immédiate, prend naissance l'important décrochement de Vallorbe-Pontarlier.

La coupe de Six-Fontaines avec des valeurs plus faibles est assez semblable à celle de Feurtilles, par la répartition des réactions et par celle des surfaces d'émergence. Ceci n'a rien pour nous surprendre puisque la coupe de Six-Fontaines se place sur le même élément paléogéographique, à savoir la longue dorsale Chasseron-Creux-du-Van. Quant à la coupe des Clées, elle montre des affinités avec les deux points précédents du fait de sa position périphérique par rapport à eux (fig. 1).

Au point de vue paléogéographique, les conclusions sont claires, les valeurs de l'IST rapporté à la CB confirment et complètent les indications fournies par les successions de faciès. Elles permettent de serrer certains problèmes de plus près et de vérifier les rapports réciproques entre les diverses coupes stratigraphiques.

Il ne semble pas qu'il y ait, jusqu'à plus ample informé, de relation nécessaire entre l'importance d'un élément structural et son indice de sensibilité tectonique.

§ 3. LA POSSIBILITÉ D'UNE LIAISON ENTRE L'INDICE DE SENSIBILITÉ TECTONIQUE ET LE MILIEU DE SÉDIMENTATION.

Théoriquement parlant, nous avons admis que l'IST exprime les propriétés structurales d'un point étudié, mais ces dernières sont rendues observables par leur transposition dans les séries sédimentaires. De ce fait, il est possible que certaines absences apparentes de réaction ne soient que la conséquence d'un milieu de sédimentation incapable de réagir à certaines oscillations. Peut-être s'agit-il simplement d'une question d'intensité ? C. E. Wegman [13] soulève une question semblable lorsqu'il écrit que la cadence de la sédimentation limite les possibilités d'enregistrement à des mouvements d'un certain ordre de grandeur, les différents types de faciès agissant comme un filtre qui retient certaines périodicités tout en laissant passer d'autres. Quoiqu'il en soit, il semble qu'en ligne générale

le milieu lacustre réagisse de façon différente que le milieu marin. Cela provient, à notre avis, non pas nécessairement d'une modification structurale corrélative du changement de milieu, mais du fait que la sédimentation lacustre est, toutes choses égales d'ailleurs, plus uniforme que celle marine et par là moins sensible.

Il conviendrait à l'avenir de rechercher si chaque milieu de sédimentation ne possède pas parmi ses caractéristiques un IST propre.

B. Application à la courbe de l'indice de clasticité des minéraux détritiques.

§ 1. LES CONSÉQUENCES DE LA DUALITÉ DE COMPORTEMENT DES MINÉRAUX DÉTRITIQUES.

La détermination de l'IST pour les minéraux détritiques est importante malgré que leur comportement ne soit pas nécessairement fonction des mouvements locaux. Bien au contraire, on trouve dans ces faits de précieuses indications sur les conditions de transport.

Nous avons vu qu'en un point donné les minéraux détritiques réagissent à deux sortes d'oscillations, celles ayant été ressenties localement et celles transmises à distance. Il convient de définir d'abord un « *indice de sensibilité tectonique locale* » rapporté à la courbe de clasticité et exprimant le pourcentage des oscillations ressenties localement auxquelles la CQ, par exemple, a réagi. Cet indice nous renseigne sur la façon dont le point étudié se comporte vis-à-vis des courants apportant les minéraux détritiques. Il faut établir cet indice pour chaque milieu de sédimentation, ceci afin de faire face à certains cas particuliers. Ce sont par exemple les effets d'isolement dus au passage du milieu marin au milieu lacustre. Ils peuvent être complets et faire tomber la CQ à zéro, ou incomplets et laisser subsister un faible apport de matériel détritique permettant à la CQ d'enregistrer les oscillations, mais de façon atténuée.

L'établissement des courbes joignant les points de même indice est d'un grand intérêt pour comparer les diverses coupes entre elles.

« *L'indice de sensibilité tectonique régionale* » rapporté à la courbe de clasticité exprime le pourcentage des oscillations non ressenties localement, c'est-à-dire transmises à distance, et auxquelles la CQ, par exemple d'un point envisagé, a réagi. Cet indice aisément calculable en milieu marin n'a qu'une valeur théorique en milieu lacustre du fait des phénomènes d'isolement sur lesquels nous ne saurions trop insister. Prenons un exemple des plus démonstratifs: Une oscillation est ressentie en un point A, son contre-coup exprimé par une variation dans la distribution des minéraux détritiques s'inscrit dans une coupe voisine B par un maximum de la CQ, il atteint aussi un autre point C, mais ne peut s'y inscrire par effet d'isolement. Or le rayon d'action de la variation a englobé le point C, qui, du point de vue de la sensibilité régionale, doit être placé sur le même plan que le point B.

En tenant compte des anomalies dont nous venons de parler, l'indice de sensibilité régionale rapporté aux courbes de clasticité nous apporte des indications sur les liaisons existant entre

Oscilla- tions	Riondaz		Les Biolles		La Dôle		Six-Font.		Les Clées		Vaulion		Feurtilles	
	CB	CQ	CB	CQ	CB	CQ	CB	CQ	CB	CQ	CB	CQ	CB	CQ
1	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+
2	+	+	—	—	+	+	+	+	—	—	+	—	+	+
3	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+
5	—	+	—	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+
6	—	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	+	—
7	—	+	+	—	+	+	—	—	—	+	+	+	+	—
8	/	/	+	—	+	+	/	/	—	+	—	+	+	+

les divers points étudiés, sur les facilités ou les difficultés que rencontrent les courants marins dans leurs parcours. Il y a là des possibilités de détermination d'obstacles, de barrages, d'éclusages et surtout de leurs vicissitudes dans le temps en utilisant les méthodes d'expression développées plus haut.

Dans le tableau ci-dessus nous avons juxtaposé les réactions de la CB et celles de la CQ en ajoutant un astérisque aux réactions de la CQ qui ne sont que les contre-coups transmis à distance de mouvements étrangers.

Il est facile de déduire à partir de ce tableau les valeurs de l'indice de sensibilité locale rapporté à la courbe de clasticité du quartz détritique.

Localités	Oscillations ressenties localement	Oscillations ressenties par le quartz	Indice en %
Riondaz	3	3	100
Les Biolles	4	2	50
La Dôle	7	4	55
Six-Fontaines	5	4	80
Les Clées	3	3	100
Vaulion	7	5	70
Feurtilles	6	6	100

Dans le groupe de La Dôle, les pourcentages des coupes de La Dôle et des Biolles confirment ce que l'examen de la courbe bathymétrique relative faisait prévoir, à savoir que dès l'oscillation n° 4 marquant le passage du milieu marin au milieu lacustre qui persiste jusqu'à la fin, les effets d'isolement se manifestent, occasionnant la baisse de valeur de l'indice de sensibilité locale à 50 et 55%. En revanche, dans la coupe de Riondaz, la courbe bathymétrique relative est calme et symétrique, la série débute et s'achève par le milieu marin, la série lacustre étant en somme peu importante, l'indice est par conséquent très fort (100%).

Quant au groupe de la région de Vaulion, les quatre séries très agitées et riches en intercalations marines sont très semblables entre elles au point de vue bathymétrique et il est dès

lors naturel que les indices aient des valeurs voisines (70-80-100%).

La détermination de l'indice de sensibilité régionale rapporté aux courbes de clasticité n'est pas très démonstrative par le fait que nos exemples sont trop riches en niveaux lacustres. Dans les cas les plus favorables, on arrive à la conclusion que les liaisons entre les divers points étaient aisées. Nous donnons exprès le cas de la coupe des Biolles pour mettre une fois de plus en évidence l'importance des effets d'isolement; c'est l'homologue des faits exprimés par l'indice de sensibilité locale.

Localités	Oscillations ressenties localement	Oscillations ressenties par le quartz	Indice en %
Riondaz	4	4	100
Les Biolles	4	0	0
Les Clées	5	3	60

Nous avons utilisé les indications du quartz détritique par le fait qu'il est le seul minéral présent dans les coupes étudiées. Il va de soi que les mêmes déterminations sont à effectuer pour tous les minéraux détritiques présents dans une formation afin de déceler les possibilités de différences de comportement et la pluralité des lieux d'origine.

C. Application à la courbe de l'indice de fréquence des minéraux détritiques.

§ 1. LE COMPORTEMENT DE LA CHARGE DES COURANTS.

Les deux notions qui viennent d'être développées s'appliquent aussi à la fréquence des minéraux clastiques. Il faudra déterminer les *indices de sensibilité tectonique locale et régionale* rapportés à la courbe de fréquence de chaque minéral détritique présent. Ces indices permettent d'étudier la réaction de la charge des courants sous l'effet des oscillations locales ou des transmissions de contre-coups.

Dans l'exemple à l'étude, la courbe de l'indice de fréquence du quartz détritique variant toujours dans le même sens que l'indice de clasticité, les deux types d'IST locale et régionale sont identiques, mais il ne s'agit que d'un cas particulier.

Prenons un exemple plus général: Supposons qu'entre deux points A et B au cours d'une durée donnée un obstacle ait entravé le libre jeu des courants, puis que le jeu soit redevenu normal; cette évolution nous est indiquée par les observations basées sur l'indice de clasticité. Mais nous ignorons totalement quelle a été l'évolution parallèle de la charge de ces courants variables. C'est ici que les déterminations basées sur l'indice de fréquence prennent toute leur importance. L'indice de sensibilité tectonique régionale nous indique l'évolution de la charge des courants entre les deux points lors des transmissions à distance, et l'indice de sensibilité tectonique locale les rapports entre les oscillations locales et la charge des courants. Il nous semble inutile de reprendre la question dans tous ses détails puisque les méthodes sont en tous points semblables à celles de l'indice de clasticité.

CHAPITRE III

LA COURBE DE L'INTENSITÉ TECTONIQUE LOCALE ET LA COURBE DE CHARGE LOCALE

§ 1. LES RAPPORTS ENTRE L'INTENSITÉ DES OSCILLATIONS ET LES FACIÈS.

Après avoir établi le nombre des principales oscillations ayant affecté une formation, nous allons essayer de déterminer leurs intensités relatives afin d'établir une courbe de variation de l'intensité de l'effort tectonique au cours du temps. Cette courbe, qui exprimera le mouvement réel du fond, nous permettra de comprendre les successions de faciès qui en sont l'expression dans les processus de sédimentation. Nous touchons ainsi au problème principal des liaisons entre la tectonique et les séries lithologiques.

§ 2. LES MODALITÉS DE LA RÉPARTITION HORIZONTALE
DE LA POUSSÉE TECTONIQUE.

Afin d'effectuer les comparaisons à bon escient, il faut d'abord savoir si dans le bassin de sédimentation la répartition des efforts tectoniques est uniforme ou variable. Dans ce dernier cas, il faudra délimiter les zones ayant des comportements particuliers, comme par exemple les diamètres de poussée (transversales d'Ed. Paréjas [11]).

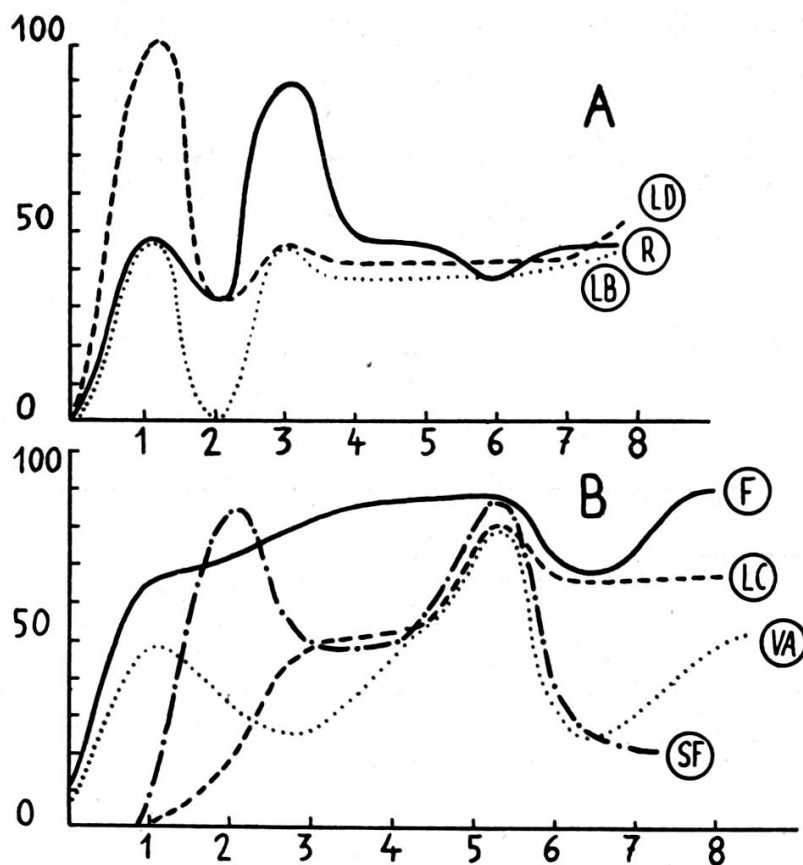


Fig. 6.

Les courbes de maxima.

A: Coupes du Jura vaudois méridional.
B: Coupes du Jura vaudois septentrional.

Les abréviations des diverses coupes sont les mêmes que dans les figures précédentes. Les chiffres en abscisse correspondent aux oscillations tectoniques, l'échelle en ordonnée indique l'intensité tectonique exprimée en unités.

L'étude générale de la répartition de l'effort tectonique se fait en premier lieu en comparant un type spécial de courbes, dites « *courbes de maxima* ». On les construit comme les courbes de l'indice de clasticité, mais en n'utilisant que les valeurs en millimètres correspondant aux oscillations positives, celles négatives étant négligées. Ces courbes sont le plus souvent l'enveloppe de celles de l'indice de clasticité. Leur examen permet immédiatement de voir si les divers points pour lesquels nous établirons les courbes d'intensité tectonique sont comparables entre eux.

Reprenons nos coupes précédentes et inscrivons dans un tableau les valeurs de l'indice de clasticité correspondant aux huit oscillations positives reconnues sur l'étendue du bassin purbeckien en unités établies suivant la convention 0,01 mm = 10 unités.

N° des oscillations	Rion-daz	Les Biolles	La Dôle	Six-Fon-taines	Les Clées	Vau-lion	Feur-tilles
1	45	45	90	0	0	45	60
2	30	0	30	75	10	30	60
3	80	45	45	45	45	25	75
4	45	?	0	45	45	45	75
5	45	?	0	75	70	70	75
6	30	0	0	25	60	20	60
7	45	0	40	20	60	30	60
8	/	0	45	/	60	45	75

Exprimées en courbes (fig. 6 A), les valeurs du groupe de La Dôle montrent une grande analogie surtout par les oscillations nos 1, 2 et 3; il en est de même pour le groupe de Vaulion (fig. 6 B) où l'oscillation n° 5 traduit la parenté étroite de cet ensemble de courbes.

Il ressort nettement de ces exemples que les deux groupes ont eu des réactions différentes vis-à-vis des huit poussées communes et qu'ils forment deux entités nettement distinctes au point de vue tectonique. Nous sommes ainsi assurés quant à la nature des comparaisons que l'on est autorisé à effectuer.

§ 3. LA COURBE DE L'INTENSITÉ TECTONIQUE LOCALE.

L'intensité tectonique doit être exprimée au moyen de caractères indépendants des successions lithologiques.

En effet, même en tenant compte du nombre de termes sédimentaires intermédiaires de la série bathymétrique qui auraient été escamotés lors d'un changement de faciès quelconque, on n'est pas autorisé à utiliser ce nombre comme un critère puisque les vitesses de sédimentation des différents termes ne sont pas connues. Nous sommes obligés de recourir encore une fois aux courbes de l'indice de clasticité des minéraux détritiques. Nous savons qu'elles expriment les variations d'intensité des courants et nous pouvons admettre comme hypothèse de travail que ces variations sont proportionnelles aux efforts tectoniques. Il semble, en effet, parfaitement logique que les zones à forte intensité tectonique soient parcourues par les courants les plus puissants et inversement.

Les variations de la courbe de l'indice de clasticité sont exprimées par le diamètre maximum des grains en millimètres; il est aisé de transcrire ces valeurs en unités suivant une convention quelconque. Nous adopterons dans notre cas: 0,01 mm = 10 unités d'intensité. Ainsi transformée, la courbe de l'indice de clasticité exprime les variations de l'intensité tectonique (fig. 2 et 3).

Cependant ceci n'est pas possible dans tous les cas, mais seulement lorsque la CQ est synchrone avec la CB puisque nous voulons obtenir une valeur d'intensité locale. Si la CQ montre des oscillations que la CB n'enregistre pas, nous savons qu'il s'agit d'influences étrangères transmises à distance qu'il faudra négliger.

Une autre exception est réalisée, une fois de plus, par le milieu lacustre et ses effets d'isolement. Dans ce cas la CB

montre des mouvements que la CQ ne peut enregistrer. Il faut alors utiliser un artifice, en donnant à la courbe de l'indice de clasticité une valeur égale à celle avant l'asynchronie ou analogue à celle qui aurait pu être obtenue dans des conditions assez semblables. Nous sommes autorisés à le faire puisque, dans la plupart des cas, l'isolement laisse subsister les minéraux détritiques, mais empêche simplement leur alimentation.

En conclusion, la courbe de l'intensité tectonique est exprimée directement par la courbe de l'indice de clasticité débarrassée en milieu marin des influences étrangères et en milieu lacustre des effets d'isolement. Le résultat est toujours une expression quantitative de la courbe bathymétrique relative. C'est bien le but que nous nous étions proposé comme première base d'interprétation des séries sédimentaires.

§ 4. LA COURBE DE CHARGE LOCALE.

Parallèlement à la clasticité, la courbe de fréquence enregistre les variations des apports minéraux locaux ou parvenus en un point donné par les contre-coups des mouvements lointains. Pour que cette courbe prenne à son tour une signification locale semblable à celle de l'intensité tectonique, il faut lui faire subir, dans les cas déjà cités, un traitement analogue à celui effectué sur la courbe de clasticité. Ainsi débarrassée des influences étrangères, la courbe de fréquence exprime la variation de la charge locale au cours du temps, permettant la comparaison quantitative des apports en verticale et en horizontale.

(à suivre)