

# A propos de la tectonique du Risoux (Jura vaudois et franc-comtois)

Autor(en): **Rigassi-Studer, D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **29 (1962-1963)**

Heft 76

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-192062>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **A propos de la tectonique du Risoux (Jura vaudois et franc-comtois)**

par D. RIGASSI-STUDER, Trélex

### **Zusammenfassung**

Der Mont-d'Or-Tunnel hat schon vor etwa fünfzig Jahren gezeigt, daß die Risoux-Antiklinale keine einfache Struktur ist. Dieser Tunnel fand eine Überschiebung gegen SO. Eine Erdölaufschlußbohrung in 1960—1961 traf mehrere wichtige Brüche an. E. WINNOCK bezeichnete die größte Verwerfung als eine flache Überschiebung gegen NW. Felduntersuchungen ergeben eine andere Interpretation: ein gut gekennzeichnetes Fenster in der Morez-Les-Rousses-Gegend, und die Beschaffenheit der Verwerfungen am südöstlichen Rand des Risoux zeigen, daß eine große Überschiebung gegen SO existiert. Die durch Aubert als «Le-Solliat-Synklinale» und «La-Côte-Antiklinale» bezeichneten strukturellen Einheiten sind hier respektiv als ein Halfenster und eine Klippe bezeichnet. Die an der Oberfläche beobachtete Überschiebung soll der größten Verwerfung von der Bohrung Risoux 1 entsprechen. Nach Feldangaben handelt es sich um eine Relief-Überschiebung. Der Risoux ist auf eine im Eozän gefaltete und zum Teil erodierte Fläche überschoben worden. Der Verfasser unterscheidet verschiedene diastrophische Phasen im Risoux-Joux-Gebiet: 1. schwache Faltung, wahrscheinlich Eozän, 2. Bruchtektonik, möglicherweise Unter-Oligozän, 3. Überschiebung gegen SO, Oligozän bis Unter-Miozän, 4. schwache Faltungsphase, gefolgt von Erosion, Spät-Miozän, 5. Hauptfaltungsphase, möglicherweise Pliozän. Während dem Pliozän und Pleistozän wurde das Gebiet sehr wahrscheinlich peneplaniert und dann durch epirogenetische Bewegungen emporgehoben.

### **Abstract**

The structural complexity of the Risoux anticline was first shown some 50 years ago, when the Mont d'Or tunnel evidenced an overthrust towards the SE. In 1960—1961, the drilling of a well in search of petroleum disclosed several important subsurface faults. E. Winnock interpreted the largest of these faults as an almost flat overthrust towards the NW, with a horizontal displacement of about 10 kms. Surface studies summarized in this paper suggest a different interpretation: the existence of a well defined window in the Les Rousses-Morez area (SW end of the Risoux range), and the nature of the faults bordering the Risoux to the SE indicate the occurrence of an important overthrust towards the SE. The structural units described by Aubert as the «Solliat syncline» and the «La Côte anticline» are respectively considered as a half window and a narrow klippe. The overthrust recognized at the surface is believed to correspond to the major fault found in the Risoux 1 well. Surface evidences show that the thrust was erosional, allowing the Risoux to override an area folded and

partially eroded during Eocene times. In the writer's opinion, the Risoux-Joux area has been affected by a number of diastrophism: 1) gentle folding, probably Eocene, 2) faulting, possibly L. Oligocene, 3) thrusting towards the SE, Oligocene to L. Miocene, 4) gentle folding, followed by karstic erosion, late Miocene, 5) main folding period, possibly Pliocene. During Pliocene to Pleistocene times, the area was very likely turned into a peneplain, and then uplifted, due to epirogenetic movements.

### 1) Historique, généralités

Au siècle dernier, la plupart des géologues considéraient le Risoux comme un gros anticlinal coiffé de structure assez simple. Peu avant la première guerre mondiale, le percement du tunnel du Mont d'Or, suivi par L. COLLOT, révélait un chevauchement vers le SE dans la partie nord-orientale du Risoux, chevauchement au plan fort peu incliné.

Peu après, C. SPRECHER (1913) reprend les interprétations de COLLOT. Sur les coupes de SPRECHER, le charriage du Mont d'Or atteint plus de deux kilomètres au niveau du Séquanien et environ 1500 m au toit du Dogger. SPRECHER dessine également, mais assez timidement, un chevauchement vers le NNW sous la Dent de Vaultion.

L'étude de TUTEIN NOLTHENIUS (1921) ne fait qu'effleurer le Mont d'Or; le chevauchement observé dans le tunnel ferroviaire et en surface par COLLOT et SPRECHER ne figure pas sur les coupes. Par contre, TUTEIN NOLTHENIUS discerne nettement, bien que sans en saisir les finesses et sans fournir d'argument péremptoire, l'importance du chevauchement de la Dent de Vaultion.

En 1932, RAVEN étudie la partie SW du Risoux. Dans la région des Rousses, il reconnaît formellement que la faille séparant le Risoux de la Vallée de Joux est un chevauchement.

En 1943 paraît la magnifique étude consacrée par D. AUBERT à la Vallée de Joux. Le chevauchement de la Dent de Vaultion est démontré par des faits irréfutables; les relations spatiales et chronologiques entre plis, chevauchements et cassures transversales sont décrites d'une façon si claire que la Vallée de Joux devient la région-type de la tectonique du Jura interne.

Plus tard, AUBERT (1953) publie une note sur la région du Mont d'Or. La nature chevauchante de la partie nord-orientale du Risoux est confirmée. Des observations originales montrent qu'il s'agit d'un chevauchement épiglyptique, et que l'on peut: «... supposer l'existence d'autres complications profondes dont rien, en surface, ne permet d'imaginer la nature.»

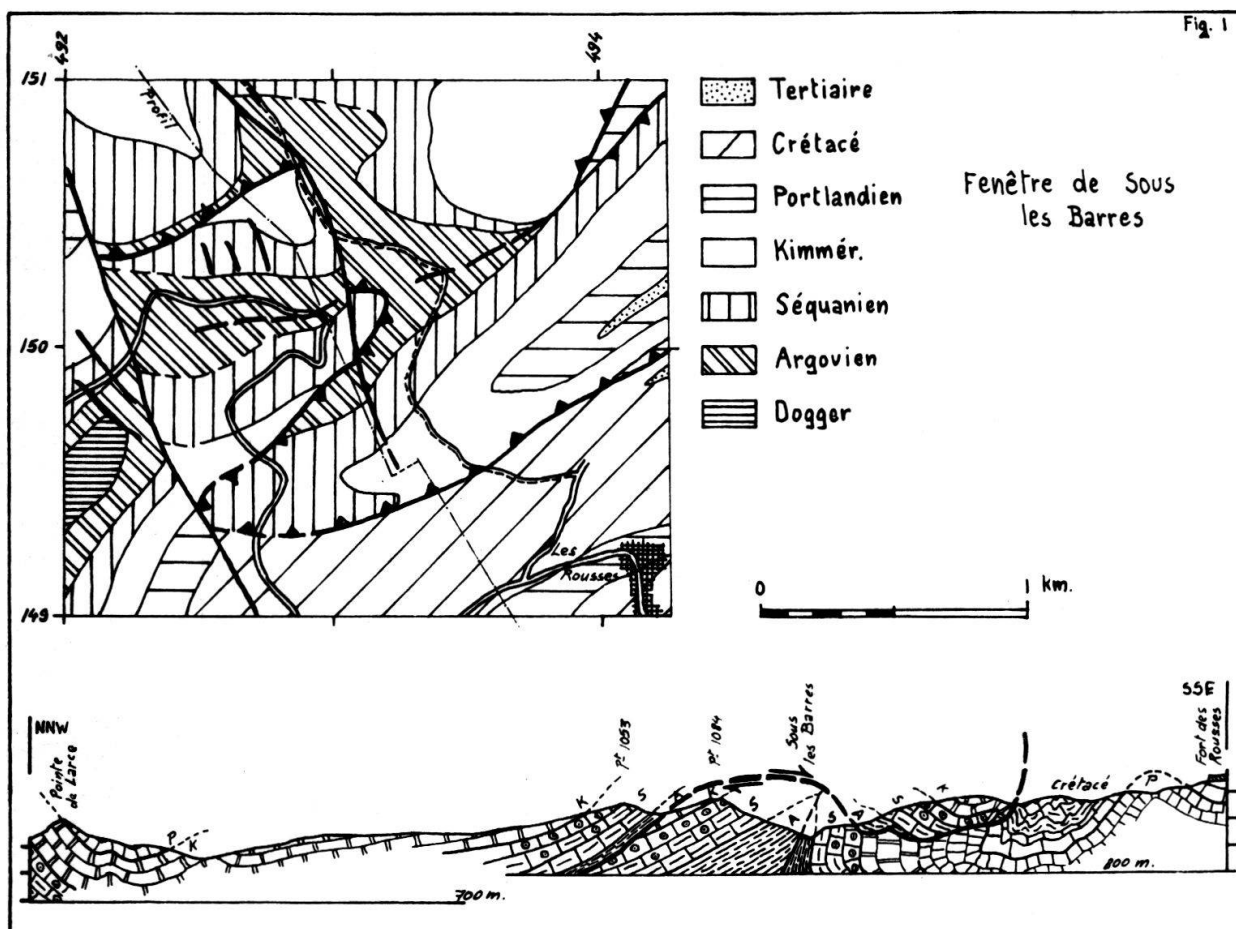
Lorsque l'on connut les résultats du forage pétrolier Risoux 1, publiés par E. WINNOCK en 1961, la phrase citée ci-dessus prit une résonance prophétique. En effet, ce forage, quoiqu'implanté sur la base de levés géologiques et photogéologiques détaillés, confirmés par des études sismiques et par quelques mesures magnétiques, devait trouver une série affectée par de nombreux accidents tectoniques, dont l'un, d'une importance considérable, met en contact le Sinémurien et le Séquanien. Cet accident fut interprété comme prolongeant, en profondeur et subhorizontalement, un chevauchement vers le NW d'une dizaine de kms., dont l'expression superficielle serait à rechercher dans les failles, à vrai dire assez modestes, recoupant le Crétacé du synclinal de Mouthe. Cette interprétation ne nous semblait pas convaincante; en effet:

1. Le profil sismique fut tout d'abord jugé suffisamment probant pour justifier l'implantation du forage; puis, ce forage ayant révélé d'imprévisibles complications, il fut possible d'accorder ce même profil sismique et les résultats du sondage.

Sans vouloir discuter les documents sismiques originaux, que nous n'avons pas consultés, le profil publié par WINNOCK (fig. 7) donne l'impression que les résultats sismiques tolèrent des interprétations aussi variées que nombreuses.

2. Des failles connues en surface au Risoux, le chevauchement bordant son bord SE est certainement la plus importante. Son rejet dépasse nettement celui des failles bordant le synclinal de Mouthe, ou encore celui des failles, telle celle de Bellefontaine, existant dans la région médiane de la chaîne. Ainsi qu'il ressort des observations de D. AUBERT, ce chevauchement est épiglyptique. L'importance de cet accident, sa nature et son ancienneté font que l'on a tendance à le considérer comme l'expression superficielle du chevauchement principal du forage Risoux 1, de préférence aux autres failles connues en surface.

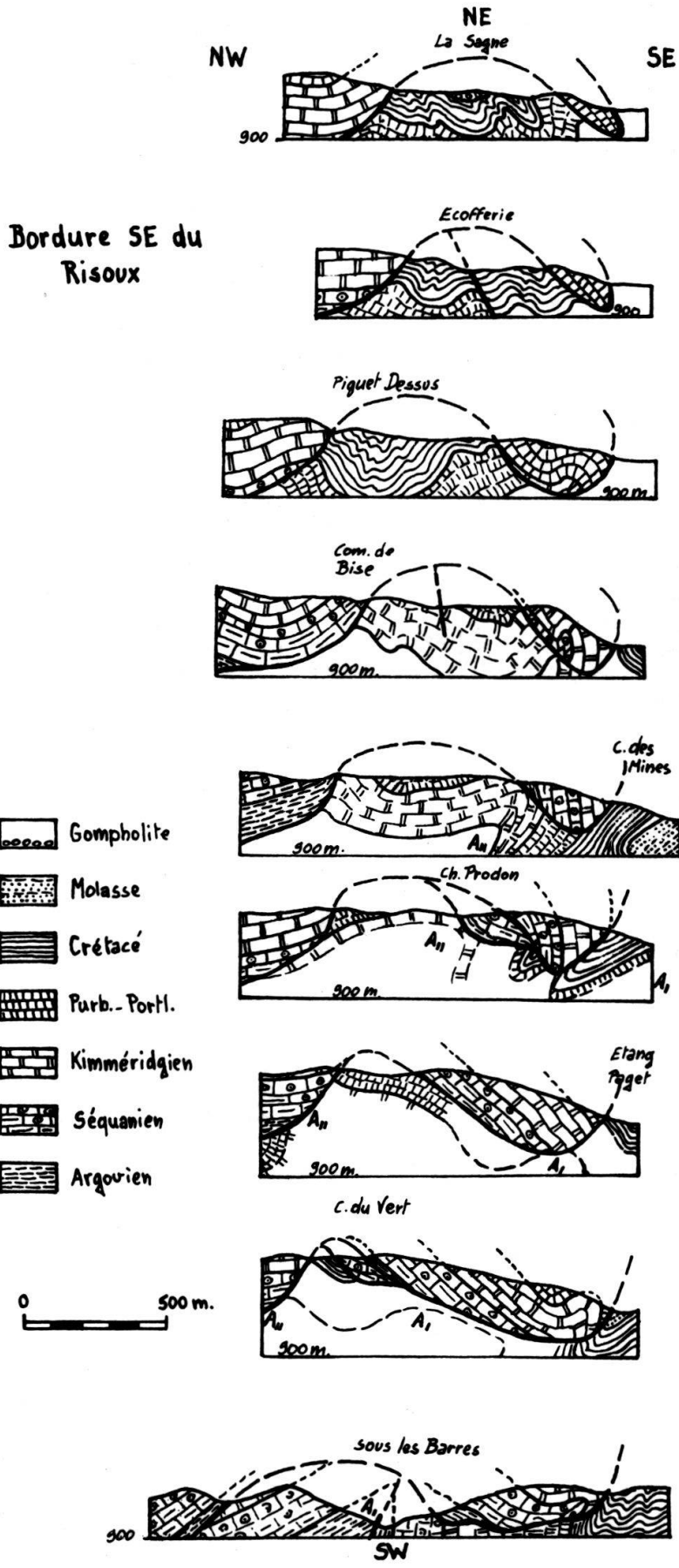
3. Certains détails des cartes existantes, et surtout de celle de RAVEN, laissaient supposer que le chevauchement limitant le Risoux au SE pourrait être plus important encore que ne l'avaient pensé les auteurs.



## 2) La fenêtre de Sous Les Barres

Près de ce hameau, à 1500 m environ au NW des Rousses, les affleurements, soigneusement levés par RAVEN, sont curieux: le fond du ravin de Sous Les Barres est occupé par le cœur, argovien, d'un anticlinal déjeté vers le SE. Les deux petites collines flanquant de part et d'autre ce ravin sont formées par la série séquanienne-kimméridienne constituant les flancs de cet anticlinal. Puis, plus haut, enserrant l'anti-

Fig. 2





clinal déjeté, et souvent à des altitudes beaucoup plus considérables, on retrouve une série argovienne-séquanienne doucement plissée. Il ne fait aucun doute que l'anticlinal déjeté apparaît en fenêtre sous la série argovienne-séquanienne peu plissée. Sur le terrain, cette fenêtre est extrêmement claire; son expression morphologique est semblable, quoique plus nette, à celle de la fenêtre de Sagnevagnard (Dent de Vaultion), et les relations structurales sont encore plus évidentes à Sous les Barres. Vers l'WSW, la fenêtre de Sous Les Barres bute contre le «décrochement» de Morez. Les régions situées au delà du «décrochement» ne semblent pas affectées par des chevauchements; tout au plus, certains plis y sont-ils déjetés vers le SE. La cassure de Morez est donc antérieure au charriage de Sous les Barres.

La fenêtre de Sous les Barres est affectée par un petit accident parallèle à la grande cassure de Morez (NNW-SSE). Ce petit accident est fort intéressant, car le chevauchement ne se manifeste pas semblablement de part et d'autre: alors qu'à l'WSW, l'Argovien de la série charriée est réduit à 10 ou 20 mètres, il atteint une centaine de mètres à l'ENE; ce petit accident parallèle à celui de Morez est donc, comme celui-ci, antérieur au chevauchement.

Un autre fait intéressant est la présence de sidérolithique remplissant les fissures des couches supérieures de la série charriée. Si l'on admet l'âge éocène de ce sidérolithique, le chevauchement doit être considéré comme post-éocène.

Enfin, les relations géométriques dans le terrain montrent que le charriage s'est fait sur une surface plissée et partiellement érodée, et que le plan de chevauchement a été replissé après coup. Ainsi donc, l'étude de la région de Sous Les Barres permet de discerner différentes phases tectoniques, sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

### 3) Continuation vers le NE des unités de Sous Les Barres

Vers l'extrémité NE du cirque de Sous les Barres, l'Argovien de la série charriée est rompu par une faille peu nette de direction SW-NE. Un peu plus loin, cette faille met en contact le Kimméridgien au NW et le Séquanien au SE. Plus loin encore, 1 km environ au NE de Sous Les Barres, cette faille se subdivise en deux failles sensiblement parallèles, et l'on a, du NW au SE, les éléments tectoniques suivants:

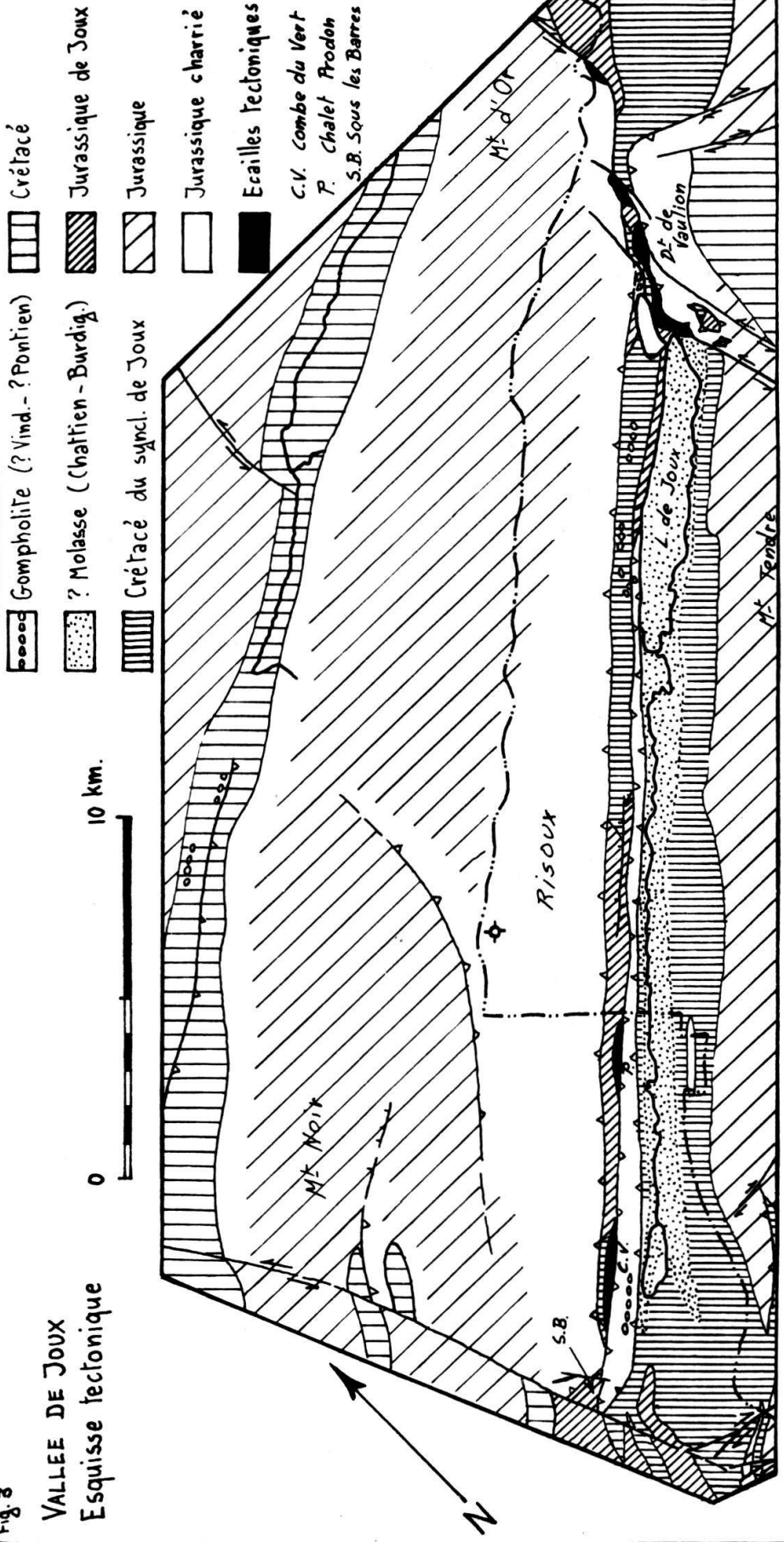
1. La masse, surtout kimméridgienne, du Risoux proprement dit, bordée au SE par la première faille, que RAVEN représente comme sensiblement verticale, mais où nous avons généralement observé des plans plongeant de 50° à 85° au NW. Cette faille, remarquablement continue, se poursuit jusqu'au Lac Brenet, sur une distance de 30 kms. environ.

2. Une zone complexe, dont la largeur varie de 200 à 800 mètres; cette zone, où affleurent surtout le Portlandien et le Crétacé, a été décrite par les auteurs comme un synclinal faillé complexe (synclinal 7 de RAVEN, synclinal du Solliat d'AUBERT). Cette zone est limitée au SE par la deuxième faille, elle aussi remarquablement continue, puisqu'on peut la suivre jusqu'aux environs du Lieu, et qu'elle se prolonge peut-être au-delà, sous les eaux du Lac de Joux. Il s'agit donc d'une faille s'étendant sur plus de 20 kms. Le plan plonge généralement de 30° à 70° au SE.

3. Une zone étroite (200 à 1000 mètres) formée principalement par le Portlandien et le Kimméridgien et, accessoirement, par le Séquanien et le sommet de l'Argovien. Pour les auteurs, cette zone est un anticlinal complexe (anticlinal 6 de RAVEN, anticlinal de La Côte d'AUBERT). On la suit fort bien de la cassure de Morez jusqu'aux environs du Lieu. Une faille dont le plan plonge de 50° à 80° au NW met brutalement en contact cette zone et le Crétacé ou le Tertiaire du synclinorium Les Rousses-

Fig. 3

VALLÉE DE JOUX  
Esquisse tectonique



Joux. Dans la Vallée de Joux suisse, les dépôts quaternaires cachent généralement cette faille, dont la continuation est cependant suggérée par la morphologie.

Nous pensons pouvoir interpréter ces différentes unités de la façon suivante:

a) Les failles bordant les zones 2 et 3 appartiennent toutes à un seul et unique plan de chevauchement; ce plan a été plissé lors de mouvements postérieurs au charriage.

b) La zone 2 (synclinal 7 — synclinal du Solliat) est une demi-fenêtre.

c) La zone 3 (anticlinal 6 — anticlinal de La Côte) est un lambeau de recouvrement, représentant le front de la série charriée, replissé lors d'une phase tectonique ultérieure.

d) Deux masses sur le flanc SE de la zone 2, à la Combe du Vert et au Chalet Prodon, semblent bien être des écailles tectoniques, pincées entre la série charriée (zones 1 et 3) et la zone 2. Le petit paquet de Portlandien et de Crétacé signalé par AUBERT à la Côte du Pralioux près de Vallorbe est un élément tectonique semblable.

Essayons d'étayer cette interprétation. Le point a) est avant tout démontré par les observations faites en deux points, le premier situé environ 1,5 km au NW du Bois d'Amont (coord. Siegfried: 155, 95/499, 25), le second, sur territoire suisse à environ 200 mètres de la frontière (coord. 157, 25/500, 47). Près du premier point, la région NW de la zone 2 montre des calcaires dolomitiques du Portlandien plongeant de 10° à 30° au NW; leur partie sommitale, très bréchique, et imprégnée de sidérolithique, bute brusquement contre les calcaires kimméridgiens, plongeant eux aussi vers le NW; pas trace, sur aucune des lèvres de la faille, des rebroussements qu'une faille habituelle devrait impliquer: c'est même plutôt l'inverse qui se produit, le Kimméridgien étant rebroussé vers le haut, alors que le Portlandien s'infléchit peut-être vers le bas; mais, et c'est là le point le plus intéressant, le plan de faille est jalonné par des blocs de calcaires spathiques et pseudo-oolithiques roussâtres, appartenant selon toute vraisemblance au Crétacé. Le deuxième affleurement montre les calcaires kimméridgiens de la zone 2, plongeant au SE, en contact avec l'Argovien de la zone 1 qui plonge, lui, au NW; les calcaires kimméridgiens sont très bréchiques, et les fissures sont souvent remplies de sidérolithique; la brèche de faille nous a livré un bloc de calcaire dolomitique verdâtre taché de rouge (facies des «calcaires flambés» de H. LAGOTALA) indubitablement portlandien, et plusieurs blocs d'un calcaire finement pseudo-oolithique roussâtre à Miliolites: il s'agit d'Infravalanginien. La présence, le long du plan de faille mettant en contact l'Argovien de la zone 1 et le Kimméridgien de la zone 2, de blocs de Portlandien et d'Infravalanginien suffit à démontrer qu'on est en présence d'un chevauchement de grande envergure. Ce chevauchement est encore confirmé, sur le terrain, par les relations géométriques souvent aberrantes entre les deux lèvres de la faille limitant au NW la zone 2. Quant à la faille bordant au SE cette zone, sa vraie nature a déjà été reconnue par les auteurs: il s'agit d'une faille inverse plongeant au SE; en maints endroits, l'inclinaison du plan de faille peut-être parfaitement observée; le sidérolithique est également présent dans les couches les plus hautes de la série chevauchée; à cet égard, la région sise au voisinage du Pt. 1162, environ 1,2 kms. au NE de la frontière franco-suisse, est particulièrement typique; l'observation des fracturations et des clivages au voisinage de la faille semble bien confirmer que le charriage s'est fait du NW vers le SE. Les auteurs se sont accordés à reconnaître dans la faille séparant la zone 3 de la Vallée de Joux un chevauchement. Venons-en au point c: lorsque l'on examine les profils de RAVEN et d'AUBERT, on voit que les failles bordant la zone 3 sont dessinées de telle façon qu'elles doivent se rejoindre à quelques centaines de mètres de profondeur au maximum, faisant ainsi



de la zone 3 une masse flottante, un lambeau de recouvrement; cette impression est encore accentuée si l'on admet, ainsi que le laissent penser certaines observations sur le terrain, que les plans de faille s'adoucissent en profondeur. Le point b) découle naturellement des points a) et c). Reste enfin le point d): à la Combe du Vert et au Chalet Prodon, des failles intermédiaires apparaissent dans la région centrale de la zone 2; le plan de ces failles est sensiblement parallèle à celui de la grande faille séparant la zone 2 de la zone 3; entre cette grande faille et les failles de la région centrale, on trouve du Séquanien et de l'Argovien sommital; les failles de la région centrale ne sont pas rectilignes: leur trace est arquée, convexe vers le NW; c'est sur la base de ces relations géométriques que nous faisons des masses séquano-argoviennes de la C. du Vert et du Ch. Prodon deux lentilles tectoniques coincées sous le chevauchement principal.

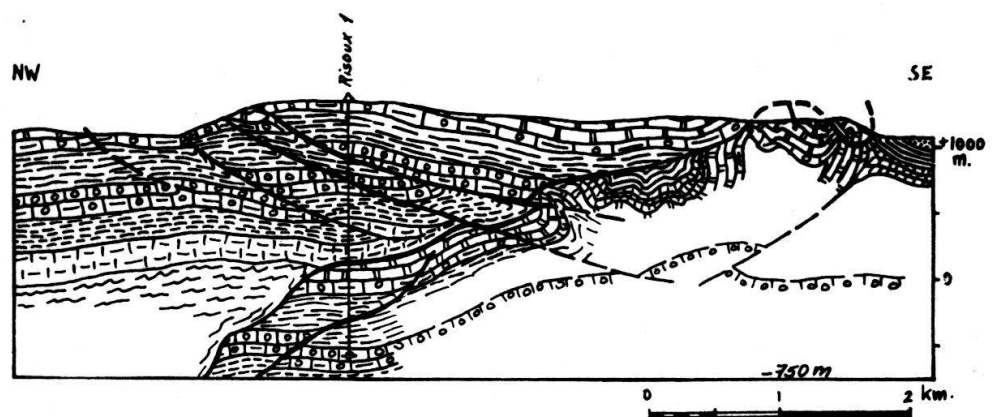
#### 4) Nature et âge du chevauchement au bord SE du Risoux

Les observations de terrain montrent amplement que le chevauchement du bord SE du Risoux est épiglyptique. Ce fait avait d'ailleurs déjà été constaté par AUBERT (Vallée de Joux, p. 83, Mont d'Or, p. 184). Quels étaient les accidents qui, avant le chevauchement, affectaient la région? Probablement des plis relativement calmes, dont les flancs devaient rarement excéder une vingtaine de degrés. L'âge de ce plissement précurseur ne peut être établi qu'approximativement. Mais la présence, au sommet de la série chevauchée, de sidérolithique est une indication valable; en effet, partout où le sidérolithique a pu être daté, de la Savoie à l'Argovie, il est compris entre l'Yprésien supérieur et le Ludien, et il est surtout Lutétien à Bartonien. Ainsi donc, le plissement précurseur est très probablement postérieur au Turonien-Sénonien (représenté, dans quelques synclinaux du Jura, par des calcaires pélagiques) et antérieur à l'Eocène supérieur. Remarquons que dans l'Autochtone alpin de Savoie, des mouvements tectoniques, marqués par des plis et des failles, ont été reconnus entre le Sénonien supérieur et le Priabonien. Bien que l'on n'ose être affirmatif, il semble que les plis précurseurs de la région du Risoux aient été obliques aux directions plus jeunes: on croit déchiffrer d'anciennes directions WSW-ENE. Un autre indice nous est fourni par les «décrochements»: nous avons vu que la cassure de Morez et la petite cassure parallèle de Sous Les Barres sont antérieurs au chevauchement, tout en étant vraisemblablement post-éocènes (absence de sidérolithique). On doit donc admettre que le plissement, assez doux à l'Eocène, s'est amplifié plus tardivement (peut-être à l'Oligocène), avec accentuation ou apparition des grandes cassures de Morez (NNW-SSE et de Vallorbe-Pontarlier (subméridienne), considérées par AUBERT comme des sortes de grabens. Entre ces deux «grabens» devait se situer une zone haute, ce que suggère d'ailleurs l'absence presque totale de molasse oligocène ou burdigalienne dans le «synclinal» du Solliat.\*)

Il serait amusant d'étudier les relations entre cette tectonique embryonnaire du Jura et ce qui se passe en bordure des Alpes: tracé des lignes de côte du Priabonien et du

\*) Nous avouons notre scepticisme quant à la datation, par des gastéropodes d'eau douce, des calcaires du Lac Ter; nous avons montré ailleurs que des études malacologiques sérieuses peuvent permettre d'attribuer un âge ludien ou sannoisien à des séries dont les mammifères et les ostracodes montrent l'âge chattien supérieur. Quant aux gompholites de la région du Lieu, le géologue connaissant bien les facies molassiques ne peut les ranger plus bas que l'Helvétien; mêmes dans leurs termes les plus typiquement jurassiens, les gompholites oligocènes montrent toujours des éléments alpins: micas, feldspaths, radiolarites, dolomies triasiques; le Burdigalien témoigne toujours nettement de son origine marine, alors que les gompholites du Lieu sont sans aucun doute fluviales.

-  Molasse
-  Crétacé
-  Purb.-Portl.
-  Kimmeridgien
-  Séquanien
-  Argovien
-  Dogger
-  Lias sup.
-  Lias m.-inf.
-  Trias



Risoux - Profil général

Rupélien entre Annecy et le Pays de Vaud, répartition des lambeaux ultrahelvétiques, allure du front des Préalpes médianes. Remarquons qu'entre Thonon et la vallée de l'Arve, le front des Médiannes et les Préalpes bordières s'allongent selon une direction subméridienne; de même, la limite d'extension de la mer rupélienne, telle qu'on peut approximativement la dessiner d'après les affleurements et les résultats pétroliers (forages de Salève 2, Mt. de Boisy et Messery; sismique) semble suivre une ligne subméridienne, d'Annecy à Yvoire; tout se passe donc comme si des transgressions marines, aussi bien que le charriage de certaines unités préalpines, s'étaient arrêtés le long d'une ligne sensiblement N-S prolongeant la cassure de Pontarlier-Vallorbe, et avaient buté contre une zone haute faisant suite vers le Sud à celle du Risoux.

C'est dans la zone haute située entre les «grabens» de St-Cergue—Morez et de Pontarlier—Vallorbe que naît notre chevauchement vers le SE. Comment se présentait-il, à l'origine? Le fait que la base de la série charriée est constituée par le Portlandien ou par des terrains plus anciens indique que ce chevauchement s'est développé au rebord S ou SE d'une zone que l'érosion avait déjà décapée de son Crétacé. Rappelons à ce propos la découverte faite par AUBERT de sidérolithique à débris remaniés de Crétacé, remplissant des poches dans le Kimméridgien moyen du Risoux.

L'étude statistique du contact entre série charriée et série chevauchée est susceptible également de nous donner quelques indications quant à l'allure du chevauchement naissant; en effet, s'il s'agissait d'une faille cassante, au plan régulier, la fréquence relative de chaque terme stratigraphique de la série charriée, le long du plan de faille, devrait être proportionnelle aux épaisseurs de chaque terrain. Ce n'est pas le cas, comme le montre le tableau ci-dessous; les chiffres donnent, pour chaque terrain, la fréquence relative observée de part et d'autre du plan de charriage, en pourcentage du total des contacts étudiés (longueur totale: environ 36 kms.)

<i>Série charriée:</i>						<i>Totaux</i>
Portland.	0	2	5	10	13	30
Kimmér.	0	1	11	9	7	28
Séquan.	1	12	15	5	1	34
Argovien	3	5	0	0	0	8
<i>Totaux</i>	4	20	31	24	21	100
	Séq.	Kim.	Port.	Val.	Haut.- Barr.	

*Série chevauchée*

Le premier fait, qui ressort directement de ce tableau, c'est qu'il s'agissait, grosso modo, d'une faille recoupant l'ensemble de la série sous un faible angle. Afin d'interpréter plus loin le tableau, il faut savoir que le rapport des épaisseurs des différents terrains est le suivant :

*dans la série charriée*

Portl. —32; Kimmér —45; Séquanien —15; Argovien —8;

*dans la série chevauchée*

Haut.-Barr. —23; Valanginien —14; Portl. —23; Kim. —32; Séq. —7; Argovien —1.

On voit que, à la base de la série charriée :

— le Kimméridgien est moins fréquent que cela ne devrait être le cas;

— le Séquanien et l'Argovien supérieur sont plus fréquents;

— le Portlandien est normalement fréquent.

On peut donc se représenter le chevauchement, à l'origine, comme un accident voisin de l'horizontale dans l'Argovien-Séquanien, redressé dans le Kimméridgien, et moyennement incliné dans le Portlandien. Quant à la fréquence des différents terrains au sommet de la série chevauchée, elle montre ceci :

— le Kimméridgien et le Séquanien sont trop rares;

— le Portlandien et le Valanginien sont trop fréquents;

— l'Hauterivien et le Barrémien sont normaux.

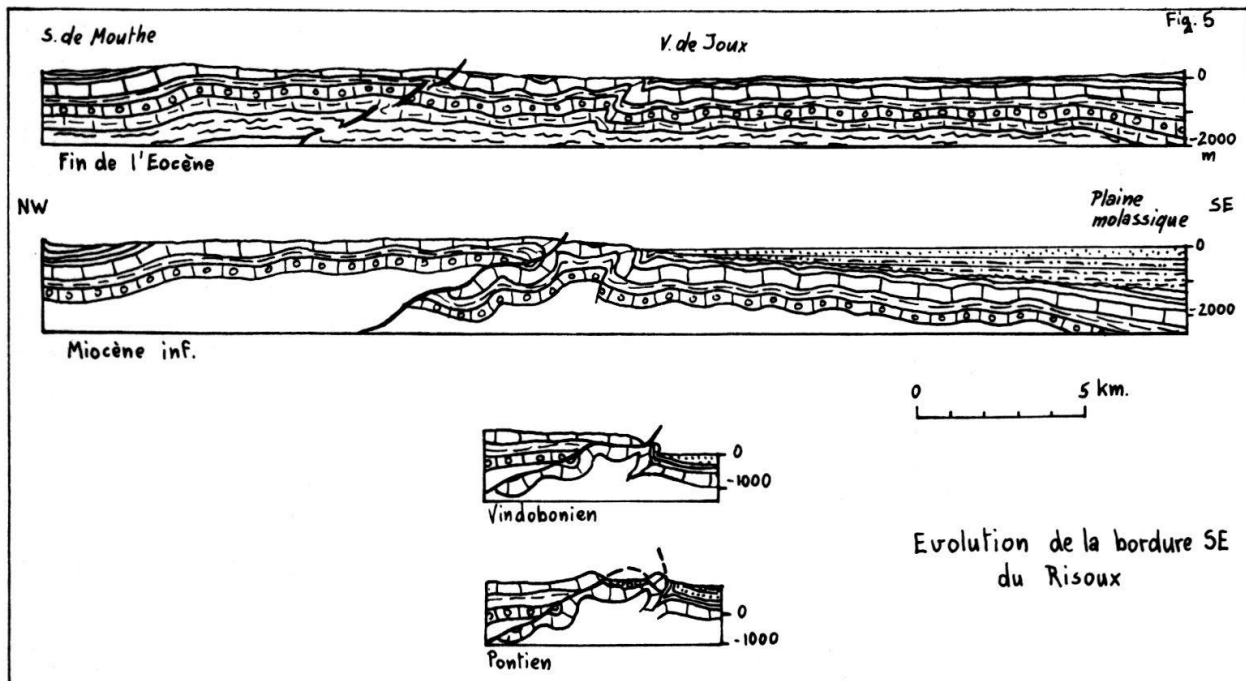
Cela suggère des plis quelque peu coiffés, des anticlinaux redressés dans leur cœur séquanien et kimméridgien, flanqués par des synclinaux plats de Portlandien et de Valanginien, où se développaient probablement des plissements dans l'Hauterivien-Barrémien.

Une bonne indication quant à l'âge du chevauchement est fournie par l'affleurement de gompholite de La Bourgeoise, environ 2 kms au SW du Lieu. Cette gompholite transgresse sur la faille limitant au SE la demi-fenêtre du Solliat. La gompholite elle-même n'est pas cassée, et la trace de la faille qu'elle recouvre s'y manifeste tout au plus par une légère flexure. Lors du dépôt de la gompholite, le plan de chevauchement avait été déformé en un anticlinal, et, le long de cet axe, la série charriée avait été décapée, en partie au moins.

L'aspect des affleurement de gompholite des Rousses et du Lieu est tel qu'on n'a pas l'impression de se trouver en présence de petits témoins, isolés par les érosions récentes, d'une série fluviatile ayant recouvert autrefois toute la région. On pense plutôt à des masses originellement isolées, déposées dans plusieurs petits bassins elliptiques, peut-être à des dépôts fluviatiles de fonds de poljés. On trouve d'ailleurs, parmi les galets de la gompholite, des débris de calcite concrétionnée, ce qui indiquerait une origine souterraine des cours d'eaux, apparaissant en résurgences au bord des poljés. Reste le problème de l'âge de la gompholite. Nous avons dit que, lithologiquement, un âge oligocène ou burdigalien est fort peu probable. S'agit-il alors de Vin-dobonien, ou même de Pontien?

Les mouvements ayant affectés la bordure SE du Risoux peuvent donc être récapitulés comme suit :

1. Formation de plis doux, peut-être de direction WSW-ENE, et érosion karstique (sidérolithique)-Eocène.
2. Accentuation des mouvements; apparition de «grabens» subméridiens; apparition d'une faille inverse, embryon du chevauchement, au SE du Risoux. — ? Oligocène inférieur.



3. Charriage, vers le SE, du Risoux-Oligocène à Miocène inf.
4. Léger plissement; érosion karstique creusant des poljés; dépôts de gompholite — ? Vindobonien à ? Pontien
5. Plissement intense; compression de la demi-fenêtre du Solliat; accentuation d'anciennes structures et apparition de structures nouvelles, entre autres chevauchement vers le NNW de la Dent de Vaulton; rejeu, principalement par décrochement, d'anciennes cassures — ? Pliocène.
6. Pénéplation presque totale — ? Pliocène, ? Pléistocène inf.
7. Mouvement général épéirogénétique et début d'un nouveau cycle érosif — Pleistocène.

L'interprétation des phases 6 et 7 reste assez subjective; AUBERT a discuté ce problème dans sa monographie de la Vallée de Joux, en montrant au surplus que l'érosion karstique s'est probablement manifestée d'une façon presque continue de l'Eocène à aujourd'hui, et qu'il peut être assez vain de tenter d'isoler différents cycles érosifs tertiaires. La succession des événements que nous présentons est donc un essai, sujet à maintes revisions; et cet essai restera vague, aussi longtemps qu'on n'aura pu dater avec une certaine précision les gompholites.

### 5) Conclusions

Ainsi, nous avons reconnu que, sur toute sa longueur, de Sous Les Barres au Mont d'Or, la bordure SE du Risoux est charriée vers le SE; l'ampleur du charriage, qui est de 1,5 à 2 kms au Mont d'Or, atteint au moins 1,5 kms dans la région de Morez, et probablement 4 à 5 kms dans la partie centrale de la chaîne, ainsi que l'a montré le sondage Risoux 1. Ce charriage s'est avancé sur une région plissée et partiellement érodée à l'Eocène; l'ensemble du territoire a encore été affecté par deux phases tectoniques, déjà nettement identifiées par les auteurs, l'une antérieure au dépôt des gompholites, l'autre post-gompholitique. La complexité tectonique profonde du Risoux avait déjà été montrée par les résultats du sondage, et notre note ne fait que proposer une



interprétation nouvelle des accidents reconnus en profondeur; en même temps, nous croyons avoir montré qu'une critique serrée des observations de surface recueillies par les auteurs, et une brève étude de terrain permettent de déceler, dans le Jura, des complications parfaitement visibles en surface, mais que l'on néglige jusqu'au moment où un forage vient jeter le désarroi dans les interprétations existantes; mais aurait-on l'idée de déceler de telles complications s'il n'y avait pas, justement, ces résultats profonds désarmants?

D'un point de vue pétrolier, on ne peut guère ajouter à ce qui est déjà connu: c'est à dire que le Jura, malgré sa série sédimentaire apparemment favorable à la genèse et à l'accumulation des hydrocarbures, présente de tels accidents et de telles disharmonies que les structures de surface sont peu significatives. La prospection devrait donc se baser sur deux idées directrices:

1. Recherche des zones ayant été hautes autrefois, à des moments intéressants quant à la migration et à l'accumulation possible des hydrocarbures. Nous avons suggéré, en 1957, l'étude précise de la limite Malm/Dogger, qui est un de ces moments intéressants, et qui a le grand avantage de ses belles faunes d'Ammonites. On pourrait ainsi discerner les zones élevées durant l'Oxfordien, zones que l'on peut considérer comme plus favorables que les aires déprimées environnantes.

2. Cela semble une gageure d'espérer que l'apex profond de tel ou tel gros anticlinal jurassien se trouve sur la même verticale que son apex superficiel. Il faudrait donc, afin d'être sûr d'avoir rencontré les objectifs possibles en position structurellement favorable, disposer de plusieurs forages. L'étude systématique d'une seule structure du Jura, au moyen de 3 ou 4 puits, nous semble plus rationnelle que l'étude de 3 ou 4 structures sur chacune desquelles on ne fore qu'un seul puits.

Bien sûr, il est plus attrayant d'étudier la série jurassienne sous le bassin molassique, où la présence d'une couverture plus épaisse, la tectonique plus douce et des conditions hydrostatiques meilleures sont des atouts sérieux; et particulièrement en cette zone au voisinage de laquelle les facies poreux du Jura font progressivement place aux accumulations de calcaires fins et de marnes de l'Helvétique. Malgré tout, le Jura lui-même ne peut être condamné sur la base des travaux faits jusqu'ici. On a négligé, dans cette région, certaines des méthodes de recherche parmi les plus primitives: par exemple l'implantation de forages au voisinage des indices pétroliers de surface (Epoisats, Furcil, Chamblon, etc.).

### Bibliographie

- Aubert, D.* (1943): Monographie géologique de la Vallée de Joux. Mat. carte géol. Suisse, Nlle. sér., 78e livr.  
— (1953): La tectonique du Mont d'Or... *Eclogae geol. helv.*, vol. 46, 2, pp. 175—186.  
*Collot, L.* (1912): A propos du tunnel à travers le Mont d'Or. *Bull. serv. c. géol. France*, vol. XXI, No. 132, p. 63.  
— (1913): Revision de la Feuille de Pontarlier. *Bull. serv. c. géol. France*, vol. XXII, No. 133, pp. 67—72.  
*Glangeaud, L.* et al. (1949—1950): Session extraordinaire de la Société géologique de Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 73, pp. 53—150.  
*Raven, T.* (1932): Etude géologique de la région de Morez-Les Rousses. *Trav. Lab. Géol. Univ. Lyon*, 20.  
*Rigassi, D.* (1957): Le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne. *Bull. Assoc. suisse géol. pétr.*, Vol. 24, No. 66, pp. 19—34.  
*Sprecher, C.* (1913): Beitrag zur Kenntnis der Querstörung Mollens—Vallorbe—Pontarlier. Berne, 86 pp.  
*Tutein Nolthenius, A. B.* (1921): Etude géologique des environs de Vallorbe. Mat. carte géol. Suisse, Nlle. sér., 13e livr.  
*Winnock, E.* (1961): Résultats géologiques du forage Risoux 1. *Bull. Assoc. suisse géol. pétr.*, vol. 28, No. 74, pp. 17—26.