Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 78 (1986-1987)
Heft: 369

Artikel: Un astroblème en Suisse centrale?
Autor: Rigassi, Danilo A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-278904

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: 13.07.2025

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

Bulletin N° 286 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

Un astroblème en Suisse centrale?

PAR

DANILO A. RIGASSI[1]

Résumé. – Des linéaments plus ou moins circulaires, concentriques, visibles sur des images Landsat en Suisse centrale reflètent des anomalies morphologiques, en particulier des crêtes et vallées arquées. La région anormale a un axe NNW-SSE de 48 km, et un axe WSW-ENE de 40 km. Un creux gravifique en occupe le centre, et une région magnétiquement positive correspond à sa partie centro-méridionale, la source magnétique étant à une altitude de +200 m environ. Sauf la disposition des facies de la Molasse badenienne, aucun trait géologique n'explique l'anomalie, dont la cause est attribuée à un impact qui se serait produit il y a 18 à 14 ma. L'astroblème supposé pourrait être contemporain de l'impact du Ries. Jusqu'ici, aucune preuve définitive (*shatter cones, ejecta,* roches fondues, bréchiques ou vitreuses) de l'origine cosmique proposée n'a été trouvée.

Abstract. – An astroblem in central Switzerland?
Nearly circular concentric linears observed on space imagery of Central Switzerland reflect morphological anomalies, in particular arcuate ridges and valleys. The size of the anomalous area is 48 km (NNW-SSE) by 40 km (WSW-ENE). Negative gravity values are found near its center, while its central-southern part corresponds to a magnetic high, the source of which is at an elevation of about +200 m. Except for some facies isolines within the Badenian Molasse, no known geological feature could account for the anomaly. An impact believed to have occured 18 to 14 my ago provides a suitable explanation. This supposed impact might be contemporaneous with the Ries event. It should be noted that no direct proof in favour of the suggested explanation – shatter cones, *ejecta,* melted, brecciated or glassy rocks, coesite – has as yet been found.

[1] Sciences de la Terre, Collège propédeutique, CH-1015 Lausanne.

Introduction

En 1978, l'auteur a établi une carte structurale du bassin molassique suisse et de ses abords, à l'W du méridien de Lucerne. Cette carte est basée sur la géologie de surface, les données géophysiques alors disponibles, et un rapide examen d'images Landsat. Une version très simplifiée de cette carte a été publiée (Rigassi *in* Matter *et al,* fig. 4, p. 263); en raison du petit format, il fallut beaucoup simplifier; les grands linéaments visibles sur les images prises du cosmos furent abandonnés, en particulier un groupe de linéaments dessinant une grande structure grossièrement circulaire, concentrique, au NW de Lucerne. Ce n'est que récemment que l'auteur eut le loisir d'approfondir l'étude de ces linéaments. Ce qu'ils dessinent (fig. 1) ne correspond à aucun accident géologique connu; et pourtant il y a plusieurs forages profonds dans la région étudiée qui a de plus fait l'objet de nombreux levers sismiques. La seule relation éventuelle avec la géologie telle que nous la connaissons est avec certains traits de l'OSM[2] du Miocène moyen: le passage brutal, vers l'ENE, des facies grossiers, fluviatiles du Napf à ceux plus fins, souvent lacustres, coïncide assez nettement avec les linéaments externes, qu'épouse dans un petit secteur au SE de Zofingue, l'isohypse +700 m du contact OSM/OMM[2]. La topographie, elle, montre de manifestes anomalies circulaires et concentriques, qui semblent avoir échappé jusqu'ici à l'attention des géologues et des morphologues. En l'absence de toute autre explication, on peut penser à un astroblème. Plusieurs indices tendent à étayer cette hypothèse, mais des faits incontestables (*shatter cones,* minéraux déformés, néo-minéraux, *ejecta,* etc.) manquent.

Morphologie

Les linéaments, discontinus, observés sur les vues prises du cosmos sont concentriques. La forme ovoïde dessinée par le linéament le plus externe a un grand axe NNW-SSE de 48 km et un petit axe WSW-ENE de 40 km environ. Ce linéament passe un peu à l'W d'Olten, puis par Pfaffnau, Hüswil, un peu au S de Wolhusen, Lucerne, la vallée de la Reuss, Schinznach et Oberdorf, avec un périmètre de quelque 150 km. Le linéament le plus central délimite – d'ailleurs sans grande netteté – une région dont les axes mesurent, respectivement, 25–30 et 15–24 km. Le centre de l'objet est à 4 à 5 km au N/NNE de Sursee; de ce centre, la distance au linéament externe est de 28 km vers le NNW, de 20 km vers le SSE (fig. 1).

Les cartes topographiques montrent que les linéaments coïncident tantôt avec des vallées, tantôt avec des lignes de partage des eaux, d'autres fois

[2] OSM: Obere Süsswassermolasse = molasse d'eau douce supérieure.
OMM: Obere Meeresmolasse = molasse marine supérieure.

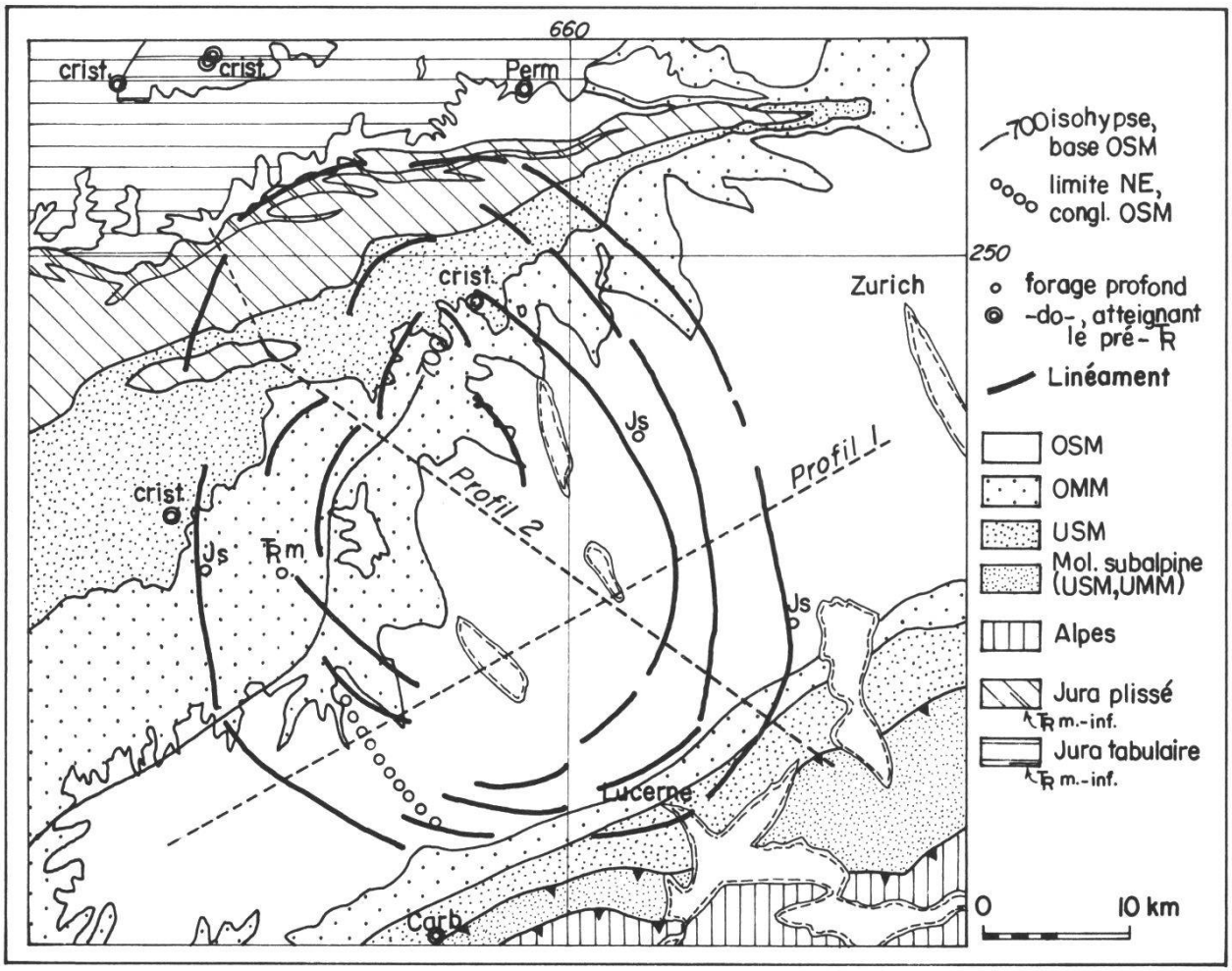

Figure 1. – Situation de l'astroblème supposé.

avec des alignements que font des coudes de rivières ou de crêtes (fig. 2 et 3). Malgré quelques surcreusements, le relief du contact Quaternaire/Molasse (WILDI 1984) est semblable à celui de la surface du terrain. Certains segments de linéaments exprimés sur les images prises de satellites par des variations de tonalité ne reflètent rien de particulier dans le relief.

Un ancien réseau hydrographique est, semble-t-il, représenté par:

1) des segments circulaires empruntés par des cours actuels (Reuss, Kleine Emme entre Wolhusen et son confluent avec la Reuss, Bünz, et plusieurs ruisseaux moins importants);
2) des ruisseaux plus modestes dont la disposition, par rapport aux cours circulaires et aux linéaments concentriques, est radiale. Ces ruisseaux peuvent soit diverger du centre de l'anomalie, soit y converger. Dans la plus grande partie de la région anormale, ils sont divergents (2, fig. 3). Au voisinage du linéament le plus externe, dans une bande large de 2 à 7 km, les ruisseaux convergent vers le centre (3, fig. 3). Au-delà de ce linéament, les ruisseaux divergent (4, fig. 3). Cette disposition suggère une vaste région centrale bombée, puis une gouttière et enfin une ligne de crête circulaires.

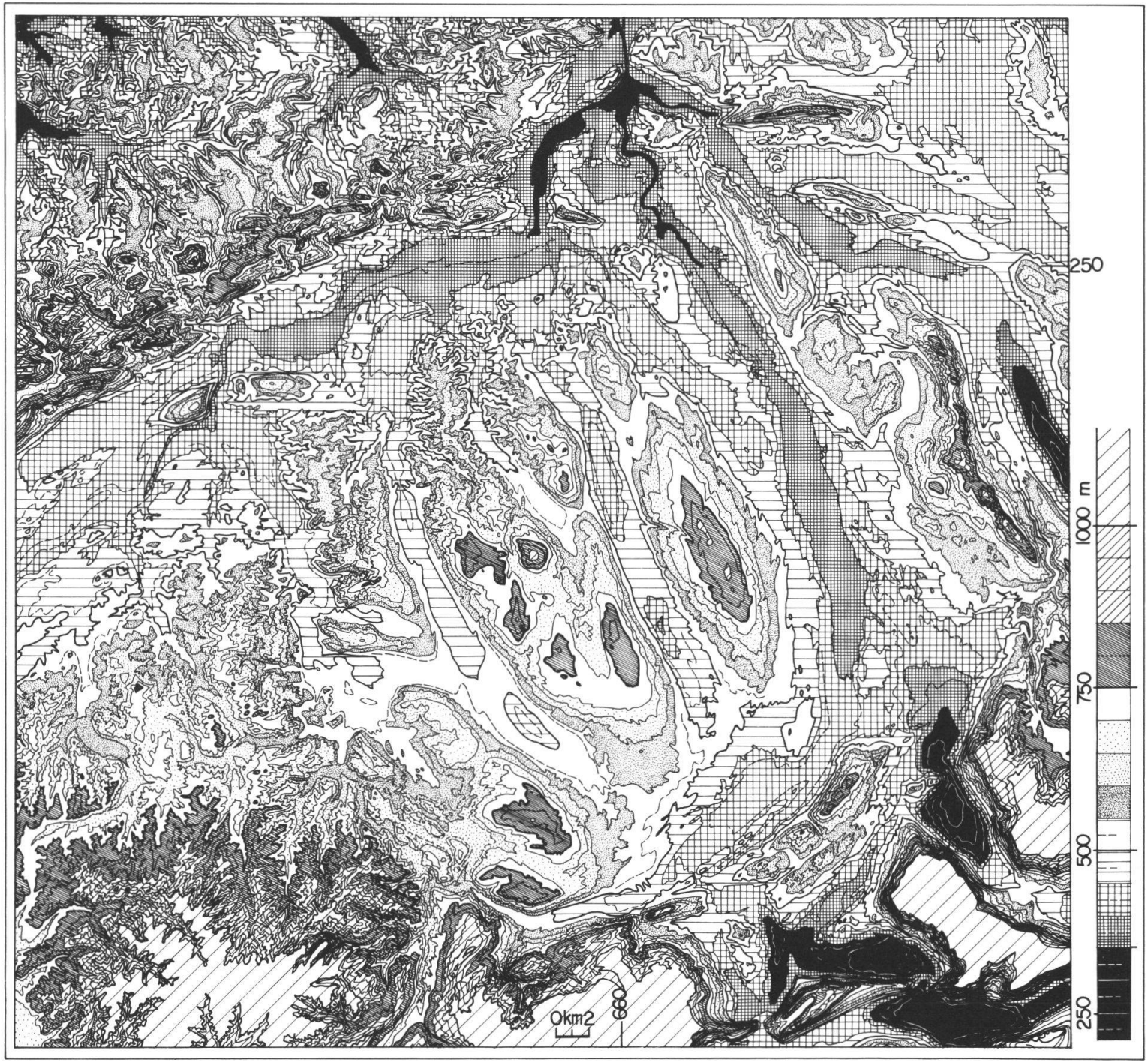

Figure 2. – Relief topographique.

Cet ancien réseau serait recoupé et déformé par un système fluvial plus jeune, orienté vers le NNW, et comprenant aussi bien des tronçons à peu près rectilignes (Wyna et basse Wigger par exemple) que d'autres s'incurvant parallèlement aux linéaments. N'était la ligne de crête jurassienne, on imaginerait volontiers un écoulement de ces rivières jusqu'au Rhin bâlois; le Jura est d'ailleurs traversé par plusieurs cols d'atitude 620–730 m, donc dominant de 260–300 m seulement le cours actuel de l'Aar. On aurait ainsi une Wyna rejoignant la Sissle, une Wigger allant à l'Ergolz, et convergeant avec la paléo-Aar qui déposa les cailloutis du Sundgau (Pliocène supérieur ou Villafranchien).

Le premier réseau est postérieur à l'OMM (Eggenburgien à Carpathien, 23–17 ma) qu'il entaille profondément sans qu'aucune relation n'existe entre orientation du réseau et directions tectoniques actuelles de l'OMM; durant le dépôt de l'OMM, les décharges clastiques se faisaient du NE au SW («Graupensandrinne», etc.), et toute la région étudiée était sous une mince tranche d'eau. Ce réseau est postérieur à l'impact supposé, puisque la disposition de ses cours d'eau serait contrôlée par les reliefs produits par l'impact. Il serait de plus postérieur à une partie au moins de l'OSM puisque sa limite SW coïncide avec l'extension NE des masses conglomératiques du Napf. Durant le début de la sédimentation OSM, les grès micacés à matériel moldanubien déposés du NE vers le SW dans une gouttière s'étendant de l'extrême-est argovien à Tavannes, au Locle et à la Bresse témoignent de pauvres communications avec le bassin molassique proprement dit: on peut supposer une ride jurassienne embryonnaire des Lägeren au Weissenstein et au-delà. Le premier réseau hydrographique (ou, du moins, ceux de ses éléments représentés par les chiffres 2 à 4, fig. 3) constituait-il un système fermé, se perdant dans un lac ou une plaine marécageuse circulaire, ou avait-il un écoulement? Ce n'est que bien après la sédimentation des couches les plus jeunes encore préservées aujourd'hui de l'OSM que l'on voit s'établir, au Pliocène moyen (env. 3,5 ma), un drainage SW-NE Aar–Danube; rappelons que l'OSM datée et préservée la plus jeune du bassin molassique proprement dit ne dépasse pas le Badénien terminal – env. 13 ma; ce n'est que dans le Hegau et au Hausruck (Haute-Autriche) que l'on connaît des sédiments fluviatiles datés du Pannonien, mais nettement discordants sur l'OSM au sens strict; dans le Jura, le gisement fossilifère d'Anwil est sarmatien, alors que les sédiments clastiques vosgiens de l'Ajoie et du bassin de Delémont – eux aussi discordants – sont pannoniens; les graviers du Hausruck sont les premiers témoins de la capture, par le Danube entamant son érosion régressive vers l'W, de grandes rivières alpines: Inn et Salzach; quant aux sables et graviers vosgiens, ils n'ont pu être transportés que sur un glacis s'étendant jusqu'à 50 km au moins au SE des Vosges, en l'absence de «Trouée de Belfort»; furent-ils déposés dans une zone d'épandage sans écoulement, ou avec des écoulements karstiques, ou avec un écoulement superficiel (danubien)?

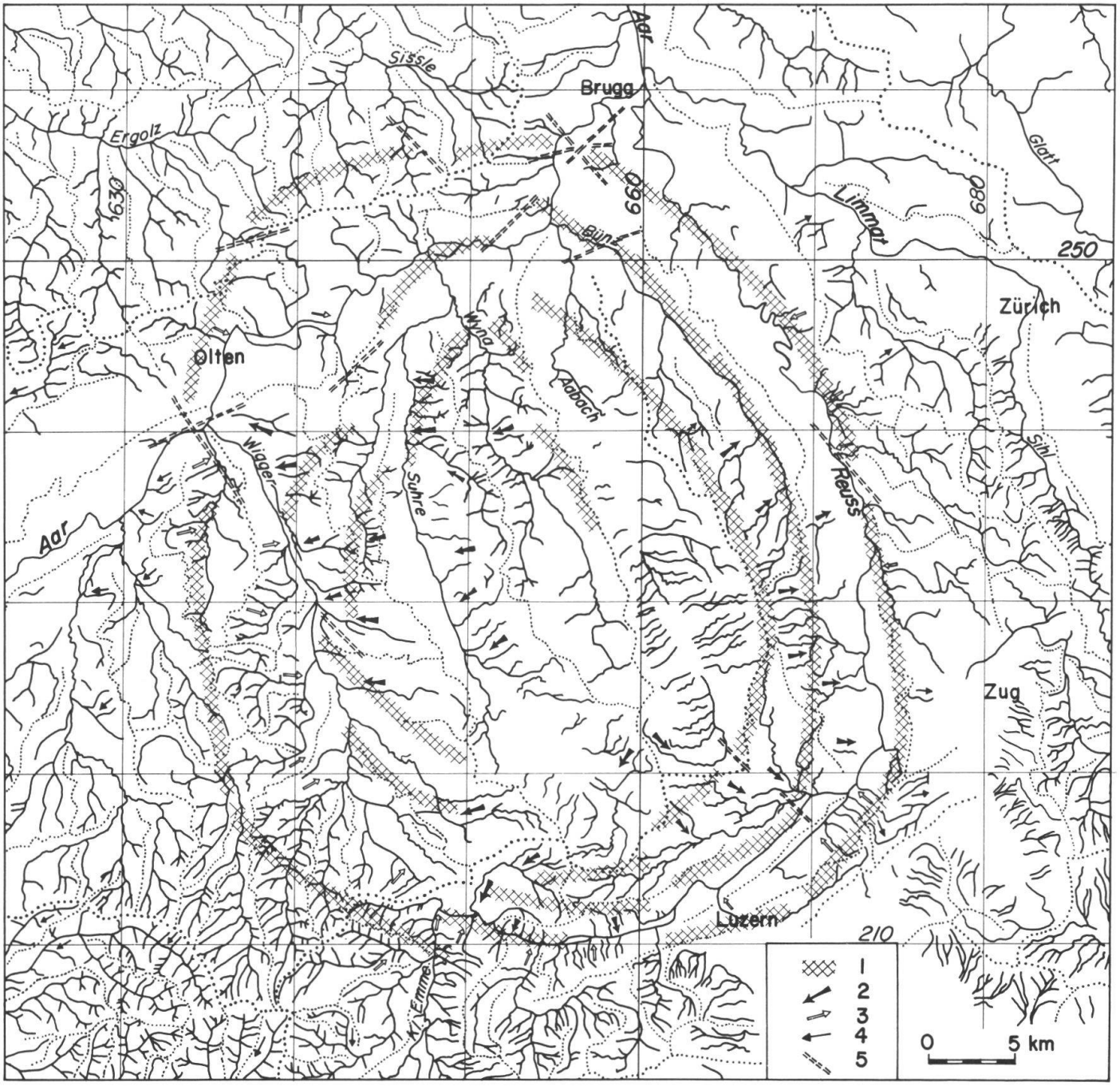

Figure 3. – Réseau hydrographique, 1 – linéaments, 2 – réseau divergent central, 3 – réseau convergent périphérique, 4 – réseau divergent périphérique, 5 – décrochements recoupant les linéaments.

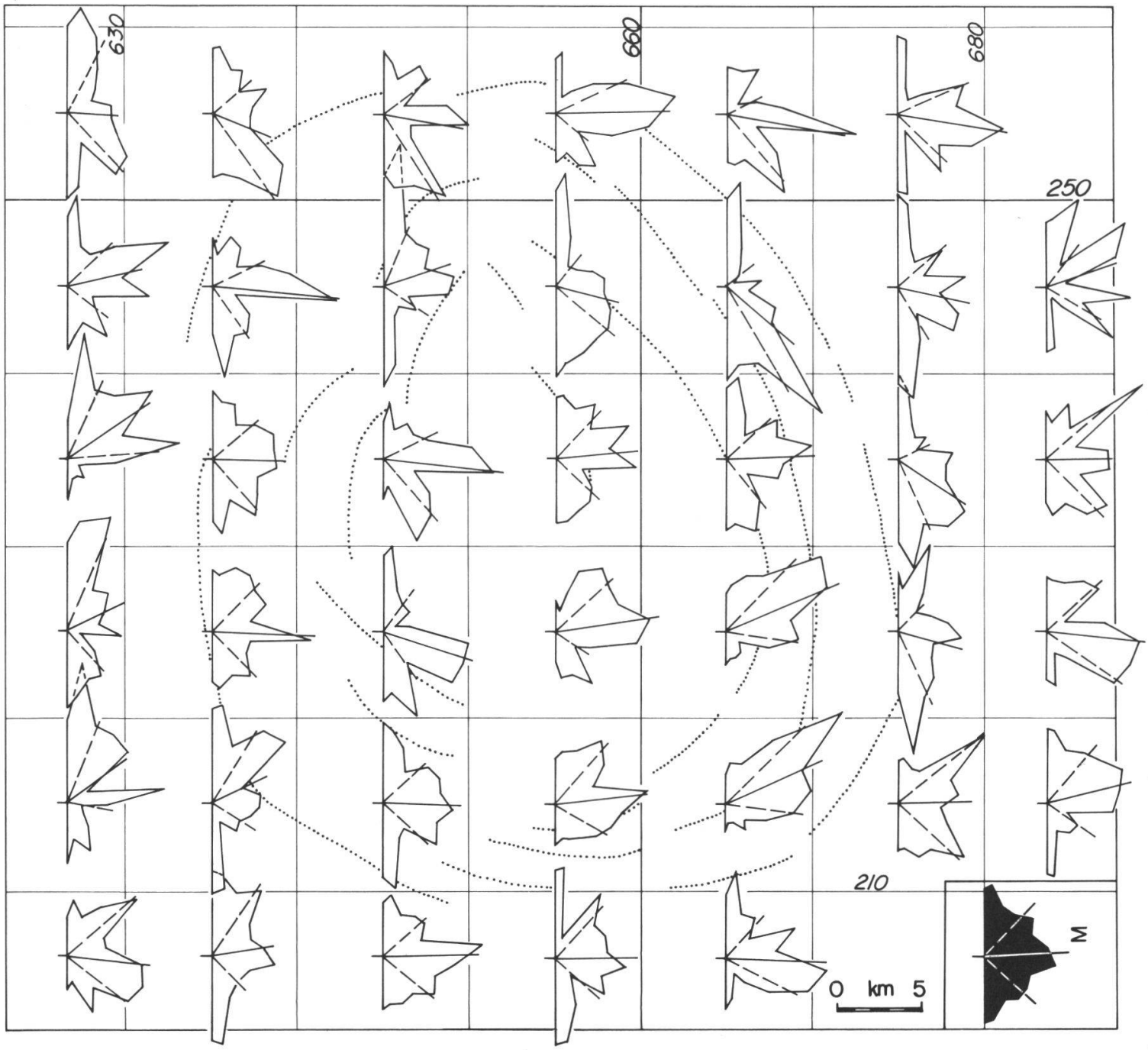

Figure 4. – Orientation des cours d'eau. Pointillés = linéaments, tiretés = 1er et 3e quartiles, trait pleins = médianes.

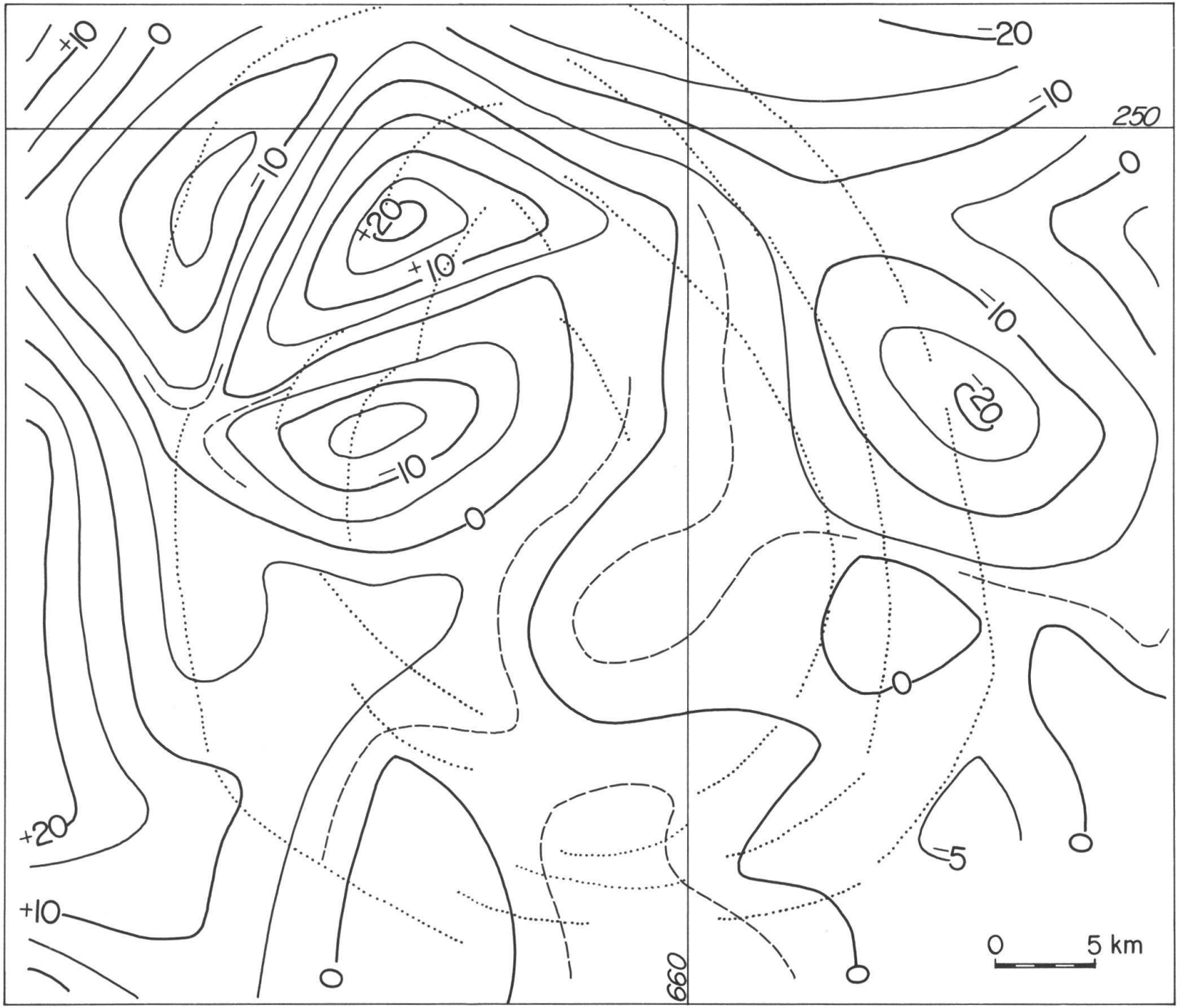

Figure 5. – Déviation, en degrés, du 1er quartile de l'orientation des cours d'eau. Pointillés = linéaments.

Notre deuxième réseau hydrographique, SSE-NNW, est responsable du transport des cailloutis du Sundgau et de la Forêt de Chaux à la fin du Pliocène. Dans notre région, les cours d'eau de ce système évoquent une pente régulière, du front alpin à la région bâloise; dans les Alpes, on serait tenté de raccorder ce glacis au niveau sis à une altitude de 2000 m environ et formant la «Gipfelfluhr» des chaînes helvétiques septentrionales. Que l'Aar et d'autres rivières (Reuss par exemple) aient pu, dans le temps bref – 1,5 ma au plus – séparant le Pliocène moyen et le Pliocène terminal être entièrement déroutées de leur écoulement danubien au profit d'un cheminement trans- et circum-jurassien par la «Porte de Bourgogne» pose un problème; on peut invoquer une activation d'un haut joignant culmination structurale alpine (domaine simplo-tessinois, massif Aar-Gotthard) et Forêt-Noire, combinée à un mouvement positif Pass Lunghin (culmination hydrographique actuelle des Alpes: Pô, Inn, Rhin)–Vättis–culmination glaronnaise–Hörnli; ou l'effet de grands décrochements dextres sublatitudinaux dans le domaine Montbéliard–Liestal–Bodan; ou alors un englacement barrant en Suisse orientale le chemin du Danube. Le tracé transjurassien de l'Aar pouvait passer par l'enfilade de cluses et de vals Klus-Holderbank (SO)–Langenbruck–Waldenburg; les dépressions sont ici disproportionnées par rapport aux maigres ruisseaux qui les drainent actuellement. Quant aux rivières du glacis alpin entre Aar et Reuss, leur traversée du Jura, sur les emplacements des cols actuels, et leur poursuite par l'Ergolz et la Sissle est une hypothèse plausible: le nombre et l'ampleur des vallées du Jura tabulaire sont excessifs au regard du relief jurassien actuel, de la pluviométrie, des débits. Mais cette hypothèse exige que certaines conditions aient été remplies; entre Alpes et Jura, tous les reliefs produits par l'impact supposé et par le premier réseau hydrographique devaient être totalement occultés par des sédiments (OSM, Pliocène) aujourd'hui érodés; le toit de ces sédiments devait constituer un glacis descendant régulièrement vers le NNW pour atteindre les chaînes jurassiennes internes à une cote égale ou supérieure à l'altitude structurale qu'avait alors, sur les crêtes anticlinales, le Malm calcaire; la vallée de la paléo-Aar danubienne du Pliocène moyen devait être comblée par des sédiments, ou effacée tectoniquement, qu'elle se soit développée dans un sillon subjurassien ou dans l'ancienne rainure à «Glimmersande»; dans le Jura tabulaire, non seulement la pente topographique (ce qui est aujourd'hui encore le cas) devait s'abaisser vers le NW, mais aussi la pente structurale au contact Tertiaire/Mésozoïque. Tout cela implique que certains traits de la tectonique jurassienne: dernière phase chevauchante du Jura plissé sur le Jura tabulaire, surrection tardive des chaînes les plus internes (en partie induite par l'effet des surcharges glaciaires sur les sels triasiques du domaine subjurassien), jeu (ou rejeu) des grands décrochements dextres W-E, soient postérieurs aux graviers du Sundgau, et donc d'âge quaternaire.

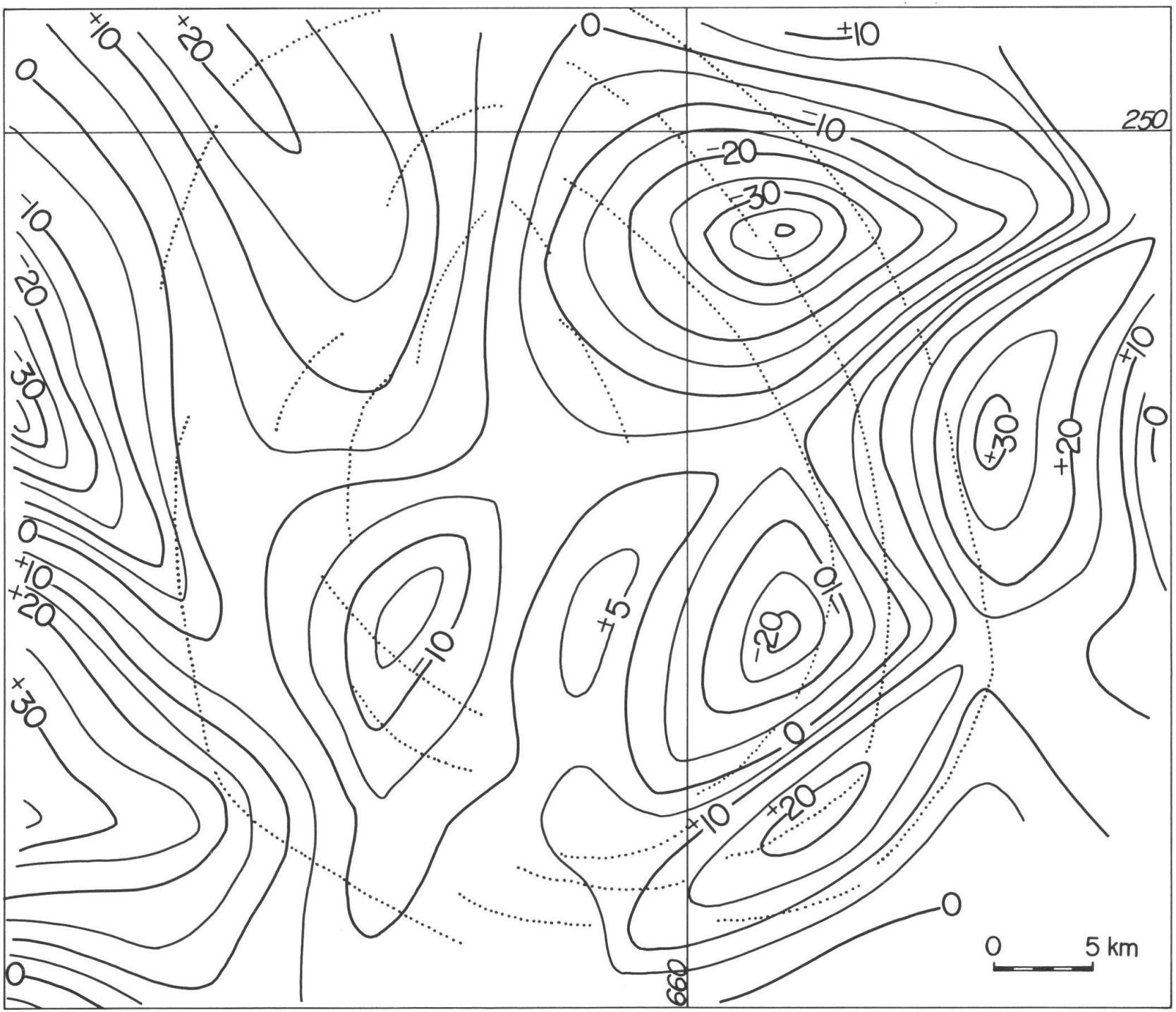

Figure 6. – Déviation, en degrés, de la médiane de l'orientation des cours d'eau. Pointillés = linéaments.

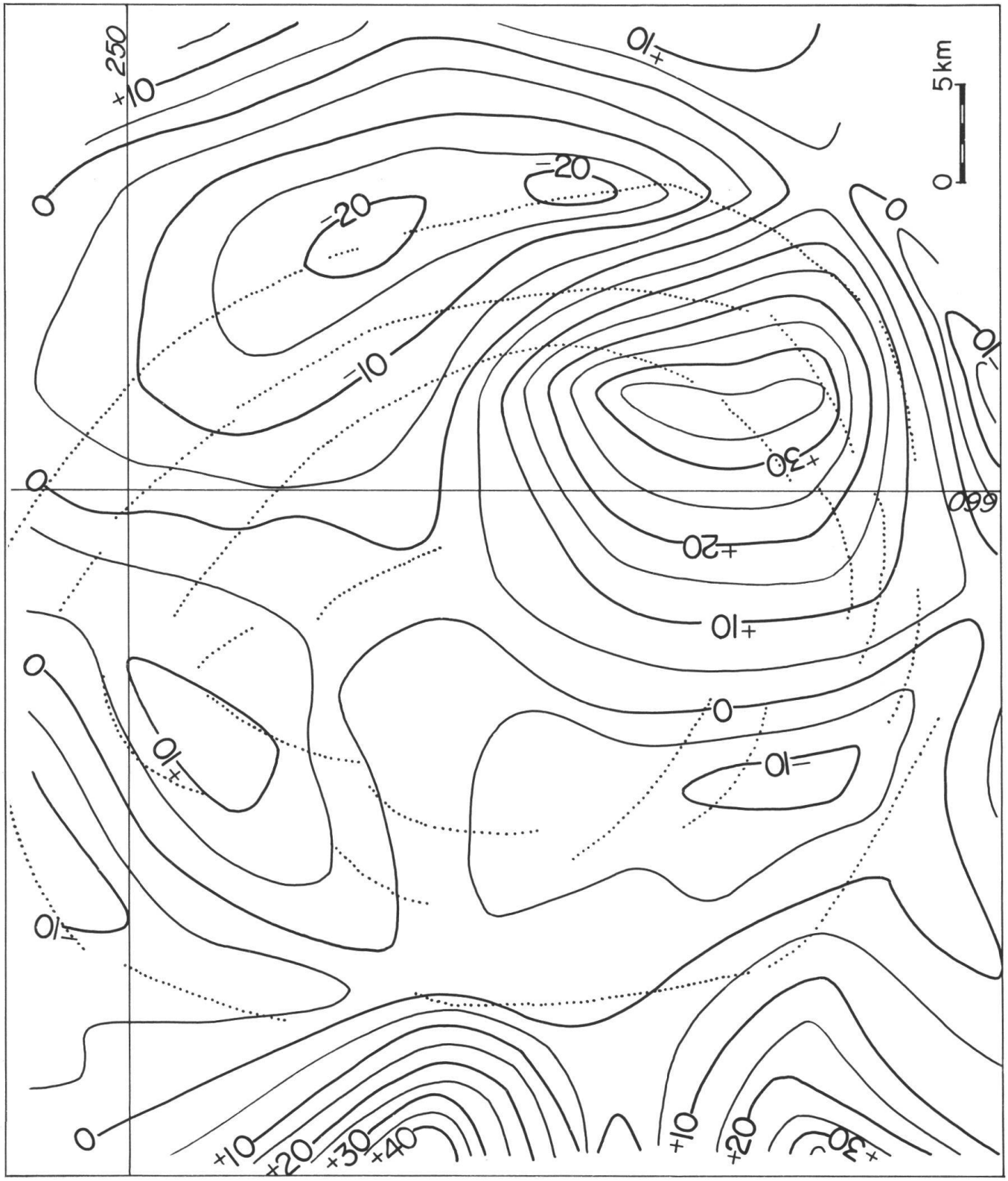

Figure 7. – Déviation, en degrés, du 3e quartile de l'orientation des cours d'eau. Pointillés = linéaments.

Données géophysiques

Dans la région de 4000 km² discutée dans cette note, Klingele et Olivier (1979, 1980) ont mesuré environ 250 stations gravimétriques. Nous avons établi, sur la base de leurs données, une carte de Bouguer (fig. 8), une carte du champ régional (fig. 9) et une carte résiduelle (fig. 10). Au NNW d'une ligne joignant les points 235/630 et 260/687, on dispose de cartes plus détaillées, basées sur deux mesures par km² (Klingele *et al.* 1983), cartes couvrant un peu moins d'un cinquième de la région étudiée ici.

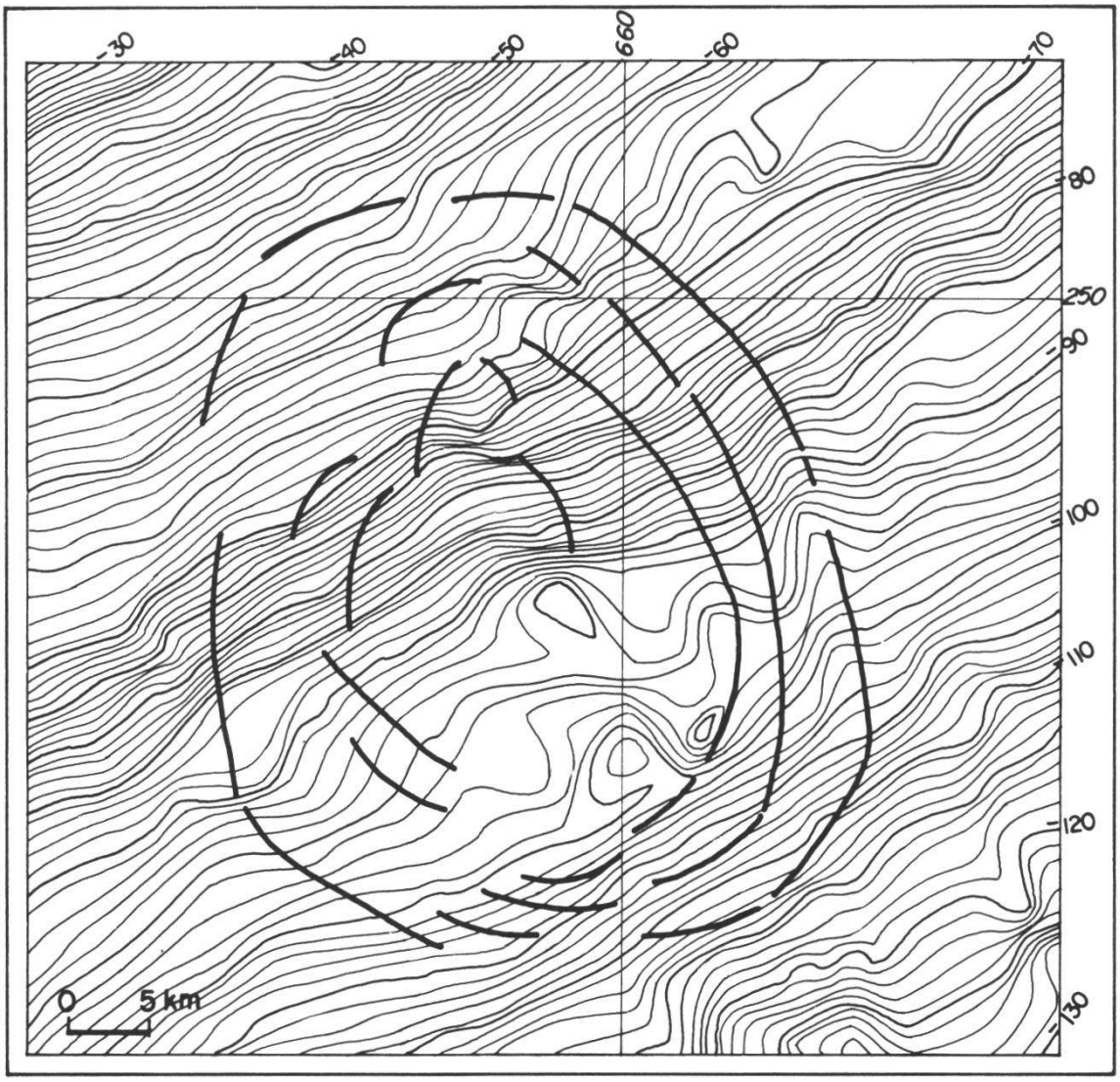

Figure 8. – Gravimétrie Bouguer, équidistance 1 mgal, d'après les données de Klingele et Olivier (1980). Traits épais = linéaments.

Les données de Klingele et Olivier (1979, 1980) étant réduites pour une densité de 2,67, on pourrait craindre qu'une carte résiduelle (fig. 10) ne montre, en fait, qu'une image inversée de la topographie. En tenant compte de la distribution spatiale du Mésozoïque jurassien, de la Molasse du Moyen-Pays et de celle du front alpin, et des densités de ces différentes formations, nous avons établi une carte (fig. 11) permettant des corrections

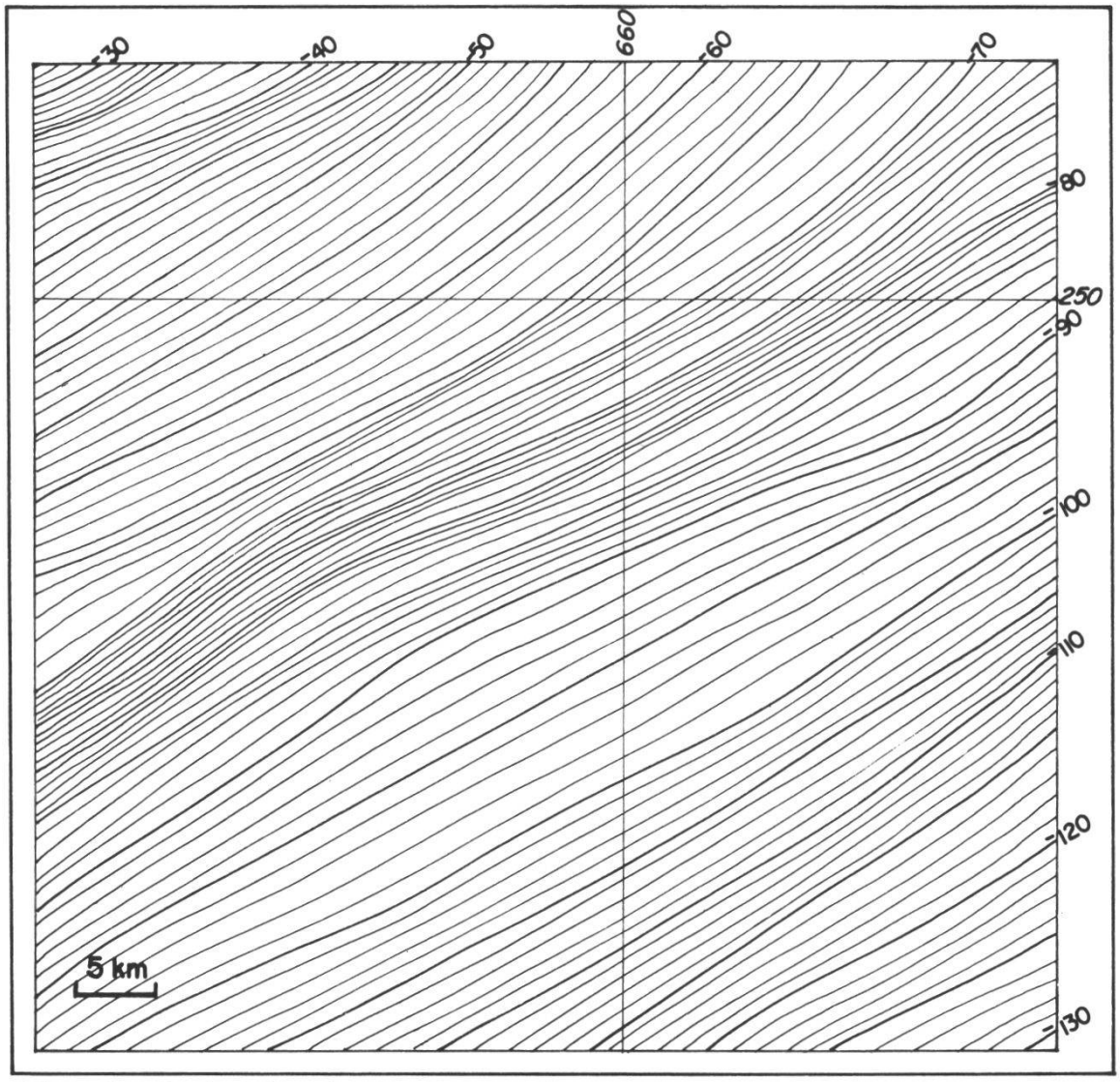

Figure 9. – Gravimétrie régionale, obtenue par lissage de la carte figure 8, équidistance 1 mgal.

entre altitude 0 m et surface du terrain. Une carte gravimétrique résiduelle corrigée par ce procédé (fig. 12) ne diffère pas fondamentalement de la carte, figure 10. Les faits suivants se dégagent des deux cartes résiduelles:

– Une zone positive correspond au Jura plissé et à ses prolongements orientaux. Le chaînon le plus interne (Born), négatif, fait seul exception. Sur les cartes de KLINGELE *et al.* (1983), l'anomalie du Born est de 2 mgals pour la carte d = 2,67, mais pratiquement effacée sur la carte d = 2,40 (le creux transverse de cette dernière carte provient sans doute de la présence de couches d'Effingen et de Quaternaire au voisinage de l'Aar); l'anomalie ne semble pas être due au seul sel du Muschelkalk: on peut supposer que le Born, décollé vers le sud, chevauche la Molasse; l'azimut pyrénéen du pli et l'importance (surtout près de l'apex) du décapage antésidérolithique témoigneraient d'un plissement assez ancien, précédant celui des chaînons plus externes; cette hypothèse expliquerait la diachronie entre Molasse basale au N du pli (niveau de Rickenbach) et au S (niveaux de Boningen et plus anciens).

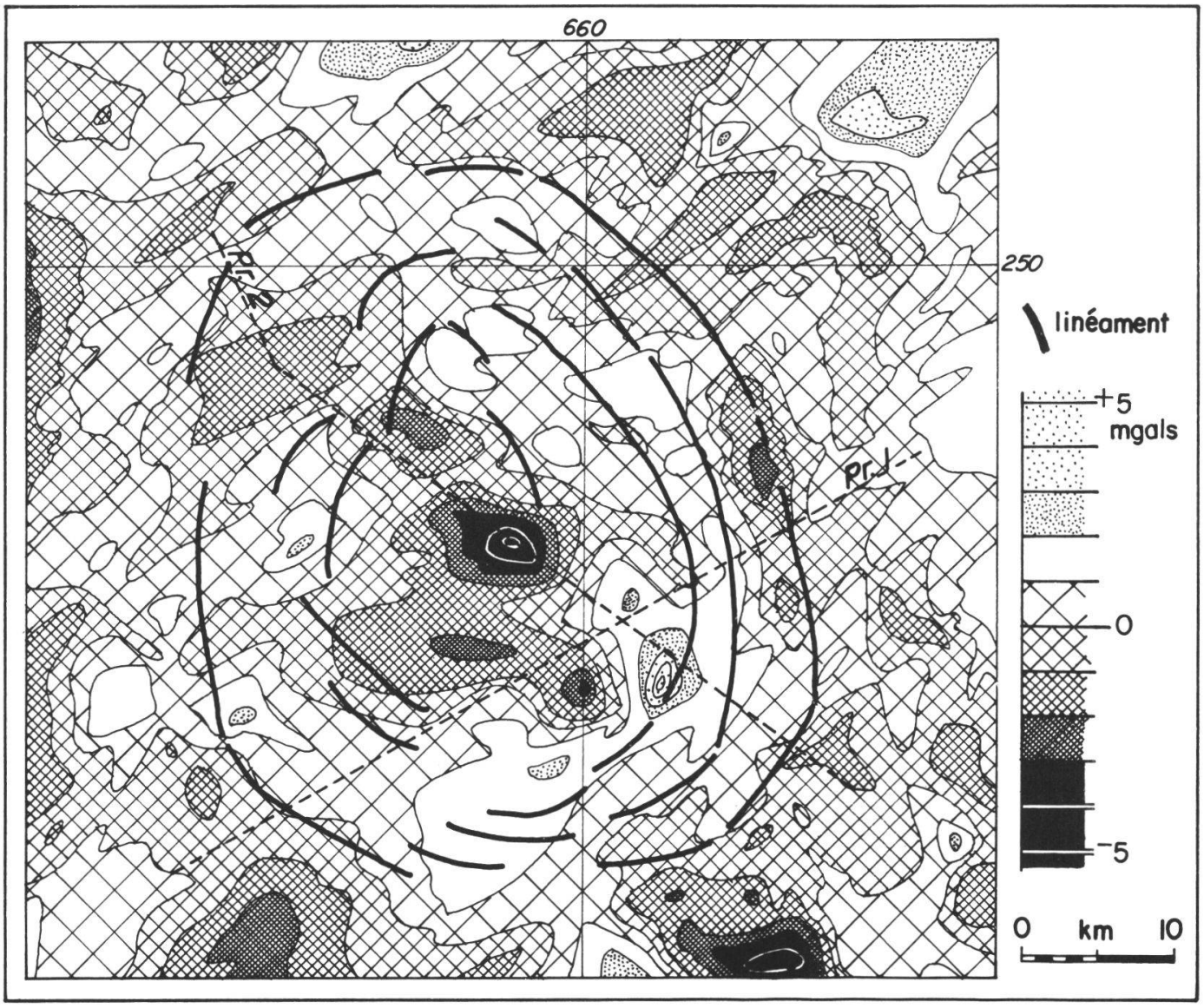

Figure 10. – Gravimétrie résiduelle obtenue à partir des cartes, figures 8 et 9.

– Dans le Jura tabulaire, le champ gravifique est influencé à la fois par le profond fossé permo-carbonifère enfoui et par les nombreuses cassures du socle: sénestres N-S et NE-SW, dextres sublatitudinales et NW-SE (le déplacement dextre n'étant que l'avatar le plus récent de ces dernières). Ce jeu de cassures se poursuit d'ailleurs vers le sud à travers tout le bassin molassique.

– Dans le bassin molassique, de faibles valeurs positives expriment des anticlinaux connus par la géologie de surface et par la sismique. L'anomalie la plus remarquable est une zone négative, comportant quatre minimums, comprise entre les coordonnées 218-242 et 641-661, c'est-à-dire au centre de l'objet circulaire montré par les linéaments des images prises de satellites. Le minimum le plus important (SW de Menziken, 232/655) est en bonne partie sur la Molasse affleurante, comme le plus méridional

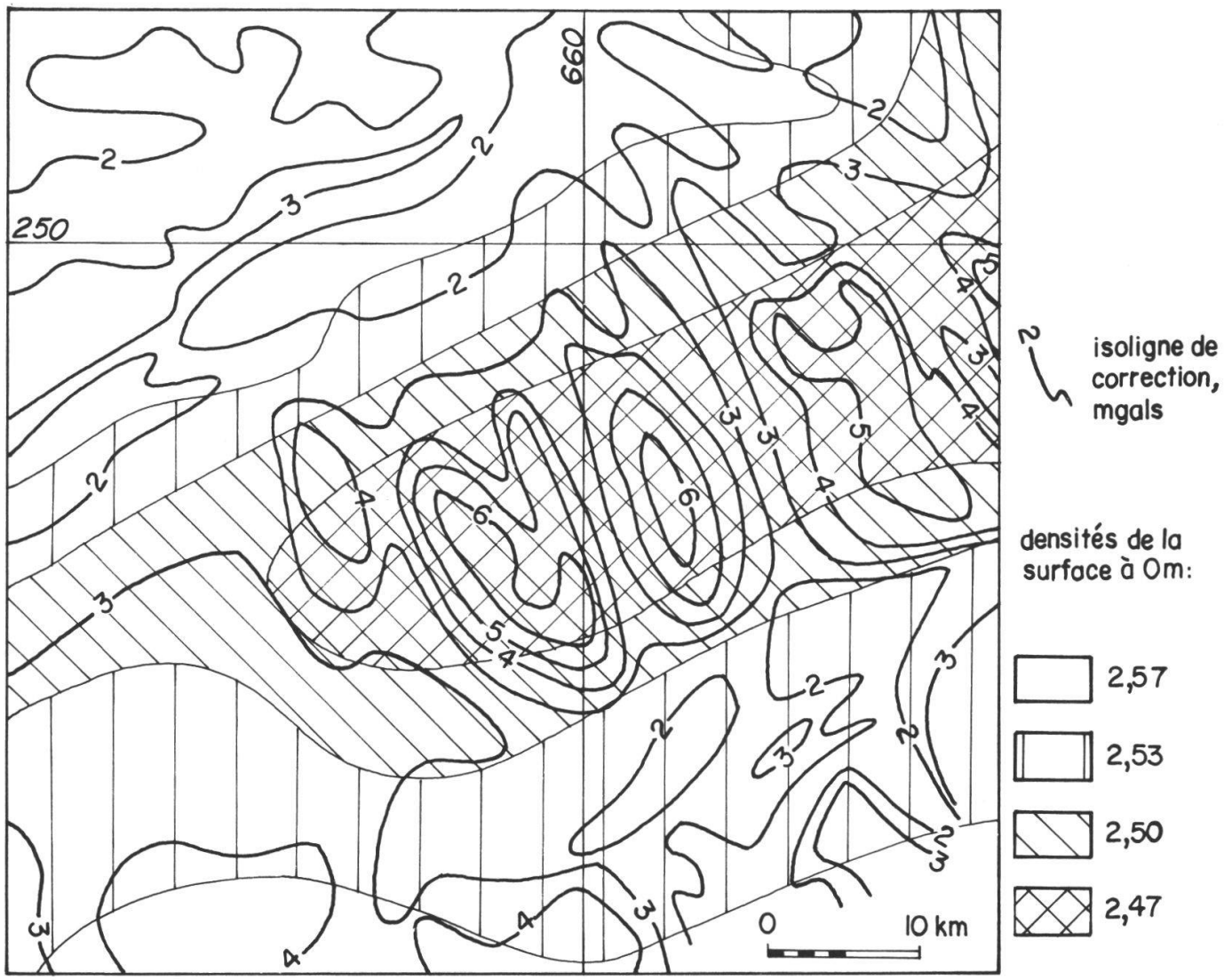

Figure 11. – Correction gravimétrique «plateau», en fonction des densités entre surface du terrain et géoïde.

(NE de Sempach); le minimum le plus septentrional (SW de Unterkulm) est entièrement sur la Molasse; seul, un minimum sis au voisinage de Sursee pourrait être partiellement dû à du Quaternaire léger. On observe, d'autre part, des anomalies incurvées, parallèles aux linéaments Landsat, certaines très nettes (vallée de la Reuss et son flanc occidental), d'autres plus floues. Là où un effet du Quaternaire est possible, il resterait à trouver quelle cause – et il n'en est pas parmi les processus géologiques connus dans cette région – a pu creuser des sillons pré- ou intra-quaternaires incurvés. Deux anomalies positives au SSE (222/665) et à l'W (227/662) du lac de Baldegg restent inexpliquées.

Quoique plus contrastées, les résiduelles établies à partir des cartes au 1: 100 000 de KLINGELE *et al.* (1983) (RIGASSI, en préparation) restent très voisines de celles données figures 10 et 12. Cependant, les cartes plus

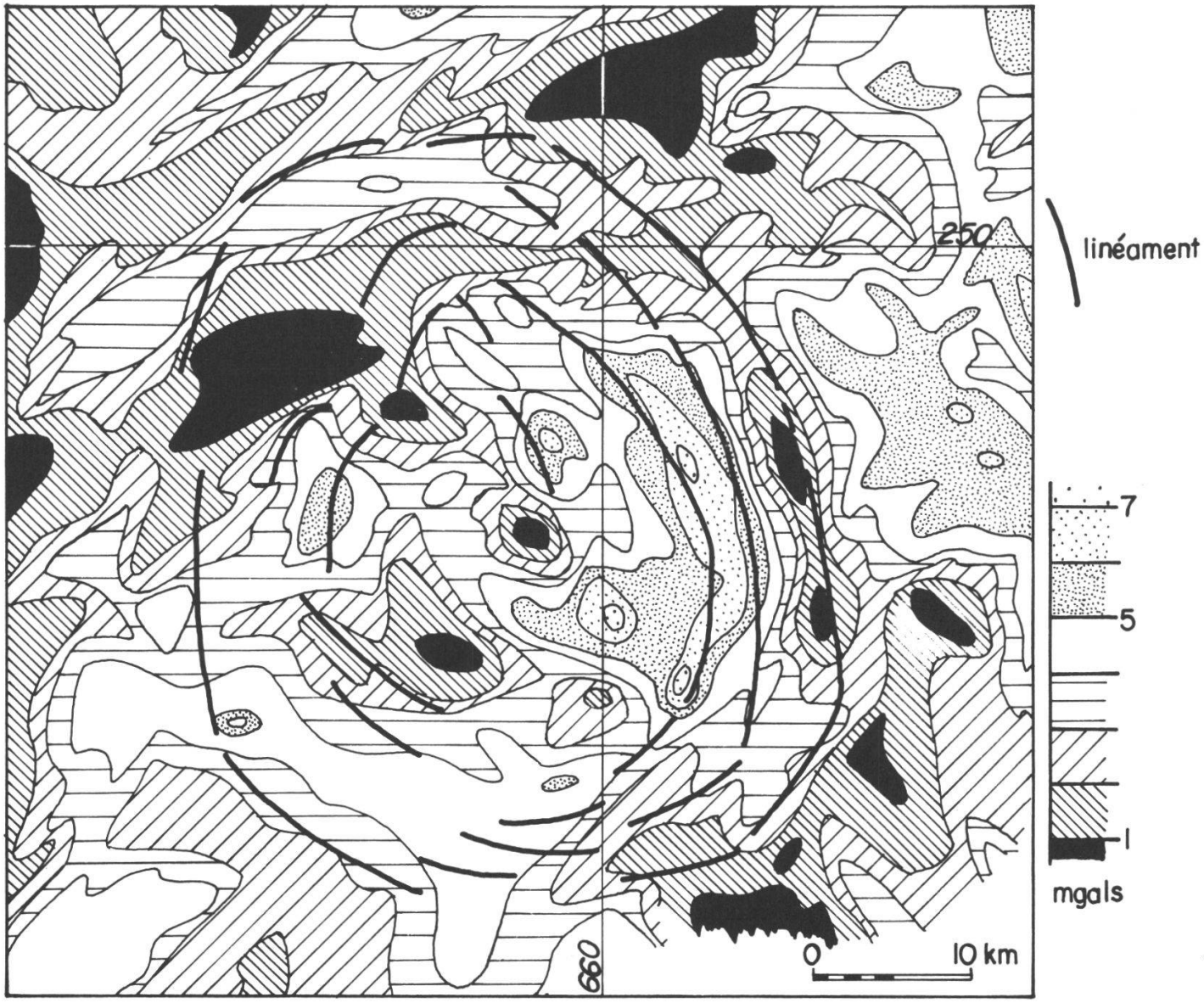

Figure 12. – Gravimétrie résiduelle corrigée, pour un «plateau» à densité variable.

détaillées montrent à Zofingue (237/640) une anomalie positive de 3 à 4 mgals; cette anomalie circulaire a la particularité d'être exprimée plus fortement pour les valeurs corrigées avec d = 2,67 qu'avec d = 2,40; elle suggère un fort haut mésozoïque très peu profond, à cœur diapirique, bien plus marqué que l'anticlinal surbaissé visible en surface dans la Molasse.

Nous disposons de deux cartes aéromagnétiques, prises à 6000 ft et 5000 m d'altitude (KLINGELE 1983). Une résiduelle de la carte donnant le champ total mesuré à +5000 m (fig. 13) ne montre que des anomalies minimes. Dans le Jura, des valeurs négatives peuvent être corrélées avec les auges permo-carbonifères et les cassures du socle. Dans le Moyen-Pays, certaines faibles anomalies positives correspondent à des anticlinaux, par exemple à la structure de St. Urban-Pfaffnau reconnue depuis longtemps sur le terrain, puis vérifiée par sismique. On trouve une petite anomalie po-

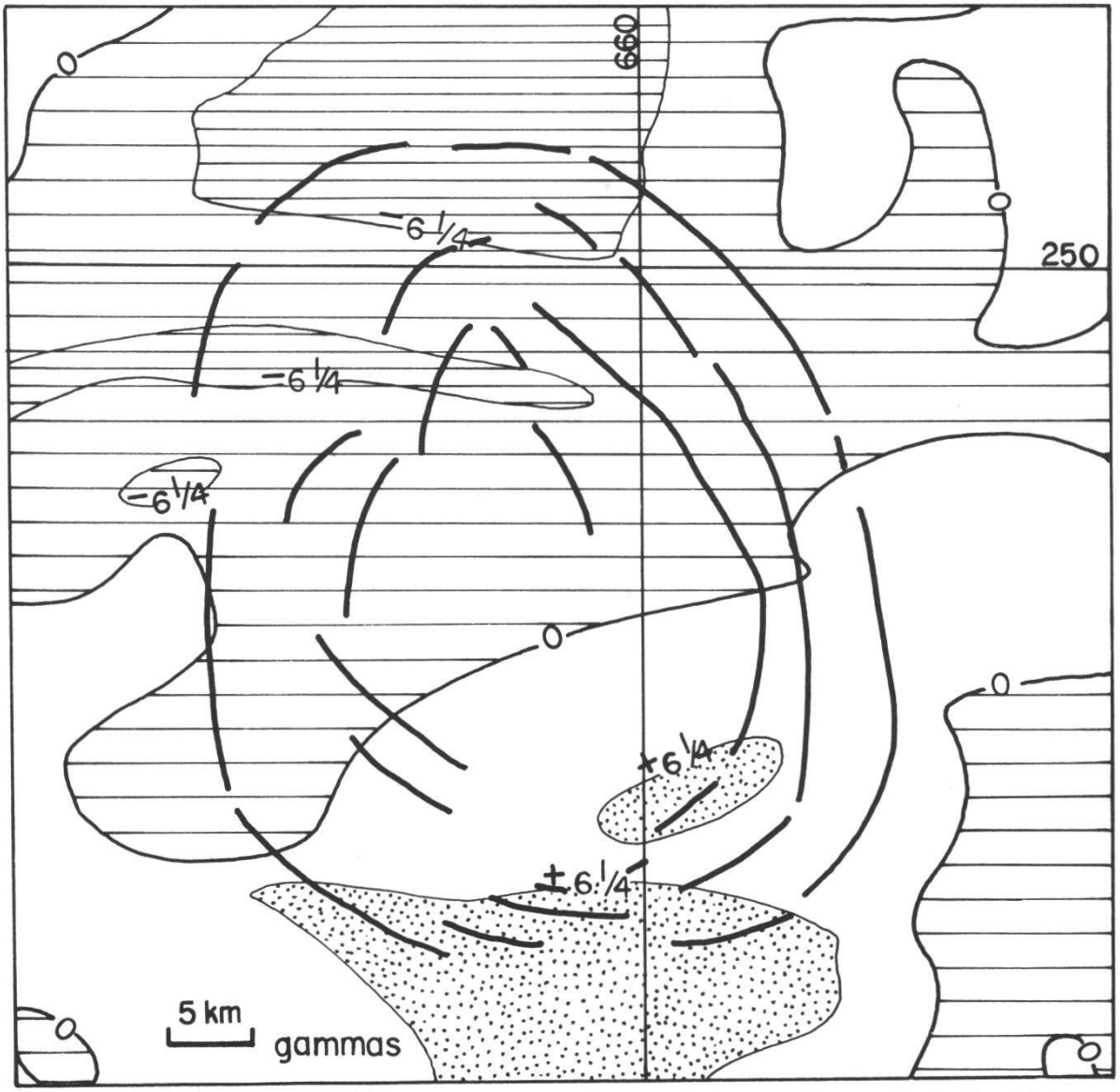

Figure 13. – Carte résiduelle du champ magnétique total, mesuré d'une altitude de 5000 m, d'après la carte de KLINGELE (1983).

sitive au SE de Sempach. Une zone faiblement positive (bas de la fig. 13) pourrait correspondre soit à un haut du socle (sommet vers – 3500 m), soit à la plus grande richesse en minéraux magnétiques des molasses de la «Napfschüttung». La résiduelle du champ total observé d'une altitude de 6000 ft (1829 m) (fig. 14) semble largement influencée, dans sa partie nord, par la géométrie du socle, du Paléozoïque récent et du Mésozoïque. Des cassures – sénestres N-S et NE-SW, dextres W-E et NW-SE – sont visibles. Dans la Molasse, un haut marque l'anticlinal de St. Urban-Pfaffnau; la comparaison avec les mesures faites à 5000 m donne une cote de –1200 m environ pour le toit du socle magnétique, ce qui est en accord avec les résultats du forage Pfaffnau N° 1 (toit du socle à –1324 m). Plus au sud, une anomalie négative située au SE d'Huttwil proviendrait d'une discontinuité magnétique vers – 4000 m; on aurait donc ou bien un fossé avec une épais-

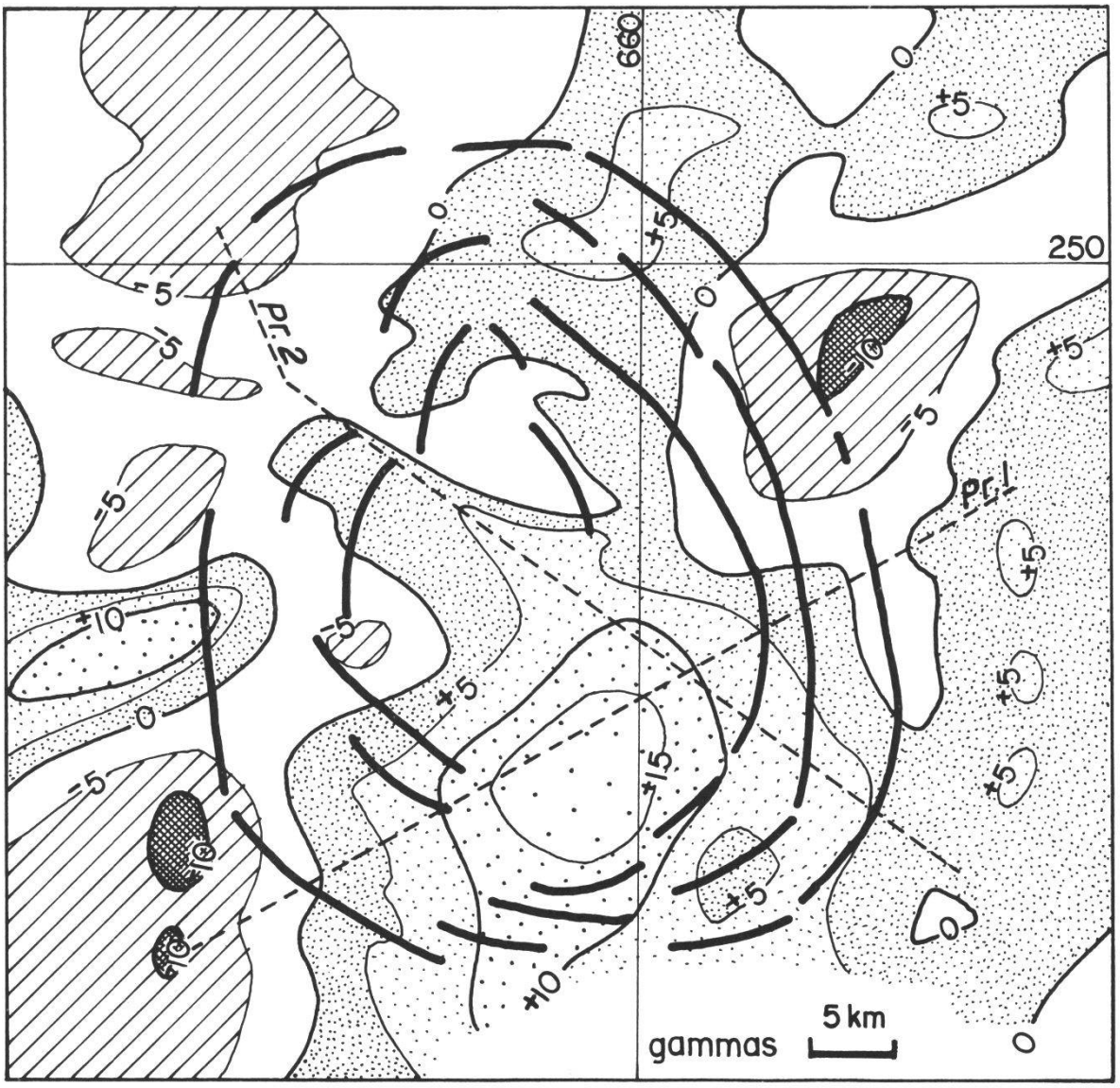

Figure 14. – Carte résiduelle du champ magnétique total, mesuré d'une altitude de 6000 ft, d'après la carte de KLINGELE (1983).

seur de Mésozoïque dépassant les pronostics, ou un remplissage permo-carbonifère, ou encore une hétérogénéité dans le socle cristallin lui-même. Une vaste région positive occupe le tiers ou la moitié SSE de la structure circulaire déduite de l'examen des documents Landsat; deux axes hauts en partent, l'un vers le nord (Lenzbourg), l'autre vers le NW (Zofingue); la comparaison des valeurs obtenues de 6000 ft et 5000 m suggère une source quasi superficielle, vers la cote +200 m.; les valeurs les plus hautes se trouvent au voisinage de Sempach. Moins nette qu'en gravimétrie, une certaine relation existe cependant entre linéaments Landsat et isanomales magnétiques.

En résumé, compte tenu des influences – surtout manifestes ou même prépondérantes dans le Jura et ses abords – du Mésozoïque, du Paléozoïque et du socle, la géophysique montre ceci:

– la partie centrale de l'objet décelé sur les images Landsat correspond à un creux gravifique;
– sa partie SE et deux axes vers le N et le NW sont magnétiquement positifs, la source de l'anomalie étant probablement située à très faible profondeur;
– tant en gravimétrie qu'en magnétique, les linéaments correspondent à des zones alternativement hautes et basses, que ne peuvent expliquer les formes tectoniques connues dans cette région.

Tous ces faits ont été notés pour les astroblèmes – avérés ou supposés – ayant fait l'objet d'études géophysiques.

Age de l'astroblème supposé

L'un des problèmes propres à l'interprétation de la plupart des objets concentriques montrés par les images prises du cosmos est celui de la profondeur (donc du niveau stratigraphique) à laquelle se situe la source des anomalies du terrain. Souvent, cette source semble se situer dans le socle, sous des milliers de mètres de sédiments. Cette possibilité semble ici exclue, car il n'y a aucune relation entre linéaments Landsat et anomalies magnétiques imputables au socle (fig. 13). Un impact éocène aurait induit dans le Mésozoïque des reliefs aujourd'hui enfouis sous la Molasse; mais les levers sismiques n'ont rien révélé de tel; on ne note aucune déformation de certains traits des molasses basales, par exemple dans le tracé de la ligne de côte à l'Oligocène inférieur et moyen (UMM)[3]. Un impact durant l'Oligocène ou le Miocène inférieur n'est pas à envisager: ancien, son expression au travers de l'OSM et de l'OMM inférieure – épaisses de plus de 1000 m – aurait été trop dérisoire pour guider le réseau hydrographique circulaire et radial entaillant aujourd'hui l'OSM et une partie de l'OMM; jeune, il aurait dû provoquer des anomalies de facies, d'épaisseur dans l'OMM.

Le phénomène supposé n'est pas non plus très récent (Pliocène supérieur ou Quaternaire), puisqu'un tel âge ne saurait cadrer avec l'histoire des réseaux hydrographiques évoquée plus haut. L'âge le plus vraisemblable se situe à la fin de l'OMM ou vers le début de l'OSM (Ottnangien supérieur à Badénien, 18–14 ma). On a vu ci-dessus que les seules coïncidences éventuelles entre géologie et linéaments concernent justement cet intervalle. C'est aussi à ce moment que les décharges clastiques canalisées dans la «Graupensandrinne» puis dans la «Glimmersandrinne» indiquent une ride basse dans le Jura interne: cette ride pourrait marquer le «rim» septentrional de l'astroblème. Durant le dépôt d'une bonne partie de l'OSM, la dépression circulaire produite par l'impact aurait été le siège d'une sédimentation fine, souvent palustre ou lacustre, contrastant avec les clastiques flu-

[3] UMM: Untere Meeresmolasse = molasse marine inférieure.

viatiles grossiers au SW, au S et à l'ENE de l'astroblème. La sédimentation OSM se poursuivant, le réseau hydrographique éphémère développé sur les pentes dues à l'impact aurait été assez rapidement enfoui. Lorsque apparaît le système fluviatile charriant les graviers du Sundgau, les seules traces superficielles du vieux réseau enterré sont quelques zones de faiblesse circulaires qui permettront aux nouvelles rivières de dévier localement de leur tracé NNW en s'arquant. Plus tard, l'affouillement – guidé encore largement par le système Sundgau – exhumera le vieux réseau hydrographique; mais, le long de ses axes, l'écoulement sera souvent inversé: d'où l'allure actuelle des segments de cours d'eau circulaires, qui tantôt comportent des affluents sur une seule de leurs rives (Bünz: rive gauche, Suhre: rive droite), tantôt sur les deux (Aabach, Wigger). L'âge proposé, fin OMM ou début OSM, est compatible avec l'anomalie magnétique dont la source se trouve à une cote voisine de +200 m. Une modification par l'impact de la densité des roches sises entre l'OSM inférieure et quelques centaines de mètres à 1000 ou 2000 m plus bas pourrait rendre compte des anomalies gravifiques observées.

Un âge un peu plus jeune que celui postulé ici, du Badénien supérieur au Pontien (14–6 ma), reste cependant possible. Mais cela impliquerait qu'une épaisse série sédimentaire jeune se soit déposée, gommant l'astroblème avant le Pliocène supérieur (réseau hydrographique Sundgau), ou alors que les couches hautes de l'OSM – aussi bien dans le Napf que dans le domaine de l'astroblème supposé – soient nettement plus jeunes qu'on ne le croit actuellement.

L'impact du Ries, situé à 250 km au NE de notre astroblème supposé, et son petit satellite de Steinheim, sont datés de 14 ma (Badénien). D'après leur position stratigraphique, HOFMANN (1973) donne un âge de 15 ma environ aux *ejecta* de la région de Rapperswil–Saint-Gall.

NATURE DE L'IMPACT SUPPOSÉ

L'asymétrie des linéaments et des isolignes gravifiques et magnétiques (fig. 1, 10, 12, 14) suggère que l'impact s'est fait vers le SSE, sous un angle probablement proche de la verticale (peut-être 70° ou plus). Si Ries et astroblème (?) de Suisse centrale étaient contemporains, et avaient été produits par deux fragments d'un même corps céleste, la fragmentation de ce corps serait intervenue dans une région probablement située à la verticale des Vosges septentrionales. L'impact aurait frappé une région où l'épaisseur de la Molasse, avec ses couches les plus jeunes alors encore mal consolidées, était de 2000 m environ. La couverture molassique n'était plus mince – voire absente – qu'au voisinage du «rim» septentrional. La cible molassique était sans doute peu propre à fournir le matériau d'*ejecta*; on la

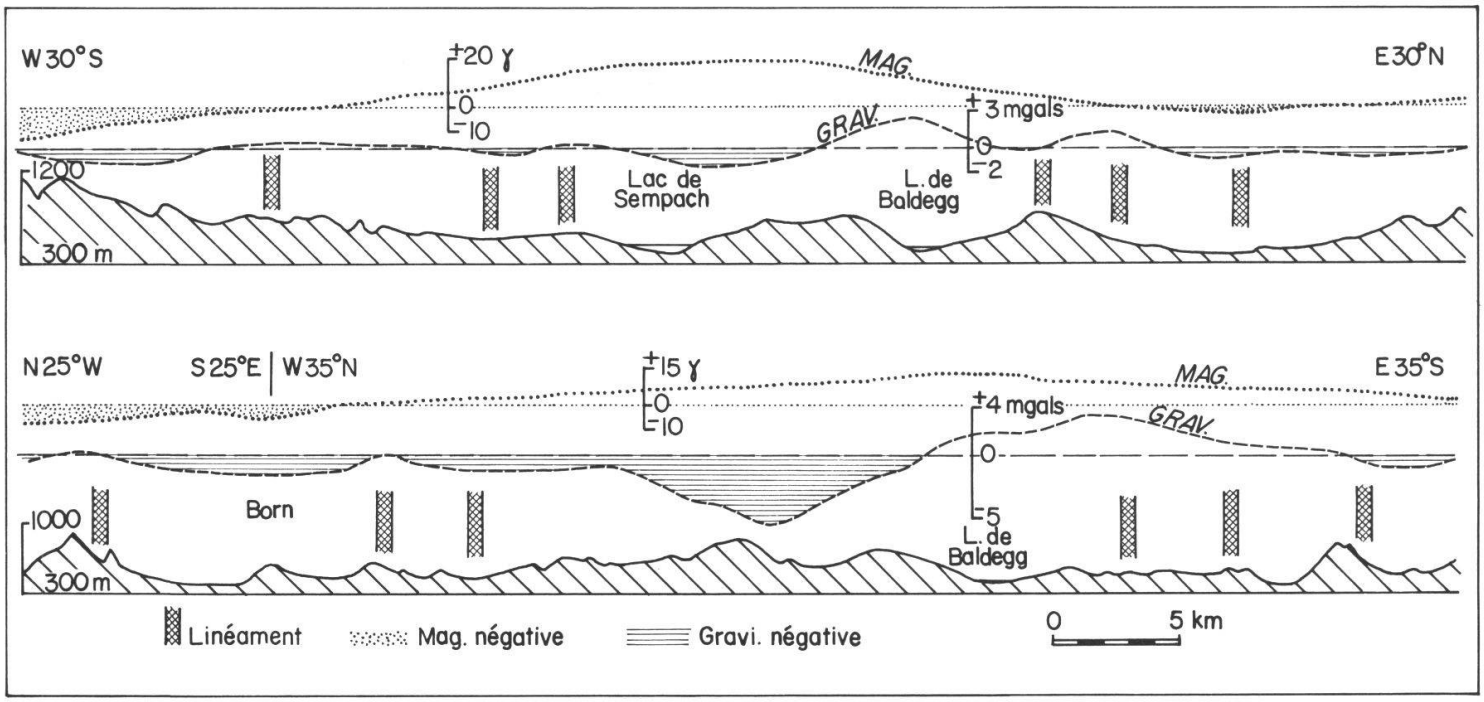

Figure 15. – Profils topographiques (exagération verticale 10×), gravimétriques (résiduelle) et magnétiques (résiduelle du champ total pris de 6000 ft).

verrait plutôt se volatiliser en fine poussière, mêlée ou non à du matériel cosmique, transformée ou non par le choc. Certains niveaux de bentonite dans l'OSM pourraient être liés à l'impact, le problème étant qu'il y a au moins trois niveaux bentonitiques dans un paquet d'OSM épais de 200 m (PAVONI et SCHINDLER 1981). Les *ejecta* (Malm calcaire) de la région de Saint-Gall – 85 km à l'ENE de l'astroblème supposé – se trouvent environ 500-700 m au-dessus de la base de l'OSM, dont l'épaisseur préservée est de 1100 m; les couches à *ejecta* sont badéniennes. Certaines masses de Jurassique «flottant» sur le Tertiaire des synclinaux jurassiens, classiquement considérées comme des objets glissés, pourraient en fait être des *ejecta;* en particulier, le petit chapeau couronnant le Montchaibeux (40 km à l'WNW de l'impact supposé) s'explique mal par un glissement gravitatif: le déplacement serait de 2 km au moins, sur un plan incliné de 4 à 6% seulement, et sur un substrat clastique peu lubrifiant; mais il y a un problème d'âge: le Jurassique du Montchaibeux repose sur des couches pannoniennes.

La courbure du Jura plissé, de Olten à Schinznach, la curieuse forme du Born – anticlinal à déjettement méridional, certains curieux chevauchements vers le nord (voir, par exemple, fig. 10 de LAUBSCHER et BERNOULLI 1980) peuvent en partie avoir été produits par l'impact supposé; le choc aurait chassé vers le nord, vers le coeur d'une ride complexe et faillée préexistante, le sel triasique épais de 50-80 m et sous faible couverture (1500 m au plus) du domaine subjurassien.

Les *ejecta* de l'OSM de Rapperswil–Saint-Gall sont des calcaires du Malm jurassien (y compris de rares blocs à «shatter cones»), des grès et

marnes du Keuper, des grès glauconieux de l'OMM, et des galets cassés qui, selon HOFMANN (1973), dériveraient de conglomérats de l'OMM (Ottnangien) de la *«Napfschüttung»* – alors qu'ils sont emballés dans des sédiments de la *«Hörnlischüttung»*. HOFMANN postule un impact actuellement recouvert par les eaux du Bodan. La nature de ce matériel serait parfaitement compatible avec une origine dans le cratère d'impact de Suisse centrale. Mais il se pourrait aussi qu'un ou plusieurs autres impacts, qui restent à découvrir, en aient été la source.

Certaines formes tectoniques observées dans l'OSM à la périphérie de la zone d'impact et interprétées comme résultant de glissements (PAVONI et SCHINDLER 1981) sont peut-être des failles de tassement affectant le «rim».

Notons encore que les linéaments sont probablement recoupés par des failles jeunes (chiffre 5, fig. 3): NNW-SSE et sublatitudinales dextres, NE-SW sénestres. Ces failles hachent d'ailleurs un vaste domaine (Molasse, Jura, partie méridionale de la Forêt-Noire) et sont particulièrement nettes dans le Jura argovien (RIGASSI 1982).

QUESTIONS NON RÉSOLUES

Un impact est la seule explication rendant compte des faits observés. Reste à démontrer que l'on a bel et bien affaire à un astroblème. Il faudrait découvrir des «shatter cones», des *ejecta* indiscutables, des verres, des roches bréchiques, de la suévite, de la coesite, connaître la nature des roches induisant, à faible profondeur, une anomalie magnétique. Même en possession de certains de ces éléments, il restera à déterminer avec précision l'âge de l'impact supposé, sur la base de faits objectifs – et non, comme nous l'avons fait, par déductions éliminatoires. A définir aussi sont les éventuelles relations entre notre astroblème (?) et l'impact du Ries, puis entre impacts et volcanisme néogène: on sait que le volcanisme du Hegau s'étend de 15 à 7 ma environ, celui du Kaiserstuhl culminant vers 18-13 ma (à propos du volcanisme néogène rhénan, de récentes études géophysiques – non publiées – indiqueraient qu'il s'est également manifesté dans le sud du fossé, au sud de Mulhouse); il conviendra alors de déterminer quelles bentonites et «tuffites» de l'OMS sont de vraies cinérites, et quelles autres pourraient être des poussières expulsées et transformées par un impact.

D'autres astroblèmes pourraient exister dans le bassin molassique. On pense notamment à la forme ovoïde que dessinent le sillon lac de Zurich–Ricken–Waldstatt–Sitter–Thur.

Si la nature astroblémique de notre anomalie de Suisse centrale se confirmait, cela pourrait avoir différentes conséquences en certains domaines de géologie appliquée:

- de la chaleur résiduelle pourrait ouvrir des possibilités géothermiques dans différents réservoirs (grès molassiques, Mésozoïque karstifié); une relation entre impact et région géothermale de Baden n'est pas exclue,

– du point de vue des hydrocarbures, un impact aurait probablement modifié le degré de maturation d'éventuelles roches-mères, y compris de celles, mésozoïques, situées à assez grande profondeur; de plus, l'OSM remplissant le cratère pourrait avoir un certain potentiel générateur (LEMCKE 1981),

– certains forages de la CEDRA dans la partie septentrionale de la zone d'impact et plus au nord ont foré un socle cristallin très fracturé; on peut se demander si cela n'est pas une conséquence de l'impact; en tout état de cause, les qualités de roche de stockage du socle cristallin dans le Jura septentrional devront être réévaluées en tenant compte de l'impact probable miocène.

BIBLIOGRAPHIE

HOFMANN F., 1973. – Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der schweizerischen OSM und Versuch einer Deutung ihrer Entwicklung als Impaktphänomen. *Ecolage geol. Helv. 66.1:* 83-100.

KLINGELE E., 1983. – Carte aéromagnétique de la Suisse (altitudes de vol: 6000 ft et 5000 m). Commission suisse de Géophys., carte 9.

KLINGELE E., et OLIVIER R., 1979. – Carte gravimétrique de la Suisse 1:500000. Commission suisse de Géophysique, carte 4.

– 1980. – La nouvelle carte gravimétrique de la Suisse. Mat. géol. de la Suisse, Géophys., N° 20, 93 pp.

KLINGELE E. *et al.,* 1983. – Carte gravimétrique de l'Oberland argovien et des régions avoisinantes au 1:100000. Commission suisse de Géophys.

LAUNAY L. de, 1919. – L'allure probable du terrain houiller entre le Plateau central et les Vosges. *Bull. Serv. c. géol. Fr. 138.*

LAUBSCHER H. et BERNOULLI D., 1980. – Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain. *In* R. TRÜMPY, ed., *An outline of the Geology of Switzerland, Guide-Book*, 26th intern. geol. Congress, 183-209.

LEMCKE K, 1961. – Ein Jungpaläozoischer Trog unter dem süddeutschen Molassebecken. *Z. deutsch. geol. Ges. 113.1:* 176-181

– 1981. – Unübliche Gedanken zum Einschlag des Ries-Meteoriten. *VSP Bull. 46, 112:* 1-7.

– 1984. – Geologische Vorgänge in den Alpen ab Obereozän im Spiegel vor allem der deutschen Molasse. *Geol. Rundschau 73.1:* 371-397.

– 1985. – Flussfracht von Ur-Main und Ur-Naab in der Schweiz und im deutschen Molassebecken. *VSP Bull., 51, 121:* 13-21.

MATTER A. *et al.,* 1980. – Flysch and Molasse of Western and Central Switzerland. *In* R. TRÜMPY, ed., *An outline of the Geology of Switzerland, Guide-Book*, 26th intern. geol. Congr., 261-293.

MÜLLER W. H. *et al.*, 1984. – Geologische Spezialkarte Nr. 121, mit Erläuterungen. Schw. geol. Kom.

NAEF H. *et al.*, 1985. – Sedimentation und Tektonik im Tertiär der Nordschweiz. *Nagra techn. Ber. 85-14.*

PAVONI N. et SCHINDLER C., 1981. – Bentonitvorkommen in der Oberen Süsswassermolasse des Kantons Zürich und damit zusammenhängende Probleme. *Eclogae geol. Helv. 74.1*: 53-74.

RIGASSI D., 1982. – Morpho-tectonique du Jura argovien (en marge du programme de forage de la Cédra). Chez l'auteur, 23 pp, 26 pl.

– (En préparation.) Implications géologiques de quelques travaux géophysiques récents en Suisse.

WILDI W., 1984. – Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz, mit kurzen Erläuterungen. *Eclogae geol. Helv. 77.3:* 541-551.

Manuscrit reçu le 11 février 1986.