

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Band: 13 (1960)
Heft: 3

Artikel: Les anomalies gravifiques de Genève et de ses environs
Autor: Poldini, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-738506>

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: 19.11.2024

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

LES ANOMALIES GRAVIFIQUES DE GENÈVE ET DE SES ENVIRONS

PAR

E. POLDINI

avec la collaboration de Morido INAGAKI

INTRODUCTION.

Le sous-sol rocheux du pays de Genève est formé par la *molasse*, nom local donné à un ensemble oligocène grés-marneux, présentant une foule de variétés. Cette molasse affleure sur les principales collines du canton: à Satigny, à Bernex, au Grand-Saconnex et à Cologny. On la trouve plus rarement dans les vallées, comme à Chèvres et à la Plaine, où elle se voit dans le lit du Rhône.

Un manteau de dépôts glaciaires, souvent épais de plus de 100 mètres, masque généralement la molasse qu'il recouvre largement. Il débute par une moraine de fond rissienne, que surmontent des alluvions interglaciaires, puis des argiles würmiennes et d'autres dépôts plus récents encore.

Pendant une durée énorme, c'est-à-dire durant tout le Miocène et le Pliocène (dont on n'a trouvé nulle trace) les grès marneux oligocènes ont été soumis à l'érosion; vraisemblablement même à plusieurs cycles de rajeunissement topographique successifs (E. Joukowsky). Puis, la couverture glaciaire cacha le réseau des vallées anciennes. Des sondages ont déjà mis ces dernières en évidence. Les cartes d'anomalies gravifiques que nous publions ci-joint constituent, pensons-nous, une contribution à leur étude.

Esquisse topographique du Canton de Genève

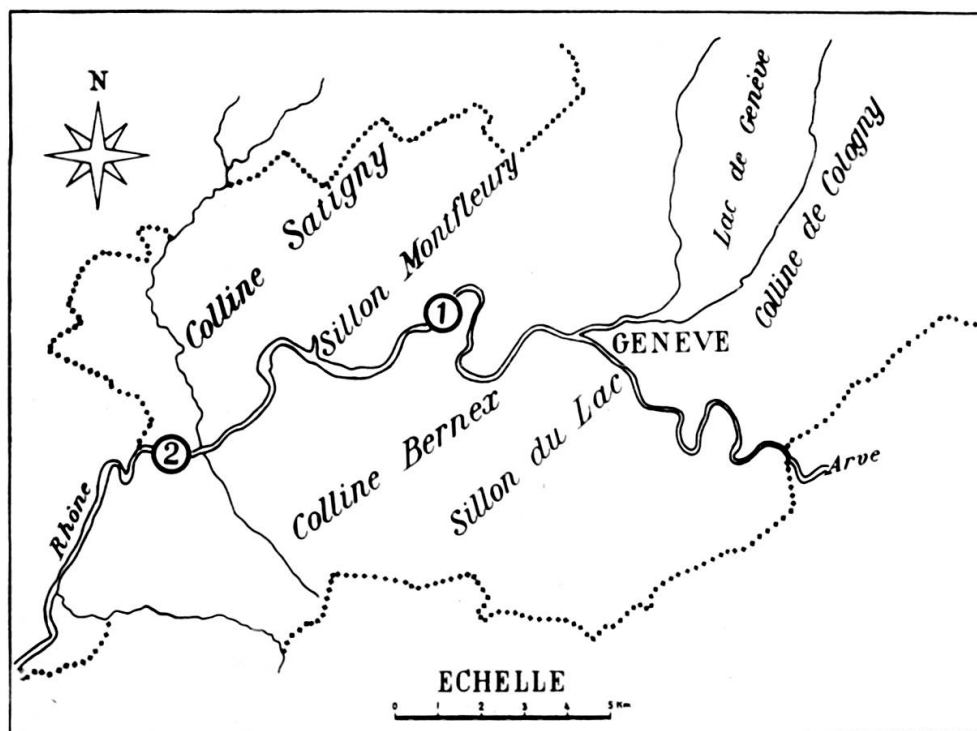


FIG. 1

Les dépôts quaternaires se sont accumulés dans les vallées anciennes pré-rissiennes, comme le sillon de Montfleury et le sillon du lac. La molasse affleure sur les collines de Satigny, de Bernex et de Cologny. On la trouve également à 1) Chèvres et 2) La Plaine.

LES ANOMALIES GRAVIQUES DES ENVIRONS DE GENÈVE.

Généralités.

Nous venons de dire que la couverture quaternaire du canton de Genève atteint par places une centaine de mètres d'épaisseur. Or, en gros, ce quaternaire a une densité moyenne de 2, alors que la molasse en possède une de 2,5. Comme il est évident que la valeur g de l'accélération, mesurée sur des terrains de densité 2,1, doit être inférieure à celle mesurée sur des terrains de densité 2,5 (et d'autant plus inférieure que la couverture légère est épaisse) il s'en suit que notre quaternaire se traduit par des « anomalies de la pesanteur » d'autant plus marquées qu'il est plus épais.

On calcule d'ailleurs aisément que, si la surface de séparation du léger et du lourd (c'est-à-dire du quaternaire et de la molasse) est définie par un plan horizontal, s'étendant à l'infini, une anomalie de 2 milligals doit correspondre à un déficit de masse de quelques 5 kg/cm², c'est-à-dire à une différence de densité de 0,4 sur 120 mètres. Et — 2 milligals est précisément l'ordre de grandeur des « anomalies résiduelles » que nous avons mises en évidence dans les environs de notre ville.

Nous parlons d'« anomalies résiduelles » ! Définissons la manière dont nous les avons calculées, car il y a diverses façons d'opérer.

De l'établissement des cartes d'anomalies de la gravité.

Les cartes d'« anomalies résiduelles de gravité » (figures 4 et 7) que nous publions ci-joint ont été réalisées en deux étapes. Nous avons passé successivement à :

- 1) l'établissement de la carte des anomalies de Bouguer,
- 2) au dessin de la carte des « anomalies résiduelles » exprimées en fonction de celles de Bouguer.

Les cartes des anomalies de Bouguer.

On sait que l'anomalie de Bouguer peut s'obtenir en calculant une valeur théorique g_t , valable en un point donné S de la surface,

pour une densité de terrain du sous-sol supposée uniforme et en faisant la différence

$$g_{\text{mesuré}} - g_{\text{théorique calculé}} = \text{ANOMALIE} .$$

Dans la pratique la série des opérations s'effectue comme suit :

On considère d'abord le champ newtonien g qui règne au point S_0 , d'altitude zéro, situé à la verticale de S . Celui-ci nous est donné par la formule

$$g = 978.048 [1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi] .$$

où φ est la latitude.

De ce champ on soustrait la « correction d'altitude » ce qui revient à admettre que la valeur de g diminue par rapport à ce qu'elle serait à la cote zéro, et cela suivant la relation

$$C = (0,3086 - 0,0419 d) h$$

si h est l'altitude exprimée en mètres et d la densité.

Il reste alors encore à tenir compte de la topographie, qui introduit des excès ou des déficits de masse sous forme de vallées et de collines ; c'est-à-dire d'effectuer la « correction topographique », aussi nommée « correction de terrain ».

Finalement on obtient :

$$g\varphi - \text{corr. altitude} + \text{corr. terrain} = g_{\text{théorique}}$$

ce qui nous mène à la notion

$$\text{Anomalie de Bouguer} = g_{\text{mesuré}} - g_{\text{théorique}} .$$

comme nous venons de l'exposer déjà.

Les anomalies de Bouguer résultent évidemment du fait que l'hypothèse de l'homogénéité adoptée dans le calcul théorique est inexacte et qu'il faut lui substituer celle de l'hétérogénéité. Envisager finalement l'explication des anomalies au moyen des hétérogénéités c'est passer à l'interprétation géologique.

Notons encore un fait important ! Si nous adoptons des densités trop fortes pour les corrections d'altitude, elles introduisent des anomalies négatives à l'emplacement des collines et des anomalies positives à l'emplacement des vallées. L'inverse se produit naturellement pour les corrections exécutées en admettant des densi-

tés trop faibles: les collines apparaissent alors en positif tandis que les vallées sont négatives. Seul l'emploi de la densité vraie permet d'éviter ces aléas. De cette constatation découle d'ailleurs la possibilité d'estimer la densité *in situ* en opérant par tâtonnements, c'est-à-dire en réalisant successivement les corrections pour des valeurs de d différentes (méthode de Nettleton). Des mesures exécutées par nos élèves dans le canton de Vaud ont donné pour des collines molassiques diverses valeurs allant de 2,4 à 2,6 qui valent pour la région de Morges-Cossonay (canton de Vaud).

Les cartes des anomalies résiduelles.

Après un premier dépouillement les mesures laissent donc apparaître les anomalies de Bouguer; c'est-à-dire les écarts des valeurs de g par rapport à ce qu'elles seraient sur un globe théorique homogène dans toute sa partie située au-dessus du géoïde. Si elles sont en nombre suffisant, elles permettent alors de dessiner la carte de ces anomalies de Bouguer, qui constitue un premier document de base. Mais lorsqu'on entreprend une interprétation à partir de ce dernier, on se heurte à une difficulté, qui vient de ce qu'on n'a généralement pas affaire à une seule anomalie, mais bien à plusieurs anomalies superposées, s'oblitérant les unes les autres. C'est pourquoi on s'efforce de décomposer la carte de Bouguer en « anomalies régionales » et « anomalies résiduelles » ou locales. La discrimination est évidemment approchée. Elle est basée sur la notion qu'un objet provoque en surface une perturbation gravimétrique d'autant plus étalée qu'il est plus profondément enfoui.

Il y a plusieurs manières d'isoler les anomalies locales des anomalies régionales. Dans notre cas, une anomalie très large, caractérisée par une baisse de la valeur de g vers le SE se fait sentir dans tout le canton: c'est l'anomalie de l'isostasie qui couvre d'ailleurs toutes les Alpes. Elle est localement plus ou moins déformée par diverses anomalies dues à des causes superficielles. Nous aurions pu calculer cette anomalie de l'isostasie en fonction des altitudes moyennes de l'édifice alpin et l'admettre comme « régionale ». En réalité, nous avons utilisé une autre méthode: la méthode analytique mise au point par Vladimir Baranov. Elle consiste à faire une hypothèse de départ sur la nature de la surface mathématique de la régionale et à

Carte des anomalies de Bouguer

Correction de terrain: 5 km. Densité: 2,4.

Les anomalies sont exprimées en milligals.

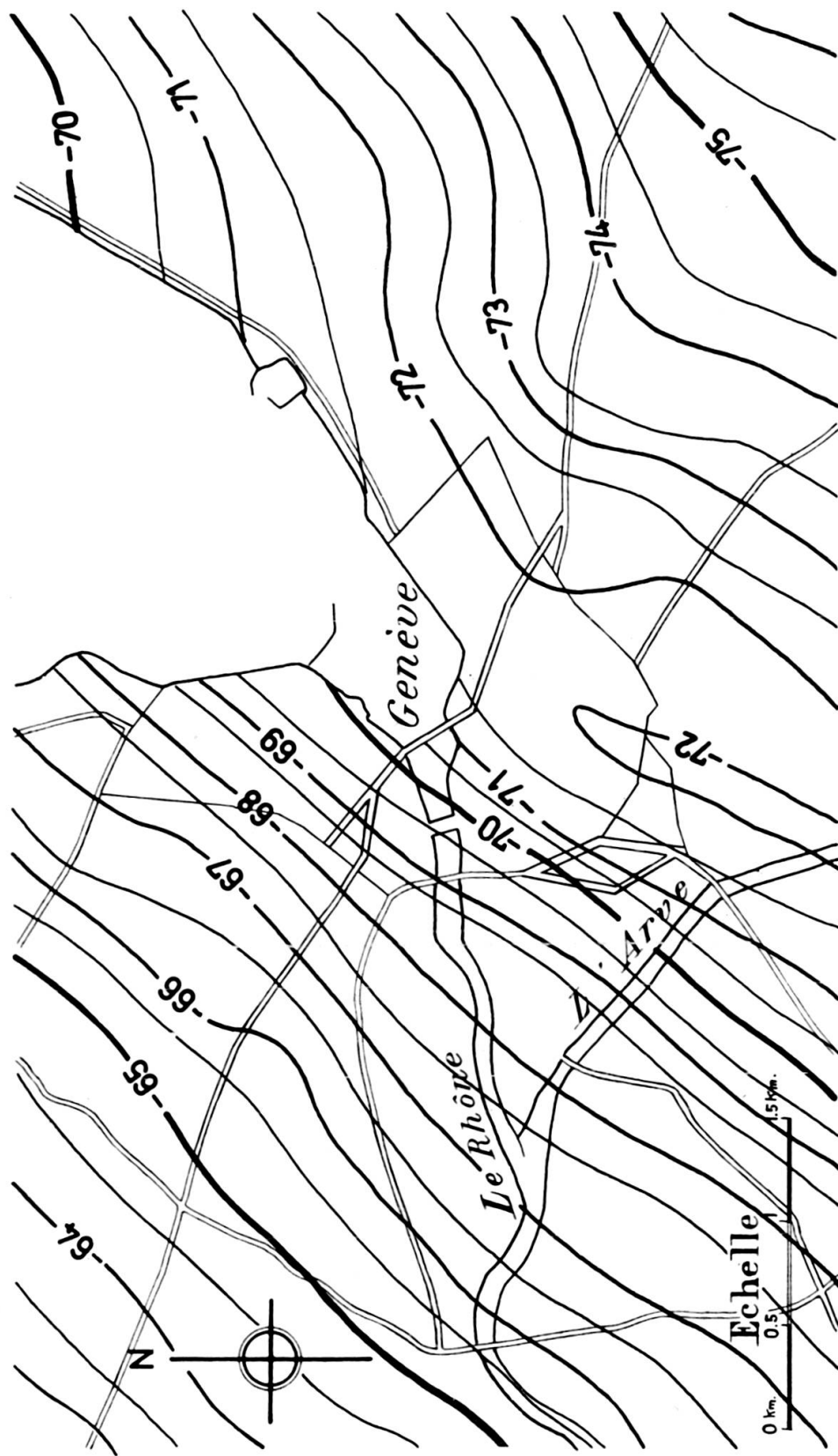


FIG. 2

Regionale 1er degré de la carte fig. 2

Correction de terrain : 5 km. Densité : 2,4.

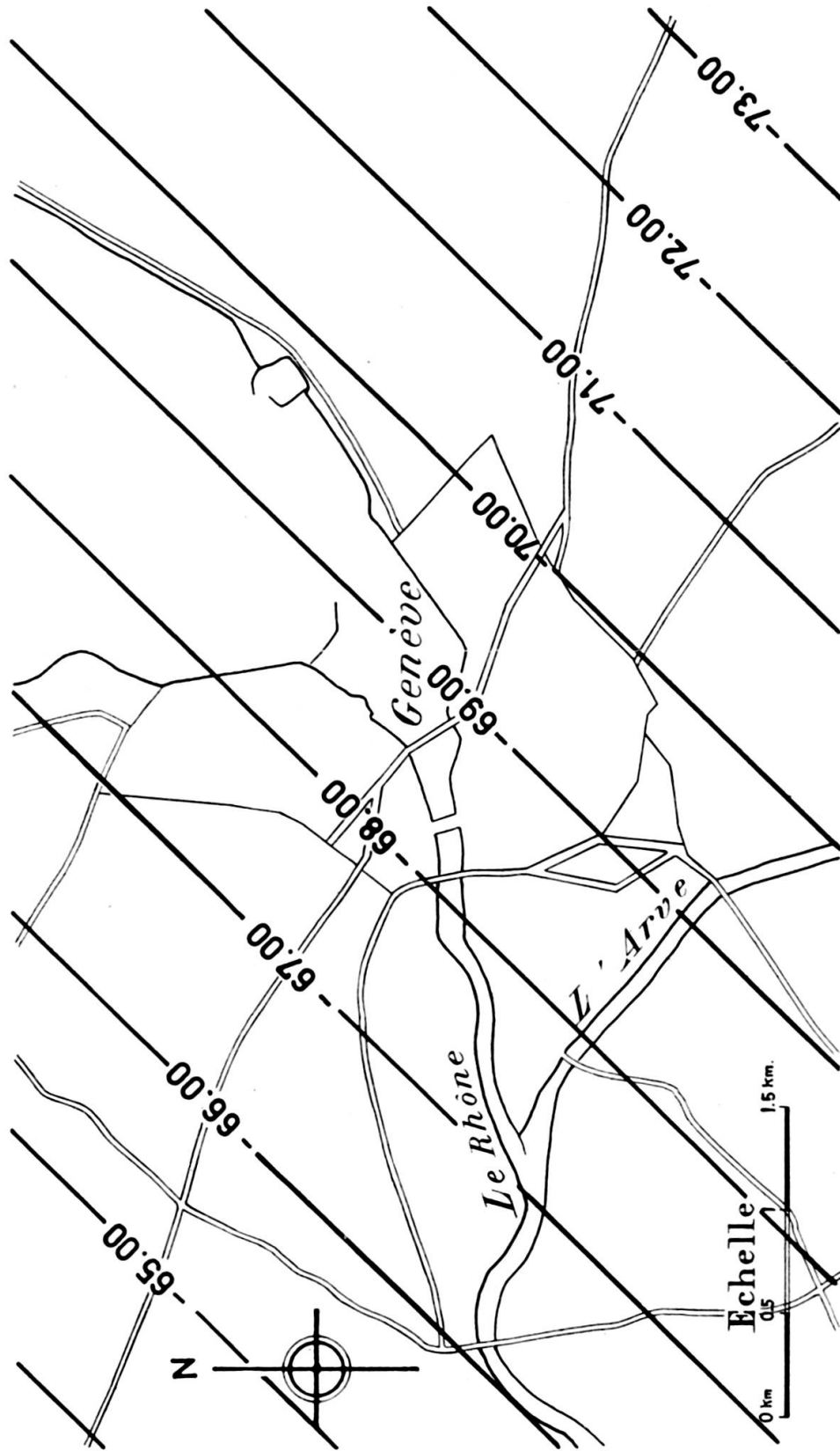
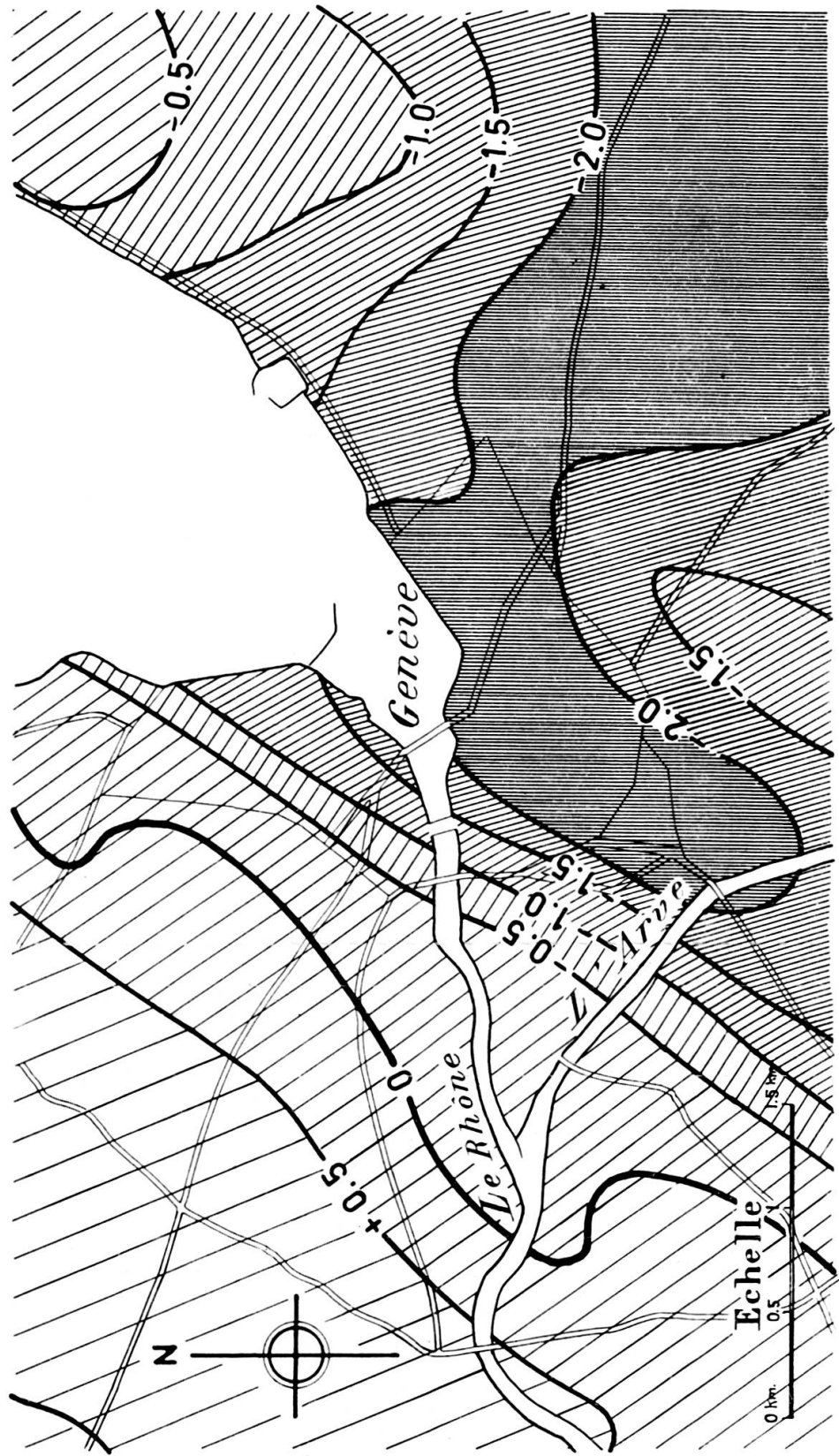


Fig. 3

Anomalies résiduelles de la carte fig. 2

La surface moyenne fig. 3 est prise comme plan de référence.

(Anomalies exprimées en milligals.)



Carte des anomalies de Bouguer

Correction de terrain : 5 km. Densité : 2,6.

Les anomalies sont exprimées en milligals.

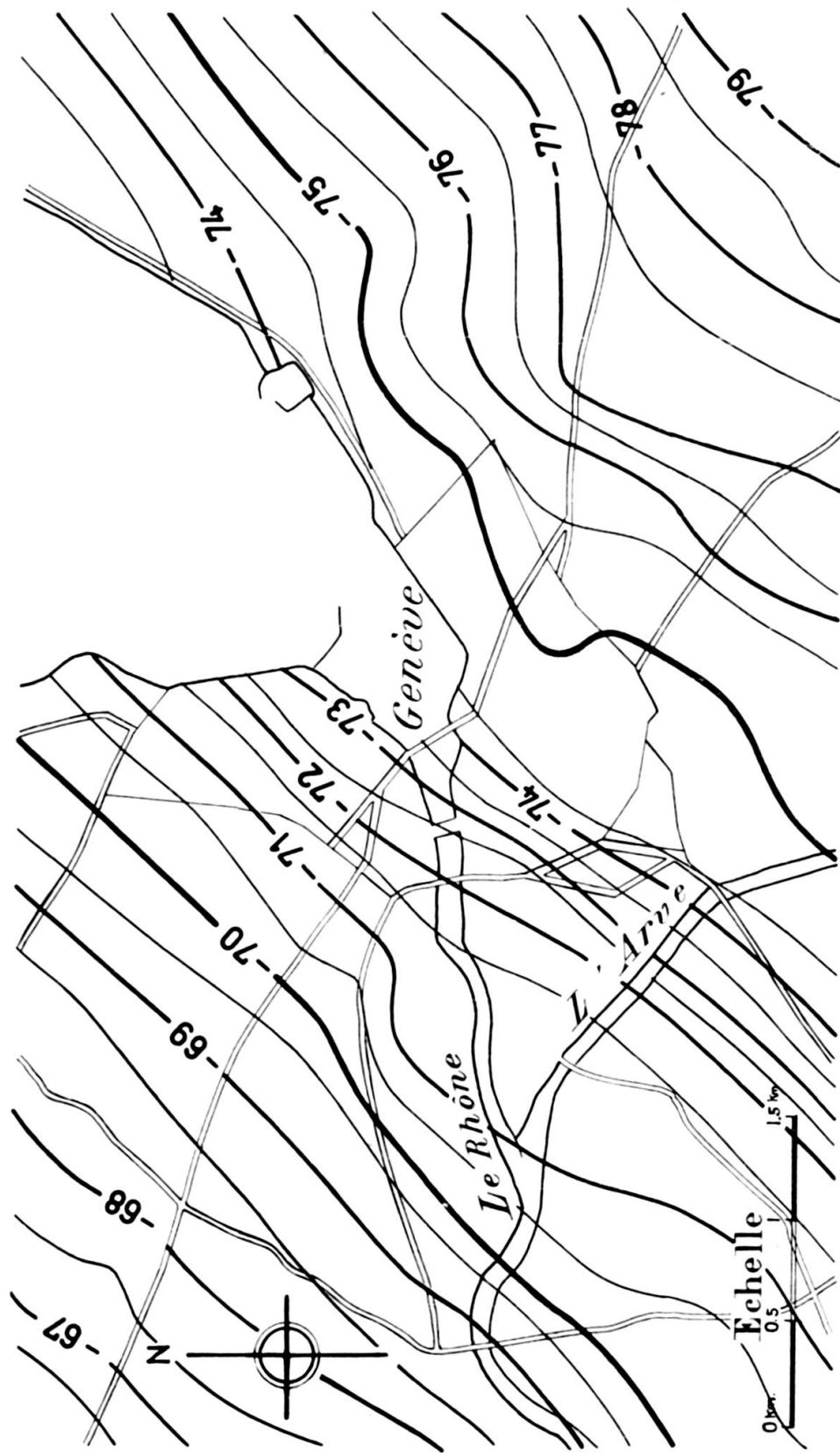


FIG. 5

Regionale 1^{er} degré de la carte fig. 5

Correction de terrain : 5 km. Densité : 2,6.

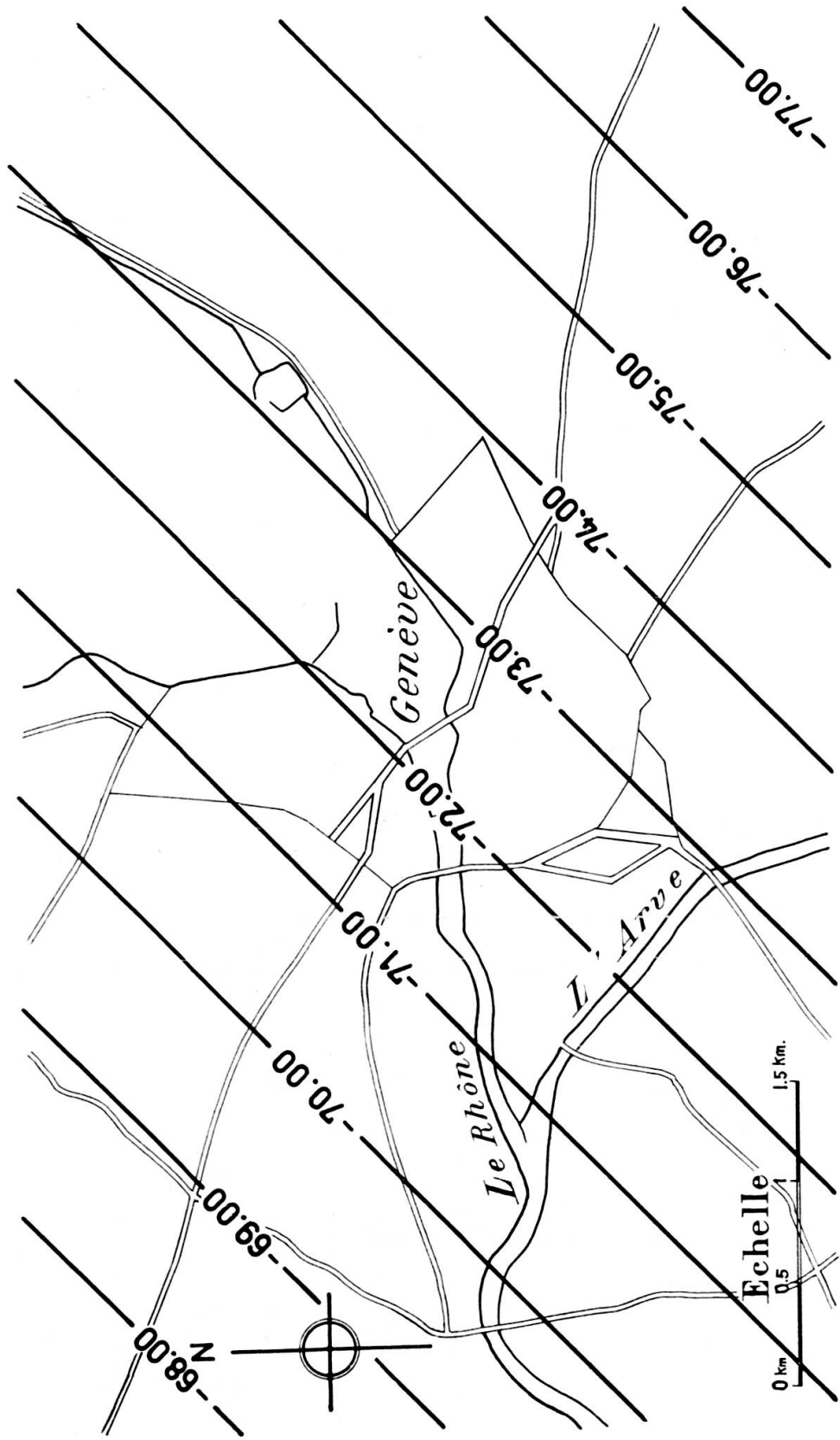


FIG. 6

Anomalies résiduelles de la carte fig. 5

*La surface moyenne fig. 6 est prise comme plan de référence.
(Anomalies exprimées en milligals.)*



FIG. 7

Axes des principales anomalies gravifiques résiduelles de la région de Genève

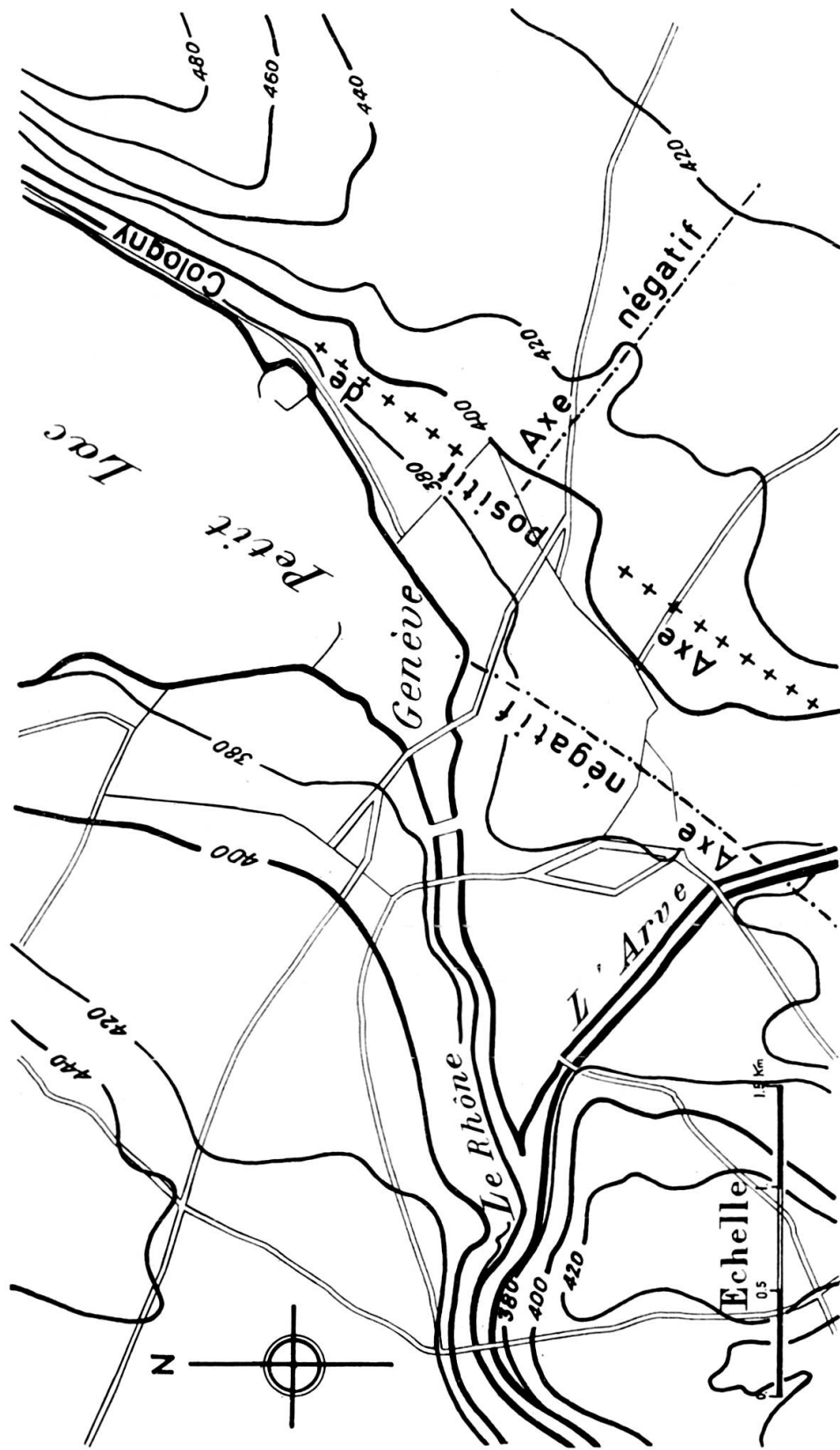


FIG. 8

postuler d'abord que cette dernière est du n -ième degré; en pratique, le plus souvent du 2^e ou du 3^e degré. Ensuite, on définit encore que le volume compris entre la régionale et la Bouguer est minimum et qu'il y a autant de volume de part et d'autre de la régionale. Ces deux conditions suffisent à déterminer univoquement cette dernière, si l'on fixe son degré.

Nos régionales (figures 3 et 6) sont calculées pour toute la moitié est du canton de Genève et les résiduelles constituent la différence qu'elles présentent par rapport à la carte de Bouguer.

Examinons maintenant ces « résiduelles ».

EXAMEN ET INTERPRÉTATION DES RÉSIDUELLES.

Au premier coup d'œil nous pouvons situer des axes positifs et des axes négatifs, selon lesquels se groupent les excès ou les défauts de pesanteur ¹ (voir figures 4, 7 et 8).

Ce sont:

- l'axe négatif du lac, qui court en direction SW-NE.
- l'axe négatif de l'Arve, à peu près normal au précédent, qu'il rejoint en pleine rade de Genève.
- l'axe positif de Cologny, qui flanque au SE l'axe négatif du lac.

Si nous cherchons à expliquer l'existence de ces trois axes, à l'aide d'une hypothèse simple, nous pouvons imaginer une surface Sigma 1, séparant en profondeur des terrains légers superficiels de terrains profonds lourds; soit le quaternaire faisant $d = 2,1$ de la molasse faisant $d = 2,5$. L'interprétation découlant des données physiques gravimétriques permet alors de préciser ce que l'on connaît déjà en partie:

Au pré-Riss (c'est-à-dire avant tout dépôt glaciaire) existaient des sillons creusés dans la molasse:

¹ Nous venons par ailleurs de dire que les mesures de la densité réalisées *in situ* (méthode de Nettleton) ont fourni, pour la molasse, des valeurs comprises entre 2,4 et 2,6. C'est pourquoi nous avons établi des cartes d'anomalies de Bouguer pour ces valeurs extrêmes de 2,4 et 2,6 afin de mettre éventuellement en évidence les erreurs provenant d'une correction de terrain défectueuse. Mais l'examen des deux cartes conduit bien aux mêmes résultats.

- l'un d'eux, qui constitue encore le lac actuel, se continuait à partir de Genève vers le SW, en direction de Soral. Il est partiellement comblé aujourd'hui dans toute la région de l'Aire.
- l'autre, celui de l'Arve, situé à plus d'un kilomètre au NE du lit de l'Arve actuel, rejoignait le précédent à peu près sous la rade actuelle, après avoir entamé ce qui constituait déjà l'ancienne colline de Cologny. Il est également comblé aujourd'hui.

Telles sont du moins les déductions vraisemblables que l'on peut tirer de nos cartes en adoptant l'hypothèse simplificatrice de la surface Sigma 1 exposée plus haut ¹.

Mais les faits réels sont plus complexes. Il n'existe certainement pas, en profondeur, qu'une seule surface Sigma 1, séparant les domaines de densité 2,1 et 2,5, mais encore d'autres surfaces Sigma 2, Sigma 3, etc. délimitant d'autres domaines de densité. C'est ainsi que la molasse repose sur des formations calcaires mésozoïques lourdes faisant vraisemblablement $d \geq 2,6$. Et c'est pourquoi nous devons, pour le moins, envisager la présence d'une surface Sigma 2 figurant un ancien paysage calcaire prémolassique, déformé d'ailleurs par les mouvements tectoniques. Différentes raisons, sur lesquelles nous reviendrons en publiant la carte des anomalies de gravité du canton de Genève, nous ont incité à supposer que l'axe des réactions négatives de l'Arve était dû non seulement à un excès de sédiments quaternaires légers mais encore à une surépaisseur d'Oligocène. Autrement dit, il y aurait un sillon déterminé par la surface Sigma 1 et un autre par la surface Sigma 2, les axes de ces deux dépressions ne coïncidant d'ailleurs pas exactement.

Au surplus il est encore vraisemblable que l'axe positif de Cologny est partiellement dû au pendage de la surface Sigma 2 vers le SE.

Si, allant du simple au compliqué, nous cherchons maintenant encore à mieux préciser la densité du quaternaire, nous sommes

¹ Ajoutons qu'il est évident que les résiduelles ne sauraient être considérées comme des lignes de niveau définissant le toit de la molasse, puisque les mesures de g ont été réalisées à des altitudes diverses. Pour éliminer cet inconvénient, on pourrait aisément calculer ce que seraient les valeurs de g sur un plateau horizontal (de cote 500, par exemple) en supposant le pays couvert d'un manteau quaternaire uniforme, de densité 2,1, jusqu'à cette altitude. Nous pensons publier prochainement un tel document qui serait plus expressif de l'allure des vallées molassiques anciennes.

obligés de convenir que $d = 2,1$ est la valeur minimum que nous sommes autorisés à lui attribuer. Cette estimation ne serait justifiée que si nous avions affaire surtout à des alluvions anciennes sèches. Or les argiles forment une importante part du matériau comblant nos vallées pré-rissiennes. Elles font $d = 2,2$, surtout s'il s'agit de moraines de fond à blocs. Les choses se compliquent donc lorsqu'on ambitionne fouiller les détails.

Nous pensons cependant, qu'en gros, pour les cartes d'étendue restreinte que nous publions, l'interprétation réalisée en supposant l'existence d'une seule surface Sigma I, fournit l'essentiel d'une première vue générale.

Ainsi l'étude des anomalies de la pesanteur permet d'entrevoir l'existence de nos anciennes vallées molassiques, aujourd'hui largement couvertes et cachées par le quaternaire, de les suivre de proche en proche, et de fournir jusqu'à un certain point des notions au sujet de l'importance du matériel qui les comble aujourd'hui.

* * *

Ce nous est un agréable devoir de remercier vivement le Fonds national de la Recherche scientifique, qui a bien voulu subventionner une étude des variations de la gravité en Suisse romande, dont les résultats globaux seront publiés prochainement. Les cartes ci-jointes sont un détail de l'ensemble que nous avons évidemment revu avec un plaisir particulier puisqu'il concernait notre ville. Nos travaux ne furent possibles que grâce à nos étudiants qui ont pris une part si active à leur réalisation. Nous tenons à dire spécialement notre reconnaissance à M^{me} Marie-Lise Tripet et à MM. Jean-Paul Burri, J. Hochuli, Morido Inagaki, Jean-Pierre de Loriol.

*Université de Genève.
Laboratoire de Géophysique.*
