

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE

OUTRE MER

COMMISSION SCIENTIFIQUE

du LOGONE et du TCHAD

R A P P O R T

de RECONNAISSANCE GRAVIMETRIQUE
au Territoire du TCHAD (Janvier - Février 1952)

exécutée par M. J. L A G R U L A

de l'Institut de METEOROLOGIE

et de PHYSIQUE du GLOBE d' A L G E R

DECEMBRE 1952

RECONNAISSANCE GRAVIMETRIQUE

au Territoire du Tchad (1952)

par Jean LAGRULA

I. OBJET -

Ce travail a été entrepris sur l'initiative de Monsieur le Général THLO, président de la Commission Scientifique du Logone et du Tchad. Il répond à deux desiderata :

1°) apporter des éléments géodésiques importants dans une région qui en était peu pourvue.

2°) essayer d'éclairer, par la géophysique, une structure géologique très masquée.

En ce qui concerne la géodésie, nous dirons simplement que, avant la guerre, j'avais effectué quelques déterminations de G en A.O.F., en Nigéria et une à Fort-Lamy, au moyen d'un pendule HOLWECK-LEJAY. En 1951, Madame DUCLAUX et Monsieur Jean MARTIN ont doté Fort-Lamy de plusieurs bases, (au moyen d'un gravimètre North American), au cours d'une campagne de grande envergure dont les erreurs de fermeture, quasi-nulles, assurent le rattachement de Fort-Lamy au réseau gravimétrique international avec une précision probablement meilleure que le milligal. Les résultats antérieurs (1) avaient été calculés dans un système qui, depuis, a été notablement amélioré. Les bases de Madame DUCLAUX et de M. Jean MARTIN m'ont d'abord permis de calculer les présents résultats dans le système actuel. De plus, les résultats antérieurs, recouverts par mes mesures 1952 à Fort-Lamy et Maidugary peuvent être intégrés (avec une précision de 2 ou 3 milligals, correspondant aux possibilités du pendule HOLWECK-LEJAY) dans le système actuel.

La géodésie dispose donc d'un ensemble cohérent de valeurs de G réparties entre Alger et Kano d'une part, Gao et Abécher d'autre part, c'est à dire sensiblement sur un arc de méridien de 25° et sur un arc de parallèle de 20°. Cependant certaines altitudes sont à réviser.

Mais c'est du problème de la structure que nous allons nous occuper ici. M. J. FLANDRIN, alors géologue au Service de la Colonisation et de l'Hydraulique de l'Algérie, avait, à la suite d'une mission au Tchad, rédigé un rapport dont voici quelques extraits (2) :

"Les terrains entrant dans la constitution des régions que j'ai étudiées appartiennent à deux groupes de formation nettement distincts : d'une part les roches métamorphiques et éruptives anciennes du socle africain, d'autre part les dépôts alluviaux récents de la cuvette tchadienne.

Dans le bassin de la Benoué et dans le Sud du Nigéria, des formations marines et continentales d'âge crétacé et des formations néogènes continentales s'intercalent entre ces deux ensembles. Ces terrains intermédiaires sont inconnus plus à l'Est et dans toute la région parcourue, j'ai toujours observé la superposition directe des alluvions récentes sur le substratum métamorphique...

Ces petits affleurements (du socle) témoignent de la profondeur relativement faible du substratum ancien dans toute la région où ils apparaissent...

Les alluvions de la cuvette tchadienne peuvent être attribués, avec grande vraisemblance, au plio-quatenaire...

Dans la partie française du Tchad, la constitution des alluvions plio-quaténaires est assez mal connue. En l'absence de vallées encaissées permettant de relever des coupes et de mesurer des épaisseurs, seuls des sondages de reconnaissance ou l'étude de certains puits indigènes profonds peuvent nous apporter quelques renseignements...

Dans sa partie orientale tout au moins, le bassin du Tchad ne correspond pas à une vaste cuvette subsidente dans laquelle se seraient accumulées, sous une forme synclinale, des épaisseurs considérables de sédiments récents... La plaine tchadienne paraît plutôt résulter, dans le secteur étudié, du remblaiement d'une surface topographique à relief adouci... Seule pourrait faire exception la région de Fort-Lamy, Massénya et la moyenne vallée du Chari. Logone où l'absence d'affleurement cristallophylien peut conduire à admettre une accumulation plus forte de sédiments et une structure en gouttière favorable à l'artésianisme.

Etant données ces observations géologiques, il était indiqué de penser à la géophysique pour essayer de déterminer la structure du sous-sol : en particulier la gravimétrie pouvait mettre à profit la grande différence de densité entre les formations récentes (densités voisines de 2,0) et celles du socle africain (densité voisine de 2,8). Nous verrons qu'effectivement de très importantes variations des anomalies isostatiques dénotent des mouvements structuraux énormes.

2. PROGRAMME et REALISATION :

Le programme de cette campagne gravimétrique a été fixé en accord avec la Commission Scientifique du Logone et du Tchad, et après consultation de M. FLANDRIN. Il comprend les cheminements décrits plus loin. L'ensemble du programme a été réalisé, à l'exception de la région de NiGama où je me suis arrêté plus tôt que prévu sur une piste nouvelle, non portée sur les cartes, dépourvue de points d'eau, et sur laquelle le seul européen présent à Massénya, nouveau venu, n'avait aucun renseignement.

Sur chaque cheminement, la distance entre deux stations gravimétriques consécutives est en général 10 kilomètres. Elle a été réduite en certaines régions comportant des gradients remarquables. Tous les parcours ont été suivis deux fois; cette méthode d'aller et retour est à recommander pour l'élimination de la dérive instrumentale. Le gravimètre utilisé, Western Geophysical Co N° 53, est d'une stabilité remarquable, mais les transports sur piste, le soumettent à une rude épreuve. Les recoupements ont permis d'assurer partout la précision du milligal, sauf en Nigéria, entre Dikwa et Maidugary, où l'incertitude est de 3 milligale. Il ne suffit pas de faire des mesures précises de G. L'exploitation des résultats obtenus nécessite, comme nous le verrons plus loin, la connaissance de la topographie. Cette dernière est, en général, assez uniforme dans la région du Tchad. Encore faut-il avoir des données précises sur les altitudes.

Le Service du Nivellement, de Précision venait justement d'entreprendre un vaste travail, encore en cours. Dans le choix de nos itinéraires, nous avons tenu compte de cet élément important. Une partie d'entre eux coïncide avec ceux du Nivellement de Précision (M'BOURAC - BONGOR - MITAU - MOGRUM - FORT LAMY - GAMBAROU et FORT LAMY - MASSAGUET - AM DJEMENA). Nous espérons voir, dans un proche avenir, le Nivellement suivre une autre partie importante de nos parcours, et il sera facile de retoucher en conséquence nos résultats.

La précision de ces derniers sera discutée plus loin. Pour le moment, nous nous bornerons à signaler que le rattachement de nos stations aux repères de nivellement a été non pas géométrique, mais barométrique. L'élimination des variations météorologiques a utilisé les barogrammes de Maidugary et Fort-Lamy et les observations des baromètres à mercure de Mongo et Abécher (Services de la Météorologie de Nigéria et de la Météorologie Nationale).

Le véhicule utilisé pour cette campagne, un pick-up DeLahaye appartenant à la Commission du Logone et du Tchad, avait été pourvu d'une carrosserie rudimentaire, et aménagé en vue de la charge, par sa dynamo, des batteries d'accumulateurs assurant la marche des thermostats du gravimètre. M. Jean MARTIN avait bien voulu diriger cette installation électrique, compliquée par les 12 volts du véhicule (alors que le gravimètre n'en veut que 6).

3. RESULTATS -

Dans les tableaux ci-dessous, on trouvera, en colonne 1, le numéro de la station gravimétrique; en colonne 2, la latitude Nord en degrés; en colonne 3, la longitude Est de GREENWICH en degrés; en colonne 4, l'altitude Z en mètre; en colonne 5 la valeur de G en milligale (les trois premiers chiffres, 978 uniformément, ont été omis) en colonne 6, l'anomalie de Bouguer, et en colonne 7, l'anomalie isostatique,

calculée dans l'hypothèse d'Airy, avec une profondeur de compensation de 60 km, au moyen des tables du R.P. LEJAY.

On trouvera la définition de ces anomalies dans les références (3) et (4). La colonne 8 fournit des points de repères pour un examen rapide des résultats. Mais il sera encore plus commode de les suivre sur les graphiques (profils des anomalies isostatiques).

Enfin une carte schématique permet de situer les itinéraires.

I - FORT LAMY - MASSAGUET - AIN DJEMENA - ATI

N°		L	3	G	B	A-E	OBSERVATIONS
2039	I2° 07,5	I5° 01,9E	297	I84,0	- 34	- 2	FORT-LAMY (aérodrome)
22I5	I2,0	02,2	295	I84,7	- 37	- 4	
22I4	I6,6	00,5	292	I94,3	- 32	+ 2	
22I3	22,0	00,5	294	I98,0	- 30	+ 3	
22I2	23,2	04,3	29I	I99,0	- 30	+ 2	
22II	23,6	08,8	288	205,2	- 25	+ 8	
22IO	27,3	I3,I	285	206,4	- 27	+ 6	
2209	28,5	I8,4	287	20I,4	- 32	+ I	
2III	26,7	23,8	288	20I,6	- 30	+ 2	MASSAGUET (campement)
2208	27,3	29,4	288	206,I	- 26	+ 6	
2207	27,5	34,6	288	206,6	- 26	+ 7	
2206	26,8	39,3	288	203,6	- 28	+ 4	
2205	27,2	44,4	287	20I,4	-3I	+ 2	
2204	29,6	50,7	292	196,3	- 37	- 4	
2203	30,8	I5° 56,4	I94	I94,0	- 39	- 6	
2202	33,7	I6° 0I,0	292	202,2	- 33	0	
220I	35,6	05,2	289	2I2,8	- 25	+ 9	
2200	38,6	08,9	286	2I3,8	- 26	+ 7	
2I99	4I,9	I2,2	287	2I3,6	- 28	+ 6	
2I98	44,8	I5,6	286	2I4,3	- 30	+ 4	
2I97	47,5	I9,4	287	2I7,8	- 28	+ 6	
2III2	50,5	23,2	288	208,6	- 39	- 5	M ^r GOURA (campement inférieur)
2I96	53,2	28,0	290	24I,I	- 34	0	
2I95	56,3	3I,7	289	2I7,5	- 33	+ I	
2I94	57,7	36,9	206	206,7	- 45	- II	
2I93	56,6	42,2	285	2IO,8	- 4I	- 7	
2III3	56,6	47,4	290	2I2,8	- 38	- 3	AOUNI TERZEF (campement)

I. - (Suite)

N°		L	Z	G	B	A-L	OBSERVATIONS
2I92	I2° 58,1	I6° 51,3	294	214,9	- 36	- I	
2I9I	I3° 02,2	53,0	295	217,8	- 36	- I	
2I90	04,5	I6 56,7	290	220,5	- 35	- I	
2I89	05,0	I7 00,6	289	222,2	- 34	+ I	
2I88	04,5	05,5	29I	222,4	- 33	+ 2	
2I87	04,0	09,8	289	224,3	- 3I	+ 4	
2I86	05,7	I3,5	296	224,5	- 3I	+ 4	
2II4	06,6	I7,7	290	225,7	- 32	+ 4	AM DJEMENA (campment)
2I85	08,0	I9,I	290	228,4	- 30	+ 6	
2I84	09,3	23,2	290	229,I	- 30	+ 6	
2I83	09,6	27,6	290	229,0	- 30	+ 6	
2I82	08,8	3I,2	290	222,I	- 37	0	
2I8I	07,6	34,7	288	2I8,7	- 40	-3	
2I80	09,I	39,4	288	2I5,7	- 44	-7	
2I79	08,I	44,8	292	2I7,4	- 4I	-4	
2I78	08,9	49,6	293	230,6	- 28	+ IO	
2II5	IO,2	I7 54,4	3I5	238,7	- I6	+ 2I	Pancarte ATI 58 km
2I78	II,0	I7 58,I	305	276,9	- 30	+ 8	
2I76	I3,0	I8° 0I,8	3I2	222,0	- 35	+ 3	
2I75	I4,7	06,0	324	2I9,3	- 37	+ 2	
2I74	I4,5	IO,2	324	220,I	- 34	+ 5	
2I73	I4,6	I4,7	336	223,I	- 3I	+ 9	
2I72	I3,3	I9,8	332	226,7	- 27	+I3	
2II6	I3° II,3	I8° 23,5	340	226,9	- 24	+I6	ATI - Service de l'élevage

27 - ATI - OUM HADJER - ABECHER

N°		L	Z	G	B	A-L	OBSERVATIONS	
2II6	I3° II,3	I8° 23,5	340	226,8	- 24	+ I6	ATI-Service de l'Ele- vage.	
2I53	I3,2	25,I	343	230,5	- 2I	+ 20		
2II7	I2,2	27,6	340	235,7	- I I6	+ 25		
2I52	II,9	29,7	344	240,4	- IO	+ 3I		
2II8	IO,0	3I,8	342	244,6	- 5	+ 37		
2I5I	08,9	33,4	344	244,7	- 4	+ 38		
2II9	09,3	35,8	342	234,3	- I5	+ 28		
2I50	I9,4	39,0	35I	228,3	- I9	+ 24		
2I20	08,7	4I,2	347	237,2	- IO	+ 33		
2I2I	07,0	46,3	349	2I8,9	- 27	+ I6		
2I22	07,0	5I,5	354	2I6,7	- 28	+ I5		
2I23	07,6	56,6	364	2I7,0	- 27	+ I8		
2I49	07,3	I8° 59,0	36I	2I0,0	- 34	+ II		
2I24	08,3	I9° 0I,4	364	I98,2	- 46	- I		
2I25	IO,I	05,6	367	I99,6	- 45	0		
2I48	II,0	09,6	369	200,3	- 45	+ I		
2I26	I2,3	I3,4	375	I97,2	- 47	- 8		ZANETE (carpentier)
2I47	I2,5	I9,5	380	202,2	- 42	+ 4		
2I46	I4,3	24,4	385	200,4	- 44	+ 3		
2I45	I5,I	29,8	39I	I85,3	- 58	- II		
2I44	I7,8	33,5	394	I86,2	- 58	- II		
2I43	I9,5	37,2	397	I87,3	- 58	- IO		
2I27	I7,4	42,0	404	I95,3	- 47	+ I	OUM HADJER - (carre- four des pistes d'ATI et ABECHER)	
2I42	I8,7	46,5	4I4	I98,5	- 43	+ 6		
2I4I	I9,6	5I,8	4I8	I88,I	- 53	- 4		
2I40	20,3	I9° 57,0	423	I87,8	- 53	- 3		
2I39	I3° 22,8	20° 0I,7	447	I85,7	- 52	- I		

2. (Suite)

N°		L	Z	G	H	A-L	OBSERVATIONS
2I38	13° 25,1	20° 06,7	446	185,4	-54	2	
2I37	27,0	11,7	448	185,2	-55	2	
2I36	26,2	17,1	445	175,0	-63	10	
2I35	27,5	22,2	469	174,9	-61	7	
2I34	32,1	24,8	471	175,5	-64	8	
2I33	35,6	26,5	473	178,2	-63	7	
2I32	38,2	30,8	481	176,1	-65	8	
2I31	40,7	35,2	489	172,0	-69	11	
2I30	44,8	38,8	503	184,7	-56	3	
2I29	47,0	43,2	516	173,7	-67	7	
2I28	13° 49,0	20° 48,3	550	171,0	-64	4	ABECHER (campement)

3. - A T I - M O N G O

N°		L.	Z	G	B	A-L	OBSERVATIONS
2116	I3° II,3	I8° 23,5	340	226,8	24	I6	ATI (Service de l'Elevage)
2154	09,I	26,5	332	234,I	IX	24	
2155	07,7	30,7	341	229,4	I	42	
2156	06,0	35,0	342	237,7	9	32	
2157	02,7	36,6	344	216,9	27	I5	
2158	I3 00,0	35,5	351	210,I	31	IX	
2171	I2 66,9	36,5	356	208,9	29	IX	
2159	51,2	40,2	356	193,3	41	2	
2170	49,2	40,3	362	180,3	52	9	
2169	47,2	40,6	365	172,1	58	I5	
2160	44,I	40,8	368	163,3	64	20	DELEB (cameras)
2161	38,4	37,4	372	169,8	53	9	
2162	32,8	35,7	370	167,3	53	8	
2163	30,I	40,I	379	164,6	52	7	
2164	24,3	41,8	387	165,0	46	I	
2168	21,I	41,6	390	153,4	55	9	
2165	I8,5	40,8	390	148,6	57	VI	
2166	I4,7	44,9	409	155,7	45	I	
2167	I8° I2,3	I8° 47,3	440	145,2	48	2	MONGO - Case de District

4. - FORT-LAMY - MOGROUM - MITAU

N°		L	ZZ	G	E	A-L	OBSERVATIONS	
2039	I2°	07,5	E 01,9	297	I64,0	- 34	- 2	FORT-LAMY (aérodrome) CHAGOA (bac)
2065		05,6	06,0	298	I90,6	- 26	+ 6	
2066	I2	00,3	08,5	300	I88,6	- 25	+ 7	
2067	II	55,7	II,2	301	I74,4	- 36	- 3	
2068		50,4	I2,0	302	I77,1	- 30	+ 3	
2069		46,0	I4,0	303	I75,5	- 29	+ 4	
2100		43,7	I4,8	3000	I72,6	- 31	+ 3	
2070		41,3	I5,3	302	I59,5	- 42	- 8	
2071		36,0	I7,0	302	I55,3	- 43	- 9	
2072		31,0	I7,7	304	I56,7	- 38	- 4	
2109		28,8	I9,2	303	I53,2	- 41	- 7	BOUGOUMENE est à mi-chemin entre 2108 et 2109
2108		26,7	20,6	305	I41,5	- 51	- 16	
2107		22,4	20,5	302	I40,8	- 50	- 15	
2106		20,0	21,0	306	I35,4	- 53	- 18	
2105		17,7	22,6	307	I31,1	- 55	- 20	
2104		15,4	22,4	305	I30,1	- 56	- 21	
2103		10,6	21,8	304	I11,4	- 42	- 6	MOGROUM (campement)
2073	II	06,4	25,1	311	I52,6	- 27	+ 9	
2074	II	01,21	27,1	310	I57,0	- 20	+ 16	
2075	IO	56,81	30,7	312	I50,7	- 23	+ 13	
2076		54,01	35,0	312	I50,7	- 29	+ 7	
2077		52,01	39,9	318	I40,2	- 30	+ 7	
2078		49,01	43,8	323	I41,1	- 26	+ 11	

5. - FORT-LAMY - MASSENYA

N°		L	Z	G	H	A-L	OBSERVATIONS
2039	I2° 07,5	I5° 01,9 E	297	I84,0	- 34	- 2	FORT-LAMY (aérodrome)
2216	6,3	3,2	295	I85	- 32	0	Monument Eboué
2065	5,6	6,0	298	I90,6	- 26	+ 6	
2217	2,9	9,5	294	I90,0	- 28	+ 7	
2218	0,7	I3,5	295	I86,6	- 28	+ 5	
2219	3,6	I7,4	297	I94,8	- 21	+ I2	
2250	I,7	22,2	299	202,2	- I2	+ 2I	
2249	I2 00,9	27,0	298	I88,8	- 25	+ 9	
2248	II 57,2	30,5	30I	I85,4	- 26	+ 8	
2247	54,7	35,I	303	I82,7	- 27	+ 7	
2246	53,3	40,6	304	I74,4	- 34	+ I	
2245	50,9	45,5	3I5	I67,4	- 37	- 2	
2220	49,3	50,8	320	I69,8	- 33	+ 2	DOURBALI
222I	46,0	54,9	327	I79,9	- I9	+ I6	
2222	42,0	I5 59,4	330	I64,8	- 32	+ 4	
2223	36,7	I6 02,6	333	I48,4	- 44	- 8	
2224	32,0	06,3	33I	I45,8	- 44	- 8	
2225	24,4	09,9	333	I44,3	- 4I	- 4	MASSENYA (campement)

6. - M^BOURAC - FIANGA - BONGOR - MITAU - BANTANERE
 MASSENYA - vers N^o GAMA

N°		L	Z	G	H	A-L	OBSERVATIONS	
2096	9° 51,1	14° 47,5	327	099,4	- 37	+ 4	M ^B OURAC repère de nivellement (à l'entrée en venant de FIANGA)	
2095	52,8	50,0	325	102,0	- 35	+ 6		
2097	53,5	52,7	329	113,8	- 23	+ 17		
2094	54,5	14 55,0	326	122,3	- 16	+ 24		
2093	55,8	15 00,4	331	112,9	- 25	+ 15		
2092	55,4	05,9	346	108,3	- 26	+ 14		
2091	56,2	11,0	328	104,4	- 34	+ 6		Etablissement COTOFRAN (FIANGA)
2090	9 59,8	13,0	324	108,5	- 32	+ 8		
2089	10 05,3	14,0	322	112,4	- 32	+ 7		
2088	10,2	15,7	321	115,2	- 32	+ 7		
2087	15,2	18,0	319	118,9	- 31	+ 8		
2086	17,2	22,0	329	122,0	- 27	+ 12	BONGOR (case ANDRIEUX)	
2098	19,4	24,9	323	127,8	- 23	+ 16		
2085	23,0	27,5	321	126,7	- 37	+ 2		
2099	26,2	27,6	321	105,2	- 50	- 12		
2084	28,2	26,6	321	101,1	- 56	- 18		
2100	31,0	27,9	321	102,6	- 55	- 17		
2083	32,4	29,7	320	113,9	- 45	- 7		
2101	33,9	32,5	320	125,0	- 35	+ 3		
2082	35,6	33,6	320	117,8	- 43	- 6		
2102	38,6	33,1	320	130,9	- 31	+ 6		
2081	41,0	32,6	318	141,3	- 23	+ 14		
2080	43,4	36,8	318	138,5	- 27	+ 10		
2079	46,0	40,5	321	142,9	- 23	+ 14		
2078	49,0	43,8	323	141,1	- 26	+ 11	MITAU (carrefour BANTANERE (campement))	
2244	50,3	45,2	339	130,0	- 33	+ 3		
2243	52,4	49,0	339	124,7	- 41	- 3		

B. - (Suite)

N°		L	Z	G	B	A-E	OBSERVATIONS
2242	IO° 54,8	I5° 53,4	E 336	I24,5	- 44	- 6	
224I	IO° 56,7	I5° 57,7	333	I33,4	- 36	+ 2	
2240	II 00,0	I6 002,4	335	I28	- 43	- 5	
2239	05,I	02,4	337	I34,0	-40	- 3	
2238	09,9	06,3	338	I38,9	-38	0	
2237	I5,I	08,2	336	I44,2	-35	+ 2	
2236	I9,2	IO,4	334	I47,I	- 35	+ 2	
2225	24,4	09,9	333	I44,3	- 4I	- 4	MASSENYA (campement)
2235	29,5	IO,0	340	I38,6	- 48	- II	
2226	35,5	II,7	337	I38,7	- 5I	+ I4	BIDRI
2227	36,3	I6,2	335	I50,8	- 4I	- 4	Après BIDRI la piste est
2228	36,3	2I,8	333	I44,I	- 48	- IO	au Sud de celle
2229	36,8	27,0	336	I47,I	- 45	-7	qui est portée
2230	37,7	32,3	34I	I58,2	- 35	+ 5	sur les cartes
223I	38,9	37,4	343	I77,3	- I5	+ 24	Se référer aux
2232	40,4	42,8	340	I8I,3	- I2	+ 27	coordonnées géo-
2233	4I,6	48,2	338	I93,5	- I	+ I9	graphiques (provi- soires)
2234	43,0	I6 56,5	336	I8I,8	- I4	+ 26	

7. - FORT LAMY - GAMBAROU

NO		L	Z	G	B	A - L	OBSERVATIONS
2039	I2° 07,5	I5° 01,9 E	297	I84,0	- 34	- 2	FORT - LAMY (aérodrome)
2040	05,4	I4° 56,5	301	I85,2	- 31	+ 1	
2041	08,7	52,5	297	I90,1	- 28	+ 3	
2042	10,5	47,6	293	I195,4	- 25	+ 6	
2043	I3,0	43,2	291	I92,2	- 31	+ 1	
2044	I5,3	37,6	290	I93,8	- 33	0	I km 9 après AFADE
2045	I8,5	35,0	290	I91,5	- 35	- 4	
2046	21,5	31,6	289	I92,4	- 36	- 6	
2047	22,3	26,7	288	I90,2	- 39	- 9	
2048	23,2	21,4	287	I88,6	- 41	- 11	
2049	23,3	I4° I6,0	286	I92,0	- 38	- 9	2 km 3 avant le Pont- Frontière de GAMBAROU

4. Précision et signification des résultats -

Les valeurs de G comportent la précision du milligal, sauf pour l'itinéraire Dikwa - Maidugary, où l'on peut craindre une erreur de 3 milligals. Les anomalies de Bouguer présentent l'inconvénient de noyer l'influence de la structure géologique dans celle de l'hypsométrie (4). C'est sur les anomalies isostatiques qu'il convient de faire porter la discussion. Les erreurs qu'elles comportent sont de deux sortes : d'abord celle des mesures de g proprement dites, envisagées ci-dessus ensuite celles qui concernent les anomalies, à partir des valeurs de g. Parmi ces dernières, il faut distinguer l'incertitude sur l'altitude de la station, et l'incertitude d'ensemble sur le relief de la région. La cartographie locale au 200.000e n'est pas terminée, mais le relief est si peu accusé que cette incertitude d'ensemble est pratiquement négligeable, d'autant que son action varie peu d'une station à l'autre et ne saurait modifier d'une façon appréciable la situation et l'importance des maxima et minima des anomalies. Aux erreurs sur g ne viennent donc s'ajouter que les erreurs sur z, au taux d'un milligal pour 3 mètres (environ).

Nous sommes ainsi conduits à classer nos itinéraires en deux catégories. La première comprend les cheminements de Nivellement de Précision (la liste en a été donnée). La précision des anomalies isostatiques est alors de 2 ou 3 milligals. La deuxième catégorie comporte des erreurs probables plus fortes et difficiles à évaluer. Elles proviennent du principe même du nivellement barométrique et dépendent de l'éloignement par rapport au repère de nivellement le plus proche et de l'ordre de grandeur des variations d'altitude. Je ne pense pas qu'elles puissent dépasser 5 milligals sur les itinéraires FORC-LAMY - MASSENYA et BANTAM NERE - MASSENYA - M'GAMA. Elles pourraient être plus fortes dans les régions de MONGO et surtout d'ABECHER où, étant données la distance à AM-DJEMENA et la variation d'altitude, elles pourraient atteindre une dizaine de milligals. Mais ces régions sont au programme du Nivellement de Précision et nous espérons être bientôt fixés sur les erreurs de nos déterminations barométriques, dont le caractère systématique (et non accidentel) assure, répétons-le, la situation et l'importance des maxima et minima des anomalies.

Que représentent ces dernières ? Elles seraient uniformément nulles si le géoïde coïncidait avec l'ellipsoïde international de référence, et si le schéma isostatique était rigoureusement conforme à la réalité. Le fait qu'elles ne sont pas nulles peut d'abord provenir d'écart entre géoïde et ellipsoïde. Mais il ne saurait s'agir là, que de lents mouvements de faible amplitude, auxquels correspondrait une lente variation de quelques milligals de KANO à ABECHER. C'est l'aspect géodésique de la question, et nous ne nous en occuperons pas. Nous interpréterons donc nos anomalies comme des écarts entre la structure réelle et celle de notre schéma, caractérisé par deux densités, 2,67 pour l'écorce, 3,27 pour le substratum, celle-là flottant sur celui-ci, en respectant le principe d'Archimède, de sorte que plus l'altitude d'une région est élevée, plus importante est l'épaisseur sous-jacente d'écorce. Le système est déterminé par l'épaisseur 60 km d'écorce pour l'altitude zéro.

Nous aurions pu choisir un autre schéma; comportant par exemple au lieu de 60 km une autre "profondeur de compensation" ou prendre des valeurs différentes pour nos deux densités types, ou introduire un "degré de régionalité" (3) (4). Au lieu de nos anomalies isostatiques nous en aurions d'autres, mais très peu (et très systématiquement) différentes. Nous aurions toujours pratiquement les mêmes situations et les mêmes importances pour les maxima et les minima. La forme de nos profils doit être expliquée soit, par des exceptions à l'équilibre isostatique, soit par des écarts mesurés à partir de notre schéma des densités.

Mais des défauts de compensations, dont seraient responsables des masses enfouies à de grandes profondeurs ne sauraient modifier sensiblement nos énormes gradients. Admettre l'équilibre, c'est faire une hypothèse qui, tout en étant plausible pour une telle région, n'a pas d'effet restrictif appréciable pour nos conclusions.

De même; envisager des variations de la densité du substratum (courants de convection par exemple), ne pourrait constituer une explication que pour des phénomènes à faible gradient fort différents de ceux que nous constatons, et pour lesquels dans une zone si peu tourmentée, les anomalies de Bouguer, souvent à proscrire, auraient à la rigueur pu suffire. Si nous avons calculé les anomalies isostatiques ce n'est pas tellement pour notre étude "intrinsèque", c'est souvent en vue de la comparaison du Tchad à nos autres domaines de prospection.

5. Essai d'interprétation

C'est donc dans l'écorce que vont se localiser nos différences locales de densité : la compensation isostatique a beau leur faire correspondre des différences en sens inverse, comme les "contre-poids" sont à profondeur beaucoup plus grande que les poids à compenser, ce sont les poids qui influencent d'une manière prépondérante les anomalies isostatiques. Ces poids eux-mêmes, on peut les imaginer à des niveaux divers de l'écorce terrestre. Mais comme leur action est d'autant plus marquée qu'ils sont plus près de la surface, il est raisonnable d'envisager d'abord des explications "superficielles", qui pourront éventuellement être retouchées soit à l'aide de considérations géologiques, soit lorsque seront intervenues d'autres méthodes géophysiques et, encore plus lorsque des sondages permettront un "étalonnage" précis des résultats.

D'une manière générale une forte valeur des anomalies indique un mouvement anticlinal. C'est là une conclusion expérimentale statistique, qui peut comporter des exceptions, mais constitue une excellente hypothèse de travail : elle revient à dire que plus les terrains sont anciens, plus ils sont denses. Ce n'est certainement pas exact dans le détail des couches géologiques, mais plus les couches présentent de contraste au point de vue de leur âge, plus valable est notre hypothèse de travail. Ce sont justement les considérations de M. FLANDRIN sur le caractère structural de la région du Tchad qui avaient, à priori, autorisé des espoirs dont nous allons examiner le bien-fondé.

Il est tout à fait remarquable dans ce pays d'aspect si monotone et d'un relief aussi calme, de constater des variations d'anomalies très importantes, et plus remarquable encore est la brutalité de ces variations. Les valeurs les plus fortes de l'anomalie isostatique atteignent + 40 milligals. C'est l'ordre de grandeur des anomalies maxima du Hoggar, région où les terrains de surface sont en général antécambriens. Les valeurs les plus faibles de l'anomalie tombent à - 20 milligals. Nous avons déjà un contraste de 60 milligals que de nouveaux itinéraires gravimétriques permettront peut-être de dépasser.

Les variations des anomalies sont très rapides, comme on peut le constater sur tous les itinéraires, à des degrés divers. Si ces variations traduisaient la plus ou moins grande profondeur du socle, le profil de ce dernier serait représenté par nos courbes, à une échelle qui ne pourrait être fixée que par les valeurs des densités. Les régions où l'anomalie atteint + 40 milligals seraient celles où le socle remonterait au voisinage de la surface, et plus l'anomalie serait faible, plus le socle serait enfoui. En l'absence de données numériques concernant les densités et dans l'hypothèse d'un contraste énorme, de l'ordre de 0,8 entre celle du socle et celle des couches récentes, on peut avoir une image, sans autre prétention que de situer des ordres de grandeur en fixant l'échelle à 20 milligals par kilomètres. C'est à dire que pour des anomalies de 20 milligals, ce socle serait à 3 kilomètres de profondeur (et il faudrait envisager des profondeurs encore plus grandes pour un contraste moindre des densités, au cas par exemple où la lacune entre le socle et le paléozoïque ne serait pas totale.

Je ne m'attendais pas à des phénomènes d'une telle ampleur ni d'une telle abondance. Si l'on me permet une comparaison d'ordre cynégétique nous nous trouvons dans la situation prospère mais embarrassée d'une "popotte" qui attendait un lapin ou deux et à qui on apporte plusieurs dizaines de biches. Les secteurs calmes sont l'exception : presque partout on note des mouvements importants.

Dans ces conditions, il est impossible pour le moment d'ébaucher une synthèse; s'il s'agit de mouvements antécambriens quelles sont les directions principales des plissements ? Peut-on relier les minima des itinéraires FORT-LAMY - MITAU, FORT-LAMY - MASSENIA et ATI - MONGO, ce qui donnerait une grande fosse d'orientation E.N.E. , W.S.W. ? La richesse des phénomènes observés nous interdit de répondre à de telles questions ; l'antécambrien a duré beaucoup plus longtemps que tout ce qui l'a suivi et a pu subir des vicissitudes variées. C'est ainsi que dans le Hoggar, LELUBRE (5) l'a divisé en deux grands ensembles, le saggarien et le pharusien (par ordre d'ancienneté).

Cette complexité peut être négligée en gravimétrie lorsqu'interviennent des terrains primaires, secondaires et tertiaires, si les variations de densité qu'elle implique sont faibles par rapport au contraste entre la densité moyenne de l'antécambrien et celle des terrains plus jeunes, et surtout si cet antécambrien est enfoui à de grandes profondeurs. Mais dans les régions où il affleure ou presque, son hétérogénéité risque d'être influente. Par conséquent notre schéma interprétatif pourra subir des retouches; l'échelle uniforme serait remplacée par une échelle variable, tenant compte des études géologiques; cependant dans le Hoggar, il ne semble pas, pour le moment, qu'on doive songer à ces différences de densités notables entre saggarien et pharusien, les anomalies isostatiques y seraient en relation avec des masses granitiques. Au Tchad, trouvons-nous des indices nous invitant à réviser notre interprétation ? A première vue, les anomalies de MONGO et ABECHER semblent faibles; il s'agit de régions où le socle apparaît sur des surfaces notables. Nous avons noté combien ces régions sont éloignées de tout repère de nivellement; le risque d'erreur pourrait y atteindre une dizaine de milligals. Mais cette indétermination, que nous espérons voir levée prochainement, est faible à côté d'une autre que voici : les gradients élevés des anomalies isostatiques impliquent des pendanges importants. Il suffit de se déplacer de quelques kilomètres pour se trouver dans des conditions de sous-sol fort différentes. La proximité d'un affleurement du socle n'est pas une garantie de faible profondeur pour celui-ci. C'est pourquoi, en ce qui concerne l'étalonnage de nos résultats, si après leur examen par les géologues intéressés, une extension de la prospection gravimétrique est décidée, elle devra comprendre des mesures, hors des pistes, en des points précis, par exemple des emplacements de sondages exécutés ou projetés. Des parcours à pied seront peut-être nécessaires. Il convient de signaler à cet égard que, si les gravimètres Western ou North American sont les plus recommandables pour les travaux d'ensemble, à cause de leur stabilité, ils présentent l'inconvénient d'être lourds et encombrants. D'autres gravimètres, comme le Worden, sujets à de fortes dérives, seraient d'un emploi beaucoup plus commode pour des parcours à pied, et, à condition de s'appuyer sur un réseau comme celui dont le Tchad est maintenant doté, ils auraient une précision très satisfaisante. Ils ont l'avantage d'être affranchis de la servitude des batteries d'accumulateurs.

6. Conclusions -

Notre reconnaissance gravimétrique a mis en évidence d'importantes variations des anomalies isostatiques, qui révèlent des mouvements structuraux très nombreux et très accentués. Un essai d'interprétation a utilisé des hypothèses qu'il convient de rappeler :

1. nous avons admis l'absence d'hétérogénéités subcrustales,
2. nous avons supposé un équilibre isostatique parfait,
3. nous avons négligé les hétérogénéités du socle antécambrien
4. nous avons admis une lacune totale entre ce socle et le plio-quadernaire

Etant donné les gradients importants qui interviennent, des hétérogénéités sub-crustales ne sauraient modifier sensiblement l'interprétation "locale" c'est à dire l'ampleur d'un mouvement déterminé, comme par exemple la fosse située à une trentaine de kilomètres de Bongor, en direction de Mitau. Mais de telles hétérogénéités pouvaient faire varier lentement, le long de nos itinéraires le "toit" de l'antécambrien.

Des défauts de compensation isostatique ne pourraient modifier que très faiblement notre représentation.

Les hétérogénéités du socle antécambrien pourraient, comme celles du substratum, provoquer une anamorphose de notre schéma, mais comme le socle est beaucoup plus proche de la surface que le substratum, il s'agit cette fois de phénomènes aptes à entrer en compétition avec les variations de puissance du plio-quadernaire pour expliquer nos anomalies. Une fosse comme celle que nous venons de mentionner, au lieu d'être constituée par des formations plio-quadernaires, le serait par des formations antécambriennes de densité exceptionnellement faible. Mais peut-on alors envisager les différences de densité égales à 0,8 ? jusqu'à plus ample informé, il est raisonnable de songer à des différences de densité beaucoup plus modestes. L'importance en profondeur des phénomènes invoqués devrait alors être plus grande que dans le cas de contraste entre socle et plio-quadernaires.

La présence de formations intermédiaires entre les deux extrêmes agirait dans le même sens. Par conséquent l'interprétation fondée, sur le seul contraste entre le socle et le plio-quadernaire fournit, pour les mouvements du sous-sol, des amplitudes minima. Dans quelle mesure les mouvements réels, grevés de formations "intermédiaires" et d'hétérogénéités antécambriennes, peuvent-ils dépasser ces minima, c'est aux géologues de le dire. Et ils ne pourront se prononcer avant l'exécution de quelques sondages profonds, qui permettront de plus, grâce à des mesures de densités, un étalonnage moins arbitraire de notre interprétation.

La prospection géophysique ne peut remplacer ni l'étude géologique, si les sondages. Son rôle est de combler les lacunes de l'observation des terrains de surface et de réduire le nombre des sondages, en permettant de choisir leurs emplacements. Son importance économique est d'autant plus considérable qu'on a affaire à une structure plus cachée et plus complexe. Au Tchad sous un faciès presque uniforme, notre reconnaissance gravimétrique dévoile une complexité extrême. Quelles conclusions pratiques convient-il d'en tirer ?

Tout d'abord, les mouvements structuraux sont si nombreux que nos itinéraires ne permettent aucune synthèse. Il faudrait les compléter par de nouveaux itinéraires, choisis par les géologues tchadiens, après l'étude des présents résultats. Cette suite de la prospection gravimétrique devrait comporter, répétons-le, des stations aux emplacements mêmes des sondages déjà réalisés; dans les régions où l'on envisage de nouveaux sondages, il serait prudent de resserrer étroitement le réseau gravimétrique : le choix des emplacements doit être minutieux : un écart de quelques kilomètres risque de tout changer.

Du point de vue économique, il serait cut-être judicieux d'utiliser, après la gravimétrie, une autre méthode géophysique.

7. Remarques sur les sondages -

Des sondages déjà réalisés dans la région du Tchad, le plus profond est celui de Maidugary. Il a légèrement dépassé 1.000 mètres, et n'a pas atteint le socle.

A Maidugary (ville indigène) l'anomalie isostatique est de - 2 milligals; notre essai d'interprétation donne alors 2 kilomètres comme ordre de grandeur de la profondeur (minima) du socle.

A Fort-Lamy (aérodrome) on a exactement la même valeur : 2 milligals. Il est probable qu'un sondage devra y être très profond pour atteindre le socle.

Mais à Chagos l'anomalie est + 6 milligals; or "le sondage de Chagos, situé à 10 km environ au S-S2 du sondage TRYPANO, rencontre la latérite 20 mètres plus haut que ce dernier; il s'en suit que l'on peut noter une pente de 2 pour 1000 vers le N-NW des terrains traversés" (6).

La gravimétrie donne une indication dans le même sens, et laisse présumer que ce pendage s'accroît pour les couches plus profondes.

Quant aux sondages qui ont atteint le socle au Nord de la piste ATI-ABECHER, il faudrait y déterminer les anomalies gravimétriques.

Il me reste à remercier tous ceux qui m'ont permis d'accomplir cette mission :

M. le Général TILHO et M. le Général BEAUFRERE en furent les promoteurs et organisateurs.

M. FLANDRIN m'aida de ses conseils pour en tracer le programme.

MM J. MARTIN voulut bien diriger l'aménagement électrique spécial du véhicule.

Des documents précieux me furent aimablement communiqués par les Services Météorologiques de l'A.E.F. et de Nigéria, ainsi que par l'Institut Géographique National, en particulier par MM. LOIC, CAHIERRE ET Henri BATTEUX.

A Fort-Lamy, je reçus une aide cordiale de M. CHAMBIGE, commandant de l'aérodrome, de M. RECEVEUR, Directeur de l'Élevage, de M. HENRY, Directeur des Travaux Publics et de toutes les autorités administratives, financières, etc.....

M. FAVREAU m'accompagna sur la piste et fit preuve des qualités d'un "broussard" accompli.

M.M. MILET et POURCELOT m'apportèrent, pour les calculs, qui ne sont pas la moindre part des travaux gravimétriques, un concours très important.

8. Références bibliographiques.

- (1) J. LAGRULA - Contribution à l'exploration gravimétrique du Sahara.
Annuaire Météorologique et Géophysique. 1939 - (Sahara) - Institut de
Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie.
- (2) J. FLAUDRIM - Hydrogéologie du Tchad - Rapport de mission.
Archives du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique de l'Algérie -
1950.
- (3) R.P.P. LEJAY - Développements modernes de la gravimétrie
GAUTHIERS - VILLARS 1947.
- (4) J. LAGRULA - Etude gravimétrique de l'Algérie - Tunisie
Typo - Litho - Alger 1951.
- (5) M. LELUBRE - Recherches sur la géologie de l'AHAGGAR central et
occidental - Thèse - Alger 1952.
- (6) E. ROCH et M. NICKLES - Esquisse géologique de la cuvette tchadienne
et du bassin français de la Nénoué. 1952.

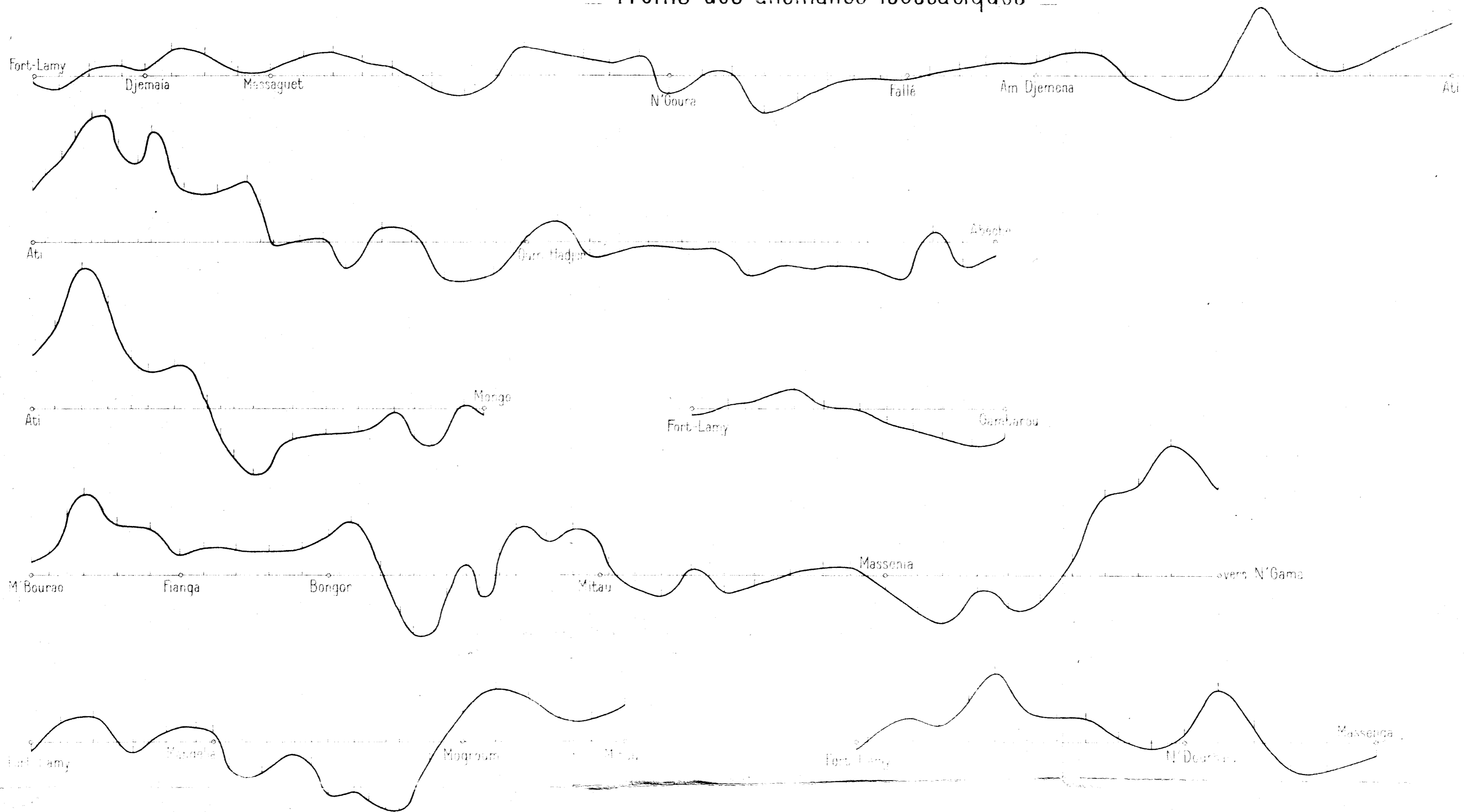
TABEAU RECAPITULATIF

I. Objet	Page : I
2. Programme et réalisation	2
3. Résultats	3
1. Fort-Lamy, Massaguet, Am Djemena, Ati -	
2. Ati, Oun Hadjer, Abécher.	
3. Ati, Mongo.	
4. Fort-Lamy, Mogrun, Mitau.	
5. Fort-Lamy, Massenya.	
6. M ^o Bourao, Fianga, Mitau, Banianéré, Massenya, vers M ^o Gana	
7. Fort-Lamy, Gambarou.	
4. Précision et signification des résultats	15
5. Essai d'interprétation	17
6. Conclusion	20
7. Remarques sur les sondages	22
6. Références bibliographiques	24

HORS-TEXTE :

Carte schématique des itinéraires
Profils des anomalies isostatiques
Note sur le calcul des profondeurs

Profils des anomalies isostatiques



Echelles
 des distances : $1/1.000.000^e$
 des anomalies : $1^m/m$ par millégal

NOTE SUR LE CALCUL DES PROFONDEURS

L'interprétation des anomalies isostatiques dans l'hypothèse de formations de densité $d = 2,0$ reposant directement sur un socle de densité $d' = 2,8$ est fondée sur le calcul de l'attraction newtonienne exercée par des accidents de forme géométrique simple et de densité $d' - d = 0,8$.

En supposant d'abord qu'il s'agit d'un accident isotrope, consistant en une demi-sphère de rayon R , limitée au sol par un grand cercle horizontal, de centre O , on trouve que l'anomalie, maximum en O , γ a pour valeur, en milligals :

$$a = 6,667 \times 10^{-5} \times R (d' - d)$$

$$\text{soit, si } d' - d = 0,8 \text{ et } R = 3 \text{ km} = 3 \times 10^5 \text{ cm,}$$

$$a = 50 \text{ milligals}$$

En supposant au contraire que l'accident possède une direction privilégiée, et consiste en un cylindre très long, d'axe horizontal, dont la section droite est un demi-cercle de rayon R limité au sol par un diamètre horizontal, on trouve, sur l'axe du cylindre, où elle est maximum, une anomalie :

$$a' = 6,667 \times 10^{-5} \times 4 R (d' - d)$$

$$\text{soit, si } d' - d = 0,8 \text{ et } R = 3 \text{ Km,}$$

$$a' = 64 \text{ milligals.}$$

La considération d'autres figures géométriques confirmerait ce fait général : Les valeurs les plus fortes des anomalies qui (compte tenu du signe) correspondent à nos minima, dépendent beaucoup moins de la forme des accidents que de la profondeur qu'ils atteignent. C'est pourquoi nous pouvons fixer l'ordre de grandeur des profondeurs dans l'hypothèse ci-dessus définie. Les profondeurs ainsi calculées sont plus faibles que celles qui correspondraient à toute autre hypothèse.

La compensation isostatique ne modifie pas l'ordre de grandeur obtenu par les calculs précédents.