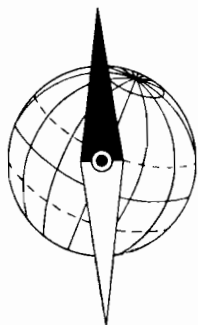


REPUBLIQUE FEDERALE DU CAMEROUN

ETUDE MAGNÉTIQUE
de LA Région du MONT - CAMEROUN

DECEMBRE 1966



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Travail sur le terrain :

P. MAILLARD

Etablissement du rapport :

F. COLLIGNON

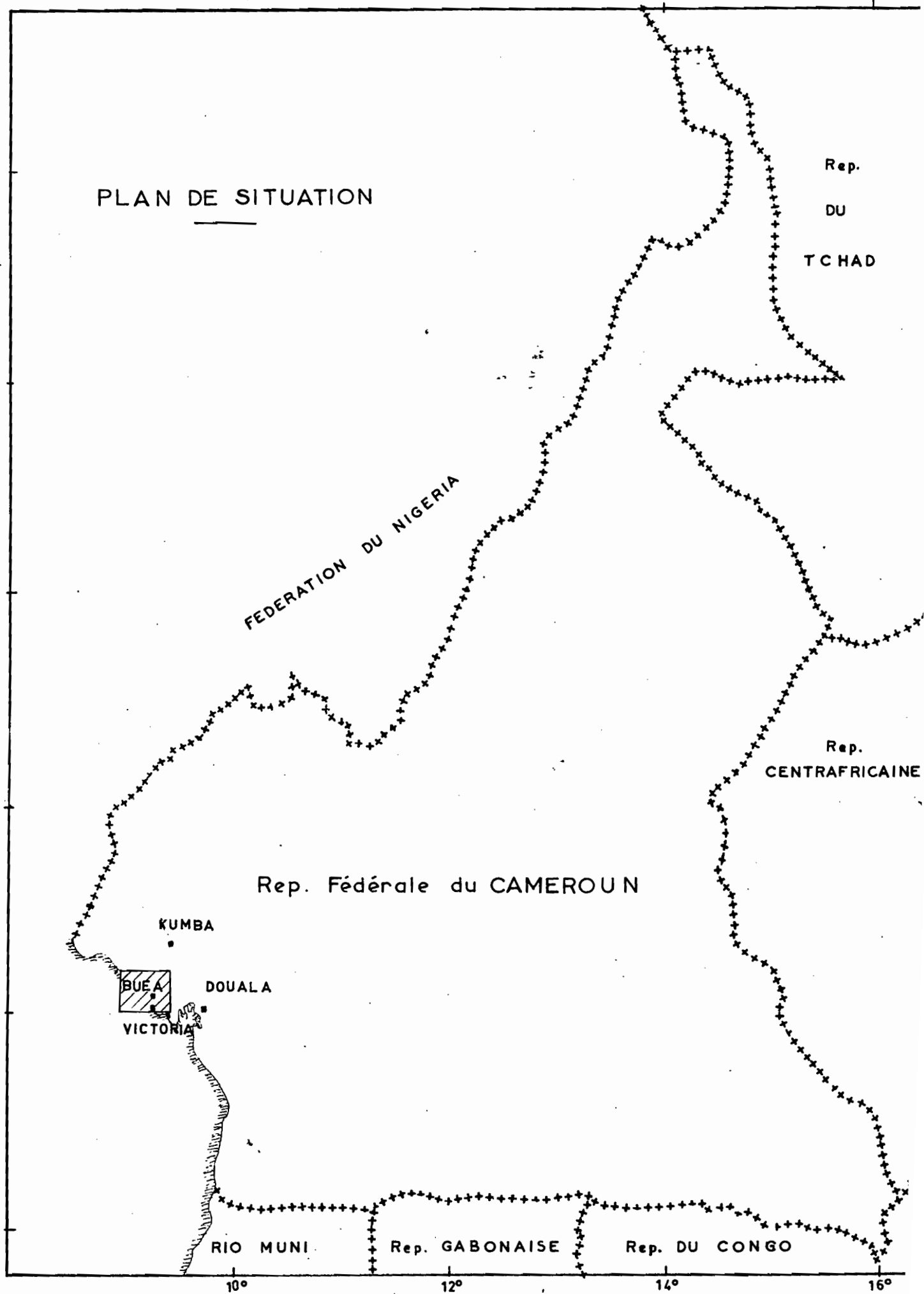


Le présent rapport fait suite à une étude effectuée à la demande du Gouvernement de la République Fédérale du Cameroun, qui s'était ému des nombreux accidents d'aviation survenus aux abords du Mont Cameroun.

Les Autorités Camerounaises ont manifesté le désir de savoir si ces accidents pouvaient provenir d'une éventuelle anomalie magnétique existant dans la région intéressée.

Une convention a été signée avec l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.), afin de réaliser l'étude magnétique de ce secteur.

PLAN DE SITUATION



Rep.
DU
TCHAD

FEDERATION DU NIGERIA

Rep.
CENTRAFRICAINE

Rep. Fédérale du CAMEROUN

KUMBA

BUEA

DOUALA

VICTORIA

RIO MUNI

Rep. GABONAISE

Rep. DU CONGO

10°

12°

14°

16°

ETUDE MAGNETIQUE DE LA REGION DU MONT CAMEROUN

I .- GENERALITES

II .- MESURES :

- déclinaison
- composante horizontale
- composante verticale
- réduction des mesures
- tableau de résultats

III .- INTERPRETATION DES RESULTATS :

- quelques données magnétiques
- évaluation d'une susceptibilité apparente globale
- 2 conséquences de cette évaluation.

IV .- CONCLUSION.

- BIBLIOGRAPHIE.

ETUDE MAGNETIQUE DE LA REGION DU MONT CAMEROUN

I.- GENERALITES.

Il nous a paru bon de rappeler en tête de cette étude quelques données physiques concernant les dimensions du Mont Cameroun et les principaux caractères de cet ensemble volcanique. Nous avons emprunté à l'ouvrage de Bernard GEZE (1) les chiffres qui suivent.

"La base du Mont Cameroun peut être assimilée grossièrement à une ellipse dont le grand axe SW-NE mesure 50 kms et le petit axe atteint environ 35 kms. A 1.000 mètres d'altitude la montagne mesure encore 30 kms sur 20 kms puis 23 sur 11 à 2.000 et 13 sur 5 environ à 3.000 mètres, tous chiffres qui indiquent bien le caractère massif de cet énorme édifice volcanique".

D'après ce même auteur, le socle du volcan est probablement constitué de terrains tertiaires. La base de l'accumulation volcanique se trouverait au-dessous du niveau de la mer et la masse du volcan résulterait d'un empilement de produits éruptifs sans intercalations sédimentaires, empilement dont la hauteur dépasserait par conséquent les 4.070 mètres, correspondant à l'altitude du sommet.

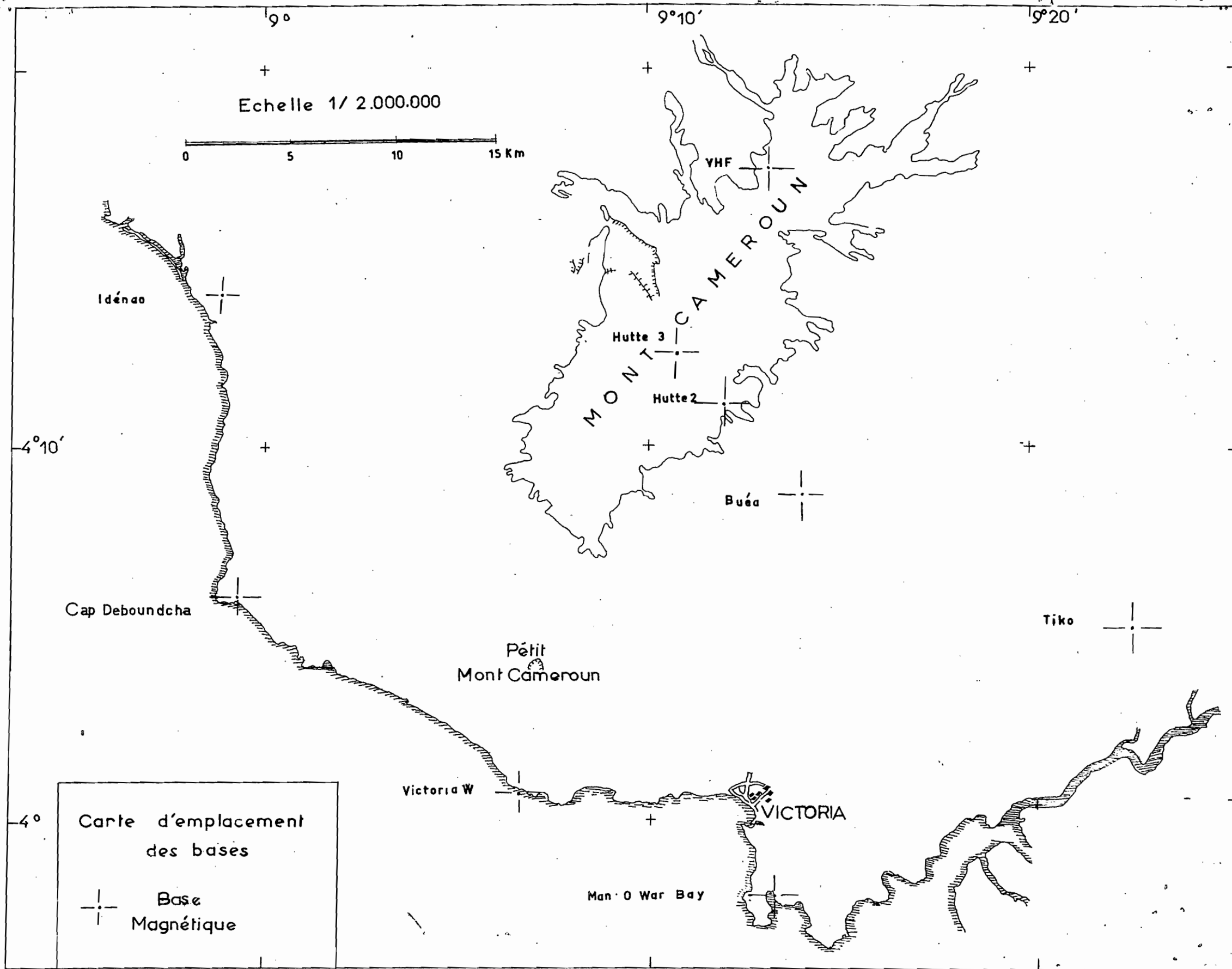
CAMPAGNE MAGNETIQUE DE MARS-AVRIL DE 1966

Monsieur LOUIS, Maître de Recherches à BANGUI a choisi l'emplacement des bases et M. MAILLARD, sous-ingénieur géophysicien a assuré l'exécution des mesures.

Vus les matériels utilisés, la mission était du type non portable et n'a pas effectué une reconnaissance systématique. Les difficultés inhérentes au terrain et à l'altitude ont pu être surmontées mais ont confirmé la nécessité déjà signalée aux Autorités Camerounaises lors de la réunion préparatoire de Novembre 1965, de renforcer la structure et l'organisation d'une telle mission dans l'éventualité d'une étude magnétique approfondie de cette région montagneuse.

En traçant les circonférences centrées au FAKO, nous pouvons répartir les bases à l'intérieur de cercles ou couronnes de la façon suivante :

- 1).- Dans un rayon d'une dizaine de kms se trouvent 4 bases dont 3 situées à une altitude > 2.500 mètres.
- 2).- Dans une couronne de rayons intérieur 20 kms et extérieur 30. 5 bases.



- 3).-La base de KUMBA située à une cinquantaine de kms au NE du FAKO, faisant partie du réseau général, peut être utilement rattachée à la région du Mont Cameroun pour pondérer la distribution assez méridionale des stations de prospection, répartition liée à la disposition des voies d'accès.

II.- M E S U R E S.

En chaque point de station ont été mesurées les trois éléments déclinaison, composante horizontale, composante verticale.

Une prospection sommaire effectuée à la balance magnétique autour du point de station donne une indication sur le caractère représentatif ou non de la mesure effectuée.

- a/.-Déclinaison : La déclinaison est mesurée par la méthode du barreau aimanté avec le théodolite Chasselon n° 65.604.

On détermine l'orientation en calculant l'azimuth du soleil par la distance zénithale, méthode qui ne demande pas une précision supérieure à la minute dans la connaissance de l'heure. Dans des conditions atmosphériques normales, l'azimuth est déterminé avec une erreur inférieure à 0,1'. Seule la mesure effectuée à la hutte 3 par un temps très couvert ne peut prétendre à cette précision.

La déclinaison est mesurée avec deux barreaux différents. On observe un écart compris entre 0,5' et 2'. On peut espérer que le théodolite permet de mesurer la déclinaison à la minute près.

- b/.-Composante horizontale: Elle est mesurée avec les Quartz horizontal magnometer n° 146 et 147 étalonnés à Rude Skow. Ces appareils donnent une précision de 2 à 3 gammas.
- c/.-Composante verticale : Elle est mesurée avec la balance magnétique n° 61 étalonnée à Rude Skow. Elle permet d'atteindre également une précision de 2 à 3 gammas. Mais ce chiffre ne doit pas faire illusion. La prospection effectuée systématiquement pour chaque station a révélé l'influence très grande des roches superficielles. Il n'a pas été possible de s'y soustraire, en raison même du caractère volcanique du Mont Cameroun. Nous avons porté sur une carte la valeur de Z et l'écart maximum observé entre deux mesures voisines du point de station. Une mesure de champ total effectuée à deux ou trois mètres au-dessus du sol serait évidemment plus représentative d'un phénomène profond.

d/.-Réduction des mesures : Toutes les mesures ont été réduites au 1er Juillet 1965 en utilisant les enregistrements de l'observatoire de BANGUI de l'année 1965, dont la latitude est très voisine de celle des stations ce qui constitue une heureuse coïncidence pour la validité de la réduction.

e/.-Tableau de résultats :

	Tiko	Victoria	Deboundcha	Denao	Man OW. Bay.	Buea	VNF	Hutte 2	Hutte 3	Kumba
D	6°39'0	5°06'5	6°13'5	7°06'	6°43'7	7°19'5	6°52'2	7°16'3	8°16'9	6°45'1
H	1255	32042	31900	31276	30945	31022	21906	30295	30461	32068
Z	8550	-7698	-8704	-8478	-8524	-8344	-8930	-7682	-7897	-7509
	20	200	1000	300	170	400	1100	2000	?	800

représente la dispersion maximum observée autour de la station.

III.-INTERPRETATION DES RESULTATS.

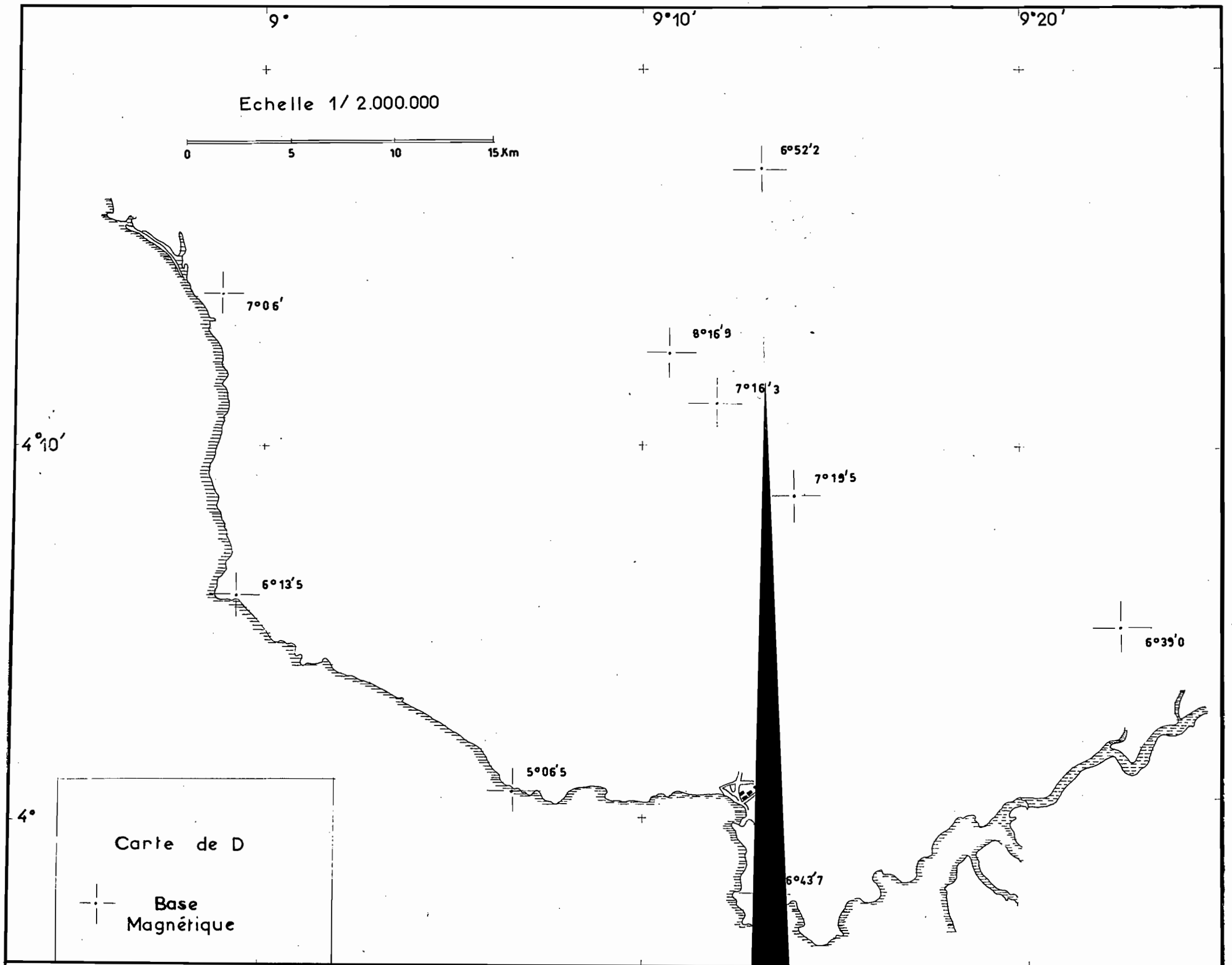
Nous examinerons particulièrement les différentes valeurs prises par la déclinaison, grandeur qui intéresse la navigation aérienne.

Les valeurs de la déclinaison présentent une dispersion qui dépasse 2°. Cette dispersion est centrée sur la valeur de 6° 50' qui ne paraît pas éloignée de la valeur régionale de D.

La carte de la déclinaison ne semble pas découler d'une façon physique simple de la position des stations par rapport au sommet ou par rapport à l'axe SW. NE de l'ellipse précédemment définie.

De la valeur de cette dispersion, nous pouvons déduire

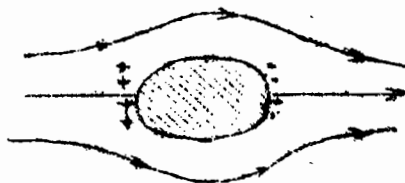
- 1).- que le volcanisme a modifié d'une façon sensible les lignes de force du champ magnétique.
- 2).- qu'une anomalie magnétique de grande importance (plusieurs dizaines de degrés) et donc seule dangereuse pour la navigation aérienne ne pourrait être qu'extrêmement localisée.
- 3).- qu'un tracé de lignes de force à partir des valeurs mesurées de la déclinaison ferait ressortir un "pincement" comme si le Mont Cameroun "canalisait" en quelque sorte une partie de ces lignes.



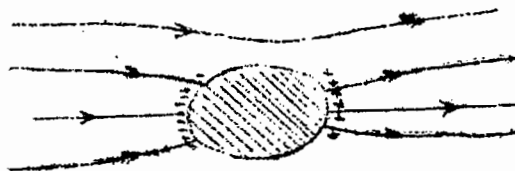
Quelques données magnétiques:

Les corps simples, métaux ou métalloïdes, les composés chimiques, les minéraux se répartissent en diamagnétiques
paramagnétiques
ferromagnétiques.

Placé dans un champ uniforme un corps diamagnétique présente une aimantation négative : il y a apparition de charges + et -, et écartement des lignes de force.



Un corps paramagnétique présente une aimantation positive et les phénomènes sont opposés.



Dans les deux cas, nous avons la relation de proportionnalité

$$\frac{H}{H} = K$$

En fait l'apparition de ces charges fictives a pour effet de créer un champ qui s'oppose au champ induit (champ démagnétisant) mais pour des susceptibilités K allant de 0 à 10.000 10⁶ uem CGS c'est à dire pratiquement pour toutes les roches et la plupart des minéraux (exception faite de l'illménite, de la pyrrhotine et de la magnétite), on peut négliger cette influence et considérer que l'aimantation est proportionnelle au champ inducteur.

Un corps ferromagnétique placé dans un champ uniforme présente une aimantation qui n'est pas déterminée exclusivement par le champ actuel (hystérésis). La valeur actuelle de l'aimantation dépend de toute l'évolution antérieure de champ, de l'histoire magnétique, mécanique et thermique de l'échantillon considéré.

Aux phénomènes d'hystérésis viennent se superposer ceux de trainage magnétique ! l'aimantation actuelle dépend de la vitesse plus ou moins rapide à laquelle s'est effectuée cette succession de phénomènes.

Il n'y a donc plus proportionnalité entre \vec{J} et \vec{H}

L'étude de la thermorémanence des laves a particulièrement retenu l'attention des spécialistes. En effet les laves, basaltes, intrusions basiques et toutes les roches volcaniques ont traversé l'écorce à une température très supérieure à leur point de curie (lavage magnétique). En se refroidissant, elles ont acquis brusquement en repassant au point de curie, une aimantation fossile caractéristique du champ terrestre qui régnait à l'époque.

De nombreuses mesures de susceptibilité ont été effectuées et il est très généralement admis que la susceptibilité dépend essentiellement de la teneur en magnétite de la roche.

SLICHTER indique que la valeur de la susceptibilité de la magnétite est comprise entre 0,3 et 0,8, celle des autres oxydes de fer étant comprise entre 1/10 et 1/100 de ces valeurs. On peut obtenir une bonne approximation de la susceptibilité d'une roche en multipliant la valeur de 0,3 par sa teneur en magnétite de la roche considérée.

MOONEY et BLEIFUSS à partir d'une étude sur les roches du Minnesota donnent les résultats suivants pour un pourcentage volcanique de magnétite compris entre 0,2 % et 3,5 %.

	K x 10 ⁶
Basalte	3,720
Diabase	3,100
Granite	2,37
Gabbro	1,710
Toutes roches	3,220

D'après SLICHTER les valeurs moyennes des susceptibilités pour les cinq familles de roches suivantes, se distribuent ainsi :

Roches basiques effusives	0,001	0,004
Roches basiques plutoniques	0,0001	0,004
Granites	0,0001	0,001
Gneiss schistes	0,0001	0,001
Roches sédimentaires	0,0001	0,001

Dans ses études sur les coulées d'Auvergne, THELLIER a mesuré pour un certain nombre d'échantillons les valeurs de σ aimantation permanente et K susceptibilité.

Il a calculé également le rapport $\frac{\sigma}{KH}$ H champ actuel ce qui est le quotient de l'aimantation permanente de la roche par son aimantation induite actuelle.

Il observe une dispersion instable de σ , K et $\frac{\sigma}{KH}$ mais le rapport $\frac{\sigma}{KH}$ garde une valeur nettement supérieure à l'unité, "ce qui traduit le fait connu que l'aimantation permanente des roches volcaniques est souvent supérieure à l'aimantation induite par le champ actuel".

Si nous regardons l'aimantation permanente des roches volcaniques à une échelle suffisamment grande, nous pouvons prendre comme hypothèse de travail que nous avons affaire à une masse magnétique pour laquelle l'aimantation induite proprement dite et l'aimantation rémanente se cumulent ce qui permet de parler d'une susceptibilité globale.

En effet l'aimantation rémanente est plus ou moins "rigide" mais l'on observe que, dans la majorité des cas - roches sédimentaires éruptives, ou métamorphiques, cette aimantation rémanente est parallèle au champ actuel. Tout se passe alors comme si, par suite du trainage, la roche magnétique en place se trouvait dans un état d'équilibre limité qui ne conserve plus mémoire des aimantations antérieures. Tout se passe comme s'il y avait une susceptibilité apparente K_a et l'on peut écrire $\frac{J}{H} = K_a$ (CAGNIARD).

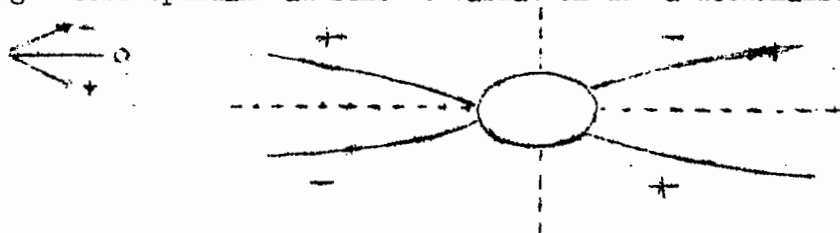
Nous avons affaire à un "faux paramagnétique" de susceptibilité bien plus élevée qu'un vrai.

Il résulte de l'ensemble de ces données que la masse volcanique du Mont Cameroun peut être étudiée, du point de vue de ses effets magnétiques, comme un corps paramagnétique, doué d'une susceptibilité apparente ayant comme ordre de grandeur 0,002 uem CGS.

Nous avons examiné deux conséquences de cette hypothèse sur les valeurs de la déclinaison.

I/.-Distribution des valeurs de la déclinaison.

Un corps paramagnétique placé dans un champ uniforme a pour effet de partager l'espace en 4 régions que l'on peut affecter d'un signe correspondant au sens de variation de la déclinaison.



L'examen des mesures de D autour du Mont Cameroun montre que les valeurs supérieures ou inférieures à la valeur moyenne $6^{\circ} 50'$ se répartissent bien selon 4 régions de l'espace, traduisant une convergence des lignes de force vers la masse magnétique.

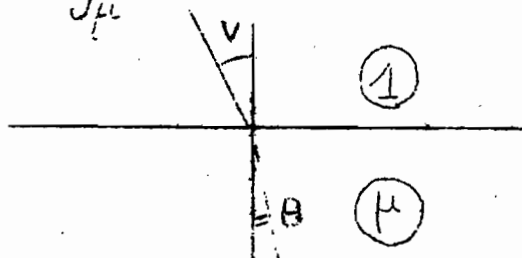
Une seule valeur est anarchique : celle effectuée au voisinage du petit Mont Cameroun. Nous pensons qu'il y a en effet parasite venant contrarier le phénomène global.

2/.- Réfraction des lignes de force au passage d'une interface.

La réfraction d'une ligne de force qui traverse la surface séparant deux milieux de perméabilité différente obéit à la loi suivante:

$$\frac{tg V_1}{\mu_1} = \frac{tg V_2}{\mu_2} \quad \mu = 1 + 4\pi k$$

ici nous écrivons $tg V = \frac{tg \theta}{\mu}$ en prenant la perméabilité de l'air égale à l'unité.



Nous nous proposons de chercher une évaluation de $V - \theta$

$$tg(V-\theta) = \frac{tg \theta - \frac{tg \theta}{\mu}}{1 + \frac{tg \theta}{\mu} tg \theta} = \frac{(\mu-1) tg \theta}{\mu + tg^2 \theta} \quad \text{d'où } tg(V-\theta)_{MAX} = \frac{\mu-1}{2\sqrt{\mu}} \quad \text{avec } tg \theta = \sqrt{\mu}$$

prenons $k = 2 \cdot 10^{-3}$, nous obtenons $tg(V-\theta)_{MAX} = \frac{4\pi k}{2\sqrt{1+4\pi k}} = 0,012$

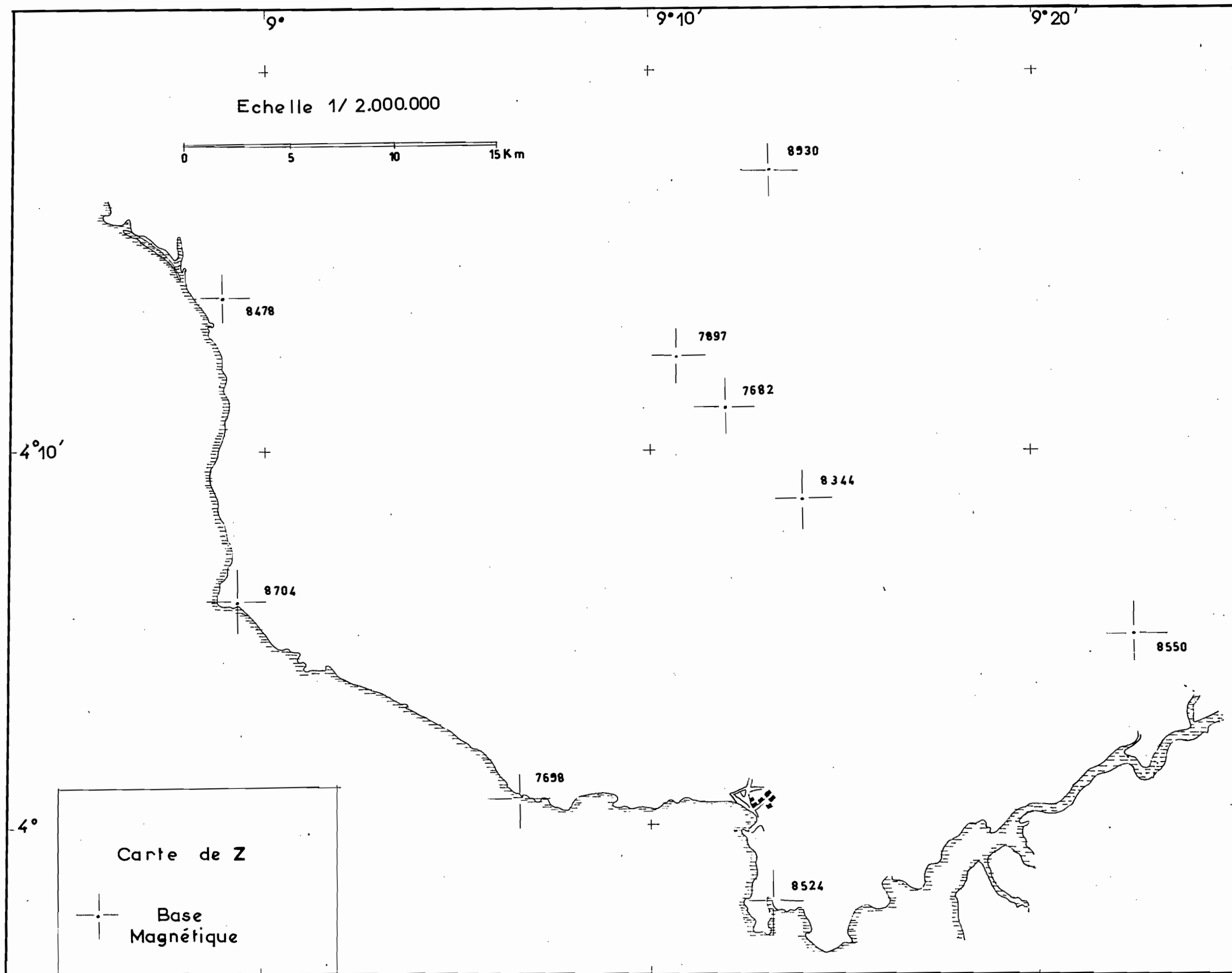
$$V - \theta = 40'$$

La déviation subie par la ligne de force au passage d'une interface, pour un milieu de susceptibilité $k = 2 \cdot 10^{-3}$ uem CGS est inférieure à un degré.

Si nous supposons une aimantation dans la masse parallèle au champ non perturbé, la réfraction donne un ordre de grandeur des écarts que l'on peut observer au voisinage. Une dispersion de 1° de part et d'autre de la valeur moyenne semble bien correspondre à cet ordre de grandeur.

Nous avons jusqu'à présent envisagé les anomalies possibles de la déclinaison. Cela correspondait à l'orientation de la présente étude. Il peut être intéressant d'étudier les anomalies de la composante verticale comme il est souvent fait en prospection de détail.

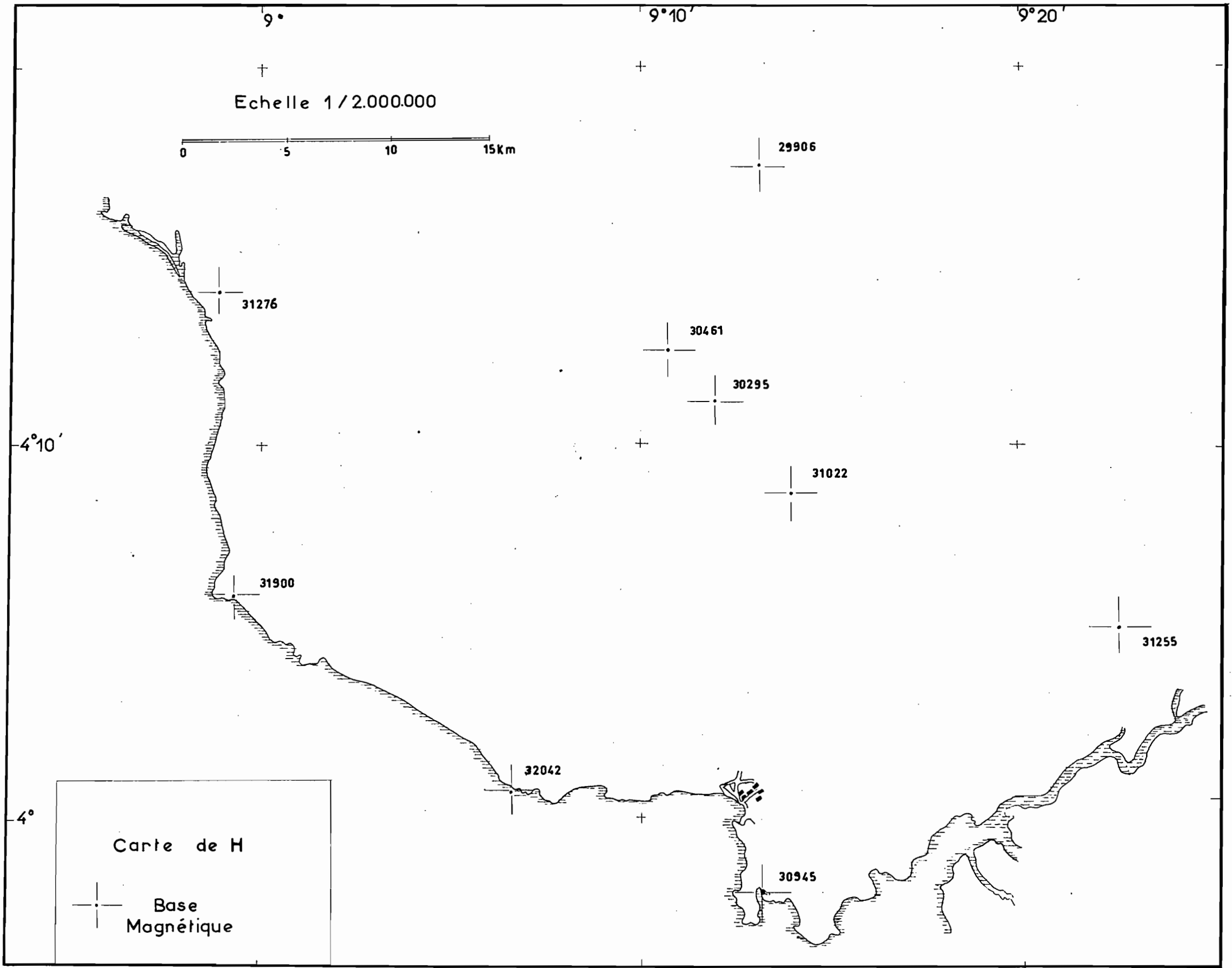
Dans le tableau de résultats nous avons porté la dispersion maximum autour de la station. L'importance des chiffres obtenus montre qu'il n'est pas possible d'utiliser les valeurs de Z pour déceler une anomalie. La dispersion des mesures autour d'une station est du même ordre de grandeur que la dispersion de l'ensemble des mesures effectuées.



Il est à noter que les points de dispersion maximum correspondent aux coulées récentes. En particulier les mesures du Cap Deboundcha, de la station VHF, de la hutte 2 (et certainement de la hutte 3 également) faites sur des coulées récentes (basaltes à plagioclases) accusent une dispersion supérieure à 1.000 gammas et révèlent l'influence des roches superficielles. En revanche la mesure effectuée à TIKO en terrain quaternaire n'est pas influencée par le sol proprement dit.

Les variations de la composante horizontale ne semblent pas traduire non plus une anomalie régionale importante mais relever pour une part non négligeable des variations des roches affleurantes.

L'établissement d'une carte détaillée de Z, ou mieux une prospection en champ total à quelques mètres du sol pour éliminer les effets superficiels, et des mesures de susceptibilité sur échantillons constitueraient des moyens d'investigation nouveaux, qui permettraient d'élargir le cadre de la présente étude.



CONCLUSION

La présente étude se proposait de voir, à partir d'une campagne de reconnaissance, si la région du Mont Cameroun présentait une anomalie magnétique susceptible de gêner les utilisateurs d'un cap magnétique.

L'ensemble des mesures effectuées permet de répondre à cette question de sécurité aérienne. Il n'existe pas d'accident magnétique régional susceptible de perturber le fonctionnement des compas magnétiques de façon importante.

Il existe un déplacement de l'ordre du degré, des lignes de force du champ magnétique en convergence vers la masse montagneuse, mais ce faible déplacement ne peut être pris en considération pour tenter d'expliquer les nombreux accidents d'aviation survenus sur le Mont Cameroun.

B I B L I O G R A P H I E

- CAGNIARD -Cours de Géophysique Appliquée
- THELLIER -Recherches géomagnétiques sur des coulées
 volcaniques d'Auvergne - Ann. Géophys. I-1944
- MOONEY -Geophysics 17 (1952)
- SLICHTER -D'après Handbuch der Physik
- LE DONCHE & GODIVIER -Réseau général de bases magnétiques.
 -République Centrafricaine - Tchad Méridional