

S O M M A I R E

Introduction générale

Première partie: Les données volcano-structurales et morphodynamiques
du champ volcanique occidental du Karisimbi

Chapitre I: Le contexte volcano-structural	12
1.1. La géologie régionale ;.....	12
1.1.1. Le socle précambrien	15
1.1.2. Les formations volcaniques	18
1.1.3. Les alluvions	18
1.2. Le rôle de la tectonique dans la mise en place du volcanisme	19
1.2.1. Le système des "rifts valleys"	19
1.2.2. Le rift ouest africain et son expression dans le champ volcanique du Karisimbi	19
a) Théorie de sa formation	19
b) Conséquences sur le volcanisme	21
1.3. Nature lithologique du substratum du champ de lave	23
1.3.1. Les méthodes d'approche de la lithologie "sous-volcanique"	23
1.3.2. Les principales unités lithologiques	25
1.4. Quelques considérations sur l'activité volcanique du Karisimbi	26
1.4.1. Problématique des domaines	26
1.4.2. Les types d'appareils volcaniques.....	27
1.4.3. La systématique de l'activité volcanique..	29
a) Le modèle de Lacroix.....	29
b) L'intensité et les rythmes des éruptions: conséquences morphologiques	32
1.5. Les considérations chronologiques.....	33
1.5.1. Les données de la chronologie absolue	33
1.5.2. Discussion critique des datations	35
1.6. Pétrographie des roches volcaniques	37
1.6.1. Classification pétrographique et minéra- logique	38
1.6.2. Classification selon l'état physique	38
1.6.3. Les types de roches du champ volcanique occidental du Karisimbi.....	41
1.6.4. La composition chimique des roches et leur altération	44
Chapitre II: Les aspects hydroclimatologiques et morphodynamiques du champ volcanique occidental du Karisimbi	49
2.1. Les aspects climatiques	49
2.1.1. Les caractéristiques générales du climat ...	49
a) Généralités	49
b) Les rythmes saisonniers	49

Information regarding the status of the project is being provided to the relevant departments for their review and approval.

The project is currently in the planning phase, and the necessary resources are being allocated to ensure its successful completion.

It is expected that the project will be completed by the end of the fiscal year, and the results will be presented to the board of directors.

The project team is working closely with the stakeholders to ensure that all requirements are met and that the project is delivered on time and within budget.

The project is being managed using a structured approach, and regular communication is being maintained with all parties involved.

The project is being monitored closely, and any issues are being addressed promptly to ensure that the project remains on track.

The project is being managed in accordance with the project management plan, and the progress is being reported to the project sponsor on a regular basis.

2.1.2.	Les facteurs du climat	52
	a) Les précipitations	52
	b) Les températures	54
	c) Les facteurs explicatifs du climat	56
2.1.3.	L'agressivité du climat	59
	a) Les variations des températures et ses effets	60
	b) Intensité et fréquence des averses	60
	c) La pluviométrie et les précipitations occultes	60
2.2.	Le problème des héritages morphoclimatiques.....	61
2.2.1.	Les indices morphopaléoclimatiques dans la région des Birunga.....	62
	a) Les galets d'épandages	62
	b) Les paléocéoulements des tunnels sous-laviques	63
	c) Les incisions "barrancos" sur les édifices volcaniques majeurs	63
2.2.2.	La chronologie des variations paléoclimatiques	64
2.3.	<i>Le réseau</i> hydrographique.....	67
2.3.1.	Le drainage superficiel faible	70
	a) Une densité de drainage très faible	70
	b) Les facteurs explicatifs	70
2.3.2.	L'écoulement temporaire des torrents	74
	a) Hydromorphologie du torrent Ngando	74
	b) La charge du torrent	76
2.3.3.	Les écoulements perennes	79
	a) Types de sources	79
	b) Types d'alluvions mixtes.....	81
2.3.4.	La zone d'engorgement temporaire de Irega.....	83
2.4.	Le milieu <i>biogéographique</i> et les processus anthropiques	85
2.4.1.	Les principales formations végétales	85
	a) Les cultures.....	85
	b) L'étagement des formations forestières.....	87
	c) Le rôle morphologique de la végétation	88
2.4.2.	L'action anthropique	91
	a) Cultures sur fortes pentes	91
	b) Techniques culturelles	92
2.5.	Les processus actuels d'altération et de pédogenèse	93
2.4.1.	Les facteurs de l'altération	93
	a) La macroporosité	93
	b) La microporosité des roches volcaniques ...	98
	c) Altération et comportements morphologiques	102
2.4.2.	Les conditions de la pédogenèse.....	102
	a) Un horizon humifère: facteur de la pédogenèse	102
	b) Les andosols et leur particulatité.....	104
	c) Autres types de sol	105
	d) Les propriétés des sols volcaniques	106

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several paragraphs and appears to be a formal document or report.

Deuxième partie: Etude du modelé. Un relief de formes originelles et son impact sur le plan physique économique.

Chapitre I :	Les formes du soubassement volcanique ou formes du champ de lave originel.	110
1.1.	Les formes d'épanchement	110
1.1.1.	Les types d'épanchements	110
1.1.1.	Le modelé de détail	112
1.2.	Les formes secondaires associées	114
1.2.1.	Les tumuli de lave	114
1.2.2.	Les vallons à fond plat	115
1.2.3.	Le cratère-citerne Muntango	116
1.2.4.	Les tunnels sous-laviques.....	118
	a) Localisation	118
	b) Mode de formation	121
	c) La morphologie	124
	d) Le cadre hydrogéologique	124
1.3.	Le modelé de la dynamique fluviale	125
1.3.1.	Le modelé d'entaille	125
	a) Les "barrancos" du cône sommital	127
	b) Les marmites de géant	129
1.3.2.	Les marais de Pfunda et de Sebeya	131
	a) Localisation	131
	b) Les sols et leur répartition	135
	c) Mode de formation et évolution des marais	137
1.3.3.	Lacs du champ de lave.....	142
	a) Le lac Ngando	142
	b) Le lac du cratère Muntango	143
Chapitre II:	Les cônes clastiques ou formes de construction	146
2.1.	Le cadre géographique et structural	147
2.1.1.	Les principales concentrations des cônes clastiques	147
2.1.2.	Le cadre structural	151
2.2.	Les produits de l'activité volcanique de projection	153
2.2.1.	Les types de projections	153
	a) Classification granulométrique	153
	b) Classification génétique	154
	c) Les bombes volcaniques: forme et structure	156
2.2.2.	La couleur des produits pyroclastiques	161
2.2.3.	Les coulées des cônes clastiques	165
2.3.	Structure et forme des cônes clastiques.....	167
2.3.1.	Les faciès dans un cône clastique	168
	a) Le faciès de coeur de cône	168
	b) Le faciès de bas de cône	170
	c) Le faciès de saupoudrage	170
2.3.2.	Les cratères des cônes clastiques	171
	a) Les éléments de classification	171
	b) Typologie morphologique des cratères	173

Public order and the maintenance of the law are the primary objects of the police.

The police are the servants of the law and not the law itself.

The police are the servants of the community and not the community itself.

The police are the servants of the people and not the people itself.

The police are the servants of the state and not the state itself.

The police are the servants of the nation and not the nation itself.

The police are the servants of the world and not the world itself.

The police are the servants of the universe and not the universe itself.

The police are the servants of the gods and not the gods themselves.

The police are the servants of the angels and not the angels themselves.

The police are the servants of the saints and not the saints themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

The police are the servants of the sages and not the sages themselves.

2.4.	Evolution des versants des cônes clastiques	176
2.4.1.	Les facteurs de l'évolution	176
	a) Le couvert végétal	177
	b) L'eau	178
	c) La lithologie	178
	d) La pente	179
2.4.2.	Les formes d'érosion sur les cônes clastiques	179
	a) La pente: Un indice morphologique	180
	b) Le colluvionnement sur les versants	181
	c) Le glacis périphérique de Rwamashumi.....	181
	d) Les formes de barrancos sur les cônes clastiques	183
	e) Les ravins en "V" sur les recouvrements pyroclastiques	186
2.4.3.	Classification morphologique des cônes clastiques	188
Chapitre III: Les possibilités d'exploitation du milieu volcanique ...		
3.1.	Dispositions préliminaires	195
3.2.	L'importance de l'aménagement d'un bassin-versant à la base de l'édifice principal.....	197
3.2.1.	Présentation des faits	197
	a) L'eau, un problème crucial et quotidien	197
	b) Les caractéristiques morphodynamiques du torrent Ngando	199
	c) Les éléments de la morphodynamique.....	200
3.2.2.	Recherche des solutions d'aménagement.....	203
	a) L'importance d'une cartographie hydromor- phologique de base	203
	b) Nécessité d'une étude sédimentologique et mesures de la charge solide	205
3.2.3.	Discussion des solutions possibles d'aména- gement	207
	a) La phytostabilisation	207
	b) Les ouvrages du chenal d'écoulement	209
	c) Les ouvrages de stockage d'eau et d'épu- ration d'eau	211
	d) Formation et sensibilisation des utiliza- teurs	213
3.3.	Autres potentialités du milieu volcanique.....	216
3.3.1.	Les produits pyroclastiques et leurs utilisations... ..	216
	a) Les propriétés des matériaux.....	216
	b) Economie des produits	217
3.3.2.	Les tunnels sous-laviques: gage touristique et économique.....	220
	a) Le choix des sites d'aménagement.....	221
	b) L'équipement des tunnels	222
	c) Les aménagements hydrauliques et de stockage	223
Conclusion Générale :		227
Tables des Figures :		232
Liste des Tableaux		233
Bibliographie		234

1. The first part of the report is devoted to a general description of the project and its objectives. It is followed by a detailed account of the methods used in the study, including the selection of subjects and the procedures followed. The results of the study are then presented in a series of tables and graphs, and are discussed in the context of the objectives of the study. Finally, the report concludes with a summary of the findings and some suggestions for further research.

2. The second part of the report is devoted to a detailed description of the results of the study. It begins with a summary of the main findings, followed by a more detailed discussion of each of the results. The discussion is supported by a series of tables and graphs, which are used to illustrate the data and to highlight the key points of the study. The results are then compared with those of other studies in the field, and the implications of the findings are discussed.

3. The third part of the report is devoted to a discussion of the implications of the findings. It begins with a summary of the main findings, followed by a more detailed discussion of each of the results. The discussion is supported by a series of tables and graphs, which are used to illustrate the data and to highlight the key points of the study. The results are then compared with those of other studies in the field, and the implications of the findings are discussed.

4. The fourth part of the report is devoted to a summary of the findings and some suggestions for further research. It begins with a summary of the main findings, followed by a more detailed discussion of each of the results. The discussion is supported by a series of tables and graphs, which are used to illustrate the data and to highlight the key points of the study. The results are then compared with those of other studies in the field, and the implications of the findings are discussed.

INTRODUCTION GENERALE

1. L'espace régional et ses limites spatiales

Le terrain de cette étude est situé au Nord-Ouest du Rwanda. Il s'étend du lac Kivu (région de Gisenyi) au sommet du Karisimbi suivant ~~un axe~~ SW-NE et depuis la frontière zaïroise jusqu'au plateau de Mutura en traversant d'Ouest en Est la plaine de lave du Bugoyi. Cette zone englobe une superficie d'environ 340 km² et correspond au champ volcanique occidental du Karisimbi. Mais ce dernier pose déjà un problème de délimitation (Fig. 1, p. 2).

Alors qu'au Sud, l'escarpement du socle précambrien constitue une limite naturelle des coulées de lave et qu'au sud-Ouest et à l'Ouest, le lac et la frontière zaïroise isolent le champ volcanique, à l'Est, la délimitation ne peut être qu'arbitraire. En effet, aucune forme topographique (talweg ou interfluve) ne permet d'individualiser le champ occidental par rapport au champ oriental. Le plateau de Mutura est à la charnière entre les deux zones. Devant cette difficulté de délimitation, nous avons pris une limite géologique. Une coulée de Hawaïte provenant probablement du cratère Muntango s'est écoulee jusqu'à la limite du champ de lave. Sa bordure a été prise comme la limite orientale de la zone d'étude.

Cette délimitation, quoique arbitraire, ne semble pas nuire à l'unité du secteur et l'originalité des phénomènes éruptifs du champ volcanique occidental du Karisimbi. En effet, elle englobe la majorité des types de roches émises par le Karisimbi et presque la totalité des centres émissifs secondaires qui ont donné lieu aux petits volcans de projection dispersés dans le champ de lave.

Le champ volcanique occidental du Karisimbi présente une originalité morphologique qu'on doit souligner. Deux grandes unités se distinguent: l'édifice principal et la plaine de lave. Mais ce sont les sous-unités morphologiques qui lui confèrent ses particularités.

CARTE DE SITUATION

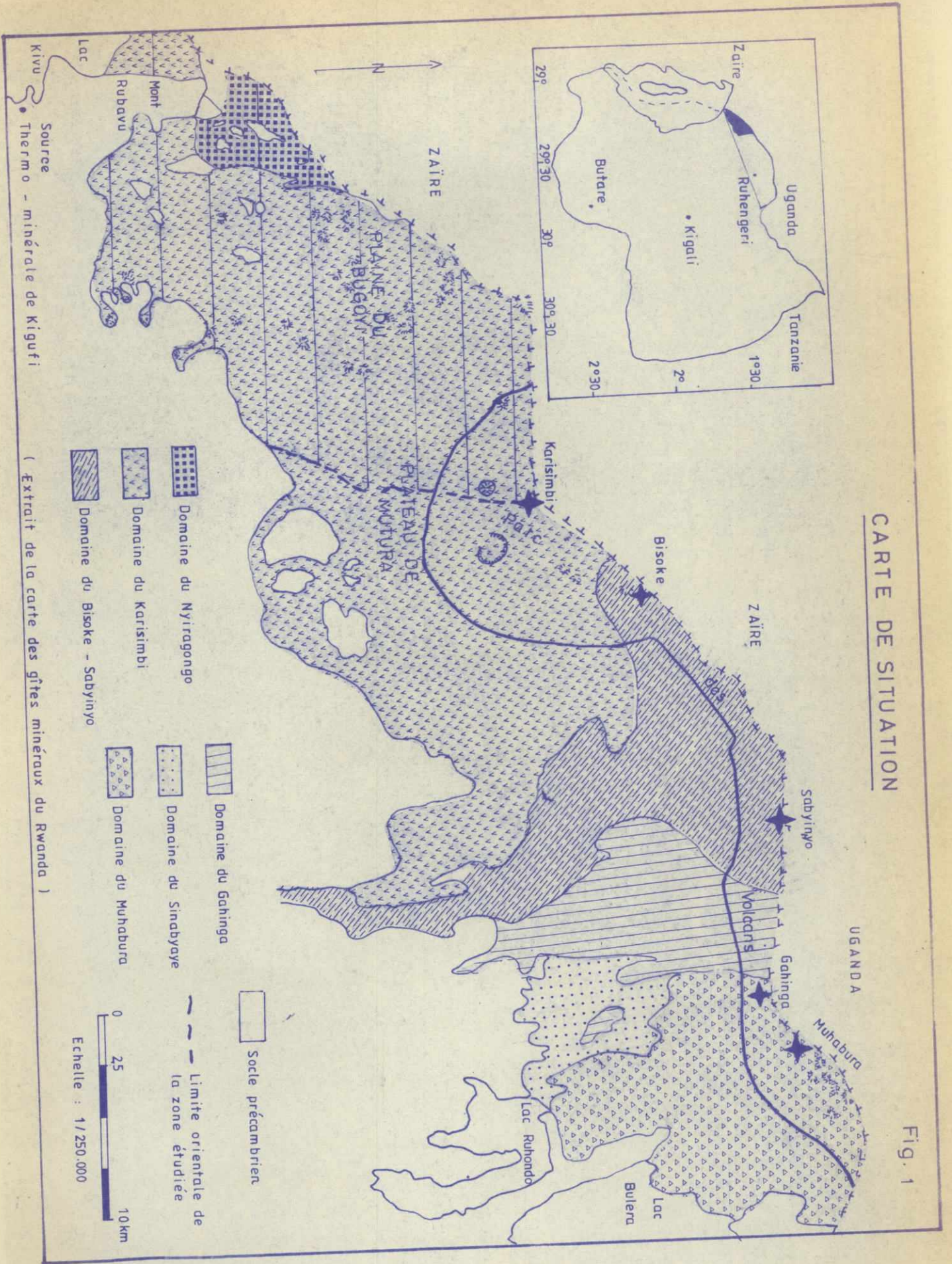










Fig. 1

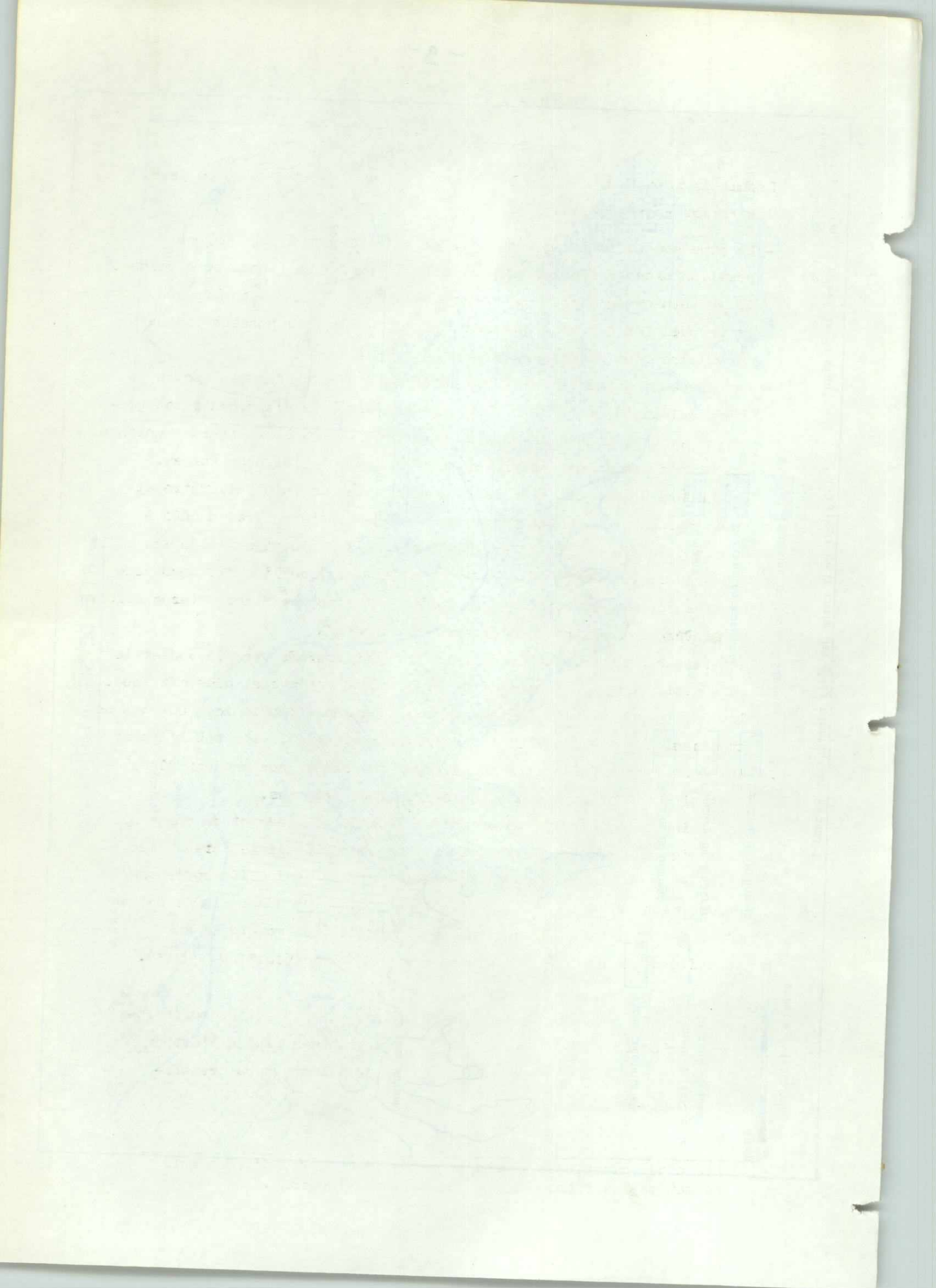
(Extrait de la carte des gîtes minéraux du Rwanda)

-  Domaine du Nyiragongo
-  Domaine du Karisimbi
-  Domaine du Bisoke - Sabyinyo

-  Domaine du Gahinga
-  Domaine du Sinabuye
-  Domaine du Muhabura

-  Socle précambrien
-  Limite orientale de la zone étudiée

Echelle : 1/250.000



Depuis le sommet du Karisimbi jusqu'à la limite de la plaine de lave, les formes remarquables sont:

- Le cône sommital: Il culmine à 4.507 m d'altitude et occupe une position excentrique par rapport à l'édifice. Les flancs sont raides. Il se termine au sommet par une dépression de 30 m de diamètre environ et de quelques 3 m de profondeur. Le cône sommital possède une base circulaire d'un diamètre d'environ 3.500 m.
- Le plateau intermédiaire: Situé en dessous du cône sommital entre 3.650 m (Ouest) et 3.700 m (Est), il est dépourvu d'accidents topographiques. On y trouve la Caldera Branca et le cratère-citerne Muntango. Les photos aériennes individualisent clairement les deux formes. La Caldera Branca est circulaire avec un diamètre d'un kilomètre et demi (mesures sur photos aériennes). Elle abrite un vrai marais à sphaignes et de petits lacs. A l'Ouest de la Caldera se situe le cratère-citerne Muntango. De forme elliptique, où l'on distingue une paroi abrupte subverticale, un fond circulaire, le flanc interne nord du ~~cratère~~ est raviné de plusieurs "barrancos".
- Les flancs de l'édifice principal: Ils sont tournés vers le Sud et le Sud-Ouest. Le profil externe est légèrement concave et dissymétrique. Ils sont formés par les coulées de lave épanchées depuis les deux grands cratères, le cône sommital et les "cônes adventifs". Ils ont l'aspect bombé et les irrégularités de surface font penser aux anciens cônes adventifs submergés par les coulées de lave récentes.
- La plaine de lave: Elle correspond à la zone de piedmont du champ volcanique occidental du Karisimbi. Fortement inclinée vers le lac Kivu, elle est heurtée dans son allure par des dénivellés correspondant probablement aux gradins de failles du socle. Un nombre important de cônes de projection (cônes clastiques) brisent sa monotonie en constituant les points les plus hauts du relief (Fig.2, p. 4) (1).

Notre étude sera centrée sur ces unités morphologiques, exception faite de la Caldera Branca, située plus à l'Est de la ligne de délimitation qui passe aux bords orientaux du cratère-citerne Muntango.

(1) Les cônes clastiques seront affectés d'un numéro d'ordre qui permet de les retrouver sur la carte de repérage.

Après le passage de Karsinski jusqu'à la limite de la zone de l'axe,
les formes caractéristiques sont:

- la zone adhésive: il s'agit d'une zone d'adhésion de largeur variable
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm. La zone adhésive est une zone
caractéristique de la zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm.

- la zone d'adhésion: elle est constituée de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

- la zone d'adhésion: elle est constituée de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

- la zone d'adhésion: elle est constituée de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

- la zone d'adhésion: elle est constituée de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

- la zone d'adhésion: elle est constituée de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

(1) Les zones adhésives sont constituées de deux zones adhésives
à l'axe (avant et arrière) et d'une zone adhésive d'adhésion de 0,5 à 1,0 mm
qui se trouve en avant par une dépression de 0,5 à 1,0 mm de largeur
et de profondeur 2 à 3 mm.

