

Institut Royal Colonial Belge

SECTION DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires. — Collection in-4°
Tome V. — Fascicule 2 et dernier.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING DER NATUUR- EN GENEESKUNDIGE
WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling in-4°
Boek V. — Aflevering 2 en laatste.

LA GENÈSE CLIMATIQUE

DES

SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE

LES FORMATIONS VÉGÉTALES

QUI EN CARACTÉRISENT LES STADES DE DÉGRADATION

PAR

H. SCAËTTA,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES,
PROFESSEUR AGRÉGÉ A L'UNIVERSITÉ DE PARIS,
CHEF DE LA MISSION ÉCOLOGIQUE DU KIVU.

AVEC LA COLLABORATION DE

A. SCHOEP,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE MINÉRALOGIE
A L'UNIVERSITÉ DE GAND
ET A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT
A GAND.

R. MEURICE,

PROFESSEUR DE CHIMIE ANALYTIQUE
A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT
A GEMBOUX.

PRÉFACE DE E. MARCHAL,

PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBOUX,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, DES LETTRES
ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE,
MEMBRE TITULAIRE DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.

(Mission du Ministère des Colonies de Belgique.)

BRUXELLES

Librairie Falk fils,

GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,

22, Rue des Paroissiens, 22.

1937

LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. 125 »

Tome II.

- LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (xciv-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayakâ du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 45 »
2. LOUWERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . fr. 12 »
3. MOTTOULLE, le Dr L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . fr. 30 »

Tome IV.

- MERTENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamtsha (1^{re} partie : Ethnographie)* (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 10 planches, 1935) . . . fr. 60 »

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moederlijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekroond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . fr. 5 »
2. LOUWERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . fr. 20 »
3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakhimba au Mayombe* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . fr. 55 »

Tome VI.

- MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . fr. 100 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 15 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . . . fr. 13 »
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . . . fr. 5 »
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescent de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance !* (51 pages, 2 planches, 1933) . . . fr. 10 »
5. ADRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . . . fr. 24 »
6. VAN NITSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . . . fr. 45 »
7. STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Étude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . . . fr. 29 »
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diagr., 1 carte, 1933) . . . fr. 40 »

Tome II.

1. HAUMAN, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) . . . fr. 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) . . . fr. 26 »
3. HENRY, G., *Étude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Pontherville et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934) . . . fr. 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) . . . fr. 35 »
5. POLINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7° au 8° parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934) . . . fr. 22 »

INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

VERHANDELINGEN

TABLE
DES MEMOIRES CONTENUS DANS LE TOME V

1. Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936); par W. ROBYNS.
 2. La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation (351 pages, 10 planches, 1937); par H. SCAËTTA.
-



INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

Section des Sciences Naturelles et Médicales

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

Afdeeling der Natuur- en Geneeskundige
Wetenschappen

VERHANDELINGEN

In-4° — V — 1937

BRUXELLES

Librairie Falk fils,

GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,

22, Rue des Paroissiens, 22.

1937

M. HAYEZ

IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
BRUXELLES — RUE DE LOUVAIN, 112.

LA GENÈSE CLIMATIQUE

DES

SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE

LES FORMATIONS VÉGÉTALES QUI EN CARACTÉRISENT LES STADES DE DÉGRADATION

PAR

H. SCAËTTA,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES,
PROFESSEUR AGRÉGÉ A L'UNIVERSITÉ DE PARIS,
CHEF DE LA MISSION ÉCOLOGIQUE DU KIVU.

AVEC LA COLLABORATION DE

A. SCHOEP,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE MINÉRALOGIE
A L'UNIVERSITÉ DE GAND
ET A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT
A GAND.

R. MEURICE,

PROFESSEUR DE CHIMIE ANALYTIQUE
A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT
A GEMBLoux.

PRÉFACE DE E. MARCHAL,

PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLoux,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, DES LETTRES
ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE,
MEMBRE TITULAIRE DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.

(Mission du Ministère des Colonies de Belgique.)

Mémoire présenté à la séance du 18 avril 1936.

PRÉFACE

M. HELIOS SCAËTTA, dont j'ai suivi, avec un constant intérêt et une vive sympathie, depuis plusieurs années, le labeur enthousiaste, consciencieux et fécond, m'a fait l'honneur de me demander de préfacier le présent mémoire.

Je ne puis répondre plus objectivement à ce désir qu'en reproduisant ci-après le rapport par lequel j'introduisais, en avril dernier, son travail, devant l'Institut Royal Colonial Belge :

Il m'est particulièrement agréable de présenter à la Section des Sciences médicales et naturelles de l'Institut, le présent mémoire de M. SCAËTTA, lequel constitue l'aboutissement et le couronnement d'une œuvre de recherches qui représente une des contributions les plus importantes apportées jusqu'ici à la connaissance scientifique de notre Colonie.

Je crois devoir rappeler que M. SCAËTTA a accompli, de juin 1927 à août 1930, sous les auspices du Ministère des Colonies et à l'initiative de son Directeur général de l'Agriculture d'alors, notre distingué confrère M. le Prof^r LEPLAE, dans la région du Kivu, une mission d'études dont le but était de réunir les données et les matériaux nécessaires à l'établissement des caractéristiques écologiques du pays, en vue d'asseoir éventuellement, dans la suite, son économie agricole sur des bases scientifiques.

Dans des mémoires antérieurs, publiés dans les Recueils de notre Compagnie, M. SCAËTTA a traité plus particulièrement les problèmes météorologiques et climatologiques relatifs à la région du Kivu.

Le présent travail comporte deux parties : tout d'abord une étude pédologique consacrée à l'histoire des sols, ensuite une étude écologique dans laquelle sont envisagés les rapports de l'ambiance avec la nature vivante et plus spécialement avec la végétation.

Une courte analyse des différents chapitres nous paraît nécessaire pour donner une idée de l'œuvre accomplie.

Dans un premier chapitre: Esquisse morphologique de la région, l'auteur, se basant surtout sur les travaux de nos géologues, dresse un tableau de l'histoire des sols du Kivu, lesquels gardent d'autant plus l'empreinte de leur origine, que, nés à une époque relativement récente, des bouleversements tectoniques du début du Pléistocène, ils n'ont pas eu le temps d'être profondément et généralement transformés pendant le reste du Quaternaire.

Cependant, l'état actuel des sols dépend, dans une certaine mesure, des vicissitudes qui ont marqué, dans les temps plus modernes, leur évolution.

C'est ce qui amène l'auteur à envisager, au cours du chapitre II, l'intervention des facteurs de variation relativement récente, tels les phénomènes de glaciation, d'expansion lacustre, etc.

A cette étude de la genèse des sols succède celle de leur constitution et de leur composition actuelles.

En un court chapitre, l'auteur expose les méthodes suivies dans le prélèvement des quelque quatre cents échantillons de terre, associés en profils, qu'il a rapportés du Kivu, prélèvement qui a été effectué avec le plus grand soin, nonobstant les difficultés spéciales rencontrées.

Le chapitre IV est consacré à l'étude lithologique des sols.

Cette étude a été faite par M. le Prof^r SCHOEP, l'éminent minéralogiste de l'Université de Gand.

M. SCHOEP, après avoir émis d'intéressantes considérations sur un certain nombre de roches recueillies dans la région, donne les résultats de l'examen minéralogique de près de deux cents échantillons de terre.

Dans cette étude, les sols sont classés d'après leur couleur, envisagée naturellement en surface, sans égard à leur provenance et à leur histoire.

La notion de couleur des terres, à laquelle les pédologues accordent une valeur sans cesse plus importante, constitue le premier point envisagé par M. SCAËTTA dans le chapitre V, intitulé Répartition climatique des sols, exposé dans lequel l'auteur donne toute la mesure de sa profonde connaissance de l'interaction des facteurs multiples qui interviennent dans la formation des sols tropicaux.

Les chapitres VI et VII ont été écrits par M. le Prof^r MEURICE, le savant directeur de la Station de Physique et de Chimie agricoles de

Gembloux, sous la direction de qui les travaux d'analyse physique et chimique des terres de la Mission Scaëtta ont été effectués par les ingénieurs des Industries agricoles A. HACQUART et M. SIMON.

Ces analyses ont porté sur plus de cinquante échantillons de terres représentant les types les plus caractéristiques de sols recueillis au Kivu

M. MEURICE en commente les résultats en des considérations d'un grand intérêt.

Ayant ainsi, dans la première partie de l'ouvrage, envisagé la genèse et les caractères actuels des sols de la région, l'auteur aborde l'examen du sujet qui constituait l'objectif final assigné à ses efforts: l'étude des rapports existant entre l'ambiance climatique et le sol, d'une part, et la vie végétale, d'autre part.

Le chapitre VIII est consacré aux formations végétales des zones forestières, le chapitre IX à celles des zones de prairies.

L'inventaire floristique des formations dominantes a été effectué avec beaucoup de soin, par le moyen de très nombreux relevés phytosociologiques, dans lesquels il est tenu compte non seulement de la diversité des espèces, mais encore du facteur quantitatif, exprimé, dans le cas des prairies, par une méthode pondérale.

L'étude des importants herbiers recueillis par l'auteur au Kivu a été faite en très grande partie par les soins du Jardin botanique de Bruxelles et sous la savante direction de notre confrère M. le Prof ROBYNS.

Les chapitres écologiques du mémoire de M. SCAËTTA constituent, à mon avis, la partie culminante de toute son œuvre.

L'auteur y témoigne d'une remarquable connaissance encyclopédique des éléments complexes du problème, qu'il manie avec une réelle maîtrise et une grande sûreté de jugement.

Tel est, rapidement esquissé, le contenu du mémoire présenté.

Maintenant que nous sommes en possession de l'ensemble des résultats de l'étude, poursuivie avec une louable persévérance et un remarquable esprit de suite par M. SCAËTTA, on est en mesure d'en apprécier l'unité, le parfait enchaînement et surtout la grande importance.

Indépendamment des résultats scientifiques représentés par une

inestimable documentation dans les domaines climatologique, pédologique et biosociologique, elle apporte un faisceau de données de première valeur à l'examen du problème des possibilités de colonisation et d'exploitation agricole des régions envisagées.

Grâce aux renseignements et aux matériaux recueillis, au prix des efforts que l'on sait, par M. SCAËTTA et à l'étude qui a pu en être faite par ses collaborateurs et par lui-même, la région du Kivu apparaît comme une des parties de l'Afrique centrale dont l'étude écologique est, à l'heure actuelle, la plus avancée.

Étant donné que le Kivu représente une des rares régions de notre Congo qui soit compatible avec l'établissement de colons de race blanche, on comprendra la haute portée de la prospection scientifique dont il vient d'être l'objet.

Le mémoire de M. SCAËTTA est accompagné d'une très précieuse et remarquable documentation photographique originale qui apporte à la lecture du texte l'appoint lumineux de sites, d'aspects de végétation caractéristiques.

Je suis heureux d'en proposer l'impression intégrale dans les Mémoires in-4°, persuadé que ce travail fera réellement honneur aux publications de notre Compagnie.

Qu'il me soit permis en terminant ce rapport de rendre un hommage reconnaissant au Fonds National de la Recherche Scientifique, dont les générosités répétées ont rendu possible l'accomplissement presque intégral du programme de recherches de M. SCAËTTA et de ses collaborateurs.

Une fois de plus, cette belle institution, dirigée dans un esprit si large et si progressiste par M. JEAN WILLEMS, aura affirmé son rôle éminemment bienfaisant et décisif dans le développement de la Science belge.

Gembloux, le 17 avril 1936.

É. MARCHAL,

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat à Gembloux,
Membre de l'Académie royale des Sciences, des Lettres
et des Beaux-Arts de Belgique,
Membre titulaire de l'Institut Royal Colonial Belge,
Membre correspondant de l'Institut de France.

INTRODUCTION

Ce mémoire constitue la quatrième contribution apportée à la publication des résultats de la mission d'études écologiques qui nous fut confiée par le Ministère des Colonies de Belgique, de 1927 à 1930.

L'élaboration des deux premiers mémoires a été effectuée intégralement en 1931 et 1932, grâce à l'intervention financière du Ministère des Colonies (1) et (2).

En 1933, le Fonds National de la Recherche Scientifique accepta de se substituer, dans ce rôle, au Ministère des Colonies. Grâce à sa généreuse intervention, la rédaction d'un troisième mémoire, paru en 1934 (3), a pu être menée à bonne fin.

D'autre part, le Fonds National de la Recherche Scientifique voulut bien couvrir, de 1934 jusqu'en mars 1935, les dépenses occasionnées par les recherches de laboratoire et les frais inhérents au travail de mise en œuvre et de rédaction d'une grande partie des éléments du présent mémoire.

Toutefois, l'intervention de cet organisme n'a pu être continuée jusqu'à l'achèvement de l'œuvre et nous avons dû, dès lors (jusqu'en mars 1936), en supporter personnellement la charge.

D'autres circonstances peu favorables ont influencé la marche des recherches dont nous allons faire l'exposé.

C'est ainsi que nous ne fûmes autorisé par le Ministère des Colonies à nous servir des matériaux pédologiques rapportés d'Afrique qu'en 1933, et depuis lors datent les recherches entreprises au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Gand et à la Station de Physique et de Chimie agricole de Gembloux.

Les moyens parcimonieux mis à notre disposition nous obligèrent de choisir, parmi les 400 échantillons de sols rapportés, un petit nombre de profils à soumettre à l'analyse.

(1) Les Famines périodiques dans le Ruanda. Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène. (*Mémoires in-4° de l'Institut Royal Colonial Belge*, t. I, fasc. 4, 1932, p. 42.)

(2) Les Précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique. (*Ibid.*, t. II, 1933, p. 108.)

(3) Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil. (*Ibid.*, t. III, 1934, p. 335.)

L'analyse minéralogique a pu être appliquée à un nombre plus important d'échantillons que ne put l'être l'analyse chimique. La Station de Gembloux ne put disposer, pour ces recherches, que d'un Assistant (successivement MM. les ingénieurs agronomes M. Simon et A. Hacquart), toujours à cause de la pénurie des moyens.

Ces faits ont réduit singulièrement notre projet primitif de travail et nous ont privés d'une somme de connaissances qui auraient pu nous être d'une grande utilité pratique. Nous le déplorons bien sincèrement.

Nous avons l'intention de procéder, pour un certain nombre de profils pour lesquels nous possédions les documents nécessaires, à l'analyse pétrographique de la roche mère, pour aboutir à l'étude du sol. Au cours du transport du matériel du Congo en Belgique, une partie des sachets se trouèrent et beaucoup d'échantillons, les roches surtout, se mélangèrent, de manière que leur attribution aux profils respectifs devint par la suite impossible. D'autres profils furent enfin dispersés par erreur.

Notre choix du matériel qui fut soumis à l'analyse minéralogique et à l'analyse chimique se porta sur des sols pouvant représenter autant que possible des espèces, sous-espèces et types (au sens de Dokoutchaïev) auxquels se réfèrent la documentation phytogéographique et les considérations générales sur la géographie pédologique. Un certain déséquilibre entre ces diverses parties de nos investigations subsiste malgré tout dans le présent travail, mais nous n'en sommes pas responsables.

Ce mémoire se divise en une première partie dédiée à l'étude pédologique proprement dite et d'une seconde partie dans laquelle nous faisons une étude phytogéographique des formations forestières et phytosociologique des prairies.

Les recherches pédologiques sont faites, la plupart du temps, par des chimistes. Nous avons voulu innover à ce propos par la collaboration d'un minéralogiste éminent, d'un chimiste de longue expérience et d'un climatologue-phytogéographe qui s'est évertué à saisir sur place, par des voyages répétés comportant plusieurs milliers de kilomètres parcourus à pied, la signification écologique des régions les plus caractéristiques qui s'offraient à l'observation.

Ce travail, qui a beaucoup d'imperfections et qui se ressent de l'effet d'une documentation souvent insuffisante, est surtout, comme l'a dit justement l'un de nos collaborateurs, un effort de bonne volonté.

Ceux qui nous liront n'oublieront pas qu'aucun travail n'existait sur la région que nous avons étudiée. L'investigation climatologique même se base uniquement sur les documents produits précédemment par nous. Avec ce travail, ainsi qu'avec les précédents (mémoires I, II,

III), nous avons dû échafauder de toutes pièces une climatologie et une pédologie de l'Afrique centrale. Il est évident que de tels travaux ne peuvent avoir qu'un caractère préliminaire.

Nous n'avions pas en vue d'établir la fertilité des divers terrains parcourus, afin d'en obtenir des indications sur les fertilisants à conseiller aux colons pour améliorer leurs entreprises et sur le choix des espèces agricole à cultiver. A cet égard, le Ministère des Colonies (l'I. N. E. A. C.) a pourvu en envoyant au Congo une mission spéciale.

Il nous fallait, par contre, retracer l'*histoire* des sols, à travers leur évolution climatique, minéralogique et chimique, pour pouvoir caractériser le milieu ambiant d'un point de vue écologique général. Par cette étude nous nous proposons de définir si la région montagneuse choisie pouvait ou non convenir à des essais de peuplement avec des colons européens et ensuite orienter le choix des zones à destiner à la colonisation.

L'étude phytogéographique (II^e partie) a été limitée à la recherche des rapports pouvant exister entre les grandes unités végétales et les sols. Il nous a semblé que l'investigation de ces rapports était nécessaire pour mieux éclairer le problème complexe de l'évolution des sols et justifiait l'inclusion de cette étude spéciale dans un travail de pédologie.

Par conséquent, nous n'avons pas tracé, à proprement parler, le « panorama phytogéographique » de notre région mais, notre étude a visé surtout les associations phytodynamiques de prairie qui occupent à l'heure présente les types de sol divers que nous avons étudiés.

Il nous sembla évident que les *prairies*, dont l'origine en Afrique tropicale a été clairement démontrée par des auteurs particulièrement compétents, représentaient des « stades » de dégradation du sol. Inventorier la composition de ces prairies, les caractériser d'un point de vue géographique, pouvait, entre autres, nous donner l'indication des moyens à envisager pour combattre ou enrayer la dégradation du sol où ces opérations ont encore un sens économique. Les objectifs pratiques de notre mission nous ont paru suffisamment définis.

Nous sommes heureux d'exprimer notre gratitude à tous ceux qui, d'une manière ou de l'autre, ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

En plus du Fonds National de la Recherche Scientifique, déjà mentionné, nos remerciements s'adressent : à M. le Prof^r E. MARCHAL, qui a présidé à la coordination des travaux pour l'étude du matériel pédologique; à nos aimables collaborateurs MM. les Prof^{rs} A. SCHOEP et R. MEURICE, qui ont bien voulu accepter une tâche parfois difficile et ingrate; à M. le Prof^r G. BOUCKAERT, recteur de l'Institut agronomique

de l'État à Gembloux et à la Commission du patrimoine de l'Institut, qui ont consenti à financer une partie des analyses chimiques; à M. le Prof^r H. HUMBERT, qui a aidé et guidé sur place la reconnaissance des associations végétales; à M. le Prof^r R. MAIRE, qui a permis le triage et la classification systématique et biologique de nos herbiers dans son Laboratoire de Botanique à l'Université d'Alger; à M. le D^r H. SCHOUTEDEN, qui a prêté gracieusement le concours du Musée du Congo belge pour la conservation et la répartition entre les Laboratoires du matériel pédologique; à M. le D^r Walter ROBYNS, directeur du Jardin botanique de l'État, à qui nous devons la détermination d'une grande partie de nos Graminées; à M. le Prof^r H. CHERMEZON, de Strasbourg, qui a bien voulu déterminer nos Cypéracées; à M. le D^r P. STANER, conservateur au Jardin botanique de l'État à Bruxelles, à qui nous devons une collaboration active et dévouée de tout temps, soit pour la détermination systématique des herbiers, soit pour la mise à notre disposition de bon nombre de renseignements phytogéographiques; à MM. les ingénieurs agronomes M. SIMON et A. HACQUART, assistants au Laboratoire de Chimie analytique de Gembloux, qui nous fournirent des rapports que nous avons partiellement utilisés dans ce travail; à M. Guido ZAPPELLI, planteur au Kivu, qui nous accompagna pendant quelques itinéraires et collabora dans l'herborisation.

Enfin, nous devons un souvenir de gratitude à M. le Prof^r É. DE WILDEMAN, directeur honoraire du Jardin botanique de l'État; à M. le Prof^r L. HAUMAN, de l'Université de Bruxelles, et à M. J. JAUMOTTE, directeur de l'Institut météorologique de Belgique, qui nous prodiguèrent des conseils dans le domaine de leur compétence respective.

En dernier lieu, qu'il nous soit permis de garder le souvenir de M^{me} Adeline SCAËTTA-LOICQ, qui a payé d'un élan généreux une bonne partie des frais que nous dûmes assumer pour faire honneur à nos engagements.

PREMIÈRE PARTIE

LA GENÈSE CLIMATIQUE DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE

(ÉTUDE DE PÉDOLOGIE GÉNÉTIQUE)

CHAPITRE I.

ESQUISSE MORPHOLOGIQUE DE LA RÉGION

Généralités. — Le massif archaïque de l'Afrique centrale et le « graben » occidental. — Formations volcaniques. — Facies ébouleux. — Facies glaciaire. — Formations alluviales récentes. — Formations lacustres : tufs calcaires et travertins. — Marais tourbeux. — Évolution sculpturale du relief cristallophyllien. — Évolution sculpturale du relief volcanique. — Altération et désagrégation des roches. — La nivation et la glaciation.

Dans ce chapitre, nous essaierons de représenter les formes essentielles de la région où se trouvent les sols qui seront décrits ultérieurement. Nous ne ferons ni une étude géologique, ni une analyse géographique, mais les deux sciences seront appelées à notre aide chaque fois que leur intervention servira à l'intelligence des faits que nous voulons éclairer.

Toute étude pédologique doit pouvoir déterminer avant tout les sols authigènes et les sols allochtones, sans quoi l'histoire même du sol deviendrait incompréhensible. Or, l'histoire du sol s'identifie avec celle des formes du terrain, telles que nous les présente le modelé actuel. Tout classement, même schématique, des sols au point de vue de leur origine exige la connaissance des événements qui ont concouru à les former.

Dans une région qui jusqu'au début du Pléistocène a été le théâtre de phénomènes géologiques grandioses, les vicissitudes tectoniques gardent encore actuellement leur importance sur les formes superficielles du terrain. Le temps écoulé depuis lors n'est pas suffisant pour que les variations du climat pendant le Quaternaire aient pu modifier profondément la physionomie géologique primitive. Le climat a agi beaucoup plus, sur la formation et l'évolution récentes des sols, par l'altération rapide des minéraux que par les remaniements et les transports opérés par les forces de l'érosion hydrographique. Les circonstances et la variété mêmes des phénomènes géologiques qui se sont succédé ont maintenu à ce pays de hautes montagnes une morphologie jeune, qui rappelle encore les actions géologiques dont elle est issue.

Le massif archaïque de l'Afrique centrale, brisé par la grande dislocation tectonique occupée par les lacs Albert, Édouard, Kivu, Tanganyika, a donné lieu à deux bourrelets d'un côté et de l'autre du *graben*, longé et traversé par des systèmes de failles. La chaîne de montagnes à l'Ouest du fossé tectonique, que nous avons indiquée constamment sous le nom de dorsale congolaise, est considérée par les géologues comme un *Horst*. Son versant occidental établit le contact avec la grande cuvette congolaise. Tandis que le massif cristallophyllien de l'Est est drainé par le Nil et a subi une érosion normale, les parties faillées et le *Horst* occidental ont été tour à tour le siège d'un volcanisme grandiose et prolongé (probablement du Miocène au Pléistocène); de vastes parties du fossé tectonique ont été noyées par la construction de barrages volcaniques ou ont été couvertes par des transgressions lacustres. Le retrait des eaux survenu à la suite de l'effondrement de la plate-forme du Tanganyika et la captation du Kivu (qui alors était déjà un véritable lac), la diminution du volume des pluies atmosphériques et l'abaissement considérable du niveau de base des différents bassins lacustres ou fluviaux ont accru l'intensité de l'érosion torrentielle.

Un cycle d'érosion nouveau et beaucoup plus actif s'est superposé aux cycles anciens. Il en est résulté un rajeunissement général du modelé dans les parties restées en saillie lors de l'effondrement du fossé tectonique avec toutes les conséquences d'ordre morphologique que

ce fait entraîne: un surcreusement des vallées; des captures qui se font pour ainsi dire encore sous nos yeux, une sculpture heurtée.

Le fleuve Congo dispute au Nil une partie de ses sources, probablement à cause de son niveau de base océanique beaucoup plus proche du faitage que le niveau de base méditerranéen. Plus favorisé que son concurrent par la pente, le volume des précipitations et peut-être par la nature des sols, il dégrade plus fortement les pentes et recule les têtes de rivières au détriment du Nil.

Cet ensemble de faits a donné naissance à un complexe de formations et de facies géologiques subaériens et sublacustres que nous passerons en revue très rapidement.

Formations volcaniques. — Deux grandes périodes d'activité volcanique ont donné lieu à des formations diverses. La première de ces périodes, d'après le géologue N. BOUTAKOFF, se situe vers la fin du Tertiaire et a ses centres principaux d'éruption dans le massif Kahuzi et dans le massif Biega par $2^{\circ}-2^{\circ}30' S$ et $28^{\circ}40' G$; les deux édifices ont surgi sur le *Horst* congolais du *Graben*, au-dessus d'un soubassement granitique du système de la Ruzizi et des schistes graphiteux du système de l'Urundi. N. BOUTAKOFF leur attribue trois phases éruptives principales: une première phase basaltique (basaltes à olivine); une seconde phase caractérisée par des roches ultra-acides rhyolitiques (rhyolites siliceuses microfelsitiques et rhyolites porphyroïdes); une troisième phase caractérisée par des roches acides (quartz, porphyres potassiques et siliceux). De nombreuses manifestations hydrothermales ont accompagné ces éruptions et subsistent encore partiellement sous forme de sources ou pollutions thermo-minérales.

Les laves émises par ces volcans tertiaires ont envahi une partie des deux versants de la dorsale congolaise jusqu'à la partie Sud-Ouest et Sud de l'île Idjwi. En correspondance de la bordure même du lac il y a certainement des extrusions dans les schistes graphiteux du mont Bukulumissa et des émissions sublacustres. Au Sud-Est, d'après G. PAS-SAU, elles ont atteint la vallée de la Ruzizi jusqu'au delà de la Luvunghi. Au Sud-Ouest du lac Kivu, toujours d'après le même auteur, si l'on tient compte de la partie enlevée par l'érosion, les laves (basaltes, dolérites, trachytes phonolitiques) couvrent une superficie de 145 km. de

longueur pour les largeurs variables de 80 km. immédiatement au Sud du lac, à 40 km. dans le bassin de la rivière Zalya. Cette région volcanique, aujourd'hui éteinte, aurait une superficie approximative de 5,500 km².

Du point de vue topographique, ces laves s'étalent au Sud-Ouest du lac de l'altitude moyenne de 1,800 mètres dans la région de Ngweshe, à 1,200 mètres au voisinage de la rivière Elila. Au Nord-Ouest du *Horst* elles atteignent la cote inférieure de 1,400 mètres entre l'Elila et l'Ulindi. Le cratère principal d'éruption du massif Kahuzi est situé à une altitude de 2,780 mètres, tandis que le sommet même du massif, regardé par Boutakoff comme une extrusion peléenne, est à 3,308 mètres.

Toutes ces laves du Tertiaire (pré-Pliocène) sont profondément altérées et donnent lieu à des sols divers par leur couleur, leur structure et leur constitution, répartis d'après les climats sous lesquels ils se sont formés.

Au Nord du Kivu s'étend un ensemble d'édifices volcaniques quaternaires (groupe des Mufumbiru) d'une superficie globale de 3,200 km², attribués à la fin du Gamblien (Boutakoff). Les coulées, d'après les géologues F. DELHAYE et A. SALÉE, sont des roches volcaniques à feldspaths alcalins, à plagioclase et sans feldspath (leucitites, néphélinites, mélilitites et ankaratrites méliliniques). Ces laves récentes, dont une partie sont actuelles, sont naturellement beaucoup moins altérées que celles du Pliocène ou du Post-Pliocène. Elles donnent lieu, avec le concours de matériaux de transport éolien, à des sols que nous qualifions de « volcaniques », parce que les réserves minérales produites par l'altération des laves ou d'apport éolien sont intactes ou faiblement détruites.

Deux volcans du système sont en activité: le *Nyamalaghira* (3,050 mètres d'altitude), dans le cratère duquel il y a débordement de laves et dégagements gazeux explosifs, et le *Niragongo* (3,470 mètres d'altitude), actuellement en phase strombolienne.

Sur ces volcans on observe toutes les formes classiques de l'évolution structurale: des *barrancos*, autour du cratère du Niragongo; des *caldeira* (la plus grandiose est la caldeira Mukuru, à 4,000 mètres d'altitude, sur le Karisimbi, due probablement à des explosions vulcaniennes), des *cratères-lacs* assez nombreux (Mukuru, Muhavura, Mikenko, Nyamalaghira); des *cônes adventifs*; des *cônes de débris*;

des *hornitos*, etc. Les champs de coulée présentent les aspects les plus divers: des tables basaltiques plus ou moins fissurées, des laves cordées et plissées, des scories, etc., disséminées du matériel explosif le plus varié: bombes, lapilli et produits altérés, dû à l'action probable de *necks* (argiles et schistes rubéfiés).

Facies éolien volcanique. — Nous avons relaté, dans des mémoires précédents consacrés à l'étude du climat actuel, que les poussées paroxysmales de l'activité volcanique ont été accompagnées sûrement par une augmentation du nombre et de l'intensité des orages. Ceux-ci engendrent près du sol des vents parfois violents et de directions diverses. Les matériaux fins projetés dans l'atmosphère (lapilli, sable, cendres) par les diverses formes d'explosions (vulcaniennes, nuées péleennes, etc.) ont été triés d'après leur pesanteur et d'après leur vitesse ascensionnelle et transportés par les courants des diverses couches de la troposphère.

Les sables, matériaux plus lourds, se sont déposés non loin des centres d'explosion; les lapilli ont été charriés par les vents alizés; les cendres paraissent avoir subi, parfois, le transport du contre-alizé austral.

Nous avons des tufs volcaniques (Ngoma; Parc National Albert), des couches stratifiées de lapilli; des couches de cendre formant des sols parfois de grande épaisseur (voir photo n° 14). Les dépôts de lapilli, quelquefois adossés au flanc des montagnes, se trouvent invariablement, à quelques exceptions près, du côté occidental. On les chercherait en vain sur tout le secteur oriental. Ce même fait a été vérifié par le géologue Boutakoff pour ce qui concerne les éruptions du Kahuzi et des Biega.

L'importance du transport éolien de ce verre volcanique est très grande, pas tant par l'étendue des sols allochtones qu'il a formés, que par l'*enrichissement en réserves minérales* de sols les plus variés, parfois assez pauvres. Lapilli et cendres, par l'action des eaux d'infiltration, ont été souvent incorporés dans la texture même du sol. Les eaux de ruissellement les ont partiellement emportés, mais il faut remarquer que les couches de lapilli, à cause de leur porosité extrême, se prêtent mal à un transport massif. Près des rives septentrionales du Kivu ou

dans des vallons du versant oriental de la dorsale congolaise, il n'est pas rare de voir les lapilli former à eux seuls de véritables étendues de terrain devenu cultivable par le mélange de matériaux fins de ruissellement. Les cendres forment également, au Nord des Mufumbiru (Rutshuru) et à l'Est du mont Bukulumissa (Kakondo), des sols allochtones de peu d'étendue.

Les sables volcaniques, recouverts et mélangés par des dépôts alluviaux, forment également des sols de faible extension, mais de grande profondeur, dans le voisinage de certains volcans (par exemple au Sud-Ouest du Mikeno). On peut parler encore d'un transport éolien d'un limon rouge dans les régions orientales (Ruanda) ayant des saisons sèches prolongées. Nous y reviendrons à propos des formes d'érosion.

Facies ébouleux. — On le remarque surtout dans certaines contrées du Ruanda et au Sud du Kivu, quoique avec moins d'intensité. Les éboulements sont en général la conséquence d'une dégradation du sol par l'action de l'homme, ce qui a eu pour conséquence l'enlèvement des sols fertiles des montagnes. Nous en avons parlé avec quelques détails dans un mémoire: *Les Famines dans le Ruanda* (1). Pour l'ensemble des sols, ces formes particulières ont une importance secondaire.

Facies glaciaire. — Au cours du Pléistocène (Wurmien des Alpes), il est infiniment probable que des glaciers de faible étendue aient occupé les sommets les plus élevés du groupe des Mufumbiru et peut-être quelques cimes du *Horst* congolais. Des cailloux roulés à stries glaciaires trouvés par nous dans une alluvion quaternaire paraissent le prouver.

Facies éluvien. — Ce facies, dû à la décomposition superficielle des roches et à l'action du ruissellement, se localise sur une grande partie des terrains du socle primitif (d'âge pré-Cambrien) et des chaînes plus élevées du *Horst* congolais.

Dans les zones de moyenne et faible altitudes, le facies éluvien est moins bien caractérisé. Dans toute la zone marginale du Ruanda orien-

(1) Voir bibliographie du chapitre II.

tal en contact à l'Est et au Nord avec les expansions lacustres de la mer continentale pléistocène (la mer « Buganda » des géologues), il est représenté par des plateaux limonitiques à ondulations larges et à croupes arrondies. C'est la région typique de la limonite concrétionnée ou *ironstone* des auteurs anglais.

D'après ROCCATI, cette limonite argileuse, dont la couleur varie du jaune ocre au rouge-brun, est absolument prédominante sur les rives occidentales du Victoria Nyanza; au Nord, en Uganda, elle passe à la latérite au-dessus des massifs granitiques de la base orientale du Ruwenzori. D'après les auteurs anglais (MACDONALD, WOODWARD, SCOTT ELLIOT, GARSTIN), l'*ironstone* intéresse non seulement tout le bassin du Victoria Nyanza, mais réapparaît dans la région du lac Edouard. Une grande partie de ce bassin appartenait en effet à la mer « Buganda » du second Pluvial (Riss et Wurm), jusqu'à une altitude maxima de 1,360 mètres, d'après Wayland et les géologues du Geological Survey de l'Uganda.

D'après le géologue A. SALÉE, les terres latéritiques sont répandues sur tout le territoire du Ruanda et de l'Urundi, avec prédominance dans la partie orientale, où les grenailles abondent. De véritables cuirasses latéritiques existeraient dans la vallée de la Malagarassi supérieure (frontière Sud-Est de l'Urundi) ainsi que dans la région des lacs du Buseghera. Au cours de la description de ces itinéraires géologiques, A. Salée relate l'existence en maints endroits de cuirasses et fines grenailles latéritiques. En général, les contrées qu'il mentionne appartiennent à la zone frontière de l'Urundi avec le Tanganyika Territory, ou bien se trouvent en marge de la vallée de la Kaghera, dont les vallons ont été noyés et successivement colmatés par l'ancienne expansion continentale du Victoria Nyanza. Ce fait est important à enregistrer pour comprendre l'évolution particulière de ces sols à la suite des modifications du climat au Pléistocène.

Une remarque importante d'ordre pétrographique est la richesse en minéraux de fer (pyroxènes, amphiboles, olivine, biotite, hématite, ilménite et magnétite) communs à toutes les roches (granits, gneiss, micaschistes, quartzites, pegmatites, diabases, etc.) des terrains cristallins de l'Afrique centrale. C'est à ces minéraux qu'il faut attribuer les diverses tonalités rouges et brunâtres des sols.

Formations alluviales pléistocènes et holocènes. — On les rencontre à l'Ouest du *Horst* congolais, au contact de la grande forêt équatoriale; au Nord du massif volcanique des Mufumbiru, dans le bassin du lac Edouard; à l'Est sont importantes celles de la Malagasssi supérieure et de son affluent la Lumpungu (A. Salée); au Sud, les alluvions sablo-argileuses de la basse Ruzizi. Les petits cônes de déjection de certains torrents sur les rives du Kivu ont bien peu d'importance dans la formation des sols.

Les alluvions de l'Ouest présentent en général un facies caillouteux dans le sous-sol mélangé à du sable; l'horizon superficiel est souvent constitué de matériaux fins de ruissellement et de terre végétale. Elles sont le produit de la sédimentation des cours torrentiels des affluents du Congo.

Le pourtour du lac Edouard est en grande partie alluvionnaire. Les alluvions de moindre altitude sont recouvertes par des dépôts calcaires abandonnés par la dernière transgression lacustre (de la fin du Gamblien), tandis que dans leur partie plus élevée elles sont partiellement recouvertes par les épanchements de même âge du Mikeno et les épanchements holocènes du Nyamalaghira. Les basses vallées des Bwito débouchant dans le lac Edouard sont occupées par des alluvions à facies sablo-argileux. Dans cette partie de la région, de même qu'à l'Ouest, l'apport des alluvions à la constitution des sols est important.

Formations lacustres : tufs calcaires et travertins. — Il s'agit de sédiments chimiques déposés par le lac ou par les sources chaudes minéralisées. Une analyse des eaux chaudes de Kakondo (voir photo n° 6) a donné:

Dureté totale par litre	95
Chlore	39 mlgrs.
Oxygène	2,1
A l'examen microscopique : oxyde de Fe et débris d'algues.	
Acide nitrique, nitreux et ammoniacque : néant.	

Les eaux du Kivu, enrichies en carbonate et sulfate de Mg (la teneur en Mg varie entre 3.18 et 12 %) par les différentes éruptions, déposent près des rives et dans les golfes, où l'action du ressac est forte-

ment atténuée par les hauts fonds, un travertin à ciment calcaireux qui se modèle autour des roseaux ou se dépose sous la forme d'un sédiment de faible épaisseur finement stratifié. Voici la composition chimique d'un de ces travertins, mélangé à de l'argile rouge fossilifère, prélevé à Mbene, au Sud de l'île Idjwi, à proximité de la rive :

<i>Echantillon 194 (Mbene)</i> (analyse M. SIMON).		<i>Echantillon 195 (Mbene)</i> (analyse M. SIMON).	
H ₂ O	1,04	1,26	
Perte au feu	14,75	11,41	
Humus	—	—	
Fe ₂ O ₃ etc.	25,00	21,53	
Fe ₂ O ₃	8,16	8,63	
P ₂ O ₅	0,16	0,26	
Al ₂ O ₃	16,67	12,62	
Ca O	30,37	30,97	
K ₂ O	—	—	
N	—	—	
Mg O	—	—	
Ins. ds. l'HCL	12,32	12,41	12,41
	82,44		76,32

Sur les roches se dépose également une pellicule calcaire mince. Ces travertins se trouvent à différents niveaux. Les plus récents, au-dessus du niveau actuel de l'eau, sont couverts d'une couche puissante d'argile rouge (ou rouge-brun), dont ils constituent le sous-sol. Le niveau du lac a baissé progressivement, ainsi que le prouvent les roches incrustées de calcaire actuellement émergées. Les photos n^{os} 1, 2, 3 montrent clairement ces trois stades des travertins lacustres actuels. Nous avons également trouvé des travertins calcaires assez altérés sur l'ancienne plage de transgression du lac Edouard, au Sud des rives actuelles et à 100 mètres au-dessus du niveau des eaux.

Dans les cavernes, creusées pour la plupart par des ruisseaux d'eau minéralisée, ensuite déviés, on trouve de véritables stalactites et stalagmites (voir photo n^o 4) formant un ensemble colonnaire qui rappelle en miniature les phénomènes analogues des grottes karstiques.

L'origine des eaux chaudes, plus qu'à des sources hypogènes, est liée à la présence de mofettes d'acide carbonique, dont elles empruntent la température (voir photo n^o 5). Au passage sur des roches basalti-

ques elles se chargent de carbonate. L'eau devient incrustante, et si elle rencontre des débris végétaux elle forme très rapidement des amas travertineux caractéristiques (voir photos n^{os} 6 et 7). Quand ces eaux filtrent à travers des roches poreuses de même constitution, apparaissent les constructions cavernicoles dont nous venons de parler (photo n^o 4). La teneur en calcaire (au calcimètre) de ces travertins, auxquels se mêlent parfois des coquilles de gastéropodes et de la terre végétale (M. de Dorlodot), varie d'après les nombreux échantillons analysés (entre 65 et 95 %). Le sable de la rive du lac (plage entre Kakondo et Katana) contient du calcaire (au calcimètre) dans la proportion de 6.76 % (analyses Piéraerts).

Des mofettes d'acide carbonique se trouvent également dans des cavernes privées d'eau. Il se dépose alors au fond de la caverne un terreau dans lequel toute vie végétale et animale paraît absente.

La température moyenne des eaux chaudes du Kivu est de 50°-55° C (Kakondo). Des tufs et des travertins liés à l'action hydrothermale se trouvent dans toute la région volcanique récente, jusqu'au contact des épanchements avec le massif cristallophyllien (vallée inférieure de la Lubiro; près du lac Karago, dans la basse Mkungwa, etc.).

Roccati mentionne des tufs d'origine sublacustre, stratifiés et contenant des fragments de roches cristallines (gneiss, granits, etc.) distribués dans toute la dépression qui entoure la base orientale du Ruwenzori. Autour des différents versants du Ruwenzori sont également signalées de nombreuses manifestations hydrothermales d'origine volcanique.

Ces sédiments émergés n'occupent pas des surfaces considérables pour qu'on puisse dire qu'ils influencent la constitution de certains sols. Nous avons vu qu'ils forment parfois la partie inférieure des sols rouges en bordure du lac, où la position des rives a permis le dépôt récent de matériaux fins d'alluvion ou de ruissellement. Leur importance réelle consiste en ceci, que tous les terrains du pourtour du Kivu ont été submergés, à une époque très proche de nous (fin du Néolithique, âge du fer d'après Boutakoff), jusqu'à une altitude de 180-200 m. au-dessus du niveau actuel. La superficie des eaux du lac était alors d'eau moins 1,000 km² plus étendue qu'actuellement.

L'attaque des basaltes pliocènes épanchés sur le fond et des autres

roches a pu se faire sous l'eau chargée de sels calcaires et magnésiques ayant une température sensiblement égale à celle qui règne actuellement, à l'abri par conséquent de l'action directe des agents atmosphériques.

Les rives du Kivu, après le retrait des eaux, n'ont pas été couvertes d'alluvions, d'abord parce que leur exondation est très récente, puis à cause de la forme escarpée des côtes au profil jeune, qui n'a pas permis le dépôt de l'apport torrentiel. *Les sols rouges qui aujourd'hui émergent sont en grande partie le produit non remanié ou faiblement remanié de l'altération sublacustre des roches mères originaires.*

On ne peut pas dire la même chose des sols autour des rives méridionales du lac Edouard. Ils reposent sur une plate-forme faiblement inclinée qui a été d'abord submergée dans des eaux peu profondes, puis couverte en aval par des alluvions fluviales récentes et en amont par des coulées de lave. Alluvions et coulées sont en partie postérieures au retrait des eaux (probablement du Néolithique inférieur à l'âge du bronze).

Dans le cas du Kivu nous avons des sols authigènes; dans le cas du lac Edouard les sols superficiels sont en grande partie allothigènes. Dans la partie orientale du lac Edouard les auteurs anglais (GARSTIN) signalent des limonites concrétionnées (*ironstone*), qu'ils considèrent comme sédiments sublacustres du Quaternaire (les couches de Kaiso d'E. J. WAYLAND). Il n'est pas impossible que les épanchements de lave et les alluvions actuelles se superposent à des limonites formées sous l'eau pendant les deux grandes périodes pluviales (Mind et Riss).

Marais tourbeux. — Ils n'ont pas une grande importance dans la formation des sols. Dans les régions de moindre altitude on trouve les marais classiques de l'Afrique tropicale à *Cyperus papyrus*, qu'on appelle improprement marais, car l'eau n'est jamais stagnante ⁽¹⁾. Les marais tourbeux d'altitude hébergent d'ordinaire des Cypéracées et des Graminées xérophiles.

Avec le concours de certaines circonstances se forme dans ces

⁽¹⁾ R. PAMPANINI, *Il papiro è autoctono in Sicilia?* Società Botanica Italiana. Firenze, 1933.

marais d'altitude de la limonite par décomposition du carbonate de fer (Fe CO_3) en hydrate ferreux Fe (OH)_2 , puis ferrique : Fe (OH)_3 . Nous avons observé le phénomène près de Dendezi, à 1,700 mètres d'altitude, sur les rives orientales du Kivu.

Les marais les plus élevés associent parfois les Sphaignes et les Mousses hygrophiles à des arbustes xérophiles. Dans la plupart des cas il s'agit de lacs captés, comme le marais Kànzibi entre le Kahuzi et les Biega, ou d'anciens cratères colmatés (Mufumbiru) ou de lacs glaciaires minuscules colonisés par des plantes hygrophiles d'abord, puis colmatés lentement par les dépôts de ruissellement et colonisés enfin par des plantes xérophiles. Les dérivés humiques et ulmiques sont les produits les plus intéressants de ces formations par rapport à la formation du sol.

Évolution sculpturale du relief cristallophyllien. — L'opinion des géographes est qu'en Afrique centrale et orientale, à cause de la jeunesse de l'hypsométrie générale, les formes structurales prédominent. En dehors des phénomènes tectoniques auxquels nous avons fait allusion, la répartition des climats règle les formes diverses de l'érosion.

Nous faisons allusion au climat actuel; plus loin nous parlerons du climat quaternaire, car les climats plus anciens nous paraissent avoir une importance moindre dans la genèse des sols actuels. Nous supposons que la répartition horizontale et verticale des climats de notre région est connue. Elle a été décrite dans les mémoires que nous avons consacrés à l'étude détaillée des climats.

Dans le massif cristallophyllien, dont la hauteur moyenne ne dépasse pas 1,800 mètres, prédominent les croupes arrondies; les vallées sont plutôt larges; la pente des versants n'est pas très escarpée. Près de la frontière du Ruanda oriental la topographie s'adoucit davantage; les vallées élargissent leur profil transversal jusqu'à devenir presque planes (vallée sèche de la Kisanye-Murguya, Kimilamughenze). L'érosion par ruissellement et l'accumulation paraissent se faire équilibre. Les glissements du sol, les ravinements auxquels nous avons fait allusion sont l'œuvre du ruissellement sauvage. Mais ces phénomènes ont ici une cause anthropique dominante à la suite de la destruction

de la végétation ⁽¹⁾. Le modelé d'érosion paraît avoir atteint sur les hauts plateaux un stade de maturité. D'après A. Salée, l'allure générale des vallées importantes du Ruanda oriental, conforme à la direction des couches et des plis, montre « que le réseau hydrographique n'est pas surimposé: il ne s'est pas établi sur une nappe discordante que l'érosion aurait fait disparaître complètement. La profondeur des vallées atteste l'antiquité de ce régime ».

La sécheresse du climat protège cette région contre le surcroît d'érosion que l'abaissement du niveau de base du Victoria Nyanza aurait pu entraîner. Seulement, dans les zones affaissées du Ruanda central, où des captures, des ruptures de pente et des inversions de cours se sont produites, l'érosion est activée (vallées supérieures et moyennes de la Nyabarongo).

Pendant les mois secs (moins de 50 mm. de pluie), au nombre de trois à cinq selon les régions, au cours desquels l'indice d'aridité de de Martonne oscille entre 1.1 et 19 ⁽²⁾, les brises, et plus encore les courants de convection, ébauchent une action de *déflation* (F. v. RICHTHOFEN) sur les manteaux limonitiques de la surface. Les particules fines mises en liberté par l'altération kaolinique des feldspaths et dont le diamètre ne dépasse pas 15 μ sont soulevées et mises en circulation par les courants ascendants de la circulation convective. Souvent ces poussières atteignent une hauteur suffisante pour être charriées à grande distance par les alizés. C'est ainsi que prennent naissance les *brumes sèches* qui dans les contrées équatoriales estompent l'horizon pendant plusieurs mois jusqu'à l'apparition des pluies équinoxiales. L'aspect vacuolaire de certaines limonites peut bien être attribué à ces processus de déflation, particuliers aux régions des steppes semi-arides (les *yardangs* de SVEN HEDIN dans le Turkestan). Les roches granitiques sont les seules qui peuvent être attaquées par cette forme d'érosion éolienne. Le kaolin dérivé de l'altération des feldspaths leur est enlevé par le vent; les alcalins et la chaux sont dissous sous forme de bicarbonate

⁽¹⁾ H. SCAËTTA, *Les Famines périodiques dans le Ruanda, etc.*, pp. 13-15 (v. bibliographie du chap. II).

⁽²⁾ H. SCAËTTA, *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, p. 293 (v. bibliographie du chap. II).

et emportés par les eaux; le quartz, enfin, reste le minéral dominant des arènes granitiques.

Aussitôt que nous atteignons la région faillée du fossé tectonique, les caractères du modelé changent. Les formes du relief deviennent infiniment plus variées; l'abaissement du niveau de base à l'intérieur du bassin du Kivu a provoqué une reprise de l'activité torrentielle. Tous les lacs du fossé tectonique paraissent avoir joué successivement, et le jouent encore, le rôle de niveau de base.

Au Sud du lac les captures nombreuses, l'effondrement du plancher du Tanganyika au Gamblien (Boutakoff), une reprise contemporaine de l'activité volcanique (massif des Kahusi-Biega, suivi des Mufumbiru à la fin du Gamblien) ont déterminé un rajeunissement général des formes et un renouveau de l'activité torrentielle qui continue encore de nos jours, quoique atténué par la diminution générale du volume des précipitations. La photo n° 10 nous montre le recouplement en méandres d'une terrasse de la région Nya-Kaziba par une petite rivière dont le cours se dirige vers le Tanganyika. Il s'agit d'un cycle d'érosion actuel, bien visible.

A l'Ouest du *Horst* congolais, les vallées accusent un stade de jeunesse indiscutable. Les thalwegs sont normalement très profonds; le façonnement des versants est intense; les pentes sont raides; les éboulements ne sont pas rares. Le débit des torrents ne suffisant pas à l'évacuation, les alluvions épanchées dont nous avons parlé et qui forment de courtes plaines s'entassent au pied des versants.

Les ruptures de pente et les cascades sont fréquentes et les formes elles-mêmes du relief donnent une impression encore irrégulière et désordonnée. Les territoires des Watembo et d'Andalemwa nous paraissent typiques à ce point de vue. Toute cette région, aux formes structurales à peine entamées par l'érosion, a dans son ensemble un modelé de caractère heurté.

Au Nord-Est du Kivu, dans la région des lacs Mokoto, des barrages de vallées par des coulées volcaniques, des captures, de probables inversions de relief compliquent extraordinairement la topographie. Le cirque de Gandhio, par son aspect, rappelle une cuvette synclinale. Des sols authigènes sur les croupes montagneuses alternent avec des sols remaniés, par transport alluvial, par sédimentation lacustre ou par apport éolien.

Évolution sculpturale du relief volcanique. — L'érosion par ruissellement est en rapport avec la nature des coulées. Sur les épanchements basaltiques crevassés il n'y a pour ainsi dire pas de ruisseaux qui se forment. L'eau pénètre dans les fissures et circule en profondeur, pour réapparaître plus loin sous forme de sources de contact (vallée moyenne de la rivière Molindi dans le bassin du lac Edouard). Dans les épanchements de scories et dans les nappes de lapilli, l'eau se perd par infiltration. Si le ruissellement a pu déposer au fond d'une cuvette une couche de limon, l'eau peut s'accumuler et former une mare, à laquelle viennent s'abreuver les animaux sauvages du Parc National Albert. L'existence de ces mares est toutefois éphémère: il suffit de percer le fond avec une canne pour voir l'eau s'engouffrer et disparaître (mare Nyamushue; mare Kàniga, dans le secteur du Niragongo, etc.).

L'hydrographie de ces régions fait penser à celle d'un karst. Les eaux de ruissellement, quand elles peuvent stationner quelque temps sur d'étroites plate-formes subhorizontales, y forment des ciselures superficielles qui rappellent les champs de lapiés du karst. Le sol végétal ne peut ainsi s'accumuler que dans les anfractuosités des roches, où immédiatement viennent s'installer des végétaux qui empêchent la terre d'être enlevée. Des associations diverses s'installent au fur et à mesure que l'accumulation du sol aura gagné en superficie. Des nappes profondes de sols s'accumulent dans des cuvettes, semblables à des dolines karstiques, ou dans des cratères colmatés.

Sur les versants des volcans il n'y a que des vallées torrentielles à pente très abrupte et encaissées. Elles sont normalement à sec: si des pluies fortes arrosent la montagne, il se forme des crues subites et violentes qui tombent comme une avalanche et disparaissent dans le cours inférieur. Ces entailles profondes ont été amorcées probablement par des avalanches sèches. Le torrent Kanyamagufa, sur le versant occidental du Karisimbi, est un exemple de ce type de barrancos.

Altération et désagrégation des roches. — La désagrégation physique ne se produit que sur les cimes les plus élevées, à des altitudes dépassant 3,500 mètres. Aucune montagne du massif ancien n'atteignant cette altitude (à l'exclusion du Ruwenzori), cette forme particu-

lière de désagrégation ne se vérifie que sur les volcans. Dans les Mufumbiru, le Mikeno (4,437 m.) est celui qui se présente le plus démantelé. L'ascension du piton terminal est extrêmement dangereuse, précisément à cause de la grande incohérence de la roche, débitée en dalles par l'action du gel et du dégel et les variations brusques de l'insolation. Sur son flanc oriental, le Mikeno montre de grands éboulis instables, sur lesquels aucune végétation n'a pu s'installer. La température moyenne annuelle est de 4°8 C à 4,000 mètres; 1°8 C à 4,500 mètres d'altitude (¹). Le minima moyen est de 0° C à 4,000 mètres; au-dessus de cette altitude elle descend certainement à des valeurs de l'ordre de —2° C (voir observations de M. L. BURGEON, à 4,200 mètres d'altitude, sur le Ruwenzori).

Dans les parties du versant particulièrement dégradées, les dalles éclatées forment des amas chaotiques particulièrement dangereux à traverser, qui rappellent les formations analogues de la région alpine européenne ou des terres polaires. Sur les sommets, la roche est désagrégée en débris très fins qui demeurent sur place et y constituent des types de sols tout à fait particuliers (les sols squelettiques), que nous décrirons par la suite. Si les pentes autour du cône terminal ne sont pas abruptes, le sol fin, détrempe par le dégel, obéit aux sollicitations de la pesanteur et glisse comme une pâte molle. Ce phénomène, commun aux zones subpolaires, est appelé *solifluction*. Nous l'avons observé autour de la cime du Karisimbi (4,506 mètres) et du Muhavura (4,127 mètres) et décrit dans un mémoire précédent (²). La *nivation* et la *glaciation*, absolument éphémères sur le Mufumbiru, n'exercent pas une action appréciable sur la formation du sol.

Au-dessous du niveau de 3,500 mètres, la roche, quelle que soit sa nature, subit l'altération chimique d'autant plus active que la température des eaux d'imbibition augmente. Ces eaux, qui véhiculent des gaz, des acides, des sels, agissent par désagrégation, dissolution et hydrolyse. L'intensité d'une telle action paraît réglée non seulement par la température des eaux d'infiltration, variable, d'après l'altitude, entre 6° et 24° C, mais par le caractère des précipitations. Si des roches comme les porphyres, réputées parmi les plus compactes et les plus

(¹) Voir mémoire cité : *Le Climat écologique*, p. 104.

(²) H. SCAËTTA, *Les précipitations dans le bassin du Kivu*, etc., pp. 95-96.

rebelles à la décomposition chimique, s'altèrent profondément sous un régime de pluies fines et une température moyenne réelle de l'air de 10°—12° C, il faut conclure que la pluie fine, permettant une meilleure infiltration et par conséquent un ruissellement moindre, compense par un effet physique d'imbibition l'action moins dissolvante de l'eau à température relativement basse. D'autre part, l'effet chimique de dissolution par l'eau chargée de CO₂ en quantités d'autant plus fortes que la température est basse, s'additionnera à l'effet physique précité.

Sur les quartz-porphyres du versant occidental du Kahuzi (troisième phase éruptive à la fin du Gamblien), la zone d'altération se situe très profondément dans le sous-sol (à 3^m50—4 mètres en moyenne), sur des pentes fortement inclinées. Ce phénomène paraît général à tous les terrains situés au-dessus du niveau des précipitations maxima, lequel se place dans nos régions entre 2,200 et 2,500 mètres d'altitude. Au-dessus de ce niveau limite il n'y a pas de sols rubéfiés, et leur aspect, comme nous aurons l'occasion de le démontrer par la suite, est analogue à celui des sols de l'Europe occidentale. Ce fait est vrai aussi bien pour les sols couverts de végétation que pour ceux qui en sont dénudés.

Les moyennes annuelles de température au-dessus du niveau des précipitations maxima diminuent avec l'altitude, comme elles diminuent avec la latitude à partir d'une moyenne base de 14°—15° C, qui est l'isotherme limite du climat méditerranéen humide et du climat tempéré de l'Europe centrale. Si l'on tient compte que le volume des pluies diminue parallèlement, que les orages se raréfient jusqu'à disparaître pratiquement, que les phénomènes de congélation et de nivation (neige et grésil) se font plus fréquents jusqu'à devenir réguliers, les conditions ambiantes dans lesquelles les roches d'altitude s'altèrent n'apparaissent que similaires à celles des climats tempérés et tempérés froids de notre hémisphère septentrional.

Au-dessous du niveau des précipitations maxima, quel que soit le revêtement végétal, la rubéfaction des sols apparaît et s'accroît avec la diminution de l'altitude. La température augmente et la pluie garde un *caractère d'averse* prédominant, tout en diminuant son volume annuel. La nature de la roche n'intervient que faiblement dans la structure des sols dérivés de son altération, sauf quelques cas exceptionnels,

que nous verrons, dans des circonstances particulières. Le climat, qui à première vue paraît s'uniformiser sous le régime dit « tropical », ne cesse de se différencier par l'apparition des sécheresses et l'augmentation de la durée de l'insolation. Quelle est l'action de chacun de ces facteurs climatiques sur la décomposition des roches? Nous essaierons de le voir dans les chapitres suivants. La végétation joue indubitablement un rôle de protection physique de la surface lithologique par rapport aux agents atmosphériques. Mais sa protection s'exerce sur le sol et non pas sur la roche sous-jacente, dont la décomposition paraît, au contraire, *gouvernée* et favorisée par l'action de la végétation.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- A. ROCCATI, *Osservazioni geologiche nell' Uganda e nella catena del Ruwenzori fatte durante la spedizione di S. A. R. il duca degli Abruzzi nell' anno 1906*. Ulrico Hoepli, editore. Milano, 1909.
- F. DELHAYE et A. SALÉE, *Carte géologique de l'Urundi et du Ruanda*. Campagne 1921-1922.
- E. J. WAYLAND, The geology and Palaeontology of the Kaiso Bone-Beds. (*Uganda Protectorate, Geological Survey Department. Occasional Paper n° 2*, 1926, p. 8.)
- A. SALÉE, Le détournement du lac Tanganyika. (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, vol. XLVII, 1927, pp. 200-208.)
- Constitution géologique du Ruanda oriental. (*Mémoires de l'Institut de Géologie, de l'Univ. de Louvain*, t. V, fasc. 2. Bruxelles, 1928.)
- L. EMBERGER, Sur une formule climatique et ses applications en botanique. (*Revue La Météorologie*, n°s 92, 93, 1932, Paris.)
- M. ROBERT, *Le Centre Africain. Le domaine minier et la cuvette congolaise*. H. Lamertin, éditeur à Bruxelles, 1932.
- *L'Afrique centrale*. Collection Armand Colin. Paris, 1934.
- G. PASSAU, La région volcanique du Sud-Ouest du lac Kivu. (*Bull. de l'Inst. R. Col. Belge*, t. III, 1932, pp. 414-424.)
- N. BOUTAKOFF, Sur la découverte de deux massifs de volcans éteints au Sud-Ouest du lac Kivu. (*Bull. de la Soc. belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, t. XLIII. Bruxelles, 1933.)
- N. BOUTAKOFF, J. BOUTAKOFF et C. SOROTCHINSKY, *Carte géologique et topographique du coude du graben occidental africain et massifs volcaniques Kahuzi et Biega*, 1934. Éditée par le Comité national du Kivu à Bruxelles.
- C. SOROTCHINSKY, Étude pétrographique de l'édifice volcanique du Kahuzi et du Biega. (*Mémoires de l'Inst. Géol. de l'Un. de Louvain*, 1934.)
-

CHAPITRE II

VARIATIONS DU CLIMAT PLÉISTOCÈNE

Généralités. — Inondation du lac Kivu et terrasses fossilifères. — Exemple de deux alluvions pléistocènes. — Cailloux roulés à stries glaciaires. — Équivalence probable des terrasses lacustres du Kivu avec celles des lacs de l'Est-Africain. — Glaciation quaternaire sur le Ruwenzori et sur les volcans de l'Est-Africain. — Démonstration par l'analyse climatique d'une glaciation pléistocène probable sur les sommets les plus élevés de la région du Kivu. — Migration des espèces végétales particulières à ces hautes montagnes de l'Afrique centrale.

Les phénomènes de glaciation et d'expansion lacustre qui se sont succédé aux temps quaternaires dans les parties les plus élevées de l'Afrique intertropicale témoignent de variations importantes des climats locaux. Nous essaierons de les analyser sur la base des documents indirects que nous avons pu établir et par les relations qui apparaissent certaines avec les phénomènes analogues relevés dans les régions limitrophes de l'Afrique orientale. Ces changements du climat ne nous intéressent pas d'un point de vue purement géologique ou purement météorologique. Nous les considérons en fonction de la formation des sols.

On pourrait difficilement se rendre compte de l'état actuel des sols sans connaître les vicissitudes qui ont présidé à leur évolution. Il n'est pas nécessaire, d'autre part, de remonter à des temps géologiques reculés pour nous rendre compte de la constitution des profils actuels, si l'on considère la rapidité particulière avec laquelle les sols des tropiques évoluent sous l'action de certains facteurs du climat. La température et les précipitations, ces dernières considérées sous le double aspect de leur abondance et de leur régime, ont varié trop fortement dans le Pléistocène supérieur et successivement dans le Quaternaire récent (Holocène) pour qu'il nous soit possible d'apprécier le rôle joué par les facteurs climatiques, par l'hydrographie superficielle et les phénomènes biologiques qui en sont le corollaire, sans avoir recours à toutes les observations susceptibles de préciser nos

idées sur l'ampleur de ces phénomènes. Nous avons ainsi à envisager, dans l'ordre géographique: l'inondation et l'exondation des terres; le vulcanisme; l'alluvionnement (deltation et cônes de déjection torrentielle); la sédimentation. Dans l'ordre climatique: l'action de transport des grands courants aériens (diffusion des poussières volcaniques, dépôts éoliens); la diminution de température; l'augmentation de l'intensité orageuse et par conséquent du régime d'averse; la diminution de l'évaporation; l'augmentation éventuelle de la hauteur des précipitations; la variation de ces éléments par rapport au relief orographique (variations d'après les versants). Dans l'ordre biologique: les migrations (avancées et reculs) des peuplements végétaux climatiques et l'action de l'Homme.

Inondation du lac Kivu. — Nous avons pu observer (1928-1929) trois anciennes terrasses du lac Kivu, respectivement à 180 mètres; 120 et 100 mètres au-dessus du niveau actuel qui est à 1,463 mètres. Nous avons relevé la première (à 180 m.) sur le flanc oriental du *Horst* congolais, à 1,643 mètres d'altitude, dans la baie de Sake (sentier de Sake à Kabaja); la seconde (à 120 m.) également dans la baie de Sake; la troisième à l'Est de Kissenye, sur l'ancienne piste de Nyundo (voir photo n° 11).

Les trois terrasses nous ont donné des fossiles qui ont été étudiés par la D^e LAURA GAMBETTA de l'Université de Turin et par le D^r H. SCHOUTEDEN, directeur du Musée du Congo belge à Tervueren. Nous n'avons fait, naturellement, aucun relevé stratigraphique. Cette étude ne pouvait être faite que par un géologue; il nous est impossible de fixer l'âge des sédiments en dehors des constatations par les géologues.

Des couches à Mollusques subfossiles avaient été signalées par STUHLMANN en 1897 dans le bassin du lac Édouard; par GROMIER en 1912, également dans l'Édouard; par J. BEQUAERT et l'Expédition du duc de Meklemburg en 1907. Cette dernière a signalé des tufs à fossiles à 8 mètres au-dessus du niveau actuel, ce qui porte à quatre le nombre des anciens rivages du Kivu.

Dans la terrasse à 180 mètres (I) on a trouvé: *Melania tuberculata* Müller et *Corbicula radiata* Parr. (Gambetta), Mollusques vivant dans

le lac actuel. Dans la terrasse à 120 mètres (II) on a trouvé: *Bullinus tchadiensis* Germain, *Melania tuberculata* et *Corbicula radiata* (Gambetta). La terrasse à 100 mètres (III) nous a donné: *Corbicula radiata*, *Melanoides tuberculata*, *Mutela* (Eminii), *Viviparus* (unicolor), Schouteden.

Nous avons trouvé, à 2 mètres au-dessus du niveau actuel (V), un niveau ancien, mais appartenant aux temps modernes, sous une couche épaisse de quelques mètres de limon rouge. Ce rivage, représenté par des dépôts de travertin, a donné: *Corbicula radiata*, *Melanoides tuberculata*, *Planorbis choanomphalus*, *Mutela* (Eminii).

Cela fait sept espèces de Mollusques subfossiles pour les terrasses I, II, III du Kivu. Nous ignorons si les fossiles des tufs à 8 mètres (terrasse IV) ont été déterminés.

Une ancienne plage fossilifère du lac Édouard, au Sud-Sud-Ouest des rives actuelles, à 110 mètres au-dessus du niveau des eaux (entre les rivières Rutshuru et Molindi), nous a donné: *Limnaea natalensis undussumae* Mart.; *Planorbis bridoxianus* Bgt.; *P. choanomphalus* Martens; *P. sudanicus* Martens; *Melania tuberculata* Müller; *Parreysia regis* Pilsbry-Bequaert; *Bullinus Alberti* Smith; *Parr. Stuhlmannii* Martens (Gambetta); *Parreysia ngesiana* et *Corbicula radiata* (H. Schouteden). Toutes ces espèces subfossiles se trouvent à l'état vivant dans les eaux du lac Édouard.

Les espèces de Mollusques vivantes connues jusqu'à ce jour (neuf espèces) du lac Kivu se retrouvent dans le lac Édouard, sauf une: *Bullinus tchadiensis*; la faune malacologique du Kivu a un caractère typiquement fluvial (Gambetta); les Mollusques vivant actuellement dans les eaux du Kivu sont identiques aux Mollusques des mêmes espèces situés dans les terrasses des anciens rivages (Schouteden); enfin l'identité est parfaite entre les formes communes aux deux lacs. Ce qui semble prouver que l'âge des cinq terrasses à fossiles est relativement récent et que les deux lacs *Kivu et Édouard* appartiennent à un même système fluvio-lacustre primitif.

Le géologue N. BOUTAKOFF vient d'acquérir les preuves de l'extension de la mer Buganda jusqu'au Tanganyika, dont les eaux se déversaient vers le Nord encore à la fin du Mindélien, par l'intermédiaire de la vallée du Kivu (Wayland).

Au Gamblien (fin du Chelléen — commencement du Wurmien) s'est produit l'effondrement du plancher du Tanganyika (son niveau baisse de 500 mètres); l'expansion lacustre Kivu-Édouard-Albert-Victoria (la mer Buganda) subit des dénivellations analogues; le Kivu et l'Édouard seuls restent encore unis.

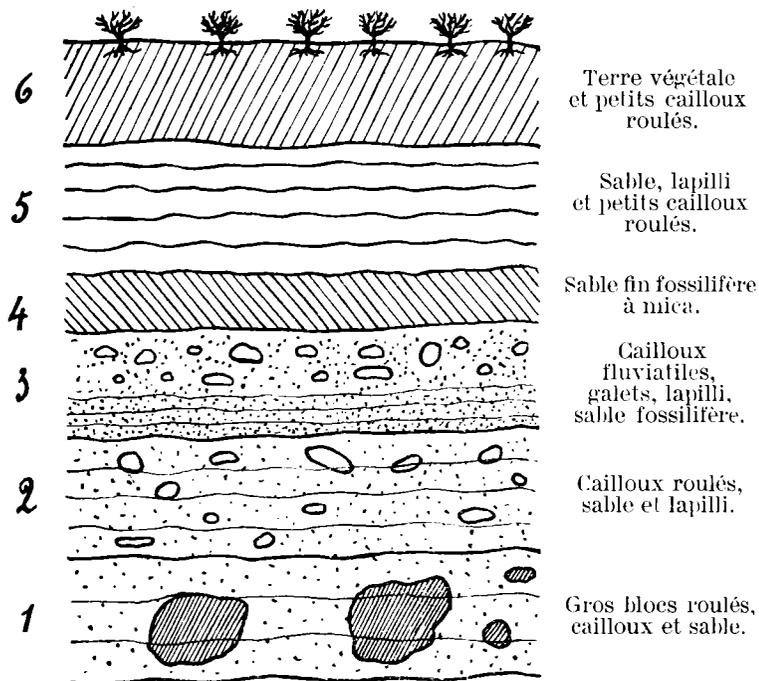
Le Kivu, qui n'a pas encore été capté par le Tanganyika, hausse considérablement son niveau. A la fin du Gamblien (Aurignacien?) surgissent au Nord du Kivu les volcans Mufumbiru, qui peu à peu séparent l'Édouard du Kivu (Post-Pluvial à la fin du Wurmien).

Le Kivu monte encore et trouve un nouveau passage vers le Nord, mais de courte durée, car de nouvelles éruptions ferment la barrière (sub-Actuel = âge du fer). A cette époque le Kivu monte de nouveau et construit les rivages à 100 mètres, à 120 et à 180 mètres reconnus par nous au Nord (1928-1929) et retrouvés au Sud par Boutakoff (1935). Le Kivu est finalement capté par le Tanganyika, à travers la vallée de l'ancien déversoir, qui est inversé, et le niveau du lac recommence à baisser, d'abord rapidement, puis plus lentement jusqu'au niveau actuel. La terrasse à 180 mètres, d'après Boutakoff, est particulière au Kivu.

Dans la terrasse III, à l'Est de Kissenye, nous avons creusé divers puits jusqu'à 4 mètres de profondeur (9 janvier 1928); en plus nous avons pu utiliser pour nos observations la coupe que le tracé d'une route de Kissenye à Nyundo mettait à découvert. Parcourant ce terrain, nous avons eu l'impression d'être en présence d'un ancien delta de la rivière Sebea, déposé en grande partie sous l'eau du lac, probablement pendant que l'eau montait et atteignait son niveau le plus élevé (à 180 m.). La Sebea a creusé depuis assez profondément son propre delta et dans les berges actuelles montre des *marmites* modelées dans des roches gneissiques, ce qui paraît témoigner d'une activité érosive beaucoup plus intense que l'actuelle (voir photo n° 12). Cette activité a-t-elle coïncidé avec la diminution rapide du niveau du lac après sa capture par le Tanganyika? En amont le torrent forme une cascade à la suite d'une rupture de pente.

La direction et l'épaisseur des couches ne sont pas uniformes. Elles paraissent inclinées légèrement de l'Est à l'Ouest; l'un de ces puits a donné le profil que nous reproduisons schématiquement ci-après. Il

révèle six couches diverses ainsi réparties du haut en bas : une couche superficielle de terre végétale mixte à des cailloux fluviatiles; une strate de sable très fin à mica située à 2 m. 50 de la surface; une strate de cailloux fluviatiles et de galets aplatis (lacustres) reposant sur une couche de lapilli et de sable. Dans cette strate ont été trouvés *Corbicula radiata*, *Melanoides tuberculata*, *Mutela* (Eminii) et *Viviparus* (unicolor). Au-dessous une autre strate de cailloux assez gros avec lapilli, mais plus rares, et sable; enfin une autre strate de cailloutis et sable avec des blocs épars et plus ou moins arrondis. Cette dernière strate, reconnue



à plus de 4 mètres de profondeur, paraissait continuer dans le sous-sol. (Le profil est analysé du point de vue minéralogique dans le chapitre suivant : échantillons 90, 91, 92, 93, 94). Les Mollusques fossiles susmentionnés ont été trouvés dans les horizons 3 et 4, à la profondeur respectivement de 3 m. 50 et 2 m. 50 de la surface. La disposition et la profondeur des horizons varient entre un point et l'autre du delta.

Ces observations sont évidemment fort incomplètes du point de vue stratigraphique et ne présentent que peu d'intérêt pour le géologue. Mais à notre point de vue particulier cette documentation garde

une certaine valeur, car non seulement l'inondation du bassin Kivu-Édouard est prouvée, mais l'alternance de couches si différentes par les matériaux qui les constituent semble démontrer la succession de phases de moins en moins pluvieuses, accompagnées ou suivies de poussées paroxysmales des volcans Mufumbiru ⁽¹⁾.

En un point de la chefferie Njekisemolo, situé à environ 100 kilomètres à l'Ouest de Kissenye, près du sentier de Ndolo (Masisi-Pinga), le 11 et le 13 avril 1928, à une altitude de 1,550 mètres (alt. bar.), nous avons fait creuser deux puits : l'un d'un mètre et l'autre de 3 mètres de profondeur. Le deuxième puits nous a révélé un profil intéressant (éch. 120, 121, 122, 123, 124). L'horizon 123 (à 2 m. de prof.) a donné des cailloux roulés de grès et de micaschistes avec des stries glaciaires caractéristiques (voir photo n° 10). L'horizon 124 (à 3 m. de prof.) comporte également de nombreux cailloux roulés, mais nous n'y avons pas trouvé de cailloux striés. A proximité de l'endroit où nous avons creusé ces puits passe actuellement un petit ruisseau.

Comparons maintenant par leur description morphologique les quatre horizons du profil de Kissenye et les quatre horizons du profil Njekisemolo. A chaque horizon nous gardons le numéro correspondant de l'échantillon.

Profil Kissenye (alt. 1560 m.).

N° 90. De 0 à 60 cm. : brun foncé, petits fragments de roche à angle vif. Fragments de coquilles terrestres.

N° 91. De 60 centimètres à 2 mètres de profondeur. Couleur mordoré. Sable micacé très fin, déposé vraisemblablement en eaux tranquilles et pas très profondes, près du rivage.

N° 92. De 2 m. à 2^m30 couche de lapilli, mélangée à du sable quartz. Gros fragments d'arkose et de quartz.

Profil Njekisemolo (alt. 1550 m.).

N° 120. De 0 à 40 cm. : couleur noir grisâtre, poussiéreux.

N° 121. Brun foncé, teinté de jaunâtre. Plus granuleux que l'horizon précédent, colore faiblement l'eau en jaune rougeâtre et laisse un dépôt de sable grossier.

N° 122. Même aspect et même couleur que l'horizon précédent, mais avec cailloux fluviatiles abondants (quartzites, schistes ardoisiens, etc.).

(1) D'après le géologue M. Dalloni (1934), le maximum de l'activité volcanique quaternaire dans le Tibesti (Sahara) a coïncidé avec un maximum d'activité érosive des précipitations atmosphériques.

N° 93. De 2^m30 à 3^m30 couleur chamois. Sable argileux avec petits fragments de roche et Mollusques subfossiles assez nombreux.

N° 94. Au-dessous 3^m50 de profondeur lapilli mêlés de fragments de roches diverses et de quartz roulé, fossilifère.

N° 123. De 2 mètres à 3 mètres couleur brun jaunâtre clair; poussiéreux et sableux; cailloux roulés nombreux (grès et micaschistes à stries glaciaires).

N° 124. A 3 mètres de profondeur couleur brun chamois clair. Terre finement sableuse et poussiéreuse avec cailloux roulés extrêmement nombreux, mais de dimensions plus petites.

Le profil Njekisemolo est une ancienne alluvion torrentielle dont le petit ruisseau que l'on voit actuellement à proximité du point où nous avons creusé le puits n'est que le dernier vestige. Si nous avons approfondi davantage notre puits il est fort probable que nous aurions reconnu des cailloutis plus importants. La reconnaissance même du lit de l'ancien cours d'eau devenait possible, mais cela dépassait le cadre de nos investigations. Dans un des puits creusés à Kissenye et dont le profil est dessiné à la page 33, une couche de cailloutis fluviatiles avec de grosses pierres roulées a été trouvée à 4 mètres de profondeur.

Les horizons de deux profils, Kissenye et Njekisemolo, paraissent synchroniques, mais nous n'osons pas affirmer qu'ils le soient réellement. Coïncidence curieuse, les deux profils appartiennent à une même altitude au-dessus de la mer.

Les trois horizons inférieurs dans l'un et dans l'autre profil appartiennent à des phases de transport torrentiel et fluviatile intenses qui paraissent décroître en intensité (du bas vers le haut), sauf peut-être une reprise en correspondance des horizons 93 et 123. Cette phase nous donne dans le profil de Njekisemolo des cailloux à stries glaciaires.

L'activité volcanique ne paraît étrangère dans aucune des trois phases, mais elle paraît avoir été particulièrement violente dans la troisième supérieure (n° 92 Kissenye). Il faut admettre comme extrêmement probable que tout le delta à l'Est de Kissenye, à l'exception, bien entendu, de la couche superficielle, a été déposé sous le niveau d'eau à faible distance du rivage. La présence de coquilles dans les deux horizons inférieurs s'explique aisément.

Les deux horizons supérieurs témoignent de phases de calme et de creusement. On trouve un dépôt de sable fin à Kissenye, vraisemblable-

ment en eaux basses et près du rivage; on a déjà du limon de ruissellement à Njekisemolo. L'horizon superficiel a évidemment la même origine et comporte des matières organiques végétales non encore détruites. A Kissenye, le niveau du lac devait avoir considérablement baissé à cette époque; il approchait vraisemblablement du niveau actuel.

Équivalence probable des terrasses lacustres du Kivu avec celles des lacs de l'Est-Africain. — Les cinq terrasses lacustres, témoins d'anciens rivages, prouvent que les *sols du pourtour du Kivu* jusqu'à l'isohypse de 1,640 mètres ont été successivement inondés et exondés. Les sols de moindre altitude ont subi l'immersion pendant une grande partie du Post-Pliocène (I et II période pluviale, du Günzien au Rissien), tandis que les sols au-dessus de 1,360 mètres, niveau maximum de la mer Buganda, le furent seulement au cours du troisième pluvial (Wurmien) et plus probablement vers la fin de cette période.

Les coulées basaltiques d'âge pliocène ou pré-pliocène que l'on voit à hauteur du niveau actuel du lac ont été probablement le plus longtemps submergées, ce qui fait que les sols rouges que nous trouvons aujourd'hui sur une partie des rives ont été exondés dans des temps récents (Holocène supérieur).

La terrasse III du Kivu, à 100 mètres au-dessus du niveau actuel, semble toutefois représenter la dernière grande période d'inondation. Ses couches supérieures ne décèlent, comme nous l'avons vu précédemment, aucune reprise pluviale, mais au contraire témoignent d'une diminution constante du transport torrentiel et font place d'abord à une sédimentation lacustre à laquelle correspond un transport fluvial de matériaux fins et puis à la phase actuelle de creusement avec sédimentation limoniteuse. Ces faits semblent nous autoriser à rapporter la terrasse III de Kissenye à la fin de la « *kleine Pluvialzeit* » de MAX BLACKENHORN en Égypte et Palestine (Wurmien des Alpes). Les horizons supérieurs du profil (91 et 92) pourraient appartenir à des phases humides alternées à des phases sèches du post-Pluvial au Néolithique. La terrasse IV (à 8 m.) serait de la même époque; la terrasse V (à 2 m.) appartient probablement au temps actuel.

Peut-on établir un synchronisme entre les horizons inférieurs du

delta avec le plus haut des anciens rivages du Victoria Nyanza, à 85 mètres au-dessus du niveau actuel, attribué par Wayland au Moustérien, et les rivages à 35 et à 22 mètres de la dépression du Faiyum en Égypte?

Les trois couches inférieures de nos deux profils paraissent, d'autre part, correspondre aux trois sub-époques humides de la dernière époque pluviale d'ÉRIK NILSSON (1931). D'après cet auteur, la diminution d'intensité et de durée de ces sub-époques aurait été progressive à partir de la première, pendant laquelle un maximum de glaciation et d'extension lacustre se serait produit dans les montagnes et dans le bassin de la Rift Valley. De nouvelles recherches sur les montagnes de l'Est-Africain et les anciens lacs de la Rift Valley et du plateau abyssin (1934) ont amené cet auteur à croire que parmi les sub-époques alternativement humides et sèches, du dernier pluvial, deux au moins ont eu une importance prépondérante. Dans le bassin Nakuru-Naiwasha il a reconnu dix sub-époques plus ou moins humides qui embrasseraient la dernière période pluviale et le post-Pluvial (1).

Glaciation quaternaire sur le Ruwenzori et les volcans de l'Est-Africain. — Notre trouvaille de cailloux striés fait logiquement supposer une *glaciation* dans ces contrées de l'Afrique centrale. S'agit-il de glaciations quaternaires ou de glaciations antérieures?

Le géologue E. ASSELBERGHS nous a fait observer qu'il pourrait bien s'agir de cailloux striés arrachés par l'érosion torrentielle à des conglomérats glaciaires du Permien, dont l'existence a été constatée à l'Ouest du *Horst* congolais. S'il s'agit, par contre, de glaciations récentes (ce qui paraît probable), ce matériel ne peut logiquement provenir que du faitage congolais. On peut regretter qu'aucune recherche n'ait été faite en vue de retrouver des traces d'une glaciation pléistocène dans

(1) Une de ces sub-époques humides pourrait-elle s'identifier à la couche d'argile rouge d'environ 3 mètres de puissance de Mugeru dans l'Urundi, dans laquelle le R. P. Tristan a découvert un ensemble de pièces lithiques avec des débris de taille et des ébauches, ainsi que des traces de foyer? D'après le géologue Salée, qui rapporte la découverte, ces outils gisaient à la partie supérieure d'une formation de grenaille latéritique parcourue par des poussées de limonite qui augmentaient avec la profondeur.

les montagnes du partage Congo-Nil. Ce qu'on sait du Ruwenzori la rend très vraisemblable.

Les glaciations quaternaires de ce massif (le pic Marguerite de 5,130 m. est à 0°30'N), de l'Elgon, du Kenya et du Kilimandjaro sont assez bien connues. Il nous paraît certain que tous les phénomènes d'avancée et de recul des glaciers, de dépôt de moraines et d'extension lacustre observés en Afrique orientale, principalement ceux se rapportant à la dernière glaciation (le Würmien des Alpes; la *kleine Pluvialzeit* de Blackenhorn), ont été accompagnés de phénomènes analogues dans la région qui nous intéresse particulièrement. Nous sommes partisan de la théorie de F. KLUTE (1928), qui admet et démontre, par son étude sur la glaciation des montagnes Rocheuses et de la chaîne Andine, le parallélisme entre les lignes de nivation actuelles et celles de la glaciation wurmienne à travers les diverses bandes climatiques, et la contemporanéité des phénomènes glaciaires dans les deux hémisphères au cours du Pléistocène. Cette opinion est partagée par bon nombre de géologues modernes (E. ANTEVS, 1926-1929; E. NILSSON et C. C.: ZON CALDENIUS, 1931).

Le massif du Ruwenzori paraît avoir été le centre le plus important de la glaciation pléistocène. Les digitations glaciaires sont descendues, d'après A. Roccati, géologue de l'Expédition du duc des Abruzzes (1909), jusqu'à 1,400 mètres dans la vallée Moboku (à 1,525 m. d'après SCOTT ELLIOT, 1894), sur le versant oriental. Cet auteur émet l'opinion que les glaciers ont atteint, au cours de la phase principale d'avancée, le grand bassin lacustre qui entourait le Ruwenzori. E. Nilsson conteste ces limites de Roccati et de Scott Elliot et place à 1,980 mètres le point le plus bas des grandes moraines, qui s'étendaient au moins à six kilomètres au-dessus de la vallée Moboku.

Aujourd'hui encore la glaciation du Ruwenzori reste la plus importante, malgré que ce massif soit le troisième en ordre de hauteur par rapport au Kenya et au Kilimandjaro. La plus ou moins grande extension des glaciers est fonction de leur dimension. Le Ruwenzori, qui détient le maximum hyétométrique de l'Afrique centrale et orientale, se trouve sous ce rapport dans des conditions privilégiées. Les moraines quaternaires, de dimensions considérablement plus importantes que celles de la même époque de l'Elgon et du Kilimandjaro, nous auto-

risent à penser qu'au Pléistocène le Ruwenzori bénéficiait d'un maximum d'alimentation (de précipitations) dans des proportions analogues à celles d'aujourd'hui. Ceci paraît s'accorder, d'autre part, avec les observations de Klute, qui affirme que l'ancienne limite inférieure de nivation était la plus basse, aussi bien que maintenant, dans les zones de plus forte pluviosité, bien entendu pour une même bande climatique.

Les limites inférieures des glaciations quaternaires ont été observées respectivement: sur le mont *Kenya*, par 5,195 mètres d'alt., 0° 10 S. et 37° 20' long. E., à 3,050 mètres pour une ancienne digitation glaciaire (GREGORY, 1893); le front du glacier se serait arrêté à 3,360, 3,400 et 3,440 mètres (E. NILSSON, 1931).

Sur le mont *Kilimandjaro*, par 6,015 mètres d'altitude au sommet Kibo, et compris entre 2° 45' et 3° 25' S., 37° et 37° 40' long. E., les niveaux inférieurs atteints par la glaciation sont : 3,600 mètres du côté Nord; 3,800 mètres du côté Ouest et 3,800 mètres du côté Sud (HANS MAYER, 1898-1900; C. UHLIG).

Sur le mont *Elgon*, par 4,315 mètres d'altitude, au Lovens Peak, par 1° 10' N. et 34° 30' long. E.; la limite inférieure de la glaciation semble avoir atteint 3,400 mètres, 3,475, 3,525 au Nord; environ 3,785 et 3,900 mètres en correspondance de quatre séries de moraines sur le versant Est du massif Koitoboss (E. NILSSON, 1931). Sur les autres côtés des versants, ces limites sont sensiblement plus élevées.

Des données exposées et que nous récapitulons dans le tableau ci-dessous, *l'alimentation des glaciers pléistocènes, augmentait progressivement de l'Est à l'Ouest, tout comme aujourd'hui, et cette alimentation n'a pas été uniforme sur tous les versants, les limites étant semblables à l'exposition aux grands courants aériens.*

LIMITES INFÉRIEURES DE LA GLACIATION PLÉISTOCÈNE.

Ruwenzori . . .	0° 23' N; 29° 52' G; 5.120 m. alt.	. . .	1.980 m. (Nilsson).
Kenya	0° 10' S; 37° 20' G; 5.195 m. alt.	. . .	3.360 m. (front du glacier).
Elgon	1° 10' N; 34° 30' G; 4.315 m. alt.	. . .	3.500 m. (E. Nilsson).
Kilimandjaro . . .	3° 95' S; 37° 20' G; 6.015 m. alt.	. . .	3.600 m. (H. Mayer).

Parmi les volcans éteints des Mufumbiru, certains atteignent des altitudes considérables: Karisimbi 4,506 mètres; Mikeno 4,437 mètres;

Muhavura 4,120 mètres. Le deuxième de ces volcans est très démantelé : il y a lieu de croire qu'à la fin du Gamblien (à l'Aurignacien?) son altitude était supérieure à l'actuelle. A priori il nous semble ne pouvoir exclure une glaciation s'établissant à la même époque dans ces montagnes, dont la position géographique apparaît très proche de celles des montagnes sur lesquelles la glaciation est certaine. Les géologues anglais de l'Uganda viennent de découvrir sur le Sebyinio (3,647 m. d'alt.) l'un des volcans éteints du groupe oriental, des moraines (pléistocènes?), ce qui semble prouver le bien-fondé de notre hypothèse (1). Nous croyons pouvoir attribuer une origine glaciaire à certaines petites prairies humides à Cypéracées que nous avons maintes fois observées sur le versant Sud et Sud-Est du Karisimbi (1928-1930). Il ne s'agit ni de marécages, ni de pozzines *s. str.* Ces petites prairies ont une forme ovoïde et affectent une surface horizontale ou subhorizontale, *quelle que soit la pente du versant*. Elles se localisent toutes dans l'étage à *Hypericum* et à Bruyères, entre 3,100 et 3,800 mètres. La végétation ligneuse les entoure complètement sans pouvoir les envahir. S'agirait-il de *poches glaciaires*, surcreusées par les digitations du glacier, aujourd'hui colmatées, mais où le drainage ne s'opère que de manière imparfaite? L'absence ou la défectuosité du drainage pourrait bien expliquer la non-installation de la végétation arboricole de l'étage.

Faute de preuves géologiques plus nombreuses et définitives, voyons à quelles conclusions peut nous amener une analyse du climat.

La glaciation pléistocène par l'analyse climatique. — Sans tenir compte de la plus forte altitude pléistocène de nos montagnes, observation qui s'appliquerait également aux montagnes de l'Est-Africain, commençons par attribuer au plus élevé des Mufumbiru, le Karisimbi, une limite inférieure de glaciation qui s'approche le plus de celle des montagnes qui peuvent lui être comparées. Le Karisimbi, dont les coordonnées sont : 1° 30'S; 29° 26'G, peut être comparé au mont Kenya et à l'Elgon, qui appartiennent à une zone climatique similaire.

(1) Cette information nous a été obligeamment communiquée par le géologue N. Boutakoff, à qui nous devons la connaissance de ses découvertes récemment citées.

A la suite de ce parallélisme, admettons que la limite inférieure de la glaciation du Karisimbi puisse s'établir à une altitude de 3,400 mètres. Dans le choix de cette moyenne, nous tenons compte d'une alimentation plus copieuse du Karisimbi par rapport à l'Elgon et au Kenya, étant donnée sa position occidentale. Cette limite n'exclut pas, évidemment, que des digitations glaciaires soient descendues plus bas. A cette altitude de 3,400 mètres, à laquelle nous présumons le front moyen du glacier, l'isotherme annuelle devait être de 0° C.

Dans l'étude que nous avons dédiée au climat actuel de cette partie de l'Afrique centrale nous avons indiqué que la radiation et les grands courants supérieurs sont en définitive les maîtres des manifestations du climat, et nous avons pu affirmer que la direction de l'alizé de Sud-Est et vraisemblablement même celle de l'alizé de Nord-Est n'avaient pas varié depuis la fin du Tertiaire (Pliocène-Post-Pliocène). Ce fait nous portait logiquement à conclure que le climat lui-même, pour les phénomènes subordonnés aux alizés (intensité et distribution des pluies, formation de tourbillons sous le vent des montagnes, formation du foehn, teneur de l'humidité spécifique), n'avait pas essentiellement varié depuis la même époque.

Le régime thermique des saisons, déterminé par le passage du soleil aux équinoxes et aux solstices (augmentation équinoxiale, fléchissement solsticial), ne peut également avoir varié. Ce qui peut avoir changé, la cause étant étrangère à l'un ou à l'autre des grands phénomènes cités, c'est seulement la *moyenne des températures*. Les auteurs sont à peu près unanimes à l'admettre, sans toutefois que l'une ou l'autre hypothèse (théories de SVANTE ARRHENIUS et de CHAMBERLAIN; hypothèse de DUBOIS) ait pu fournir des arguments suffisants. L'isotherme de 0° C assignée au front moyen du glacier pléistocène du Karisimbi signifie, il est utile de le rappeler, une oscillation annuelle quasi nulle (à plus forte raison à cause de l'altitude), mais une oscillation journalière importante. Nous avons montré, qu'actuellement cette oscillation est de l'ordre de 14°2 sur la cime du Muhavura, dont la moyenne est de 4°2; de 13°6 à 4,000 mètres d'altitude dans la selle Mukuru (Karisimbi), où la moyenne est de 4°8; de 9°6 à Tshibinda, à 2,115 mètres d'altitude (isotherme 16°).

A une altitude de 3,400 mètres elle peut atteindre 12° ⁽¹⁾. On est autorisé à croire que pendant le jour le glacier quaternaire subissait une fonte assez considérable, d'après le degré d'insolation, la constance ou l'inconstance de la température. Le gradient normal de décroissance de la température sur le versant des montagnes est actuellement de 0°60 C pour toutes les stations ne subissant pas d'influences particulières à cause de leur exposition. Il apparaît légitime de supposer que ce gradient s'est maintenu autour de sa valeur moyenne. Si nous prenons comme point de départ l'isotherme 0° C attribuée à notre limite inférieure de glaciation (3,400 m.), et nous nous prévalons du gradient, il est facile de calculer l'isotherme des différentes altitudes. A 3,100 mètres le terrain libre de glaces, devait être soumis au gel et au dégel journaliers comme aujourd'hui aux altitudes où la moyenne est la même (1°8); la solifluction y était possible; la neige et le grésil y étaient des formes de précipitations sinon régulières, tout au moins fréquentes. Ces conditions climatiques correspondent à cet étage de Graminées boréales que nous avons qualifié provisoirement d'*étage alpin*.

L'isotherme de 10°8, qui correspond à ces latitudes au niveau supérieur de la forêt de bambous, n'était atteinte au Pléistocène qu'à 1,600 mètres d'altitude. A ce niveau thermique les gelées sont possibles et la végétation garde un caractère de submicrothermie (étage à *Seneçons géants* et à *Lobelia*; étage à *Ericacées*). Ces exemples suffisent pour montrer non seulement le décalage des différents étages de végétation par rapport aux niveaux actuels et sur lesquels nous reviendrons plus tard, mais les différences de climat qui ont présidé à l'évolution des sols d'après leur altitude.

Si nos prémisses sont exactes nous pouvons conclure que *tous les sommets du système orographique des sources Congo-Nil ayant des altitudes supérieures à 3,100 mètres ont pu connaître un commence-*

⁽¹⁾ Dans le calcul de cette valeur moyenne nous avons tenu compte du fait que l'amplitude de l'oscillation diurne paraît diminuer jusqu'au niveau des précipitations maxima et augmenter au-dessus de cette limite. Au Pléistocène, le niveau des précipitations maxima s'établissait très probablement à une limite sensiblement inférieure, ce qui fait croire que l'oscillation moyenne calculée de 12° est plutôt au-dessous qu'au-dessus de sa valeur réelle.

ment de glaciation et de nivation pléistocènes dont l'importance augmentait avec l'altitude et la masse de la montagne.

Les précipitations étaient-elles plus abondantes? L'avis des géologues est partagé à ce propos. Il ne semble pas nécessaire que le volume des pluies ait été beaucoup plus important qu'actuellement, si l'on admet un abaissement relativement important de température. A. PENCK (1928) considère qu'au temps de l'expansion lacustre, par conséquent de l'avance des glaciers dans les montagnes, la baisse générale de la température a atteint 6° C. Il est évident qu'un tel fléchissement des isothermes entraîne: une diminution très sensible de l'évaporation, que cet auteur estime égale à environ la moitié de celle d'à présent; le passage, pour les régions de plus basse altitude (au-dessous du niveau actuel des précipitations maxima), du régime des pluies d'averse à celui des pluies fines; une fréquence et une persistance accrues des brouillards; une nébulosité probablement plus forte que l'actuelle. Dans l'ensemble le régime climatique que nous voyons aujourd'hui localisé dans l'étage dit «subalpin» du Ruwenzori et des autres montagnes de l'Afrique centrale (climat tempéré à pluies fines et brouillards) aurait envahi des territoires très étendus jusqu'à des niveaux altimétriques où aujourd'hui nous trouvons la transition entre la forêt dense ombrophile et la forêt de montagne.

Les mesures d'évaporation poursuivies par nous à la station de Tshibinda, à 2,115 mètres d'altitude dans le Kivu, et les comparaisons auxquelles nous avons été amené avec les régions limitrophes ont donné un taux d'évaporation à peu près égal à la hauteur des précipitations. Si un abaissement de 6° de la température diminue réellement l'évaporation de la moitié, ce fait serait suffisant pour expliquer la masse d'eau mise à la disposition de l'alimentation des glaciers, sans tenir compte du degré d'humidité relative, constamment élevé et souvent au point de saturation, et du degré d'humidité absolue, très probablement plus élevé que l'actuel.

Nous ne nions pas à priori que les précipitations au cours des périodes pluviales et des sub-époques humides aient été plus abondantes. Nous sommes même enclin à l'admettre dans une certaine mesure; mais dans ce cas il faut rechercher d'où provenait la plus grande humidité de l'air, du moment que les causes premières produc-

trices de la pluie (les alizés et le dynamisme des courants contre les chaînes de montagne) étaient les mêmes que celles d'aujourd'hui. On ne peut pas invoquer la convection, dont l'activité était indiscutablement moindre qu'actuellement.

Nous avons démontré précédemment que pendant la dernière période pluviale (Wurmien) et les sub-époques qui la suivirent il y a eu fréquemment une concomitance des phénomènes volcaniques et des phénomènes glaciaires. Les éruptions ont-elles augmenté le volume des pluies? Elles ont augmenté sûrement le nombre des orages, l'électricité atmosphérique, l'épaisseur du plafond nuageux; elles ont répandu des poussières, entraînées par la suite dans les couches élevées de l'atmosphère, où elles peuvent avoir séjourné assez longtemps. Les pluies ont probablement augmenté localement, mais pour une durée probablement éphémère; elles peuvent avoir augmenté pour quelque temps l'activité de transport des torrents.

Les poussières peuvent avoir modifié le comportement de la radiation solaire et entraîné une diminution ultérieure de température. Nous avons eu occasion de constater, au cours de notre travail climatique cité, l'influence que l'épaisseur du plafond nuageux et le degré local de transparence de l'air exercent sur le comportement de la radiation. Nul ne peut nier que le climat est avant tout une fonction solaire. Mais nos connaissances sont si restreintes sur les variations de cet élément et son comportement dans la bande équatoriale, que toute hypothèse à ce sujet nous est interdite.

A. PENCK et E. C. P. BROOKS ont cru pouvoir expliquer les changements climatiques au Quaternaire en supposant une zone de hautes pressions au-dessus de la glace continentale qui aurait poussé dans la bande subtropicale la zone atlantique de basses pressions. Plus tard, BROOKS (1934) revient aux idées des influences cosmiques et géographiques (migration des pôles, variation de l'obliquité de l'écliptique, excentricité de l'orbite terrestre, précession des équinoxes), pour conclure à des variations de la quantité de radiation émise par le soleil et dans la distribution de la radiation par saison et par latitude. Ces idées avaient été déjà partiellement émises par Dubois en 1906.

Ni l'une ni l'autre des hypothèses de Penck et de Brooks ne nous paraissent suffisamment prouvées. Il nous paraît certain que dans une

meilleure connaissance des phénomènes de la radiation solaire nous pourrions trouver à l'avenir une explication générale des fluctuations du climat au cours des temps quaternaires et que celle-ci est la voie véritable à suivre pour les investigations paléo-climatiques; mais aujourd'hui nous sommes encore confiné en partie dans le domaine peu sûr de l'hypothèse.

Il nous paraît intéressant d'insister sur un fait qui nous semble suffisamment prouvé : d'après les constatations des auteurs (surtout de Klute et Nilsson) les précipitations étaient réparties de manière différente sur les divers versants, comme elles le sont actuellement. Nous l'avons démontré constamment au cours de nos travaux climatologiques. Les mêmes causes dynamiques agissaient comme aujourd'hui. Certains auteurs qui ont comparé la glaciation actuelle et la glaciation pléistocène du Kilimandjaro et du Kenya en font mention expresse. A propos du Kilimandjaro, Hans Meyer constate que les glaciers actuels descendent plus bas du côté Sud-Ouest, tandis qu'au Nord-Est ils n'atteignent que quelques centaines de mètres sous le bord du cratère. Il explique cette grande différence par les apports divers d'humidité des deux moussons qui s'alternent au cours de l'année, mais il ne dit pas si les glaciers descendent plus bas sur le versant plus humide ou sur le versant plus froid. F. KLUTE (1912) considère qu'il y a sur le Kilimandjaro une certaine similitude entre la répartition de la glaciation actuelle et celle de l'ancienne. Il attribue *aux conditions similaires pléistocènes et actuelles des précipitations avec la même alternance des moussons Nord-Est et Sud-Ouest la complète analogie des limites altimétriques des glaciers présents et anciens.*

Sur le Kenya, les glaciers actuels descendent le plus bas du côté Nord, où ils arrivent à 4,400-4,500 mètres; les glaciers anciens sont descendus le plus bas sur ce même versant et sur le versant Est, respectivement à 3,360 et 3,200 mètres. (GREGORY et HALFORD MAC KINDER.)

Sur l'Elgon, la glaciation ancienne descendait le plus bas du côté Nord (3,400 m.) et du côté Est (3,500 m.), sur lequel une digitation a été vérifiée jusqu'à 3,475 mètres. Ces observations nombreuses, mais devant être vérifiées ultérieurement et coordonnées au point de vue climatologique, paraissent confirmer notre thèse de la subordination

de la répartition des pluies à la direction des courants supérieurs (voir p. 41).

Nous avons conclu (p. 39) que d'une manière générale l'alimentation des glaciers augmente avec la longitude occidentale. Ceci ne paraît pas contredire l'opinion, se dégageant des constatations des géologues, que localement, sur chaque montagne, le front moyen des glaciers paraît avancer davantage du côté le plus humide (et le plus chaud), tandis que les digitations glaciaires, peut-être favorisées par la topographie des versants, paraissent atteindre du côté le plus froid les niveaux les plus bas. La topographie des cimes a aussi son influence, selon que le centre d'alimentation est une caldeira, comme sur l'Elgon, ou est constitué par des arêtes (le Ruwenzori) ou par des cimes coniques (les Mufumbiru).

Migration des espèces végétales particulières aux hautes montagnes de l'Afrique centrale. — La constance de la direction des courants supérieurs n'a pas empêché des variations profondes de température et d'humidité de l'air de se produire pendant de longues périodes (voir p. 40). Le climat a été ainsi uniformisé au cours des époques pluviales et au cours des sub-époques arides alternativement sous le signe d'une humidité dominante ou de sécheresses prolongées, sans toutefois que le régime saisonnier tel que nous le voyons actuellement et certains phénomènes particuliers aient été modifiés profondément. On devait y observer la même décroissance d'humidité de l'Ouest à l'Est que comporte le climat actuel; les saisons sèches, plus ou moins effacées dans les secteurs occidental et central du « graben », devaient réapparaître à l'Est, même pendant la grande humidité. L'action desséchante du Foehn, quoique réduite comme elle peut l'être aujourd'hui à la suite d'une année pluvieuse, ne doit jamais avoir été détruite. Le cadre climatique, qui a donc toujours comporté des différenciations locales en fonction de l'orographie aussi bien en période humide qu'en période sèche, a déterminé les migrations des peuplements montagnards. Il est certain que chaque sylve a conquis du terrain dans le climat qui lui était le plus favorable. Ainsi, par exemple, les formations subalpines à Seneçons géants et à *Lobelia*, aujourd'hui cantonnées au-dessus de 3,500 mètres (d'après l'altitude des montagnes) et dont

l'isotherme est de 6° à 3° C (Karisimbi), descendaient au cours des périodes froides vraisemblablement jusqu'à 2,400-2,200 mètres et même davantage pour les espèces plus thermophiles (1). Nous avons vu précédemment comment le niveau supérieur de la forêt de bambous devait se trouver à environ 1,600 mètres d'altitude au cours de la dernière période pluviale. Durant les périodes interpluviales (deux au moins très longues entre le Günzien et le Wurmien dans l'Est-Africain) les associations microthermes ou de climat tempéré ont cédé devant une poussée des espèces subxérophiles et xérophiles.

Les formations humides ont persisté vraisemblablement du côté Ouest et dans les parties élevées orientales bénéficiant encore de pluies abondantes au cours des sub-époques arides. A l'Ouest du « graben » elles ont maintenu le contact avec la forêt équatoriale de la cuvette congolaise par l'intermédiaire des diverses formations d'altitude. Les saisons mieux différenciées à l'Est, à n'importe quelle période du Pléistocène, paraissent avoir favorisé l'existence, de ce côté du centre africain, d'une plus grande variété de types forestiers. Le front de discontinuité thermique que nous avons vu s'établir au-dessus de la fosse tectonique du Kivu, marquant la frontière entre l'air équatorial humide de l'Atlantique et l'air tropical de l'océan Indien, a déterminé vraisemblablement la limite de moindre migration des peuplements forestiers de haute montagne. L'équilibre atteint par les différentes sylves que nous observons aujourd'hui est la résultante des avancées et des reculs successifs survenus au Pléistocène.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- MEYER, HANS, 1890, *Across East African glaciers*. London, 1890.
 — 1900, *Der Kilimandjaro*. Berlin, 1900.
 — 1904, Die Eiszeit in den Troyen. (*Geogr. Zeitschr.*, vol. 10, 1904, pp. 593-600.)
- GERGORY, J. W., 1894, The glacial geology of Mount Kenya. (*Quart. Journal Geol. Soc.*, vol. 50, pp. 515-530.)
 — 1896, *The Great Rift Valley*. London, 1896.
 — 1921, *The rift valleys and geology of East Africa*. London, 1921.

(1) E. Nilsson relate que dans les hautes montagnes de l'Abyssinie il a toujours rencontré les Lobelia, mais jamais les Seneçons.

- DUBOIS, EUG., 1895, *The Climates of Geological Past and their relation to the evolution of the Sun*. London, 1895.
- MACKINDER, H. J., 1900, A Journey to the Summit of mount Kenya, British East Africa. (*Geogr. Journ.*, vol. 15, 1900, pp. 453-486.)
- ROCCATI, A., 1909, *Osservazioni geologiche nell' Uganda e nella catena del Ruwenzori fatte durante la spedizione di S. A. R. il duca degli Abruzzi nell' anno 1906*, vol. II. Milano, 1930.
- KLUTE, FRITZ, 1920, *Ergebnisse der Forschungen am Kilimandjaro 1912*. Berlin, 1920.
- 1929, Der Kilimandjaro, ein tropischer Riesenvulkan und seine Vergletscherung einst und jetzt. (*Geol. Charakterbilder*. Heft 36. Berlin, 1929.)
- BLACKENHORN, M., 1921, Aegypten. (*Handbuch der regionalen Geologie*, vol. 7, n° 9. Heidelberg, 1921.)
- 1921, Die Steinzeit Palästina. Syriens und Nordafrikas. (*Das Land der Bibel*, vol. 3, n° 5. Leipzig, 1921.)
- BROOKS, C. E. P., 1922, *The Evolution of Climate*. London.
- 1926, *Climate through the ages*. London, 1926.
- 1934, Post-Glacial Climates and Forest of Europe. (*Some Problems of modern Meteorology*, published by the *Royal Meteorological Soc.*, pp. 150-168. London, 1934.)
- SALÉE, A., 1925, Une hache en quartz de type acheuléen du Ruanda. (Est-Africain belge.) (*Annales de la Soc. scient. de Bruxelles*, t. XLIV, première partie. *Documents et Comptes rendus*, p. 360. Avril 1925.)
- 1927, Un atelier de style paléolithique dans l'Urundi (Est-Africain belge). (*Annales de la Soc. scient. de Bruxelles*, t. XLVII, série B, première partie. *Comptes rendus des séances*, p. 76. Avril 1927.)
- 1928, Constitution géologique du Ruanda oriental. (*Mémoires de l'Inst. géol. de l'Univ. de Louvain*, 1928.)
- WAYLAND, E. J., 1929, Pleistocene climates and Prehistory. (*Summary of Progress of the Geol. Survey of Uganda for the Year 1919 to 1929*. Entebbe, 1929, VI, pp. 37-40.)
- 1929, African Pluvial Periods and Prehistoric Man, vol. 29, n° 88, 1929, pp. 118-121.
- 1929, The Geological History of the Great Lakes. (*Annual Report of the Geol. Survey of Uganda*. Entebbe, Part. II, n° 1, 1929, pp. 35-38.)
- 1935, Past Climates and some future Possibilities in Uganda. Reprinted from the *Uganda Journal*, vol. III, n° 2, pp. 93-110, october 1935.
- 1930, Rift Valleys and Lake Victoria. (*XV Internat. Congr. Pretoria*, 1930, vol. II, Sect. VI, pp. 323-353.)
- MARTONNE (DE), EMM., 1930, *La dégradation de l'hydrographie*. (*Revue Scientia*, pp. 1-20. Milano, 1930.)
- CALDENIUS, CARL C : ZON, 1931, *Fraun en trearig geokronologisk forskningsresa i Patagonien*. *Ymer*. Stockholm, 1931, H. I., pp. 1-24.

- NILSSON, ERIK, 1931, Quaternary Glaciations and Pluvial Lakes in British East Africa. (*Geografiska Annaler*, Häft 4. Stockholm, 1931.)
- 1935, Traces of ancient changes of Climate in East Africa. Preliminary Report. (*Geografiska Annaler*, Häft 1-2. Stockholm, 1935.)
- KÖPPEN, WLADIMIR, 1931, *Grundriss der Klimakunde*. Berlin und Leipzig, 1931.
- GAMBETTA, LAURA, 1932, Sopra alcuni Molluschi raccolti dal Dr. H. Scaetta nel lago Kivu, in rapporto alla fauna malacologica del lago Edoardo. (*Boll. dei Musei di Zoologia e di Anatomia comparata della R. Università di Torino*, vol. XLII, série III, n° 21, 1932.)
- SCAËTTA, H., 1932, Les Famines périodiques dans le Ruanda. Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène. (*Mém. in-4° de l'Inst. R. Col. Belge*. Bruxelles.)
- 1933, Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique. (*Mém. in-4° de l'Inst. R. Col. Belge*. Bruxelles, 1933.)
- 1934, Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil. (*Mém. in-4° de l'Inst. R. Col. Belge*. Bruxelles, 1934.)
- SHOUTEDEN, H., 1933, Les Mollusques aquatiques vivants et subfossiles de la région du lac Kivu. (*Bull. des Séances de l'Inst. R. Col. Belge*, pp. 519-427. Bruxelles, 1933.)
- STEFANINI, G., 1933, *Saggio di una carta geologica dell' Eritrea, della Somalia e dell' Etiopia alla scala di 1 : 2000.000. Gensiglaio nazionale delle Ricerche. Comitato per la Geologia*. Firenze, 1933.
- BOUTAKOFF, N., 1933, Une nouvelle considération confirmant l'écoulement primitif du lac Kivu vers le Nord. (Extrait du *Bull. de la Soc. belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, t. XLIII, 1933.)
- 1933, Sur la découverte de deux massifs de volcans éteints au Sud-Ouest du lac Kivu. (Extrait du *Bull. de la Soc. belge de Géologie*, 1933.)
- 1935-1936, Une série d'autres renseignements; nous les devons à des communications épistolaires que l'auteur nous a faites au cours de ses explorations dans la région du Kivu-Tanganyika et dont il voulut bien nous autoriser à en tenir compte dans la rédaction de ce chapitre.
- GEER (DE), GÉRARD, 1934, Equatorial Palaeolithic varves in East Africa. (*Geografiska Annaler*, Häft 2-3, pp. 75-96. Stockholm, 1934.)
- DALLONI, M., 1934, La géologie du Tibesti. (*Mémoires in-4° de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 2° série, t. LXI. Paris, 1934.)
- URVOY, Y., 1935, Terrasses et changements de climat quaternaires à l'Est du Niger. (*Annales de Géographie*, n° 249, 44° année, pp. 254-263. Paris, 1935.)

CHAPITRE III

PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Nous n'avions pas en vue une étude détaillée des sols. Nous n'avions pas à nous préoccuper de rechercher la fertilité particulière de tous les sols que nous traversions et nous ne pouvions pousser l'investigation morphologique dans des détails qui, pour être vrais, auraient demandé le secours d'un laboratoire sur place.

Notre but, comme nous l'avons dit clairement dans l'Introduction et dans nos travaux précédents, était la définition du milieu ambiant, au triple point de vue de l'atmosphère, de la végétation et du sol. Ce dernier, produit des deux premiers, devait être connu dans ses caractères essentiels, surtout du point de vue génétique.

Les trois investigations ont souvent progressé de conserve. Nous avons essayé de nous rendre compte, après avoir pris connaissance des caractères géographiques d'une zone, si elle avait des caractéristiques particulières suffisantes pour la distinguer des zones voisines. L'observation de la végétation venait principalement à notre secours.

Lorsque notre impression se confirmait que des traits physiques dignes d'être relevés existaient réellement, l'établissement d'une station météorologique, l'exploration de la flore, le prélèvement de profils de terrains devenaient notre préoccupation principale.

Nous avons travaillé avec la pensée dominante que les trois éléments du milieu ambiant ne pouvaient être disjoints, que leur étude devait garder des liaisons constantes et réciproques, méthode qui seule pouvait nous conduire à l'image synthétique du milieu.

Les circonstances nous ont plus ou moins servi. La somme des concours que nous avons pu réunir autour de nous a rendu possibles les résultats que nous avons donnés jusqu'à présent et qui sont complétés par ce « regard » sur les sols.

Nous disposions d'une sonde qui pouvait aller jusqu'à trois mètres de profondeur. Mais dès le début cet instrument s'est révélé inutile et

son maniement, confié à des nègres, était pratiquement impossible. Nous devions voir le sol dans son profil et prendre des photographies. Il est évident qu'il n'y avait qu'un moyen : excaver des puits ou des tranchées profondes. C'est ce que nous avons fait.

Nous nous rendîmes compte tout de suite que les sols différaient beaucoup dans leur constitution morphologique : les uns étaient variables (stratifiés) dans leur aspect et leur composition ; les autres étaient homogènes, tout au moins en apparence, jusqu'à de grandes profondeurs.

Nous vîmes promptement que les sols à profil variable étaient surtout ceux du *horst* congolais et coïncidaient approximativement avec le domaine de la forêt équatoriale de montagne. Les sols homogènes appartenaient par contre aux régions moins élevées de la partie orientale du partage Congo-Nil, domaine de la forêt sèche ou des « bush » xérophiles.

Quand cette constatation apparut clairement à notre esprit, l'exploration fut plus poussée, tout naturellement, dans les régions où nous nous attendions à trouver une variation fréquente de types. Ce fait explique pourquoi, dans l'ensemble des profils, la majorité appartient au district occidental du *graben*.

Dans le domaine étendu des sols d'apparence uniforme, nous estimâmes suffisante la détermination de quelques profils complets prélevés en des points très éloignés entre eux. Dans les zones intermédiaires nous n'avons pris que des profils partiels, limités à deux ou trois couches (de 0 à 1 m.) ou à la seule surface ; en ce cas on choisissait un échantillon qui comprenait la terre d'une épaisseur de 30 à 40 centimètres. Nous avons pensé que l'échantillon de surface pouvait suffire à nous donner la raison des modifications que nous constatons dans la couverture végétale. Car ces prises partielles de profil correspondent toujours à des changements dans la composition des associations végétales qui peuplaient le sol. Les profils complets correspondent généralement à des situations climatiques ou morphologiques importantes.

La distinction sur place de l'horizon éluvial et de l'horizon illuvial nous a paru quelque peu hasardeuse, étant données l'insuffisance de nos moyens de recherche et l'impossibilité d'avoir recours à un labora-

toire quelque peu outillé. Nous prîmes la décision d'adopter des mesures et une méthode uniformes de prélèvement pour tous les sols, la distinction entre les horizons pouvant être faite en Europe après reconstitution du profil.

Cette méthode a consisté à prendre cinq échantillons pour chaque profil en surface (de 0 à 20-30 cm.) : un à 50 centimètres (de 50 à 60 cm.) ; un à 1 mètre ; un à 2 mètres ; un à 3 mètres. Ceci était bien plus facile, à la portée de notre personnel indigène et éliminait une série d'erreurs possibles dans la mise en sachet des échantillons. Chaque profil comprenait environ 10 kilogrammes de terre sèche.

Nous ne fîmes subir aucune manipulation aux échantillons ; ils furent simplement séchés à l'air libre et à l'ombre et ne furent mis dans les sachets définitifs que quand nous présumâmes que toute trace d'humidité extérieure avait disparu. Périodiquement, généralement après chaque itinéraire important d'exploration, le matériel récolté était expédié au Ministère des Colonies à Bruxelles (les expéditions se poursuivirent de 1928 à 1930).

Nous cherchâmes, chaque fois que la chose était possible, à parvenir à la zone de départ (Lacroix). Souvent, pour les profils qui nous paraissaient autochtones (dépôts colluviaux), des fragments de la roche mère altérée étaient annexés à l'échantillon de profondeur (à 3 m.).

Malheureusement, au cours du transport en Europe, les sachets, alourdis par des fragments de roche, se trouèrent et les roches se mélangèrent. L'attribution à leur profil originel devint par la suite très difficile ou impossible, d'autant plus que nous ne fûmes autorisés qu'en 1933 à nous servir de notre matériel, pour le passer aux laboratoires qui devaient procéder à son étude. Notre programme primitif de recherches dut ainsi subir des amputations forcées.

La récolte d'échantillons de roches fraîches supportant les différents types de sols n'était pas de notre compétence. Ce travail ne pouvait échoir qu'au géologue. Toutefois, nous avons récolté, en collaboration avec notre compagnon de voyage, le Prof^r H. HUMBERT, un certain nombre d'échantillons de roches volcaniques qui furent portés à Paris et déterminés par le minéralogiste A. LACROIX. Nous en donnons la liste en appendice à ce chapitre.

APPENDICE AU CHAPITRE III

*Roches récoltées par H. Humbert et H. Scaëtta au Kivu
et déterminées par M. A. Lacroix, de Paris.*

Téphrite leucitique (Mikenite) du volcan Mikeno (Kivu).

Leucittéphrite vitreuse du volcan Mikeno (Kivu).

Leucittéphrite (ottajanite scoriacée) du volcan Muhavura (frontière Ruanda-Uganda).

Scories de basanitoïde leucitifère transformée par les fumerolles (autour des fontaines de lave dans le cratère du Nyamalagira au Kivu).

Scorie oxydée de basanitoïde, dans le cratère du volcan Nyamalagira (Kivu).

Scorie de basanitoïde de la base Nord-Est du volcan Niragongo (Kivu).

Lave cordée à 1.800 mètres d'altitude au Nord-Est du Nyamalagira (plaines de lave entre les lacs Kivu et Édouard).

Lave scoriacée de basanite et leucitifère des fontaines de lave dans le cratère du Nyamalagira (Kivu).

Lave scoriacée du cratère-marais de Tshikère à la base du volcan Mikeno (Kivu).

Basanite leucitique du volcan Karisimbi (Kivu).

Lave scoriacée imprégnée de fumerolles du volcan Nyamalagira, autour des fontaines de lave.

Basalte leucitique du volcan Karisimbi.

Téphrite leucitique du volcan Niragongo, à 3.400 m. d'altitude, sur le bord du cratère (Kivu).

Lave scoriacée de basanitoïde leucitifère autour des fontaines de lave, dans le cratère du Nyamalagira (Kivu).

Téphrite leucitique (Mikenite) des monts Bwito, au Sud-Est du lac Édouard.

Micaschiste à grenat au Sud-Est du lac Édouard.

Scories du cratère du volcan Nyamalagira, à 3.000 m. d'altitude.

Scories basaltiques de la cime du volcan Karisimbi, à 4.506 m. d'altitude.

CHAPITRE IV

LES SOLS ET LEUR CONSTITUTION MINÉRALOGIQUE

PAR A. SCHOEP.

Quels que soient l'importance et l'intérêt de l'étude minéralogique des sols en général, il est incontestable que, dans l'appréciation de la valeur d'une terre des tropiques, une telle étude est à faire avant toute autre.

Quelles données nous fournit une analyse minéralogique de ce genre? Non seulement elle nous renseigne sur la nature des minéraux que l'altération météorique permet encore d'identifier, mais aussi sur les produits de cette altération. L'importance relative de ceux-ci par rapport à ceux-là permet de se faire une idée des réserves que possède le sol en éléments indispensables à la culture pour laquelle des essais préalables auront montré qu'il peut convenir.

Car si l'altération météorique des minéraux dans les sols des régions tempérées est extrêmement lente, séculaire, peut-on dire, il n'en va pas de même sous les tropiques, où quelques années peuvent suffire à modifier considérablement la composition d'une terre. Les principes de la pédologie paraissent aujourd'hui, dans les grandes lignes, bien établis, du moins pour les régions tempérées.

Il n'en va pas de même sous les tropiques; ce sont bien les mêmes facteurs naturels qui sont les agents de la destruction des roches et de la formation concomitante des sols, mais les principes pédologiques qui guident l'ingénieur agricole dans le traitement des terres des régions tempérées ne sont pas toujours applicables aux sols tropicaux; l'ignorance de cette vérité a déjà coûté très cher à bien des planteurs et à bien des entreprises agricoles.

Connaître les réserves d'un sol en éléments indispensables aux plantes, qu'importe, après tout, dans les pays tempérés, puisqu'il y a les engrais chimiques et qu'on peut, en quelque manière, corriger les

sols, à condition qu'ils renferment en proportion voulue certains complexes colloïdaux. Mais il ne peut être question de l'application, en grand, des engrais artificiels sous les tropiques, où les espaces cultivés se trouvent à des distances telles des centres de production de ces engrais, que le prix de revient des produits agricoles peut s'en trouver accru au point d'en rendre la vente impossible.

M. Scaëtta a rapporté de la région du Kivu un certain nombre d'échantillons de sols.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'en faire l'étude minéralogique; nous espérons que notre exemple sera suivi et que nous disposerons ainsi dans la suite des renseignements concrets sur la nature des sols de la Colonie.

Nous avons eu à notre disposition, non seulement des sols du Kivu, mais quelquefois des fragments de roches aux dépens desquelles on présume que ces sols se sont formés. Nous dirons quelques mots de ces roches, surtout des minéraux qui les composent, car une étude pétrographique ne serait pas à sa place ici. Nous donnerons ensuite les résultats de l'analyse minéralogique des différentes terres examinées.

NOTES SUR QUELQUES ROCHES DE LA RÉGION. — M. Scaëtta a pu recueillir, au cours de sa mission, quelques échantillons de roches : des schistes, des grès, des quartzites, des micaschistes à sillimanite; ces fragments étaient le plus souvent à l'état de cailloux roulés et dans un état d'altération météorique avancé, ne permettant aucune étude pétrographique sérieuse.

Je signalerai également, provenant du Kahuzi, une roche à texture porphyrique, à pâte grisâtre peu abondante, avec cristaux idiomorphes de feldspath potassique et de quartz (bipyramide hexagonale) visible à l'œil nu.

L'échantillon de terre provenant de Kasseraboba renferme de gros morceaux de pegmatite à muscovite, feldspath et quartz.

Les roches les plus fraîches sont incontestablement les laves dont de bons spécimens ont permis un examen microscopique détaillé.

Cet examen est d'autant plus intéressant que le plus grand nombre de sols étudiés dérivent de laves. De toutes celles-ci on a fait des lames

minces, dont l'étude a montré qu'on pouvait les ranger dans la famille des basaltes.

Il s'agit presque toujours d'un basalte à olivine, augite et feldspath calco-sodique. Les cristaux de première formation sont constitués par de l'olivine et de l'augite; la pâte de la roche est composée de microlites d'un feldspath calco-sodique, voisin de la labradorite, et d'une masse verdâtre aphanitique dans laquelle abondent les cristaux de magnétite.

Quelques laves cependant, prélevées au Niragongo, présentent en section mince une composition minéralogique et une texture identique à celles des néphélinites à leucite et des leucitites à néphéline du Niragongo, déjà étudiées et décrites par L. Finckh (¹).

J'ai aussi pu observer une néphélinite à mélilite du Niragongo en tous points identique à celle décrite par L. Finckh comme provenant du cratère de Ngoma.

Enfin, je signalerai parmi les roches rapportées par M. Scaëtta et provenant du Niragongo des spécimens de blocs rejetés par le Niragongo, d'aspect très métamorphique. Ces blocs sont de couleur gris-bleu; on y voit des cristaux craquelés de cordiérite de 5 à 6 mm. de diamètre. En lame mince, on observe une texture porphyrique; les phéno-cristaux sont de la leucite et de la cordiérite. La pâte est extrêmement trouble et ne permet aucune identification.

Finckh signale au chapitre III de son beau mémoire : *Fremde Einschlüsse und Auswürflinge*, des blocs rejetés par le Niamlagira; dans certains d'entre eux il signale également la cordiérite.

Il résulte de ce qui précède que les minéraux *les plus importants* des roches rapportées par M. Scaëtta sont :

des feldspaths potassiques	l'augite,	la muscovite,
et calco-sodiques,	l'olivine,	la sillimanite,
la leucite,	la magnétite,	la tourmaline,
la néphéline,	la biotite,	le grenat.
la mélilite,	le quartz,	

(¹) L. FINCKH, Die jungvulkanischen Gesteine des Kivusee-Gebietes. (*Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907-1908. Unter Führung Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg*, Band I, Lieferung I. Leipzig, 1912.)

Cette énumération tient plus ou moins compte de leur importance relative. Je n'ai pas fait mention de minéraux accessoires.

Dans les sols étudiés on n'a jamais retrouvé la leucite, la néphélite, la mélilite, la magnétite; le feldspath a été reconnu une seule fois dans des terres formées aux dépens de pegmatite, notamment dans les sols du Kahuzi et dans ceux de Katala.

Si les sols étudiés sont autochtones, ce qui, en pays accidenté, est plutôt rare, cela montrerait une fois de plus combien vite s'altèrent des minéraux comme ceux qui viennent d'être énumérés et dont l'importance pour le sol est essentielle. Même si l'autotochnie n'était pas démontrée, le fait garderait encore toute son importance.

Les minéraux que l'on rencontre le plus généralement, et souvent en abondance, dans certaines terres du Kivu sont l'augite et l'olivine.

Je ne puis cependant oublier de signaler le *verre volcanique* comme un constituant squelettique de certaines terres du Kivu, ce qui n'a d'ailleurs rien d'étonnant.

Enfin, M. Scaëtta a rapporté quelques échantillons de sols particulièrement riches en débris végétaux. Il ne faudrait pas cependant les dénommer *humus*; quelques-uns de ces sols sont formés presque en totalité de radicelles, tiges, etc.

Dans certains d'entre eux je n'ai pu reconnaître, après calcination, pour toute matière minérale, que des cendres volcaniques et en quantité extrêmement réduite. Au nombre de ces sols il s'en trouvait un, provenant du Kahuzi, qui, au premier abord, donnait l'impression d'être imprégné de matières humiques. Mais sa couleur était d'un noir si profond, son poids spécifique si peu élevé, son imperméabilité si absolue, que l'on devait s'apercevoir tout de suite qu'il ne s'agissait pas d'une terre.

L'analyse a montré que ce spécimen renfermait environ 70 % de bitume, ou d'asphalte. Une étude en sera faite plus tard et publiée ailleurs.

On trouvera, dans ce qui suit, pour chaque échantillon de terre, les résultats de l'analyse minéralogique. Pour plusieurs spécimens, des échantillons ont été prélevés à la surface et à des profondeurs déterminées.

Un mot de la couleur de ces terres. Il est bien entendu qu'il s'agit de la couleur de la surface.

A part quelques échantillons de terres qui sont nettement rouge brique et qui sont d'ailleurs peu nombreux, on peut classer, du point de vue de la couleur, toutes les terres étudiées en deux groupes :

- 1° les terres de teinte généralement brune, rougeâtre, chamois, etc.;
- 2° les terres grises ou noires.

En général, tous les sols étudiés étaient poussiéreux à sec; imbibés d'eau, ils se comportaient comme des terres plus ou moins argileuses.

Toutes ces terres ont été traitées par la même méthode : un poids déterminé d'un sol, généralement 100 gr., est mis à digérer dans l'eau distillée pendant plusieurs jours à une température voisine de 30°; on triture à la main et l'on procède ensuite au tamisage sur des tamis dont les mailles ont des ouvertures de 1/2, 1/4 et 1/5 mm.

Ce qui reste sur les tamis est pesé; nous avons donné le nom de matière fine à celle qui passe par le tamis de 1/5 mm.; la quantité de matière fine est indiquée pour chaque sol.

Nous n'avons pas poussé plus loin la séparation des particules de dimensions inférieures à 1/5 mm., estimant que c'était là un travail assez inutile dans une recherche comme celle-ci, qui a forcément un caractère préliminaire.

Mais nous ne pouvons manquer cependant d'insister sur l'importance qu'il y aura à pousser cette analyse mécanique plus loin le jour où l'agronome aura à se prononcer sur les qualités relatives des sols du Kivu pour telle culture déterminée. On fera bien de s'inspirer alors des belles recherches que J. J. B. Deuss a faites sur les terres à thé de Java et de Sumatra (1).

Les portions restées sur les trois tamis de 1/2, 1/4 et 1/5 mm. sont soigneusement examinées au binoculaire et au microscope, de manière à identifier les minéraux qui s'y trouvent ainsi que leurs produits d'altération.

Les résidus laissés sur les différents tamis par la plupart des terres du Kivu présentent une texture grumeleuse tout à fait particulière, en

(1) Dr. J. J. B. DEUSS, Over thee gronden van Java en Sumatra. (*Mededeelingen van het proefstation voor thee*, n° LV, 1917, n° LXXXIX, 1924. Batavia.)

ce sens que les grumeaux en sont arrondis et donnent l'impression d'être, non des grumeaux, mais des grains de minéraux roulés; à l'état sec, et débarrassés de la matière fine, ces résidus ressemblent à un sable, en ce sens qu'ils sont constitués de grains arrondis.

Deuss leur a donné le nom de *pseudo-zand*, que nous traduisons par *pseudo-sable*.

Les grains de ce pseudo-sable se laissent quelquefois écraser entre les doigts, moyennant un certain effort cependant; mais il en est qui résistent à ce traitement. Ils sont constitués par certains produits d'altération de minéraux dont on peut quelquefois retrouver des fragments ou des traces à l'intérieur des grains. Leur masse est formée de colloïdes plus ou moins déshydratés, cimentant des particules microscopiques minérales.

L'analyse chimique révèle la présence des constituants suivants :



La composition quantitative est variable; il s'agit évidemment d'un mélange de plusieurs colloïdes. Ces grains sont très poreux, mais ne se réduisent pas en poussière sous l'eau.

La croûte colloïdale qui se forme autour des grains des minéraux peut être un obstacle à la détermination de ceux-ci, lorsqu'on se sert, comme nous l'avons fait, exclusivement d'eau distillée pour le tamisage. Nous n'avons pas rencontré cette difficulté.

Pour cette raison, nous avons préféré n'employer que l'eau pure pour le tamisage, plutôt que de *peptiser* les sols dans des eaux ammoniacales ou sodiques, ce qui généralement a pour effet de réduire les grains colloïdaux et de mettre à nu le minéral dont ils dérivent.

On sait qu'un remède plus énergique encore est l'emploi d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique.

Mais tous ces procédés, qui déforment en quelque sorte l'image du sol, n'ont pas dû être appliqués.

*
**

Dans les résultats des analyses minéralogiques nous avons donné le nom de *grains de pseudo-sable* à ces grumeaux si caractéristiques de ces terres, que nous venons de décrire.

La couleur de ces grains est toujours celle de la terre même; elle est due à un hydroxyde, quelquefois à un oxyde de fer.

Nous en avons observé de couleur brune, ocre, rouge, noir. Il ne faut cependant pas attacher une trop grande importance à ces couleurs. Les rouges et les bruns sont dus au fer, mais c'est un fait bien connu que sous les tropiques, *ces couleurs peuvent virer quelquefois assez vite* à des tonalités plus sombres, au gris et même au noir, sous l'action de certaines eaux contenant des matières organiques qui réduisent le fer trivalent en fer bivalent; il suffit que de telles eaux recouvrent pendant quelque temps des terres rouges, par exemple, pour que la réduction soit presque complète.

Une couleur noire du sol sous les tropiques ne prouve donc pas à priori la présence de matière humique. Et le contraire est vrai : certaines terres rouges et brunes des tropiques se sont montrées plus riches en matières humiques que ne l'avaient fait supposer leurs vives couleurs.

*
**

Quelques-unes des terres rouges avaient été dénommées par M. Scaëtta : *sols présumés latéritiques*.

Je n'oserais pas affirmer qu'il y eût un sol latéritique « sensu stricto » au nombre de ceux que j'ai eu l'occasion d'étudier.

Avant d'exposer les raisons sur lesquelles je m'appuie, je voudrais, une fois pour toutes, définir ce qu'on entend par *latérite* d'abord et *sol latéritique* ensuite. On sait que dans les régions tropicales humides et dans celles où la saison des pluies et la saison sèche sont bien tranchées, les roches peuvent donner, par altération météorique, des sols de couleur rouge, si l'aération en est suffisante et lorsque ces sols s'enrichissent petit à petit en matériaux allitiques (hydroxydes d'aluminium et de fer), tandis que les bases et l'acide silicique sont entraînés par les eaux d'infiltration.

C'est vraisemblablement lors de ce processus que se forment les grumeaux si caractéristiques qui constituent le pseudo-sable; ces grains ont un pouvoir absorbant appréciable et donnent au sol une légèreté qui en rend le travail relativement facile.

Mais ce processus, l'entraînement des bases et de la silice, mène facilement à la formation de *sols latéritiques*.

Les matériaux allitiques insolubles fixés à la surface s'y concentrent en concrétions d'apparence limoniteuse et peuvent finir par former une *cuirasse latéritique* bien connue.

Ces concrétions, de couleur rouge brunâtre, ressemblent souvent à s'y méprendre, par la forme et par la dimension, à des grenats altérés; leur diamètre peut atteindre 1 mm. Dans les cavités et les fissures de ces concrétions on retrouvera souvent le *minéral typique* de la latérite : l'hydrargyllite.

Je ne l'ai pas rencontré au cours de mes analyses et je n'ai pas trouvé non plus dans les sols étudiés les concrétions de la cuirasse latéritique auxquelles je viens de faire allusion.

On a peut-être bien un peu abusé du terme *latérite* en désignant par là des sols ou des produits d'altération de roches qui n'avaient de commun avec la latérite vraie que la couleur rouge qu'elle prend d'habitude. On se rend compte de plus en plus que les sols latéritiques sous les tropiques sont, en fait, beaucoup moins répandus qu'on ne l'avait supposé, et c'est heureux, car une latérite vraie est ce qu'il y a de plus infertile comme sol.

On pourrait objecter que retrouver l'hydrargyllite dans un sol n'est pas chose facile et qu'on peut très bien ne pas la trouver du tout dans des sols vraiment latéritiques.

J'en conviens.

Mais il reste alors le procédé chimique qui permet de dire si une terre est latéritique ou non.

Voici en quoi il consiste :

Un poids déterminé de terre est mis à bouillir pendant une heure dans de l'acide chlorhydrique, maintenu à une concentration de 20 %, puis on filtre.

Ce traitement peut provoquer la précipitation d'une partie de la silice soluble; pour cette raison on traite le résidu insoluble par une solution de potasse caustique de densité de 1,04 qui dissout cette silice, que l'on peut doser.

On fait ensuite l'analyse complète de la solution chlorhydrique. Il faut avoir soin d'ajouter à la silice trouvée ici celle dissoute dans la potasse caustique.

La valeur du rapport que l'on trouvera entre la silice et l'alumine permet de dire si l'on se trouve en présence d'une latérite ou non.

En effet, pour qu'il y ait latérite, il faut qu'il y ait dans la terre analysée de l'oxyde d'aluminium Al_2O_3 *non lié à l'acide silicique*; on admet qu'il en est ainsi lorsque le rapport

$$ki = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

est inférieur à 2.

On a proposé d'autres rapports pour juger de l'importance de l'alumine libre dans un sol, tels que

$$Sq = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Connaissant le rapport ki , on trouve facilement Sq par la formule

$$Sq = ki \times 1,7.$$

Mais le quotient ki est à lui seul bien suffisant.

Une autre caractéristique d'un sol latéritique est la pauvreté en *bases*. La quantité de base comparée à celle de l'alumine est donnée par le quotient

$$ba = \frac{\text{CaO} \cdot 1,822 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 1,646 + \text{K}_2\text{O} \cdot 1,085}{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

Nous avons dit que $ki < 2$ indiquait la présence de Al_2O_3 libre dans le sol et par conséquent le début de la latéritisation.

Il est des cas où, même avec $ki > 2$, il peut y avoir Al_2O_3 libre, mais dans ce cas la teneur en H_2O du sol ne manquera pas d'indiquer la présence d'hydrargyllite; celle-ci contient en effet plus d'eau que la kaolinite.

C'est un fait caractéristique pour les sols des régions tropicales de donner pour ki et ba de petites valeurs.

ki atteint son minimum pour une latérite franche.

Il est compris entre 1 et 2 pour un limon (siallite allitique de Harrassovitz).

ba est nécessairement petit pour les vraies latérites. Pour les sols en général, sa valeur dépasse rarement 2.

J'ai appliqué cette méthode chimique à deux des terres qui font l'objet de cette étude, parce que, par leur aspect, elles présentaient, plus que toutes les autres, l'aspect de terres latéritiques.

L'une avait été prélevée à la surface, à Mulambi, dans le Ruanda, sur la piste de Kanoko (échantillon n° 216). Sa couleur est rouge brique.

Je n'y ai trouvé en fait de minéraux que du quartz: il y avait environ 7 % de ce minéral mélangé à des grains de pseudo-sable; tout le reste (93 %) était constitué par de la matière fine, de couleur rouge, qui passait à travers le tamis de 1/5 mm.

L'extrait par HCl à 20 % laisse un résidu insoluble de 69,64 %.

Je ne trouve que 0,39 % de silice soluble et 2,83 % de Al_2O_3 .

$$k_i = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{0,39}{2,82} = 0,13.$$

Il faudrait se garder pourtant de prétendre que ce sol est une latérite, car le résidu insoluble de 69,64 % contenait une proportion énorme de matière rouge non attaquée.

L'analyse complète de cette terre montre d'ailleurs qu'il y a 22,42 % d'alumine.

Tout ce qu'on peut en conclure, c'est qu'il s'agit d'une terre en voie de latéritisation.

L'autre terre prélevée (n° 379) à la surface, à Moganga (Nyalandhja), est également de couleur rouge. 90 % de matières fines passent par le tamis de 1/5 mm. Pour le reste, je n'ai pu y reconnaître que du quartz.

L'extrait par l'acide chlorhydrique à 20 % m'a donné

$$k_i = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{0,72}{2,99} = 0,24.$$

Comme pour l'exemple qui précède, notre conclusion ici sera la même, car il n'y a, en somme, qu'une petite partie de la matière fine que l'acide chlorhydrique parvient à dissoudre, et l'analyse globale de cette terre montre qu'elle contient encore beaucoup d'alumine combinée.

C'est une terre en voie de latéritisation.

*
**

Voici maintenant les résultats de l'analyse minéralogique pour chaque sol :

TERRES BRUNES :

Mbene (île Idjwi). — Altitude 1490 mètres.

A la surface. N° 155.	Couleur brun foncé, poussiéreux. Il ne reste rien sur le tamis.
A 0 ^m 50 de prof. N° 156.	Couleur brune, poussiéreux. Rien sur le tamis.
A 1 m. de prof. N° 157.	Couleur brune, poussiéreux. Rien sur le tamis.
A 2 m. de prof. N° 158.	Couleur brun rougeâtre. Rien sur le tamis.
A 3 m. de prof. N° 159.	Couleur brun rougeâtre. Rien sur le tamis.

Mulungu (Kivu). — Altitude 1700 mètres.

A la surface. N° 273.	Couleur brun très foncé. Le tamisage humide a donné : Sur le tamis de 1/2 mm. : 3,85 %. Fragments de roche non identifiables, nombreux restes de végétaux, un peu de charbon de bois; Sur le tamis de 1/4 mm. : 7,40 %; Sur le tamis de 1/5 mm. : 8,12 %, idem. Environ 80 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
A 0 ^m 50 de prof. N° 274.	Couleur brune. Le tamisage humide a donné : Sur tamis de 1/2 mm. : 0,92 % (même chose que n° 273); Sur tamis de 1/4 mm. : 1,77 % (même chose que n° 273); Sur tamis de 1/5 mm. : 2,07 % (même chose que n° 273). Environ 95 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
A 1 m. de prof. N° 275.	Couleur brune. Le tamisage humide a donné : Sur tamis de 1/2 mm. : 0,59 % (même chose que n° 274); Sur tamis de 1/4 mm. : 0,55 % (même chose que n° 274); Sur tamis de 1/5 mm. : 1,84 % (même chose que n° 274).
A 2 m. de prof. N° 276.	Couleur brune. Le tamisage humide a donné : Sur tamis de 1/2 mm. : 0,42 % (même chose que n° 275); Sur tamis de 1/4 mm. : 0,35 % (même chose que n° 275); Sur tamis de 1/5 mm. : 0,45 % (même chose que n° 275). Environ 98 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 3 m. de prof. Couleur brune. Le tamisage humide a donné :
 N° 277. Sur tamis de 1/2 mm. : 0,62 % (même chose que n° 276);
 Sur tamis de 1/4 mm. : 0,50 % (même chose que n° 276);
 Sur tamis de 1/5 mm. : 1,20 % (même chose que n° 276).
 Environ 97 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

Lussunyu (Ruanda, rive orientale du Kivu).

- A la surface. Couleur terre de Sienne, argileux. Radicelles adhérentes aux
 N° 147. grumeaux. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 5,75 %. Nombreux débris, radi-
 celles, graines, etc. Grains de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 10,55 %. Exclusivement granules
 de pseudo-sable, friables entre les doigts;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 5,57 %. Idem.
 Environ 78 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof. Couleur jaune grisâtre, aspect de limon, très difficile à
 N° 148. tamiser, colle fortement au tamis. Ce qui reste sur les tamis
 de 1/2 mm., 1/4 mm. et 1/5 mm. est négligeable.
- A 1 m. de prof. Couleur jaune grisâtre, aspect de limon. Rien comme résidu.
 N° 149.
- A 2 m. de prof. Couleur jaune grisâtre, aspect de limon. Rien comme résidu.
 N° 150.

Mohanga (Mokoto, entre les lacs Ndalala et Mbalukila). — Altitude
 1900 mètres.

- A la surface. Couleur gris brunâtre, poussiéreux. Le tamisage humide a
 N° 130. donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 21,35 %. Cristaux d'olivine, d'au-
 gite, grains brunâtres de pseudo-sable, produits d'altéra-
 tion de minéraux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 26,22 %. Idem, mais les grains de
 pseudo-sable sont beaucoup plus abondants;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 16,90 %. Le pseudo-sable domine
 largement sur les autres constituants.
 Environ 35,5 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof Couleur brun grisâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 131. Sur tamis de 1/2 mm. : 4,2 %. Quartz, augite, olivine en
 quantité à peu près équivalente, un peu de mica, pseudo-
 sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 15,42 %. Surtout granules bru-
 nâtres de pseudo-sable, un peu de quartz et de mica;

Sur tamis de 1/5 mm. : 12,37 %. Composition minéralogique comme sur tamis de 1/4 mm.; mais ici c'est le quartz qui domine sur les grains de pseudo-sable.

Environ 68 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 1 m. de prof.
N° 132. Couleur brun pâle grisâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 4,60 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 8,35 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 7,25 %.

La composition minéralogique est la même que pour l'échantillon n° 131.

Environ 80 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof.
N° 133. Couleur brun pâle grisâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 2,57 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 8,55 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 8,75 %.

La composition minéralogique est la même que pour les échantillons n°s 131 et 132.

Environ 80 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 3 m. de prof.
N° 134. Couleur pâle rosé, pierreux. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 29,50 %. Rien que du quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 29,22 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 15,70 %. Idem.

Environ 31,5 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Monts Dalinghi.

A la surface.
N° 259. Couleur brun noirâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 46,92 %. Tous débris de lave altérée et quelques olivines;
Sur tamis de 1/4 mm. : 12,50 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 14,52 %. Idem.

Environ 26 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof.
N° 260. Couleur brun foncé. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 38,35 %. Débris de lave, cristaux d'augite et cristaux d'olivine;
Sur tamis de 1/4 mm. : 12,47 %. Fragments de lave, fragments de cristaux d'olivine et augite;
Sur tamis de 1/5 mm. : 10,72 %. Idem.

Environ 38 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Fendula (versant Ouest de la dorsale congolaise).

- A la surface. Manque.
- A 0^m50 de prof. N° 338. Couleur brun rougeâtre, aspect argileux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 4,05 %. Quartz, augite et grains de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 2,37 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 2,07 %. Idem.
- Environ 91 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof. N° 339. Couleur brun rougeâtre à aspect argileux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 1,9 %. Quartz, augite et grains de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 1,1 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 1,6 %. Idem.
- Environ 95 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof. N° 340. Couleur brun rougeâtre à aspect argileux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 2,22 %. Quartz, augite et grains de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 1,02 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 0,70 %. Idem.
- Environ 96 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. N° 341. Couleur brun rougeâtre à aspect argileux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 1,70 %. Quartz, augite et grains de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 0,72 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 1,07 %. Idem.
- Environ 96 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Karashoma (forêt de la dorsale congolaise).

- A la surface. N° 332. Couleur brune, aspect limoniteux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 19,48 %. Débris de quartz et roche altérée, quelques fragments de bambous;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 13,60 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 12,08 %. Idem.
- Environ 54 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Tshibinda (lisière forestière sur la dorsale congolaise). — Altitude 2200 mètres.

- A la surface.
N° 278. Couleur brun foncé. Nombreuses radicules. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 6,40 %. Nombreux débris végétaux, charbon de bois, granules de pseudo-sable, quartz, pyroxènes;
Sur tamis de 1/4 mm. : 8,87 %. Idem que sur tamis de 1/2 mm., mais beaucoup moins de matières végétales;
Sur tamis de 1/5 mm. : 8,75 %. Idem.
Environ 76 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 279. Couleur brun rougeâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 5,70 %. Presque exclusivement des grains de pseudo-sable;
Sur tamis de 1/4 mm. : 10,07 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 12,60 %. Idem.
Environ 71 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof.
N° 280. Couleur brun jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 14,40 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 10,67 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 10,79 %.
Pas possible de déterminer un seul minéral; ce sont tous des grains de pseudo-sable.
Environ 64 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 281. Couleur brun jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 6,70 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 6,17 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 7,02 %.
Impossible de déterminer un seul minéral. Ce sont tous des grains de pseudo-sable.
Environ 80 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 282. Couleur brun jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 23,47 %. Fragments de lave altérée et fragments de micaschistes plus ou moins altérés; cristaux d'olivine rares;
Sur tamis de 1/4 mm. : 8,92 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 7,35 %. Idem.
Environ 60 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Matale (dorsale congolaise). — Altitude 2280 mètres.

A la surface. Accumulation de matières organiques. Le tamisage humide
N° 288. a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 41,88 %;

Sur tamis de 1/4 mm. : 18,24 %;

Sur tamis de 1/5 mm. : 12,54 %.

Environ 27 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Le produit résultant de la calcination de cette terre est une poudre brune qui, au microscope, se débite en fragments dont la détermination est impossible. Cette poudre est mélangée à du quartz très fin, mais en petite quantité. La perte par calcination de cette terre est de 53,09 %.

A 0^m40 de prof. Le tamisage humide a donné :

N° 289. Sur tamis de 1/2 mm. : 10 %;

Sur tamis de 1/4 mm. : 11 %;

Sur tamis de 1/5 mm. : 8,68 %.

Environ 70 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Sous-sol (prof.?) Couleur brun clair. Fragments de lave altérée. Le tamisage
N° 310. humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 33,37 %. Lave altérée;

Sur tamis de 1/4 mm. : 9,85 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 11,27 %. Idem.

Environ 45 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kirumbi (dorsale du Ruanda). — Altitude 2200 mètres.

A la surface. Couleur chamois clair. Le tamisage humide a donné :

N° 297. Sur tamis de 1/2 mm. : 57,25 %. Quartz; beaucoup de muscovite et quelques grains de tourmaline;

Sur tamis de 1/4 mm. : 6,9 %. Presque toute muscovite;

Sur tamis de 1/5 mm. : 4,4 %. Idem.

La substance fine 31 % passant à travers le tamis de 1/5 mm. est presque exclusivement de la muscovite; quelques débris de racines. Les plus grands morceaux restant sur le tamis de 3 mm. atteignent 10 mm. La terre est composée de quartz anguleux avec assez bien de muscovite; quelques grains noirs de tourmaline.

Rwaza (Ruanda) à Jachère. — Altitude 1800 mètres.

A la surface. Couleur ocre brunâtre, argileux. Le tamisage humide a
N° 294. donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 1,15 %. Quartz et grains limoni-
teux;

Sur tamis de 1/4 mm. : 1,25 %. Quartz et augite altérée en quantité à peu près égale;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 6,4 %. Quartz en quantité abondante avec environ 1/3 d'augite altérée.
 Environ 91 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm. de composition argileuse.

Muhembe (Ruanda, prairie à Andropogonées). — Altitude 1700 mètres.

A la surface. Couleur brun pâle. Sablo-argileux. Le tamisage humide a
 N° 296. donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 2,58 %. Débris de micaschiste altéré et restes de végétaux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 3,93 %. Quartz, assez bien de grains de pseudo-sable, un peu de mica;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 3,35 %. Quartz, assez bien de grains de pseudo-sable, un peu de mica.
 Environ 90 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyamwe (Sud-Ouest du Kivu). — Altitude 1400 mètres.

A la surface. Couleur chamoix pâle; argilo-sableux. Le tamisage humide
 N° 380. a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 3,35 %. Quartz anguleux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 8,00 %. Quartz anguleux presque pur;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,35 %. Beaucoup de quartz et quelques fragments d'augite inaltérée.
 Environ 79 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyakaziba (Sud du Kivu).

A la surface. Couleur brun foncé, légèrement grisâtre. Débris végétaux
 N° 371. abondants, poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 9,87 %. Quartz et débris végétaux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 20,05 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 11,60 %. Idem.
 Environ 58 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof. Couleur brun clair; aspect limoneux et poussiéreux. Le tami-
 N° 372. sage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 8,65 %. Quartz;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 13,85 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 14,37 %. Idem.
 Environ 63 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof.
N° 373. Couleur jaune chamois; aspect limoneux et poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 4,67 %. Quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 7,62 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 8,27 %. Idem.
- Environ 79 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 374. Couleur jaune pâle. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 8,10 %. Quartz.
Sur tamis de 1/4 mm. : 5,65 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 9,62 %. Idem.
- Environ 76 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 375. Couleur jaune clair. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 3,50 %. Quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 2,55 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 3,30 %. Idem.
- Environ 90 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Tshiangoma (Sud du Kivu). — Altitude 2125 mètres.

- A la surface.
N° 382. Couleur brun foncé; poussiéreux et débris végétaux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 16,30 %. Débris de végétaux; pseudo-sable, un peu de quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 15,39 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 15,42 %. Idem.
- Environ 52 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 383. Couleur brun rougeâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 2,37 %. Débris de végétaux, fragments de roche altérée, un peu de quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 2,15 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 4,17 %. Idem.
- Environ 91 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof.
N° 384. Couleur brune. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 2,01 % (même chose que n° 383);
Sur tamis de 1/4 mm. : 2,00 % (même chose que n° 383);
Sur tamis de 1/5 mm. : 2,00 % (même chose que n° 383).
- Environ 93 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 2 m. de prof. Couleur brune. Le tamisage humide a donné :
- N° 385. Sur tamis de 1/2 mm. : 5,97 % (même chose que n° 384);
 Sur tamis de 1/4 mm. : 9,57 % (même chose que n° 384);
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,40 % (même chose que n° 384).
 Environ 75 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. Couleur brun chocolat. Le tamisage humide a donné :
- N° 386. Sur tamis de 1/2 mm. : 2,00 % (même chose que n° 385);
 Sur tamis de 1/4 mm. : 1,55 % (même chose que n° 385);
 Sur tamis de 1/5 mm. : 2,27 % (même chose que n° 385).
 Environ 94 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

Rutaha (plateau central Sud du Kivu). — Altitude 1950 mètres. Plantations de caféiers.

- A la surface. Couleur brune (terre brune). Le tamisage humide a donné :
- N° 360. Sur tamis de 1/2 mm. : 21,40 %. Cette couleur brune paraît
 due au mélange des grains rouges et noirs du pseudo-
 sable; il y a du quartz et beaucoup de débris de racines;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 8,35 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,10 %. Idem.
 Environ 61 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof. Couleur brun-rouge. Finement sableux. Le tamisage humide
 N° 361. a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 4,60 %. Grains de pseudo-sable avec
 un peu de quartz;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 7,90 %. Presque tout de pseudo-
 sable avec un peu de quartz;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 4,95 %. Presque tout de pseudo-
 sable.
 Environ 82 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

Moganza (île Idjwi). — Altitude 1850 mètres.

- A la surface. Couleur brun foncé; poussiéreux. Le tamisage humide a
 N° 175. donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 26,17 %. Quartz, mica, sillimanite,
 fragments de micaschiste, charbon de bois et quelques
 radicules;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 19,15 %. Quartz, un peu de mica et
 nombreux grains de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 17,50 %. Idem.
 Environ 37 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

- A 0^m50 de prof.
N° 176. Couleur brun clair; argile empâtant des fragments de quartz et de mica, visibles à l'œil nu. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 17,20 %. Quartz, augite, mica, feldspath;
Sur tamis de 1/5 mm. : 12,60 %. Quartz, mica.
Environ 59 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof.
N° 177. Couleur brun clair; matière argileuse empâtant des fragments de quartz et de mica, visibles à l'œil nu. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 15,75 % (même chose que n° 176);
Sur tamis de 1/4 mm. : 11,47 % (même chose que n° 176);
Sur tamis de 1/5 mm. : 8,30 % (même chose que n° 176).
Environ 64 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 178. Couleur et composition minéralogique sont de même que pour le n° 177. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 14,35 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 8,85 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 8,87 %.
Environ 67 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Bukulumissa (futaie mésophile). — Altitude 2430 mètres.

- A la surface.
N° 283. Couleur brun très foncé. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 21,95 %. Fragments de végétaux et de roche altérée; aucun minéral reconnaissable;
Sur tamis de 1/4 mm. : 16,25 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 16,47 %. Idem.
Environ 45 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 284. Couleur brun clair. Fragments de roche très altérée dans poussière fine. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 33,80 %. Fragments de lave altérée, rien de déterminable;
Sur tamis de 1/4 mm. : 11,20 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 9,50 %. Idem.
Environ 45 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof.
N° 285. Couleur brun jaunâtre. Fragments de schiste et de lave altérée dans poussière brune. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 35,62 %. Fragments de schiste, de lave et d'autres roches altérées, pas de minéraux reconnaissables;

- Sur tamis de 1/4 mm. : 11,35 %. Tous fragments altérés, non identifiables;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,77 %.
 Environ 43 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
 N° 286. Couleur brune. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 32,70 %. Fragments de schiste plus ou moins altérés;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 13,30 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 8,25 %. Idem.
 Environ 45 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
 N° 287. Couleur brune. Blocs de schiste et lave altérée. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 31,37 %. Schiste et lave altérée;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 12,05 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 6,90 %. Idem.
 Environ 49 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mwandula (versant occidental de la dorsale congolaise).

- A la surface.
 N° 70. Couleur gris brunâtre. Épaisseur de la couche végétale : 25 à 30 cm. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 46,70 %. Surtout du quartz, quelques fragments de charbon de bois et radicelles;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,30 %. Quartz, mica et grains de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 6,75 %. Quartz, mica et grains de pseudo-sable;
 Environ 32 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
 N° 71. Couleur chamois rosâtre. Se présente en morceaux variant de 1/2 à 3 cm. de diamètre. Sol de nature argileuse avec nombreux grains de quartz anguleux, quelques radicelles, aspect de latérite remaniée. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 32,05 %. Presque tout du quartz anguleux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 10,65 %. Quartz et grains de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 5,60 %. Quartz, mica et grains de pseudo-sable.
 Environ 51 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof.
N° 72. Couleur chamois rosâtre. Même chose que pour le n° 71, mais avec fragments de roche inaltérée. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 60,05 % (même chose que n° 71);
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 3,05 % (même chose que n° 71);
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 2,95 % (même chose que n° 71).
- Environ 44 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 73. Couleur chamois rosâtre. Pas de fragments rocheux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 34,65 %. Quartz, mica altéré et quelques cristaux de tourmaline;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 6,95 %. Quartz, mica et grains de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 2,05 %. Quartz, mica et granule de pseudo-sable.
- Environ 56 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 74. Couleur chocolat. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 32,75 %. Quartz et fragments de micaschiste altéré;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 8,25 %. Quartz et mica;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 7,45 %. Quartz et mica.
- Environ 51 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Rutshuru (prairie à *Imperata cylindrica*).

- A la surface.
N° 232. Couleur brun très foncé; poussiéreux et finement sableux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 19,54 %. Presque tout du quartz et fragments de végétaux;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 17,32 %. Idem, sans fragments de végétaux;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 17,04 %. Idem.
- Environ 46 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 233. Couleur brun très foncé; poussiéreux et finement sableux. Composition minéralogique la même que pour le n° 232. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 20,32 %;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 16,57 %;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 15,40 %.
- Environ 47 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof. Couleur brun foncé, poussiéreux et finement sableux. Le
N° 234. tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 20,62 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 11,40 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 9,52 %.
- Environ 58 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof. Couleur brun jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
- N° 235. Sur tamis de 1/2 mm. : 21,95 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 14,45 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 12,42 %.
- Environ 51 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. Couleur jaune chamois. Le tamisage humide a donné :
- N° 236. Sur tamis de 1/2 mm. : 18,09 %;
Sur tamis de 1/4 mm. : 9,94 %;
Sur tamis de 1/5 mm. : 5,57 %.
- Environ 66 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kissenye (rive Nord du lac Kivu).

- A la surface. Couleur brun foncé, sol pierreux. Le tamisage humide a
N° 90. donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 36,10 %. Fragments de quartz et mica pouvant atteindre 1 cm. et plus, aussi quelques débris de lave noire;
Sur tamis de 1/4 mm. : 11,25 %. Grains de pseudo-sable avec paillettes de mica;
Sur tamis de 1/5 mm. : 12,35 %. Petits grumeaux de pseudo-sable friables avec paillettes de mica.
- Environ 40 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- De 0^m60 à 2 m. de prof. Couleur mordorée. Le tamisage humide a donné :
- N° 91. Sur tamis de 1/2 mm. : 10,50 %. Presque tout mica blanc, un peu de quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 24,90 %. Presque tout du mica;
Sur tamis de 1/5 mm. : 34,52 %. Presque tout du mica.
- Environ 30 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- De 2 m. à 2^m30 de prof. Sol pierreux formé de débris de lave. Le tamisage humide a donné :
- N° 92. Sur tamis de 1/2 mm. : 57,97 %. Lave scoriacée noire et quartz; la lave n'est presque pas altérée;

Sur tamis de 1/4 mm. : 20,67 %. Granules de pseudo-sable, un peu de quartz;

Sur tamis de 1/5 mm. : 12,90 %. Granules de pseudo-sable, un peu de quartz.

Environ 8 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2^m50 de prof. Couleur brun clair, poussiéreux et pierreux, débris de coquillages. Le tamisage humide a donné :

N° 93.

Sur tamis de 1/2 mm. : 43,60 %. Fragments de lave plus ou moins altérée, quartz plus ou moins roulé; quelques fragments de nacre provenant des coquillages;

Sur tamis de 1/4 mm. : 7,55 %. Grains de pseudo-sable;

Sur tamis de 1/5 mm. : 11,00 %. Granules de pseudo-sable.

Environ 38 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 3^m50 de prof. Gravier, lave et quartz roulé. Le tamisage humide a donné :

N° 94.

Sur tamis de 1/2 mm. : 89,80 %. Lave et quartz;

Sur tamis de 1/4 mm. : 3,82 %. Quartz roulé et lave;

Sur tamis de 1/5 mm. : 2,80 %. Granules de pseudo-sable.

Environ 3,5 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mule. Chefferie Njakalongue (versant du Congo, sur alluvion). — Altitude 1800 mètres.

A la surface. Couleur noirâtre; poussiéreux et arénacé. Le tamisage humide a donné :

N° 200.

Sur tamis de 1/2 mm. : 37,80 %. Quartz, charbon de bois;

Sur tamis de 1/4 mm. : 17,12 %. Quartz et quelques grains noirs de pseudo-sable;

Sur tamis de 1/5 mm. : 13,72 %. Quartz et quelques grains friables noirâtres de pseudo-sable.

Environ 31 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof. Couleur brun pâle, arénacé et poussiéreux. Le tamisage humide a donné :

N° 201.

Sur tamis de 1/2 mm. : 37,34 %. Quartz et grains friables, brun pâle de pseudo-sable;

Sur tamis de 1/4 mm. : 18,94 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 10,84 %. Idem.

Environ 33 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 1 m. de prof. Couleur et composition minéralogique les mêmes que pour le n° 201. Le tamisage humide a donné :

N° 202.

Sur tamis de 1/2 mm. : 33,19 %;

Sur tamis de 1/4 mm. : 20,94 % ;

Sur tamis de 1/5 mm. : 9,14 %.

Environ 36 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof. N° 203. Même couleur que les n°s 201 et 202. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 38,50 %. Quartz et grains d'aspect argileux ;

Sur tamis de 1/4 mm. : 15,55 %. Quartz et très peu de grains argileux ;

Sur tamis de 1/5 mm. : 9,07 %. Idem.

Environ 36 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 3 m. de prof. N° 204. Couleur gris clair; fragments rocheux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 46,12 %. Presque tout quartz, quelques fragments de tourmaline ;

Sur tamis de 1/4 mm. : 8,52 %. Idem ;

Sur tamis de 1/5 mm. : 5,77 %. Idem.

Environ 39 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mutanda (Bwito). — Altitude 1535 mètres.

A la surface. N° 261. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 15,10 %. Quartz, grenat, mica, mica-schiste et débris végétaux ;

Sur tamis de 1/4 mm. : 11,05 %. Quartz, mica, beaucoup de débris végétaux ;

Sur tamis de 1/5 mm. : 13,85 %. Idem.

Environ 60 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination la couleur du résidu est jaune foncé (brun clair). Dans le résidu on trouve du quartz et de la muscovite comme minéraux inaltérés avec une substance brun clair. Terre riche en matières organiques.

Katale (versant Nord du Mikeno).

A la surface. N° 223. Couleur brun grisâtre, aspect argileux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 26,50 %. Fragments de végétaux, radicules, charbon de bois, quartz, feldspath, grains de pseudo-sable ;

Sur tamis de 1/4 mm. : 12,60 %. Presque tous grains de pseudo-sable;

Sur tamis de 1/5 mm. : 13,02 %. Idem.

Environ 48 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof.
N° 224.

Couleur brun foncé, aspect argileux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 5,62 %. Quartz, augite, olivine et roche altérée;

Sur tamis de 1/4 mm. : 7,72 %. Les fragments de roches altérées dominant, quartz et augite;

Sur tamis de 1/5 mm. : 7,89 %. Idem.

Environ 78 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 1 m. de prof.
N° 225.

Couleur brun sale, aspect argileux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 5,59 %. Pseudo-sable, augite, quartz et olivine;

Sur tamis de 1/4 mm. : 9,44 %. Le pseudo-sable domine, quartz, olivine et augite;

Sur tamis de 1/5 mm. : 6,70. Idem.

Environ 78 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof.
N° 254.

Couleur brun pâle. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 1,55 %. Olivine, augite et quartz;

Sur tamis de 1/4 mm. : 6,09 %. Presque tout pseudo-sable altéré;

Sur tamis de 1/5 mm. : 13,19 %. Idem.

Environ 79 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 3 m. de prof.
N° 255.

Couleur gris brunâtre, aspect argileux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 2,52 %. Olivine, augite, fragments de roche altérée, un peu de quartz;

Sur tamis de 1/4 mm. : 9,07 %. Presque tous fragments de minéraux altérés;

Sur tamis de 1/5 mm. : 4,82 %. Idem.

Environ 83 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kibumba (Parc National Albert).

- A la surface.
N° 248. Couleur brun foncé, poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 17,89 %. Fragments de végétaux, grumeaux de pseudo-sable, beaux cristaux d'olivine et d'augite ;
- Sur tamis de 1/4 mm. : 17,84 %. Nombreux grumeaux de pseudo-sable, fragments d'olivine et d'augite ;
- Sur tamis de 1/5 mm. : 12,44 %. Presque tous grumeaux de pseudo-sable.
- Environ 52 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 249. Couleur brun foncé, poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 46,95 %. Fragments de lave altérée, cristaux d'augite, olivine et un peu de biotite ;
- Sur tamis de 1/4 mm. : 18,37 %. Idem ;
- Sur tamis de 1/5 mm. : 8,32 %. Idem.
- Environ 26 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 250. Couleur gris brunâtre, poussiéreux avec fragments de lave altérée. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 25,25 %. Lave altérée, cristaux d'augite, olivine et fragments de roche altérée ;
- Sur tamis de 1/4 mm. : 15,25 %. Lave altérée, fragments d'augite et d'olivine avec fragments de roche altérée ;
- Sur tamis de 1/5 mm. : 17,50 %. Idem.
- Environ 42 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 251. Couleur brun jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 33,17 %. Fragments de lave altérée, cristaux d'olivine ;
- Sur tamis de 1/4 mm. : 16,10 %. Fragments de minéraux altérés, fragments d'augite et quelques fragments d'olivine ;
- Sur tamis de 1/5 mm. : 11,00 %. Idem.
- Environ 49 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 4 m. de prof.
N° 252. Couleur brun jaunâtre, poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 47,55 % (même chose que n° 251) ;
- Sur tamis de 1/4 mm. : 13,50 % (même chose que n° 251) ;
- Sur tamis de 1/5 mm. : 13,00 % (même chose que n° 251).
- Environ 25 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mulambi-Rubengera (Ruanda). — Altitude 2400 mètres. Couverture de *Pteridium aquilinum*.

- A la surface. Couleur ocre, apparence argileuse. Le tamisage humide a
N° 298. donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 0,95 %. Quartz, quelques grains de pseudo-sable, beaucoup de débris végétaux;
Sur tamis de 1/4 mm. : 1,64 %. Environ moitié quartz et moitié grains de couleur ocre de pseudo-sable;
Sur tamis de 1/5 mm. : 6,75 %.
- Environ 90 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Eau de ruissellement (monts Dalinghi).

- A la surface. Couleur brun foncé. Fragments de lave et débris végétaux.
N° 381. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 11,24 %. Lave, débris végétaux, olivine, augite, quartz et roche altérée;
Sur tamis de 1/4 mm. : 15,08 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 14,60 %. idem.
- Environ 59,08 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mikeno (étage à bambous). — Altitude 2700 mètres.

- A la surface. Couleur brune, poussiéreuse. Le tamisage humide a donné :
N° 265. Sur tamis de 1/2 mm. : 6,80 %. Cristaux d'augite et cristaux d'olivine, un peu de quartz;
Sur tamis de 1/4 mm. : 10,10 %. Pseudo-sable, augite et olivine;
Sur tamis de 1/5 mm. : 11,17 %. Débris de lave altérée.
- Environ 72 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mikeno (étage à *Hypericum lanceolatum* et *Philippia Johnstonii*). — Altitude 3400 mètres.

- A la surface. Couleur brun foncé. Débris de végétaux calcinés, fragments de roche porphyrique à cristaux d'augite et sanidine dans
N° 269. pâte grise. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 44,50 %. Nombreux fragments végétaux, aucun minéral reconnaissable;
Sur tamis de 1/4 mm. : 14,00 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 16,65 %. Idem.
- Environ 24 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Sommet Karisimbi. — Altitude 4506 mètres.

A la surface. Couleur brun foncé sale. Le tamisage humide a donné :

N° 214. Sur tamis de 1/2 mm. : 30,20 %. Fragments de lave, olivine, augite et quelques fragments végétaux ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 23,15 %. Idem ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 15,42 %. Idem.
 Environ 31 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
 Ce sol appartient à la cime (voir n° 226).

Ruwenzori (versant Ouest du mont Stanley). — Altitude 4200 mètres (*alchemilletum*).

A la surface. Couleur brun foncé. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 19,37 %. Fragments de roches métamorphiques, débris végétaux non humifiés ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 10,70 %. Grumeaux bruns friables mélangés à de l'actinote inaltérée et à un peu de quartz ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 10,05 %. Idem que sur le tamis de 1/4 mm.
 Il passe à travers le tamis de 1/5 mm. environ 60 % de matière fine de nature vraisemblablement colloïdale. A la *calcination* ce sol perd 31,54 % (eau + matière organique).

A 0^m50 de prof. Couleur brun foncé. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 30,92 %. Presque tous fragments de roches à actinote et à quartz. Débris végétaux, tubes de limonite ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,00 %. Grumeaux friables, actinote, petits tubes de limonite ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 11,60 %.
 Environ 43 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
 Perte à la *calcination* : 24,47 %. Ce second échantillon diffère qualitativement peu du premier, sauf cependant en ceci : le fer, abondant dans la partie superficielle, paraît déjà se précipiter partiellement à 50 cm. de profondeur sous forme de limonite et de préférence autour des radicelles et autres fragments végétaux, ce qui produit dans ces sols ces petites taches de rouille bien caractéristiques et ces « tubes » de limonite que l'on retrouve sur tamis de 1/2 et 1/4 mm.

TERRES ROUGES :

Piste Kanoko (Ruanda).

A la surface. Couleur rouge brique. Le tamisage humide a donné :
 N° 216. Sur tamis de 1/2 mm. : 2,15 %. Quartz et grains rouges de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 2,10 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 2,59 %. Idem.
 Environ 93 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyavarongo (haute vallée). — Altitude 1600 mètres.

N° 293. Le seul minéral encore reconnaissable dans ce sol est du quartz. Les grains de quartz sont craquelés et imprégnés de la substance rouge. La substance rouge est ferrugineuse (non argileuse).

A la surface. Couleur rouge brique. Le tamisage humide a donné :
 N° 293. Sur tamis de 1/2 mm. : 17,20 %. Quartz craquelé, dans les craquelures de la poudre rouge brique il y a aussi quelques grains rouge brique de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 6,20 %. Les grains rougeâtres de pseudo-sable dominant, plus un peu de quartz et du mica (biotite);
 Sur tamis de 1/5 mm. : 4,50 %. Idem.
 Environ 72 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyalundhja-Moganga. — Altitude 1450 mètres.

A la surface. Couleur rouge brique. Le tamisage humide a donné :
 N° 379. Sur tamis de 1/2 mm. : 5,10 %. Quartz et grains rouges de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 2,65 %. Quartz et pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 1,35 %. Idem.
 Environ 90 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Analyse chimique

Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique.	82,03 %
Silice	0,72 %
Alumine	2,99 %
Eau et fer	non dosé.

TERRES NOIRES :

Karisimbi (étage à bambous).

A la surface. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
 N° 268. Sur tamis de 1/2 mm. : 49,20 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 16,54 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 7,14 %.

Environ 27 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination de cette terre : verre volcanique ; rares cristaux de feldspath.

Karisimbi (étage à *Hypericum* et *Hagenia*).

A la surface. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
 N° 267. Sur tamis de 1/2 mm. : 34,74 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,90 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 17,14 %.

Environ 33 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination de cette terre : cendres volcaniques ; fragments feldspathiques ; verre volcanique.

Karisimbi (étage à Seneçons géants et alchemilles).

A la surface. Couleur noire. Presque tous débris végétaux. Le tamisage
 N° 266. humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 68,54 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 13,04 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 5,04 %.

Environ 13 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination de cette terre : tout verre volcanique.

Katimba (zone des lacs Mokoto). — Altitude 1925 mètres. Couverture de *Pennisetum purpureum*.

A la surface. Couleur noire ; terre granuleuse ; fragments de végétaux ;
 N° 125. fragments de racines (épaisseur de la couche végétale : 20-40 cm.). Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 14,55 %. Petits grumeaux friables de pseudo-sable, cristaux d'augite et d'olivine, fragments de végétaux calcinés ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,75 %. Granules noirs friables de pseudo-sable ;

- Sur tamis de 1/5 mm. : 12,42 %. Granules noirs friables de pseudo-sable.
 Environ 58 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof. N° 126. Couleur brun foncé, terre poussiéreuse fine. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 42,04 %. Grains de pseudo-sable, rares cristaux d'augite et d'olivine;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 16,90 %. Grains de pseudo-sable, rares cristaux d'augite et d'olivine;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 10,50 %. Idem.
 Environ 30,50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof. N° 127. Couleur brun foncé; poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 13,75 %. Fragments de cristaux d'augite, olivine et lave plus ou moins altérée;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 20,80 %. Les grains de pseudo-sable dominant;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 13,90 %. Presque tous grains de pseudo-sable.
 Environ 51,50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof. N° 128. Couleur terre de sienne; poussiéreux. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 25,00 %. Cristaux d'olivine et d'augite inaltérés, granules de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 18,30 %. Idem. Les granules de pseudo-sable prédominent largement;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 15,32 %. Idem.
 Environ 41 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. N° 129. Couleur brun foncé. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 9,80 %. Granules de pseudo-sable; quelques cristaux d'augite et d'olivine non altérés;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 27,65 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 16,87 %.
 Environ 45 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mofumo (Nord-Ouest de la dorsale congolaise). — Altitude 2065 mètres.
 Couverture à *Pennisetum purpureum*.

- A la surface. N° 81. Couleur grise. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 8,70 %. Granules de pseudo-sable, cristaux idiomorphes d'olivine;

- Sur tamis de 1/4 mm. : 15,40 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 16,25 %. Idem.
 Environ 59 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- À 0^m80 de prof. Couleur brun grisâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 82. Sur tamis de 1/2 mm. : 11,00 %. Granules de pseudo-sable, cristaux idiomorphes d'augite et d'olivine presque incolore;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 26,00 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 24,20 %. Idem.
 Environ 38 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- À 1 m. de prof. Couleur brun grisâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 83. Sur tamis de 1/2 mm. : 19,20 %. Granules de pseudo-sable; cristaux idiomorphes d'augite et d'olivine;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 19,75 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 13,45 %. Idem.
 Environ 47 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- À 2 m. de prof. Couleur brun foncé. Le tamisage humide a donné :
 N° 84. Sur tamis de 1/4 mm. : 11,30 %. Granules de pseudo-sable avec pyroxène et olivine; un peu de quartz;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 25,70 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 28,52 %. Idem.
 Environ 34 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyekisemolo. — Altitude 1550 mètres.

- À la surface. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
 N° 120. Sur tamis de 1/2 mm. : 7,52 %. Fragments de lave altérée, charbon de bois, augite, olivine et radicules;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 22,60 %. Grains de pseudo-sable, nombreux cristaux d'augite et d'olivine;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 25,60 %. Grains de pseudo-sable, nombreux cristaux d'augite et d'olivine.
 Environ 64 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- À 0^m50 de prof. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
 N° 121. Sur tamis de 1/2 mm. : 20,60 %. Grains de pseudo-sable, olivine, pyroxène, un peu de quartz;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 29,32 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 15,07 %. Idem.
 Environ 35 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof. Couleur noir brunâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 122. Sur tamis de 1/2 mm. : 28,77 %. Grains de pseudo-sable,
 cristaux d'olivine, de pyroxène, fragments de micaschiste
 non altéré et grains de quartz roulé;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 29,35 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 18,75 %. Idem.
 Environ 23 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof. Couleur brun grisâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 123. Sur tamis de 1/2 mm. : 46,00 %. Fragments de micaschiste,
 de grès, de schiste, de lave non altérée, quartz roulé et
 cristaux d'olivine;
 Sur tamis de 1/2 mm. : 18,70 %. Sable quartzeux, quelques
 rares pseudo-sable, paillettes de mica;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,75 %. Idem.
 Environ 25 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. Couleur brun grisâtre. Cailloux de schiste et micaschiste. Le
 N° 124. tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 68,07 %. Schiste gris, grès, lave
 noire, micaschiste, quartz dominant;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 8,25 %. Sable quartzeux;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 6,05 %. Idem.
 Environ 17 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

Mont Bugoy (lacs Mokoto). — Altitude 2230 mètres.

- A la surface. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
 N° 362. Sur tamis de 1/2 mm. : 53,40 %. Débris végétaux, grumeaux
 noirs pointillés de blanc, non friables;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,60 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 12,00 %. Idem.
 Environ 20 % de matières fines passent à travers le tamis
 de 1/5 mm.

Après calcination de cette terre : verre volcanique, rares cris-
 taux d'olivine et de pyroxène.

Tshizi (zone du Kahuzi). — *Ericetum*, altitude 2200 mètres.

- A la surface. Couleur brun noirâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 228. Sur tamis de 1/2 mm. : 75,60 %. Fragments de charbon de
 bois, débris de végétaux non calcinés, grumeaux noirs
 pointillés de blanc, non friables et très résistants;

Sur tamis de 1/4 mm. : 7,20 %. Nombreux débris végétaux calcinés et autres, aucun minéral reconnaissable, pas même du quartz;

Sur tamis de 1/5 mm. : 2,52 %. Idem.

Environ 12 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Tshizi. — Clairière à *Cenchrus*.

A la surface. Couleur brun noirâtre; sol végétal bitumineux. Le tamisage
N° 253. humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 31,52 % (même chose que n° 228);

Sur tamis de 1/4 mm. : 11,70 % (même chose que n° 228);

Sur tamis de 1/5 mm. : 8,15 % (même chose que n° 228).

Environ 48 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kahundu (dorsale congolaise).

A la surface. Couleur noir grisâtre. Quelques fragments de radicelles et
N° 109. grains brunâtres de pseudo-sable. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 47,30 %. Fragments de lave noire, radicelles et charbon de bois;

Sur tamis de 1/4 mm. : 16,30 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 6,50 %. Idem.

Environ 30 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof. Couleur jaune sale. Le tamisage humide a donné :

N° 110. Sur tamis de 1/2 mm. : 23,15 %. Fragments de lave noire, radicelles et charbon de bois, mais plus altéré, plus un peu de quartz et de mica; grains brunâtres de pseudo-sable;

Sur tamis de 1/2 mm. : 23,30 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 18,80 %. Idem.

Environ 35 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 1 m. de prof. Couleur jaune sale. Le tamisage humide a donné :

N° 111. Sur tamis de 1/2 mm. : 30,80 % (même chose que n° 110);

Sur tamis de 1/4 mm. : 22,70 % (même chose que n° 110);

Sur tamis de 1/5 mm. : 14,47 % (même chose que n° 110).

Environ 32 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 2 m. de prof. Le tamisage humide a donné :
- N° 112. Sur tamis de 1/2 mm. : 46,85 % (même chose que n° 111);
 Sur tamis de 1/4 mm. : 23,25 % (même chose que n° 111);
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,00 % (même chose que n° 111);
 Environ 21 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof. Couleur jaune sale. Le tamisage humide a donné :
- N° 113. Sur tamis de 1/2 mm. : 9,30 %. Un peu plus de quartz, sinon idem que pour les autres numéros de Kahundu;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 24,90 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 26,37 %.
 Environ 39 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Muhembe Vallée (Ruanda). — Altitude 1635 mètres.

- A la surface. Couleur noir-brun, poussiéreux; apparemment beaucoup d'humus. Le tamisage humide a donné :
- N° 290. Sur tamis de 1/2 mm. : 6,80 %. Débris de micaschiste, quartz, grains de pseudo-sable, quelques paillettes de mica;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 4,95 %. Idem. Les grains d'oxyde et d'hydroxyde de fer paraissent provenir de l'altération du biotite;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 11,85 %. Le quartz est beaucoup plus abondant.
 Environ 76 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Dorsale congolaise. — Forêt mésophile.

- A la surface. Couleur grise. Aucun minéral reconnaissable. Le tamisage humide a donné :
- N° 257. Sur tamis de 1/2 mm. : 42,95 %;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,47 %;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 6,95 %.
 Environ 35 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
Après calcination de cette terre : presque toute verre volcanique.
- A 0^m40-0^m50 de prof. Le tamisage humide a donné :
- N° 258. Sur tamis de 1/2 mm. : 7,99 %;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 10,77 %;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,95 %.
 Environ 71 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
Après calcination de cette terre : cendres volcaniques; fragments feldspathiques; pyroxènes altérés.

Kirumbi-Kagunga (dorsale Ruanda). — Altitude 2000 à 1700 mètres.

- A la surface. Couleur noire. Le tamisage humide a donné :
- N° 299. Sur tamis de 1/2 mm. : 44,20 %. Quartz et débris végétaux carbonisés (incendie);
 Sur tamis de 1/4 mm. : 22,70 %. Quartz et nombreux grains noirâtres de pseudo-sable;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,60 %. Idem que sur tamis de 1/4 mm.
 Environ 23 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Dendezi (Ruanda).

- A la surface. Couleur noire (beaucoup de débris de racines). Le tamisage humide a donné :
- N° 301. Sur tamis de 1/2 mm. : 32,80 %. Beaucoup de racines non brûlées. La composition minéralogique du squelette de ce sol est difficile à préciser; les grains de pseudo-sable de couleur noire sont dus à des matières végétales carbonisées, vraisemblablement à la suite de feu de brousse;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 7,25 %. Même composition que sur le tamis de 1/2 mm. Grains friables rappelant par leur aspect celui des grains limoneux qui auraient subi une certaine cuisson; beaucoup de matières végétales et radicales carbonisées;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 3,60 %. Idem.
 Environ 56 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof. Couleur de limon. Le tamisage humide a donné :
- N° 302. Sur tamis de 1/2 mm. : 2,27 %. Quartz;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 3,05 %. Idem;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 5,06 %. Idem.
 Environ 89 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Mubeza (Sud Kivu). — Altitude 1250 mètres. Versant Ouest de la dorsale.

- A la surface. Couleur noire. Terre rugueuse. Le tamisage humide a donné :
- N° 377. Sur tamis de 1/2 mm. : 25,70 %. Très peu de quartz, presque tous grains de pseudo-sable et débris végétaux;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 15,15 %. Idem, mais moins de débris végétaux;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 7,75 %. Idem.

Environ 51 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination : La couleur est brun-noir. Dans le résidu on trouve du quartz et une matière brune. Dosage de l'eau sur la terre non tamisée : 25,16 %.

- A 0^m50 de prof.
N° 378. Couleur brun rougeâtre foncé; terre argileuse. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 2,55 %. Grains bruns de pseudo-sable avec un peu de quartz anguleux, quelques débris végétaux;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 1,50 %. Moitié grains de pseudo-sable arrondis et quartz anguleux;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 0,57 %. Idem.
- Environ 95 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Tshikere (cratère). — Altitude 2200 mètres.

- A la surface.
N° 237. Sol à aspect d'humus; nombreux débris végétaux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 39,75 %. Aucun minéral reconnaissable, nombreux débris de végétaux, quelques fragments de coquillages, petits fragments d'os, etc.;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 15,65 %. Quelques fragments d'augite, tout le reste est composé de petits grumeaux friables de pseudo-sable et de débris végétaux;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 13,35 %. Idem.
- Environ 31 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 238. Couleur gris brunâtre; terre fine, poussiéreuse. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 40,60 %. Débris de lave plus ou moins altérée; quelquefois de couleur rouge brique; fragments de végétaux partiellement calcinés;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 21,80 %. Grumeaux friables de pseudo-sable;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 12,50 %. Idem.
- Environ 25 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 1 m. de prof.
N° 239. Couleur brune; sol argileux. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 20,65 %. Débris de lave altérée, concrétions tubulaires limoniteuses, cristaux d'augite frais, débris de végétaux, de graines, etc.;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 17,80 %. Tous grumeaux de pseudo-sable, quelques minéraux tels qu'augite, olivine, biotite;

Sur tamis de 1/5 mm. : 14,97 %. Idem.

Environ 45,50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof.
N° 240.

Couleur gris foncé; très poussiéreux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 33,50 %. Fragments de lave presque inaltérée, cristaux d'augite, olivine; quelques débris végétaux;

Sur tamis de 1/4 mm. : 20,40 %. Presque tous débris de lave peu altérée; augite, mica;

Sur tamis de 1/5 mm. : 14,52 %. Idem.

Environ 31,50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 3 m. de prof.
N° 241.

Couleur jaune rosâtre. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 63,42 %. Fragments de lave scoriacée, très poreuse, devenue jaune et rouge brique par altération partielle (latéritique?), pas un seul minéral reconnaissable;

Sur tamis de 1/4 mm. : 9,25 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 7,97 %. Idem.

Environ 19 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kahuzi. Étage à bambous. — Altitude 2700 mètres.

A la surface.
N° 217.

Couleur noire. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 72,10 %. Grumeaux noirs de pseudo-sable, avec débris végétaux et charbon de bois, un peu de quartz;

Sur tamis de 1/4 mm. : 9,17 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 6,95 %. Idem.

Environ 12 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Résidu après calcination : Cendres volcaniques (un feldspath assez voisin de l'andésite) et du verre volcanique.

A 0^m50 de prof.
N° 219.

Couleur chamois; quartzeux et poussiéreux. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 25,70 %. Quartz, feldspath (arène granitique);

Sur tamis de 1/4 mm. : 5,05 %. Idem;

Sur tamis de 1/5 mm. : 4,50 %. Idem.

Environ 64 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof.
N° 220. Débris de roche quartzeuse, feldspathique dans poussière grise. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 49,67 %. Fragments de grès, schiste altéré, quartz;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 5,80 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 9,82 %. Quartz presque pur.
- Environ 35 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 221. Couleur grise; fragments de roche très altérée dans poussière. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 44,20 %. Débris de cristaux de quartz et bipyramides hexagonales, fragments de roche altérée;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 6,05 %. Fragments de roche et schiste altérés;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 2,57 %. Idem.
- Environ 47 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 222. Fragments de roche porphyrique, pâte grise, cristaux idiomorphes d'un feldspath blanc et cristaux idiomorphes de quartz. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 33,20 %. Produits d'altération de porphyre, quartz et feldspath altéré;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 7,30 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 5,32 %. Idem.
- Environ 54 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kahuzi (terre végétale). Étage à bambous.

- A la surface.
N° 223. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 42,20 %. Grumeaux noirs avec débris végétaux et charbon de bois; un peu de quartz;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 11,90 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 9,85 %. Idem.
- Environ 36 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- Résidu après calcination de cette terre* : verre volcanique; fragments nombreux de feldspath d'origine volcanique; un peu de quartz.

TERRES GRISES :

Muhavura (étage à *Senecio* et *Lobelia*).

A la surface. Le tamisage humide a donné :

N° 270. Sur tamis de 1/2 mm. : 50,80 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 20,00 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 10,80 %.

Environ 18 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Après calcination de cette terre : presque toute verre volcanique.

Muhavura (sommets). — Altitude 4127 mètres.

A la surface. Couleur gris foncé; poussiéreux, presque noir. Le tamisage humide a donné :

N° 300. Sur tamis de 1/2 mm. : 49,15 %. Fragments de lave noire, cristaux de pyroxène et débris végétaux ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 19,30 %. Idem ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 12,32 %. Idem.

Environ 19 % de matières fines passent à travers le tamis de 1,5 mm.

Nyalwindhja (dépôt dans les eaux chaudes).

A la surface. Couleur gris clair; terre extrêmement fine et poussiéreuse. Le tamisage humide a donné :

N° 376. Sur tamis de 1/2 mm. : 0,30 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 0,30 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 2,80 %.

L'identification des grains est seule possible au microscope, on y reconnaît des grains de mica brun et vert, de pyroxène, de quartz, de nombreux fragments opaques, quelquefois d'allure tubulaire, et débris végétaux.

Environ 97 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyanza (Ruanda) (terre de surface). — Altitude 1830 mètres.

A la surface. Couleur gris pâle, rude au toucher et très quartzeux. Le tamisage humide a donné :

N° 291. Sur tamis de 1/2 mm. : 50,34 %. Grains de quartz anguleux pouvant atteindre 1 cm. ; quelques rares paillettes de mica ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,22 %. Quartz anguleux et quelques rares paillettes de mica ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 9,05 %. Quartz et un peu de mica.

Environ 26 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Nyanza (Ruanda central). — Altitude 1800 mètres.

- A la surface.
N° 292. Couleur gris chamois. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 59,90 %. Quartz et muscovite, quelques radicules;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 6,50 %. La muscovite domine; beaucoup de débris végétaux;
 - Sur tamis de 1/5 mm. 4,50 %. Presque tout muscovite; la teinte grise de cette partie est due à des substances végétales.
- Environ 20 % de matières fines (presque tout de la muscovite) passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kasseraboba (centre de l'île Idjwi), décomposition d'un granit. — Altitude 1755 mètres.

- A la surface.
N° 166. Couleur grise; aspect d'une argile empâtant des fragments de quartz, feldspath et mica. Gros fragments de pegmatite, nombreuses paillettes de mica. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 37,50 %. Quartz, feldspath, mica (muscovite), quelques minéraux foncés;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 11,85 %. Idem; le mica (muscovite) prédomine;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 13,87 %. Presque tout mica (muscovite).
- Environ 37 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 0^m50 de prof.
N° 167. Couleur grise. Aspect d'une argile empâtant des fragments de quartz, feldspath et mica. Gros fragments de pegmatite, nombreuses paillettes de mica. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 61,99 %. Quartz, feldspath, mica;
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 7,69 %. Quartz, mica, tourmaline (arène granitique);
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 8,09 %. Idem.
- Environ 22 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof.
N° 168. Couleur grise; aspect d'une argile empâtant des fragments de quartz, feldspath, etc. Le tamisage humide a donné :
- Sur tamis de 1/2 mm. : 55,75 %. Quartz, mica, feldspath (arène granitique);
 - Sur tamis de 1/4 mm. : 8,45 %. Idem;
 - Sur tamis de 1/5 mm. : 7,55 %. Idem.
- Environ 28 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof. Couleur et composition minéralogique les mêmes que pour
N° 169. le n° 168. Le tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 60,90 % ;
Sur tamis de 1/4 mm. : 9,60 % ;
Sur tamis de 1/5 mm. : 4,75 %.

Environ 24 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Sur sentier de *Nyakalengua* à *Kaghi* (pointe Sud de l'île Idjwi). —
Altitude 1730 mètres.

A 0^m50 de prof. Couleur grise; fragments de lave dans la cassure, aspect
N° 165. vitreux noirâtre avec cavités tapissées d'opâle verdâtre. Le
tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 51,35 %. Fragments altérés de lave,
beaucoup d'opale commune ;
Sur tamis de 1/4 mm. : 5,44 %. Grains de pseudo-sable ;
Sur tamis de 1/5 mm. : 2,00 %. Idem.

Environ 41 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kighera (île Idjwi). — Altitude 1740 mètres.

A la surface. Couleur gris foncé; poussiéreux, kaoliniteux. Le tamisage
N° 161. humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 47,00 %. Rien que du quartz et
débris végétaux ;
Sur tamis de 1/4 mm. : 9,05 %. Quartz et mica ;
Sur tamis de 1/5 mm. : 7,25 %. Mica et quartz, presque
tout mica.

Environ 36 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof. Couleur blanc grisâtre; poussiéreux, kaoliniteux, arénacé. Le
N° 162. tamisage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 40,47 %. Quartz, feldspath, mica ;
Sur tamis de 1/4 mm. : 17,22 %. Idem ;
Sur tamis de 1/5 mm. : 14,47 %. Idem.

Environ 23 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 1 m. de prof. Couleur blanche; poussiéreux, arénacé et kaoliniteux. Le tami-
N° 163. sage humide a donné :

Sur tamis de 1/2 mm. : 56,87 %. Quartz, feldspath, mica ;
Sur tamis de 1/4 mm. : 5,65 %. Idem ;
Sur tamis de 1/5 mm. : 3,35 %. Idem.

Environ 34 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 2 m. de prof. Idem que le n° 163. Le tamisage humide a donné :
 N° 164. Sur tamis de 1/2 mm. : 44,77 % ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 14,05 % ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 17,90 %.
 Environ 23 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Vallée du Kateheru (Bwito). — Altitude moyenne 1200 mètres.

A la surface. Couleur gris pâle, terre fine, apparence argileuse, grumeaux
 N° 262. abondants, quelques débris végétaux. Le tamisage humide a donné :
 Sur tamis de 1/2 mm. : 7,80 %. Presque tout quartz avec quelques rares cristaux d'augite ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 8,45 %. Quartz et débris végétaux, quelques rares fragments d'augite plus ou moins altérée ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 16,17 %. Idem.
 Environ 73 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Lulenga (Mission catholique).

A la surface. Couleur gris jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 75. Sur tamis de 1/2 mm. : 11,17 %. Très peu de quartz, beaucoup de grains de pseudo-sable, cristaux de pyroxène, un peu de mica ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 11,37 %. Beaucoup de grains de pseudo-sable, cristaux de pyroxène, un peu de mica avec assez bien de fragments de radicules, presque plus de quartz ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 10,67 %. Idem que sur tamis de 1/4 mm.
 Environ 66 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m50 de prof. Couleur gris jaunâtre ; presque pas de quartz, quelques cristaux idiomorphes de pyroxène, un peu de mica. Le tamisage humide a donné :
 N° 76. Sur tamis de 1/2 mm. : 6,52 % (idem que pour le n° 75) ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 26,50 % (idem que pour le n° 75) ;
 Sur tamis de 1/5 mm. : 16,95 % (idem que pour le n° 75).
 Environ 50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

A 0^m80 de prof. Couleur gris jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
 N° 77. Sur tamis de 1/2 mm. : 3,17 %. Plusieurs fragments arrondis de roche altérée et nombreux cristaux idiomorphes de pyroxène, amphibole et olivine ;
 Sur tamis de 1/4 mm. : 12,80 %. Idem, mais les cristaux plus petits ;

Sur tamis de 1/5 mm. : 11,00 %. Grains de minéraux altérés indéterminables et fragments de pyroxène.

Environ 73 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

- A 1 m. de prof.
N° 78. Couleur gris jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 7,50 % (idem que le n° 77);
Sur tamis de 1/4 mm. : 19,35 % (idem que le n° 77);
Sur tamis de 1/5 mm. : 22,37 % (idem que le n° 77).
Environ 50 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 2 m. de prof.
N° 79. Couleur gris jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 6,60 % (idem que le n° 77);
Sur tamis de 1/4 mm. : 15,00 % (idem que le n° 77);
Sur tamis de 1/5 mm. : 21,92 % (idem que le n° 77).
Environ 56 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.
- A 3 m. de prof.
N° 80. Couleur gris jaunâtre. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 41,17 %. Fragments de lave scoriacée plus ou moins altérés;
Sur tamis de 1/4 mm. : 13,39 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 16,37 %. Idem.
Environ 29 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Kahuzi (étage à bambous). — Altitude 2550 mètres.

- A la surface.
N° 311. Couleur grise; roche à texture; roche porphyrique, pâte grise peu abondante, cristaux idiomorphes de feldspath et de quartz hexagonaux. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 62,74 %. Fragments de porphyre quartzifère et feldspath potassique;
Sur tamis de 1/4 mm. : 4,94 %. Idem;
Sur tamis de 1/5 mm. : 2,09 %. Idem.
Environ 30 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm.

Karisimbi (sommets). — Altitude 4350 mètres; étage à Lichens (terre de solifluction).

- A la surface.
N° 217. Couleur gris foncé. Le tamisage humide a donné :
Sur tamis de 1/2 mm. : 41,10 %. Fragments de lave et débris de mousse;
Sur tamis de 1/4 mm. : 13,20 %. Idem avec un peu d'augite, quartz et olivine;
Sur tamis de 1/5 mm. : 11,35 %. Idem.
Environ 34 % de matières fines passent à travers le tamis de 1/5 mm. (Voir le n° 214.)
-

CHAPITRE V

**RÉPARTITION CLIMATIQUE DES SOLS;
LEUR FORMATION**

La couleur du sol, sa signification pratique. — Traits principaux du climat atmosphérique. — Répartition topographique des sols, leur zonalité verticale. — Répartition climatique d'après la couleur. — Formes de désagrégation prédominantes. — L'évolution allitique. — Notion de fertilité. — Formation de l'humus, les tourbes humides (pseudo-sols imbibés de bitume). — L'acidité des sols. — Détermination de l'humus. — Structure apparente du sol, la porosité. — La dynamique de l'eau, les sources secondaires d'humidité. — L'effet des incendies de brousse sur l'évolution allitique du sol. — Le climat du sol.

Dans le chapitre précédent les divers échantillons de sols étudiés ont été groupés d'après leur couleur, sans aucun égard pour leur provenance topographique et leur formation. Les auteurs modernes attachent de plus en plus d'importance à la *couleur du sol*, parce qu'elle désigne immédiatement et de manière visible l'influence du climat. C'est ainsi que certains pays ont même adopté l'aéroplane dans un but d'exploration rapide et sommaire des sols dans des régions d'accès difficile. Quelle que soit la valeur pratique de ces procédés, ils permettent indiscutablement d'ébaucher la question et d'établir un premier classement.

Il n'existe pas encore un accord international en ce qui concerne les couleurs « standard » auxquelles il faut rapporter la plupart des sols. On n'est même pas d'accord sur le nom des couleurs et leur signification exacte. Sir Chas. F. SHAW, de l'Université de Californie, l'a déclaré explicitement à la première Commission de la Conférence Internationale de la Science du Sol à Versailles, en juillet 1934; ce qui signifie que dans toute désignation de couleur du sol il y a une part d'arbitraire qui dépend de l'appréciation de l'auteur et d'un certain nombre de circonstances. Nous ne faisons pas exception à cette règle, d'autant plus qu'aucun nom indigène ne désigne d'une façon quelconque un sol plutôt qu'un autre. Une seule fois au cours de nos pére-

grinations il nous a été donné d'obtenir d'un indigène une réponse qui démontre une distinction entre les sols d'après la couleur. Il s'agissait d'un Mutuzi du Ruanda, population remarquablement intelligente et au-dessus de la moyenne des noirs Bantu de l'Afrique centrale. Cet indigène de Mukóngoro nous a dit : « sur les terres rouges, avec une forte insolation les semences assèchent; sur les terres blanches, même avec beaucoup de soleil et des pluies faibles, les semences mises dans le terrain gardent leur capacité de germer ».

La couleur de nos sols a été désignée par M. SCHOEP et nous nous rallions à sa manière de voir, sans entrer dans le mérite de son jugement. Nous n'engageons par conséquent aucune discussion, à savoir quand une couleur désignée comme « brune » ou « rouge » l'est effectivement et dans quelles conditions. Nous nous enliserions dans des discussions interminables avec la certitude de n'apporter rien de plus à ce qui a déjà été dit jusqu'à présent. D'autre part, nos échantillons, relativement peu nombreux, se rapportent à des régions intertropicales dans lesquelles prévalent des types reconnus de plus en plus comme caractéristiques à cette portion géographique de la Terre.

Dans la désignation des couleurs, nous laissons de côté les nuances intermédiaires (brun sombre, brun clair, marron, jaune luisant, etc.); toutefois, nous ferons exception à cette règle dans la description des profils. Si nous voulions définir les variations venant s'établir dans un même profil, nous serions entraîné à esquisser une sorte de classification par la couleur qui n'aurait pas de valeur pratique, étant donné son caractère régional, et nous risquerions une inflation de définitions et de schémas à éviter autant que possible.

Que signifie exactement la couleur du sol? D'une manière générale, elle aide à reconnaître les types génétiques, par conséquent les influences climatiques qui ont présidé à leur évolution. Sous certaines conditions elle peut être un indice de l'âge du sol. Mais la couleur du sol ne donne *aucune indication de fertilité* et quand nous groupons sous une même dénomination une série de sols, nous ne faisons qu'établir une classification des *couleurs de surface*, car le restant du profil peut posséder des couleurs absolument différentes.

L'examen détaillé des couleurs d'un profil peut déceler l'origine diverse et la différente évolution des horizons du profil. Parmi nos sols

il y en a un certain nombre auxquels, si l'on devait enlever la couche superficielle éluviale brune, le restant du profil entrerait dans la catégorie des « terres rouges ». Deux sols prélevés, l'un en bas d'une pente (n° 299), l'autre en haut (n° 297), distants d'un ou deux kilomètres l'un de l'autre et ne différant en apparence que *par la couverture végétale*, sont classés, l'un comme noir, l'autre comme terre brune ('). Il est bien clair donc que les rubriques établies ne désignent que la couleur de l'horizon éluvial et servent surtout à établir un classement *visuel* que l'on veut autant que possible en accord avec la nomenclature recommandée par la Science du Sol.

Traits principaux du climat atmosphérique. — Au cours de nos études sur le climat et le bioclimat de ces contrées du partage Congo-Nil, nous nous sommes efforcé de mettre en vedette les *formes multiples* du climat équatorial de ces régions, si variées par leur orographie tourmentée (voir citation de nos travaux dans la bibliographie du chap. II).

Sur une superficie relativement peu étendue, évaluable à près de 15.000 km. carrés, la végétation à elle seule nous met sous les yeux des paysages phytogéographiques très variés : sous une même latitude équatoriale les flores chaudes humides voisinent avec des flores tempérées sèches à facies méditerranéen et des flores microthermes africaines mélangées à des types holoarctiques.

Il est naturel qu'une telle variété dans le paysage botanique fasse penser à une variété analogue dans le paysage pédologique, en considération des rapports étroits qu'on s'accorde à reconnaître entre ces deux éléments du milieu ambiant. On croit, à l'heure actuelle, que les couleurs du sol rendent compte plus ou moins fidèlement de leur état génétique différent.

Nous avons dit, dans nos travaux précédents, que le climat agit aussi bien sur la végétation que sur la formation du sol, comme un *complexe* dans lequel on pouvait discerner l'action prépondérante, continue ou périodique, de quelques éléments. Le pédologue K. GLINKA (1908) considérait déjà que les processus de décomposition du sol étaient

(') Ces profils diffèrent beaucoup en réalité par leur composition minérale (v. pp. 69 et 90) et par leur âge relatif.

la résultante de la « totalité d'une série de forces » qu'il est malaisé de disjoindre. DOKOUTCHAJEV, en 1899, avait dit que le sol est = climat + roche mère ± microorganismes ± âge, voulant ainsi montrer qu'il dépend d'une multiplicité d'effets solidaires entre eux.

Des facteurs météorologiques (nous ne considérons ici que le climat) ont toutefois, dans certains cas, une action prépondérante manifeste. Nous renvoyons, pour leur description détaillée, à nos travaux précédents; ici nous insisterons seulement sur certaines particularités.

La *pluie*, dont l'action dominante dans la formation des sols est reconnue par les auteurs anciens et modernes, agit plus par sa répartition saisonnière et par son régime d'*averse* ou de *pluie fine* que par la hauteur d'eau mesurable en une année solaire.

Évidemment, son influence acquiert des degrés différents selon qu'elle agit sur un sol perméable, semi-perméable ou imperméable. Nous n'insistons pas ici sur cet argument qui concerne l'économie de l'eau du sol (affluence et perte), parce qu'il en sera question plus loin.

Il importe de rappeler que le caractère d'*averse* ou de *pluie fine* est nettement caractérisé au-dessous et au-dessus du *niveau des précipitations maxima*. Ce niveau sépare une zone inférieure où une formation orageuse de la pluie peut dominer selon les circonstances, et une zone supérieure où ce caractère se perd avec l'altitude. Aux pluies fines succèdent, en altitude, des brouillards persistants qui indiquent souvent la limite moyenne du plafond nuageux et les précipitations solides (grésil et neige). Ces formes si diverses d'alimentation en eau du sol influent d'une manière très différente non seulement sur son économie hydrique, mais sur sa formation. Ces modes divers d'évolution sont d'ailleurs révélés par les *types* distincts de sols qu'on rencontre et par les caractères géographiques et physiologiques (écologiques) de la végétation.

La *température*, c'est-à-dire l'énergie radiante, accroît l'action dissolvante de l'eau en proportion de son intensité. Elle agit de manière différente au-dessus de la surface et à l'intérieur du sol où les conditions spéciales du milieu tendent à modifier son comportement et son régime saisonnier. Ainsi, par exemple, les pluies froides d'orage (de cumulonimbus très puissants) n'auraient pas une action aussi active sur le sol

si elles ne déterminaient, par leur pénétration dans les couches superficielles, un dégagement d'air chaud et une évaporation intense rendue visible par un brouillard bas venant se former presque au ras du sol et qui persiste à ce niveau sans s'élever jusqu'au moment où un courant d'air d'allure laminaire (le glissement d'une brise de montagne) vient le chasser.

Pluie et température paraissent agir solidairement sur la formation du sol, puisque l'influence de la température est toujours conditionnée par une certaine humidité : quand celle-ci diminue au-dessous d'une certaine limite ou devient insignifiante, l'influence de la température diminue également jusqu'à devenir d'ordre quasi exclusivement physique, comme dans les déserts tropicaux.

La *couverture du sol* a d'ailleurs une importance spéciale sur l'augmentation ou la dispersion du calorique absorbé. Ainsi, faisant abstraction des propriétés physiques très différentes que comportent un sol nu et un sol boisé, voici les observations que nous avons faites le 2 mai 1929 sur un sol couvert de lapilli (verre volcanique) dans une plantation de caféiers à l'Ouest de Sake, à 1,900 mètres d'altitude.

La température de l'air à l'ombre, à 13 heures, par ciel serein, était de 21°,3; la température de la surface du sol nu (non couvert de lapilli) oscillait entre 28° et 27°,3. Sous l'ombre des caféiers, la même température était de 25°, à peine supérieure de 4° à la température de l'air. Des oscillations de 1° à 1°,5 étaient déterminées par l'inclinaison et la diverse exposition du terrain. Sur le sol *couvert de lapilli* (l'épaisseur de la couche variait entre 10 et 40 cm.) la température à la surface était de 33°,5-33°,6-34°,5, supérieure de 5° à 6° à celle de la surface nue et supérieure de 12° à 13° à la température de l'air libre. Les petits écarts entre ces températures étaient imputables à la diverse proportion dans laquelle l'argile et le sable se mélangeaient aux lapilli. Le profil de ce sol était épais et la nappe phréatique se situait à 15 mètres de profondeur; elle était drainée par un petit ruisseau qui s'écoulait peu au-dessous. Il s'agissait d'un profil hétérogène où des colluvia récents couvraient une alluvion limonitique jaune-rouge déposée probablement sous l'eau du lac Kivu. La température de l'eau de la nappe était de 18°,5 tandis que la température du limon rouge était de 20°. La mauvaise conducti-

bilité de ce dernier pour le calorique est certainement à l'origine de la différence entre les deux températures.

Les caféiers plantés dans la couche de lapilli avaient été à peu près grillés, tandis que ceux plantés en dehors des lapilli prospéraient. Ceci révélait deux climats du même sol très différenciés l'un de l'autre, tout au moins en ce qui concerne leur régime thermique, par la seule présence des lapilli.

Le *foehn*. Nous avons mentionné l'existence de couloirs de foehn. L'effet de ce vent descendant se résume dans une augmentation locale de la température de l'air (et probablement aussi du sol), dans une modification probable du régime de radiation et dans une diminution mesurée de la hauteur de pluie. Il s'agit dans nos contrées d'un phénomène permanent ou quasi permanent, pour les raisons dites précédemment; son action sur l'évolution des sols ne saurait par conséquent être méconnue (¹). Non seulement le régime de température du sol, mais son économie hydrique et sa structure granulaire sont directement affectées par le foehn. Les sols influencés par ce vent sont tous situés au-dessous du niveau dynamique des grandes chaînes de montagnes qui barrent les courants orientaux.

En dernier lieu, nous devons attirer l'attention sur l'importance pour les sols de la *direction des vents supérieurs*. On s'étonnera à première vue qu'un élément météorologique aussi éloigné du terrain puisse avoir une action quelconque sur l'évolution du sol.

Notre région est en bonne partie volcanique : au cours du Quaternaire, des phases paroxysmales répétées ont fourni en grande abondance cendres, lapilli et bombes. L'activité éruptive est aujourd'hui entretenue par deux volcans en construction qui ont donné encore récemment des explosions violentes. Ces matériaux légers (cendres, lapilli, etc.), projetés d'une altitude dépassant 3,000 mètres, sont pris dans les courants des vents alizés et transportés en direction Ouest. Tous les sols qui se trouvent sous l'action de ces courants (surtout ceux

(¹) R. Lang (1914) reconnaissait, par exemple, qu'une augmentation unilatérale de la température (l'humidité supposée par conséquent rester la même) transforme l'humus brut d'abord en terre noire, puis en terre brune, puis en terre jaune, en terre rouge, pour finir comme latérite. Cette observation, nous la verrons partiellement confirmée par la suite (v. chap. VII).

du *Horst* congolais) ont été et sont encore *rajeunis périodiquement* par du verre volcanique. Les sols situés à l'Est ne bénéficient pas de cet apport minéral éolien. L'analyse minéralogique nous a fourni une nouvelle série de documents attestant la constance et l'antiquité de deux alizés venant se rencontrer au-dessus du lac Kivu (¹).

Du point de vue général de l'évolution chimique des sols (par conséquent de leur âge), cet apport éolien est de très grande importance; d'autant plus qu'il s'agit de verre *basique* qui se décompose très rapidement et introduit dans le sol des éléments minéraux frais ou nouveaux selon la roche mère.

Les autres constituants météorologiques du climat ont aussi leur action particulière sur l'évolution du sol (l'humidité relative, les condensations, le vent au ras du sol, etc.), mais leur action apparaît moins évidente, surtout à cause de l'imperfection et de l'insuffisance de nos moyens d'investigation, qui ne nous permettent pas encore de discerner la part d'action qui leur revient. Nous ne manquerons toutefois pas d'y faire allusion quand leur citation nous paraîtra devoir servir la discussion.

Répartition topographique. — Nos sols n'ont été présentés que par leur couleur : donnée intéressante, mais, comme nous l'avons constaté, insuffisante. Une description morphologique, même sommaire, est indispensable, sans toutefois prétendre à une classification.

Nous donnons une liste des profils qui ont pu être étudiés du point de vue minéralogique et en partie du point de vue chimique. Les sols y sont groupés selon leur origine morphologique et selon la couleur. Chaque profil prend le nom de la localité où il a été prélevé et tous les échantillons qui le constituent sont accompagnés de leur numéro respectif. La couleur du profil est donnée par l'ensemble des couleurs inscrites à côté de chaque horizon. On constatera facilement sa variation avec la profondeur.

Une *notice* pour chaque profil réunit : la date de prélèvement du profil, ce qui nous renseigne sur l'état humide ou sec du terrain au moment de la mise dans les sachets; l'altitude du puits; la formation

(¹) V. chap. I, p. 15.

géologique sur laquelle gît le sol ⁽¹⁾; la couverture végétale; l'isotherme et l'isohyète (déduites de nos travaux précédents); le rapport $\frac{P}{T}$ (pluie annuelle : température annuelle) ou « facteur de Lang » (F. L.), et enfin le caractère climatique particulier de la localité ⁽²⁾.

L'origine morphologique est cataloguée sous les rubriques suivantes : sols *autochtones* (a) et *colluviaux* (c); sols *alluvionnaires* ou *alluvium* (al); sols *volcaniques* (v); sols de haute montagne (hm).

Par sols autochtones nous entendons les profils prélevés en haut des pentes de montagne, sur les dorsales ou les petits plateaux faisant partie du partage. Dans ces sols les mouvements de matériaux fins sont limités à des transports faibles par le ruissellement local, à la suite des inégalités du terrain.

Par sols colluviaux nous entendons les profils appartenant au bas des pentes, n'empiétant pas dans les dépôts de vallée et ne contenant pas de cailloux roulés. Comme leur nom l'indique, ces profils ne sont pas homogènes *sensu stricto*, leur partie inférieure étant l'effet du transport assez intense de matériaux fins de désagrégation effectué dans des périodes antérieures (par exemple pendant une phase pluviale du Pléistocène), et la partie supérieure étant le résultat du ruissellement dans les temps modernes. Les éléments constitutifs de ces profils trouvant en grande partie leur origine dans les roches du substratum, on peut les considérer comme accumulés sur place par effet de la désagrégation dominante. Par conséquent, ces sols colluviaux, considérés *sensu lato*, peuvent être regardés comme une variation des sols autochtones.

⁽¹⁾ D'après la carte géologique de l'Urundi et du Ruanda, de F. DELHAYE et A. SALÉE (campagne 1921-1922), et de la carte géologique du coude du graben occidental africain et des massifs volcaniques Kahuzi et Biega, de N. BOUTAKOFF (campagne 1929-1931).

⁽²⁾ Nous employons l'expression d'« isohyète probable » quand la zone où a été prélevé le profil ne possède pas de station météorologique. Dans ce cas la pluviosité est déduite des observations des stations voisines quand les conditions climatiques générales sont analogues. Elle est calculée moyennant le « gradient » s'il s'agit de pentes de montagnes desquelles nous connaissons, par l'existence d'une station, la pluviosité des points situés au-dessous ou au au-dessus de la zone envisagée.

Les sols alluvionnaires appartiennent à des cônes de déjection torrentielle ou à des alluvions fluviatiles quaternaires et modernes. Nous y avons fait allusion au chapitre II. Ils sont caractérisés par la présence de cailloux roulés dans l'une ou l'autre partie. Dans cette catégorie nous englobons une variation particulière qu'il y a lieu toutefois de signaler. Il s'agit de sols formés par des alluvions de fonte de glaciers pléistocènes avec transport de matériel de moraine et de cailloux striés. A la dénomination « alluvionnaire » (al) nous ajoutons la mention « glaciaire » (gl), le *diluvium* de DE MARTONNE. Cela équivaldra à les séparer des alluvions pluviales proprement dites.

Nous avons estimé opportun de distinguer une catégorie de « sols volcaniques ». Au premier abord cette distinction paraîtra artificielle, car ni le mode physique d'accumulation, ni la couleur ne suffisent à séparer ces sols des autres catégories. Les sols volcaniques sont déplacés souvent par le ruissellement; dans ce cas ils peuvent être rangés parmi les dépôts colluviaux. Mais il y a une particularité importante qui les détache des autres sols. Cette particularité, c'est leur état juvénile, l'importance et la variété de leur réserve minérale encore à l'état frais et le fait d'être le produit de désagrégation d'épanchements de laves et de scories modernes.

Nous ne considérons pas comme volcaniques les argiles plus ou moins rubéfiées des épanchements basaltiques tertiaires, car ici l'altération climatique a modifié profondément la structure minérale primitive.

Aucune confusion n'est encore possible avec les sols rajeunis par l'apport éolien de verre volcanique, car nos sols « volcaniques » prennent presque entièrement leur réserve minérale dans la zone de départ (*Zerzats* de HARRASSOVITZ). Ces sols volcaniques modernes sont généralement bruns ou noirs. La rubéfaction peut se présenter dans les couches profondes, quand il y a eu des phénomènes de *cuisson* à la suite d'une explosion. Ce cas est fréquent dans les sols formés aux abords d'anciens cratères.

Une forme secondaire de sols volcaniques est celle formée par le concours de boues volcaniques et de matériaux divers, comme sable, lapilli, cendres, etc., cimentés ensuite par les eaux et ayant donné lieu à des tufs; dans ces sols la richesse minérale reste en grande partie intacte.

La répartition de nos sols dénote une *zonalité verticale* au sens de DOKOUTCHAJEV (1899) et de K. GLINKA (1914) qui accompagne assez fidèlement les modifications du climat. Au-dessus du niveau des précipitations maxima, les sols nous apparaissent de moins en moins développés (*Zerzats* important) et la désagrégation physique a une part importante dans leur origine. Les conditions climatiques qui ont présidé (glaciation pléistocène) et président encore (gel et dégel journaliers) à leur formation n'ont rien de commun avec les conditions de climat que l'on rencontre à plus basse altitude. Il s'agit de sols formés sous un régime de pluies faibles et fines et de températures froides ou presque subpolaires. Ce fait a par lui-même une telle importance, qu'il nous paraît justifier une discrimination en faveur de ces sols.

Un certain nombre de ces sols sont prélevés uniquement dans la couche de dépôt des matières organiques des étages propres aux associations que le botaniste phytogéographe L. HAUMANN appelle « afro-alpines ». D'autres profils concernent également le sous-sol et présentent les caractéristiques des sols squelettiques de montagne. D'autres encore sont le produit de la solifluction. Nous en faisons donc une catégorie à part sous le nom de « sols de haute montagne ». Cette qualification, qui établit une analogie avec les *Frosterden* et les *Alpinen Humusböden* de H. JENNY (1930), maintient le concept de zonalité verticale de DOKOUTCHAJEV, tout en opposant ces sols à ceux plus développés de plus basse altitude. Il s'agit ici de fixer la qualité de *variantes afro-alpines* des sols de la zone équatoriale ⁽¹⁾.

La proportion numérique des profils des diverses catégories ne signifie nullement une proportion correspondante des divers types de sols. En principe on peut toutefois retenir que dans ces terres élevées du partage Congo-Nil les colluvia prédominent. Les alluvions sont naturellement la caractéristique des altitudes inférieures.

(1) SIBIRTZEV (1898) assignait ce type de sol à une catégorie spéciale de « sols azonaux » qu'il avait créée dans sa classification géographique des sols.

Sols autochtones bruns (a. b.)

<i>Moganza</i> (île Idjwi).	175 Brun foncé. 176 Brun clair. 177 Brun clair. 178 Brun clair.	<i>Notice.</i> 28 oct. 1928; alt. 1,860 m. Sur micaschistes du système de la Ruzizi. Brousse éricoïde ou forêt claire sclérophile alternée à la savane d'Acacia à parasol. Isoth. 17°, 8 C; isohyète probable : 1,100 mm. Couloir de Foehn. F. L. 61.
<i>Tshibinda</i> (lisière forestière).	278 Brun foncé. 279 Brun rougeâtre. 280 Brun rougeâtre. 281 Brun rougeâtre. 282 Brun rougeâtre.	<i>Notice.</i> Sept. 1929; alt. 2,200 m. Sur coulées basaltoïdes, scories volcaniques et schistes foncés du système de l'Urundi. Forêt mésophile à peine entamée. Isoth. 15°,4; isohyète : 1,900 mm. F. L. 123.
<i>Mont Bukulumissa</i> (dorsale congolaise).	283 Brun très foncé. 284 J. rougeâtre foncé. 285 Jaune orange. 286 G. rougeâtre terne. 287 G. rougeâtre terne.	<i>Notice.</i> Sept. 1929; alt. 2,420 m. Sur schistes foncés du système de l'Urundi mélangés à du matériel volcanique. Isoth. 14°,1 C; isohyète : 2,300 mm. F. L. 163.
<i>Matèle</i> (crête de partage de la dorsale congolaise).	288 Brun-gris. 289 Brun. 310 Jaune-brun clair.	<i>Notice.</i> 23 févr. 1929; alt. 2,280 m. Massifs d' <i>Arundinaria alpina</i> mélangés à la futaie mésophile. Isoth. 15° C; isohyète probable : 2,200 mm. F. L. 153.
<i>Mwendula</i> (versant Ouest du horst congolais).	70 Gris brunâtre. 71 Chamois rosâtre. 72 Chamois rosâtre. 73 Chamois rosâtre. 74 Chocolat tendant au rouge.	<i>Notice.</i> 4 juil. 1928; alt. 1,850 m. Sur roches cristallophylliennes. Forêt secondaire mésophile avec clairières à Graminées. Isoth. 18°,1 C; isohyète probable : 1,700 mm. F. L. 93.
<i>Fendula.</i> (versant Ouest du horst congolais).	337 ? (manque). 338 Brun rougeâtre. 339 Brun rougeâtre. 340 Brun rougeâtre. 341 Brun rougeâtre.	<i>Notice.</i> 17 nov. 1929; alt. 2,125 m. Sur basaltes tertiaires? Zone de déforestation relativement ancienne, à la limite entre la forêt mésophile et la forêt sclérophile des couloirs de foehn. Isoth. 16° C; isohyète probable : 1,700 mm. F. L. 106.
<i>Tshiangoma</i> (Sud du lac Kivu).	382 Brun foncé. 383 Rouge-brun. 384 B. jaune rougeâtre. 385 Rouge-brun. 386 Rouge-brun.	<i>Notice.</i> 4 juin 1930; alt. 2,130 m. Sur micaschistes du système de la Ruzizi. Jachère sur prairies de Graminées (plantation de caféiers). Isoth. 16° C; isohyète : 1,196 mm. Couloir de Foehn. F. L. 74.

<i>Rutaha</i> (Sud du lac Kivu).	360 Brun. 361 Rouge-brun.	<i>Notice.</i> 6 juin 1930; alt. 1,950 m. Plantation de caféiers sur prairie à Graminées. Zone de déforestation ancienne. Isoth. 18° C; isohyète probable : 1250 mm. F. L. 71. — Couloir de Foehn. (Voir photos n ^{os} 15 et 16.)
<i>Mohanga</i> (lacs Mokoto).	130 Brun. 131 Jaune clair. 132 Jaune clair. 133 Jaune clair. 134 Rosé pâle.	<i>Notice.</i> 18 avril 1928; alt. 1,920 m. Sur micaschistes du système de la Ruzizi. Brousse à <i>Pennisetum purpureum</i> et à <i>Erythrina abyssinica</i> . Zone de déforestation relativement récente. Isoth. 17°,4; isohyète probable : 1,546 ^{mm} 2. F. L. 88.
<i>Monts Dalinghi</i> (lacs Mokoto).	259 Brun noirâtre. 260 Brun foncé.	<i>Notice.</i> 18 mai 1929; alt. 2,000 m. Sur schistes et quartzites du système de l'Urundi? Prairie à Graminées. Zone de déforestation récente. Isoth. 16°,8; isohyète : 1,546 ^{mm} 2. F. L. 92.
<i>Muhembe</i> (Ruanda).	296 Brun pâle.	<i>Notice.</i> 29 juin 1929; alt. 1,900 m. Sur granites à biotites. Prairie à Graminées et à Cypéracées. Isoth. 18°,8; isohyète probable : 1,100 mm. F. L. 58.
<i>Kirumbi</i> (Ruanda) (versant oriental de la dorsale).	297 Chamois clair.	<i>Notice.</i> 10 juillet 1929; alt. 2,200 m. Sur micaschistes et gneiss du système de la Ruzizi. Prairie à Graminées sur l'emplacement de la forêt mésophile récemment détruite. Isoth. 15°,6; isohyète probable : 1,900 mm. F. L. 121.
<i>Piste Malambo-Rubenghera</i> (Ruanda-ligne de partage Kivu-Victoria-Nyanza).	298 Ocre clair.	<i>Notice.</i> 1 ^{er} juillet 1929; alt. 2,400 m. Sur schistes foncés du système de l'Urundi. Brousse à <i>Pteris aquilinum</i> (déforestation récente). Isoth. 14°,4; isohyète probable : 1,600-1,700 mm. F. L. 111.
<i>Sols colluviaux bruns (c. b.)</i>		
<i>Mbene</i> (Sud de l'île Idjwi).	155 Brun foncé. 156 Brun foncé. 157 Brun foncé. 158 Brun rougeâtre. 159 Brun rougeâtre.	<i>Notice.</i> 16 oct. 1928; alt. 1,490 m. Sur basalte tertiaire. Savane boisée d'Acacia à parasol et Graminées. Isoth. 19°,2; isohyète : 1,105 ^{mm} 5. Couloir de Foehn. F. L. 57.
<i>Mulungu</i> (pentes orientales de la chaîne congolaise).	273 Brun très foncé. 274 Brun rougeâtre. 275 Brun grisâtre. 276 Brun grisâtre. 277 Brun jaunâtre.	<i>Notice.</i> Sept. 1929; alt. 1,700 m. Sur basalte tertiaire. Brousse riche en espèces (préforestière). Zone de déforestation relativement récente. Isoth. 18°,5; isohyète probable : 1,317 mm. F. L. 71.

<i>Lussunyu</i> (rive orientale du Kivu).	147 Terre de Sienne.	<i>Notice.</i> Août 1928; alt. 1,480 m. Sur basalte tertiaire. Présence de carbonates de Mg et de Ca déposés par le lac Kivu. Prairie à Graminées. Isoth. 19°,7; isohyète probable : 1,100 mm. F. L. 55.
	148 Jaune grisâtre.	
	149 Jaune grisâtre.	
	150 Jaune grisâtre.	
<i>Karashoma</i> (au pied du miroir de faille du Kahuzi).	332 B. jaune rougeâtre.	<i>Notice.</i> 7 nov. 1929; alt. 2,250 m. Forêt mésophile. Isoth. 15°,1; isohyète probable : 2,300 mm. F. L. 150.
<i>Nya-Kaziba</i> (Sud du Kivu).	371 Brun foncé.	<i>Notice.</i> 9 juin 1930; alt. 1,825 m. Sur micaschistes du système de l'Urundi? Prairie à Graminées. Zone de déforestation ancienne. Isoth. 18° C; isohyète probable : 1,312 mm. F. L. 72.
	372 Brun clair.	
	373 Jaune chamois.	
	374 Jaune pâle.	
	375 Jaune clair.	
<i>Nyamwe</i> (versant Ouest du horst congolais).	380 Chamois pâle.	<i>Notice.</i> 16 juin 1930; alt. 1,350 m. Prairie à Graminées, à la lisière de la forêt ombrophile. Isoth. 20°,7; isohyète probable : 1,275 mm. F. L. 61.
<i>Rwaza</i> (Ruanda).	294 Ocre brunâtre.	<i>Notice.</i> 14 juin 1929; alt. 1,800 m. Sur schistes et quartzites du système de l'Urundi. Prairies à Graminées sur jachère. Isoth. 17°,8; isohyète : 1,094 ^{mm} 2. F. L. 61.
<i>Mutanda</i> (Bwito)	261 Noir, gris en profondeur.	<i>Notice.</i> 6 mai 1929; alt. 1,530 m. Sur micaschistes à éléments fins. Prairie à Graminées (déforestation ancienne). Isoth. 19°6 C; isohyète probable : 1,200 mm. F. L. 61.

Sols autochtones et colluviaux rouges (a. et c. r.)

<i>Piste</i> <i>Kanoko-Mulambi</i> (a).	216 Rouge brique.	<i>Notice.</i> 30 juin 1929; alt. 1,715 m. Sur micaschistes et gneiss du système de la Ruzizi. Prairie à Andropogonées. Isoth. 18°,6; isohyète probable : 1,100 mm. (incendies de brousse). F. L. 59.
<i>Nyaluindhja-Moganga</i> (a).	379 Rouge brique.	<i>Notice.</i> 12 juin 1930; alt. 1,900 m. Prairie à Andropogonées. Isoth. 17°,6; isohyète probable : 1,100 mm. F. L. 62.
<i>Nyavarongo</i> (c).	293 Rouge brique.	<i>Notice.</i> 4 juillet 1929; alt. 1,650 m. Sur micaschistes et gneiss du système de la Ruzizi. Prairie à Graminées incendiée régulièrement. Isoth. 19° C; isohyète : 1,168 mm. F. L. 61.

Sols autochtones et colluviaux noirs (a. et c. n.)

- Mont Bugoy (a).* 362 Sol végétal. *Notice.* 19 mars 1930; alt. 2,230 m. Terre végétale de prairie à *Hyparrhenia* sp. Déforestation relativement récente. Isoth. 15° C; isohyète : 1,546^{mm}2. F. L. 103.
- Dorsale congolaise (a).* 257 Grisâtre. *Notice.* 23 février 1929; alt. 2,200 m. Sur schistes foncés du système de l'Urundi? Futaie mésophile. Isoth. 15°,4 C; isohyète : 2,200 mm. F. L. 142.
- Kirumbi-Kagunga (a).* 299 Noirâtre. *Notice.* 11 juillet 1929; alt. 2,000 m. Sur micaschistes et gneiss du système de la Ruzizi. Forêt secondaire à *Hagenia abyssinica* (destruction récente de la forêt). Isoth. 15°,6 C; isohyète probable : 1,650 mm. F. L. 105.
- Katimba (c).* 125 Noir.
126 Brun foncé.
127 Brun foncé.
128 Terre de Sienne.
129 Terre de Sienne. *Notice.* 15 avril 1928; alt. 1,925 m. Sur micaschistes du système de la Ruzizi? Prairie à *Pennisetum typhoideum*, quelques restes de la forêt mésophile récemment détruite. Isoth. 17°,2; isohyète probable : 1,600 mm. F. L. 93.
- Mofumo (c).* 81 Gris.
82 Brun jaunâtre.
83 Brun jaunâtre.
84 Brun jaunâtre. *Notice.* 16 juillet 1928; alt. 2,065 m. Sur roches cristallophylliennes avec intrusions basaltiques? Prairie à *Pennisetum typhoideum*, paysage forestier (déforestation récente et localisée). Isoth. 16°,5 C; isohyète probable : 1,600 mm. F. L. 96.
- Kahundu (c).* 109 Noir grisâtre.
110 Jaune sale.
111 Jaune sale.
112 Gris jaunâtre.
113 Jaune sale. *Notice.* 4 avril 1928; alt. 1,925 m. Sur gneiss et micaschistes du système de la Ruzizi. Prairie à *Pennisetum trachiphyllum* incendiée régulièrement. Isoth. 15°,9; isohyète : 1,464^{mm}3. F. L. 92.
- Muhembe (c).* 290 Noir-brun. *Notice.* 29 juin 1929; alt. 1,635 m. Sur gneiss à tourmaline, zircon et biotite. Prairie d'Andropogonées incendiée régulièrement. Isoth. 19°,2 C; isohyète probable : 1,100 mm. F. L. 58.

- Dendezi* (c). 301 Noir. *Notice.* 13 juillet 1929; alt. 1,600-1,650 m. Sur schistes et quartzites du système de l'Urundi. Prairie à *Andropogonées* incendiée régulièrement. Isoth. 19°,2 C; isohyète 1,840^{mm}7. F. L. 95.
302 Limoniteux.
- Mubeza* (c) 377 Noir châtaigne. *Notice.* 15 juin 1930; alt. 1,250 m. Sur micaschistes? Zone de transition entre la forêt de montagne et la forêt ombrophile. Isoth. 21°,3 C; isohyète probable : 1,300 mm. F. L. 61.
(Sud du Kivu, versant Ouest du horst congolais). 378 B. rougeâtre foncé.
- Tshizi* (a). 228 Brun noirâtre. *Notice.* 24 févr. 1919, alt. 2,300 m. Sur coulées de basalte à olivine du Kaluzi (1^{re} phase éruptive). Sol imbibé de bitume. Peuplement à *Erica arboorea*. Isoth. 15°,4 C; isohyète probable : 2,300 mm. F. L. 149.
- Tshizi* (a) 253 Brun noirâtre. *Notice.* 24 févr. 1929; alt. 2,300 m. Même conditions géologiques que le sol précédent. Sol imbibé de bitume. Prairie à Cypéracées. Isoth. 15°,4 C; isohyète probable : 2,300 mm. F. L. 149.
(clairière à Cenchrus).

Sols autochtones et colluviaux gris.

- Kigèra* (a) 161 Gris foncé. *Notice.* 24 oct. 1928; alt. 1,740 m. Sur granite, à la limite des micaschistes du système de la Ruzizi. Brousse éricoïde à *Agauria salicifolia* et *Philippia Johnstonii*. Isoth. 19°,9 (anormale); isohyète probable : 1,125 mm. Couloir de Foehn. Valeur de l'anomalie thermique : ± 1°,3 C. F. L. 56.
(île Idjwi). 162 Blanc grisâtre.
163 Blanc.
164 Blanc.
- Sentier de* 165 Gris. *Notice.* 22 oct. 1928; alt. 1,730 m. Sur basalte et conglomérats volcaniques. Isoth. 19°,9; isohyète probable : 1,125 mm. F. L. 56.
Nyakalengua à Kaghi (a)
(Sud de l'île Idjwi).
- Kasseraboba* (a) 166 Gris. *Notice.* 26 oct. 1928; alt. 1,735 m. Sur micaschistes du système de la Ruzizi et granites. Prairie à Graminées et bosquets d'espèces xérophiles. Isoth. 18°,6 C; isohyète probable : 1,125 mm. F. L. 60.
(centre de l'île Idjwi). 167 Gris.
168 Gris.
169 Gris.
- Nyanza* (a) 291 Gris pâle. *Notice.* 6 juillet 1929; alt. 1,800 m. Sur granite. Prélèvement dans un champ cultivé à patates douces. Isoth. 17°,8; isohyète : 960^{mm}7. F. L. 53.
(Ruanda central).

Nyanza (a)
(Ruanda central).

292 Gris chamois.

Notice. 7 juillet 1929; alt. 1,800 m. Sur granite très tourmalinifère. Prairie à *Aristida adoensis*. Isoth. 17°,8 C; isohyète : 960^{mm}7. F. L. 53.

Nya-Luindhja
(Sud du Kivu).

376 Gris clair.

Notice. 12 juin 1930; alt. approximative 1,900 m. Dépôt dans les eaux chaudes « Mahio ». Temp. de l'eau : 68° C; temp. de l'air à 12 h. : 23°,5 C à l'ombre.

Sols alluvionnaires bruns.

Rutshuru
(alluvions de la)
bassin du lac Édouard.

232 Brun très foncé.
233 Brun très foncé.
234 Brun foncé.
235 Brun jaunâtre.
236 Jaune chamois.

Notice. 1^{er} mai 1929; alt. 1,200 m. Sur alluvion quaternaire (sol argileux avec nombreux petits cailloux roulés). Prairie à *Imperata arundinaca*. Terrain cultivé irrégulièrement par les indigènes; l'incendie de la prairie y est périodique. Cultures européennes de caféiers. Isoth. 21°,6 C; isohyète probable : 1,000 mm. F. L. 46.

Kissenye
(rives Nord du Kivu).

90 Brun foncé.
91 Mordoré.
92 Débris de lave.
93 Brun clair.
94 Gravier, etc.

Notice. 9 janvier 1928; alt. 1,560 m. Sur alluvions quaternaires. Prairie à Graminées et cultures vivrières indigènes. Isoth. 19°,6 C; isohyète : 118 mm. Zone de Foehn (voir chap. II). F. L. 57.

Mule
(versant Ouest
du horst congolais).

200 Noirâtre.
201 Brun ocre.
202 Brun ocre foncé.
203 Jaune clair.
204 Chamois clair.

Notice. Nov. 1928; alt. 1,800 m. Sur cône de déjection torrentielle (gros cailloux roulés de quartz, granite, gneiss, etc.). Forêt mixte d'essences de l'étage mésophile et d'essences sclérophiles des couloirs de Foehn. Plantations européennes de caféiers. Isoth. 17°,8 C; isohyète : 1,775 mm. F. L. 99.

Sols alluvionnaires noirs (al. n.)

Nye-Kisemolo (al. gl. + c) 120
(versant Ouest 121
du horst congolais). 122
123
124

Notice. 11 et 13 avril 1928; alt. 1,555 m. Sur schistes du système de l'Urundi. Brousse à *Pennisetum typhoides* (zone de déforestation récente). Isoth. 19°,7; isohyète probable : 1,700 mm. (voir chap. II). F. L. 86.

Sols alluvionnaires gris (al. g.)

Vallée du Kateheru 262
(bassin du lac Édouard).

Notice. 6 mai 1929; alt. 1,200 m. Sur micaschistes. Prairie à Graminées (terrain profond et d'aspect fertile). Isoth. 21°; isohyète probable : 1,100 mm. F. L. 51.

Sols volcaniques bruns (v. b.)

<i>Katale</i> (Mikeno)	223 Brun foncé.
(bassin du lac Édouard).	224 Teinté de jaune.
	225 Teinté de jaune.
	254 Brun pâle.
	255 Gris brunâtre.

Notice. 25 avril 1929; alt. 1,700 m.
Sur lave à plagioclase sans feldspaths alcalins. Brousse à *Pennisetum typhoidum* (zone de déforestation récente). Ce profil est remarquablement uniforme. Isoth. 18°,7 C; isohyète probable : 1,800 mm. F. L. 96.

<i>Kibumba</i> (Mikeno)	248 Brun foncé.
(Parc National Albert)	249 Brun foncé.
	250 Gris brunâtre.
	251 Brun jaunâtre.
	252 Brun jaunâtre.

Notice. 3 avril 1929; alt. 2,120 m.
Sur laves à plagioclase sans feldspaths alcalins du Mikeno. Forêt et brousse secondaire à *Vernonia*, *Achantus montana*, Anacardiées, etc. (destruction récente de la forêt primitive). A 4^m34 de profondeur se trouve un banc de lave. Isoth. 16°,2 C; isohyète probable : 2,200 mm. F. L. 135.

Sols volcaniques noirs (v. n.)

<i>Tshikère</i> (Mikeno)	237 Brun foncé à aspect
(partage Kivu-Édouard)	d'humus.
(P. N. A.).	238 Brun jaunâtre.
	239 Brun jaunâtre.
	240 Gris foncé.
	241 Jaune rosâtre.

Notice. 4 avril 1929; alt. 2,200 m.
Cratère marais du versant Sud-Sud-Ouest du Mikeno. Ass. hygrophiles à *Shirpus*, *Xiris*, *Alchemilla*, *Trifolium*, Poacées, Ranunculacées, etc. A 4 m. de profondeur on rencontre de la tourbe. Isoth. 15°,8 C; isohyète probable : 2,300 mm. De l'éch. 240 au 241, la couleur passe presque sans transition du gris au rose avec une allure de cuisson. Les fragments de scories que l'on y voit sont d'un rouge carmin. F. L. 145.

Sols volcaniques gris (v. g.)

<i>Lulenga.</i>	75 Gris jaunâtre.
	76 Gris jaunâtre.
	77 Gris jaunâtre.
	78 Gris jaunâtre clair.
	79 Gris jaunâtre clair.
	80 Gris jaunâtre.

Notice. 31 déc. 1927; alt. 1,800 m.
Sur du matériel volcanique accumulé par le ruissellement et en partie par dépôt éolien (tufes, lapilli et cendres). Sol d'aspect homogène et très profond (40-50 m.). Le profil est remarquablement uniforme. Il se superpose à un banc puissant d'argile rouge. Prairie à herbes courtes de Graminées et Légumineuses. Zone forestière. Isoth. 17° C; isohyète : 1,900 mm. F. L. 111.

Sols de haute montagne (h. m.)

<i>Massif Kahuzi.</i>	217 Noir.	<i>Notice.</i> 12 nov. 1929; alt. 2,740 m. Sur quartzporphyre potassique. Forêt de bambous (<i>Arundinaria alpina</i>) et sous-bois de Panicées. Isoth. 12°3 C; isohyète : 1,985 mm. F. L. 161.
	219 Chamois.	
	220 Gris cendre.	
	221 Gris cendre clair.	
	222 Gris clair.	
<i>Kahuzi</i> (versant Sud-Ouest).	311 Gris.	<i>Notice.</i> 11 nov. 1929; alt. 2,600 m. Sur quartzporphyre potassique. Forêt d' <i>Arundinaria alpina</i> . Isoth. 13°,1 C; isohyète : 2,115 mm. F. L. 162.
<i>Kahuzi</i> (versant Sud-Ouest).	223 Noir.	<i>Notice.</i> 8 févr. 1929; alt. 2,840 m. Sur quartzporphyre potassique. Sol végétal d' <i>Arundinaria alpina</i> , prélevé vers la limite supérieure de l'étage. Isoth. 11°,7 C; isohyète : 1,895 mm. F. L. 162.
<i>Muhavura</i> (P. N. A.).	270 Noirâtre.	<i>Notice.</i> 8 juin 1929; alt. 4,100 m. Sur lave à plagioclase sans feldspaths alcalins. Terre végétale de <i>Senecio Ericii-Rosenii</i> et <i>Lobelia Wollastonii</i> . Isoth. 4°,2 C; isohyète probable : 800 mm. F. L. 190.
<i>Muhavura</i> (sommet) (P. N. A.).	300 Gris foncé.	<i>Notice.</i> 9 juin 1929; alt. 4,127 m. Terre végétale d' <i>Alchemilla geranioides</i> var. <i>Uhligii</i> Engl.-Haum. Mêmes conditions climatiques que pour l'éch. précédent. F. L. 19.
<i>Mikeno</i> (P. N. A.).	265 Brun.	<i>Notice.</i> 5 avril 1929; alt. 2,700 m. Sur leucitite. Sol végétal de bambous (<i>Arundinaria alpina</i>). Isoth. 12°,6 C; isohyète probable : 2,030 mm. F. L. 161.
<i>Mikeno</i> (P. N. A.).	269 Brun foncé.	<i>Notice.</i> 7 avril 1929; alt. 3,400 m. Sur lave sans feldspaths (leucitite). Sol végétal d' <i>Hypericum lanceolatum</i> et <i>Philippia Johnstonii</i> . Isoth. 8°,4 C; isohyète probable : 1,590 mm. F. L. 189.
<i>Karisimbi</i> (P. N. A.).	268 Noir.	<i>Notice.</i> 20 juin 1929; alt. 2,900 m. Sur leucobasanites et kivites. Sol végétal de bambous vers la limite supérieure de l'étage. Isoth. 11°,4 C; isohyète : 1,850 mm. F. L. 162.
<i>Karisimbi</i> (P. N. A.).	267 Noir.	<i>Notice.</i> 20 juin 1929; alt. 3,300 m. Sur leucobasanites et kivites. Sol végétal d' <i>Hypericum lanceolatum</i> et <i>Hagnia abyssinica</i> . Isoth. 9° C; isohyète : 1,631 mm. F. L. 181.

Karisimbi (P. N. A.). 266 Noirâtre.

Notice. 18 juin 1929; alt. 4,100 m. Sur leucobasanites et kivites. Sol végétal de *Senecio-Erici-Rosenii* et d'*Alchemilla geranioides*. Isoth. 4°,2; isohyète : 1,042 mm. F. L. 248.

Karisimbi (P. N. A.). 226 Gris foncé.

Notice. 18 juin 1929; alt. 4,350 m. Sur leucobasanites et kivites. Sol végétal d'*Alchemilla geranioides* et *Poa glacialis*. Sol soumis au gel et dégel journaliers. Isoth. 2°,7 C; isohyète : 942 mm. F. L. 348.

Karisimbi (P. N. A.). 214 Brun foncé sale.

Notice. 18 juin 1929; alt. 4,506 m. Sur leucobasanites et kivites. Sol sablonneux contenant des débris d'*Alchemilla cinerea*. Isoth. 1°,8; isohyète : 882 mm. F. L. 490.

Répartition climatique d'après la couleur. — Si nous prenons la couleur comme point de départ et mettons les différents groupes de sol en rapport avec le facteur des pluies de R. LANG, nous voyons que les sols bruns passent d'un facteur minimum de 46 à un facteur maximum de 163, toutes les gradations intermédiaires étant représentées. Les deux extrêmes sont détenus par deux sols colluviaux : l'un sur les rives orientales du Kivu (Lussunyu); l'autre est un sol forestier du partage congolais.

Les sols rouges passent d'un minimum de 59 à un maximum de 62. Les sols noirs d'un minimum de 58 à un maximum de 149 (Tshizi, sol bitumineux). Les sols gris d'un minimum de 51 (sol alluvionnaire de la vallée du Kateheru) à un maximum de 111 (sol volcanique de Lulenga). Les sols de haute montagne détiennent les indices les plus élevés, de 120 à 490, tout en maintenant les trois couleurs noir, gris, brun. Le facteur 490 correspond à un sol qualifié brun (cime du Karisimbi).

R. LANG établissait la classification suivante, d'après son facteur de pluie :

au-dessus de 160 . . .	sols d'humus brut.
de 160 à 100 . . .	sols noirs.
de 100 à 60 . . .	sols bruns.
de 60 à 40 . . .	sols jaunes passant au rouge et à la latérite.
au-dessous de 40 . . .	sols de climat aride.

S'inspirant visiblement des idées de RAMANN (1905) et de PENCK (1910), Lang a essayé par sa formule de dégager le concept de la formation du sol de la pensée alors dominante de la subordination stricte des types à la variation géographique (la latitude) des climats. Probablement, dans ses voyages aux tropiques, Lang n'a pas parcouru des régions continentales de haute montagne : quoi qu'il en soit, sa formule ne s'applique que vaguement à nos régions de l'Afrique centrale. MOHR fait la même constatation pour les Indes néerlandaises et il reproche à la formule de Lang d'être « une grandeur climatologique pure déterminée dans l'atmosphère à l'aide d'instruments, sans aucun contact avec le sol et en dehors des particularités de celui-ci » (tome I, p. 88).

L'opinion des auteurs paraît d'ailleurs s'accorder sur une limite thermique de 13° C., au-dessus de laquelle il y a souvent rubéfaction du sol et habituellement allitisation. Même ce concept ne peut être accepté que sous réserve de l'existence de Fe dans la roche mère (ce qui est évident) ou que le fer, dans les sols de montagne, ne soit pas retenu dans la constitution du pseudo-sable. Voici d'ailleurs une nouvelle série de profils qui ne paraissent pas s'accorder ni avec les limites de Lang, ni avec la limite thermique de 13°.

L'alluvion jeune de Rutshuru avec une isotherme de 21°,6 et F. L. de 46 est brune; le colluvium de Muhende avec isoth. de 19° et F. L. 58 est noir; l'alluvion de la vallée du Kateheru avec isoth. de 21°,5 et F. L. 51 est grise; enfin l'alluvium + colluvium de Lussunyu avec isoth. de 19°,7 et F. L. 55 est brun-rouge en haut du profil et jaune en bas.

La matière organique intervient certainement pour modifier la couleur des horizons supérieurs, mais le désaccord avec la formule climatique provient non tant du fait de la non-apparition des couleurs prévues dans la classification de Lang, que du fait que la formule ne tient aucun compte de l'importance respective différente qu'humidité et température acquièrent dans des situations géographiques diverses, comme insulaires et continentales, où les autres facteurs du climat du sol apportent leur intervention dans une proportion qui nous est encore mal connue.

Dans les couloirs de foehn, la formule de Lang répond assez bien

aux variations de climat et de sol qu'on y remarque. A l'intérieur des couloirs le F. L. paraît se maintenir entre les limites de 55 et 74; à l'extérieur des couloirs ce rapport augmente sensiblement, toutes autres conditions d'altitude, d'ubication, etc. restant analogues. Ainsi, par exemple, Tshiangoma, a. b. de foehn à 2,130 mètres d'altitude, a un F. L. 74, tandis que Tshibinda, sol a. b. de même altitude non influencé par le foehn, a un F. L. de 123. Kighera, sol A. G. de foehn à 1,740 mètres d'altitude, a un F. L. 56, tandis que Mulungu, colluvium brun d'altitude analogue, mais hors du foehn, a un F. L. 71. L'action spécifique de ce vent descendant sur les processus d'allitisation et la modification probable de la structure du sol seront démontrées par la suite.

Pour les sols rouges, la discordance avec la formule de Lang apparaît très évidente, le rapport $\frac{P}{T}$ paraissant extrêmement élevé. Nos sols rouges se rangent entre les isothermes de 17°,6 et 19° et des F. L. compris entre 59 et 62.

Au-dessus de 160, Lang préconise des sols formés surtout d'humus brut. Ceci n'est pas vrai non plus dans nos régions où des facteurs même sensiblement plus élevés s'accompagnent de sols juvéniles qui ne sont ni des amas de matières organiques partiellement humifiées et moins encore des sols squelettiques. Ces derniers ont des F. L. au-dessus de 490.

R. Lang, créant sa formule, n'a nullement prétendu expliquer les cas, plus nombreux peut-être qu'il ne prévoyait, de sols divers sous des conditions climatiques aériennes apparemment égales. Il a parfaitement pressenti que sa formule n'était qu'une tentative d'offrir un instrument avec lequel on pût vérifier dans quelle mesure l'eau et la température atmosphériques dominaient réellement l'évolution du sol en dehors des autres facteurs. Sa formule laissait la voie ouverte à des perfectionnements ultérieurs.

Le quotient N : S d'ALFRED MEYER est une tentative dans cette voie. Perfectionne-t-il réellement le rapport de Lang? Nous croyons que non, car il se base sur l'évaporation, un des facteurs climatologiques parmi les moins bien connus. Nous avons déjà dit qu'aucune mesure d'évaporation dans aucun pays n'a un sens exact et que

ces mesures faites avec instruments différents dans les conditions d'ambiance les plus disparates ne peuvent être comparées utilement entre elles. Ces mesures pour chaque pays individuellement n'ont de valeur que dans un sens relatif. Meyer s'est rapporté au déficit de saturation de l'air atmosphérique, élément calculé qui s'éloigne encore une fois des conditions réelles de l'évaporation dans le sol (l'évaporation hydrologique). A titre d'expérience nous avons appliqué le quotient N : S aux sols des stations pour lesquelles nous connaissons l'humidité relative moyenne. Voici les résultats obtenus :

Tshibinda . . .	2,125 m. alt.	T° moyen. 16°	Hr 77 %	P 1,883 mm.	N : S 6
Kabgaye . . .	1,867 m. alt.	T° moyen. 18°,6	Hr 65 %	P 1,168 mm.	N : S 2
Uvira	800 m. alt.	T° moyen. 24°	Hr 87 %	P 940 mm.	N : S 3,26
Rubenghera .	1,725 m. alt.	T° moyen. 20°	Hr 72 %	P 1,125 mm.	N : S 2,34
Busangania .	1,610 m. alt.	T° moyen. 19°,2	Hr 79 %	P 1,316 mm.	N : S 3,79
Lulenga . . .	1,850 m. alt.	T° moyen. 18°,4	Hr 85 %	P 1,900 mm.	N : S 8

D'après la classification de Meyer interprétée par Jenny, les sols de nos stations varieraient du type des sols de prairie aux terres brunes de forêt et au podzol. *Grosso modo*, une certaine correspondance avec la réalité existe, mais dans un sens largement relatif.

Nous avons déjà dit que l'application du quotient de Meyer est limitée aux stations pour lesquelles on connaît l'humidité relative moyenne, ce qui est assez rare dans des pays encore en voie d'exploration. Pour cette raison nous continuerons à nous servir du facteur de Lang, malgré ses imperfections. Nous ne méconnaissons pas que ce facteur offre malgré tout un moyen de comparaison entre les limites que nous avons sommairement énoncées.

Quant à l'indice d'aridité de DE MARTONNE, nous en avons parlé ailleurs : il est d'une portée géographique générale et son application au sol demanderait d'être précisée. Il est certainement acceptable comme indication saisonnière relative.

Nous avons reconnu précédemment deux districts bioclimatiques bien différenciés à l'Ouest et à l'Est du fossé tectonique du Kivu, se subdivisant chacun en un sous-district. Ils se caractérisent comme suit (valeurs moyennes) :

1. — *District humide occidental*. — Isoth. 25° C; isohyète 1,800 mm.; aucun mois ayant moins de 50 mm. de pluie; hum. spéc. = 22 (forêt ombrophile).

- 1^{bis}. — *Sous-district humide de la forêt de montagne.* — Isoth. 19°-14° C; isohyète de 1,300 à 2,300 mm.; 1 mois avec moins de 50 mm. de pluie; hum. spéc. = 12.
2. — *District semi-aride oriental.* — Isoth. 19° à 22° C; isohyète de 1,300 à 900 mm.; hum. spéc. = 12; de 2 à 3 mois avec moins de 50 mm. de pluie (forêt sèche subxérophile).
- 2^{bis}. — *Sous-district du « bush » xérophile.* — Isoth. 22° à 24° C; isohyète de 900 à 800 mm.; 5 mois avec moins de 50 mm. de pluie.

Des territoires à caractère indécis s'intercalent évidemment entre ces districts et l'un peut empiéter dans le domaine de l'autre à la faveur de circonstances exceptionnelles (l'altitude et la réapparition de pluies abondantes à la suite de l'orientation des massifs montagneux par rapport aux alizés). Par rapport aux masses d'air de propriétés spécifiques différentes qui arrivent au-dessus de ces districts (air équatorial humide atlantique à l'Ouest du *graben*; air tropical sec de l'océan Indien à l'Est du *graben*), voici comment se répartissent les sols (à côté du nom du profil, sont indiqués : le F. L., l'isotherme, la catégorie du sol et la couleur);

Sous-district humide de la forêt de montagne.

Mulungu	71	18°,5	c.b.
Tshibinda.	123	15°,4	a.b.
Mont Bukulumissa	163	14°,1	a.b.
Matale	153	15°,0	a.b.
Mwendula.	93	18°,0	a.b.
Fendula	106	16°,0	a.b.
Karashoma	150	15°,1	c.b.
Nya-Kaziba	71	18°,0	c.b.
Mohanga	88	17°,4	a.b.
Monts Dalinghi.	92	16°,8	a.b.
Kirumbi	121	15°,6	a.b.
Malambo-Rubenghera	111	14°,4	a.b.
Katimba	93	17°,2	c.n.
Lulenga	111	17°,0	v.g.
Mofumo	96	16°,5	c.n.
Mont Bugoy.	103	15°,0	a.n.
(*) Kahundu	92	15°,9	c.n.
Dorsale congolaise	142	15°,4	a.n.
Tshizi (a)	149	15°,4	a.n.
Tskizi (b)	149	15°,4	a.n.
Kirumbi-Kagunga	117	15°,6	a.n.
Dendezi	95	19°,2	c.n.

Mule	99	17°,8	a.b.
Nyekisemolo	86	19°,7	a.n.
Katale	96	18°,7	v.b.
Kikumba	135	16°,2	v.n.
Tshikère	145	15°,8	v.n.

Le facteur des pluies de Lang ne descend pas dans ce district au-dessous de 71. Probablement un rapport proche de ce chiffre constitue la limite au-dessous de laquelle, soit par la diminution des pluies, soit par l'augmentation de la température, les sols cessent d'appartenir à ce district. Un facteur de pluie 71 s'accorde d'ailleurs assez bien avec l'isohyète de 1,300 mm. que nous avons indiquée comme limite de la forêt équatoriale de montagne.

L'astérisque mis à côté du sol Kahundu veut signaler une exception locale. Malgré sa vocation forestière mésophile, ce terrain comporte une végétation sclérophile. Les causes en sont : la nature physique du sol, plutôt sableux, et les incendies de brousse, qui maintiennent forcément une végétation secondaire adaptée. En outre, un certain nombre de sols de ce district appartiennent à ces îlots climatiques du Ruanda qui sont en dehors des frontières du district oriental et où la forêt mésophile réapparaît à la faveur de circonstances spéciales (III et IV, zone des pluies) ⁽¹⁾.

District oriental semi-aride.

Mbene	57	19°,2	c.b.
Lussunyu	55	19°,7	c.b.
Moganza	61	17°,8	a.b.
Tshiangoma	74	16°,0	a.b.
Rutaha	71	17°,6	a.b.
Nyamwe	61	20°,7	c.b.
Rwaza	61	17°,8	c.b.
Muhembe	58	18°,8	a.b.
Kanoko-Mulambi	59	18°,6	a.r.
Nyavarongo	61	19°,0	c.r.
Nyaluindhja-Moganga	62	17°,6	a.r.
Mubeza	61	21°,3	c.n.
Kighera	56	19°,9	a.g.
Nyakalengua-Kaghi	56	19°,9	a.g.
Kasseraboba	60	18°,6	a.g.

⁽¹⁾ Voir carte démonstrative, p. 19 du mémoire *Les Famines périodiques dans le Ruanda, etc.*

Nyanza (a)	53	17°,8	a.g.
Nyanza (b)	53	17°,8	a.g.
Rutshuru	46	21°,6	al.b.
Kissenye	57	19°,6	al.b.
Mutanda	61	19°,6	c.b.
Kateheru	51	21°,5	al.g.
Vallée Muhembc	58	19°,2	c.n.

Les sols des couloirs de foehn s'inscrivent dans ce district comme on devait s'y attendre. Pour certains (Tshiangoma) le $\frac{P}{T}$ (rapport Pluies: Température) est anormalement élevé. Le foehn, déprimant la pluviosité, masque de ce fait l'action de l'altitude, qui devrait, par contre, l'augmenter. D'autre part, la température quoique anormalement élevée ne parvient pas à masquer l'effet de l'altimétrie. Ainsi les deux termes du rapport dont l'anormalité respective est de signes contraires, tendent à se faire équilibre.

Certains de ces sols (par exemple Rutaha, Tshiangoma et Mbene), par l'uniformité relative de leur profil (couleur et structure) et surtout par leur contenu élevé en humus (de 12 à 15 % d'humus total), évoquent de pseudo-tschernoziomes ou les « regur » de l'Inde. L'alternance des saisons sèche et humide, rendue plus tranchée par la presque constance du foehn, l'absence de toute végétation forestière et une pluviosité inférieure à 1,200 mm. établissent quelques similitudes d'ambiance avec le climat des régions à « regur » et ensuite des steppes à tschernoziomes (RICHTOFEN). Mais nos sols n'ont ni la fertilité, ni la faune, ni certains caractères morphologiques secondaires des tschernoziomes et des « regur ». Si certains aspects extérieurs de leurs profils font penser à une parenté avec les « regur » et les tschernoziomes, l'examen détaillé du profil semble l'exclure ⁽¹⁾.

(¹) D'après D. S. GRACIE, assistant de chimie agricole au « Scott Agricultural Laboratories » de NAIROBI (Kenya, 1930), des tschernoziomes, qu'il qualifie de « black cotton soils » or « black earst », occupent des surfaces étendues dans la province de Kikuyu et dans celle du « West Kenya ». Ces sols ont une couleur superficielle qui va du noir au gris, au brun grisâtre. Ils sont développés de préférence dans les zones peu élevées et où le climat est sec. La couche noire est souvent argileuse, plastique et se crevasse de manière caractéristique pendant la saison sèche. A des profondeurs variables au-dessous de la surface, ces « black cotton soils » présentent presque toujours un horizon illuvial plus ou moins développé avec un *Ortstein* caractérisé par des nodules friables de CaCO₃ ou des concrétions de fer.

La couleur se répartit dans les deux districts sans qu'aucune prédominance se dessine clairement. La couleur rouge paraît faire seule exception, car elle se localise dans le district semi-aride [deux profils se trouvent dans la deuxième zone des pluies du Ruanda et le troisième au Sud du bassin du Kivu ⁽¹⁾].

La rubéfaction se fait générale dans le sous-district du « bush » xérophile (première zone de pluies du Ruanda), domaine des limonites jaune-rouge (*ironstone*), à la limite orientale de la forêt sèche sub-xérophile.

Deux profils (Nyamwe et Mubeza) font partie de cette zone de transition qui donne passage au domaine de la forêt équatoriale de basse altitude. Bien qu'ils soient classés l'un comme brun, l'autre comme noir, à cause de la forte proportion d'humus de l'horizon éluvial, leur F. L. indique la limite entre l'allitisation jaune et l'allitisation rouge.

L'alluvium brun de Rutshuru et l'alluvium gris de Kateheru devraient être, d'après leur F. L. très bas, rouges et allitiques si le principe admis par les auteurs est vrai. L'anomalie, si c'en est une, peut-on l'expliquer par la jeunesse de l'alluvion ou parce qu'elle ne contient que du quartz auquel rarement s'ajoutent quelques autres minéraux? Il n'y a pas d'alluvion rouge dans les contrées visitées par nous.

Les sols de haute montagne se trouvent tous (du point de vue de

Jamais cet *Ortstein* ne forme une carapace dure (*murrum*). Le pH de ces sols, considérés assez fertiles, varie en moyenne entre 4,54 et 5,75. L'acidité s'accroît généralement avec la profondeur, mais le contraire peut aussi être vrai.

Certains sols bruns (chocolat-rouge, d'après Gracie) dérivés de roches volcaniques, comme ceux de la base du mont Elgon, à cause de la forte quantité de matière organique et d'« *exch. calcium* » de la surface, sont jugés par l'auteur comme voisins des « *black cotton soils* », bien que ces sols présentent des concrétions ferrugineuses à 3 pieds de profondeur, et que plus bas l'existence d'une carapace (*murrum*) soit extrêmement probable. Ces sols sont entièrement dénudés de toute couverture forestière.

D'après l'auteur, les « *black cotton* » ne supportent pas la croissance des arbres. Quand la surface de ces sols est noire (riche en matières organiques), poussent de rares buissons épineux; quand la surface passe à la couleur grise, même les buissons disparaissent. La non-croissance des arbres sur une partie au moins de ces sols est attribuée par l'auteur à la présence dans le sous-sol de concrétions (poupées) de CaCO₃ (*Ortstein*).

(1) Voir *Les Famines périodiques dans le Ruanda, etc.*, pp. 18-25.

la verticalité) au-dessus de l'isotherme de 14° C., où les pluies diminuent progressivement et perdent en même temps leur caractère d'averse. Une répartition par couleur de ces sols ne nous a pas paru acquérir de signification.

Quand l'altimétrie ou d'autres circonstances réalisent des variations tempérées humides ou tempérées sèches du climat intertropical, les couleurs brune, noire, grise apparaissent et nous font voir, encadrés entre les sols rouges du climat équatorial, des sols dont l'aspect est analogue à celui des sols des pays tempérés (les « Braunerden » de Ramann).

Variantes climatiques, peuplements végétaux et types de sols décèlent dans ces conditions un ensemble biogéographique nettement différencié du monotone paysage équatorial.

Formes de désagrégation prédominantes. — Dans une très grande partie de nos sols les minéraux de la roche mère ont subi une transformation profonde; dans d'autres on ne les reconnaît plus. Ceci prouve que l'altération chimique est dominante au-dessous d'un certain niveau que nous estimons entre 3,500 et 4,000 mètres. Les agents ordinaires de dissolution paraissent très actifs, même sous ce climat subéquatorial tempéré d'altitude. Il y a des régions à humidité plus forte que nous avons assignées au sous-district de la forêt équatoriale de montagne, où une saison sèche proprement dite est presque inexistante ou est réduite à un seul mois (> de 50 mm. de pluie). L'évaporation est constamment alimentée par de nouveaux apports d'eau, ce qui fait que les réserves hydriques du sol ne sont jamais entamées profondément. L'oscillation diurne de la température de l'air est moins ample : tout concourt à maintenir une atmosphère relativement uniforme assez chaude et humide, variante tempérée du climat équatorial humide qui est franchement chaud. L'action hydrolisante de l'eau est activée par la température, tandis que l'anhydride carbonique dissous s'y trouve en des proportions moindres que dans nos climats tempérés d'Europe. L'action de l'oxygène, avivée par la radiation solaire, y est également exaltée par rapport aux latitudes moyennes. Son action est vraisemblablement maxima dans les régions où l'atmosphère locale favorise la

formation des orages et autour des volcans actifs, grands générateurs de chaleur et de poussières. Pendant les équinoxes la température atteint son maximum annuel et ce phénomène coïncide avec une chute abondante de pluie et une haute fréquence d'orages. On sait que les orages amènent la production d'acide nitrique qui contribue à la rapide altération des feldspaths. Ce fait étant général sur toute la bande équatoriale, qu'elle soit humide ou semi-aride, *l'altération chimique des sols atteint aux équinoxes son maximum périodique*. La végétation reprenant un gain d'activité à ces mêmes périodes, il n'est pas inutile de remarquer la coïncidence de l'attaque plus vigoureuse des minéraux du sol par les éléments du climat et la succion plus active des solutions minérales de la part des plantes.

Dans les régions où la saison sèche est bien caractérisée et dure plusieurs mois (de trois à cinq), pendant lesquels l'indice d'aridité (de DE MARTONNE) approche ou touche les valeurs propres de l'endoréisme et de l'aréisme ⁽¹⁾, la désagrégation chimique cède le pas, pour des périodes plus ou moins longues, à des formes de désagrégation physique. L'évaporation n'étant plus alimentée ni par des pluies, ni par des brouillards humides, met à contribution les réserves du sous-sol. Il peut avoir alors formation de croûtes avec grenailles, comme dans l'*ironstone* du Ruanda oriental (A. Salée); certains sols argileux, par contre, se crevassent profondément. Notre photo n° 13 montre les fentes profondes de 1 m. 50 à 2 mètres dans le colluvium brun de Mulungu, où pourtant la saison sèche est des moins rigoureuses.

Dans ces régions temporairement arides, le rayonnement nocturne prend une grande importance dans le bilan thermique local. Faute de mesures appropriées qui nous permettraient d'évaluer l'importance pratique du phénomène, nous savons que les oscillations diurnes de température sont amplifiées. La gelée n'est jamais atteinte, mais la dilatation thermique des roches ne cesse pas pour cela d'être maxima par rapport aux régions humides. Les vents occasionnels et plus encore les courants de convection très actifs exercent une action de déflation (Richtofen) et enlèvent au sol ses particelles les plus fines. Au chapi-

(¹) *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, pp. 289-294.

tre I nous avons formulé l'hypothèse que ces courants pouvaient être la cause de l'alvéolation de l'*ironstone*.

Dans les parties très élevées des montagnes, l'*altération physique* des roches est nette. Le gel et le dégel y sont journaliers à n'importe quelle saison et la régularité du phénomène s'accroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la limite altimétrique inférieure. Il se fait, d'autre part, qu'à de si fortes altitudes (à l'exception du Ruwenzori) il n'y a que des roches volcaniques particulièrement friables qui se débitent en parallélipèdes caractéristiques (exfoliation) et s'accumulent parfois en des amas chaotiques (Mikeno) rappelant la désagrégation des roches subpolaires. Nous avons discuté l'hypothèse, au chapitre II, de l'existence de glaciers pléistocènes sur ces montagnes. Leur action mécanique dans la formation de ces sols squelettiques ne peut être négligée. Le transport de matériaux pierreux par les eaux de fonte a d'ailleurs contribué à la formation de couches importantes (diluvium) des sols actuels, auxquels se superposent des colluvium (profils Nyekisemolo et Kissenye).

Les sols du pourtour du bassin du Kivu ont été noyés pendant toute une partie du Pléistocène. Dans notre mémoire sur les *Précipitations dans le bassin du Kivu*, nous avons donné une carte schématique du territoire inondé, nous basant sur des documents paléontologiques ⁽¹⁾. Si nous négligeons les sols déposés récemment sous l'eau (Kissenye) et ceux qui ont subi l'immersion pour un temps relativement court (isohypse de 1,640 m.), quelle peut avoir été l'action de l'ennoyage sur les roches submergées, depuis le Post-Pliocène, en eaux riches en carbonates, et l'évolution des sols qui en sont dérivés? L'insuffisance de nos connaissances rend toute réponse ardue.

La température a été alternativement plus basse et plus élevée ou égale de l'actuelle ⁽²⁾ pendant les périodes pluviales et interpluviales. Mais le temps a permis à la submersion d'agir et son action dissolvante a pu naturellement s'exercer plus longtemps sur les terrains de plus faible altimétrie, submergés depuis l'époque où la vallée fluviale du

⁽¹⁾ *Les Précipitations dans le bassin du Kivu, etc.*, pp. 92-103.

⁽²⁾ La température des eaux du Kivu et du Tanganyika, dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, pp. 114-116.

Kivu a vu ses eaux monter de niveau (ennoyage de la mer Buganda). Voici la raison probable pour laquelle nous trouvons des épaisseurs de quelques dizaines de mètres dans les argiles rouges ou brunes des rives actuelles avant d'atteindre la roche mère. Si la température de l'eau a augmenté à partir de la fin du dernier pluvial, son action dissolvante a été activée. Des processus de décomposition de roches immergées dans des eaux chaudes minéralisées s'accomplissent actuellement sous nos yeux. Notre sol n° 376 (Nyaluindhja) est formé dans les eaux thermales « Mahio » ayant 60°-65° de température (voir photo n° 5). La vitesse d'altération des minéraux est dans ce cas cent fois plus rapide que l'altération ordinaire subaérienne, et le sol Nyaluindhja, qui n'a pas encore subi l'effet du climat aérien, a les caractéristiques d'une siallite juvénile.

Une immersion assez longue paraît en tous cas avoir retardé l'allitisation. C'est ainsi que, bien que la roche ait été altérée jusqu'à de grandes profondeurs, ces sols sont encore relativement jeunes. Certains profils (Lussunyu) où nous constatons des couches inférieures siallitiques couvertes de couches colluviales déposées après l'exondation semblent prouver que l'allitisation serait postérieure à l'émersion.

L'évolution allitique. (1). — L'analyse minéralogique a mis à notre disposition un élément qui nous permet d'établir une discrimination entre les sols par rapport à l'hydrolise des silicates. Du néerlandais « pseudozand » (DEUSS) on a tiré le mot « pseudo-sable ». C'est, d'après M. Schoep, un produit colloïdal à caractère partiellement allitique (H_2O , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) que nos sols contiennent en plus ou moins grande quantité (2). La nature exacte de ces pseudo-granules nous est très imparfaitement connue et l'interprétation de leur présence demeure incertaine. D'après Mohr, le pseudo-sable se forme aux Indes néerlan-

(1) *Allite* et *Siallite* sont des termes introduits par Harrassovitz en 1926. On les emploie d'après le rapport $SiO_2 : Al_2O_3$, du point de vue de la constitution chimique.

(2) Ainsi que son nom l'indique, ce pseudo-sable est constitué d'un amas de pseudo-granules. D'après VAGELER, vus au microscope, ce sont de petites éponges remplies alternativement d'eau et d'air, et leur résistance à la décomposition les fait assimiler à des sols sablonneux. Des sols riches en pseudo-sable se distinguent

daises au-dessus de 1,000 mètres d'altitude et c'est spécifiquement un produit d'altitude. Il ne dit pas, par contre, de quelle manière et par l'intermédiaire de quels facteurs l'altitude intervient dans sa formation.

D'un point de vue théorique pure et par conséquent sans base expérimentale et sans observation directe sur le terrain, M. Schoep se représente la formation des premiers grains de pseudo-sable comme une floculation de certains colloïdes du sol. Sous l'action de quels agents se fait cette floculation? Il paraît qu'il serait difficile de les chercher ailleurs que dans les ions, qui sont, à un moment donné, en concentration plus grande dans les eaux de ruissellement.

Puisque le pseudo-sable comporte des oxydes de fer, il faut que le sol en contienne et il faut également qu'il y ait suffisamment de colloïdes pour qu'ils flocculent : il est alors légitime de supposer que le pseudo-sable se forme pendant une phase sialitique du sol. Dans une allite où l'argile est détruite il paraît que le pseudo-sable ne peut pas exister.

Néanmoins, le problème de la formation de ce produit reste obscur, car nous constaterons au cours de ce travail que des sols d'altitude, parfois très voisins l'un de l'autre, sous des conditions climatiques extérieures égales, tantôt ont du pseudo-sable, tantôt n'en ont pas. Une distinction climatique entre profils avec pseudo-sable et profils sans pseudo-sable paraît impossible.

Du point de vue génétique, le nombre et la grandeur du pseudo-sable paraissent constituer un indice de l'âge du sol : indirectement de son évolution vers l'allite. Dans le but de favoriser une meilleure compréhension des faits, nous allons dénombrer pour chaque district climatique les profils avec et sans pseudo-sable. A côté de chaque profil, le F. L., la nature morphologique du sol, l'altitude et le phénomène climatique ou physique ayant eu une action prépondérante sont indiqués.

par toute une série de qualités très importantes au point de vue physique. Il est à noter que la plupart des terres rouges appartiennent à cette catégorie. A cause de la porosité des particules, le poids volumétrique est très bas. Ils sont donc en apparence d'une grande légèreté spécifique et n'ont pas le défaut d'être plastiques. Ils sont perméables à l'eau et à l'air et quand ils sont bien composés du point de vue chimique ils sont un excellent milieu de culture.

*District semi-aride oriental.**Tout le profil contient du pseudo-sable.*

Rutaha	70	a.b. (foehn)
Muhembe	58	a.b.
Kanoko-Mulambi.	59	a.r.
Nyavarongo	61	a.r.
Nyaluindhja-Moganga	62	a.r.
Muhembe (vallée).	58	c.n.
Mubeza	61	c.n.
Nyakalengua-Kaghi.	56	a.g.

Profils sans pseudo-sable.

Mbene	57	c.b. (foehn; submergé)
Nyamwe	61	c.b.
Rwaza	61	c.b.
Kighera.	56	a.g. (foehn)
Kasseraboba	60	a.g.
Nyanza (a)	53	a.g.
Nyanza (b)	53	a.g.
Rutshuru	46	al.b.
Mutanda	61	c.b.
Kateheru	51	al.g.

Une partie seulement du profil contient du pseudo-sable.

Lussunyu	55	c.b. (submergé; foehn)
Moganza	61	a.b. (foehn)
Kissenye	57	al.b. (submergé; foehn)
Tshiangoma	74	a.b. (foehn)

*District humide occidental.**Tout le profil contient du pseudo-sable.*

Mohanga	88	a.b. (rajeuni)
Malambo-Rubenghera	111	a.b.
Katimba	93	c.n. (rajeuni)
Mofumo	96	c.n. (rajeuni)
Fendula.	106	a.b.
Kahundu	92	c.n. (rajeuni)
Kirumbi-Kagunga	105	a.n.

Une partie du profil seulement contient du pseudo-sable.

Tshibinda	123	a.b.
Mwendula	93	a.b.
Dendezi.	95	c.n.
Mule	99	al.b.
Nyekisemolo	86	al.n. (rajeuni)
Katale	96	v.b.
Kibumba	135	v.b.
Tshikère	145	v.n.

Pas de pseudo-sable.

Mulungu	71	c.b.
Bukulumissa	163	a.b.
Matàle	153	a.b.
Karashoma.	150	c.b.
Nyakaziba	71	c.b.
Dalinghi	92	a.b. (rajeuni)
(*) Kirumbi.	121	a.b.
Nyaluindhja (sol ennoyé en eaux chaudes minéralisées).		
Bugogy	103	a.n. (rajeuni)
Dorsale congolaise	142	a.n.
Tshizi (a)	149	c.n.
Tshizi (b)	149	c.n.
Lulenga.	111	v.g.

Sols de haute montagne :

Kahuzi	161	noir-gris, 2,740 m. alt. (rajeuni)
Mikeno	161	brun, 2,700 m. alt. (rajeuni)

Aucune des catégories de sols que nous avons distinguées n'échappe à la formation de pseudo-sable. Il constitue un phénomène normal dans les sols rouges, ce qui est conforme à l'avis des auteurs (Ramann, Vageler, Deuss, Mohr, etc.) et à ce que l'on connaît dans les autres contrées tropicales. La couleur ne paraît pas avoir de rapport avec ce matériel allitique. Il est absent, par contre, dans certaines alluvions récentes et dans certaines sédimentations sublacustres, telles que nos profils Rutshuru, Mateheru, etc. La cause peut être attribuée à l'absence dans ces alluvions de tout minéral, à l'exclusion du quartz (v. pp. 124, 129 et 139) ou à l'immersion pléistocène.

Afin d'expliquer les processus de latéritisation, M. A. LACROIX fait intervenir un concept de *porosité* favorisé soit par la position topographique (subhorizontale), soit par la nature lithologique du sous-sol (éboulis, etc.), ou par la forêt, dont le développement rapide peut coïncider avec une pénétration active des eaux superficielles. D'autres auteurs (M. MACLAREN pour l'Inde) ont attribué à l'alternance d'une saison très humide et d'une saison très sèche les processus actifs de l'évolution latéritique (hydrolyse des silicates). La formation du pseudo-sable, paraissant le stade juvénile des processus amenant à la maturité des « argiles latéritiques », devrait être particulièrement abondante dans le district semi-aride où, à cause de l'alternance de saisons sèches et humides bien tranchées et la déforestation, œuvre humaine, datant au moins du Néolithique, l'hydrolyse des silicates paraît devoir être la plus ancienne. Par contre, si nous ne considérons que le climat atmosphérique, aucune prépondérance ne se dessine dans l'un ou l'autre des deux districts climatiques. Dans le district humide la proportion des sols à pseudo-sable est de 65 %; dans le semi-aride elle est de 62 %. Nos trois sols rouges allitiques sont des terrains de haut de pente : on ne peut pas invoquer pour eux la raison d'une situation topographique particulière (une cuvette, par exemple). Au contraire, des sols relativement poreux sont peu ou non allitiques. Il semble légitime de supposer que d'autres causes, qui à notre esprit apparaissent encore incertaines, en raison sans doute de l'insuffisance de nos investigations, déterminent « localement » l'établissement des phénomènes de l'allitisation. Nous croyons pouvoir conclure, provisoirement tout au moins, que *sous un même climat atmosphérique et par une origine morphologique analogue l'âge des sols peut différer notablement.*

H. ERHART a reconnu à l'allitisation à Madagascar une limite altimétrique supérieure s'établissant autour des 2,000 mètres dans les massifs granitiques et des 2,400 mètres dans les massifs basaltiques (¹). Dans nos régions du partage Congo-Nil, ces limites s'élèvent d'au

(¹) D'après Mohr, les terres rouges (allites) aux Indes néerlandaises cessent à 2,000 mètres et sont rares à 1,500 mètres. Si à Java on trouve des sols rouges à 1,500 mètres d'altitude, on les considère comme étant fossiles et soulevés par des mouvements orogéniques.

moins 400 mètres par effet, surtout de la continentalité (profils Kirumbi-Kakunga sur micaschistes et gneiss; Malambo-Rubenghera sur schistes foncés), et plus encore; mais dans ce dernier cas il s'agit de sols rajeunis par l'apport éolien de verre basique. En effet, on pourra être surpris de constater que le sol du Kahuzi (n^{os} 217-222), dérivé d'un quartz-porphyre potassique à 2,740 mètres d'altitude, sous une température moyenne de 12° C. et un régime de pluies fines, est partiellement allitique et que le sol végétal des pentes du Mikeno (n^o 265), dérivé d'une leucitite à 2,700 mètres d'altitude, l'est également. On ne peut invoquer dans ce cas l'action d'une température élevée sur des eaux qui, à cause de leur origine (pluies fines) et de l'abondance des matières organiques à la surface, pénètrent profondément dans le sol. Dans les deux profils l'allitisation ne concerne d'ailleurs que l'horizon éluvial (de 0 à 50 cm. de profondeur), dans lequel les minéraux de la roche mère sont encore reconnaissables, ce qui prouve que le processus est tout à fait actuel. Des modifications apportées à la vie microbienne et à la composition superficielle du sol par un changement de la couche végétale ne sont pas non plus à invoquer, car la forêt de bambous existante lors du prélèvement du profil était dans son état primitif.

La proportion des sols rajeunis est beaucoup plus forte dans le district occidental (de la forêt mésophile) que dans le district oriental. Dans ce dernier un seul profil présente du verre volcanique amené par les eaux de ruissellement (couches colluviales) ou par des vents d'orage à l'occasion des éruptions mêmes. On peut même dire que dans le district semi-aride il n'y a pas de sols rajeunis, ce qu'il est facile de vérifier sur place.

Tous les sols rajeunis sont totalement ou partiellement allitiques, selon que l'apport éolien est plus ou moins ancien. *La présence de verre volcanique semble par conséquent être chez eux la cause principale de l'allitisation.* Le rôle prépondérant que le verre joue dans ce cas n'est pas particulier à nos régions. VAGELER le constate à maintes reprises pour les sols de contrées volcaniques jeunes de la bande intertropicale. Chaque éruption a donné probablement du verre (lapilli) et des cendres, répandus à de grandes distances par les vents supérieurs. Or, d'après les géologues, il paraît que la plupart des émissions pléistocènes ont été

basiques. Ceci a une grande importance, car le verre basique est infiniment plus altérable que le verre acide, même sous le climat tropical. Il est encore beaucoup plus riche en minéraux utiles aux plantes que le verre acide, dont la fertilité est considérée comme étant à peine supérieure à celle du quartz. La couleur du verre révélée par les analyses minéralogiques de M. Schoep varie entre le brun et le noir, ce qui décèle principalement la présence de fer, qui, par surcroît, rend ce verre particulièrement attaquable par les éléments du climat.

Leur contenu en substances nutritives pour les végétaux est d'ordinaire considérable. La potasse est rarement au-dessous de 2 %; la chaux et la magnésie rarement au-dessous de 3 %. L'importance du verre volcanique basique sur la composition du sol n'a pas besoin d'être ultérieurement illustrée quand on en considère la constitution minérale et la facilité extrême à produire des substances mobiles. Tous les auteurs s'accordent sur ce point. Le verre ne s'accompagne jamais de terres claires, à cause du pouvoir colorant de son oxyde de fer libéré, comme on peut le voir aisément dans la répartition climatique de nos sols.

L'allitisation semble s'accompagner non seulement de la présence de verre volcanique, mais aussi de la nature de la roche mère. Sont ainsi allitiques les sols dérivés des coulées basaltiques tertiaires et le pseudo-sable est plus abondant dans ceux de ces sols qui appartiennent à des couloirs de foehn (par exemple Rutaha).

Sont allitiques les sols provenant de l'altération récente de laves et de scories (nous les avons appelés « sols volcaniques ») et ceux dont les minéraux appartiennent aussi bien à des roches métamorphiques qu'à des produits volcaniques d'explosion (bombes et scories diverses), tels que Tshibinda.

Sont partiellement allitiques les sols dont le profil est en partie d'origine alluvionnaire pléistocène (sol de delatation de Kissenye, diluvium de fonte glaciaire de Nyekisemolo) ou a subi l'ennoyage pléistocène (Lussunyu) et qui en partie est d'origine colluviale récente (et a subi, par conséquent, l'altération météorique).

Sont enfin totalement allitiques les sols rouges, quelle que soit la roche mère; chez ces sols le pseudo-sable existe, comme nous avons dit, indépendamment de tout phénomène de rajeunissement. Enfin *peuvent*

être allitiques les sols bruns et noirs dérivés de roches non volcaniques (Malambo-Rubenghera et Kirumbi-Kagunga) jusqu'à une altitude de 2,400 mètres.

L'allite jaune ou rouge semble s'accommoder fort bien de la nature colluviale du sol et paraît bien être un produit avancé de la destruction *in situ* des roches (¹).

L'allitisation rouge semblant localisée dans le district semi-aride, les sols de ce district apparaissent dans leur ensemble plus vieux que les sols du district humide (de la forêt mésophile). La formation de pseudo-sable apparaît comme un phénomène relativement récent, à en juger des profils qui en sont affectés. C'est un phénomène certainement actuel où il y a rajeunissement. Un certain nombre de profils se répartissant dans les deux districts climatiques (Lussunyu, Dendezi et Moganza à l'Est et au Sud; Kibumba au Nord-Ouest du Kivu) n'en présentent que dans l'horizon supérieur jusqu'à une profondeur d'environ 50 centimètres. La plupart des autres profils (Tshibinda, Mwendula, Mule, Nyekisemolo, Katale) montrent du pseudo-sable jusqu'à 2 mètres de profondeur; mais il s'agit de sols ayant subi le rajeunissement éolien ou ayant bénéficié d'apport endogène de matériaux volcaniques. On le voit clairement dans le sol de delatation de Kissenye. Le pseudo-sable est dans tous les horizons où des lapilli charriés par les eaux ou déposés en eaux calmes ont été incorporés jusqu'à 5 mètres de profondeur; il n'y est pas dans la couche entre 60 cm. et 2 mètres, où il n'y a pas de verre volcanique.

A cette norme apparente il y a toutefois des exceptions qui paraissent devoir rester sans explication, faute, avant tout, d'observations plus nombreuses. En effet, pourquoi deux colluvium du même district climatique (Kirumbi-Kagunga et Kirumbi), à quelques kilomètres l'un de l'autre, ne différant que de 200 mètres d'altitude, tous les deux provenant de l'altération probable des mêmes roches, contiennent-ils l'un

(¹) H. ERHART, à propos des argiles latéritiques de l'Est de Madagascar, a émis l'opinion que la véritable allite se rencontre sous forme de revêtement de plateaux ou comme dépôts alluviaux au pied des massifs volcaniques; nulle part elle ne peut être considérée comme un produit final de la destruction des roches, car on ne la trouve jamais *in situ*.

(Kirumbi-Kagunga) du pseudo-sable et l'autre (Kirumbi) pas? ⁽¹⁾. Pourquoi des sols ayant le même facteur de pluie (F. L.), dérivés de l'altération de roches cristallophylliennes, sont-ils les uns fortement allitiques et les autres ne le sont-ils pas? Pourquoi le profil colluvial de Mbene (Sud de l'île Idjwj), récemment exondé des eaux du Kivu, avec un pourcentage de 100 % de matières fines, ne contient-il pas de pseudo-sable, quand les sols des rives du lac (Lussunyu) en contiennent?

A quoi attribuer cette inégalité dans l'allitisation et dans la répartition du pseudo-sable sous un même climat atmosphérique? Nous supposons des causes multiples. Entre autres la nature des eaux d'infiltration, d'après leur degré de pureté ou leur contenu en matières organiques et en sels solubles. Les eaux du lac Kivu, particulièrement chargées de carbonates de Ca et de Mg, nous paraissent avoir fait obstacle à la formation de pseudo-sable. Ainsi, pour le profil de Mbene, faut-il voir une action chimique des dépôts travertineux du sous-sol au-dessus desquels l'argile rouge s'est déposée? (Voir photos n^{os} 1 et 2.)

Un fait nous paraît certain et nous aurons l'occasion de le voir lorsque nous parlerons de la formation de l'humus. Le verre volcanique ne détermine la formation de pseudo-sable que s'il est entraîné par les eaux d'infiltration à une certaine profondeur dans la couche éluviale (quelques centimètres). S'il reste pris dans les débris organiques accumulés à la surface et que l'éremacausis n'a pas lieu ou s'effectue imparfaitement, il n'y a pas formation de pseudo-sable.

Une modification du degré d'activité du climat local, provoquée par des causes morphologiques aussi bien qu'anthropiques, n'est pas à exclure comme agent possible d'allitisation. Toutefois, ces influences spéciales semblent relever du climat interne du sol plutôt que du climat atmosphérique.

Un fait curieux mérite enfin d'être signalé. Dans les sols allitiques jaunes, bruns ou rouges, de préférence dans les sols d'altération des basaltes (Post-Pliocène), un insecte, un Muscidé, d'après le zoologue

⁽¹⁾ Nous attirons encore une fois l'attention sur le fait que ces deux profils diffèrent notablement par leur réserve minérale. L'un (Kirumbi) est riche en minéraux variés, l'autre, par contre (Kirumbi-Kagunga), en est très pauvre, ne contenant que du quartz (v. p. 69 et p. 90).

BALDASSERONI de Florence et l'entomologiste F. SILVESTRI de Naples, se cache par millions pendant toute une période de son cycle biologique. Dans la couche superficielle et jusqu'à un mètre de profondeur, on trouve des capsules nacrées, de la grosseur d'un grain de sorgho, qui ont servi d'involucre à l'insecte. Ces capsules, que d'aucuns ont prises pour des écailles de semences de Graminées imaginaires, sont constituées, d'après M. Schoep, d'une résine mélangée à des produits cireux. Elles brûlent complètement et rapidement, donnant une flamme fuligineuse qui dégage une odeur agréable rappelant la résine. Ces involucres vivent vraisemblablement attachés aux racines des plantes, dont elles puisent leur résine et leur nourriture. Ils s'accommodent aussi bien d'une brousse préforestière à composition très variée que d'une prairie à Graminées, incendiée régulièrement aux saisons sèches. Ils prennent vraisemblablement du fer au sol, ce qui pourrait expliquer leur préférence pour les sols allitiques. Dans ces derniers, s'il y a illuviation avec accumulation d'oxydes de fer, ils sont extraordinairement nombreux et apparaissent comme stratifiés. Ils semblent fuir l'horizon humifère. Quand celui-ci a été décapé par l'érosion, les involucres sont presque à la surface du sol. On ne les trouve pas dans les sols où l'allitisation est avancée, à plus forte raison s'il y a formation de concrétions, de croûtes ou de grenailles. Nous ne les avons jamais observés dans les sols volcaniques récents ou dans les alluvions. Ils paraissent indifférents, jusqu'à une certaine limite tout au moins, à la teneur en humidité du sol et à son degré de réaction acide. Nous les avons observés encore dans d'anciennes terrasses lacustres du Kivu. Leur répartition altimétrique va de la limite inférieure de la forêt équatoriale ombrophile à 1,200 mètres jusqu'à une altitude maxima de 1,850 mètres. Au-dessus nous ne les avons jamais rencontrés.

Après la sortie de l'insecte, qui doit percer des épaisseurs considérables de terrain, les involucres s'agrègent toutes sortes de fragments minéraux, du mica, etc. Observé au binoculaire, l'involucre se montre constitué de feuillets concentriques. La matière qui les forme ne contient pas de substances minérales, à l'exception probable du fer.

La répartition géographique de cet insecte paraît très vaste. Il est présent dans tous les sols allitiques de la dorsale Congo-Nil, en Uganda,

au Kenya, dans le Tanganyika Territory, dans la Rodhésie du Nord, et les Anglais l'ont observé jusque dans le Kalahari. Sa biologie, peut-être en rapport avec la constitution des sols, mériterait d'être étudiée.

Notion de fertilité. — Si nous faisons abstraction de la mobilisation des éléments immédiatement absorbables par les plantes, sous les tropiques, où l'attaque des roches est beaucoup plus active que sous les climats tempérés, la quantité et la variabilité des éléments minéraux constituent un indice réel de fertilité. C'est la raison pour laquelle sous le climat intertropical on les considère comme étant le *réservoir à écoulement rapide* non seulement des produits nutritifs, mais aussi des colloïdes organiques. Plus la réserve du sol en minéraux décomposables est grande, plus sa fertilité est à prévoir durable. D'après MOHR, « la connaissance exacte des produits de réserve est dans les climats chauds un facteur de la connaissance exacte du sol, car ces réserves sont les premières conditions de la permanence de la fertilité ». Les minéraux fournissent les bases qui, mises en rapport avec l'évolution de la matière humique (Glinka), forment ces substances mobiles dont le système, par des changements incessants, influe puissamment sur le comportement du milieu à l'égard de la végétation.

Nous n'avons pas à intervenir dans la recherche des produits nutritifs absorbables par les plantes contenus dans nos sols. Ces recherches sont du domaine de la chimie agricole, qui associe à l'analyse chimique les méthodes de NEUBAUER, KÖNIG, LEMMERMANN, etc., basées sur l'appréciation de la *solubilité relative* des produits nutritifs. Les analyses minéralogiques mettent à elles seules à notre disposition le moyen d'établir une graduation des sols partiellement riches et des sols pauvres, *indépendamment de leur allitisation* et leur contenu en pseudo-sable.

Apparaissent riches les sols volcaniques (avec quartz, augite, olivine, biotite, pyroxène, amphibole, verre volcanique et fragments de scories); les sols de haute montagne, dérivés également en bonne partie de roches volcaniques (quartz, feldspaths potassiques, andésites, pyroxène, augite, olivine, verre et cendres volcaniques), et les sols qui par leur enrichissement en cendres et verre volcaniques non encore

altérés peuvent être assimilés aux sols volcaniques (par exemple le profil : Dorsale congolaise).

Tous les autres sols doivent être classés d'après la variété et la quantité des minéraux qu'ils contiennent. Ils se présentent de la manière suivante :

Sols avec olivine, augite, quartz et pyroxène.

Mohanga, Dalinghi, Katimba, Mofumo, Nyekisemolo, Tshibinda, Nyaluindhja (eaux chaudes). Tous ces sols sont rajeunis par du verre volcanique ou sont minéralisés par des eaux chaudes.

Sols avec quartz, mica, sillimanite, parfois des feldspaths, grenat, muscovite, tourmaline et fragments de mica-schistes.

Moganza, Kighera, Kasseraboba, Kirumbi (2,200 m.) et Mutanda.

Sols avec quartz, augite et grains limoniteux.

Fendula, Karashoma, Matale, Rwaza, Vallée du Kateheru.

Sols sans minéraux reconnaissables, mais parfois avec fragments de roche altérée (*zerzatz*).

Mbene, Lussunyu, Mulungu, Bukulumissa, Dendezi.

Sols avec mica seul ou quartz et mica mélangés, parfois lamelles de muscovite.

Muhembe, Mwendula, Kissenye, Mule, Kahundu, Muhembe vallée, Nyanza.

Sols avec seulement du quartz ou quartz et pseudo-sable.

Nyamwe, Nyakaziba, Malambo-Rubenghera, Rutshuru, Kirumbi-Kagunga, Mubeza, Kanoko-Mulambi; Nyavarongo (haute vallée de), Nyaluindhja-Moganga; Tshiangoma et Rutaha.

Nous insistons sur le fait que le pseudo-sable n'est pas un indice d'infertilité. Sous les conditions indiquées dans la note de VAGELER reportée à la page 128, ce produit colloïdal, partiellement allitique (Schoep) quand il s'accompagne de minéraux utiles, modifie la plasticité parfois extrême de certaines siallites tropicales. Par conséquent, *dans tous les cas de sols rajeunis par du verre volcanique basique, la présence de pseudo-sable implique une amélioration de la fertilité potentielle du terrain.*

Si le pseudo-sable est très abondant et la réserve minérale est

réduite, par exemple, à du seul quartz, le sol accuse un stade de maturité qui fait prévoir une pauvreté de bases et par conséquent une fertilité médiocre, mais toujours supérieure à celle d'un sol n'ayant plus que du quartz et sans pseudo-sable. Dans ce second cas, la pauvreté du sol est spécifique. Ainsi nos terres colluviales et autochtones rouges, fortement allitiques, sont indubitablement plus fertiles que certaines alluvions (Rutshuru) brunes ou grises non allitiques et dépourvues de pseudo-sable (v. p. 131).

Dans les sols où la destruction des minéraux est très poussée, à tel point que leur reconnaissance est impossible, mais où des fragments de la roche mère (*zerzatz*) se mêlent au sol meuble, la fertilité peut encore être élevée. Il s'agit d'un stade local de maturité qui peut être produit par la nature de l'humus, la qualité des eaux d'infiltration, etc.

S'il n'y a que du pseudo-sable et des débris organiques, le sol a atteint un degré de maturité avancé qui approche de la sénilité. La pauvreté est probablement extrême. Les photos n^{os} 15 et 16 nous offrent un document bien intéressant à cet égard. On y voit des caféiers de trois ans (photo 15) pas plus hauts que 50 cm., cultivés à Rutaha, naturellement improductifs et dont la croissance s'est arrêtée après les premiers mois de végétation, sans montrer par la suite aucune reprise.

Dans l'ensemble, si l'on fait abstraction des sols volcaniques, des sols de haute montagne et assimilés, *la fertilité apparaît comme extrêmement fractionnée*. Une prédominance de sols à pseudo-sable non dérivé de verre volcanique, dans des sols alternativement humides et secs, semble confirmer l'opinion exprimée précédemment par nous (p. 135) que sous ces conditions de climat les sols sont d'un âge plus avancé.

Formation de l'humus. — Nous nous attarderons quelque peu sur les conditions diverses que le climat et la végétation font aux processus d'éremacausis. Tous nos sols sont plutôt riches en humus, même dans les couches profondes, quelle que soit leur couleur. Ils offrent évidemment une gamme variée sous ce rapport. D'une richesse maxima dans les sols du district forestier humide, on progresse vers une diminution de plus en plus accentuée dans le district semi-aride, au

fur et à mesure que son aridité saisonnière se fait plus rude, ou bien quand des circonstances particulières (déforestation, incendies, pâturage abusif, etc.) créent localement des effets analogues.

La forêt primitive mésophile (de 1,300-1,400 à 2,500 m. d'altitude) réalise indiscutablement des conditions meilleures pour une érémacausis normale : la grande variabilité des espèces végétales, des conditions constantes d'humidité, les écarts journaliers de température atténués, une ventilation modérée paraissent réunir toutes les conditions requises à l'humification. Les sols, pourvus d'une large réserve minérale fournie par la zone de départ ou par rajeunissement éolien, réalisent ces conditions dans un degré élevé (rapport de saturation pour les bases, élevé) ⁽¹⁾.

L'ambiance devient moins favorable à l'humification au-dessus du niveau des précipitations maxima (2,400-2,500 m.); à l'approche des terrains alternativement secs et humides et chaque fois que des perturbations extérieures modifient les *climax* propres à chaque zone climatique.

Une centaine de mètres au-dessus du niveau des précipitations maxima les innombrables espèces de la forêt équatoriale cèdent le terrain à des peuplements monophytiques (étage à bambous) ou formés d'un petit nombre d'espèces (par exemple étage à *Hypericum lanceolatum* et *Hegenia abyssinica*), adaptés à une diminution de température et de pluie et à une plus forte insolation, où le sous-bois joue un rôle secondaire ou effacé dans l'accumulation des matières organiques. On saisit l'importance de l'apport d'une végétation très différente d'un

⁽¹⁾ VAGELER estime que la production annuelle de la forêt vierge (ombrophile) en matières fraîches organiques peut être estimée à 100-200 tonnes par ha. Dans un climat tempéré, une couche de plusieurs mètres devrait se former; mais dans les climats tropicaux, la demi-obscurité, l'intensité de la vie animale terricole qui se nourrit de matières végétales, la transformation des substances organiques sont si rapides qu'une couche d'humus de 20 cm. est assez rare. Ceux qui parlent de couches d'humus épaisses de plusieurs mètres dans les forêts vierges ont commis une plaisanterie ou ont fait erreur avec les marécages forestiers. Même dans les forêts les plus riches, la couche d'humus n'a que quelques centimètres d'épaisseur, et immédiatement au-dessous se trouve une couche de terre d'un rouge ou d'un jaune vif qui ne contient *apparemment* aucune substance organique de nature humique. A peu près sans exception, ces terrains, colorés jusqu'à grande profondeur, sont riches et même très riches en matières organiques.

étage à l'autre, non seulement par sa composition sociale, mais par la spécialisation des matériaux qu'elle apporte, à cause de l'adaptation physio-morphologique de tous ses organes. L'éremacausis n'est pas en fonction du seul climat, mais également de la nature des matériaux originels qui forment l'humus.

A partir du niveau supérieur de l'étage à bambous, environ 3,000 mètres, l'éremacausis se fait de moins en moins. Sur le sol s'accumule une strate parfois épaisse de 20-30 cm. de débris organiques qui de l'humus n'ont que l'aspect extérieur. Aux étages supérieurs ils apparaissent fortement oxydés et extrêmement riches en silice (Schoep), ce qui prouve, entre autres, que la végétation qui les produit doit résister à des vents forts. Les causes principales contrariant l'éremacausis sont : une *déficiencce de température* à partir de 3,500 mètres (plus bas il s'agit de pics isolés) : tous les phénomènes biologiques sont ralentis ou arrêtés; une certaine *déficiencce d'oxydation* (asphyxie du sol) dans les étages où la persistance du brouillard entretient un tapis de *Sphagnum* et autres mousses, parfois épais d'un mètre, gorgé d'eau presque toute l'année (climat de brouillard; étage à Ericacées, à Seneçons et Lobelia géants); un *excès d'oxydation* (sécheresse constitutionnelle du sol), accompagné d'alternatives fréquentes, parfois journalières, de sécheresse et d'humidité, sur les sommets les plus hauts (climat de rayonnement; étage à Alchemilles) ⁽¹⁾.

Si le rayonnement nocturne n'intervenait pas et ne produisait les fortes gelées que nous connaissons, la température diurne de la surface du sol, pouvant s'élever à 17°-18° C. à la profondeur de quelques centimètres (même à des altitudes de 4,500 m.), serait favorable à l'éremacausis ⁽²⁾.

Une autre condition climatique faisant sérieusement obstacle à la consommation des matières organiques est *le régime thermique diurne extrêmement instable* de tous les sommets au-dessus de 3,300 mètres et des pentes au-dessus de 3,900 mètres ⁽³⁾. Quelle que soit la richesse

⁽¹⁾ Répartition des climats et de la végétation au-dessus du niveau des précipitations maxima, dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, pp. 294-306.

⁽²⁾ Microclimats de montagne, dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 317-321.

⁽³⁾ La température des hauts sommets, dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 116-130.

minérale du sol, la composition même des amas organiques est défavorable à leur consommation, à cause des cires, du liège et des produits résinoïdes antiseptiques que l'*Ericetum* et les peuplements de Seneçons, dont le tronc est fortement subéreux, cèdent au sol. Il y a lieu de croire que la destruction des matériaux organiques accumulés sous ces conditions est extrêmement lente. (Voir analyses minéralogiques des sols de haute montagne.) Cet humus brut est vraiment ici un monument de haute antiquité.

Des conditions géologiques particulières déterminent la formation de *tourbes humides*. Dans des poches érodées par les glaciers pléistocènes, comblées successivement par le ruissellement et colonisées par des associations de moins en moins hygrophiles, ou dans l'emplacement de lacs orographiques minuscules, transformés et colonisés de la même façon, nous trouvons un sous-sol tourbeux humide, formant des clairières à l'intérieur des peuplements climatiques (les climax des divers étages). Ces sols, dont la surface a bénéficié de l'apport de sédiments minéraux amenés par les eaux de ruissellement, sont occupés par des prairies à *Carex* et à Graminées diverses, pâturées par les buffles. Cette *tourbe de parvocaricetum* est, selon toute vraisemblance, la cause qui empêche le peuplement climatique de l'envahir. Nous reviendrons sur l'argument dans la deuxième partie de ce travail.

Les tourbières à *Sphagnum* proprement dites sont peu fréquentes sur les hautes montagnes du Kivu. La diffusion du verre et des cendres volcaniques, alliée à la configuration très escarpée du terrain, y a mis probablement obstacle. Les sols des pentes escarpées de forte altitude couverts de sphaignes épaisses (parfois 1 m. d'épaisseur) et peuplés par les associations de Seneçons et Lobelia géants constituent probablement des « tourbières hautes » que d'aucuns appellent également des « tourbières moyennes », à cause de l'altitude. Sous cette tourbe le sol minéral est toujours podsolisé (MEURICE).

Ces mousses acrogènes, alimentées par les nuages accrochés aux montagnes, ont pu vraisemblablement s'installer à la faveur de la couche épaisse sous-jacente d'humus non saturé et privé de matières minérales, formées par les Seneçons et les Lobelia. Le *Sphagnum* maintenant joue le rôle d'écran contre la pénétration dans le sous-sol

des lapilli et des cendres volcaniques dont l'altération pourrait en contrecarrer l'existence.

Dans la vraie tourbe gorgée d'eau de *magnocaricetum* (*Carex runssoroënsis*), les Seneçons arborescents n'existent pas; il faut l'établissement d'un drain (le gouffre creusé par une rigole ou le *thalweg* d'un ruisseau alimenté par suintement) pour les voir réapparaître. (Voir photo n° 18.) Le *sphagnetum* s'accommode souvent du sol de l'*ericetum* (*Erica arborea*, *Vaccinium Stanleyi*), sans pourtant y donner lieu à de vraies tourbes.

A des altitudes moindres, non loin du niveau des précipitations maxima, la conformation du terrain peut donner lieu à des tourbières humides à Cypéracées. Le plus fréquemment il s'agit d'anciens lacs captés, comme le vaste marais Kanzibi, occupant le coude du graben occidental africain (massif Kahuzi), à 2,200 mètres d'altitude; ou de fonds de vallée, comme on en rencontre dans la chaîne Kirokirue, près des lacs Mokoto.

Des tourbières submergées existent sur les bords de petits lacs de barrage (tourbe à *phragmitetum* et à *nupharetum*), comme dans la région des lacs Mokoto et dans le Ruanda septentrional, aux lacs Luhero et Ruhondo, à une altitude moyenne de 2,700 mètres.

Cyperus papyrus, qui dans les zones basses est l'espèce dominante de tous les marécages de l'Afrique centrale (la profondeur des couches de papyrus dans le Haut-Nil s'élève jusqu'à 10 m.), monte jusqu'à 2,400 mètres d'altitude, si l'eau est animée d'un faible courant. S'il y a ressac, le papyrus est remplacé par les Phragmites, en eaux calmes par les *nupharetum*. Au-dessus de 2,400 mètres on rencontre les associations à *Scirpus* et *Eriophorum*; plus haut encore, au-dessus de 2,700 mètres, le *caricetum* est dominant.

Nous fûmes surpris, lors d'une de nos visites au massif Kahuzi, par la présence d'un bosquet à *Erica arborea* L. au beau milieu de la forêt mésophile, à une altitude d'environ 2,300 mètres. Nous étions persuadé d'être en présence d'un mauvais humus d'*ericetum*.

A l'examen minéralogique (M. A. Schoep) on a été de nouveau surpris de constater qu'au lieu d'humus forestier il s'agissait d'un sol *imbibé de bitume* dans la proportion de 73 %, reposant sur un épanche-

ment de basalte à olivine (première phase volcanique; de N. Boutakoff). Les grumeaux de ce pseudo-sol flottent dans l'eau et, exposés à une flamme, brûlent sans laisser presque de résidu.

L'association à *Erica arborea* qui le recouvre est presque pure : elle ne comporte aucun sous-bois, à l'exception du *Sphagnum*. Aucune des Graminées que l'on rencontre parfois dans l'étage à Ericacées (*Aira flexuosa*, *Festuca abyssinica*, *Agrostis Mildbraedii*, etc.) ou caractéristiques de l'étage à bambous (*Panicum monticolum*) n'y végète. RAMANN attribue à certaines espèces des trois genres cités la faculté de détruire l'humus brut. Si leur présence dans l'humus de bruyère, de *Vaccinium* et même de *Senecio* et *Lobelia* peut donc indiquer une ébauche localisée d'éremacausis, leur absence totale indique l'action réductrice et peut-être acidogène du sol imbibé de bitume, analogue à celle de l'humus brut de l'*ericetum*.

Pratiquement ce sol bitumineux entretient une association héliophile adaptée à une température très modérée (10°-9° C.) et à des pluies fines pas très copieuses (1,600 mm.), dans l'étage de la forêt équatoriale de montagne, à 700-800 mètres au-dessous de son niveau climatique, sans que la forêt mésophile, qui à 2,300 mètres représente le climax, parvienne à la concurrencer. Ceci est le phénomène biogéographique le plus intéressant qui se dégage de notre observation.

Au delà des brousses de composition très variée qui s'étendent souvent en bordure de la forêt mésophile (isohyète de 1,300 m.), la forêt sèche subxérophile est encore une bonne productrice d'humus, quoique à un degré moindre. Mais, sauf en de rares endroits, elle a été détruite partout et remplacée par des peuplements régressifs d'arbres xérophiles et de Graminées tropicales. Les caractères climatiques du district favorisent l'éremacausis par la température assez élevée, mais la dépriment en mesure variable par les sécheresses solsticiales et par le régime à averse de la pluie. Quand la forêt a été détruite, l'averse, n'étant plus brisée par les arbres ou par une brousse d'une certaine hauteur, tasse le sol et le pénètre par conséquent beaucoup moins. Les incendies de prairies dénudent le sol, le durcissent, en augmentent la température, en exaltent l'évaporation, le couvrent de cendres qui font obstacle à la formation des rosées nocturnes, détruisent partiellement la flore micro-

bienne, chassent les petits animaux fouisseurs, conséquences qui toutes concourent à rendre l'ambiance de moins en moins favorable aux phases de l'humification au cours desquelles doit se former la matière colloïdale qui avec l'argile donne le *complexe absorbant*. A chaque stade d'humification correspond un équilibre divers de tout le système colloïdal (Glinka), et réciproquement chaque type de sol correspond à un état de complexe déterminé.

Quand un ou plusieurs de ces stades sont rompus périodiquement, tout le système est troublé et le déséquilibre qui en dérive se traduit par une évolution incomplète du système sous l'une ou l'autre forme, et le sol acquiert une vocation particulière.

Ainsi une acidité permanente et assez forte opère d'elle-même une sélection sur la végétation, qui finit, entre autres, par s'adapter aux *types différents d'humus*. Les termes écologiques du climax sont rompus en faveur d'une multitude d'équilibres secondaires et régressifs traduisant dans leur aspect le caractère des situations nouvelles.

L'*acidité* est, peut-on dire, générale dans presque tous les sols que nous avons examinés ⁽¹⁾. Font exception les sols rajeunis et les sols volcaniques, qui peuvent avoir un humus totalement saturé (Tshikère, pH = 7,12; Mofumo, pH = 7,24). Mais ailleurs, surtout si le sol provient de roches acides et ne profite d'aucun apport éolien (verre basique), même en présence d'humus abondant, l'acidité est plutôt forte (Karumbi-Kagunga, pH = 4,65; Dendezi, pH = 4,86). Pour les sols

⁽¹⁾ Tous les pH ont été déterminés par la méthode potentiométrique au moyen de l'électrode à quinhydrone. La terre avait préalablement subi le traitement suivant :

10 gr. de terre finement broyée furent mis en contact de + CO₂ dans des flacons bouchés à l'émeri durant vingt-quatre heures, avec 25 ccm³ d'eau redistillée exempte de CO₂, donc absolument neutre. De temps à autre la terre fut soigneusement agitée, pour établir un contact intime entre l'eau et les particules terreuses. Le lendemain je prélevai le liquide surnageant presque limpide et je fis la lecture potentiométrique, ayant au préalable été vérifiée par la liqueur de Michaëlis (acétate de Michaëlis pH = 4,62); cela me donna 4,60 ou 4,61.

L'électrode à quinhydrone va très bien pour les pH acides ou faiblement basiques, jusqu'à 8,5. Au delà la quinhydrone dissout et ne donne plus d'indication précise. Je serai donc dans l'obligation, pour plusieurs échantillons, d'indiquer : « pH plus grand que 8,5 », pour obvier à cet inconvénient (M. Simon).

humides de la forêt mésophile le pH varie entre 5 et le point de neutralité.

L'acidité est constante dans les sols alternativement humides et secs: son taux varie entre 4,51 et 5,40 en relation probable avec la nature acide ou basique de la roche mère. Il y a lieu de croire que dans ces sols la microflore est particulièrement atteinte dans son degré d'activité. Le mauvais humus qu'on y rencontre fréquemment est sans doute imputable à une action minéralisante insuffisante des agents microbiens; la fixation même de l'azote et les divers processus d'ammonisation et de nitrification en sont peut-être affectés. Ramann a pu établir un rapport entre le pH et le nombre de germes par gramme de terre, d'après lequel d'un maximum de 78 millions de germes dans un sol neutre on descend à 16 millions pour un pH=5,3 et à 8 millions pour un pH=4,7. O. ARRHENIUS déclare qu'au-dessous d'un pH=6 il n'y a plus de développement d'azotobacter; en général il y a alors moins de facilité de fixation de l'azote atmosphérique. Si les constatations de ces deux auteurs pouvaient être vérifiées exactes pour nos sols intertropicaux, ce qui est probable, on saisirait facilement la signification d'une acidité aussi généralisée.

Trois échantillons : le n° 155 (Mbene à la surface), 338 (Fendula à 50 cm.), 382 (Tshibinda à 2 m.) et 147 (Lussunyu à la surface), ont été examinés par M. Simon au point de vue de leur besoin en chaux pour neutraliser l'acidité. La méthode suivie fut celle de Jones, employée à la Station de Physique et de Chimie agricole de Gembloux, basée sur le fait que les sols acides vont réagir sur de l'acétate de calcium $(\text{CH}_3 - \text{C} \begin{smallmatrix} \nearrow 0 \\ \searrow 0 \end{smallmatrix})^2 \text{Ca}$, en mettant en liberté l'ion acide, qu'on titrera ensuite par une liqueur de soude caustique, normale dixième. Voici la description de la méthode :

A 5-6 gr. de sol on ajoute 0,5 d'acétate de calcium; on triture dans un mortier avec de l'eau et fait une pâte ferme. Mélanger 30 secondes. Transvaser dans un ballon de 200 ccm³ en tenant le volume aux environs de 160 cm³. Agiter toutes les 15 minutes pendant plusieurs heures. Faire le volume à 200 ccm³, agiter et filtrer. Prélever 100 ccm³ du filtrat et titrer par la soude $\frac{N}{10}$ avec la phénolphtaléine comme indicateur. Deux fois la lecture donne le nombre de ccm³ d'alcali nécessaire pour neutraliser toute la solution. Ce résultat multiplié par 100 donne le nombre de

livres de CaO nécessaires pour neutraliser 2 millions de livres de sol (1 livre = 453 gr. environ).

N° 147 (Lussunyu)	= 4,04 cm ³	NaOH × 1,800 = 7272
N° 155 (Mbene)	= 3,24 cm ³	NaOH × 1,800 = 5832
N° 338 (Fendula)	= 3,24 cm ³	NaOH × 1,800 = 5832
N° 382 (Tshibinda)	= 6,26 cm ³	NaOH × 1,800 = 11.268

Pour le sol de Lussunyu, dont le pH est de 5,18, 7,272 livres de chaux sont nécessaires pour 2 millions de livres de sol. On admet qu'en prenant une couche moyenne de 20 cm. à la surface, un Ha. renferme environ 2,500,000 kg. de terre sèche. Par Ha. du sol de Lussunyu il faudrait donc épandre 7,700 kg. de chaux vive, et ce sol n'est pas parmi les plus acides.

Dans un même profil l'*acidité tend en général à augmenter avec la profondeur*, comme le démontre l'échantillon 382 qui concerne la couche à 2 mètres du profil de Tshibinda. Il paraît même que dans les sols du district humide l'augmentation du pH avec la profondeur est moins brutale que dans les sols alternativement secs et humides. Dans certains cas c'est l'inverse qui se produit, mais alors il faut en rechercher les causes soit dans l'origine diverse de la couche éluviale, soit dans des circonstances locales. L'allitisation est normalement associée à un pH acide qui tend à augmenter avec la maturité du sol, quelle que soit la longueur des sécheresses saisonnières ⁽¹⁾. Les sols dépourvus de pseudo-sable ont des pH compris entre 5,22 et 5,66 ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Certains auteurs (F. de Ferrière) croient qu'une aridité prolongée peut amener une réduction du degré d'acidité.

⁽²⁾ D. S. GRACIE (1930) a recherché le pH d'un grand nombre de sols de la Colonie du Kenya. Tous les sols examinés par l'auteur sont acides quelles que soient leur position géographique, leur ubication, leur nature morphologique. Les plus acides sont les sols ayant des concrétions abondantes ou une carapace ferrugineuse; les moins acides sont les « black cotton soils » et certains sols rouges particulièrement riches en matière organique et en « échangeable calcium ». Le pH fut déterminé par l'auteur par la méthode électrométrique quand sa valeur était inférieure à 5,40 et par la méthode colorimétrique quand la valeur pH dépassait 5,40. Les pH trouvés pour les sols du Kenya varient entre 3,85 (Anthill Land), 4,07 (Kyambu) et 6,90. D'après l'auteur ils augmentent en général avec la profondeur, malgré que, comme il a été dit précédemment, le contraire puisse aussi être vrai. Ceci concorde parfaitement avec les conclusions auxquelles nous sommes parvenu.

L'acidité des horizons de surface a des écarts moins grands : le pH varie en

On a déterminé le *pour cent d'humus* d'un certain nombre de sols, choisis de préférence parmi les sols bruns, les plus répandus. Aucune des méthodes en vigueur ne pouvant fournir des données certaines, on a eu recours à des procédés différents afin d'obtenir des résultats dont la comparaison peut offrir quelque intérêt.

On a déterminé l'humus en voie de décomposition (SAKMANN et WAKSMAN) d'après la méthode d'EMERSON. On a déterminé l'humus total d'après la méthode de KNOP (humus probable) et de ROLLOW (humus probable) ⁽¹⁾.

Voici comment l'humus se répartit dans les sols des deux districts climatiques, humide et à saisons sèches. A côté du nom du profil nous indiquons sa nature morphologique, la couleur et le pH:

District humide occidental.

<i>Humus décomposé</i>			<i>Humus total d'après la méthode</i>	
<i>d'après la méthode d'Emerson (M. SIMON).</i>			<i>Knopp et Rollow.</i>	
			<i>(M. A. HACQUART.)</i>	
Mwendula. . .	a.b. pH 6,76	3,4 % à 4 %		—
Dorsale con-				
golaise . . .	a.n.	8,445 %		—
Mulungu . . .	c.b. pH 5,66-6,02	5,56 %	de 6,704 % à 0,840 %	
Tshibinda . . .	a.b. pH 5,11	1,20 % à 1 m	de 2,740 % à 0,923 %	
		1,17 % à 2 m		
Kirtmbi - Ka-				
gunga . . .	a.n. pH 4,65	6,43 %	4,743 %	
Dendzei . . .	c.n. pH 4,86	10,25 %		—
Fendula . . .	a.b. pH 5,30	7,98 %	de 2,700 % à 0,644 %	
Katale	v.b. pH 6,04	—	de 3,596 % à 1,492 %	
Malambo-Ru-				
benghera. . .	a.b.	—	2,738 %	

moyenne entre 4,70 et 6,35 (Edge of Athi Plains) et la valeur générale se maintient autour de 5. D. S. Gracie considère comme dangereux un pH de 4,70 et il estime que les sols dans lesquels l'acidité augmente avec la profondeur sont épuisés après quelques années de culture si des engrais organiques et une addition de calcaire n'interviennent pour contrecarrer les effets néfastes de l'acidité excessive.

⁽¹⁾ *Méthode d'Emerson* : « 10 gr. de terre finement broyée sont traités d'abord par HCl à 1 % jusqu'à disparition de la réaction de la chaux dans les eaux du filtrat. On lave ensuite à l'eau froide jusqu'à disparition de la réaction du chlore dans les eaux de lavage. Ce résultat atteint, les 10 gr. de terre sont versés dans un ballon de 500 cm³; on y ajoute de l'ammoniaque à 4 % jusqu'au trait. On laisse 36 heures en contact, d'abord 24 heures en agitant souvent, puis 12 heures sans

District semi-aride.

<i>Humus décomposé (méth. Emerson)</i>				<i>Humus total (méth. Rollow)</i>	
(M. SIMON)				(A. HACQUART)	
Lussunyu	c.b.	pH 5,18	7,03 %	de 5,281 %	à 0,635 %
Mbene	c.b.	pH 5,22	4,88 %	de 6,320 %	à 1,41 %
Mutanda	c.b.	pH 5,66	4,57 %	5,980 %	
Rutaha	a.b.	pH 5,40	7,66 %	12,23 %	à la surface
		pH 4,73	7,56 %	4,35 %	à 50 cm. de prof.
Mubeza	c.n.	pH 4,51	5,45 %	de 7,817 %	à 2,373 %
		pH 5,85			
Tshiangoma	a.b.	pH 4,86	10,24 %	de 15,60 %	à 1,087 %
Nyaluindhja-Moganga .	c.r.	pH 4,94	—	1,03 %	
Kanoko-Mulambi	c.r.	pH 4,83	—	0,634 %	

La méthode d'Emerson appliquée aux sols rouges n'a donné aucun résultat. Les chiffres trouvés étaient trop élevés. M. Simon pense que la cause en est imputable à la désintégration chimique fort poussée de ces terres (abondance d'hydroxydes de Fe et d'Al), réduites en particules extrêmement ténues qui restent en suspension dans le liquide au cours de leur traitement et qui lors de la filtration (voir note p. 149)

agiter. Ce laps de temps écoulé, on filtre la solution, prélève le liquide (100 cm³), que l'on verse dans une capsule de platine tarée. La différence entre les deux pesées donne l'humus de la prise d'essai » (M. Simon).

Méthode Knopp : « Les matières organiques sont oxydées par l'acide chromique en présence d'H₂SO₄ à chaud dans un ballon de Corleis, après élimination éventuelle des carbonates minéraux. L'augmentation de poids des absorbeurs à potasse = CO₂. Le CO₂ multiplié par 0,275 = Carbone, tandis que le facteur 0,471 donne directement l'humus, ou ce qui est considéré comme tel ».

Méthode Rollow : « La prise d'essai, variable suivant la teneur en matières organiques, est mise dans un Erlenmayer avec un peu d'eau, du KMnO₄ titré et de l'acide sulfurique. On porte au bain-marie pendant une heure, retire, ajoute une quantité fixe d'acide oxalique acide titrée, après quoi on réchauffe jusqu'à dissolution des oxydes et l'on titre l'excès d'acide oxalique par du KMnO₄ connu. Le nombre de cm³ de KMnO₄ nécessaire doit toujours être supérieur à 30. Ce nombre multiplié par 1,036 donne l'humus en milligrammes pour la prise d'essai ».

La *méthode au carbone total* a l'inconvénient de donner des chiffres bruts, et dans le cas des sols tourbeux, par exemple, les quantités d'humus trouvées de la sorte seront beaucoup plus grandes et dépassent parfois la perte au feu. Cela provient de ce que le facteur 1,742 de VAN BEMMELEN, employé pour passer de la teneur en carbone à celle en humus, est calculée pour un humus idéal, vrai, contenant 58 % de carbone, alors que cette teneur varie de 42 à 72 % » (A. Hacquart).

passent à travers le filtre. Dans la calcination, ces hydroxydes de Fe et d'Al perdent leur eau et ceci infirme considérablement le résultat de la recherche.

La méthode Emerson, qui donne la matière organique soluble dans les alcalis ou acides humiques (matière noire de GRANDEAU), paraît satisfaisante pour le dosage de l'humus dans les sols minéraux ou les horizons inférieurs d'un sondage, à condition de flocculer au préalable l'argile colloïdale entraînée. Pour les sols contenant de l'argile, cette méthode comporte toutefois une cause d'erreur assez notable due au fait que l'argile en solution colloïdale, passant à travers des filtres ordinaires, libère durant la calcination son eau de constitution, qui dès lors est comptée comme humus (A. HACQUART).

MM. MEURICE et MARTENS ont trouvé que l'élimination de cette argile par floculation au moyen de carbonate ammonique est possible et que l'emploi de cet agent flocculant permet ainsi le dosage de l'humus soluble dans l'ammoniaque par évaporation au bain-marie. Les auteurs ont appliqué cette nouvelle conception à trois de nos profils, le deuxième et le troisième choisis parmi les sols plus fortement allitiques (pour la description détaillée de la méthode, voir la littérature indiquée à la fin du chapitre); voici les résultats obtenus :

Nom et n° du profil	Extraction par l'ammoniaque — Humus %							
	Humus %		Résidu gr.		Méthode Knopp (c)	Méthode Rollow (m)	$\frac{c}{m}$	$\frac{c}{b}$
	Turbiné (a)	Floculé (b)	Turbiné	Floculé				
Mbene n° 155	6,18	3,70	0,1238	0,0063	5,71	6,32	0,90	1,54
n° 156	2,64	1,15	0,1815	0,0002	1,62	1,55	1,04	1,40
n° 157	3,90	1,55	0,3512	0,0027	2,27	2,43	0,93	1,46
Rutaha n° 360	8,93	6,63	0,1633	0,0286	11,00	12,23	0,90	1,65
n° 361	9,22	3,03	0,5327	0,0057	3,28	4,35	0,75	1,08
Tshiangoma	13,25	11,11	0,2003	0,0653	11,78	15,60	0,75	1,06
n° 383	10,50	2,60	0,8031	0,0057	2,59	2,85	0,91	1,00

En règle générale, l'allitisation de tous les sols, sauf quelques rares exceptions, s'atténue du haut vers le bas, parfois à cause de l'origine même du profil (dépôt colluvial à la surface; alluvium ou dépôt lacustre dans le sous-sol). Dans la plupart des cas il faut admettre qu'à la suite de circonstances diverses l'influence du climat s'atténue avec la progression de la profondeur. De manière analogue à ce qui se produit pour les sols bruns de Belgique, il y a lieu de croire que l'*argile colloïdale augmente avec la profondeur*, en harmonie avec la plus grande dispersion, dans les sols tropicaux, des éléments argileux (argile vraie et kaolin) et des oxydes colloïdaux de Fe et d'Al. Cette hypothèse paraît trouver une confirmation dans les chiffres du tableau signalant la progression quantitative du résidu turbiné dans les horizons inférieurs.

Structure du sol. — Sous les tropiques la structure du sol est l'image de son état colloïdal et souvent un indice de l'âge. Aucune action mécanique n'intervenant pour modifier leur structure, celle-ci n'obéit qu'aux forces naturelles de chaque type de sol. La très grande majorité de nos profils montre une *structure d'apparence grumeleuse*. Dans une proportion de 30 % nous en trouvons parmi les sols alternativement secs et humides, de préférence où se phénomène est le moins rude. Dans les sols où l'allitisation est plutôt forte, la structure grumeleuse n'existe pas ou présente une bien moindre stabilité. Dans ces divers états intervient probablement une différence qualitative des colloïdes (A. F. TIULIN); l'alternance des saisons sèches et humides à elle seule ne nous apparaît pas une cause déterminante de la destruction de la structure particulière si d'autres facteurs n'interviennent concurremment. Selon A. J. ACHROMEIKO, l'humidification et la dessiccation répétées déterminent la désagrégation du sol en fractions structurales comportant d'autres rapports de leurs éléments. Une autre cause pouvant être invoquée pour expliquer une déficience ou une absence structurale chez les sols fortement allitisés (allites rouges) est la pénurie d'humus s'opposant à la formation d'une structure convenable (N. N. SAVVINOFF). La résistance des grumeaux à la compression est maxima dans les sols où l'humus est saturé ou faiblement acide et où

le sol est bien pourvu de bases minérales. Dans un même profil, l'état d'apparence grumeleux varie avec la profondeur. Dans la plupart des sols, l'état grumeleux augmente dans les couches inférieures ou apparaît dans celles-ci quand la surface est poussiéreuse. Dans l'horizon illuvial de certains sols rouges (sous une surface brune), les grumeaux sont résistants à l'écrasement.

Un cas caractéristique est constitué par certains alluvium dont la partie inférieure s'est formée pendant une période pluviale, et la partie supérieure s'est formée de dépôts colluviaux d'âge moderne. La structure apparente de ces dernières est moins grumeleuse, et la surface, jusqu'à une profondeur de 30-40 cm., peut même être plus ou moins poussiéreuse.

Les alluvium qui ont été submergés et dont l'exondation est très récente (par exemple Lussunyu) peuvent être entièrement grumeleux malgré l'allitisation rouge plus ou moins masquée des couches supérieures, non seulement par l'action de l'humus, mais probablement d'un agent floculant très actif et qui n'a pas été lessivé : le bicarbonate de calcium, dérivé des carbonates de Ca et de Mg abandonnés par les eaux du lac Kivu. Évidemment, une série nombreuse de circonstances peut faire prévaloir sur place et dans un espace parfois limité l'une ou l'autre cause, de façon que toute généralisation est pratiquement impossible.

La couverture forestière, considérée dans un sens très large, joue indéniablement un rôle favorable sur la structure grumeleuse des sols, par l'action de ses racines (HELLRIGEL) et pour autant qu'elle peut produire du bon humus, que le sous-sol a des réserves minérales importantes ou qu'il y a *rejeunissement*.

Trois ordres de phénomènes paraissent régir la stabilité de la structure : la différence qualitative des colloïdes et le gonflement des gels; l'état de saturation de l'humus; la richesse et l'activité de la microflore, ce qui veut dire : le climat, la réserve minérale du sol, la végétation. Une seule conclusion d'ordre pratique peut être déduite : que d'une manière générale les sols à structure d'apparence grumeleuse possèdent une vocation agricole qui mérite d'être étudiée dans les détails.

Un certain nombre de nos sols sont franchement *poussiéreux*. Ce

terme ne doit pas être interprété d'une manière absolue, car les couches profondes, au-dessous de deux mètres, sont parfois grumeleuses. L'état poussiéreux paraît s'accommoder d'une allitisation rouge très poussée, même quand l'humus est très abondant. Tous les profils poussiéreux, à quelques rares exceptions près, appartiennent au district de la forêt subxérophile. Dans ce cas, le pour cent élevé d'humus, accompagné d'une acidité notable, est une condition défavorable à l'obtention d'une bonne structure. En outre, le mauvais humus exerce une action déprimante sur le développement et l'activité de la microflore. Ces sols sont normalement tassés pendant la saison pluvieuse (les averses non seulement tassent le sol, mais en dissolvent les enduits de revêtement colloïdal) et sont poussiéreux au cours de la saison sèche.

Sont encore poussiéreux les sols sous eaux chaudes minéralisées (Nyaluindhja), ce qui est normal, et les sols de solifluxion.

Voici les sols que l'on peut considérer comme poussiéreux. A côté du nom du profil, nous indiquons sa nature morphologique et la couleur, le pH, le pour cent d'humus, le pour cent de matière fine qui passe à travers le tamis de 1/5:

Sols poussiéreux.

Nyavarongo	c. r.	pH ?	Humus ?	matières fines : 72°/o
Kanoko-Mulambi.	a. r.	pH 4,83	Humus 0,634°/o	matières fines : 93°/o
Nyanza (291)	a. g.	pH ?	Humus ?	matières fines : 26°/o
Mbene	c. b.	pH 5,22	Humus 6,320°/o	matières fines : rien sur le tamis
Tshiangoma	a. b.	pH 4,86	Humus 10,24°/o	matières fines : 52-94°/o
Rutala	a. b.	pH 4,73	Humus 12,23°/o	matières fines : 61-82°/o
Nyaluindhja (eaux chaudes)		pH ?	Humus ?	matières fines : 97°/o
Karisimbi (solifluxion)		pH ?	Humus ?	matières fines : 34°/o

Un nombre à peu près équivalent de nos profils peuvent se classer comme *sableux* ou *pierreux*. Étant donné qu'il s'agit de sols hétérogènes, la structure grumeleuse se présente parfois dans l'une ou dans l'autre couche, ou bien apparaît dans les couches inférieures. Nous classons comme sablonneux ou pierreux les sols suivants : Kirumbi (**A.B.**), Kissenye (**Al.B.**), Katimba (**C.N.**), Nyekisemolo (**Al.Gl. + C.N.**), Nyakalengua-Kaghi (**A.G.**), Kahundu (**C.N.**), Muhavura (**h.m.**, étage à

Seneçons), Karisimbi (**h.m.**, étage à bambous), Karisimbi (**h.m.**, étage à *Hypericum* et *Hagenia*), Karisimbi (**h.m.**, étage à Seneçons et *Alchemilla*), Karisimbi (**h.m.**, sommet).

Pour les sols de haute montagne (**h.m.**), l'état sableux est un phénomène physique bien compréhensible. Il s'agit presque toujours de la strate humifère, mais dans laquelle l'humus ne remplit pas sa fonction de ciment colloïdal, pour la bonne raison déjà dite que l'éremacausis n'a pas lieu.

L'humidité du sol est la clef de la formation de sa structure (SLIPHER). L'eau donne naissance, à partir d'un certain degré d'humidité, à des agrégats qui disparaissent de nouveau au delà d'une certaine limite d'humidité. On distingue ainsi une *stabilité mécanique* qui est la stabilité structurale exprimée par la résistance que les agrégats opposent à une force de compression, d'extension ou de déplacement, et une *stabilité aqueuse*, qui est la force de liaison des particules d'un agrégat avec l'eau, exprimée par la résistance qu'oppose l'agrégat à la destruction sous l'action de l'eau (D. VILENSKY). Cette dernière est parallèle à la capacité de rétention du sol pour l'eau.

La stabilité mécanique et la stabilité aqueuse paraissent maxima pour les siallites et diminuent progressivement à travers des stades intermédiaires nombreux, pour les sols allitiques jaunes, bruns, rouges. La stabilité structurale mécanique étant liée en premier lieu à la proportion de la fraction colloïdale du sol, il est naturel que de moins en moins cette structure soit apparente au fur et à mesure que progresse la destruction des gelées colloïdales (¹).

Pour quelques profils, choisis parmi les sols rouges, bruns, allitiques et volcaniques noirs, on a calculé la *porosité* (volume de l'espace lacunaire entre les agrégats et les particules exprimé en pour cent du volume total de la terre).

Il a fallu déterminer au préalable la densité réelle et la densité

(¹) D. VILENSKY suggère l'idée d'une loi générale ainsi conçue : « La stabilité structurale mécanique et la stabilité structurale à l'égard de l'eau dans les sols dépendent essentiellement de l'humidité que les colloïdes en présence contiennent au moment de la formation de ces agrégats ».

apparente (¹). Cette dernière varie avec le degré d'humidité et surtout avec le tassement plus ou moins énergique. Sa détermination aurait dû être faite sur place, car les manipulations pratiquées aux échantillons, séchés, broyés au mortier, puis tamisés, ont évidemment augmenté leur porosité. Les chiffres de porosité obtenus, inversement proportionnels à ceux de la densité apparente (celle-ci reste au-dessous de 1,1, alors que la moyenne oscille entre 1,3 et 1,4), sont trop élevés. Toutefois nous estimons utile de les signaler, car ils ne cessent d'offrir des indications comparables.

Si dans le tableau que nous donnons ci-après, une différence de porosité assez forte ne se remarque pas entre les profils indiqués comme poussiéreux et les profils grumeleux, le fait est à attribuer à la propor-

(¹) *Densité réelle.* — Elle a été calculée par la méthode habituelle du flacon d'essai en opérant sur 10 gr. de terre parfaitement sèche, cette prise d'essai séchée à l'étuve à 105° C., dans un picnomètre taré. Avant de le remplir avec de l'eau distillée à 20°, il est absolument nécessaire de lui enlever toutes les particules d'air qui remplissent les espaces lacunaires. Pour cela, on le place dans une cloche et l'on fait le vide jusqu'au moment où il ne se dégage plus aucune bulle d'air. On remplit alors avec de l'eau distillée à 20° jusqu'au trait et l'on repèse. On calcule ainsi la densité réelle.

Le chiffre oscille aux environs de 2,65 : cela représente à peu près la densité moyenne des éléments minéraux constitutifs. Cependant, si la terre renferme beaucoup de matières organiques, comme c'est le cas pour de nombreux échantillons, ce chiffre peut baisser considérablement, la densité de la matière organique étant comprise entre les limites 1,25 et 1,50.

Densité apparente. — On remplit un récipient métallique cubique ayant une arête de 10 cm. et dont la capacité est de 1000 ccm³. La terre est légèrement tassée au moyen de petites secousses et l'on nivelle avec une règle plate. Trois essais furent faits pour chaque échantillon et l'on calcule la moyenne :

$$\text{Le rapport } \frac{\text{tare + terre}}{\text{tare + eau distillée}} = \text{densité apparente.}$$

Calcul du volume réel et de la porosité. — Connaissant les deux densités, apparente et réelle, on peut facilement calculer le volume réel et l'espace lacunaire.

Porosité calculée comme suit : par exemple pour l'échantillon n° 70 (Mofumo) : eau % : 2,75; densité apparente : 1,055; densité réelle : 2,49; le poids de l'eau dans un litre de terre est 2,75 × 10,55 = 29 gr. 07; poids du litre de terre sèche : 1,055 gr. — 29,07 = 1,025 gr. 92; volume réel occupé par cette terre : $\frac{1,025 \text{ gr. } 92}{2,49} = 412 \text{ ccm}^3$; volume de l'espace lacunaire = 1,000 ccm³ — 412 ccm³ = 588,92 cm³; porosité = espace lacunaire % = 58,89 % (M. Simon).

Nom et numéro du profil.	État structural.	Eau. %	Densité apparente.	Densité réelle.	Porosité en espaces lacunaires. %	% de matière fine.
Rutaha 360 a.b.	ps	4,895	0,999	2,412	55,809	61
» 361 a.b.	»	4,415	1,036	2,608	57,647	82
Tshiangoma 382 a.b.	ps	6,734	0,947	2,339	55,863	52
» 383 »	»	4,35	1,0513	2,70	58,987	91
» 384 »	»	2,855	1,064	2,755	59,442	93
» 385 »	gr	4,63	1,0442	2,872	60,872	75
» 386 »	»	5,03	1,069	2,74	57,573	94
Mbene. 155 c.b.	ps	4,304	0,99	2,657	60,083	100
» 156 »	»	2,92	1,027	2,802	61,419	100
» 157 »	»	2,735	1,003	2,815	62,59	100
» 158 »	»	1,90	1,0784	2,846	60,78	100
» 159 »	gr	2,15	1,0612	2,845	61,22	100
Lussunyu 147 c.b.	gr	3,648	0,975	2,551	59,616	78
» 148 »	»	2,364	1,0293	2,745	60,956	100
» 149 »	»	2,462	1,029	2,765	61,177	100
» 150 »	»	2,170	1,0104	2,792	62,504	100
Fendula (à 50 m.) . . 338 a.b.	gr	4,084	1,0507	2,712	58,709	91
» 339 »	»	4,15	1,0706	2,783	58,553	95
» 340 »	ps-gr	3,255	1,076	2,852	59,85	96
» 341 »	gr	4,55	1,077	2,412	59,055	96
Mulungu (surface) . . 273 c.b.	gr	7,135	1,005	2,518	55,81	—
Kanoko-Mulambi . . . 216 a.r.	ps	2,175	1,058	2,72	59,647	93
Nyaluindhja-Moganda 379 a.r.	gr	1,945	1,144	2,736	56,18	90
Kirumbi-Kagunga . . . 299 a.n.	sb-ps	2,355	1,0177	2,36	55,499	23
Malambo-Rubenghera 298 a.b.	gr	1,765	1,022	2,627	59,979	90
Dendezi (surface). . . 301 c.n.	sb-ps	6,32	0,9326	2,235	55,016	56
Tshibinda (à 50 cm.) . 279 a.b.	gr	5,12	1,033	2,729	58,712	71
» 280 »	»	5,53	1,059	2,75	57,704	64
» 281 »	»	4,895	1,053	2,715	57,966	80
Mwendula. 70 a.b.	ps-gr	2,756	1,055	2,49	55,89	32
» 71 »	»	1,388	1,162	2,703	55,95	51
» 72 »	»	1,405	1,069	2,656	58,81	44
» 73 »	»	1,714	1,0723	2,676	58,782	56
Mofumo (surface). . . 81 a.n.	ps-gr	6,192	0,955	2,537	58,486	59
Mutanda (surface) . . 261 c.b.	gr	3,04	1,052	2,628	57,972	60
Mubeza (surface) . . . 377 c.n.	gr	3,74	1,0101	2,628	59,222	51
Dorsale congolaise . . 257 a.n.	gr	7,61	0,923	2,305	55,98	35
» 258 »	»	5,675	0,9718	2,463	57,275	71
Tshikère (3 m. de prof.) 241 v.n.	gr	2,935	1,025	2,730	60,69	19

tion parfois extrêmement forte des particules ténues que ces terres contiennent (sols de désagrégation chimique).

La matière fine (qui passe à travers le tamis d'un cinquième de millimètre), quand elle existe en forte proportion, concourt évidemment à augmenter dans des proportions notables le volume des espaces lacunaires indépendamment de son état structural. A côté du nom, du numéro, de l'état morphologique et de la couleur du profil, nous indiquons l'état structural apparent et le pour cent de matière fine, déduit des analyses mécaniques (gr = grumeleux; ps = poussiéreux; sb = sableux).

Il n'est pas inutile d'observer que les trois profils poussiéreux de Rutaha, Tshiangoma et Mbene appartiennent à un couloir de foehn.

La dynamique de l'eau. — Dans un profil nous pouvons distinguer, du bas en haut, une nappe phréatique, un niveau hydrostatique, une région capillaire de la nappe.

Les sols du district humide, faute de mesures directes ou de recherches particulières de laboratoire, ne paraissent présenter aucune anomalie devant retenir notre attention. Dans ces sols où la structure d'apparence grumeleuse domine, où l'allitisation est modérée ou inexistante, où l'humus est abondant et l'éremacausis s'accomplit quasi normalement (pH proche du point de neutralité ou légèrement alcalin), la circulation de l'eau dans le sol peut se considérer comme normale. Il y a dans certains cas un excès d'humidité (terrains de prairies humides d'altitude) et un principe de podzolisation dans des terrains juvéniles de forte altitude (quoique Mohr semble ne pas admettre des phénomènes de podzolisation sous les tropiques).

Dans de la forêt sèche subxérophile, les conditions hydrologiques sont très variables. Tout d'abord l'allitisation rouge ou rouge-brun prédomine, ce qui indique une destruction partielle plus ou moins poussée des colloïdes argileux. L'humification est souvent incomplète; il y a par conséquent production de colloïdes humiques protecteurs ou de matières organiques fort dispersées, sinon proprement réductrices. L'acidité du sol est plus accentuée; la pauvreté en Ca est à peu près générale.

La durée de la saison sèche (moins de 50 mm. par mois) de ce

district augmente, de l'Ouest à l'Est, de deux à cinq mois. Déjà à la limite entre les deux districts (isohyète de 1,300 mm.) un sol brun, modérément allitique, se crevasse durant la sécheresse et produit des fentes de 1 à 2 mètres de profondeur. (Les fissures sont attribuées par certains auteurs à la structure réticulée des gels colloïdaux.) (Voir photo n° 13.)

Les sols dont la structure mécanique garde l'apparence grumeleuse, ce qui présuppose un ciment colloïdal suffisant, même quand la proportion de terre fine est très forte (autour de 90 %), se défendent assez bien des effets de la sécheresse. On ne peut pas en dire autant des sols fortement allitisés, de plus en plus fréquents vers l'Est ou vers le Sud, atteignant des pour cent élevés de matière fine, même s'ils sont riches en humus (mauvais humus); ni des limonites qui donnent transition aux latérites du Victoria Nyanza.

La porosité, généralement forte, permet à l'air de pénétrer profondément dans le sol. Ce serait un avantage si la tension de vapeur d'eau de l'atmosphère était élevée et si des différences considérables existaient entre la température de l'air libre et celle du sol, sans tenir compte, bien entendu, des mouvements convectifs au-dessus du sol.

La saison sèche n'est pas un schéma climatique stable; au contraire, ce régime varie beaucoup. Une absence prolongée de précipitations peut s'alterner avec des averses intermittentes fournissant des quantités d'eau fort variables. A un moment donné, la couche superficielle du sol (supposons les premiers 10 cm.) est sèche, c'est-à-dire qu'elle n'a plus d'eau libre à la disposition des plantes. Ce moment nous est rendu visible par le jaunissement des prairies et un état poussiéreux de la surface du sol. Il y a lieu de croire qu'ayant perdu l'eau superficielle, aussi bien l'eau des gelées colloïdales que l'eau captée par adsorption, il y a aussi perte d'eau par *ascensum* des couches plus profondes, mouvement dont la vitesse se ralentit jusqu'à devenir très faible ou nulle.

Au mois d'août ou au début de septembre, l'humidité relative de l'air descend à Kabgaye, au centre des plateaux du Ruanda, à 55-53 %, avec des minima non inférieurs d'environ 30 %. Plus à l'Est, dans la zone des limonites (*ironstone*), l'humidité relative moyenne doit être

encore plus basse, de l'ordre de 30 %, et les minima doivent atteindre pendant quelques semaines et pendant les heures chaudes de la journée des taux désertiques (zones d'endoréisme et d'aréisme saisonniers). L'atmosphère est, d'autre part, dominée entièrement par la *brume sèche*, d'une opacité assez forte ⁽¹⁾.

Toute infiltration restant pour le moment exclue, il y a épuisement progressif et total de la frange capillaire. Les averses de la saison sèche, qui atteignent des hauteurs d'eau variables selon les régions, n'humectent que faiblement ou pas la surface du sol, mais provoquent un *ruissellement*. Celui-ci est défavorable aux réserves du sol et l'action mécanique de l'averse tend à détruire de plus en plus (là où il existe) l'état grumeleux et tasse le sol à la surface.

L'alternance de ces averses et des sécheresses avec forte insolation et faible tension de vapeur d'eau atmosphérique ne peut qu'aggraver progressivement l'état aride du sol. A ce propos, les diagrammes journaliers de pluie de la station de Nzaza dans le Ruanda oriental par 2°08'25''S; 30°03'25''G pour les années 1909 (humide), 1910 (sèche) et 1911 (normale), sont fort instructifs ⁽²⁾.

La saison sèche de cette localité, dont la hauteur moyenne de pluie est de 823^{mm}8 ⁽³⁾, est de quatre à cinq mois, selon les années (indice d'aridité : 3 pour juin; 1,1 pour juillet; 9 pour août; 19 pour septembre). Les terribles famines qui sévissent périodiquement dans cette région et qui causent une mortalité intense parmi la population indigène paraissent coïncider, non pas avec une hauteur minimum des pluies annuelles (580^{mm}8), mais avec cette apparition de petites averses espacées pendant la saison sèche (toujours inférieures à 10 mm.) et à plus forte raison quand un tel régime se prolonge dans une partie des saisons humides équinoxiales (averse entre 10 et 20 mm.). Une hauteur totale de pluie importante (1,043^{mm}3 pour 1909) ne paraît exercer aucune influence appréciable quand les pluies se répartissent d'une telle manière. Notre opinion que le phénomène biologique et social des

⁽¹⁾ Voir « L'Humidité atmosphérique » et « les Condensations », dans *Le Climat écologique, etc.*

⁽²⁾ Voir notre communication préliminaire : *Les Famines périodiques dans le Ruanda, etc.*, pp. 18 et suiv.

⁽³⁾ Voir « Les Précipitations », dans *Le Climat écologique, etc.*, p. 260.

famines périodiques dépend beaucoup moins de la pluviosité annuelle que de l'état du sol paraît confirmée. Ce sol, fortement allitique, pauvre en humus ou pourvu de mauvais humus, réagit de manières diverses à l'humectation. Ici se trouve la cause profonde de la désharmonie entre les cycles phénologiques des cultures et la marche de la saison dans ces zones de disette.

Le retrait pléistocène des eaux du Victoria Nyanza et des autres lacs du centre africain a amené un regain d'activité dans l'érosion torrentielle et pluviale. Les vallées se sont creusées et cela peut avoir provoqué dans des sols morphologiquement uniformes et de grande épaisseur (quelques dizaines de mètres) un abaissement, et dans certains cas la disparition de la nappe phréatique. Nous avons déjà émis cette hypothèse pour expliquer la stérilisation progressive des terrains du Ruanda oriental.

En l'absence de la nappe, ou quand elle est profonde, son rôle d'alimentation de la frange capillaire est faible; la distillation même de l'eau profonde d'imbibition est entravée et les mouvements de capillarité sont vite épuisés par l'évaporation. La porosité gagnant en profondeur avec la pénétration de l'air sec, l'assèchement du sol intéresse des couches de plus en plus profondes.

Quand cet état, insuffisamment contrarié par les condensations internes de vapeur d'eau et par les phénomènes d'adsorption (hygroscopicité) superficielle, atteint l'eau pelliculaire des agrégats colloïdaux, tout le milieu dispersant du sol devient inerte. Et le phénomène acquerra une intensité d'autant plus grande que le degré d'allitisation du sol sera élevé.

Il faut songer aux *sources secondaires d'humidité* (CHAPTAL) pour voir de quelle manière ces sols peuvent encore se défendre contre les forces externes et internes de dessiccation.

Nous n'excluons pas l'importance d'un apport d'humidité par *adsorption* (par adhérence superficielle) de la vapeur d'eau de l'air, particulièrement dans les sols où la partie fine est prépondérante. L'humidité relative, pendant la saison solsticiale boréale, faible dans sa valeur moyenne, peut atteindre la nuit des pour cent voisins de l'état de saturation (93 % à Kabgaye), et à ce moment elle est certainement

supérieure à celle du sol, de manière que celui-ci peut s'humecter. Aux heures chaudes du jour l'humidité relative est très basse à Kabgaye (24 %) et le sol évapore. Plus à l'Est, où les écarts diurnes de l'humidité sont indubitablement amplifiés, sa valeur moyenne, quoique moindre, permet encore au phénomène d'adsorption de s'accomplir ⁽¹⁾.

La brume sèche tombe la nuit par effet de l'augmentation d'humidité et de la pesanteur qui entraîne vers le sol les grains de poussière en suspension dans l'air pendant le jour.

Dans les zones à courte saison sèche, où l'humidité atmosphérique ne cesse d'être élevée pendant les nuits claires, à la suite du rayonnement, la température des premières couches (jusqu'à 15-20 centimètres) s'abaisse au niveau de la température minima de l'air près du sol ou y devient légèrement inférieure. Une situation thermique favorable à une condensation dans la couche humifère peut alors se déterminer. Exceptionnellement la condensation peut atteindre 50 centimètres de profondeur. En dehors de la saison sèche, la température du sol dans le district humide occidental est constamment supérieure à la température de l'air.

Dans les régions de l'Est où la saison sèche se prolonge, le sol est plus chaud que l'air à n'importe quel moment de l'année jusqu'à une profondeur d'un mètre. Faut-il attribuer un tel régime thermique à l'état d'allitisation du sol, à l'absence ou à la pauvreté d'une strate humifère, à l'état de porosité, à la dénudation de la surface, etc.? Quelles que soient les causes, ces sols paraissent conserver pendant la nuit le profil thermique diurne. Dans ces conditions toute condensation paraît extrêmement rare dans les couches superficielles et absolument impossible dans les couches profondes. Nous rappelons que la propagation du calorique dans ce type de sol se fait plus profondément que dans les sols humides. Le fait paraît établir une différence substantielle avec les sols méditerranéens et des pays tempérés, où une condensation interne d'eau peut se produire à la faveur de circonstances favorables de porosité et d'échanges actifs d'air (Chaptal).

Cet état particulier aux sols du district oriental est aggravé par

⁽¹⁾ Voir : « Heures et pourcentage d'humidité relative », dans *Le Climat écologique, etc.*, p. 219.

l'approfondissement général des nappes qui a suivi le retrait des lacs pléistocènes et les phénomènes locaux d'effondrement. L'allitisation n'a pu être qu'accélérée à des degrés divers par ces phénomènes géologiques.

La vitesse d'évaporation est pratiquement la même sur toute l'étendue du territoire étudié. Il ne faut pas croire qu'elle est plus intense au-dessus des sols allitiques du district semi-aride que dans le district humide. La durée plus forte de l'insolation et la tension moindre de la vapeur d'eau atmosphérique du district sec pendant la saison solsticiale boréale ⁽¹⁾ sont compensées dans le district humide par le degré d'activité certainement supérieur de cet agent puissant d'évaporation qu'est la circulation convective.

La rosée est le phénomène d'apport assurément le plus important pour nos sols tropicaux. Nous l'avons déjà décrite du point de vue physique dans notre travail climatique ⁽²⁾; nous n'insisterons ici que sur son utilisation possible par le sol.

L'intensité du dépôt varie d'après la nature du sol, en conformité aux observations des auteurs, mais elle varie surtout d'après la saison, d'après les formes topographiques du terrain et la couverture végétale.

Le phénomène de rosée dépend principalement de la transparence de l'air, par conséquent de l'intensité du rayonnement nocturne. Or la transparence plus forte ne se produit jamais pendant la saison sèche, l'air étant envahi par la brume sèche (même si celle-ci tombe la nuit), mais aux saisons pluvieuses équinoxiales, après que les premières averses aient lavé l'air de ses impuretés.

Un dépôt quantitativement important (aucune mesure n'a été possible à cause du mauvais fonctionnement des drosographes employés) se produit encore en saison sèche, mais à plus forte raison la topographie du terrain et la végétation y acquièrent une influence dominante. Les sols des déclivités sont les moins favorisés par rapport à ceux de plaine ou de fonds de vallées (dans le district oriental l'exposition Est est toujours la plus sèche).

⁽¹⁾ Voir tableaux synoptiques de l'humidité relative dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 225-228.

⁽²⁾ Voir : « Les Condensations », dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 229-236.

La hauteur du peuplement végétal (nous excluons la forêt d'arbres) au-dessus de la surface du sol, sa richesse en espèces, sa densité sont autant de facteurs d'accumulation de rosée. La chose se comprend facilement si l'on considère l'ensemble des faits venant converger dans l'évolution du phénomène. La végétation ralentit ou arrête le glissement d'air froid; l'humus accumulé en surface émet pendant la nuit de l'air humide et plus chaud; d'où mélange et condensation avec l'air refroidi par rayonnement (air descendant) ou parvenu par glissement. Les végétaux eux-mêmes rayonnent avec une intensité proportionnelle à leur surface foliaire : ainsi les parties aériennes se couvrent de gouttes d'eau. Le dépôt de rosée ne concerne pas, dans ce cas, la surface du sol, qui reste humectée par la descente de l'eau condensée, *mais intéresse toute l'épaisseur de la strate végétale*. Son apport en mm. d'eau est de ce fait multiplié d'après un rapport proportionnel.

De toute évidence un sol nu ne peut bénéficier que de la rosée alimentée par l'air froid stagnant à la surface (quand il y en aura) sous l'action rayonnante des particelles solides. La matière organique de surface ayant été enlevée, son apport en air humide est nul.

On peut établir, sans crainte d'erreur, une graduation croissante du dépôt de rosée depuis le sol nu jusqu'aux brousses préforestières du district humide, qui paraissent détenir un pouvoir maximum de condensation. Il ne faut pas oublier que les végétaux eux-mêmes ont un pouvoir d'attraction pour la vapeur d'eau atmosphérique (HILTNER), qui doit varier beaucoup entre les espèces et les type d'association, mais qui augmente considérablement, comme nous avons vu, la surface réceptrice.

Les sols bénéficient des sources secondaires d'humidité pour autant que l'homme n'intervient pas pour les détruire ou les rendre inopérantes. Depuis le début du Néolithique (3,000-4,000 ans avant l'ère chrétienne), quand l'Homme a commencé la domestication des animaux et est devenu par conséquent pasteur (O. MENGHIN), il a incendié les forêts pour faire place à son bétail ⁽¹⁾. Les incendies, renouvelés à

⁽¹⁾ Au commencement du Néolithique (âge de la pierre polie), l'Homme avait domestiqué le bœuf et la chèvre. A cette époque il était déjà pasteur et agriculteur. Il cultivait en Europe quelques céréales, probablement le millet et *Triticum durum*.

chaque retour de saisons sèches (au Ruanda on brûle parfois 2 ou 3 fois par an), ont amené la végétation actuelle, produit en même temps de l'adaptation au feu et de l'adaptation au sol. De l'évolution de la végétation primitive nous nous entretiendrons dans la deuxième partie de ce travail.

Effets des incendies de brousse sur l'évolution allitique du sol. — Un sol qui a atteint un certain degré de maturité est à plus forte raison le produit de son climat externe et intérieur; l'Homme n'a de pouvoir que pour accélérer ou retarder certains processus de vieillissement, le degré d'allitisation étant l'indice de l'âge.

La végétation primitive est l'expression, l'image vivante du compromis réalisé entre le sol et le climat. Quand nous la détruisons, sans la remplacer par quelque chose d'équivalent, nous établissons une perturbation grave, un déséquilibre qui se traduit par des manifestations diverses. Les forces spontanées de la nature tendent à remplacer un équilibre rompu par un autre qui est adapté aux conditions nouvelles d'ambiance qui, entre temps, se sont déterminées. Ainsi de suite, d'équilibre en équilibre nouveau, *mais toujours par des moyens d'adaptation de plus en plus spécialisés* jusqu'à une limite au delà de laquelle c'est le désert et la stérilité du sol.

La végétation par une série nombreuse de stades nous offre la synthèse des modifications induites dans le sol. Depuis le stade primitif de « climax » elle n'a pas varié de type; elle a changé ses formes associatives et a accentué l'organisation physio-morphologique qui fait son adaptation au climat.

Nous connaissons les déficiences des sols allitiques rouges ou rouge-brun du district semi-aride. Là où la forêt sèche subxérophile existe, elle assure l'évolution normale de ces types allitiques, qui est sans doute relativement lente, car elle protège le sol par une production suffisante de matière organique contre une dégénérescence allitique trop rapide et contre les effets des sécheresses. Malheureusement, la forêt primitive

Pour l'Afrique on a la culture de Tumba (âge de la pierre polie). On ne connaît pas encore quels animaux étaient domestiqués, probablement le bœuf ou des races voisines.

n'existe presque plus et est remplacée par des formations secondaires appartenant à des stades régressifs d'âges différents que nous examinerons par la suite ⁽¹⁾.

L'incendie *détruit* chaque année, et, dans certaines régions, même deux fois par an, le *bioclimat* propre de l'association ou du peuplement qui représente le stade d'équilibre actuel. Qu'advient-il du sol?

1. *Il perd de l'humus* : par destruction de la matière organique (par exemple la prairie jaunie) qui en est la source; par carbonisation de la matière organique en voie de décomposition incorporée dans la couche superficielle, quand la flamme sèche le sol. L'excès de C libre concourt à augmenter l'ameublissement du sol. Par contre, toute diminution de C organique paraît influencer la constitution des agrégats diminuant le coefficient de leur stabilité aqueuse (GUELTZER) ⁽²⁾.

2. Le *bioclimat* ⁽³⁾ particulier à l'association végétale étant détruit par les flammes, le sol est exposé brutalement aux alternances d'humectation et de dessiccation superficielles causées par les petites averses qui succèdent ou viennent interrompre momentanément la marche des incendies. Ces petites averses de saison sèche font généralement leur apparition dans des points localisés sans aucune règle apparente.

3. La flamme finit par détruire les colloïdes argileux et humiques de surface en les déshydratant. De ce fait elle tend en même temps à détruire ou à modifier la structure grumeleuse du sol. V. AGAFANOFF croit que le défrichement par le feu entraîne une modification de la structure, surtout dans les sols rouges. Les colloïdes déshydratés forment un ciment qui soude les éléments fins et engendre de minces couches superficielles durcies. Là où le climat provoque la formation de concrétions ou de véritables croûtes, celles-ci ne peuvent qu'être durcies davantage par les flammes.

⁽¹⁾ Voir : « Bioclimats régionaux », dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 262-321.

⁽²⁾ D'après D. S. Gracie, l'incendie des chaumes de certaines plantes « alcalines » telles que le maïs déterminerait, par l'incorporation des cendres, une diminution de l'acidité du sol.

⁽³⁾ Pour la signification que nous donnons à ce terme, voir dans la bibliographie du chapitre.

4. La microfaune et la microflore sont partiellement détruites et de toute façon leur activité est déprimée. Un premier obstacle est ainsi créé à une éremacausis normale et l'acidité du sol augmente ⁽¹⁾.

5. L'évaporation est exaltée par l'augmentation, même passagère, de la température superficielle du sol. L'épuisement de la frange capillaire est évidemment plus rapide, et si une humectation par *ascensum* n'intervient pas, le dessèchement atteindra plus rapidement les couches inférieures. La structure mécanique et aqueuse du sol en est encore affectée. Dans les terrains siliceux (la plupart de nos sols sont pauvres en Ca), l'augmentation de température favorise l'état poussiéreux au-dessous des croûtes éventuelles de surface.

6. Le rayonnement nocturne est arrêté sur tout le parcours des flammes. La couche d'air près du sol, chauffée au-dessus des cendres chaudes demeurées sur place (parfois pendant plusieurs jours sur des centaines de km. carrés), constitue un obstacle plus ou moins durable, d'après la topographie du sol, à toute espèce de condensation.

7. La rosée particulièrement cesse de se produire sur les sols au-dessus desquels a passé l'incendie si les cendres, extrêmement fines, deviennent la proie de la microcirculation qui s'établit même la nuit au-dessus d'un sol chauffé et trouble l'état de calme indispensable pour que la condensation de la rosée puisse se produire. Pendant le jour, ces cendres modifient l'absorption de la radiation solaire, et aussi longtemps qu'elles restent sur place elles économisent la chaleur emmagasinée dans le sol. La température de ce dernier est par conséquent augmentée. Prises dans le circuit de la macrocirculation convective, les cendres concourent puissamment à augmenter l'opacité de la brume.

⁽¹⁾ La déshydratation des strates superficielles, même poussée à l'extrême, ne détruit probablement pas complètement la flore microbienne. D'après les recherches de CH. KILLIAN et D. FEHER dans les sols du Sahara algérien (1935), des espèces de bactéries sporogènes résistent à des teneurs en eau allant jusqu'à 0,2 % (p. 14). Dans ce cas, les bactéries continuent à exister sous une forme inactive à l'état enkysté.

Les espèces asporogènes, par contre, diminuent très rapidement avec la dessiccation du sol. Les champignons apparaissent mieux adaptés aux conditions de sécheresse extrême que les bactéries. Toutefois, d'après Feher, au-dessous de 5 %, l'eau devient le facteur limitant de la vie microbienne.

Le ruissellement s'empare enfin de la mince couche de cendres laissée par l'incendie et l'emporte (voir *analyse d'un dépôt de ruissellement*, p. 81). Le sol (ceci à plus forte raison pour ceux du haut des pentes) ainsi dénudé voit ses échanges gazeux avec l'atmosphère libre se modifier et l'onde calorique diurne peut pénétrer plus profondément. Un appel d'eau des strates inférieures se produit et le dessèchement progresse naturellement. A l'apparition des premières grosses averses équinoxiales, le délavement est plus sévère sur ces sols dénudés et leur pauvreté en bases (surtout en Ca) ne peut que s'accroître. Si nous synthétisons les effets multiples de l'incendie on peut conclure qu'ils augmentent les conséquences funestes de l'allitisation. En d'autres termes, une accélération de tous les processus de vieillissement, évoluant vers la sénilité, s'amorce sûrement.

Le climat du sol. — Ce titre ne correspond pas à l'exposé que nous allons faire; toutefois nous le maintenons pour rappeler l'importance et l'étendue du sujet (¹). Nous avons été obligé de parler, dans les pages précédentes, de phénomènes qui relèvent directement du climat du sol, tels que l'influence de la température sur la vitesse des processus d'allitisation, la possibilité de condensation à l'intérieur du sol, etc.

L'école pédologique russe, suivie des écoles allemande et américaine, a admis depuis quelques années l'autonomie physique du climat du sol. Et les auteurs modernes insistent sur le divorce qui parfois se produit entre le climat atmosphérique et le climat du sol, ce dernier étant forcément modifié, par rapport au premier, par le milieu spécial qu'il traverse. Ces auteurs (J. MOHR) font remarquer avec force d'argumentation que dans le climat du sol, beaucoup plus que dans le climat de l'air libre, il faut rechercher les énergies motrices et les causes des phénomènes de la maturation du sol et de son évolution progressive vers un stade final.

Les couches profondes d'un profil sont souvent l'image d'un *climat fossile*, les sols s'expliquant historiquement comme tout phénomène

(¹) L'argument est traité dans un article paru dans le n° 6 de 1936 de *La Météorologie*, revue de la Société météorologique et de l'Office national météorologique de France à Paris.

physiographique. La profondeur où parvient l'influence du climat actuel est incertaine, l'argument n'ayant pas encore fait l'objet de recherches systématiques. Il paraît légitime de penser que la limite inférieure où l'action de certains agents météoriques, comme la radiation solaire et les gaz de l'atmosphère du sol (O, N, CO₂, NH₃, H₂O, etc.), parvient peut être identifiée avec la zone de départ, où la roche sous-jacente livre encore par désagrégation des minéraux frais. Si le profil est tellement profond que la roche mère ne joue plus visiblement aucun rôle actif, cela signifie que des horizons inertes de forte épaisseur, produits d'un climat fossile, se sont intercalés entre le soubassement rocheux et la couche active actuelle. Le niveau correspondant à la zone de départ est alors remplacé, vraisemblablement, par la limite inférieure d'une illuviation ayant atteint un stade de vieillesse considérable.

La limite supérieure du climat du sol paraît plus facile à établir grâce aux études micrométéorologiques faites dans la couche d'air adhérent au sol (R. GEIGER, W. SCHMIDT, P. SELTZER, etc.). De ces études il résulte que la *zone de turbulence* existant au-dessus du sol est effectivement le niveau supérieur que le sol influence directement par ses propriétés physiques spécifiques.

L'épaisseur de cette zone paraît varier, au-dessus d'un sol nu, entre 1^m50 et 2 m., ces limites étant précisées par l'allure du profil thermique, la structure du vent au ras du sol, les phénomènes de saturation et tout ce qui concerne les *échanges* entre l'air libre et l'air confiné.

Si le sol est couvert de végétation, à la couche des échanges se superpose une nouvelle masse d'air confiné dans l'habitat végétal et dont les propriétés spécifiques diffèrent de celles de l'air libre et de celles de l'air confiné du sol, par les fonctions mêmes de la vie physiologique (respiration des plantes, condensations, émission d'un rayonnement obscur, etc.). Cette couche, par rapport au sol, agit comme un amortisseur dont l'existence ou la disparition est de nature à influencer directement l'action du climat atmosphérique sur le sol.

Une forêt ou tout autre peuplement végétal détermine au-dessus du sol deux nouvelles surfaces thermiques à travers lesquelles les échanges avec l'atmosphère sont les plus actifs. L'une, la principale, se situe au-dessus du niveau moyen du feuillage, et Woeikoff l'a appelée

« la surface extérieure active ». L'autre, la secondaire, se place à une distance variable entre la première et la surface du sol, et les auteurs la désignent sous le nom de « sol effectif ».

La superposition verticale de trois masses d'air, dont deux d'air confiné et une d'air libre, auxquelles correspondent trois climats différents, laisse entrevoir la complexité des phénomènes dont ces couches sont le siège. Nous n'y insisterons pas davantage parce que la matière sera discutée ailleurs ⁽¹⁾. Ici nous nous limiterons à schématiser les traits essentiels du régime thermique susceptibles d'éclairer l'évolution génétique de nos sols. Pour une discussion plus détaillée de l'argument et pour la connaissance des caractères physiques et biogéographiques des climats et bioclimats de l'Afrique centrale, nous renvoyons à nos travaux précédents.

Nos observations, quoique fort incomplètes à cause du nombre insuffisant de lectures journalières qu'il a été possible de faire, nous ont amené à distinguer deux catégories de sols, autour desquelles tous les types peuvent être réunis.

La première catégorie est constituée par les sols d'apparence stratifiée et humides, groupant les siallites et les allites jeunes; la seconde catégorie est constituée par les sols d'apparence homogène et secs, qui groupent les allites (brunes, rouge-brun et rouges), c'est-à-dire les sols vieux.

Chez les premiers la variation annuelle de température est amplifiée; l'onde calorifique est amortie et la couche la plus chaude se place près de la surface; chez les seconds la variation annuelle de la température, déjà très faible (inférieure à 2° C.), n'est pas amplifiée; l'onde calorifique est amortie beaucoup moins; la couche la plus chaude se situe plus profondément. Ce qui signifie que les sols jeunes sont en général bons conducteurs du calorique, tandis que les sols vieux sont mauvais conducteurs. Leur capacité spécifique pour le calorique paraît diminuer avec la progression du vieillissement. L'onde thermique les pénètre plus profondément et entraîne leur dessèchement progressif quand il n'est pas contrecarré par un *ascensum* capillaire alimenté par une nappe. Les sols stratifiés-humides, tout en étant plus chauds que

(1) Voir *La Météorologie*, n° 5. Paris, 1936.

l'air superposé, ont une courte période de l'année coïncidant avec la sécheresse solsticiale boréale, pendant laquelle la température des couches superficielles est égale ou inférieure à celle de l'air. L'évaporation diurne est alors compensée, au moins partiellement, par des condensations qui pénètrent le sol jusqu'à 30-40 centimètres au-dessous de la surface. Les sols d'apparence homogène et secs, par contre, sont plus chauds que l'air pendant toute l'année, ce qui fait supposer qu'ils ne bénéficient jamais de condensations internes. Leur profil thermique diurne se maintiendrait ainsi pendant la nuit, analogiquement à ce qui a été constaté pour les latérites des Indes anglaises. Ce phénomène paraît devoir être mis en rapport avec les processus de destruction du complexe colloïdal, beaucoup plus rapides, comme nous savons, dans les sols appartenant à des climats alternativement secs et humides. Le maximum thermique diurne de ces sols est d'ailleurs toujours plus élevé que le maximum correspondant des sols non allitiques ou dont l'allitisation est peu avancée.

Cet état thermique particulier concourt vraisemblablement à modifier en même temps l'état *structural* de ces sols. La structure grumeleuse disparaissant parallèlement à la destruction des gelées colloïdales, la porosité augmente et permet à l'air sec et chaud d'atteindre des couches de plus en plus profondes; le dessèchement n'en est qu'aggravé, d'autant plus que l'air atmosphérique atteint, pendant la saison où ces phénomènes sont les plus actifs, des pour cent d'humidité relative de 20-30 %. Le sol réagit-il à ces forces destructives du climat selon la *loi de modération* de Demolon, créant un équilibre nouveau en rapport avec l'état aride et plus énergiquement oxydant de son atmosphère ⁽¹⁾? Car l'augmentation du volume d'air sec dans le sol paraît non seulement lui conférer ses propriétés de mauvais conducteur pour le calorique (la conductibilité de l'air est de 0,00005, tandis que celle de l'eau est de 0,001), mais paraît déterminer un pouvoir oxydant beaucoup plus rapide. Est-ce une des causes de l'oxydation massive des minerais

(¹) La *loi de modération* de Demolon s'énonce de la manière suivante : « Lorsqu'un système en équilibre est soumis à une action extérieure qui tend à le déformer, les modifications résultant de cette déformation tendent à s'opposer à la continuation de l'action ».

de Fe dans ce type de sols? A quel degré la sélection qualitative et quantitative de la flore microbienne en est-elle affectée? Les siallites humides et les allites jaunes, souvent tassées pendant la saison pluvieuse, font supposer une déficience d'oxygène dans les couches superficielles et un excès de CO_2 dans le sous-sol. Nous avons maintes fois observé que les eucalyptus, les plantes d'ombrage et les caféiers vivant sur ces sols étalaient leurs racines presque en surface, occupant une superficie de terrain absolument disproportionnée avec leur développement aérien. Et nous avons encore observé que ce phénomène s'accompagnait généralement d'un enlèvement de matières humiques par le ruissellement. Les arbres de la forêt couvrant le même sol, mais qui avait conservé une couche organique, ne présentaient nullement le même port. Faut-il conclure que l'enlèvement d'une couverture morte en voie d'humification (pH pas trop acide) comporte, entre autres, une modification profonde dans la respiration du sol? C'est fort probable: en tout cas toute action extérieure qui d'une manière ou de l'autre trouble l'équilibre primitif d'un sol en rapport à sa vocation climatique paraît briser la résistance des couches superficielles à une action trop brutale du climat et le résultat final en est toujours la formation de l'allite.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- E. RAMANN, 1911, *Bodenkunde*, 3^e édition. Berlin, 1911.
- A. LACROIX, 1913, Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. (*Nouvelles archives du Muséum*, 5^e série, 1913.)
- 1923, *Minéralogie de Madagascar*, t. I, II et III. Paris, 1922 et 1923.
- 1934, Les phénomènes d'allitisation superficielle des roches silicatées aluminées des pays tropicaux; leurs conséquences au point de vue minier. (*Publication du Bureau d'Etudes géologiques et minières coloniales*. Paris, 1934.)
- C. D. GLINKA, 1914, *Die Typen der Bodenbildung; ihre Klassifikation und geographische Verbreitung*. Verlag von G. Borntraeger. Berlin, 1914.
- 1924, Différents types d'après lesquels se forment les sols et la classification de ces derniers. (*Mémoires sur la nomenclature et la classification des sols*. Rapport n° 20, 1924.)

- R. LANG, 1915, Versuch einer exacten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. (*Intern. Bodenkde*, 5, 312, 1915.)
- R. LANG, 1926, Ueber die Bildung von Roterde und Laterit. (*Mémoires, etc.*, t. II, pp. 661-671.)
- COMITÉ INTERNATIONAL PÉDOLOGIQUE, *Mémoires sur la nomenclature et la classification des sols*. Helsinki, 1924.
- P. ENCOULESCO, 1924, Le climat comme facteur de variation des types zonaux des sols. (*Mémoires, etc.* Rapport n° 19, 1924.)
- H. LUNDEGARDH, 1925, *Klima und Boden*. Verlag von G. Fischer. Jena, 1925.
- A. F. JOSEPH, 1926, Examination of the soils of the Sudan. (*Actes de la IV^e Conférence Internationale de Pédologie*, t. III. Rome, 1926, pp. 401-407.)
- K. ZIJLSTRA, 1926, Plant physiology in connection with soil Science. (*Actes de la IV^e Conférence Internationale de Pédologie*, t. III. Rome, 1926, pp. 534-535.)
- D. R. HOAGLAND, 1926, The investigation of the soil from the point of view of the physiology of the plant. (*Mémoires, etc.*, pp. 535-544.)
- R. V. ALLISON, 1926, The influence of plant growth upon the state of agregation of soil particles. (*Mémoires, etc.*, pp. 578-597.)
- L. SMOLIK, 1926, Étude sur la composition chimique de l'humus et le climat. (*Mémoires, etc.*, t. II, pp. 617-625.)
- A. MEYER, 1926, Ueber einige Zusammenhänge Zwischen Klima und Böden in Europa. (*Chem. d. Erde* 2, 209, 1926.)
- H. ERHART, 1926, *L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur culturale des terres latéritiques de l'Est de Madagascar*. Larose, éditeur à Paris, 1926.
- 1935, *Traité de Pédologie*, t. I. *Pédologie générale*. Institut pédologique de Strasbourg, 1935.
- V. AGAFONOFF, 1929, La Pédologie. (*Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, vol. II, fasc. 3. Paris, 1929.)
- 1929, L'Étude des sols des Colonies françaises. (*Revue de Bot. App. et d'Agr. Trop.*, pp. 434-440. Paris, 1929.)
- 1929, Sur quelques sols rouges et Bienhoa de l'Indochine. (*Revue de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, pp. 16-23 et 120-126. Paris, 1929.)
- 1931, Sur quelques sols latéritiques rouges et jaunes du Brésil. (*Revue de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, pp. 409-415. Paris, 1931.)
- 1936, *Les sols de France au point de vue pédologique*. Dunod, Ed. Paris, 1936.
- K. K. GEDROIZ, 1929, *Der adsorbierende Bodenkomplex*. Verlag von Theodor Steinkopff. Dresden und Leipzig, 1929.

- E. WASMUND (VON), 1929, Klimaschwankungen in jüngerer geologischer Zeit. (*Handbuch der Bodenlehre*. Berlin, 1929.)
- E. BLANCK, 1929, Der Einfluss und die Wirkung der physikalischen, chemischen, geologischen, biologischen und sonstigen Faktoren auf das Ausgangsmaterial. (*Handbuch der Bodenlehre*, II Band. Berlin, 1929.)
- E. BLANCK, 1930, Kurzer Ueberblick über die historische Entwicklung der Bodenzonenlehre und Eiteilung der Böden auf Grund der Klimaverhältnisse an der Erdoberfläche. (*Handbuch der Bodenlehre*. Dritte Band, 1930.)
- H. HARRASSOWITZ, 1930, Böden der Tropischen Region. (*Handbuch der Bodenlehre*, III Band, pp. 362-437. J. Springer, éditeur. Berlin, 1930.)
- P. VAGELER, 1930, Grundriss der Tropischen und Subtropischen Bodenkunde für Pflanzen und Studierende. (*Verlagsgesellschaft für Ackerbau*. Berlin, 1930.)
- D. S. GRACIE, 1930, A preliminary survey of some of the soils in Kenya. (*Colony and Protectorate of Kenya*. Departement of Agriculture. Nairobi, 1930.)
- R. MEURICE, 1931, Le sol agricole et forestier. (*Bibliothèque agronomique belge*. Gembloux, 1931.)
- 1934, A propos de terminologie en matière de sol. (*Bull. de l'Inst. agronomique et des Stations de Recherche de Gembloux*, t. III, n° 3, août 1934, pp. 201-208.)
- O. ARRHENIUS, 1931, *La réaction du sol, son influence sur la croissance des plantes. Le chaulage*. Traduction G. Demortier-J. Duculot, éditeur. Gembloux, 1931.
- C. ARAMBOURG, 1931, L'organisation de l'étude du sol dans les Colonies françaises, (*Rapport présenté au Congrès des Recherches Scientifiques coloniales*, 9-10 octobre 1931, à Paris.)
- O. MENGHIN, 1931, *Welt, geschichte der Steinzeit*. Verlag Schroll. Wien, 1931.
- A. DEMOLON, 1932, *La dynamique du sol*. Dunod, éditeur. Paris, 1932.
- J. H. DENNET, 1933, Études sur les sols, classification des sols de Malaisie. (*Malayan Agric. Journ.*, vol. XXI, n° 8, pp. 345-361, 1933.)
- R. MEURICE, et P. MARTENS, 1934, Sur le dosage de l'humus soluble dans l'ammoniaque. (Extrait du *Bull. de l'Inst. agronomique et des Stations de Recherche de Gembloux, Belgique*, t. III, n° 4, 1934.)
- E. G. JUL. MOHR, 1934, Bodem der Tropen in het algemeen, en die van Nederlandsche-Indië in het bijzonder. (Eerste, tweede Stuk. *Koninklijke Vereeniging Koloniaal Instituut*. Amsterdam, 1933 et 1934.)
- F. FERRIÈRE (DE), 1934, Les zones du pH des sols. (*Bull. de l'Ass. des Géographes français*, n° 69, mai 1934, pp. 74-78.)
- F. CHAS. SHAW, 1934, The med for studies of soil color. (*Comptes rendus de la première Commission de l'Association Internationale de la Science du sol*, pp. 169-178. Versailles, 1934.)

- N. A. SOKOLOVSKY, 1934 Le problème de la structure du sol. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 89-95. Versailles, 1934.)
- D. VILENSKY, 1934, Influence de l'humidité du sol sur sa structure. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 97-108. Versailles, 1934.)
- M. A. AKHROMEIKO, 1934, Recherches sur la stabilité de la structure du sol. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 109-113. Versailles, 1934.)
- R. K. SCHOFIELD, 1934, Soil Water. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 185-191. Versailles, 1934.)
- L. CHAPTAL, 1934, Les sources secondaires de l'humidité de la terre arable. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 197-212. Versailles, 1934.)
- H. GESLIN, 1934, La température du sol. Action particulière du froid, ses conséquences du point de vue agronomique. (*Comptes rendus, etc.*, pp. 245-270. Versailles, 1934.)
- H. SCAËTTA, 1935, Terminologie climatique, bioclimatique et microclimatique. (Revue *La Météorologie*, n° 122, pp. 342-347. Paris, 1935.)
- P. SELTZER, 1935, *Etudes micrométéorologiques en Alsace*. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg, 1935.
- R. TROCHON, 1935, Les échanges par conduction et la température de la surface du sol. (Revue *La Météorologie*, 120, pp. 106-108. Paris, 1935.)
- A. COUTAGNE, 1935, Comment définir et caractériser le degré d'aridité d'une région et sa variation saisonnière. (Revue *La Météorologie*, 120, pp. 141-151. Paris, 1935.)
- L. AUFRÈRE, 1936, La géographie de la latérite. (*Compte rendu sommaire des séances de la Société de Biogéographie*, 106, pp. 3-9. Paris, 1936.)
-

CHAPITRE VI

REMARQUES SUR L'EXAMEN DES SOLS TROPICAUX

PAR R. MEURICE

Un agronome mis en présence d'un sol inconnu peut se trouver devant divers problèmes.

Le premier groupe de problèmes. — Les premiers problèmes qui viennent à l'esprit sont les suivants : Ce sol est-il fertile? Est-il cultivable? Dans l'affirmative, a-t-il besoin d'engrais? Quels engrais devratt-on appliquer dans des conditions données?

Ce sont les mêmes questions qui se sont présentées jadis pour les terres des régions tempérées, à l'époque où commençait à se répandre l'usage des engrais chimiques.

L'analyse chimique du sol, science encore à ses débuts et sur laquelle on avait fondé prématurément de trop grandes espérances, s'est, à cette époque, avérée impuissante à répondre nettement aux questions en cause. Les méthodes d'analyse par la plante ont alors fourni des résultats plus encourageants, à tel point que la plupart des agronomes crurent devoir négliger complètement l'analyse chimique du sol.

D'aucuns parlèrent alors de la faillite des méthodes chimiques: la lourde déception que leur avaient réservée les bulletins d'analyse excusait peut-être cette exagération (1).

Depuis quelques lustres, la théorie du pH ayant attiré l'attention des savants sur l'acidité fréquente de nos terrains, on a bien dû revenir aux méthodes chimiques et physico-chimiques, les seules précises en l'occurrence.

(1) On a maintenant des raisons de croire que l'analyse chimique bien *comprise* pourrait être sur le point de donner la solution du problème.

Dans les régions tempérées, les résultats de l'analyse brutale de la terre ne sont pas toujours aisés ni même possibles à interpréter, sauf dans le cas des terrains tourbeux; la richesse absolue en un élément n'indique pas grand'chose : une terre limoneuse, riche en potasse, par exemple, peut se montrer très reconnaissante d'une application d'engrais potassique.

Toutefois, si un élément est absent, on aura le droit indiscutable de conclure à la nécessité de l'apporter artificiellement au sol.

Si, d'autre part, une matière nuisible est en présence, comme il arrive dans les régions industrielles et même ailleurs, l'analyse chimique en permettra la découverte ainsi que le dosage.

Quand un type de terrain est bien connu dans ses exigences culturales en rapport avec ses teneurs en corps phytogéniques, un sol de la même catégorie pourra être analysé avec fruit, même par les méthodes anciennes: une teneur *relativement* basse en tel ou tel élément indiquera la nécessité d'un apport complémentaire.

En dehors du cas de leur *réaction*, on n'analyse guère les sols de nos pays tempérés; c'est que dans les régions à culture intensive, l'apport d'engrais s'avère toujours fructueux et qu'en général l'augmentation de rendement constatée se montre d'une valeur bien supérieure à celle du prix des engrais utilisés.

Un revirement inattendu en faveur de l'analyse chimique des terres s'est manifesté chez certains agronomes dont la spécialité envisage les terres tropicales ou subtropicales.

P. VAGELER, dans son ouvrage récent : *Grundriss der tropischen und subtropischen Bodenkunde*, après avoir émis des doutes sérieux sur la valeur des méthodes d'exploration des sols tropicaux « par la plante », se déclare favorable à leur examen chimique, en vue de reconnaître leur degré de fertilité. Cette question n'est pourtant pas, à mon sens, encore absolument au point.

L'autre groupe de problèmes. — La question est ici purement scientifique et ne semble guère, à première vue, avoir de rapports immédiats avec l'agriculture. N'oublions pourtant pas que les données scientifiques les plus abstraites ont souvent, dans bien des domaines, prouvé plus tard leur efficacité pratique.

Le deuxième problème se place au point de vue pédologique pur. Le terme « pédologie », que certains emploient au lieu de « science du sol », est souvent pris en France dans un sens restreint. On peut à cet égard dire que la pédologie recherche pour les sols ce que la géologie historique (stratigraphie) détermine chez les roches. De même que la géologie s'efforce de connaître l'histoire ancienne des couches de la croûte terrestre, ainsi la pédologie s'intéresse à l'histoire des sols. C'est ce deuxième problème que visait surtout l'étude géobotanique de M. Scaëtta.

Ce deuxième problème est donc le suivant: Quelle a été l'histoire des sols examinés?

Le sujet est infiniment complexe et, pour ce motif, réclame l'intervention de toutes les sciences positives sans exception.

Il se subdivise en nombreuses questions: D'abord, le sol examiné a-t-il été formé sur place? Est-il autochtone? Ou bien est-ce un sol de transport: alluvion, dépôt éolien, colluvium de pente? Les phénomènes de transport sont-ils anciens? Ont-ils été suivis d'altération sur place et à quel degré? Est-il homogène ou non? etc.

Ensuite, quelle est l'*origine* du sol? S'il est resté en place, quelle est la nature de la roche originelle? Quels minéraux y rencontre-t-on?

S'il a été transporté, peut-on en retrouver les roches originelles? Y a-t-il une seule roche originelle, ou bien s'agit-il de roches diverses? Quelles sont ces roches?

Ici la question est en partie d'ordre géologique; la pétrographie permet d'y répondre avec exactitude, si, du moins, les roches originelles sont accessibles.

L'analyse chimique complète des roches en cause peut aussi rendre des services en l'occurrence.

Formation et classification des sols tropicaux. — Comment se sont décomposées les roches pour former des éléments meubles? Le premier chapitre de la « science du sol » étudie les processus généraux d'altération des roches: l'observateur doit ici rechercher quels agents particuliers sont intervenus en ordre principal; il doit ensuite appliquer à chaque cas les principes et les données générales.

Remarquons que les facteurs climatiques sont les plus actifs dans la désintégration des roches. C'est donc la climatologie locale qu'il faut étudier d'abord, principalement sous le rapport des phénomènes de condensation et d'évaporation ainsi que sous celui du calorique : Le climat du sol est-il aride, c'est-à-dire sans infiltration moyenne annuelle? Le lessivage des corps solubles sera dans ce cas inexistant. Est-ce l'inverse? Les matières solubles seront éliminées et il en résultera une accentuation de diverses réactions chimiques; d'où une désagrégation plus intense.

En climat humide, les précipitations sont-elles torrentielles? Il s'ensuivra une érosion considérable; les roches dures seront sans cesse décapées; des formations « de transport » importantes s'ensuivront.

Les pluies sont-elles lentes, pénétrantes? L'érosion sera minime et les sols en place seront plus épais.

C'est aux mouvements de l'eau dans la terre qu'il faut attribuer la formation des horizons différents que l'examen du profil (coupe verticale) montre dans beaucoup de sols altérés sur place.

Le comportement des pluies, celui des périodes de sécheresse doivent être connus pour bien interpréter les profils observés.

Les maxima et les minima de température, l'allure brutale ou lente des variations ont une répercussion importante sur la désagrégation physique des roches. La température influence très fort les réactions chimiques qui agissent sur leurs constituants minéraux. Elle accentue aussi les actions microbiennes.

Les rapports entre le mode de gisement de sols relativement récents et les facteurs climatiques actuels étant connus, l'étude des profils de sols anciens pourra peut-être permettre de connaître les conditions de climat qui ont régné dans la région aux époques antérieures.

Une autre question importante est celle de la végétation spontanée : une association végétale puissante, telle la sylvie équatoriale, fournit des masses considérables de matières organiques qui, bien que rapidement décomposées, modifient profondément le profil primitif. Plus l'association végétale est compacte, plus son action sur le sol est considérable. L'étude de profils anciens, actuellement accessibles, renseigne dans certains cas sur la végétation des époques antérieures; de sorte

qu'ici encore les diverses sciences se rendent tour à tour des services mutuels.

Parfois ce qui constitue la surface actuelle du terrain n'est qu'une petite portion de la formation première, les couches susjacentes ayant été enlevées par l'érosion, d'autres couches (alluvionnaires, colluviales, éoliennes ou éruptives) pouvant avoir recouvert le sol autochtone. Une observation attentive s'impose en pareils cas.

Nous disions plus haut que le deuxième problème comportait, entre autres, la question de situer un sol donné dans l'échelle d'une classification rationnelle.

Ajoutons donc quelques mots sur une classification des sols tropicaux. Nous excluons ceux des conditions arides, ces derniers sans intérêt pour le Congo.

En Belgique, les sols *en place* dépendent exclusivement de leur roche mère. Mais, sous d'autres climats il n'en est guère ainsi, et l'on constate des formations très uniformes sur toutes sortes de substrata pétrographiques.

Les climats chauds et toujours humides comportent, d'après Vageler :

- a) Les terres grises subhydriques des marécages équatoriaux;
- b) Les terres et les limons rouges.

Cette dernière catégorie nous arrêtera quelque peu. D'après Vageler, la zone équatoriale a vu se produire d'abord des limons rouges où s'est installée ensuite la grande sylvie (Urwald). L'altération hydrolytique des silicates (feldspaths et autres) a produit des silicates d'alumine hydratés (siallite) ⁽¹⁾ et des oxydes de fer et d'alumine hydratés (allite), à côté de constituants sableux. L'oxyde de fer, au maximum et peu hydraté à cause de la sécheresse et de l'insolation directe, colore souvent le milieu en rouge.

La présence de siallite rend le sol plus ou moins compact. C'est le cas du « limon rouge ».

Le sol rouge passe vers le bas progressivement à la roche mère, dont la partie supérieure, claire, est en voie de décomposition (zersatz).

(1) Nous réservons la dénomination de « siallite » aux silicates d'alumine hydratés.

Une zone tachetée fait souvent la transition entre la zone claire et l'horizon rouge supérieur.

La végétation a apporté ensuite de l'humus, en quantités sans cesse croissantes, donc de plus en plus acide. Au début, les eaux peu acides ont lavé le sol en enlevant la silice et les bases.

Il reste alors l'allite en surface: c'est la *terre rouge friable*. Les bases alcalines et alcalino-terreuses en ont été lessivées.

Plus tard, de l'humus recouvre la formation. Dès lors, si le milieu devient très acide, l'allite est entraînée (¹), pour précipiter en profondeur, là où le pH est plus élevé.

Le profil juvénile comporte donc en surface un limon compact; plus le sol est ancien, plus il tourne à l'allite en perdant sa compacité; la sylve, enfin, créant de l'acidité en surface, y diminue alors la proportion d'allite.

Si la roche originelle est exempte de fer, on ne pourra obtenir évidemment que des terres grises au lieu de limons rouges.

Sols des climats à alternances sèches et humides. — Les facteurs édaphiques montrent ici une influence plus sensible: la végétation locale apporte des quantités plus ou moins fortes d'humus; la topographie importe aussi: les fonds sont humides, mal aérés, le fer ne s'y oxyde pas et le sol est gris ou noir, à cause des matières organiques, ou du carbone provenant des feux de brousse.

Les pentes et les plateaux sont plus arides: c'est la situation des terres rouges typiques.

Les *terres rouges*, en place, passent graduellement à la roche mère. L'humus y est souvent réparti sur toute l'épaisseur du profil. D'après Vageler il n'y aurait pas dans ce cas d'horizons nettement définis.

A la saison des pluies, le sol se forme comme dans les régions perpétuellement humides. Si le sol est aéré, le fer s'oxyde et la terre rougit, surtout par insolation directe. Le milieu n'étant pas acide, la silice ainsi que les bases alcalines et alcalino-terreuses sont emportées par les eaux; la surface est alors surtout allitique.

D'après beaucoup d'auteurs, à la saison sèche, la capillarité ramène

(¹) Quand l'acidité atteint pH=4 ½ environ.

une partie des bases vers la surface. Le sol est donc plus riche en chaux, potasse et analogues que dans les régions perpétuellement humides. L'humus, peu abondant, est généralement saturé et de bonne qualité.

Les sols rouges sont très répandus. Au stade juvénile, on y trouve de nombreux fragments de la roche originelle. Dans un stade sénile, ces fragments ont disparu.

Les bases sont enlevées peu à peu. Finalement, le pouvoir absorbant n'est plus satisfait que pour 50 %.

La silice passe alors en solution colloïdale; sous cet état, selon Vageler, elle peptise l'alumine ainsi que l'hydroxyde ferrique et les emporte. Il en résulte plus bas de nombreuses concrétions, constituant un horizon illuvial (de précipitation). L'évaporation en surface y appelant les eaux à la saison sèche, des concrétions peuvent s'y produire de même.

Le stade sénile des terres rouges est présenté par les latérites : le sol y est recouvert de cuirasses allitiques (latéritiques) et parcouru de réseaux ferrugineux dont les mailles peuvent encore contenir du matériel siallitique, peu abondant d'ailleurs.

Mohr pense que les allites en cuirasses superficielles sont dues à la dénudation (par les eaux) d'horizons illuviaux. Qu'elles soient dues ou non à la capillarité, on n'y trouve pas de débris rocheux originels, ni de bases légères. L'argile en est à peu près absente, le pouvoir absorbant nul.

L'acide phosphorique peut exister dans les concrétions allitiques, mais sous une forme inutilisable.

La latérite est un stade sénile irréversible : elle n'est pas transformable en terre meuble par les agents météoriques.

Nous ne croyons pas utile de décrire les *terres grises* ou *noires*; les exemples ci-dessus nous paraissant suffisants.

Attirons toutefois l'attention sur UN CAS SPÉCIAL D'HORIZON SOUS HUMUS ACIDE.

Dans les régions où il pleut (même par intermittence), l'humus est acide quand il est abondant. Il lessive alors l'horizon situé sous lui, en le dépouillant des bases et des sesquioxydes. Cet horizon éluvial (lessivé), pauvre et sans fer, est dit « podzolisé ».

On peut en trouver partout où l'humus acquiert une certaine acidité en milieu non aride. Dans les régions chaudes, on ne trouve pourtant pas de *vrais* « podzols ».

Des horizons noirs d'illuviation, avec précipitation de l'humus, sont fréquents chez nous à une certaine profondeur dans de telles conditions; c'est le cas des tufs humiques en Campine.

Quelques remarques pour finir. — Il nous reste à montrer que l'analyse chimique des échantillons prélevés dans les profils tropicaux étudiés peut aider à les définir et à trouver leur place dans l'une ou l'autre classification. Quelques exemples y suffiront.

Les limons rouges se reconnaissent à leur richesse relative en silice et en argile; l'allite à sa pauvreté en silice et à sa richesse en sesquioxydes hydratés (fer, alumine) libres.

La podzolisation se marquerait par la pauvreté en chaux, potasse et soude, l'absence de sesquioxydes; dans les couches susjacentes, d'autre part, on constaterait une réaction fort acide.

Quant aux concrétions, l'analyse chimique en donne aisément la composition.

Dans une matière aussi complexe, l'analyse apportera donc un appoint utile aux autres observations indispensables: topographiques, géologiques, minéralogiques et botaniques, complétées par les enseignements de la climatologie.

Méthodes d'analyses utilisées

PAR A. HACQUART,

Assistant libre à la Station de Physique et de Chimie agricole de Gembloux.

La Mission écologique SCAËTTA a prélevé au Kivu des échantillons de sols types, dont l'analyse pédologique a été entreprise au Laboratoire de Physique et de Chimie agricole de l'État à Gembloux, sous la direction de M. Meurice, Directeur de la Station. Les recherches à effectuer avaient pour but la détermination, par des méthodes analytiques appropriées, de l'état de désagrégation et d'altération ou, en d'autres mots, du degré d'évolution des différents groupes de sols tels que les avait identifiés la Mission Scaëtta.

De pareilles recherches n'ont jamais été faites sur des sols congolais et la littérature étrangère ne renferme aucun travail analytique du genre.

Le temps dont il a pu être disposé n'a permis de procéder qu'à certaines déterminations; aussi les résultats ne sont-ils que fragmentaires.

Les sols prélevés provenant de régions tropicales ou tout au moins de régions à climat susceptible d'avoir provoqué une altération allitique des roches, il était tout indiqué d'essayer de caractériser dans ces sols les témoins probants de pareille altération.

Comme on le sait, ce sont les proportions de SiO_2 libre et des éléments latéritiques (Fe et Al à l'état d'oxydes) qui permettent d'apprécier le degré de l'altération allitique ou encore l'état de latéritisation. Ces proportions, déterminées pour chaque horizon des profils, doivent permettre, après discussion des mouvements des divers éléments propres à chaque profil, d'apprécier l'état actuel d'évolution du sol. Joignant à cela une idée du degré de désagrégation physique, un aperçu de l'humus et du degré d'acidité et une évaluation de la fertilité du

complexe absorbant, il a semblé qu'il serait possible de se faire une opinion générale de l'état des sols présentés et de l'influence qu'a exercée sur eux l'ensemble des facteurs extérieurs divers.

Détermination du fer à l'état d'oxyde. — Le dosage du Fe total, effectué par la méthode titrimétrique, présente une insuffisance grave par suite de la présence de Fe combiné, qu'il importe d'éliminer du résultat pour dégager clairement la teneur des sols en Fe à l'état d'oxyde hydraté : élément latéritique. Il est à noter que Lacroix semble ne pas tenir compte de ce Fe combiné; il considérerait donc comme oxyde plus ou moins hydraté exclusivement le Fe soluble dans HCl. La méthode suivante, de Demolon, a été utilisée pour déterminer cet oxyde de Fe :

Deux grammes de terre fine sont mis en contact pendant quarante-huit heures avec 100 c. d'une solution aqueuse d'acide oxalique à 2 %. Si la terre renfermait plus de 0,40 % de carbonates terreux, on y ajouterait une quantité correspondante d'acide oxalique pulvérisé, plutôt que de décalcifier à l'aide de HCl, qui dissoudrait du Fe combiné. Après contact précité, on ajoute 10 c. de citrate ammoniacal, agite et laisse déposer un quart d'heure. On porte au trait, filtre et prélève la moitié du volume. On peroxyde par quelques gouttes de H^2O^2 et porte à l'ébullition pour en chasser l'excès. On ajoute ensuite une solution de KOH à 20 % et chauffe jusqu'à élimination totale de NH^3 et précipitation totale du Fe à l'état floconneux.

On dose le Fe volumétriquement, à froid, par la méthode de Landolt, basée sur le principe de la réduction des sels ferriques à l'état ferreux par $Na^2S^2O^3$, suivant la formule $2Na^2S^2O^3 + 2FeCl^3 = Na^2S^4O^6 + 2FeCl^2 + 2NaCl$, en utilisant le salicylate de soude comme indicateur et le $CuSO^1$ comme catalyseur de la réduction. Le résultat est exprimé en Fe^2O^3 .

Il faut faire remarquer que cette méthode appliquée à la lettre n'a pas paru suffisante dans le cas de certaines terres fortement colorées en rouge, comme le n° 216, par exemple (qui est peut-être spécial), mais où le Fe semble imparfaitement dissous et au sujet duquel des réserves sont nécessaires.

Le dosage simultané de la silice et de l'alumine a été effectué suivant la méthode également exposée par Demolon et préconisée par Gedroiz comme méthode indirecte d'appréciation du complexe. Elle se présente comme suit :

On fait bouillir lentement pendant une demi-heure 5 grammes de terre fine avec 500 c. d'une solution faible de Na OH (Gedroiz emploie KOH et une technique \pm équivalente). On filtre. La solution s'étant chargée de matière humique, on élimine celle-ci par une nouvelle filtration après précipitation par HNO^3 .

Le liquide filtré est évaporé à sec et le résidu est chauffé dans une capsule jusqu'à fusion, ce qui détermine une combustion complète de la matière organique. La masse saline est dissoute dans le moins d'eau possible, resaturée d' HNO^3 et additionnée de 1 gr. de NaNO^3 pur. On évapore à sec au bain de sable et on y laisse la capsule pendant deux heures pour bien fritter la silice. On redissout dans un peu d'eau et ajoute NH^3 pour précipiter l'alumine. Le tout est de nouveau évaporé et séché pour rendre l'alumine pulvérulente. On reprend par de l'eau et passe le tout sur un filtre qui retient la silice et l'alumine, puis on lave. L'alumine est alors dissoute par HNO^3 chaud, la silice restant sur le filtre. Celle-ci, représentant la silice amorphe, est lavée et calcinée. La pesée donne SiO^2 .

La dissolution nitrique de l'alumine est traitée par un grand excès de AmNO^3 , puis NH^3 . On chauffe sous ébullition pour éliminer NH^3 et laisse déposer (le liquide doit rester alcalin). On lave par décantation avec de l'eau contenant un peu de AmNO^3 et NH^3 , puis avec de l'eau pure et enfin on filtre. On sèche et incinère. La pesée donne Al^2O^3 .

Pour interpréter ces deux résultats : silice et alumine, on adopte le calcul suivant :

Considérant que la silice et l'alumine proviennent de la désagrégation d'un kaolin, on connaît leurs proportions respectives dans ce kaolin, répondant à la formule : $2\text{SiO}^2\text{Al}^2\text{O}^3$.

Si dans un profil étudié, la teneur en alumine par rapport à celle de la silice est généralement supérieure à celle que possède le kaolin précité, on doit conclure à la présence d'alumine libre en excès.

De l'alumine en excès dénote une altération allitique; d'autre part,

un excès de silice obtenu par calcul inverse impliquerait plutôt une altération siallitique non dépassée tout au moins. Ces deux données ne peuvent d'ailleurs servir à une interprétation exacte qu'en parallèle avec l'analyse de la roche mère et les résultats de l'attaque par les acides divers de l'échantillon même. En effet, ces chiffres Fe et Al sont des résultats relatifs; ils ne permettent pas de confronter les profils entre eux; aussi est-il indispensable d'établir les teneurs totales de Fe et Al solubles pour pouvoir y rapporter les résultats Fe et Al oxydes et obtenir ainsi des rapports spécifiant le pourcentage vrai d'éléments latéritiques.

Ces déterminations n'ont été réalisées que sur quelques échantillons seulement, les analyses Simon comportant partiellement ces résultats.

Le résidu des attaques successives d'une prise d'essai d'un sol par HCl et H^2SO^4 représente le quartz et les feldspaths non attaqués. Ce résidu inattaquable ou inattaqué par les facteurs d'altération n'a donc pas influencé, dans le sol en place, les proportions des éléments d'altération. Une certaine proportion de ces derniers a évolué en éléments latéritiques et cette proportion est le facteur d'appréciation indispensable.

La méthode analytique appropriée est la méthode de Koenig que voici: on soumet la prise d'essai à l'action de HCl concentré bouillant, on filtre et lave. On détermine dans le filtrat le Fe et Al dont une partie représente les oxydes déjà déterminés. Le résidu est traité par Na^2CO^3 , pour éliminer la silice libre, et attaqué ensuite par H^2SO^4 concentré chaud. On filtre et l'on détermine de nouveau dans le filtrat le Fe et Al.

Le Fe oxyde et l'alumine libre peuvent être rapportés, soit au soluble dans HCl, soit à la somme de Fe ou Al soluble dans HCl et dans H^2SO^4 .

Il est bon d'attirer l'attention sur un facteur qui, tout au moins dans le cas de sols encore en voie de désagrégation (les latérites propres étant plutôt stabilisées), doit influencer les résultats analytiques. Il s'agit du moment de prélèvement de l'échantillon de terre par rapport à la répartition des pluies. Comme, en effet, tous les constituants d'un sol: solides, colloïdes et solutions, sont en équilibre permanent et

instantané, la composition d'un échantillon prélevé en surface après trois mois de saison sèche différera parfois notablement de celle qui lui serait trouvée, alors qu'il aurait été prélevé après une période de fortes pluies.

Détermination respective des éléments grossiers et fins (état de désagrégation physique). — Les roches et les minéraux qui sont à l'origine des sols subissent, à côté de l'altération chimique, une désagrégation physique qui a pour résultat de diviser de plus en plus la roche mère en éléments de toute grosseur allant jusqu'à l'état colloïdal. Tout profil normal présente de haut en bas un ou des états de division qui, tout en dépendant de la nature de la roche mère et d'une origine étrangère possible des horizons, traduisent l'influence du milieu et du temps.

Les méthodes de détermination du degré de division en usage sont loin d'être parfaites ou généralisées. Toutes doivent être appropriées aux sols étudiés.

Ainsi la détermination de l'argile (éléments fins), quoique faisant l'objet d'une méthode internationale, vient encore d'être reconnue imparfaite au dernier Congrès de l'Association Internationale de la Science du Sol, et ce pour le cas des sols classés, zonaux.

Tout d'abord, alors que NH^3 semblait être la base de dispersion idéale, elle a été reconnue inférieure à la soude ($0,004/\text{N}$), qui semblerait être préférée, notamment pour la dispersion des sols latéritiques, à l'oxalate de Na, officiellement employé par le Bureau des Sols des États-Unis.

Ensuite, la dispersion par une base est précédée par le traitement à HCl (repoussé par Gedroiz), qui dissout certainement le ciment alumineux des roches latéritiques et modifie, détruit ou entraîne les composants plus dégradés des sols tropicaux en général. Ce n'est évidemment pas logique.

Enfin, le traitement préalable par H^2O^2 n'est nécessaire qu'en présence d'un certain pourcentage de matières organiques. Mais à quel degré de décomposition?

Autant d'inconnues qui restent à résoudre, et ce pour chaque type de sol particulier.

Les éléments fins des sols étudiés ont été déterminés par la méthode de Schloesing : désaturation par HCl, élimination de HCl par l'eau distillée, traitement par NH^3 et décantation toutes les vingt-quatre heures jusqu'à liquide surnageant clair. Les liquides décantés sont floculés par KCl; le floculat est séché et pesé.

De fortes quantités de floculants ont dû être employées, ce qui dénote des sols fort dispersés, de désagrégation sur place. Le sédiment (ou éléments grossiers) a été séché, calciné et pesé.

Recherche de l'humus. — La recherche de l'humus a été essayée suivant deux méthodes. La première consiste à doser la matière organique suivant Knop. A cet effet les matières organiques sont oxydées par l'acide chromique en présence d' H^2SO^4 à chaud dans un ballon de Corleiss, après élimination éventuelle des carbonates minéraux. L'augmentation de poids des absorbeurs à potasse = CO_2 . Le CO^2 multiplié par 0,273 = Carbone, tandis que le facteur 0,471 donne directement l'humus, ou ce qui est considéré comme tel.

La seconde méthode, préférée et utilisée, a été celle de Rollow.

La prise d'essai, variable suivant la teneur en matières organiques, est mise dans un Erlenmeyer avec un peu d'eau, du KMnO^4 titré et de l'acide sulfurique. On porte au bain-marie pendant une heure, retire, ajoute une quantité fixe d'acide oxalique titrée; après quoi on réchauffe jusqu'à dissolution des oxydes et l'on titre l'excès d'acide oxalique par du KMnO^4 connu. Le nombre de c. de KMnO^4 nécessaire doit toujours être supérieur à 30. Ce nombre multiplié par 1,036 donne l'humus en milligrammes pour la prise d'essai.

La méthode au carbone total a l'inconvénient des chiffres bruts, et dans le cas de sols tourbeux, par exemple, les quantités d'humus trouvées de la sorte seront beaucoup trop grandes et dépassent parfois la perte au feu. Cela provient de ce que le facteur 1,742 employé pour passer de la teneur en carbone à celle en humus est calculé pour un humus idéal, vrai, contenant 58 % de carbone, alors que cette teneur peut varier de 42 à 72 %.

La méthode au KMnO_4 donne plutôt l'oxygène nécessaire à l'oxydation, l'état plus ou moins dégradé de l'humus l'influençant donc considérablement. Elle donne une idée du degré d'oxydabilité de la matière organique.

Quant au procédé Emerson (des analyses Simon), il indique la matière organique soluble dans les alcalis (acides humiques ou matière noire de Grandeau). Cette technique paraît satisfaisante pour le dosage de l'humus dans les sols minéraux ou les horizons bas d'un sondage, à condition de flocculer au préalable l'argile colloïdale entraînée.

MM. Meurice et Martens ont fait une étude spéciale et comparative de ces diverses méthodes. Ils ont prouvé qu'il fallait appliquer le coefficient 0,9 aux chiffres de Rollow pour obtenir les résultats en carbone total ou humus brut.

Ce coefficient n'a pas été appliqué et les résultats sont exprimés en chiffres Rollow. Cette expression a semblé plus réelle, puisqu'elle indique, sinon une réalité, tout au moins une probabilité, tandis que d'après la méthode Knop, l'arbitraire du facteur 1,74 ne signale qu'une possibilité.

On est donc en présence de l'humus certain (chiffres Emerson vrais), de l'humus possible (Knop) et de l'humus probable (Rollow). Pour situer ces résultats il faudrait déterminer, pour les sols du Kivu, le pouvoir d'absorption vis-à-vis des bases de leur humus, ce qui revient à contrôler son état colloïdal et le facteur 4,54 admis pour le calcul du complexe.

Cet humus, qui influence si considérablement l'allure de l'altération des roches et minéraux, confère à la solution du sol une certaine réaction ou pH. Ce pH, qui a été déterminé au potentiomètre, permet d'interpréter l'action de l'eau, connaissant les particularités du facteur « pluie » local.

Complexe absorbant. — Tout profil a son évolution propre. Il a aussi son complexe absorbant propre dont la fertilité ou richesse en bases est à retenir pour le traitement du sol.

La question du complexe n'a pas été approfondie. Elle dépasse le cadre d'une étude pédologique.

La détermination des bases adsorbées a été réalisée suivant la méthode de Gedroiz, généralement admise dans le cas de sols tempérés: On désature le sol de ses bases au moyen de HCl 0,05 N., jusqu'à cessation de réaction du Ca; on élimine l'acide à l'eau distillée et l'on dose d'après les méthodes ordinaires, dans les liquides recueillis, les bases Ca, Mg, K et Na. La somme de ces bases exprimée conventionnellement = S.

L'inconvénient de HCl comme désaturant a été cité lors de la discussion de la détermination des éléments fins. D'autre part, on sait que l'hydrolyse poussée des silicates provoque l'augmentation du soluble dans HCl. Cette désaturation est suivie d'un lavage à l'eau distillée dont le volume varie largement suivant la nature des sols, fait dont l'importance aurait dû pouvoir être déterminée. Enfin, la somme des bases déplacées est telle, pour certains sols réputés latéritiques notamment, que l'on ne peut que conclure à l'imperfection des méthodes basées sur l'emploi de HCl comme désaturant fort ou faible. En réalité, ces méthodes ont été mises au point pour des sols russes ou similaires, et Gedroiz affectionne, semble-t-il, autant la méthode indirecte d'appréciation du complexe consistant en une interprétation du dosage de la silice amorphe et de l'alumine libre. C'est ainsi que ce pédologue a même révélé la relation existant entre la quantité de SiO^2 et Al^2O^3 et la saturation du complexe: En cas de saturation du complexe par Na, par exemple, on extrairait du sol par la soude (ou potasse) une grande quantité de SiO^2 et peu de Al^2O^3 . D'autre part, la saturation par Ca et Mg ne permet qu'une faible extraction de ces deux éléments, tandis que la non-saturation entraîne une extraction de nouveau plus considérable.

Encore une fois, ces conclusions ne sont vraies que pour des argiles ou sols normaux, et il est certain que les méthodes d'investigation relatives au complexe des sols tropicaux sont loin d'être mises au point et encore moins généralisées.

	pH.	Sédiment.	Argille.	Humus.	Fe ₂ O ₃ (oxyde).	Al ₂ O ₃ libre.	SiO ₂ amorphe.	Kaolin.	Excès SiO ₂ .	Excès Al ₂ O ₃ .	Éléments déplacés par HCl 0,05 N.						S en CaO.	
											SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO.	MgO.	K ₂ O.		Na ₂ O.
<i>Lusuryu</i> N° 147	5.18	40. —	44.50	5.28	2.83	4.56	4.13	7.55	—	1.14	0.044	0.09	0.73	0.44	0.062	0.052	0.11	0.66
id. » 148	5.13	42.65	48.11	0.88	3.93	4.35	4.51	8.25	—	0.61	0.04	0.07	0.06	0.22	0.04	0.07	0.10	0.42
id. » 149	5.21	44.90	44.41	0.74	4.30	3.89	5.31	8.38	0.72	—	0.03	0.09	0.03	0.34	0.02	0.05	0.09	0.50
id. » 150	5.28	52.54	37.87	0.63	3.13	3.18	5.13	6.93	1.38	—	0.02	0.29	0.07	0.40	0.03	0.04	0.13	0.59
<i>Mbene</i> N° 155	5.22	66. —	13.46	6.32	2.31	5.55	3.34	6.11	—	0.78	0.03	0.12	0.31	0.34	0.08	0.04	—	—
id. » 156	5.10	52.10	45.08	1.55	1.93	3.45	3.82	6.99	—	0.28	0.04	0.15	0.18	0.15	0.03	0.04	0.08	0.28
id. » 157	5.07	65.55	21.80	2.43	2.27	3.86	3.56	6.51	—	0.57	0.03	0.12	0.17	0.53	0.06	0.03	0.10	0.73
id. » 158	5.20	70.75	17.34	1.40	1.59	3.64	4.91	7.95	0.61	—	0.02	0.10	0.07	0.30	0.03	0.04	0.12	0.49
id. » 159	5.52	72.56	15.20	1.41	1.11	3.61	4.41	7.88	0.14	—	0.02	0.15	0.01	0.25	0.04	0.04	0.13	0.46
<i>Karisimbi (sommel)</i> . N° 214	6.67	76.33	0.49	4.84	—	—	—	—	—	—	0.42	0.22	1.11	0.82	0.07	0.03	—	0.96
<i>Kanoko-Mulambi</i> . . . N° 216	4.83	42.09	51.80	0.63	2.06	3.36	3.49	6.40	—	0.46	—	—	—	0.47	0.04	0.04	0.09	0.64
<i>Kahuzi</i> N° 217	5.60	52.45	3.85	18.38	2.22	2.06	2.14	3.89	—	0.31	0.07	0.22	0.30	0.26	0.09	0.21	0.21	0.71
id. » 219	4.80	79.45	15.16	1.28	1.25	1.10	2.00	2.38	0.72	—	0.02	0.05	0.11	0.15	0.05	0.06	0.05	0.31
id. » 220	5.30	96.25	1.49	0.47	—	—	—	—	—	—	0.05	traces	0.11	0.14	0.03	0.08	0.06	0.30
id. » 221	5.40	93.70	4.40	0.40	—	—	—	—	—	—	0.07	id.	0.08	0.11	0.03	0.08	0.06	0.26
id. » 222	5.60	94.44	2.45	0.31	—	—	—	—	—	—	0.08	id.	0.06	0.09	0.03	0.06	0.06	0.22
<i>Katole</i> N° 224	6.41	73.32	12.14	3.59	—	3.14	4.12	6.81	0.45	—	0.17	0.13	0.59	1.50	0.24	0.21	0.08	2.05
id. » 225	6.25	72.43	15.84	3.20	—	3.52	4.48	7.63	0.39	—	0.17	0.17	0.52	1.63	0.24	0.14	0.05	2.11
id. » 254	5.73	82.44	2.86	1.62	—	—	—	—	—	—	0.39	0.04	0.83	1.36	0.13	0.13	0.05	1.08
id. » 255	5.78	84.24	3.58	1.49	—	—	—	—	—	—	0.34	0.01	0.72	1.55	0.06	0.10	0.11	1.87
<i>Mulanda</i> N° 261	5.66	77.28	4.41	5.98	1.80	1.17	3.51	2.56	2.12	—	—	—	—	0.64	0.17	0.08	0.09	1.02
<i>Mulungu</i> N° 273	5.66	66.90	9.07	6.70	3.24	3.92	3.34	6.11	—	1.15	0.09	0.05	0.46	1.19	0.42	0.15	0.06	1.97

id.	» 274	6.01	40.70	28.40	3.32	3.59	4.76	3.18	5.81	—	2.03	0.07	0.65	0.24	1.11	0.23	0.13	0.05	1.58
id.	» 275	6.21	38.82	56.73	1.06	3.03	5.16	4.14	7.57	—	2.63	0.05	0.08	0.10	0.56	0.21	0.11	0.04	0.93
id.	» 276	6.45	33.10	63.45	0.84	2.70	5.08	3.58	6.55	—	2.11	0.03	0.10	0.18	0.24	0.06	0.07	—	0.42
id.	» 277	5.83	21.09	66.38	1.04	3.33	4.40	3.02	6.62	—	1.40	0.10	0.13	0.08	0.40	0.06	0.05	0.05	0.53
Tshibinda . . .	N° 278	6.02	19.94	78.10	0.97	3.21	4.36	3.40	6.18	—	1.58	0.05	0.24	0.01	0.38	0.06	0.07	0.04	0.56
id.	» 279	5.11	44.29	45.22	2.47	4.13	4.42	3.36	6.11	—	1.67	0.04	0.10	0.28	0.30	0.15	0.08	0.08	0.62
id.	» 280	5.06	45.63	49.18	2.37	3.82	4.50	3.56	6.47	—	1.59	0.06	0.30	0.07	0.28	0.08	0.13	0.11	0.57
id.	» 281	5.08	45.20	49.24	1.54	4.34	4.50	3.86	7.02	—	1.34	0.08	0.21	0.24	0.18	0.10	0.13	—	0.49
id.	» 282	5.66	67.51	28.60	0.92	3.49	4.82	4.08	7.42	—	1.48	0.05	0.26	0.08	0.31	0.15	0.07	0.04	0.61
Mulambi-Mubenghera N° 298		4.79	73.07	19.90	2.73	2.53	1.31	2.46	2.86	0.91	—	0.03	0.03	0.07	0.14	0.03	0.03	—	—
Kisumbi-Kagunga . . .	N° 299	4.65	72.39	12.69	4.74	2.57	1.56	2.52	3.41	0.67	—	0.03	0.06	0.25	0.16	0.09	0.04	—	—
Feudala	N° 338	5.30	30.51	62.12	2.70	3.70	4.68	3.93	7.19	—	1.60	0.05	0.21	0.12	0.34	0.14	—	—	—
id.	» 339	4.82	20.22	73.07	1.77	3.01	6.25	1.40	2.57	—	5.08	0.06	0.21	0.07	0.13	0.17	—	—	—
id.	» 340	4.65	21.93	72.77	1.24	3.51	5.42	2.55	4.76	—	3.20	0.03	0.21	0.04	0.15	0.14	—	—	—
id.	» 341	4.82	29.09	64.86	0.64	3.52	5.47	3.35	6.24	—	2.58	0.03	0.16	0.02	0.18	0.12	—	—	—
Rutaha	N° 360	5.40	67.05	5.76	12.23	2.29	6.53	3.59	6.50	—	3.61	traces	0.25	0.78	0.18	0.07	0.03	—	—
id.	» 361	4.73	48.03	48.24	4.35	2.66	6.92	3.79	6.94	—	3.76	0.11	0.19	0.42	0.10	0.08	0.01	—	—
Mubesa	N° 377	4.51	46.25	30.22	7.81	1.53	3.83	4.52	8.28	—	0.07	0.04	0.11	0.39	0.26	0.07	0.08	—	—
id.	» 378	5.85	39.05	48. —	2.37	1.74	4.07	4.81	8.80	—	0.07	0.02	0.03	0.17	0.12	0.06	0.04	—	—
Moganga	N° 379	4.94	40.30	46. —	1.03	2.05	4.53	3.52	6.44	—	2.61	0.03	0.06	0.05	0.22	0.06	0.02	—	—
Tshangoma	N° 382	4.86	88.59	4.37	15.60	2.66	2.80	3.58	6.07	0.31	—	0.05	0.05	1.64	0.49	0.09	0.11	0.11	0.80
id.	» 383	4.89	16.19	68.91	2.85	4.49	5.02	1.60	2.92	—	3.70	0.04	0.10	0.42	0.46	0.07	0.04	0.06	0.64
id.	» 384	5.03	19.61	64.80	1.08	4.13	5.16	2.72	4.97	—	2.91	0.03	0.14	—	—	0.11	0.06	0.08	—
id.	» 385	5.01	47.50	38.05	2.27	4.38	6.10	2.20	4.02	—	4.28	0.05	0.10	1.10	—	0.16	0.22	0.12	—
id.	» 386	4.90	24.02	72.31	1.34	3.89	5.80	2.90	5.30	—	3.40	0.01	0.02	0.03	—	0.19	0.07	—	—

CHAPITRE VII

ÉTUDE ANALYTIQUE DES PROFILS EXAMINÉS

PAR R. MEURICE

Introduction. — Plusieurs années après leur prélèvement, ont été remis à la Station de Physique et de Chimie agricole de Gembloux des échantillons de terres, en vue de l'étude des profils que M. Scaëtta estimait les plus intéressants dans la région parcourue par lui autour du Kivu.

Les prélèvements auraient dû être effectués de manière à en posséder un pour chaque horizon pédologique. Il n'en a pas été ainsi : les couches prélevées ont été à priori classées d'après leur profondeur, selon une simple progression arithmétique. Chaque zone horizontale, dont nous possédons un exemplaire, peut donc, ou bien comporter un mélange de plusieurs horizons réels, ou bien n'être qu'une fraction d'un horizon donné.

D'autre part, certaines zones horizontales manquent, soit que l'échantillon de sol ait été perdu en route, soit que le prélèvement ait été limité à la surface.

J'ajouterai que les renseignements de nature à mieux définir chaque profil n'ont pu m'être accordés que d'une manière plutôt parcimonieuse.

J'ai été mis sur le tard devant les matériaux du présent travail : les échantillons des profils se trouvaient à Gembloux, complets ou non, et de nombreuses analyses avaient même été effectuées, hors de mon contrôle, dans un laboratoire dont je n'avais pas encore la direction.

Un de mes anciens élèves, dont je ne saurais assez louer l'esprit judicieux et l'initiative, M. l'Ingénieur HACQUART, s'est alors efforcé de tirer le meilleur parti d'une situation difficile née d'un mauvais

départ et de circonstances contraires diverses. Il fallait en outre se hâter et par suite limiter son examen aux seuls profils les plus typiques.

Dans de telles conditions, en dépit d'un travail considérable, une part assez large restait à l'hypothèse. Aussi n'ai-je nullement la prétention de fournir en tout une interprétation indiscutable. Sans doute, on inspire mieux confiance aux adeptes d'une demi-science, en posant en dogmes tout ce que l'on croit avoir soustrait aux arcanes d'une nature souvent énigmatique: je ne pense pas devoir prendre une telle attitude, car la science expérimentale ignore le dogme dans ses conclusions: la nature laisse toujours subsister devant le chercheur plus d'un point d'interrogation.

Alors que les spécialistes connaissent si mal l'histoire du monde, où ils vivent pourtant, comment pourrait-on avoir l'ambition de découvrir dans tous ses détails l'histoire des couches de terre vieilles de plusieurs milliers d'années?

Aux difficultés provenant des causes signalées plus haut venaient s'en ajouter d'autres, techniques celles-ci :

Notre étude de profils est la première dans la région envisagée; de plus nous ne possédons aucune étude sérieuse analogue dans une région *voisine*, d'altitude et de climat identiques. Tout était donc à faire.

Il fallait, d'autre part, s'efforcer de trouver des méthodes analytiques suffisantes pour doser les sesquioxides libres à côté de ceux engagés dans les matériaux encore siallitiques, et pour estimer le degré de lessivage des couches quant aux bases des complexes absorbants. Nous nous en sommes tenus à des essais purement chimiques, sans avoir du reste la prétention de résoudre la question d'une manière absolue. Il ne nous fallait que des résultats autorisant des comparaisons.

Nous n'avons pas eu recours à l'analyse thermique, encore dans l'enfance, en ce qui concerne la question étudiée. Certes, l'emploi des rayons X, qui ont si bien permis de connaître les réseaux cristallins et la structure de la matière, nous aurait rendu des services; nous n'avons pas pu y avoir recours, l'installation nécessaire, très coûteuse, n'étant pas à notre disposition.

Le présent travail trouvera, je l'espère, sa justification dans la bonne volonté qui a animé ses auteurs; c'est une œuvre de « bonne foi », sans plus.

Considérations générales sur les profils étudiés : a) *Les profils hétérogènes.* — Certaines situations manifestent déjà à première vue une hétérogénéité très nette. Il s'agit dans ces cas de profils qui ont été remaniés, parfois même à plusieurs reprises.

Le cas le plus fréquent est celui d'un rajeunissement d'origine volcanique; les circonstances en ont varié: a) Des cendres éruptives ou des lapilli apportés par le vent se sont déposés sur un profil déjà formé; l'altération superficielle est alors assez peu importante, si du moins le rajeunissement est récent. b) Pendant l'évolution du profil, des phénomènes volcaniques en ont rajeuni l'ensemble à plusieurs reprises par mélange et bouleversement complet. Il n'y a donc pas ici d'horizon juvénile en surface. L'ensemble a évolué de concert. c) Des cendres ou des laves se sont interstratifiées dans un profil constitué de couches détritiques, colluviales, alluviales ou même glaciaires.

Dans d'autres cas, sur un profil en voie d'évolution, se sont déposées, soit des alluvions, soit des colluvions. Le fond est plus sénile que la surface.

Des alluvions exondées ont subi l'altération de l'air; des alluvions nouvelles les ont recouvertes, puis ont, à leur tour, émergé. Si la première exondation a été prolongée et la deuxième brève, le fond a un caractère plus sénile que la surface. Notons que des formations glaciaires sont parfois intercalées dans des alluvions. L'interprétation des profils hétérogènes est plutôt difficile et emprunte nécessairement une part d'hypothèse.

b) *Les profils d'apparence homogène.* — Ce sont ceux qui subsistent à la même place depuis un temps notable et n'ont été apparemment ni rajeunis, ni remaniés.

Ces profils peuvent, dans le cas qui nous occupe, être rapprochés de ceux que MOHR a décrits aux Indes néerlandaises, où l'altitude, la latitude et le caractère généralement volcanique des roches sont comparables aux conditions de la région étudiée.

Dans l'ensemble, la situation climatique est telle que le sol est lavé

(¹) MOHR, *De bodem der Tropen in het algemeen en die van Nederlandsch-Indië in het bijzonder.*

par des pluies abondantes à la saison humide, avec arrêt du phénomène à la saison sèche. A l'exemple de Mohr, je ne crois pas possible une ascension notable des eaux par capillarité dans les conditions envisagées. Ces conditions ont été notées par Mohr: N. r.

En ce qui concerne la température, nous rentrons dans les catégories de Mohr: He (climat très chaud) et Ma (chaud, mais plus modéré: température moyenne inférieure à 20° C.).

Tous les profils examinés se trouvent actuellement dans les conditions d'une altération en milieu aéré; c'est ce que Mohr note: Ae.

D'après cet auteur, dans un profil non remanié ni érodé on trouve les horizons suivants à partir de la surface:

Un horizon noté O, humifère, d'autant plus riche en humus que le climat permet mieux une végétation luxuriante, d'autant plus acide que la roche mère est siliceuse et le climat moins chaud.

Au-dessous de O existe un horizon à caractère éluvial renfermant encore de l'humus: c'est l'horizon oE.

Plus bas s'étend l'horizon éluvial E, non humifère, sous lequel existe: P la roche, dont le dessus est déjà en voie de décomposition; c'est le Zersatz des Allemands.

L'éluviation porte d'abord sur les bases. Plus tard elle s'exerce sur la silice et enfin sur le kaolin.

Là s'arrête le lessivage du sol si le pH n'atteint pas une acidité notable. Cette éventualité suppose la présence en surface d'une forte quantité de matière organique de décomposition lente. Quand le pH est assez bas, les sesquioxydes circulent: le fer et l'alumine sont alors emportés vers les couches sous-jacentes, mais la silice et le kaolin ne les suivent pas et restent à la partie supérieure du profil.

La silice, entraînée la première, subit l'illuviation au contact du niveau P. Il s'y forme ainsi une zone peu perméable notée I, indice 1.

Le kaolin, qui suit, se dépose moins bas, formant un horizon illuvial I, indice 2.

Sur la zone I, 1 imperméable se forme une nappe aquifère; l'eau y incluse fait remonter les oxydes de fer et d'alumine jusqu'à son niveau hydrostatique; d'où naissance d'un nouvel horizon illuvial I indice 3 comprenant le fer à sa partie supérieure, l'alumine en bas.

Quand le profil est très ancien, tout l'horizon E finit par être rempli

par les illuvia I, 2 et I, 3. Nous n'avons pas été mis en présence de profils aussi séniles.

D'après Mohr, il arrive que l'horizon I, 1 laisse passer l'eau pour une raison quelconque; dès lors il se forme plus bas des horizons I', 2 et I', 3. Ceux-ci sont plus jeunes que les précédents.

E constitue au début un éluvium jaune, si toutefois la roche mère contient du fer. Dans la suite les hydroxydes ferriques « vieillissent » et deviennent bruns, puis, enfin, rouges. Dans un profil en place, le rougissement progresse de haut en bas, tant que le fer ne circule pas. Le rougissement témoigne de la sénilité d'un profil; mais cela n'a pas de rapport avec l'âge absolu, la vitesse de vieillissement dépendant de circonstances diverses : sécheresse, température; cette durée semble beaucoup plus longue dans les régions moins chaudes. La teinte brune prédomine chez les sols d'altitude. Les sesquioxydes ne circulent que si le milieu est assez acide; ce phénomène est donc plus intense sur les roches acides et là où il se fait de l'humus non saturé. C'est en climat plus modéré, si la végétation est abondante, qu'il se fait le mieux de l'humus acide.

On a observé aux Indes néerlandaises qu'au delà d'une certaine altitude (1,500 et même 1,000 m.) les horizons des profils renferment du *pseudo-sable*. Ce sont de petits agrégats dont le ciment contient de la silice et des oxydes de fer et d'aluminium. Ils sont assez durs pour ne pas se désagréger sous l'action des agents naturels.

Presque tous les profils que nous avons dû étudier présentent du pseudo-sable. Il n'y a d'exception que pour les alluvions assez récentes, ce qui s'explique facilement; pour des dépôts de pentes ayant subi une trituration énergique et pour certaines situations où la floculation des colloïdes a été à certains moments très accentuée.

La partie supérieure de la roche (le *Zersatz*) ne renferme pas d'ordinaire de pseudo-sable.

Dans les profils rajeunis par des apports volcaniques, l'apport superficiel de matières riches en bases n'a guère eu d'autre résultat que d'augmenter la fertilité, de relever le pH et de diminuer la teneur en humus en accentuant la décomposition des matières organiques. Nous n'avons pas été en présence d'horizons marquant un lessivage très important dû à des ions OH en excès.

Nous n'avons pas non plus d'échantillons de régions à cuirasses latéritiques. D'après Mohr, ces cuirasses sont souvent les niveaux I, 3 mis à nu par l'érosion. Selon cet auteur, ce n'est que dans le cas où E est très mince que de telles formations se produisent par ascension capillaire des eaux. Mohr met d'ailleurs ce dernier processus en doute pour les Indes néerlandaises. Nous n'avons pas eu l'occasion d'envisager cette question.

SOLS VRAISEMBLABLEMENT AUTOCHTONES.

A. — *Profils complets.*

TSHIANGOMA. — Zone de foehn; altitude 2,125 mètres. Température moyenne : 15°.

Numéro.	Couleur.	Aspect.	Pseudo-sable.	Finesse tamis $\frac{1}{16}$.	pH.	Argile.	Humus.	Bases déplacées en CaO.	Oxyde Fer.	Alumine.	Kaolin.	Silice.	Excès siliceux.	Excès des sesquioxides.	R. Fe.	R. Al.
382	brun foncé	poussiéreux	+	52 %	4,86	4,4	15,6	0,8	2,66	2,8	6	3,6	0,3	0	7,8	13
383	brun-rouge	—	+	91 %	4,9	68,9	2,85	0,64	4,5	5	2,9	1,6	—	3,7	10,8	19,8
384	brun	très poussiéreux		93 %	5	64,8	1	—	4,13	5,16	5	2,72	—	2,9	9,4	18,2
385	brun-rouge	—		75 %	5	38	2,3	—	4,4	6,1	4	2,2	—	4,3	9,7	22,8
386	brun chocolat	humide et glissant		94 %	4,9	72,31	1,31	—	3,9	5,8	5,3	5,8	—	3,4	8,7	20,4

Les échantillons proviennent de l'altitude 2,125 mètres, à une température moyenne de 16° C. La roche profonde est le micaschiste de la Ruzizi. Le sol porte des prairies. Une particularité est à signaler ici : on se trouve dans une zone de foehn, ce qui provoque par moments une forte dessiccation superficielle.

Le profil semble très ancien, car il montre deux zones superposées d'illuviation siliceuse et kaolinique (384 et 386) (1).

Le sol (n° 382) est brun foncé, très riche en humus (plus de 15 %), très acide (pH = 4,8). Cette acidité, en même temps que les conditions sèches périodiques dues au foehn, est défavorable à une bonne humification; cela explique la forte prédominance de l'humus. Le sol est aussi très poussiéreux; c'est assez général, avons-nous constaté, chez les terres exposées au foehn.

(1) Voir p. 198, ligne 3.

Le pseudo-sable est présent, comme l'altitude le fait prévoir. En profondeur, dans les couches éloignées des actions climatiques de surface, il ne s'est pas formé. Les bases déplacées sont moyennes; cependant la stérilité de cette situation semble en désaccord avec cette richesse relative: c'est que le milieu est trop acide et que dans ces conditions les éléments de fertilité sont éminemment retenus par l'humus.

La teinte est généralement brune vers le haut, rouge vers le bas: seul le fond du profil montre un vieillissement accentué; ailleurs ce phénomène a été retardé ou du moins masqué par l'humus.

L'éluviation la plus ancienne a porté sur la silice; celle-ci a subi une première fois l'illuviation en 384; le kaolin a suivi et s'est aussi déposé en 384. Dans la suite, la couche illuviale, peut-être à cause de la dessiccation due au foehn, s'est fissurée, et une deuxième illuviation a eu lieu en 386 pour le kaolin, plus bas encore pour la silice.

L'acidité a permis aussi une certaine circulation des sesquioxydes; l'éluviation superficielle est marquée par un minimum de teneurs (2,66 pour l'oxyde de fer, 2,8 pour celui d'alumine). L'illuviation première (la plus ancienne) a eu lieu en 383, la deuxième, plus récente, en 385.

La zone 386, brun chocolat, comporte une terre humide et glissante; comme on l'a vu plus haut, c'est là un endroit d'illuviation kaolinique, où le kaolin est peut-être mêlé de silice gélatineuse. Cet apport explique les propriétés physiques spéciales de cette situation.

KATALE, à 1,500 mètres d'altitude. Température: 18°,7.

Numéro.	Couleur.	Aspect.	Tamis de $\frac{1}{8}$.	Pseudo-sable.	pH.	Éléments fins.	Humus.	Bases déplacées en CaO.	Alumine.	Silice.	kaolin.	Excès siliceux.
218	—	—	cet horizon a été perdu				—	—	—	—	—	—
224	brun foncé	poussièreux, olivine, augite	48 %	+	6,4	12,14	3,6	2,05	3,14	4,12	6,8	0,45
225	brun sale	olivine, augite	78 %	+	6,25	15,8	3,2	2,11	3,52	4,5	7,63	0,4
254	brun pâle	grumeux durs	79 %	+	5,7	2,9	1,6	1,7	non déterminés pour 254 et 255.			
255	gris-brun	olivine, augite	83 %	abs	5,8	3,6	1,5	1,9				

Les échantillons prélevés à Katale nous offrent un exemple de profil dont le vieillissement a été longtemps retardé par la forêt. Il s'agit d'une formation probablement en place sur les laves du Mikeno. Que celles-ci aient été remaniées primitivement de façons diverses, c'est probable, mais ces remaniements ne paraissent avoir laissé aucune trace sur les horizons que l'on voit actuellement. La couche superficielle (que nous n'avons pu analyser, faute d'exemplaire) est brune, tachée de grisâtre par l'humus. Les minéraux ferrugineux y ont été déjà altérés; il reste du quartz et des feldspaths. Le pseudo-sable est normalement présent.

L'olivine et l'augite existent encore, par contre, dans les couches 224 et plus basses. L'altération du fer va en diminuant vers le bas : la teinte du sol passe à partir du haut du brun foncé au brun clair, puis au brun grisâtre; cette dernière nuance grise vient des minéraux ferreux non encore altérés.

L'aspect de plus en plus juvénile vers le fond se marque aussi par les éléments fins, plus rares en 254 et 255, ainsi que la teneur décroissante en bases échangeables.

En ce qui concerne le pH, il va en augmentant du haut en bas. Quand la forêt était encore en place, le sol superficiel était plus acide: il doit y avoir eu lavage des parties fines et des sesquioxydes; il en reste un témoin illuvial en 225.

L'humus est encore assez abondant sous le sol en 224 et même en 225; l'horizon oE de Mohr est ici très épais.

La teneur en silice amorphe et en kaolin indique un léger lessivage de ces corps en surface.

Le fond du profil est encore très peu altéré; on n'y trouve pas de pseudo-sable; on pourrait en conclure que ce niveau n'a jamais été superficiel. Dans l'ensemble, la silice est en excès sur les bases et la nature du milieu est à dominante siallitique.

Ajoutons que la terre y est profonde et riche; ceci n'étonnera pas si l'on se souvient que la roche mère est volcanique et basique.

PROFIL DE TSHIBINDA, à 2,200 mètres d'altitude. Température moyenne : 16°.

Numéros.	Couleur.	Observations.	Pseudo-sable.	Finesse tamis $\frac{1}{8}$.	pH.	Éléments fins.	Humus.	Bases déplacées en Ca O.	Oxyde de Fer.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kaolin.	Excès siliceux.	Excès d'Al.	R. Fe.	R. Al.
278	brun foncé	gros grumeaux	+	76 %	6	78,1	1	0,56	3,2	4,36	3,4	6,2	—	1,6	—	—
279	brun-rouge	grumeleux	+	71 %	5,41	45,22	2,5	0,62	4,13	4,42	3,36	6,41	—	1,7	10,6	19,7
279	brun-jaune	id.	+	64 %	5	49,2	2,37	0,57	3,8	4,5	3,56	6,5	—	1,6	9	18,3
281	brun-jaune	id.	+	80 %	5,08	49,24	1,54	0,5	4,3	4,5	3,86	7	—	1,34	10,6	19,1
282	id.	moins grumeleux. friable	abs	60 %	5,66	28,6	0,92	0,61	3,5	4,82	4	7,4	—	1,5	—	—

Ces échantillons ont été prélevés en lisière de la forêt sur défrichement; il s'agit d'un profil d'altitude (2,200 m.); la température moyenne correspond à celle d'un climat tempéré d'altitude (15°,4); la désagrégation minérale y est assez poussée, sans toutefois aboutir à un vieillissement accentué des oxydes de fer. Le haut du profil montre une teinte rouge commençante.

La couche superficielle renferme des pyroxènes, indice d'une origine volcanique. Celle-ci doit être assez ancienne, car l'olivine, relativement altérable, a disparu. D'autre part, le pseudo-sable, caractéristique des sols d'altitude, a eu le temps de se former.

C'est en somme un profil en place sur roche éruptive, sauf en ce qui concerne le fond. La présence d'allite est générale sur toute la hauteur du profil. Les sesquioxydes n'ont pas encore circulé pour se concentrer notablement dans l'un ou l'autre horizon. La couche superficielle est déjà appauvrie en matières organiques, conséquence du déboisement; la teneur en argile agrologique de cette zone est hors de proportion avec celle des couches sous-jacentes : cela résulte sans doute d'une décomposition plus active en surface.

Les débris organiques qu'on y décèle proviennent de la forêt. Le pseudo-sable est résistant, conséquence de l'action maxima du climat en surface. Le pseudo-sable est moins dur à mesure que l'on descend;

les sesquioxides y marquent une teinte de plus en plus jaune, plus juvénile.

Le pH se relève déjà par disparition de l'humus forestier; il est plus élevé que dans le bas du profil.

Les n^{os} 279 et 280 sont encore assez riches en humus provenant de la forêt récemment supprimée; le pH plus élevé de la couche 282 date du temps où la forêt existait; la couverture morte n'avait pas eu beaucoup d'influence à cette profondeur. 281 et 280 sont un peu plus riches en éléments fins, apportés sans doute là à l'époque où la litière forestière était encore assez acide. Comme dans les profils de Mohr, on constate une illuviation kaolinique en 281 et 282.

La couche 282 est un peu plus riche en silice amorphe; l'illuviation silicilique s'est normalement produite plus bas, au moins pour sa portion la plus importante. La teneur en humus se maintient assez forte sur toute la hauteur du profil. C'est assez compréhensible si l'on se souvient qu'une forêt s'est trouvée là autrefois. Suite au déboisement, on peut constater que les bases commencent à être emportées par les eaux; la teneur en bases échangeables, en effet, est plus basse en 278 qu'en 279 et 280.

MUBEZA, à 1,250 mètres. Température moyenne: 21°,3.

On est en présence de deux couches seulement : la supérieure n^o 377 est brun-châtain, en grumeaux; elle renferme peu de quartz, à côté de pseudo-sable. 53 % de la terre telle quelle passe au tamis de 1/5 mm. L'inférieure est brun rougeâtre; elle présente des grumeaux et du pseudo-sable, tout en possédant une apparence argileuse. 95 % passent au tamis de 1/5 mm.

N ^o	pH	Argile	Humus	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kao- lin	Excès alu- mineux	R. Fe	R. Al.
377	4,5	30,22	7,8	0,26	1,53	3,83	4,52	8,28	0,07	8,7	15,7
378	5,85	48,—	2,37	0,12	1,74	4,07	4,81	8,8	0,07	—	—

La station de ce prélèvement est à 1,250 mètres d'altitude, sous une température moyenne annuelle de 21°,3. Le sous-sol géologique est formé de micaschistes. Le terrain est occupé par des essences forestières et la prairie.

Les deux niveaux prélevés sont plutôt allitiques; les bases déplaçables sont peu abondantes (0,26-0,12).

Le sol est humifère (7,8 %) et acide. Cette acidité forte (pH=4,5) autorise l'enlèvement des sesquioxydes : le sous-sol est enrichi en oxyde de fer (un peu), en alumine davantage, ainsi qu'en parties fines (48 % contre 30 en haut).

Le sous-sol constitue donc un horizon illuvial où un peu d'humus, du reste, s'est précipité, grâce à une acidité moindre: pH=5,8.

Dans l'ensemble le fer est peu abondant, sans doute à cause de la roche originelle qui est acide et peu ferrugineuse.

La faiblesse des bases déplaçables peut s'expliquer par la forte acidité du sol. Comme l'altitude le fait prévoir, le pseudo-sable est présent dans les deux niveaux. Le profil paraît être resté en place.

RUTAHA, à 1,950 mètres d'altitude. Température moyenne : 18°. Zone de foehn.

Plateau central Sud du Kivu. Plantation de caféiers. La couche 360 est brune avec débris végétaux. Elle est très poussiéreuse. On y trouve du quartz et du pseudo-sable noir et rouge Elle laisse passer 61 % au tamis de 1/5 de mm. La couche 361 est brun rougeâtre, finement sableuse; elle renferme du pseudo-sable. Au tamis de 1/5 elle donne 82 %.

N°	pH	Argile	Humus	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kao- lin	Excès silic.	Excès alum.	R. Fe	R. Al.
360	5,4	5,76	12,23	0,18	2,3	6,52	3,6	6,5	00	3,61	22,6	21,9
361	4,73	48,24	4,35	0,1	2,66	6,92	3,8	6,94	00	3,76	29,—	21,6

Les prélèvements ont été effectués sur un plateau situé au Sud du Kivu. La température du lieu est de 18°. Son altitude est de 1,950 mètres. Au point de vue climatique on se trouve dans une région de Foehn.

Nous avons signalé déjà que la zone de foehn avec son extrême dessiccation intermittente rend souvent la terre poussiéreuse.

Les deux niveaux que nous possédons sont *nettement allitiques*. Il s'agit presque de terre latéritique. La teneur en bases échangeables est très faible et, en effet, c'est une situation stérile.

L'humus est abondant en surface (12 %). Le sous-sol en renferme encore beaucoup (4 %). Il y a du pseudo-sable dans les deux couches : dans la supérieure il est noir et rouge; cette dernière teinte décèle un vieillissement accentué. Le profil dans son ensemble est vraisemblable-

ment rouge; la couleur brune de la surface est due à de l'humus qui salit la teinte primitive.

Le pH en surface n'est pas trop acide, malgré l'abondance des matières organiques. Par contre, le sous-sol est fort acide (4,7); il se peut que l'humus acide ait émigré de 360 vers 361, la portion restante étant moins acide. Cette hypothèse est appuyée par un léger enrichissement portant sur le fer et l'alumine en 361, l'illuviation des éléments fins et du fer étant concomitante, comme il est fréquent de l'observer.

Quant aux phénomènes d'illuviation profonde, ils nous sont inconnus, faute d'échantillons.

C. — Sols seuls prélevés.

Piste de KANOKO à MULAMBI (Ruanda), à 1,715 mètres. Température : 18°.

Le sol seul a été prélevé. La couleur est rouge brique. Il y a des grumeaux de pseudo-sable, mais la terre possède une certaine onctuosité.

N°	pH	Argile	Humus	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kac- lin	Excès alu- mineux	R.Fe	R.Al.
216	4,83	51,8	0,63	0,47	2	3,36	3,5	6,4	0,46	16,7	14,6

Le sol seul a été prélevé ici. L'altitude est de 1,715 mètres. La température moyenne du lieu est de 18°,6.

Le fond géologique est constitué par les gneiss et les micaschistes de la Ruzizi. Les feux de brousse sont fréquents en cet endroit.

Le sol est rouge brique, indice d'un vieillissement relatif assez fort auquel les feux de brousse ne doivent pas être étrangers. L'humus est peu abondant, malgré un pH acide de 4,8.

La situation est à dominante allitique, car l'excès aluminique est de 0,5 environ. On trouve d'ailleurs une certaine quantité d'alumine libre: 3,4 %. Il y a du pseudo-sable, comme le fait prévoir l'altitude élevée. La couleur du pseudo-sable est rouge, signature d'un *âge relativement sénile*. Il est probable que de l'humus a été lessivé, entraînant des sesquioxydes et des éléments fins. Toutefois, comme nous ne possédons pas les horizons inférieurs, il n'est pas possible de vérifier ce fait par constatation d'une illuviation plus profonde. Les bases échangeables sont moyennes, ce qui indique que le lessivage est loin d'être terminé.

MALAMBO, à 2,400 mètres. Température moyenne: 14°,4.

On n'a prélevé que la surface. Couleur ocre. Aspect argileux. Présence de quartz et de pseudo-sable. Il y a une certaine onctuosité. Il passe au tamis de 1/5, 90 % de matière argileuse.

N°	pH	Argile	Humus	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kao- lin	Excès alu- mineux	R.Fe	R.Al.
298	4,8	19,9	2,73	0,14	2,53	1,31	2,46	2,86	0,91	38,8	15,8

Le sol a été prélevé le long de la *piste de Malambo à Rubenghera*. On se trouve ici à une altitude de 2,400 mètres et la température moyenne est de 14°,4. Le fond est constitué par les schistes foncés de l'Urundi. C'est une terre jaune ocre, d'aspect argileux, mais possédant pourtant du pseudo-sable, à cause de l'altitude.

Le caractère siallitique est accusé par l'existence d'un excès siliceux (calculé) de 1 environ.

Il y a de l'humus, mais assez peu. Cependant l'acidité est notable (pH = 4,8).

L'oxyde de fer libre est assez abondant, probablement à cause du matériel originel; nous avons noté que sa présence n'est pas un indice certain d'allitisation, l'allite vraie provenant normalement des feldspaths et autres silicates pauvres en fer. L'alumine libre est peu représentée (environ 1 %).

La couleur jaune décèle un *stade juvénile*, bien que l'âge absolu puisse être plus élevé que celui des terres nettement rouges d'altitude inférieures.

Il est regrettable qu'on ne possède pas les horizons inférieurs, faute de quoi il est impossible de constater une illuviation des sesquioxides; ceux-ci commencent probablement à circuler, vu le pH fort bas (4,8).

Malgré la présence de débris végétaux dans le sol, il ne contient que 2,7 % d'humus; il est probable que l'humus acide circule entraînant les éléments fins; d'où la teneur minime dans le sol.

Les bases aussi ont été lessivées et même fortement; il ne reste plus que 0,14 % de CaO déplaçable.

De KIRUMBI à KAGUNGA (Ruanda), à 2,200 mètres d'altitude. Température moyenne: 15°,6. Roche mère probable: micaschistes et gneiss de la Ruzizi.

Seul le sol a été prélevé. Il possède une couleur noirâtre et contient, comme beaucoup d'horizons de surface, des débris végétaux. Au moins 50 % de quartz restent sur le tamis de 1/5 mm.; passent 23 % de terre. Il y a du pseudo-sable noir.

N°	pH	Humus	Argile	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kao- lin	Excès alu- mineux	R. Fe	R. Al.
299	4,65	4,74	30,22	0,16	2,57	1,56	2,52	3,4	0,67	57	19

Ce sol provient d'une situation autochtone sur gneiss et micaschistes de la Ruzizi. La température moyenne est de 15°,6, l'altitude de 2,200 m.

Le sol est assez riche en humus (environ 5 %), doué d'une acidité forte (pH = 4,65). Les bases déplaçables sont très faibles, à cause du lessivage accentué dû à l'humus acide. Tout cela concorde avec l'acidité de la roche mère.

Le pH autorise aussi la circulation des sesquioxydes; ceux-ci enlevés, la siallite commence à devenir plus abondante dans le milieu (excès siliceux 0,67).

Ce terrain est en passe de devenir un limon. L'humus donne au terrain une couleur noire; le pseudo-sable lui-même est noir. L'absence d'échantillons provenant des horizons inférieurs ne nous permet pas une discussion plus poussée; l'illuviation éventuelle nous est inconnue.

MOGANGA, à 1,900 mètres. Température moyenne: 17°6.

Nous n'en possédons que la surface. La couleur est rouge brique, sans onctuosité (terre rouge typique), tandis que 216 est un peu onctueux, ce qui le range dans les limons rouges.

Il y a du quartz et du pseudo-sable rouge. 90 % passent au tamis de 1/5 de mm.

N°	pH	Argile	Humus	CaO dé- placée	Oxyde de Fer	Oxyde d'Al.	Silice amorphe	Kao- lin	Excès alu- mineux	R. Fe	R. Al.
379	4,94	46	1,03	0,22	2,05	4,53	3,52	6,44	2,61	19,4	23

L'altitude est ici de 1,900 mètres; il y règne une température moyenne de 17°,6. C'est une terre rouge à *tendance latéritique*. L'alliti-

sation forte se marque par un excès aluminique notable (2,6) et par l'absence totale d'onctuosité. Il n'y a que 1 % d'humus très acide (pH = 4,9).

Les horizons de Mohr O et oE sont minces, de sorte que l'échantillon de sol empiète sur la zone E d'éluviation.

La teinte rouge indique un *vieillessement relatif considérable*; les raisons en sont : une température d'environ 18° et l'âge absolu. On est en présence d'une terre ancienne, autochtone.

Le pseudo-sable est présent, rouge, comme le fait prévoir l'ancienneté de la formation. L'absence des horizons inférieurs ne nous permet pas de savoir si le fer et l'alumine ont circulé. Les bases ont subi un certain lavage; il ne reste que 0,22 de CaO déplaçable.

SOLS RAJEUNIS EN SURFACE.

KAHUZI, à 2,740 mètres. Température moyenne : 12°,3. Sur porphyre. Bambous.

Numéro.	Couleur.	Observations.	Pseudo-sable.	Tamisé de 1/5 mm.	pH.	Éléments fins.	Humus.	Bases déplacées en CaO.	Oxyde de Fer.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès siliceux.	Excès alumineux.	
217	noire	grumcaux noirs	+	12 %	5,6	3,85	18,4	0,7	2,22	2	2,14	3,9	0	0,31	
219 ⁽¹⁾	jaune sale	quelques grum. onctueux	0	64 %	4,8	15,16	1,3	0,3	1,25	1,1	2	2,4	0,72		
220	gris cendré	fragments de roche	0	35 %	5,3	1,5	0,5	0,3	} roche fraîchement altérée (Zersatz).						
221	gris	—	0	47 %	5,3	4,4	0,4	0,26							
222	gris pâle	fragments de porphyre	0	54 %	5,6	2,45	0,3	0,22							

On se trouve ici en présence d'une formation de vieillissement lent, à cause de la forte altitude (2,740 m.) et de la température plus basse (12°,3). Le substratum est un pic péleén formé de porphyre quartzifère.

Le profil passe en profondeur progressivement à la roche mère. La surface constitue un horizon O particulièrement riche en humus:

(¹) Le n° 219 se trouve immédiatement sous 217.

plus de 18 %. L'étage à Bambous qui caractérise cet endroit donne lieu à la production d'une sorte de tourbe sèche.

La portion de la roche en voie d'altération ne renferme pas encore de pseudo-sable, comme on le constate souvent. L'horizon O, par contre, en contient. Ce pseudo-sable est noir; l'excès aluminique (0,31) est faible, mais indique quand même la présence d'allite. Celle-ci ne peut donner que du pseudo-sable brun ou rouge. On est donc forcé d'admettre que l'humus intervient dans le cas présent comme ciment du pseudo-sable. Il s'agit d'une sorte d'humus acide, celle-là même peut-être qui dans nos régions donne des tufs parfois très durs, surtout quand le fer y intervient aussi. L'humus, dans les conditions du Kahuzi, se rapproche déjà de celui des régions tempérées; il se décompose lentement et peut être vraisemblablement appelé une tourbe. Il doit pourtant présenter un certain degré de floculation, car les bases déplacées sont de 0,7 (en CaO). L'allitisation ne fait que commencer en surface et le reste est à dominante siallitique. Cette prédominance superficielle de l'allite s'explique, parce que le kaolin et la silice ont commencé leur mouvement vers le bas, ce qui concentre les sesquioxydes en O.

Le pH de la surface est plus élevé que celui de 219, qui est l'horizon oE; normalement il devrait être plus bas; cela me porte à croire qu'un certain rajeunissement volcanique éolien a eu lieu; cette hypothèse est appuyée par sa richesse relative en bases échangeables. Les éléments fins, plus abondants en 219, concordent avec la supposition d'un pH autrefois plus bas en O, ce qui a permis leur migration.

Le bas du profil est gris, peu altéré et plus riche en cailloux. En 222 on trouve des fragments de porphyre, où seul le feldspath montre un commencement de décomposition. Les niveaux intermédiaires 221, 220 contiennent aussi des cailloux, mais ceux-ci sont déjà plus altérés.

Il n'est pas possible d'interpréter sûrement les horizons pédologiques du profil, dont l'évolution est lente. L'âge relatif de la formation est *très juvénile*; le sol peut être ancien, mais il n'a été l'objet que d'actions ralenties.

Tandis que l'horizon O est à pseudo-sable, la couche sous-jacente oE, par son onctuosité, montre son caractère plus siallitique.

KAHUNDU, à 1,925 mètres. Température moyenne: 15°,9.

Numéros.	Couleur.	Observations.	Tamis de 1/8.	Humus.	Quartz feldspaths.	Alumine libre.	Silice amorphe.	Kaolin.	Pseudo-sable.	Excès siliceux.	Excès d'Al.	Oxyde de Fer.	Argile vraie	R. Fe.	R. Al.	Par. Al.
109	noir-gris	50 % de laves éoliennes	30 %	1,47	—	3,2	6	6,9	abs	3,3	—	—	—	—	—	—
110	jaune sale	un peu de laves	35 %	2,5	42,66	3,82	3,72	6,8	+	—	0,74	4,5	12,52	44,8	20,7	19,11
111	id.	—	32 %	2,6	44	3,2	3,92	6,9	+	0,2	—	4	12,32	41	28,3	20,5
112	jaune grisâtre	—	21 %	1,31	34,86	2,9	4,9	6,33	+	1,47	—	4,4	10,62	33,5	14,9	14,52
113	jaune sale	beaucoup de quartz	39 %	1,03	32,86	3,44	4,82	7,46	+	0,8	—	4,6	15,2	40,7	20,2	17,9
Lave				46,46	+											

On se trouve ici à une altitude de 1,925 mètres, la température moyenne étant de 15°,9. Le fond géologique est constitué par les gneiss et micaschistes de la Ruzizi. Toutefois, une partie du profil est constituée d'apports volcaniques. La surface, en particulier, a été rajeunie par des lapilli et des cendres.

L'apport éolien se marque par une diminution de l'humus; il y a à cela deux causes : d'abord une simple dilution; ensuite le fait que la cendre fraîche renferme des bases qui activent la combustion et la disparition de l'humus; de là seulement 1,4 d'humus en 109 contre 2,5 plus bas.

Il n'y a pas de pseudo-sable dans l'horizon O rajeuni, soit que les bases détruisent le pseudo-sable (voir plus loin le cas du profil de Mbene), soit que cette forme spéciale n'ait pas encore eu le temps de se produire dans un matériel récemment apporté. Ailleurs le pseudo-sable est présent.

L'évolution du profil n'est pas encore très avancée, si l'on considère sa couleur. La portion la plus juvénile est la surface (109) où la siallite domine (excès siliceux 3,28). La couche sous-jacente a subi une altération plus poussée; elle est à dominante allitique, comme l'indique son excès d'alumine (0,74), d'ailleurs faible.

La teneur en quartz et feldspaths est peu régulière; le profil me

paraît très peu homogène; dans ces conditions, il n'est guère possible de définir les horizons illuviaux, s'ils existent. Toutefois, le kaolin et la silice ont probablement émigré de la partie supérieure vers 113. Quant aux sesquioxydes, aucune illuviation indubitable ne se marque nettement.

FENDULA, à 2,125 mètres. Température moyenne: 16°.

Numéro.	Couleur.	Observations.	Tamis de 1/5.	Pseudo-sable.	pH.	Argile.	Humus.	CaO déplaçable.	MgO déplaçable.	Oxyde de fer.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès alumineux.	R Fe.	R. Al.
337	manque	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
338	brun chocolat	grumeaux, aspect argileux	95 %	+ 5,3	62,1	2,7	0,35	0,14	3,7	4,7	3,95	7,2	1,6	17	21,4	
339	brun-rouge	id.	95 %	+ 4,8	73	1,77	0,13	0,17	3	6,25	1,4	2,6	5,1	17	39	
340	brun-rouge (clair)	id.	96 %	+ 4,65	72,77	1,24	0,15	0,15	3,5	5,42	2,55	4,77	3,2	17	25,7	
341	brun jaunâtre	id.	96 %	+ 4,82	64,8	0,64	0,19	0,12	3,5	5,47	3,35	6,24	2,6	17	21,8	

Ce profil a été prélevé dans une région de déforestation ancienne, à 2,125 mètres d'altitude, sous une température de 16°. Le substratum géologique est basaltique.

L'horizon de surface a été malheureusement perdu. L'ensemble nous donne un exemple de sol formé sur place aux dépens du basalte, mais peut-être rajeuni. Le caractère général des couches est *allitique*; toutefois, il reste assez de matériel siallitique pour donner à la terre un aspect argileux. Ce sol est donc à ranger plutôt parmi les « limons » rouge-brun.

Un rajeunissement d'origine volcanique est possible; comme la roche mère renferme elle-même de l'augite, la chose n'apparaît pas à l'examen minéralogique. Le pseudo-sable existe sur toute la hauteur du profil.

La couleur brun chocolat de 338 est courante sur les roches très basiques et semble y remplacer le rouge vif.

En 338 il y a encore beaucoup d'humus (2,7); c'est donc que le

sol en est mieux fourni encore. Néanmoins le pH de cette couche est beaucoup plus élevé que celui du reste; cela s'expliquerait si l'on admet un rajeunissement superficiel par des cendres basiques fraîches, qui ont apporté des bases.

Avant ce rajeunissement le sol a été d'abord appauvri en silice et kaolin (minimum en 339); leur niveau illuvial est en 340 et 341 pour le kaolin, plus bas probablement pour la silice amorphe.

Plus tard, l'alumine a commencé son mouvement quand la couverture forestière est devenue acide (pH = 4,5); elle s'est précipitée en 339. Mais le rajeunissement est survenu, arrêtant le mouvement des sesquioxides et remettant en circulation silice et kaolin.

Les bases déplacées sont assez abondantes; ce qui est remarquable, c'est la richesse relative de ces bases en magnésie (0,35 de CaO et 0,14 de MgO). L'acide phosphorique est abondant et pourtant la situation n'est que de fertilité moyenne. Il se trouve sous une forme fort peu soluble dans les acides faibles.

PROFILS NETTEMENT HÉTÉROGÈNES.

(Interventions volcaniques fréquentes.)

MOHANGA, à 1,920 mètres. Température moyenne: 17°,4.

Numéro.	Couleur.	Observations.	Tamis de $\frac{1}{16}$.	Pseudo-sable.	Humus.	Quartz feldspath.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès aluminique.	Oxyde de Fer.	Argile vraie.	R. Fe.	R. Al.	Par. Al.
130	gris-brun	poussiéreux, olivine, augite	35 %	+	5,46	38,68	5,06	3,08	5,63	3,7	6	15	51,9	46,8	37,3
131	brun-gris	id.	68 %	+	2,11	39,74	3,76	3,34	6,11	1	8	27	58,8	34,8	19,6
132	brun pâle	id.	80 %	+	0,8	40,36	3,76	4,46	8,16	0,06	7	28,9	59,2	37,9	20,8
133	id.	id.	id.	+	0,56	34,86	5,22	2,8	5,12	2,9	7,56	24,46	59,6	43,8	26,6
134	brun-rose	quartz seul	31 %	abs	0,42	78,94	3,2	2,36	4,3	1,65	2,25	40,5	40,5	—	58,1

La présente situation se trouve à une altitude de 1,920 mètres, sous une température moyenne annuelle de 17°,4. Les micaschistes de la Ruzizi forment le fond géologique.

Cet emplacement est actuellement occupé par la brousse; la déforestation date d'environ un siècle.

Le profil qui nous occupe montre à tous ses niveaux, à l'exception de 134, de l'augite et de l'olivine. Ces deux minéraux sont la signature d'apports éruptifs. Leur présence à divers niveaux indique un véritable mélange de terre autochtone avec les matériaux éruptifs; les phénomènes volcaniques sont intervenus sur une assez grande profondeur, en apportant des bombes, des lapilli et des cendres.

Le dernier niveau prélevé au fond est exempt de minéraux basiques et dérive très vraisemblablement de la roche mère: le micaschiste.

Le profil, sans cesse modifié par le volcanisme, n'a pas eu le temps de vieillir et l'ensemble a une allure juvénile; cela ne préjuge nullement de son âge absolu. La couleur est brun pâle presque à tous les niveaux prélevés. Le sol est sali par l'humus; la zone 131 est encore grisâtre, ce qui prouve qu'elle appartient à l'horizon oE.

Le pseudo-sable existe sur toute la hauteur du profil, sauf près de la roche de fond, ce qui est assez général.

L'humus décroît régulièrement du haut vers le bas; dans ces conditions, il n'est pas possible de savoir si de l'illuviation humique a eu lieu.

La silice et le kaolin ont, semble-t-il, légèrement émigré de 130 vers 132. Quant aux sesquioxydes, la teneur en alumine paraît indiquer une illuviation en 133, soit au-dessous de l'horizon illuvial silico-kaolinique 132. Cela ne serait possible que sur un profil ancien, et, dans ce cas, un deuxième horizon kaolinique se verrait plus bas; il n'en est pas ainsi. La différence constatée provient donc du fait que les couches superposées n'appartiennent pas à la même époque et ont en conséquence des compositions différentes.

Dans l'ensemble le profil est à *dominante allitique*, même au fond; cela indique que cette dernière couche (134) a été tout un temps proche de la surface et que sa désagrégation y a été plus poussée que sa situation actuelle ne le ferait prévoir.

Avec l'enlèvement de la silice amorphe et du kaolin en surface coïncide un enrichissement en allite (5 % d'alumine contre 3,7 en 131).

Quant au fer, sa répartition est irrégulière sous forme d'oxyde libre; sa teneur est beaucoup plus influencée que celle de l'alumine

libre par des différences de composition du matériel originel; on ne peut donc guère se fonder sur lui pour interpréter un profil.

La teneur en quartz et feldspaths varie : nouvel indice de la composition différente des diverses couches supérieures. Dans le niveau inférieur 134 il est très élevé, à cause de la proximité de la roche et de l'âge juvénile de cet horizon.

Ce qui est noté « argile vraie » dans le tableau indique l'argile agrolologique, qui comprend toutes les parties fines et n'a pas nécessairement de rapports avec le kaolin proprement dit.

Remarquons que les rapports « R. Al » et « paramètre Al » n'ont plus de signification pour un matériel peu décomposé.

PROFILS FORMÉS PAR DES ALLUVIONS.

MBENE, à 1,490 mètres (île Idjwi). Température moyenne: 19°,2.

Numéros.	Couleur.	Observations.	Tamis de $\frac{1}{8}$.	Pseudo-sable.	pH.	Argile.	Humus.	Bases déplacées. Ca O.	Oxyde de Fer.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès siliceux.	Excès alumin.	R. Fe.	R. Al.
155	brun foncé	Poussiéreux	100 %	abs	5,22	13,46	6,32	—	2,31	3,55	3,34	6,11	—	0,78	13,6	12,3
156	brun-rouge	id.	100 %	abs	5,1	15,1	1,55	0,28	1,93	3,45	3,82	7	—	0,28	10	11,1
157	id.	id.	100 %	abs	5,07	21,8	2,43	0,73	2,27	3,86	3,56	6,5	—	0,57	11,7	14,9
158	brun	id.	100 %	abs	5,2	17,31	1,4	0,5	1,6	3,64	4,9	7,95	0,613	—	7,7	13,7
159	brun-rouge	dur, compact, mais friable	100 %	abs	5,52	15,2	1,4	0,46	1,11	3,6	4,4	7,9	0,14	—	7	13

Ce profil a été prélevé dans une île du lac Kivu, où, à une altitude de 1,490 mètres, sous une température moyenne de 19°,2, s'étend la savane boisée. La roche profonde est du basalte (d'après A. Salée). Au point de vue climatique, on est ici dans une zone de foehn.

Il s'agit dans le cas présent d'alluvions lacustres ténues qui ont été déposées en eaux calmes, riches en calcaire et magnésie. La terre (non préparée) présente à tous les niveaux une grande finesse.

On s'étonne de ne pas constater la présence de pseudo-sable,

malgré l'altitude. A notre avis, le calcaire doit jouer un rôle ici: l'eau du lac a, en effet, déposé un travertin particulièrement riche en calcaire sous le profil. Les colloïdes qui se sont déposés dans l'eau du lac avaient, grâce à l'abondance du calcium, un degré de floculation très élevé; ils étaient suffisamment déshydratés pour ne plus pouvoir coller, souder ensemble d'autres éléments minéraux. Le dépôt sous eau ne semble d'ailleurs pas à première vue se prêter à la production de pseudo-sable; celui-ci ne peut se former que plus tard, quand les alluvions sont restées assez longtemps exposées aux actions extérieures.

L'exondation des alluvions est normalement suivie d'un vieillissement qui va de la surface vers le fond. Ce vieillissement est faible; à une température voisine de 20°, la terre rougit rapidement quand les alluvions sont exondées. On ne constate ici qu'une couleur brun-rouge, assez uniforme (sauf en 158, moins rougie). Je ne serais pas éloigné de penser que les alluvions ont été exondées un grand nombre de fois, puis recouvertes d'apports nouveaux. Pendant l'exposition à l'air le rougissement a seulement eu le temps de s'ébaucher.

Dans ces conditions, surtout vu le pH plutôt élevé (5,2), les sesquioxides n'ont pas sensiblement circulé. La silice et le kaolin, par contre, ont été enlevés en surface pour subir l'illuviation en 158 et 159.

On pourrait croire à une certaine illuviation des sesquioxides en 157; cela ne saurait s'être produit que si l'acidité a été autrefois plus élevée qu'actuellement, ce qui n'est pas. En outre, les apports alluviaux successifs pouvaient avoir des compositions un peu différentes.

L'aspect poussiéreux s'explique peut-être, comme l'absence de pseudo-sable, par une floculation ancienne très énergique des colloïdes sous l'action du calcaire.

Les niveaux supérieurs ont eu le temps de devenir allitiques. Le fond (158 et 159) est siallitique.

La zone 156 est plus pauvre que les autres bases échangeables; cela peut laisser supposer qu'elle est restée plus longtemps en surface; d'où un lessivage plus accentué.

L'humus est assez abondant dans le sol (6,3 %); il tombe à 1,4 en bas.

Une dernière remarque quant à la dureté et la compacité du niveau 159 : le kaolin et la silice y ont subi l'illuviation; la terre, si elle était humide, serait glissante et compacte; on l'a vraisemblablement prélevée à un moment où une dessiccation avait eu lieu; de là sa dureté.

LUSUNYU (rive orientale du Kivu), à 1,480 mètres. Température moyenne : 19°,7.

Numéro.	Couleur.	Observations.	Pseudo-sable.	Tamis de $\frac{1}{8}$.	pH.	Éléments fins.	Humus.	Bases déplacées en CaO.	Oxyde de Fer.	Oxyde d'Al.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès siliceux.	Excès alumineux	R. Fe.	R. Al.
147	brun foncé	grum. toucher argileux	+	78 %	5,2	44,5	5,3	0,66	2,83	4,56	4,13	7,55	—	1,14	17,4	14,9
148	brun	id.	+	100 %	5,13	48,11	0,88	0,42	3,93	4,35	4,5	8,25	—	0,61	23	14,5
149	brun-jaune	id.	+	100 %	5,2	44,4	0,74	0,5	4,3	3,9	5,3	8,4	0,72	—	24,3	11,2
150	id.	id.	+	100 %	5,3	37,9	0,63	0,6	3,13	3,2	5,13	6,93	1,38	—	16	8,8

On y voit actuellement des prairies sur basalte comme fond géologique. Cette situation est remarquable, parce qu'elle a subi une inondation suivie d'exondation, puis d'une nouvelle inondation.

Le pseudo-sable existe sur toute la hauteur du profil, comme il est fréquent à une certaine altitude; nous n'avons pas d'échantillons arrivant jusqu'aux environs de la roche sous-jacente. Le présent profil est plus ancien que celui de Mbene. De là présence de pseudo-sable.

Le sol est brun, sali par l'humus (5 % d'humus). Il ne possède pas une acidité notable (5,2). Le rougissement qui suit l'exondation des alluvions n'a pas eu le temps de s'effectuer. Le bas du profil est même jaunâtre, signe de juvénilité.

La silice et le kaolin ont déjà émigré vers le bas, ce qui a concentré l'allite en surface (oxyde d'alumine 4,56). L'illuviation siliceuse a eu lieu en 149 et 150, tandis que celle du kaolin est faite en 148 et 149.

Nous avons signalé déjà que l'oxyde de fer est un mauvais indice de la concentration allitique, car il peut provenir d'autres corps que de ceux qui produisent l'alumine libre.

Le fond du profil est à dominante siallitique. Le degré de finesse est fort presque partout; nous sommes en effet devant des alluvions lacustres. La surface comprend des éléments plus durs, à cause du pseudo-sable qui a suffisamment vieilli en surface.

Les bases déplaçables manifestent une certaine irrégularité; il faut en effet penser que les couches alluviales successives n'avaient peut-être pas tout à fait la même composition.

L'humus décroît normalement en profondeur; cela indique que l'acidité n'a pas permis sa circulation pendant la formation du profil.

Le vieillissement, mesuré par l'excès aluminique, décroît du haut vers le bas, où la siallite domine.

PROFILS DUS A DES DÉPÔTS COLLUVIAUX.

MULUNGU, à 1,700 mètres. Température moyenne: 18°,5.

Numéros.	Couleur.	Observations.	Tamis.	Pseudo-sable.	ph.	Eléments fins.	Humus.	Bases déplaçées en CaO.	Oxyde de Fer.	Alumine.	Silice amorphe.	Kaolin.	Excès alumin.	R. Fe.	R. Al.
273	brun très foncé	granuleux poussiéreux	80 %	abs	5,66	9	6,6	1,94	3,24	3,92	3,34	6,41	1,45	18	17,3
274	brun-rouge	id.	95 %	abs	6,61	28,4	3,3	1,6	3,6	4,76	3,2	5,82	2	—	—
275	brun-gris	grumeaux durs, poussiéreux	80 %	abs	6,2	56,7	1	0,96	3	5,16	4,14	7,57	2,63	—	—
276	brun	grumeaux	98 %	abs	6,45	63,4	0,84	0,4	2,7	5,08	3,6	6,55	2,11	—	—
277	brun-jaune	grumeaux et granules	97 %	abs	5,83	66,4	1	0,53	3,33	4,4	3,62	6,62	1,4	—	—

Le profil de Mulungu a été prélevé sur basalte tertiaire comme substratum géologique. Le terrain est une zone de déforestation ancienne occupée actuellement par la brousse.

La situation topographique présente ici de l'importance: l'empla-

cement du profil se trouve au bas d'une pente de montagne et la déclivité qui y parvient est assez forte.

L'ensemble est un colluvium de pente, assez divisé par un transport actif. Les fragments de roche qu'on y retrouve sont très altérés et non identifiables. Un certain temps doit s'être passé depuis la dénudation des roches sous-jacentes, car le profil semble stabilisé; le vieillissement, en effet, s'accuse *maximum à la surface*, tandis que le fond est juvénile. S'il y avait eu rajeunissement colluvial notable intermittent, les différents horizons n'auraient pas ce degré progressif de vieillissement; les parties restées le plus longtemps à l'air seraient plus rouges que les autres.

La terre sur le haut du profil est poussiéreuse. L'action de transport par les eaux a fortement divisé le matériel minéral. Si celui-ci contenait primitivement du pseudo-sable, les grumeaux de ce dernier ont été délayés au moment du transport. Il ne s'est pas formé de pseudo-sable sur place dans la suite; peut-être les grumeaux que signale l'analyse minéralogique sont-ils du pseudo-sable en voie de formation commençante.

Le pH est plutôt élevé. La silice et le kaolin ont circulé les premiers; la couche 275 comprend les illuvia de ces deux corps.

Quant aux sesquioxydes, il semble bien qu'une éluviation commence en 273; l'illuviation correspondante serait en 274 et 275. Les zones prélevées recourent et mélangent divers horizons pédologiques.

En 277 la présence simultanée d'humus et d'oxyde de fer en quantités plus fortes fait croire à une illuviation ferrugineuse. Dans ce cas il faudrait supposer qu'une forte acidité a régné jadis au-dessus de ce niveau, quand existait la forêt. Remarquons que les divers apports colluviaux superposés n'avaient peut-être pas la même composition; cela rendrait caduques certaines de nos interprétations. La teneur en bases déplaçables va en décroissant du haut vers le bas; cette circonstance plaide en faveur d'un profil non modifié depuis quelque temps, la désagrégation étant maxima à la surface. *Le sol est relativement allitique.*

PROFIL COMPLEXE AVEC ÉLÉMENTS ALLUVIAUX, COLLUVIAUX,
MORAINIQUES, SÉDIMENTAIRES ET ÉRUPTIFS.

NYEKISEMOLO, à 1,555 mètres d'altitude. Température moyenne: 20°.

Numéros.	Couleur.	Caractères.	Pseudo-sable.	Humus.	Quartz feldsp.	Alumine libre	Sllice amorphe.	Kaolin.	Excès siliceux.	Excès d'Al.	Oxyde de Fer.	Argile vraie.	R. Fe.	R. Al.	Param. Al.
			+ 2 %												
121	brun-noir	poussiéreux; olivine	+ 2 %	34,4	2,86	3,3	6	—	0,12	7	11,4	51,2	15,13	13,9	
122	brun foncé	olivine et pyroxène	+ 2,54	32,7	4,12	3,4	6,22	—	1,3	5,8	12,84	43	24,5	21,67	
123	brun clair	cailloux striés divers	+ 0,66	64,4	3,86	1,34	2,45	—	2,75	3	24,5	37,1	66	43	
124	brun clair	cailloux roulés divers	abs	0,5	74,3	1	2	2,3	1,24	—	1	38,84	15,9	31,26	13,8

La situation de Nyekisemolo a comme fond géologique les schistes de l'Urundi et est couverte de brousse. L'altitude est de 1,555 mètres et la température moyenne de 19°,7.

L'échantillon le plus profond que nous possédons, bien que renfermant des débris sédimentaires, contient aussi des cailloux roulés, signature des alluvions, ainsi que du matériel éruptif. Cette couche n'est donc pas d'origine entièrement autochtone.

Le reste du profil est extrêmement hétérogène : la surface présente de l'olivine d'origine éruptive; plus bas on trouve, à côté de matériaux analogues, soit des alluvions, soit des cailloux striés (en 123) d'origine glaciaire. Dans un tel profil, l'analyse des différentes couches, dont la composition primitive est évidemment diverse, ne peut pas fournir d'indications indiscutables.

Dans le sol et même dans les zones sous-jacentes (123 et 122), on trouve du pseudo-sable; celui-ci manque dans la couche profonde, comme c'est très habituel.

L'humus est de 2 % en surface; en général sa teneur va en décroissant vers le bas; il y a pourtant une exception en 122, sous le sol : là on trouve un peu plus de matières organiques (2,5 %). Quelle en est la raison? D'abord les apports superficiels éruptifs ont dilué tous les autres

constituants; ensuite les cendres apportant des bases ont accéléré la décomposition de l'humus.

D'autre part, on constate que la teneur en alumine libre est plus élevée en 122; il se peut qu'à un moment donné l'humus étant acide a emporté avec lui l'alumine, pour précipiter plus bas à un niveau où le pH était plus fort. Le kaolin, d'après les teneurs constatées, aurait suivi.

La teneur en quartz et feldspaths augmente vers le bas, inversement à celle des particules fines; il semble donc que le degré de décomposition du profil soit maximum à la surface.

Le fond du profil montre un léger excès de silice sur la couche précédente; c'est sans doute là une zone d'illuviation siliceuse.

Le caractère des couches est allitique en haut, surtout en 122 et 123; la zone inférieure est à dominante siallitique, conformément à l'excès siliceux 1,2. La couleur du fond est brun clair, indice d'un âge relatif peu avancé; le haut est plus foncé, comme on doit s'y attendre. Le sol proprement dit est sali par l'humus. Signalons, pour finir, le caractère poussiéreux du sol, malgré l'existence de pseudo-sable.

APPENDICE AU CHAPITRE VII.

ANALYSES COMPLÈTES DES PORTIONS SOLUBLES DANS HCl (¹).

Pour les profils les plus typiques nous avons envisagé surtout le problème pédologique. Nous avons alors dirigé nos investigations chimiques dans ce seul sens.

Il nous a paru intéressant toutefois de donner en plus l'analyse complète d'un certain nombre d'échantillons de terre, exécutée selon des méthodes en usage depuis longtemps à la Station de Chimie. Nous n'avons pas cru devoir ultérieurement utiliser d'autres procédés d'analyse qui, jusqu'à présent, ne nous semblent pas avoir assez fait leurs preuves (²).

Le tableau ci-après indique, à côté de l'analyse mécanique et du pH, la teneur des terres en azote, phosphore et potasse soluble dans les acides forts (HCl). Il s'agit là de réserves mobilisables à la longue, au moins en partie.

(¹) Ces analyses ont été effectuées hors de mon contrôle.

(²) Quelle que soit du reste la valeur de certains procédés, tels ceux de Mitscherlich.

RESULTATS DES ANALYSES DES TERRES DE LA MISSION SCAËTTA

suivant l'attaque à l'acide chlorhydrique concentré chaud.

Tableau synoptique par M. Simon.

Noms et nos des profils.	pH.	Humidité	Perte au feu	Insoluble dans HCl conc. %	Soluble dans HCl conc. %	Azote total %	Ca 0 %	K ₂ O %	Mg 0 %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	Soluble total dans HCl	Soluble indose	P ₂ O ₅ total %
<i>Mwendula</i> 70	6,76	2,76	15,57	58,45	25,71	1,44	1,35	0,54	—	6,09	17,12	25,64	0,07	5,43
id. 71	6,95	1,33	7,63	62,96	30,37	0,63	0,40	0,39	—	6,81	21,59	29,34	1,02	1,27
id. 72	6,83	1,41	9,79	53,72	36,45	0,39	0,37	0,69	—	8,76	26,53	36,50	—	1,47
id. 73	5,55	1,71	10,96	51,24	37,75	0,57	0,40	0,40	—	9,28	27,49	37,68	0,008	0,96
<i>Mafumo</i> 81	7,24	6,69	16,34	55,42	28,15	2,52	6,90	0,71	0,88	8,67	7,64	26,78	1,27	19,79
<i>Lusangu.</i> 147	5,18	3,89	13,40	36,23	49,62	4,05	0,76	1,06	0,22	16,38	30,64	49,20	0,21	3,48
id. 148	5,13	2,36	6,88	45,14	48,86	2,56	0,63	0,60	—	16,99	29,62	48,15	0,67	2,56
id. 149	5,21	2,46	5,77	41,53	52,67	0,75	0,49	0,43	—	17,63	33,74	52,59	—	2,39
id. 150	5,28	2,17	5,20	40,44	54,36	0,49	0,83	0,38	—	17,62	36,19	55,18	—	1,69
<i>Mbene</i> 155	5,22	4,30	14,33	37,93	47,65	3,28	0,64	0,32	0,26	17,17	28,72	47,42	0,22	2,95
id. 156	5,10	2,92	7,60	40,13	52,26	2,36	0,49	0,27	—	19,86	36,16	51,80	0,45	2,58
id. 157	5,07	2,74	11,98	39,42	48,56	1,61	0,53	0,29	—	19,73	26,95	47,79	0,75	2,82
id. 158	5,20	1,90	11,39	40,11	48,46	0,89	0,39	0,34	—	20,53	27,41	48,91	—	2,32
id. 159	5,52	2,15	10,32	40,19	49,39	0,53	0,48	0,31	—	20,26	27,86	49,88	—	1,65
<i>Mbene</i> (argile fossilifère) . . . 194	+ 8	1,05	22,90	13,09	63,95	0,74	30,68	0,49	4,41	8,24	16,84	60,84	3,08	1,69
<i>Kanoko-Mulambi</i> . . . 216	+ 8	1,26	19,70	12,93	67,29	1,02	31,34	0,53	5,49	8,74	12,77	59,16	8,04	2,72
<i>Tshikere</i> (à 3 m.) . . . 241	4,83	2,17	11,62	52,95	35,42	1,43	0,52	0,74	—	12,35	22,91	36,55	—	1,32
<i>Dorsale congolaise</i> . . . 257	7,12	2,94	10,89	53,23	35,84	0,59	3,86	0,64	—	15,23	13,96	34,25	1,55	5,47
id. 258	5,00	7,61	45,54	32,79	21,12	14,78	0,59	0,57	—	7,48	11,49	20,46	—	3,17
id. 258	4,26	5,68	24,78	47,02	28,19	12,51	0,55	0,83	—	12,55	13,93	28,24	—	3,69

<i>Mutanda</i> 251	5,66	3,04	16,24	68,08	15,44	5,24	0,76	0,94	—	5,99	7,16	15,08	0,43	1,38
<i>Mulungu</i> (surface) 273	5,60	7,14	21,43	35,89	42,59	6,23	1,17	0,56	—	17,64	21,08	42,57	0,02	5,94
<i>Tshibinda</i> (à 50 cm.) 279	5,11	5,12	14,24	44,04	41,02	3,60	0,65	0,65	—	15,84	22,17	39,97	1,02	6,71
id. 280	5,06	5,53	11,53	44,83	43,57	1,84	0,61	0,43	—	17,09	24,58	43,28	0,27	5,67
id. 281	5,08	4,89	12,12	45,69	42,13	2,45	0,73	0,57	—	16,49	23,53	42,01	0,14	6,74
<i>Mulambi-Rubenghera</i> 298	4,79	1,77	8,15	75,50	16,34	2,53	0,46	0,53	—	6,51	8,29	16,02	0,34	2,03
<i>Kirumbi-Kagunga</i> 299	4,65	2,36	14,06	72,76	13,17	6,07	0,33	0,4	—	4,49	7,97	13,87	—	1,57
<i>Denderi</i> (surface) 301	4,86	6,32	34,16	28,89	36,08	13,75	1,52	0,29	—	12,97	17,16	32,45	4,16	5,15
<i>Fendula</i> (à 50 cm.) 338	5,30	4,08	15,22	38,36	46,41	2,30	0,55	0,24	0,31	21,25	23,95	46,36	—	3,59
id. 339	4,82	4,15	7,79	53,90	38,27	1,83	0,59	0,34	—	20,85	15,97	38,09	0,17	3,20
id. 340	4,65	3,26	11,48	44,60	43,85	1,89	0,55	0,32	—	21,49	21,01	43,74	0,12	3,66
id. 341	4,82	4,55	10,86	40,83	48,25	1,44	1,49	0,30	—	21,44	25,34	48,04	0,20	4,60
<i>Rutaha</i> 360	5,40	4,89	23,07	40,02	36,87	6,75	0,30	0,62	—	10,13	25,23	36,71	0,14	4,34
id. 361	4,73	4,12	15,00	15,00	41,76	5,53	0,34	0,44	—	8,98	36,07	41,73	0,02	2,89
<i>Mubeza</i> 377	4,51	3,74	22,53	22,53	43,27	5,47	0,34	0,38	—	17,63	24,43	43,30	—	5,08
<i>Moganga-Nya-Luindhja</i> 379	4,94	1,95	5,59	5,59	31,77	1,75	0,45	0,60	—	10,64	19,73	31,65	0,12	2,23
<i>Tshiangoma</i> 382	4,86	6,73	25,02	25,02	35,39	5,59	0,70	0,63	0,18	12,09	21,53	35,49	—	3,59
id. 383	4,89	4,35	12,30	12,30	42,51	2,35	0,34	0,56	—	15,63	25,35	42,17	0,32	2,93
id. 384	5,03	2,86	12,38	11,38	44,94	1,88	0,31	0,59	—	15,97	28,25	45,29	—	1,68
id. 385	5,01	4,63	11,21	11,21	45,95	1,81	0,33	0,55	—	15,34	29,40	45,87	0,88	2,40
id. 386	4,90	5,03	10,71	10,71	45,48	1,15	0,28	0,48	—	15,73	28,48	45,29	1,12	3,00

DEUXIÈME PARTIE

LES FORMATIONS VÉGÉTALES QUI CARACTÉRISENT L'ÉTAT DE DÉGRADATION DES SOLS

(ÉTUDES DE PHYTOGÉOGRAPHIE ET DE PHYTOSOCIOLOGIE DYNAMIQUE)

CHAPITRE VIII.

LES ZONES FORESTIÈRES

Répartition de la température. — Les mouvements de l'eau dans le sol. — La respiration du sol. — Les stades de maturité. — Domaine de la forêt de montagne. — Action du climat pléistocène. — Action du climat actuel. — Caractères écologiques principaux de la forêt de montagne. — Domaine de la forêt claire subxérophile. — Domaine des forêts sclérophylles des couloirs de foehn. — Domaine des forêts microthermes de haute altitude. — Caractères écologiques principaux des peuplements de haute montagne. — Conclusions.

Nous avons décrit dans notre chapitre V la répartition climatique des sols, surtout au point de vue de leur couleur, et nous avons décrit les agents physiques externes de décomposition. Il en est résulté que toutes les couleurs, à l'exception peut-être du rouge vif, apparaissent dans des conditions de climat les plus diverses. Les variations du climat au Pléistocène (chap. II) et la diversité des formes topographiques du terrain (chap. I) montrent la complexité des facteurs intervenus dans la morphologie des sols. D'ailleurs, la jeunesse des formes structurales de l'orographie nous autorise à croire que l'érosion n'a pas remanié profondément dans leur ensemble les sols issus des climats et des vicissitudes géomorphiques du Quaternaire.

Les observations et les documents que nous avons exposés sont nettement insuffisants pour la compréhension de la *formation* et de l'*évolution* des profils de sols, base de toute connaissance ultérieure.

Plusieurs enquêtes seront encore nécessaires avant de pouvoir en situer assez exactement l'histoire génétique d'après les conceptions et les méthodes d'investigation établies dans les pays où l'étude pédologique se poursuit systématiquement depuis plusieurs années.

Afin que l'interprétation phytogéographique des documents statistiques recueillis par nous soit aussi exacte que possible, nous allons retracer la distribution des sols d'après le schéma de Mohr, qui envisage : 1° la répartition de la température; 2° les mouvements de l'eau dans le sol; 3° la respiration du sol; 4° le stade de maturité atteint.

J. Mohr attribue une importance primordiale à ces quatre éléments et nous acceptons son point de vue comme le seul susceptible, parmi ceux exprimés par les auteurs modernes, de réunir dans ces conceptions le plus grand nombre de facteurs du milieu ambiant agissant sur l'évolution des sols.

Répartition de la température. — Suivant la position géographique des territoires, une même température apparaît à des altitudes diverses.

Les climats de montagne, différenciés surtout par la température, se répartissent diversement d'après leur position insulaire ou continentale, d'après l'orientation des systèmes montagneux, etc. Voici comment se présente la répartition des étages altitudinaux, pour des températures égales, aux Indes néerlandaises et au Congo belge :

Symb.		T° moyenne	Indes néerland. (altitude)	Congo belge (altitude)
TB	Basses terres tropicales	de 27° à 25°C	0 - 200 m.	0 - 650-700 m.
Pm	Prémontagne	de 25° à 19°	200 - 1000 m.	800 - 1700 m.
M	Montagne	de 18° à 13°	1000 - 1800-2000 m.	1700 - 2600 m.
Hm	Haute montagne	moins de 12°C	2000 - 4800 m.	2630 - 5030 m.

L'effet manifeste de la continentalité produit au Congo belge un décalage d'environ 800 mètres par rapport à un même étage thermique insulaire. La dorsale Congo-Nil, à laquelle nous nous référons particulièrement, détient probablement un des maxima altimétriques, ne paraissant dépassé en Afrique que par l'Éthiopie.

La distinction fondamentale qui s'établit entre ces quatre zones est fournie par la destruction ou l'accumulation de la matière orga-

nique. Dans les zones tropicales, la décomposition de la matière organique, en présence d'oxygène suffisant, se fait aussi rapidement et même plus rapidement que l'apport de ces matières par la végétation. Par conséquent, état stationnaire de l'humus en surface avec décroissance rapide en profondeur.

Dans la prémontagne l'apport de matière organique dépasse la destruction quand la végétation forestière n'est pas détruite, bien entendu.

L'excédent de matière organique accumulée augmente naturellement dans les sols de montagne jusqu'à une limite supérieure à laquelle l'éremacausis (l'humification) ne se fait que partiellement ou ne se fait plus du tout.

Des modifications à cette norme théorique qui suit la décroissance de température et présuppose une aération normale et une végétation forestière intacte peuvent se présenter à la suite de circonstances diverses. Nous avons décrit au chapitre V les conditions favorables et les conditions défavorables à l'humification normale telles qu'elles se présentent dans les circonstances de localisation topographique et climatique de nos sols.

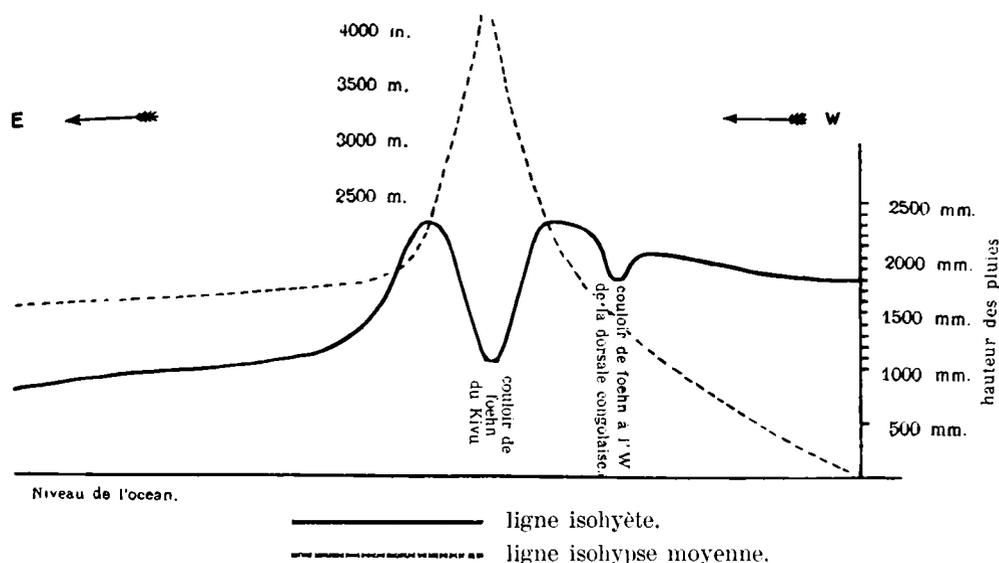
Les mouvements de l'eau dans le sol. — De toute évidence ils sont sous la dépendance de la hauteur et du régime des précipitations, du taux d'évaporation, enfin de la capacité d'absorption du sol. Voici comment se répartissent les pluies et la durée des saisons sèches, d'après le schéma adopté pour la température :

Prémontagne. . . de 800 à 1,300 mm. de 2 à 5 mois de sécheresse.
 Montagne de 1,300 à 2,300 mm. 2 mois de sécheresse ou pas de sécheresse.
 Haute montagne. de 2,300 à 900 mm. 1 mois de sécheresse ou pas de sécheresse.

La pluie ne suit pas les limites altimétriques avec la même fidélité que la température. La situation continentale de notre région, son orographie et surtout la circulation des grands courants atmosphériques au-dessus de la bande équatoriale compliquent singulièrement l'apparition et la répartition des précipitations. Nulle comparaison ne peut être établie avec des territoires insulaires où tous ces phénomènes apparaissent gouvernés par des lois beaucoup plus simples. Nous renvoyons

à ce propos à nos travaux précédents sur la climatologie de l'Afrique centrale.

On peut représenter l'allure des précipitations et leur importance, comme nous essayons de le faire dans le diagramme ci-contre, nous référant au 2° lat. Sud. La courbe altimétrique, en trait discontinu, et la distance entre les niveaux des précipitations maxima sur les deux chaînes de la fosse tectonique sont fortement exagérées pour rendre le diagramme plus clair. L'existence de deux districts climatiques bien



différents se faisant face au centre de l'Afrique nous est ainsi révélée une fois de plus.

A l'Est du fossé tectonique l'augmentation des pluies et l'altimétrie se dissocient de plus en plus et s'opposent dans les fortes altitudes. La distinction de prémontagne, montagne et haute montagne, si elle garde sa valeur en ce qui concerne la température, crée des situations en apparence anachroniques en ce qui concerne les précipitations. Ces contrastes apparaissent dans le schéma suivant des mouvements *possibles* de l'eau dans le sol, d'après la méthode de Mohr :

Prémontagne . . .	sols perméables	P C (↓↑) ou Pr
	sols imperméables.	p c (↓↑)
Montagne	sols perméables	P P (↑↑) ou P vv (↓↑)
	sols imperméables.	p p (↓↓) ou p vv (↓↑)

Haute montagne : sols perméables p p ($\downarrow\downarrow$) ou v v
 sols imperméables. . . . v v v v ($\uparrow\uparrow$)

Les cas que nous estimons possibles sont donc au nombre de dix : trois pour les sols de prémontagne, d'après leur degré de perméabilité : PC, infiltration considérable et rapide pendant la saison des pluies, ascension facile et forte d'eau capillaire pendant la saison sèche; Pr, infiltration considérable pendant la saison humide, évaporation faible et ensuite presque nulle en saison sèche, par suite d'épuisement rapide de la frange capillaire non alimentée ou faiblement alimentée par une nappe phréatique profonde.

Quatre cas pour les sols de montagne, selon leur perméabilité et leur ubication par rapport aux zones de pluie : PP, infiltration considérable et rapide toute l'année (près du niveau des précipitations maxima); Pvv, infiltration abondante pendant les saisons de pluie, évaporation forte en saison sèche constamment alimentée par un niveau hydrostatique pas très profond; pp ou pvv, infiltration lente mais continue ou bien infiltration lente et prolongée pendant une saison de pluies de 11-10 mois et évaporation lente constamment alimentée pendant la courte saison sèche (moins de 50 cm. de pluie).

Trois cas pour les sols de haute montagne : pp ou vv, infiltration lente et continue de sol perméable par des pluies fines ou par fusion de neige ou de grésil ou de glace, ou mouvements constants d'aller et retour de l'eau à la suite de l'alimentation par les pluies et les nuages et par l'évaporation rapide et de courte durée pendant l'insolation. Le troisième cas, qui suppose une absorption copieuse et des mouvements ascensionnels lents d'eau dans des sols imperméables, nous le croyons plutôt rare.

Nous n'excluons pas la possibilité d'autres combinaisons, mais celles envisagées embrassent certainement la grande partie de types de sols. Nous n'envisageons pas les sols de marais, constamment immergés, qui rentrent dans la catégorie des tourbières dont nous avons déjà parlé. (D'après Mohr, dans les Indes néerlandaises, les Pr ou PC ne se présentent pas. Les types climatiques régionaux y sont moins variés que dans nos régions de l'Afrique centrale.)

La respiration du sol. — Cette fonction extrêmement importante qui permet à l'oxygène de pénétrer en profondeur, ne paraît nulle part franchement déficitaire, sauf pour les sols constamment submergés (les marécages), pour lesquels la désagrégation actuelle est du type subaquatique. Elle est strictement connexe au climat du sol et à l'état structural de ce dernier. De ce point de vue l'expiration (perte de vapeur d'eau et de CO₂?) paraît prévaloir quand la température du profil est supérieure à celle de l'air libre; tandis que l'oxydation (inspiration d'oxygène libre ou combiné) paraît plus active dans les sols rendus fortement perméables par le type de leur désagrégation et par la sécheresse.

Nous n'avons jamais fait allusion à l'action de la microflore du sol, parce que ce domaine exige des recherches particulières qui n'ont jamais été faites (pour autant que nous avons pu le constater) en Afrique centrale. Toutefois, si nous faisons état des travaux récents de CH. KILLIAN et D. FÉHER dans le Sahara algérien, quelques déductions deviennent possibles par analogie.

Dans le désert, le sol acquiert des températures qui ne sont jamais atteintes dans nos sols équatoriaux de montagne (ni dans les zones basses, malgré l'opinion contraire de Vageler). Les auteurs ont constaté (pp. 16-23) que les sols très chauds du Sahara possèdent des espèces thermophiles parfaitement adaptées qui résistent à des températures beaucoup plus élevées que leur température optimale (25° C pour les bactéries, 40°-60° pour certaines espèces thermophiles).

L'élévation ou la diminution de la température au delà des limites optimales entraîne naturellement une diminution ou une augmentation de la vie microbienne et par conséquent de la respiration du sol, qui, toutefois, même sous l'action de températures nocives, n'est jamais arrêtée à cause de la faculté d'enkystement de certaines espèces. Parmi celles les plus résistantes, Killian et Féher signalent les *nitrificateurs*, *dénitrificateurs*, *fixateurs d'azote* et *cellulolytiques*, ce qui est d'une importance fondamentale.

A la suite de ces constatations il y a lieu de croire que la vie microbienne, pour autant qu'elle dépend de la température du sol, n'est jamais arrêtée dans nos régions de l'Afrique centrale. La progression

de l'allitisation et par conséquent les changements du climat du sol amènent certainement une *spécialisation* dans la flore microbienne, par l'élimination progressive de certaines catégories d'espèces.

Pour un même type de sol, étant donnée la faible variabilité annuelle (saisonnière) du climat du sol, les conditions acquises persistent certainement longtemps. Sous l'action des feux de brousse une bonne partie de la flore microbienne de surface est certainement détruite, à l'exception des espèces adaptées ou ayant faculté de s'enkyster. Comme il s'agit d'une action surchauffante temporaire, il faut admettre que la flore microbienne reprend son activité normale quand les conditions de température et d'humidité habituelle reviennent, mais subissent tout de même une *réduction progressive* par sélection, quand les incendies se répètent durant de longues périodes de temps.

Les stades de maturité. — Mohr en distingue cinq :

1. — Le stade de départ (la zone de départ de Lacroix) : la roche mère inattaquée.
2. — Le stade juvénile : commencement de la désagrégation.
3. — Le stade viril : désagrégation en plein développement avec de la roche mère encore inattaquée.
4. — Le stade sénile : désagrégation avancée, traces de la roche mère.
5. — Le stade final : désagrégation complète.

Les causes à la suite desquelles un sol atteint l'un ou l'autre de ces stades ont été dites. Nous en résumons ici les principales: le facteur « temps »; la quantité et la qualité de l'humus; le degré d'acidité qui mobilise ou retient les silicates et les hydroxydes de fer; la nature de la roche mère; le type subaérien ou subaquatique de la désagrégation ayant dominé le plus longtemps; le climat plus ou moins chaud, humide ou relativement sec et humide, et enfin l'érosion et les vicissitudes géomorphiques.

Nous avons vu les conditions diverses dans lesquelles l'*humification* se fait sous l'action des climats régionaux de notre province centro-africaine. Les causes de l'acidification très répandue et fréquente du sol y sont esquissées. Les roches acides cristalphylliennes qui partagent la surface du terrain avec les roches volcaniques basiques

jouent un rôle important dans l'origine des sols. L'ennoyage n'a agi d'une manière durable que sur une partie des sols de prémontagne au cours des sous-périodes pluviales du Quaternaire; le type subaérien de désagrégation est par conséquent le dominant et celui qui porte les traces plus récentes du climat actuel. L'érosion a eu le temps de décaper les sols abandonnés par la forêt dense au cours des phases chaudes du climat pléistocène; des horizons illuviaux ont ainsi pu être mis à nu, ce qui confère à ces sols leur aspect sénile actuel. Les sols séniles ou proches de la sénilité paraissent plus nombreux, progressant vers l'Est ou vers la prémontagne à saisons sèches prolongées.

Le stade juvénile (2) est caractéristique de la haute montagne; le stade viril (3) est dominant dans la montagne à des degrés différents, approchant, d'un côté, du stade juvénile, de l'autre, du stade sénile, parfois à cause de phénomènes climatiques locaux (les couloirs de foehn).

Domaine de la forêt de montagne. — Ce domaine paraît envahir à l'Ouest de la dorsale congolaise des territoires de prémontagne où la forêt mésophile opère sa transition aux terres basses équatoriales par l'intermédiaire d'une bande de végétation sclérophylle de largeur variable. De ce côté les sols de montagne paraissent se prolonger, avec la forêt qui les couvre, au delà de leurs propres limites thermiques (voir profil de Mubeza). L'humidité moins élevée au-dessus de ces bandes de transition semble atténuer, jusqu'à une certaine limite, l'effet décomposant plus énergique d'une température plus forte.

Seulement, à l'Est du faitage congolais, l'aire de la forêt mésophile coïncide avec les frontières thermiques des sols de montagne; sa lisière inférieure suit approximativement, comme nous l'avons montré ailleurs, l'isohyète de 1,300 mm.

Dans ce domaine le stade viril ne paraît pas dépassé et nous y voyons la transition aux sols juvéniles et même squelettiques de haute altitude. Quelles peuvent être les causes d'un état de maturité pourtant divers sous un même manteau forestier?

La température entre certainement en ligne de compte la première: nous avons vu qu'elle ne dépasse pas 18°. Ensuite une part revient à

la répartition inégale des roches acides. Leur altération plus lente paraît entraver une formation rapide de l'allite. Celle-ci n'apparaît souvent que dans les couches superficielles éluviales tandis que le restant du profil est siallitique. Et il s'agit encore, dans une forte proportion, d'allite jaune, par conséquent dans un stade initial de formation. Si l'allite se montre principalement sous forme de pseudo-sable dans les sols juvéniles de forte altitude sous des températures moyennes de 12° et même inférieures, le phénomène est dû, comme nous l'avons vu, à la présence de verre volcanique basique très altérable. Les sols formés par des épanchements ou par des produits d'explosion volcanique sont aussi rapidement allitiques (allite jaune), malgré une température qui ne comporterait qu'une allitisation lente, à cause de la grande altérabilité de ces magmes dont le type est presque exclusivement basaltoïde.

Une destruction ancienne de la forêt ou un phénomène météorologique particulier, comme le foehn, peuvent favoriser l'allitisation plus rapide d'un profil, car l'une et l'autre ont pour résultat d'exposer le sol à des alternances brutales de dessèchement. L'action du climat atmosphérique peut donc être modifiée dans le double sens d'en augmenter ou d'en diminuer l'intensité par rapport aux phénomènes d'allitisation du sol. Ces causes, dérivées en partie de l'orographie et en partie de l'action de l'homme, confèrent un sens très relatif à la notion d'âge que nous attribuons à un sol. L'âge apparaît comme une fonction directe de la *vitesse* des processus d'allitisation indépendamment du temps, au sens absolu. Ceci explique comment sous un même macroclimat peuvent coexister des sols diversement mûris.

Enfin, il ne faut pas oublier qu'un sol viril et même un sol juvénile, à l'exception des sols squelettiques (tropicaux), sont souvent le produit d'une somme d'énergies appartenant à des climats différents. Pour nous rendre compte de la genèse des profils et de leur diversité, même dans l'aire restreinte d'un domaine forestier et climatique déterminé, il faut pouvoir dissocier, autant que possible, les phénomènes d'altération ayant évolué sous un climat révolu et les mêmes phénomènes s'accomplissant sous le climat actuel.

Action du climat pléistocène. — Nous avons émis l'hypothèse qu'au cours des périodes pluviales (notamment de la dernière) la température était de 6° C inférieure à l'actuelle, tandis que les précipitations maintenaient à peu près la hauteur annuelle et le régime que nous leur connaissons de nos jours. Tenant compte de ce fait, les zones thermiques des sols sous le rapport de l'altitude se présentaient de la manière suivante:

	<i>Sous le climat actuel.</i>	<i>Au cours des périodes pluviales.</i>
Prémontagne	de 800 à 1,700 m.	de 200 à 1,200 m.
Montagne	de 1,700 à 2,600 m.	de 1,200 à 1,900-2,000 m.
Haute montagne . .	de 2,630 à 5,030 m.	de 2,000 à 3,400 m.

Pour le calcul des décalages nous nous sommes servi des gradients actuels. Nous avons adopté un gradient d'environ 0°,90 C pour les terres basses, où la température moyenne se maintenait relativement élevée (22°-24°), et un gradient moyen de 0°,60 pour les zones de prémontagne et de montagne. Ce dernier est le gradient moyen actuel observé par nous dans les conditions moyennes de température et d'humidité décrites (hum. spéc. = 12 à 2,100 m. d'alt.). Il varie d'après les heures du jour et d'après le versant, mais comme valeur moyenne on peut l'accepter. Les auteurs admettent du reste que le gradient thermique varie peu avec la latitude.

On peut admettre qu'au cours des périodes pluviales plus froides le gradient actuel, dans des conditions analogues d'altitude, n'a guère changé : l'inclinaison de l'adiabatique sans condensation, de même que l'inclinaison de l'adiabatique avec condensation dans les limites de 4 à 5 km. d'altitude, est pratiquement indépendante de la température dans les limites de variation de 5° à 6° C que nous avons admises.

L'humidité spécifique de l'air a varié naturellement avec la température. Si au bord de l'océan, au voisinage de l'équateur thermique, où se réalisaient des conditions favorables à l'existence de la grande forêt humide, l'humidité spécifique était sensiblement égale à l'actuelle (20-22), en montagne cette teneur a varié avec l'altitude.

A 2,200 mètres, où aujourd'hui nous observons une humidité absolue moyenne = 12, elle était vraisemblablement au-dessous de 8, teneur à laquelle l'air se trouvait dans un état presque permanent de

saturation (le climat de brouillard que nous observons aujourd'hui au-dessus de 3,500 m.).

En conclusion, le gradient thermique en fonction de l'humidité spécifique a pu varier pendant les périodes pluviales entre un maximum de 1° C et un minimum de 0°,50 C.

La limite de 3,400 mètres assignée à la haute montagne dans le tableau ci-dessus correspond à la limite moyenne des glaciers pléistocènes admise par nous précédemment. (Voir chap. II.)

Si l'on accepte les décalages établis comme approximativement exacts, il est aisé de voir que le domaine *actuel* des sols de montagne appartenait en grande partie à la haute montagne au cours des périodes pluviales du Pléistocène, tandis que le climat de montagne et de prémontagne étendait son domaine aux zones aujourd'hui occupées par la forêt équatoriale ou par la savane. La température de 12° C, au-dessous de laquelle on admet que l'allitisation est impossible, régnait à une altitude de 1,900-2,000 mètres. Les terres basses tropicales limitaient vraisemblablement leur aire aux rives de l'océan jusqu'à une altitude de 200 mètres, où se cantonnait la forêt ombrophile.

Rien ne prouve, dans l'état actuel de nos connaissances, que durant les périodes interpluviales « chaudes » du Pléistocène la température ait été plus élevée que l'actuelle. La forêt de montagne et sa congénère la forêt ombrophile, ont successivement perdu et gagné en surface, toujours l'une en opposition de l'autre. L'allitisation a été par conséquent plus active avec l'avance de la forêt ombrophile et le recul de la forêt de montagne, comme sous le climat actuel; elle a été moins active avec l'expansion de la forêt de montagne et le recul de la forêt ombrophile. Elle a même été arrêtée au-dessous de l'isotherme de 13°-12° C, c'est-à-dire au-dessus de 1,850-2,000 mètres d'altitude.

Au-dessous de cette limite, jusqu'aux confins de la prémontagne, l'allite n'a pas cessé de se former *sous un régime forestier* où l'humidité permettait naturellement à la forêt de subsister. Par conséquent, les montagnes semblent avoir été alternativement les pépinières de diffusion et le refuge des flores actuelles de l'Afrique centrale.

Les allées et venues des différents peuplements climatiques paraissent confirmées par les hypothèses et les conclusions auxquelles parviennent les bonanistes H. HUMBERT et L. HAUMAN sur les rapports

phylogénétiques de certains groupes d'espèces microthermes, leurs migrations et localisations successives.

D'après Hauman (p. 32), la distribution des *Lobelia* (sect. *Rhynchopetalum*) et des *Alchemilla* orophiles présente ce caractère commun : « une espèce plus ou moins polymorphe, d'altitude relativement basse et d'un type certainement primitif (*Lobelia gibberoa* Hemsley et *Alchemilla kivuensis* et ses subsp.), occupe l'ensemble de l'aire du groupe et c'est dans cette aire générale, s'étendant du Nord de l'Abyssinie au Nyassa pour les *Lobelia* et à l'Afrique du Sud ainsi qu'à Madagascar pour les *Alchemilla*, que se découpent, plus ou moins localisées à une montagne ou à un groupe de montagnes, les aires des espèces ou sous-espèces spécialisées, le district le plus riche étant dans les deux cas les montagnes de l'Est du Congo belge (Ruwenzori-Kivu) ».

Le groupe des *Senecio* sect. *arborei* (les *Dendrosenecio* de Hauman) est indiscutablement un des plus intéressants pour étudier les connexions et les disjonctions climatiques des hauts reliefs de l'Afrique centrale et de l'Afrique orientale.

Ce groupe, qui ne connaît aucune espèce de basse altitude et de vaste distribution, occupe les étages les plus élevés des hauts reliefs, où il s'échelonne par des espèces apparentées et de plus en plus adaptées au climat de haute altitude (notre climat de rayonnement).

Des espèces différentes, mais semblables entre elles par une *convergence* de caractères écologiques ⁽¹⁾, occupent dans chaque relief les limites supérieures du groupe. Ces limites varient d'après le degré d'humidité de leur aire respective. *Par rapport à l'altitude de chaque montagne*, l'espèce la plus microtherme atteindra des niveaux d'autant plus élevés que la diminution de l'humidité sera plus rapide, compara-

(1) Parmi les caractères de *convergence* de certaines de ces espèces, H. Humbert constate le dédoublement de l'hypoderme à la face supérieure et l'épaississement du feutrage des poils à la face inférieure stomatifère. Il attribue ces particularités anatomiques à l'action de la radiation à ondes courtes qui domine sur les hautes altitudes, où l'atmosphère est habituellement transparente. L'hypoderme double « forme un écran protecteur plus efficace à la surface supérieure du tissu chlorophyllien, et le tomentum dense protège l'autre face du limbe ».

Une autre adaptation intéressante, que le même auteur signale, est la *position des fleurs*, dont les capitules, « penchés comme des cloches à l'extrémité des pédoncules recourbés », les protègent des chutes de grêle et de neige, les précipitations plus fréquentes à ces hautes altitudes.

tivement aux décalages entre les plans altitudinaux des espèces qu'on observe entre un versant humide et un versant sec d'une même montagne. Ce fait paraît confirmé par le tableau suivant (d'après Humbert et Hauman):

Ruwenzori.	<i>Senecio Friesorum</i>	de 3,500 à 4,300 mètres d'altitude.
Mufumbiru (Kivu).	<i>Senecio alticola</i>	de 4,000 à 4,350 mètres d'altitude.
Kahuzi (Kivu)	<i>Senecio kahuzicus</i>	de 3,000 à 3,300 mètres d'altitude.
Elgon	<i>Senecio Gardneri</i>	de 3,950 à 4,300 mètres d'altitude (?)
Kenia	<i>Senecio keniodendron</i>	de 3,600-4,000 à 4,800 m. d'altitude.
Kilimandjaro	<i>Senecio kilimandjari</i>	de 3,400 à 4,800 mètres d'altitude.

Dans l'aire des hauts reliefs Ruwenzori-Kahuzi, s'étendant du Nord au Sud, les *Dendrosenecio* ne peuvent avoir dépassé l'isohypse inférieure de 2,000 mètres au cours des périodes pluviales pléistocènes, et sur ce plan isothermique doit s'être opérée la conjonction des espèces du groupe.

Cette hypothèse trouve une confirmation dans l'opinion de M. Humbert d'après laquelle les trois groupes de reliefs longeant la fosse tectonique occidentale « peuvent être considérés comme formant une aire globale de répartition pour un groupe d'unités systématiques d'importance diverse mais nettement apparentées de très près ».

M. Hauman insiste sur le même sujet, affirmant que « les districts actuels sont les vestiges d'une aire beaucoup plus vaste, occupée d'une façon plus ou moins continue par les premiers *Dendrosenecio*, et cela à une époque relativement récente, d'autant plus qu'il s'agit de représentants du groupe le plus évolué des Dicotylédones » (p. 34).

Si la connexion ancienne des flores afro-alpines de la fosse tectonique occidentale paraît un fait certain et relativement récent, il faut remonter à des temps beaucoup plus anciens pour admettre des contacts entre les aires phytogéographiques actuelles des *Dendrosenecio* des hauts reliefs orientaux.

Les dépressions qui séparent ces hauts reliefs paraissent exclure des connexions entre les limites altitudinales inférieures des aires géographiques des *Dendrosenecio* au cours du Pléistocène (alors que tous les niveaux étaient abaissés), ce qui expliquerait l'endémisme très marqué des aires actuelles du groupe (Elgon, Aberdare, Kenia, Kilimandjaro).

M. Humbert croit que les espèces actuelles représentent ici « un vieil élément floristique orophile qui peuplait déjà pendant l'ère tertiaire les anciens reliefs, élément auquel appartiennent aussi les *Arundinaria*, les *Podocarpus*, les grands *Lobelia* et bien d'autres groupes de plantes encore confinées, en Afrique intertropicale, aux altitudes élevées, et qu'elles proviennent de différenciations opérées, aux divers étages climatiques des hauts reliefs, sur les lignées phylétiques à la suite de leur colonisation de ces territoires » (p. 846).

A l'Est de la fosse tectonique, la stabilité du climat, même au cours des périodes pluviales, paraît avoir été toujours précaire à cause de l'influence prépondérante de l'air tropical de l'alizé de l'océan Indien pendant tout le Quaternaire.

Durant les phases pluviales, la forêt de montagne et les formations méso- et microthermes qui en sont le corollaire climatique ont étendu leur domaine respectif dans des limites analogues à celles que nous avons esquissées pour le district occidental, pour autant que les sols réalisaient l'un ou l'autre des régimes PP; Pvv; pp ou pvv relatifs aux mouvements de l'eau (v. pp. 228-229).

A l'apparition des phases interpluviales (hausse de la température), le redoublement de l'évaporation et l'apparition de longues sécheresses saisonnières imprimant de nouveaux caractères au climat, la forêt mésophile a dû se cantonner dans les montagnes qui par leur altitude et leur situation réalisaient encore les régimes de circulation de l'eau susmentionnés, tandis qu'à l'Ouest le jeu de bascule se faisait entre les deux types de forêt équatoriale, sans que le terrain restât jamais privé du manteau forestier.

Cet aspect de la répartition des diverses aires phytogéographiques est celui que nous constatons de nos jours. La jonction entre la forêt équatoriale de l'Ouest et ses fractions de l'Est n'a pas été interrompue au moins depuis le Gamblien, époque à laquelle les géologues (Boutakoff) situent la surrection des volcans (Virunga) Mufumbiru. Ces montagnes colonisées par chacun des groupes phytogéographiques climatiques ont fourni les ponts isothermiques (lignes isohypses) à travers lesquels l'Ouest et l'Est ont opéré leur jonction.

La continuité du manteau forestier à l'Ouest du fossé tectonique a d'ailleurs empêché l'érosion de décaper les horizons éluviaux dont

la richesse en matières humifiées et leur différent degré d'acidité ont réglé en définitive les mouvements de la silice et des hydroxydes devant aboutir à la formation de l'allite.

Action du climat actuel. — La protection du manteau forestier (le régime forestier) n'a pas empêché l'allite de se former aussi bien sous la forêt ombrophile que sous la forêt de montagne, car elles réalisent les conditions d'humidité nécessaires pour que les phénomènes d'éluviation et d'illuviation aient lieu.

Si l'éremacausis est normale et le pH en surface est voisin de 7 (voir profil Mofumo), la silice est lavée la première (PP ou pp), puis le kaolin; il y a dans ces conditions concentration de l'allite (non concrétionnée) en surface. (R. Meurice.)

Si le pH diminue sans devenir trop acide, l'allite se répartit dans les horizons éluviaux dans des proportions faibles; c'est le cas le plus fréquent.

Si le pH atteint 4,5 (degré dangereux), l'allite est enlevée; le kaolin et la silice restent en place et la surface devient plus limoneuse (glaisifiée), tandis que des illuvia allitiques se font en profondeur, d'où concrétions et tufs (R. Meurice). L'allite peut remonter par capillarité, mais cela est considéré par Mohr comme extrêmement rare. Les variations du pH en sont réglées par l'humification des matières organiques, laquelle, à son tour, est déterminée par les variantes locales du climat (les bioclimats locaux, les petits climats).

L'enlèvement de l'allite (pH 4,5) et la concentration en surface (les couches OE + oE de Mohr) de la siallite provoquent en même temps l'émigration des sesquioxydes en profondeur (illuviation). Ceux-ci précipitent, mais sans former nécessairement de tuf. La production de celui-ci exige une *transformation irréversible des oxydes de Fe et d'Al*. Or, cette transformation n'a jamais lieu en milieu humide (R. Meurice); la forêt joue par conséquent un rôle faisant obstacle à l'apparition de *tufs durs*.

Ce cas est d'ailleurs rare dans les sols de montagne, qui restent, pour les raisons précitées, à un stade intermédiaire. Il concerne plutôt les sols bas tropicaux ou la prémontagne humide. Même dans ces conditions la disparition de la forêt et l'apparition de sécheresses saisonnières

sont nécessaires afin que des illuvia du sous-sol durcissent et forment des carapaces. Aussi longtemps que la forêt est conservée et que par conséquent les horizons éluviaux ne sont pas décapés par l'érosion (lente ou nulle sous le couvert forestier), ni tufs ni carapaces ne peuvent apparaître à la surface du sol.

Cela n'exclut nullement, comme on l'a constaté à Madagascar, que la forêt dense recouvre des latérites; celles-ci n'apparaîtront toutefois à la surface qu'après la destruction de la forêt ⁽¹⁾.

Autour de ces schémas théoriques d'allitisation, des causes multiples énumérées précédemment peuvent agir pour modifier dans un sens ou dans l'autre l'intensité de l'allitisation d'une siallite de montagne. La liste suivante, composée de sols de montagne choisis dans la forêt mésophile, en donne une idée:

PRÉSENCE DE PSEUDO-SABLE DANS TOUT LE PROFIL

(le pseudo-sable est considéré comme indice d'allitisation).

Mohanga	1,920 m. d'alt.	apport éolien de verre basique + déforestation.
Katimba.	1,925 m. d'alt.	apport éolien de verre basique + déforestation.
Mofumo.	2,065 m. d'alt.	dérivé d'une roche volcanique + apport éolien de verre.
Fendula.	2,125 m. d'alt.	dérivé d'un basalte + déforestation.
Kahundu	1,925 m. d'alt.	apport de verre basique + forêt sclérophylle.
Malambo-Rubenghera. .	2,400 m. d'alt.	déforestation.
Kirumbi-Kagunga . . .	2,000 m. d'alt.	déforestation.

⁽¹⁾ D'après H. Perrier de la Bâthie, la végétation forestière serait la cause primitive de la latérite à Madagascar. Trois millions d'Ha d'argiles latéritiques dans l'Est de Madagascar sont encore couverts par la forêt primitive. Cet auteur parle de latérite *sensu lato*, c'est-à-dire en réalité d'argile latéritique au sens d'A. Lacroix, et non pas *sensu stricto*, d'après la signification de « croûte dure » que les Anglais donnent au mot de « latérite ».

Voir à ce sujet la discussion que M. Henri Erhart développe sur les rapports entre la formation de la latérite (de l'argile latéritique) et le couvert forestier, dans *Traité de Pédologie*, t. I, pp. 188-199. D'après cet auteur, la vraie latérite (la croûte) provient « d'une modification que subissent les argiles latéritiques forestières après la disparition de la forêt ».

PRÉSENCE DE PSEUDO-SABLE DANS UNE PARTIE SEULEMENT DU PROFIL.

Tshibinda	2,100 m. d'alt.	roches volcan. altérées + déforestation.
Mwendula	1,850 m. d'alt.	apport de verre + déforestat. ancienne.
Katale.	1,700 m. d'alt.	roche volcanique + déforestation.
Kibumba	2,120 m. d'alt.	roche volcanique + déforestation.
Tshikère.	2,200 m. d'alt.	roche volcanique.
Lulenga	1,800 m. d'alt.	matériaux volcaniques divers.

Les phénomènes qui ont empêché les siallites allitiques de montagne d'évoluer du stade viril au stade sénile apparaissent maintenant évidents. La couverture forestière, ininterrompue à l'Ouest de la fosse tectonique, aussi bien durant les périodes pluviales qu'aux phases chaudes interpluviales, a empêché en premier lieu l'érosion d'enlever les couches éluviales humifères, ce qui eu comme conséquence d'empêcher les horizons illuviaux du sous-sol de durcir. Avec l'augmentation de l'altitude, l'allitisation même a été entravée et alternativement arrêtée pendant les périodes froides au-dessus de 1,850-2,000 mètres.

A l'Est, où la forêt de montagne a dû reculer devant la sécheresse envahissante, une bonne partie des sols qu'elle avait protégés pendant les périodes pluviales n'a plus bénéficié d'une même accumulation de matières organiques; la forêt claire subxérophile, qui a remplacé la forêt dense mésophile, n'a pas offert la même protection contre l'érosion; le sol a subi l'action d'un échauffement plus fort; ainsi son évolution du stade viril au stade sénile a été alternativement retardée aux phases pluviales, accélérée durant les phases interpluviales et l'est encore de nos jours.

Ce fait se constate dans l'énumération des siallites et des profils allitiques situés à l'Est de la fosse tectonique. Les siallites persistent dans les îlots climatiques de la forêt de montagne.

Caractères écologiques principaux de la forêt de montagne. — Le nombre des espèces qui la composent est très inférieur à celui de la forêt ombrophile, ce qui indique une « spécialisation » qui tend à s'accroître avec l'altitude.

Le feuillage est persistant, sauf dans la limite inférieure de l'étage forestier, où peuvent apparaître quelques arbres à feuilles entièrement

ou partiellement caduques. Vers la limite supérieure de l'étage, les feuilles adultes sont petites ou réduites; la face supérieure est très souvent luisante ou cireuse, ce qui semble indiquer le contact avec une atmosphère plus raréfiée et une radiation solaire plus active.

La futaie est très dense, plus dense que dans la forêt équatoriale de basse altitude; toutefois, les arbres n'atteignent pas le développement caractéristique de la forêt ombrophile. Vers sa limite altimétrique supérieure (2,400-2,500 m.), la futaie se fait plus basse et paraît adaptée, d'après J. LEBRUN, à résister à des vents assez violents. Au même auteur nous empruntons le relevé sociologique suivant qui montre le développement et la densité divers des deux types de forêt :

	<i>Forêt équatoriale.</i>	<i>Forêt de montagne.</i>
Nombre de tiges à l'hectare (tiges d'au moins 20 cm. de diamètre)	115	220
Hauteur moyenne des fûts	13 mètres	10 mètres.
Hauteur moyenne du dôme	30 mètres	20 mètres.
Diamètre moyen des tiges	60 cm.	35 cm.
Volume ligneux à l'hectare	de 400 à 600 m ³	200 m ³

Un autre caractère typique de la forêt mésophile est l'absence ou la rareté des grandes lianes et l'extraordinaire abondance des épiphytes, qui, aux altitudes supérieures, s'étend aux strates inférieures de la forêt (Lebrun). Ceci indique non seulement la fréquence des brouillards ou des nuages stationnant vers les faîtes montagneux, mais des conditions de milieu de moins en moins favorables à l'éremacausis. Le sous-bois est dense et à feuillage persistant; la strate herbacée est plutôt rare, sauf dans les clairières. Une strate muscinale continue est inexistante, quoique l'on puisse remarquer, dans les stations particulièrement humides, de « nombreuses petites associations de Bryophytes humicoles » (Lebrun).

La production de matière organique de ce type de forêt est abondante, mais n'atteint naturellement pas les quantités fournies par la forêt ombrophile. Elle augmente avec le passage à des altitudes plus basses, à cause surtout des dimensions plus grandes du feuillage, rarement lauriforme, et de la densité croissante des strates arbustives du sous-sol; mais cette plus forte production de matière organique est

équilibrée par l'augmentation de la température, qui tend à la détruire. Pour ce qui concerne la composition systématique de ce type de forêt, nous renvoyons aux travaux des botanistes systématiciens et principalement à l'ouvrage de J. Lebrun, mentionné dans la bibliographie.

Domaine de la forêt claire subxérophile. — L'aire actuelle de ce domaine coïncide approximativement avec la zone assignée aux sols de prémontagne (de 25° à 19° de temp.), mais à l'Est du fossé tectonique, au delà des hautes chaînes, elle empiète plus ou moins largement sur le plan altitudinal des sols de montagne, où la forêt mésophile a dû reculer devant l'expansion de la forêt claire subxérophile. Celle-ci, au fur et à mesure qu'on progresse vers l'Est et que l'altitude diminue, présente des types xérophytiques mieux adaptés aux sécheresses saisonnières prolongées jusqu'à parvenir au « bush épineux » des zones du pourtour occidental du Victoria Nyanza.

Cette forêt ouverte et par endroits très espacée, dont la taille des arbres est plutôt basse (8-10 m. au plus), à feuilles composées et persistantes (*Piptadenia Buchananii* Baker; *Albizzia gummifera* [Gmel.] C. A. Sm.), ou entières ou denticulées, mais coriaces et épaisses (*Myrica salicifolia* Hochst., *Olea chrysophylla* Lam., *Agauria salicifolia* (Lam.) Hook. F., etc.), à sous-bois peu dense et d'un type nanophanérophyte prédominant, n'offre que peu d'ombre au sol et sa production de matière organique n'est plus aussi abondante que sous le couvert mésophile. La protection offerte contre l'érosion des eaux de ruissellement est également moindre. Le sol, exposé ainsi à la radiation plus intense dans un air plus sec, s'échauffe fortement; nous avons vu qu'il est constamment plus chaud que la strate d'air superposée; l'humus est détruit plus rapidement pendant les saisons de pluie ou est enlevé partiellement par l'érosion.

L'enlèvement des bases des horizons éluviaux, joint aux circonstances locales pouvant entraver l'humification, est cause d'acidification du sol. La saturation de l'humus rendue ainsi impossible, l'état acide du sol tend à augmenter. Dans ces conditions, l'allite circule; les illuvia, de plus en plus riches en allite sous l'action de la sécheresse, tendent à durcir, tandis que les sesquioxides tendent à monter vers la surface.

Ces horizons n'apparaîtront toutefois à la surface que si la forêt ou les associations régressives qui l'auraient entretemps remplacée venaient à disparaître, et l'érosion aurait libre jeu pour décaper ce qui reste des horizons éluviaux.

Ces processus, dont le dynamisme est réglé par la température du sol, par l'humus et par le régime de circulation des solutions (PC ou pc), auront fait progresser la désagrégation du sol au delà du stade viril des siallites allitiques de montagne dans une mesure parallèle à l'intensité avec laquelle les phénomènes climatiques auront pu agir.

Toutes les nuances intermédiaires entre le stade viril et le stade sénile pourront apparaître dans la région de prémontagne. Nous verrons par la suite en détail les phénomènes secondaires de l'action anthropique qui ont pu favoriser l'évolution sénile.

Les concrétions et les illuvia durs approchent de la surface dans la zone du « bush épineux » oriental, aux confins du Ruanda avec le Tanganyika Territory (zone de l'*ironstone* des Anglais et des grenailles latéritiques d'A. Salée). Leur apparition coïncide assez bien avec l'isohypse de 1,400 mètres qui, à l'intérieur de la fosse tectonique et sur les plateaux du Ruanda, indique le domaine des allites rouges typiques.

La mer Buganda a submergé toutes ces terres au-dessus de 1,400 mètres jusqu'à la fin du Chelléen, époque à laquelle des dénivellations importantes auraient commencé à se produire à la suite de l'effondrement du plancher du Tanganyika (1).

Le bassin du Kivu, isolé de l'Édouard et non encore capté par le Tanganyika, ne s'est pas vidé, mais a vu ses eaux monter à des niveaux

(1) La découverte toute récente (1936) d'une puissante série de couches intactes et d'ateliers paléolithiques dans le chenal par lequel le Tanganyika se déversait vers le Nord et que l'auteur, le géologue N. Boutakoff, a bien voulu nous communiquer, prouve :

1° Que l'âge de l'écoulement du Tanganyika vers le Nord est Pléistocène et peut être Pliocène supérieur.

2° Que l'écoulement a cessé au Kaiso supérieur (équivalent à l'Acheuléen supérieur d'après Wayland). Les dépôts de cette époque ont un facies aride et désertique. De la fin de cette période ou du commencement du Moustérien datent par conséquent les inondations successives du Kivu.

3° Que l'apparition de l'homme dans ces contrées remonte sûrement à la base du Chelléen.

beaucoup plus élevés, durant une période relativement courte (du Chelléen à l'Aurignacien). De ce fait, les sols à l'intérieur du bassin du Kivu, exondés à une époque beaucoup plus récente que ceux du Ruanda (de la mer Buganda), ont subi beaucoup plus tard l'altération subaérienne.

L'exondation des sols de la mer Buganda aurait-elle coïncidé avec une phase chaude interpluviale (fin du Moustérien, commencement de l'Aurignacien)? Quoi qu'il en soit réellement, ces sols paraissent n'avoir jamais été couverts par une forêt dense de type équatorial. Pendant la longue submersion (du Mindélien au Wurmien), tantôt en eaux chaudes (avec une température analogue à l'actuelle: 18° - 20°), tantôt en eaux plus fraîches (12° - 14°), la désagrégation a pu intéresser des couches profondes du sol (20-30 m. et plus), sans que ni les tufs de fer, ni moins encore des cuirasses aient pu se former.

Dès l'exondation, en l'absence d'un couvert forestier dense et grand producteur d'humus et en présence d'une température élevée, des concrétions mangano-ferrugineuses ont pu se former. Sous l'action des sécheresses saisonnières (qui n'ont jamais cessé d'exister), l'eau a pu (d'après R. Meurice) remonter à la surface des bicarbonates ferreux, qui, oxydés, ont formé du tuf et des concrétions ferrugineuses.

L'abaissement progressif des niveaux de base des différents bassins de la mer Buganda, des affaissements locaux et le drainage de plus en plus profond ont sûrement déterminé un assèchement et une acidification progressive qui ont créé le milieu favorable à une allitisation intense des sols.

Nous avons dit que la forêt dense mésophile n'a probablement jamais atteint ces sols. D'abord ils se trouvaient, même pendant les périodes pluviales, à la limite inférieure de la zone thermique de montagne, puis, si l'exondation a succédé au Chelléen sec et chaud, pendant lequel la forêt mésophile était cantonnée dans les montagnes, seules des espèces de type méso-xérophile ou xérophile peuvent avoir colonisé ces sols. Il ne faut pas oublier que même pendant les phases pluviales la plus forte humidité de l'ambiance n'a pas effacé le régime à saisons alternées propre à ces régions orientales, où le climat était alors, comme aujourd'hui, gouverné par l'air tropical sec de l'alizé de l'océan Indien.

L'humidité et la température relativement basses de la fin du Wurmien auront entravé l'évolution allitique sans l'empêcher, car il s'agissait de températures toujours assez élevées jusqu'à l'apparition du climat actuel, à l'action duquel la forêt xérophile n'a pu opposer qu'une faible défense. L'érosion activée par les phénomènes précités a aggravé un état de choses déjà précaire, mettant à découvert les concrétions et les tufs du sous-sol. Le « bush épineux » seul pouvait alors s'accommoder d'un tel substratum et y constituer le « climax » que nous observons actuellement.

Domaine des forêts sclérophylles des couloirs de foehn. — Nous avons vu qu'à l'Ouest de la chaîne congolaise, ce domaine forme la transition entre la limite thermique de la forêt de montagne, à 1,700 mètres d'altitude, et la forêt ombrophile.

Il s'agit de bandes limitées de terrain situées à l'intérieur et au Sud du bassin du Kivu et à l'Ouest de la dorsale congolaise. Le phénomène quasi permanent de foehn entretient dans ces régions une végétation sclérophylle typique décrite par J. Lebrun.

A l'intérieur du « graben », le peuplement sclérophylle constitue une unité phytogéographique autonome opérant sa transition à l'Ouest par des formes méso-xérophiles, à l'Est par des formes xérophiles.

Cette forêt se caractérise écologiquement par un port peu élevé, une densité unitaire faible; un sous-bois nanophanérophyte et microphanérophyte; des strates herbacées fréquentes et riches en espèces. Les mouvements de l'eau du sol dans ces couloirs de foehn paraissent se caractériser par les régimes Pr ou pc. Les précipitations annuelles y sont relativement faibles (de 950 à 1,200 mm.), la nébulosité forte, la saison sèche de deux mois avec petites pluies, une humidité relative de teneur moyenne.

Ce climat spécial, où la pluie perd généralement son caractère d'averse violente, ne paraît pas favorable à un vieillissement rapide du sol. Les types à dominante siallitique et les siallites allitiques semblent prévaloir sur les allites siallitiques; le stade sénile n'est atteint qu'exceptionnellement, et il faut admettre que dans ces cas, des conditions d'ordre purement local interviennent pour accélérer la formation de

l'allite. Dans certaines circonstances (par exemple dans des sols très perméables) le foehn entrave peut-être l'humification des matières organiques et augmente par conséquent la teneur moyenne d'acidité du sol.

La désagrégation minérale a été peut-être favorisée davantage que chez les autres sols de même altitude par une augmentation locale de la température (voir valeur de l'anomalie thermique dans l'atmosphère près du sol des couloirs de foehn).

Durant les périodes pluviales du Pléistocène, le foehn n'a cessé d'agir dans le sens de réducteur de la hauteur totale de pluie, de modérateur du régime d'averse (par la destruction ou la réduction des cumulo-nimbus d'orage), d'une hausse locale de la température, par conséquent d'une accélération de la vitesse d'évaporation, sans pour cela modifier sensiblement l'état de nébulosité.

A parité de toutes autres conditions (nature de la roche mère, densité du manteau forestier, etc.), les mouvements d'éluviation et d'illuviation ont été réglés par la hauteur variable du niveau hydrostatique et la qualité également variable d'un endroit à l'autre (teneur en bicarbonates de Ca et Mg) de ses eaux. Où un régime vv vv (⇕⇕) a pu se maintenir et la richesse en bases des eaux a favorisé une éréma-causis normale, le sol a été préservé d'une allitisation rapide et a gardé un état viril.

Domaine des forêts microthermes de haute altitude. — Le trait saillant de ce domaine, du point de vue pédologique, est l'accumulation sur place de matières organiques dont l'humification se fait de moins en moins avec l'augmentation de l'altitude. Le régime de pluies fines et de brouillards constants des niveaux supérieurs entretient un délavage continu contrebalancé par une évaporation très rapide, à cause de la faible tension de la vapeur d'eau et d'une radiation solaire directe extrêmement active, mais limitée aux éclaircies et aux courtes périodes de sécheresse annuelle.

L'évaporation est constamment alimentée par les réserves du sous-sol, le niveau hydrostatique étant généralement proche de la surface, ou par l'eau absorbée par les couches épaisses de *Sphagnum*

qui couvrent le sol. Ces mouvements de l'eau, nous avons cru pouvoir les représenter par les symboles pp ($\downarrow\downarrow$) ou vv ou vv vv, d'après les versants, l'ubication des terrains, etc.

La température constamment basse exclut naturellement toute formation d'allite. Celle-ci se forme toutefois en surface s'il y a apport par le vent de verre basique (profils Kahuzi n° 217 à 2,700 m. d'altitude, et Mikenon n° 265 à 2,700 m. d'altitude). La température du sol, à cause de l'intensité de la radiation solaire, est toujours ou presque toujours supérieure à la température moyenne de l'air pendant le jour (le régime nocturne nous est inconnu) ⁽¹⁾.

Une certaine décomposition doit se faire à la faveur du microclimat du sol, plus activement dans les étages altimétriques inférieurs, où il ne gèle pas, plus lentement dans les étages supérieurs, où le gel journalier après le coucher du soleil arrête toute activité.

Procédant du bas vers le haut, nous constatons en effet des sols au stade juvénile (profil Kahuzi n°s 217-222) et des sols squelettiques qui paraissent offrir une analogie avec les « Frosterden » et les « Alpinen Humus Böden » des Alpes.

A part la similitude de certains processus, tels que l'augmentation de matières organiques, sous l'influence de situations climatiques analogues, nous estimons qu'une comparaison entre les sols de haute montagne des tropiques et les sols arctiques n'est pas possible au sens strict. Les phénomènes actuels de nivation déterminent des traînées de boue visqueuse sur de petites étendues. Ces sols de « solifluction » (reptation vers l'aval) ont été remarqués par les géologues sur les cimes plus élevées de l'Afrique centrale et de l'Afrique orientale, y compris l'Éthiopie (Nilsson), partout où les traces de la glaciation pléistocène sont conservées et les phénomènes de gel et de dégel sont réguliers et fréquents ⁽²⁾.

L'extension glaciaire des périodes pluviales a déterminé certaine-

⁽¹⁾ Voir « Température des hauts sommets » et « Microclimats de montagne » dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, pp. 116-130 et 317-321, de H. Scaëtta.

⁽²⁾ Voir H. SCAËTTA, *Les Précipitations dans le bassin du Kivu, etc.*, chapitre XIV : *Grésil, neige et givre*, pp. 95-97.

ment des conditions spéciales de désagrégation du sol analogues à celles que nous observons aujourd'hui dans les régions arctiques ou dans la zone alpine de nivation. Mais après la retraite des glaciers, l'altération chimique a été gouvernée par un régime de délavage (de podzolisation) dû à l'infiltration des eaux de fusion de la glace pendant le jour et par une *température du sol* plus élevée que la température estivale des régions arctiques, à cause de la radiation solaire plus intense des latitudes équatoriales.

L'analyse minéralogique du profil du Ruwenzori, prélevé par L. Hauman (botaniste de l'Expédition belge au Ruwenzori en juillet-août 1932) à 4,200 mètres d'altitude, sur le versant occidental, en marge du glacier, a révélé (voir chap. IV, p. 82) un sol juvénile (plusieurs fragments inaltérés de la zone de départ se retrouvant dans l'horizon éluvial) dérivé d'une roche métamorphique (actinote + quartz + muscovite) fournissant en abondance de l'*actinote* dont l'altération met en liberté du fer + des ions de Ca et Mg (Schoep).

Dans le sous-sol, l'analyse a trouvé des « tubes de limonite », spécialement autour des radicelles végétales, et des grumeaux friables. Ces derniers indiquent qu'il y a illuviation. Le pH, certainement très acide, de la surface a mobilisé le fer, qui, entraîné vers le bas par des eaux chauffées probablement pendant leur infiltration à travers l'horizon éluvial, est oxydé et coagulé. Il forme alors autour des radicelles ces « tubes limoniteux » rouges ou rouge-brun que l'analyse mentionne.

Le délavage superficiel n'est pas assez intense pour provoquer un blanchiment des couches éluviales (la couleur de tout le profil est brun foncé), ce qui serait le signe d'une podzolisation effective, mais le mouvement descendant de l'eau est suffisant pour donner lieu à une illuviation (les grumeaux friables).

Ce sol, dont le développement a été arrêté pendant que la glace le couvrait, a pu atteindre le stade juvénile actuel par l'action d'un climat alternativement chaud (dans un sens relatif bien entendu) pendant le jour, glacial pendant la nuit, au cours des phases interpluviales du Pléistocène et du climat actuel, ce qui est bien le trait caractéristique du climat des hauts sommets de l'Afrique centrale.

Sur les volcans Mufumbiru, les sols situés à une altitude égale de

4,200 mètres n'ont pas atteint le stade juvénile. Il faut descendre beaucoup plus bas, au niveau de 3,500-2,700 mètres approximativement (d'après l'altitude de la montagne), pour retrouver ce stade.

Il s'agit ici de montagnes d'âge récent (leur surrection date de la fin du Gamblien), où, malgré la facilité des roches volcaniques de se désagréger, le temps écoulé n'a pas été suffisant pour que le stade juvénile soit atteint. A 3,200-2,700 mètres la température plus élevée (12°) et l'abondance des précipitations déterminent déjà une évolution beaucoup plus rapide des processus de décomposition.

Caractères écologiques principaux des peuplements de haute montagne. — Ils se résument : dans une diminution constante de la masse ligneuse, la taille et la densité unitaire pouvant rester relativement élevées, comme le prouvent les forêts de *Dendrosenecio*, sauf vers la limite supérieure de l'étage afro-alpin (Hauman), où le nanisme finit par prévaloir; dans l'extraordinaire abondance des mousses et des lichens épiphytes, jusqu'au niveau moyen du plafond nuageux. Au-dessus, cette strate aérienne absorbante est remplacée par le tapis épais de *Sphagnum* adhérent au sol, mousses acrogènes qui absorbent l'eau des nuages et des brouillards paraissant accomplir par cela une fonction qui dans des sols mûrs serait dévolue à l'argile.

Plus haut, les tapis de mousses sont remplacés par des feutrages d'*Alchemilletum*, qui paraissent protéger le sol contre un dessèchement et une irradiation excessifs (climat de rayonnement), entrecoupés par endroits de petits massifs de Graminées arctotertiaires (1).

Les étages inférieurs héliophiles (*Arundinaria* + *Hagenia* + *Hypericum*) couvrent des sols juvéniles, auxquels ils fournissent une matière organique abondante (érémacausis normale ou presque); l'étage à Ericacées (*Ericetum* et *Vaccinietum*) paraît, par contre, avoir une action acidogène.

Nous le déduisons du fait que si l'*ericetum*, à la suite de circonstances topographiques favorables, parvient à occuper le sol d'un étage plus chaud, par exemple le *bambusetum*, il y forme des îlots qui ont

(1) Voir « Répartition des climats et des étages de végétation au-dessus du niveau de précipitations maxima », dans *Le Climat écologique, etc.*, pp. 262-321.

tendance à s'élargir aux dépens du *bambusetum*, qui paraît incapable de le concurrencer.

Nous avons rapporté (voir p. 145) une opinion de Ramann d'après laquelle certaines Graminées boréales auraient une action anti-acidophile. Nous n'avons pas vérifié sur place le degré d'acidité des lambeaux de sol occupés par la prairie, mais nous avons observé maintes fois qu'où celle-ci s'installait le sol acquérait un commencement de plasticité.

L'association à Graminées, entretenant un microclimat chaud, facilite de ce fait les processus d'altération des minéraux et tend à équilibrer par une évaporation plus active les mouvements de descente et de montée de l'eau en une alternance peut-être plus régulière.

La présence de roches feldspathiques pourra constituer un substratum favorable à une kaolinisation, quoique modérée. Les petites poches de terre couvertes de touffes de Graminées (*Poa* sp., *Deschampsia flexuosa*) qu'on observe sur des sommets dénudés à 4,500 mètres d'altitude, à l'abri du microrelief ou d'accidents du terrain, doivent probablement leur origine à des formes de désagrégation de ce type. Ces poches sont les fournisseurs des rubans de boue qui dévalent les pentes dans les mouvements de reptation.

Conclusions. — Voici les conclusions auxquelles paraissent nous amener les faits exposés jusqu'à maintenant :

Les sols *squelettiques* (débris de la roche mère; sables minéraux) appartiennent aux zones soumises au « climat de rayonnement » (rayonnement obscur + albédo) dans les sommets libres de neige ou de glaces permanentes. A la faveur de microclimats locaux un début d'altération kaolinique peut s'amorcer.

Les sols *juvéniles* paraissent appartenir au « climat de pluies fines » avec une variante acidogène dans un horizon supérieur, pas toujours présent (climat de brouillards persistants). Les sols juvéniles peuvent présenter un commencement de podzolisation, avec des concrétions ferrugineuses, comme dans le cas du Ruwenzori, et de ce fait montrer un âge plus avancé quand la désagrégation est ancienne et a subi l'action répétée de longues phases climatiques actives. Même si l'altitude

est très forte, comme dans le cas du sol du Ruwenzori, l'eau de fonte du glacier remplace, par rapport aux mouvements de l'eau dans le sol, l'action des pluies fines persistantes. Dans ce cas, le plan altimétrique du climat de rayonnement, par rapport au sol, appartient au glacier.

Les siallites et les siallites allitiques *viriles* appartiennent au « climat tempéré humide d'averse », sans ou avec courte saison sèche. Ce climat ainsi que le climat de l'étage supérieur (moins de 13° C) permettent une allitisation rapide du verre volcanique, mais dans ce cas l'allite paraît demeurer limitée à la couche OE de l'horizon éluvial de Mohr.

Les sols *séniles*, à des échelons divers de maturité, appartiennent de préférence au « climat tempéré d'altitude à saisons sèches et humides alternées ». Toutefois, des causes locales telles qu'une meilleure humification, ou bien la nature des eaux d'infiltration, ou la qualité de la roche mère (roches acides feldspathiques) peuvent entraver ou mitiger la vitesse des processus d'allitisation.

L'ensemble de ces surfaces de montagne et de prémontagne se présente comme très varié à des titres divers. Le stade plus évolué de l'état sénile paraît appartenir aux sols submergés au Pléistocène par la mer Buganda.

A l'exclusion des sols remaniés par les forces du drainage superficiel ou par toute autre cause, on peut croire avec une large approximation que tous les sols autochtones que nous avons mentionnés, à l'exception des sols volcaniques des Mufumbiru dont nous connaissons l'origine très récente, ont atteint le stade respectif de maturité dans une même période géologique de temps.

Ce qui prouve la diverse intensité de l'action des variantes climatiques régionales et éclaire d'une signification positive le sens de « relativité » du concept de vieillissement par rapport au temps.

CHAPITRE IX.

LES ZONES A PRAIRIE

Généralités. — Méthode employée dans l'investigation phytosociologique. — Prairies primitives ou alpages afro-alpins sur sols squelettiques de haute montagne : de climat humide, de climat relativement sec. — Caractères biologiques et géographiques des prairies primitives. — Prairies biotiques sur sol juvénile ou prairies pseudo-alpines : de climat humide, de climat moyennement humide, de climat relativement sec. — Leurs caractères géographiques et instabilité des prairies biotiques. — Prairies biotiques de sols virils : de climat humide, de couloirs de foehn, de climat alternativement sec et humide. — Influence de la direction du vent dans la dégradation du sol par le feu et dans le dynamisme de l'organisation phytosociologique de la prairie. — Prairies biotiques de sols séniles. — Prairies biotiques d'alluvions. — Caractères généraux des prairies et leurs rapports avec les sols.

Les forêts vierges de n'importe quel type sont très rares, et presque tous les auteurs abusent du qualificatif de « vierge », dont ils n'expliquent pas, du reste, la signification qu'ils lui attribuent. D'après H. HUMBERT, botaniste qui a parcouru une grande partie du continent, le Congo belge est, avec quelques-unes des contrées qui environnent le golfe de Guinée, une des rares régions de l'Afrique qui ont le privilège de posséder encore des lambeaux importants de forêt primitive.

Ailleurs il n'y a généralement que des *forêts modifiées* à des degrés différents, ou, mieux, la forêt primitive de types variés, et ses dérivations secondaires ont disparu, pour faire place à la savane ou à la prairie.

Nous réservons le nom de *prairie* aux formations herbacées donnant lieu à un herbage continu constitué principalement de Graminées sociables.

Nous appelons *savane* les formations de hautes Graminées dans lesquelles, d'après GRIESEBACH et DRUDE ⁽¹⁾, on remarque la présence de plantes ligneuses tropicales dont la feuillaison correspond à la saison pluvieuse ou qui, du moins, peuvent résister à la sécheresse ». Dans

⁽¹⁾ A. GRIESEBACH, *Végétation du Globe*, trad. franç., t. II, p. 177.

O. DRUDE, *Manuel de Géographie botanique*, trad. franç., pp. 274-275.

cette formation, les Graminées végètent activement à l'apparition des pluies après la sécheresse solsticiale ⁽¹⁾.

Drude donne le nom de *steppes à Graminées* aux savanes sans arbres (p. 275), d'après l'interprétation que VON KERNER ⁽²⁾ a donnée à cette formation.

Le qualificatif de *steppe*, au sens plus général, signifie avant tout « un gazon discontinu, formant des touffes plus ou moins disséminées » (Drude, p. 272). Cette formation, dont l'origine est climatique, n'existe en Afrique intertropicale que subordonnée à des phénomènes graves de dégradation. Il y a dans nos régions des prairies qui ont *l'aspect d'une steppe*, sans qu'on puisse, du point de vue climatique, les qualifier de steppes. Nous le constaterons au cours de notre exposé.

Pour ce motif nous n'adoptons pas ce terme de « steppe à Graminées », et les formations herbacées qui jaunissent pendant la ou les saisons sèches, nous les comprenons sous la dénomination générale de *prairie*. H. PERRIER DE LA BATHIE, A. CHEVALIER, H. HUMBERT ont désigné comme prairies les formations analogues de Madagascar et de l'Afrique occidentale française.

D'autre part, la distinction que nous faisons entre les diverses prairies précise davantage les conditions générales qui les différencient. Ainsi le mot *alpage* indique un gazon court toujours vert n'occupant que de petites superficies, limitées par la topographie même du terrain.

Par *herbage*, Drude distingue des formations mixtes de Graminées sociables gazonnantes « où les plantes herbacées et le gazon lui-même sont plus bas que dans les prairies ». Nous employons ce terme dans un sens analogue, mais plus large et généralisé. Il n'en pourrait être autrement, si l'on considère que les distinctions des auteurs ont pour origine l'étude des prairies alpines d'Europe. D'autre part, ce travail n'est pas l'endroit le plus opportun pour engager une discussion sur la terminologie phytogéographique, encore un peu confuse.

Nous donnons le nom de *pâturage* aux prairies qui sont effectivement broutées par le bétail. Toute définition botanique mise à part, une prairie dont la composition sociale convient à l'entretien du bétail

⁽¹⁾ Les botanistes belges emploient le mot *savane* dans un sens plus étendu, y incluant ce que nous appelons prairie (savane herbeuse, savane arborée); cf. Delevoy, etc.

⁽²⁾ Et les botanistes allemands en général, qui disent « Grasssteppe » ou « Baumsteppe ». Les Anglais disent « grassland » et « savannaland ».

est de ce fait un pâturage. Dans un travail ultérieur nous traiterons cette question avec des documents nouveaux ⁽¹⁾.

Nous avons dirigé notre attention sur les prairies, parce que ces formations, par leur organisation rapidement variable, nous ont paru traduire assez fidèlement les petits stades successifs de l'évolution du sol, sous l'action du climat aussi bien que des facteurs géomorphiques et anthropiques.

La comparaison qu'en outre nous allons établir entre les relevés phytosociologiques et le degré de maturité du sol démontrera si au changement de la station pédologique correspond un changement dans le type (écologique et géographique) des formations qui s'y adaptent. Nous avons voulu vérifier si à des sols de composition et d'âge divers correspondent des organisations phytosociologiques diverses.

Une disproportion apparaîtra évidente entre le nombre de relevés sociaux et le nombre correspondant de profils de sols étudiés. Nous avons dit dans l'Introduction les raisons qui ont déterminé cet inconvénient.

Malgré cela nous avons maintenu l'exposition intégrale de tous les relevés sociologiques, car ils constituent toujours une documentation recueillie *in situ*.

Nous nous efforcerons de dire, à la lumière de notre connaissance personnelle des lieux, à quel type de sol peuvent appartenir les associations pour lesquelles le profil respectif n'a pu être étudié.

Si une part d'hypothèse plus grande qu'il n'était nécessaire vient empiéter dans le domaine expérimental, nous n'en sommes pas responsable.

Nous examinerons successivement les diverses prairies d'après l'âge du sol auquel elles appartiennent, et le type climatique, humide ou sec (selon qu'il y a longue ou courte saison sèche), comme l'indique le schéma suivant :

- a) *Prairies primitives ou alpages afro-alpins sur sols squelettiques de haute montagne :*
 - 1° de climat relativement humide;
 - 2° de climat relativement sec.

(1) Voir H. SCAËTTA avec la collaboration du Laboratoire de Chimie et d'Oniologie de Tervueren. — Les pâturages de haute montagne en Afrique centrale. (*Bull. agr. du Congo belge* [Ministère des Colonies de Belgique], vol. XXVII, n° 3, 1936, pp. 323-378. Bruxelles.)

- b) *Prairies biotiques ou pseudo-alpines sur sols juvéniles* :
 - 1° de climat humide;
 - 2° de climat moyennement humide;
 - 3° de climat relativement sec.
- c) *Prairies biotiques de sols virils* :
 - 1° de climat humide (domaine de l'alizé atlantique);
 - 2° des couloirs de foehn;
 - 3° de climat alternativement sec et humide (domaine de l'alizé de l'océan Indien).
- d) *Prairies biotiques de sols séniles*.
- e) *Prairies d'alluvions récentes*.

Méthode suivie dans l'investigation phytosociologique. — Nous avons été amené à adopter un système que nous appellerons « arithmétique », pour la bonne raison qu'il était le seul qui nous permettait d'employer notre personnel indigène, dressé pour ces fonctions, avec une garantie suffisante de bon travail.

A l'indication sommaire de « quantité » et de « sociabilité » des espèces ⁽¹⁾ nous avons substitué des chiffres. Par ce moyen nous indiquons le nombre de chaque espèce contenu dans une aire déterminée. Quels que soient les défauts d'un tel procédé, on ne pourra pas contester que ces chiffres, étant données les précautions prises dans le choix des aires à inventorier, donnent une idée suffisamment exacte des rapports de quantité et de sociabilité des espèces constituant l'association étudiée.

Nous nous sommes efforcé de mettre en évidence, par nos relevés sociologiques, les termes multiples de la dégradation d'un *climax-complex* dans le cadre d'une ambiance climatique et pédologique préalablement déterminée. Dans certains cas nous avons complété nos relevés d'une association type par l'indication systématique des groupements ou des espèces associées, ne formant pas par eux-mêmes des associations distinctes.

Nous nous sommes surtout efforcé de dégager le caractère du type moyen de la prairie, dans le choix de l'association dominante. Dans la plupart des cas l'association occupait de grandes étendues et sa compo-

⁽¹⁾ Voir : *Vocabulaire de Sociologie végétale* de BRAUN-BLANQUET et J. PAVILLARD, 1922.

sition présentait des caractères d'uniformité évidente : aucune erreur n'était possible dans le choix de l'aire à relever. Dans d'autres cas, quand le caractère de stabilité de la formation ⁽¹⁾ apparaissait incertain, à cause de sa jeunesse ou pour toute autre circonstance, il eût été inexact de conclure à la dominance d'une seule association : pour un même sol et un même climat, nous trouvions dans le tapis végétal des termes multiples de passage au climax sous l'influence de facteurs actuels et de facteurs historiques. Dans ces conditions, nous avons multiplié nos relevés, appliquant nos investigations aux diverses associations qui nous paraissaient représenter ces stades intermédiaires de moins en moins stables s'ils évoluent vers le climax ; de plus en plus stables s'ils évoluent vers un stade ultime de dégradation.

Les chiffres se référant à la quantité et à la sociabilité des espèces sont relatifs à une aire d'un mètre carré.

Au dénombrement des espèces nous avons ajouté un autre élément : le poids des parties aériennes. Les herbes étaient coupées dans ce but un peu au-dessus du collet et pesées avec une balance de précision. Nous avons pensé que le *poids de matière verte* produite concourrait à nous donner une idée supplémentaire de l'état moyen des conditions écologiques de la prairie, d'un côté, par rapport à la fertilité du sol, de l'autre, par rapport au climat et par conséquent à la nature (à l'origine) des espèces dominantes dans l'association. Pour les plantes fourragères (une bonne partie des Graminées et une petite partie des Cypéracées) cet élément met à la disposition des agronomes une connaissance de valeur pratique : elle permet de se faire une idée suffisamment exacte de la masse de matière verte que la prairie peut offrir pour le pâturage du bétail. D'autre part, la composition qualitative de la prairie permet d'envisager les moyens susceptibles de l'améliorer, quand les conditions de sol et de climat suggèrent une telle éventualité. Nous étudierons par la suite la valeur économique de ces prairies de montagne sur la base de nombreuses analyses faites sur

(¹) A ce terme de « formation » nous donnons la signification que lui attribue R. MAIRE. Nous voulons désigner « un groupement végétal caractérisé par une physionomie homogène, ce groupement pouvant d'ailleurs être quelconque au point de vue de sa composition floristique, c'est-à-dire au point de vue de la position systématique des espèces qui le constituent ». (Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Notice par le D^r R. MAIRE, p. 4. Alger, 1926.)

bon nombre d'espèces choisies parmi les dominantes des associations ⁽¹⁾.

Pendant une bonne partie de 1929, notre éminent compagnon de voyage, le botaniste français H. HUMBERT, a assisté et guidé nos travaux; c'est la raison pour laquelle les spécimens d'herbiers réunis pendant ce temps portent un numéro de l'herbier Humbert. Les documents relatifs à ces herbiers se trouvent au Muséum d'Histoire naturelle de Paris et au Jardin botanique de l'État à Bruxelles ⁽²⁾.

Les relevés continués après le départ de M. Humbert portent un numéro de l'herbier Scaëtta et les *exsiccata* sont conservés au Jardin botanique de l'État à Bruxelles. Une partie de nos récoltes n'a pu encore être déterminée et nous nous voyons forcé d'indiquer un bon nombre d'espèces sous des noms provisoires. Nous regrettons cette lacune, mais le numéro d'herbier indiqué à côté de chaque espèce rendra possible à ceux que la chose intéresse d'obtenir par la suite la détermination définitive.

Prairies primitives sur sols squelettiques de haute montagne ou alpages afro-alpins. — Existe-t-il des prairies primitives et dans quelles conditions? Indiscutablement elles existent là où ni les conditions édaphiques ni les conditions climatiques, ni les deux ensemble ne peuvent consentir à la forêt de se développer. Sont sûrement primitifs les îlots à Graminées boréales des sommets très élevés (l'étage afro-alpin de Hauman) et le sont très vraisemblablement les petites prairies formant clairière dans la forêt de *Senecio* arborescents de certaines montagnes orientales moins humides (la forêt à *Senecio alticola* du Muhavura).

Enfin, nous croyons pouvoir classer comme primitives certaines petites prairies humides qu'on découvre dans l'étage à *Hypericum* et plus haut dans l'*ericetum* du Karisimbi, entre 3,100 et 3,800 mètres d'altitude.

⁽¹⁾ V. O. C., p. 247.

⁽²⁾ Les botanistes auxquels nous devons les déterminations sont :

GRAMONÉES (en partie) . . .	Robyns, W. (Bruxelles).
CYPÉRACÉES	Chermezon, H. (Strasbourg).
ALCHEMILLES.	Hauman, L. (Bruxelles).
FOUGÈRES	Christensen (Copenhague).
Divers	Humbert, H. (Paris).
	Staner, P. (Bruxelles), etc.

Probablement sont encore primitives les prairies de certains sols particuliers, comme ceux rencontrés en marge des sols particulièrement riches en hydrocarbures, au pied du versant oriental du massif Kahuzi (voir chap. V, pp. 144-145), et aussi *certaines* sols marécageux (formations à Cypéracées dominantes), et *certaines* stations de berges, de dépressions, etc., qui offrent un *stade* prairie hygrophile naturel et non secondaire.

Nous avons formulé l'opinion (voir chap. II, p. 40) que les prairies humides du Karisimbi sont en rapport avec les phénomènes de la glaciation pléistocène. S'il en est ainsi, ce type doit réapparaître dans d'autres montagnes, à des niveaux que les digitations glaciaires ont pu atteindre.

Le fait qui surprend à première vue c'est que ces petites prairies, que les buffles sauvages fréquentent irrégulièrement, empêchent la forêt environnante de les envahir. Car leur sol, leur situation sont absolument forestiers et le piétinement et le broutage des germinations par les buffles ne paraissent pas suffisants pour tenir en respect la forêt.

Voici l'exposé des relevés sociologiques dans l'ordre mentionné. Dans chacun des relevés sont successivement indiqués : la forme biologique d'après les symboles habituels (¹), le nom de l'espèce et le numéro d'herbier; le nombre d'individus par mètre carré; le poids en grammes des parties vertes aériennes.

PRAIRIES PRIMITIVES DE CLIMAT HUMIDE (aff. aux pelouses fermées constamment humides de R. Maire et aux *pozzines* de Briquet).

KARISIMBI. — Date du relevé : 16 juin 1929. Étage à *Hypericum lanceolatum* et *Hagenia abyssinica*, altitude 3,140 m. (bas de l'étage). Hauteur de l'herbage : 40-50 cm. Pâturage de buffles sauvages.

La composition minéralogique de ce sol type est donnée au chap. IV, p. 84, sous les numéros 267 et 266.

H	<i>Carex lycurus</i> K. Schum	8609	Humb.	200	505 gr.
H	<i>Agrostis</i> cf. <i>Schimperiana</i> Hochst	8613	Humb.	18	35
H	<i>Festuca abyssinica</i> Hochst.	8596	Humb.	2	4

(¹) Voici la signification des symboles d'après Raunkiaer :

H	= Hémicryptophyte;	Ph	= Phanérophyte;
Th	= Thérophyte (annuelle);	NPh	= Nanophanérophyte;
Ch	= Chaméphyte;	G	= Géophytes.
H-Ch	= Hémicryptophyte-Chaméphyte;		

H	<i>Alchemilla subreniformis</i> De Wild.	8583	Humb.	45	—
H	<i>Ranunculus Volkensii</i> Engl.	8572	Humb.	25	—
H	<i>Ranunculus</i> sp.	8613 ^{ter}	Humb.	18	—
H	<i>Sagina abyssinica</i> Hochst.	8606 ^{bis}	Humb.	1	—
H	<i>Crassula Vaillantii</i> (Wild.) Schoenl.	8580 ^{ter}	Humb.	3	—
Th	Indéterminable.	—		3	—

KARISIMBI. — Date du relevé : 16 juin 1929, même étage que le précédent. Terrain légèrement tourbeux. Hauteur moyenne de l'herbage : 50 cm. Pâturage de buffles. Altitude 3,250 m. Sol type n° 267.

	<i>Agrostis</i> sp.	8559	Humb.	200	195
H	<i>Carex simensis</i> Hochst. var. <i>ninagongensis</i> Kük.	8553	Humb.	70	122
H	<i>Juncus Bachiti</i> Hochst.	8588	Humb.	60	82
H	<i>Carex lycurus</i> K. Schum.	8609	Humb.	50	90
H	<i>Scirpus costatus</i> Boeck var. <i>macer</i> H. Cherm.	8558	Humb.	40	27
H	<i>Luzula</i> cf. <i>Volkensii</i> Buch.	8563 ^{ter}	Humb.	30	30
H	<i>Alchemilla subreniformis</i> De Wild.	8610	Humb.	6	—
H	<i>Hypericum peplidifolium</i> A. Rich.	8581	Humb.	13	—
H	<i>Viola abyssinica</i> Steud.	8569 ^{bis}	Humb.	12	—

KARISIMBI. — Date du relevé : 16 juin 1929. Étage à Ericacées (*Philippia*) sur le versant Sud de la montagne à 3,500 m. d'altitude. Terrain subhorizontal. Hauteur moyenne de l'herbage 40-50 cm. Pâturage de buffles. (Voir photo n° 36.)

H	<i>Agrostis</i> sp.	8559	Humb.	415	252
H	<i>Festuca abyssinica</i> Hochst.	8596	Humb.	27	40
H	<i>Luzula Johnstonii</i> Buch.	8563	Humb.	?	?
H	<i>Scirpus costatus</i> Boeck var. <i>macer</i> H. Cherm.	8558	Humb.	60	—
Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolf. var. <i>Uhligii</i> (Engl.) Hauman et Balle	8551	Humb.	34	—

KARISIMBI. — Date du relevé : 20 juin 1929. Limite entre l'étage à Ericacées (*Philippia*) et l'étage subalpin à *Lobelia Wollastonii* et *Senecio alticola*, à 3,700 m. d'altitude sur le versant Sud. Pâturage de buffles. (Voir *Analyse minéralogique*, n° 266, p. 84.)

H	<i>Agrostis</i> sp.	8559	Humb.	250	223
H	<i>Festuca abyssinica</i> Hochst.	8596	Humb.	10	10
H	<i>Carex simensis</i> Hochst. var. <i>ninagongensis</i> Kük.	8553	Humb.	35	80
H	<i>Luzula Johnstonii</i> Buch.	8600	Humb.	77	10
Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolfe var. <i>Uhligii</i> (Engl.) Hauman et Balle	8551	Humb.	25	—
H	<i>Swertia macrosepala</i> Gilg.	8571 ^{bis}	Humb.	30	—

Dans ce type de prairie humide, les Cypéracées et les Graminées paraissent se faire équilibre dans l'organisation de l'association. Parfois les Cypéracées parviennent à prévaloir et fournissent normalement une quantité plus grande de matière verte. L'augmentation de l'altitude finit par donner aux Graminées la dominance de l'association, ce qui est conforme à la règle climatique.

PRAIRIES PRIMITIVES DE CLIMAT RELATIVEMENT SEC (soumises au cours de l'année à des périodes sèches). — Nos investigations ont été faites sur les versants oriental et méridional du Muhavura (4,127 m. d'alt.), montagne qui par sa situation à la limite orientale du massif volcanique des Mufumbiru est la moins arrosée des volcans du Kivu. Le versant oriental est le plus sec de la montagne. Les indigènes ont détruit depuis longtemps ses forêts de bambous, dont il ne reste trace que sur le versant occidental, vers la selle, avec le Mgainga et le Sebyinio; la prairie s'est emparée ainsi du terrain et nous avons pu acquérir les preuves, par l'observation de vieilles souches carbonisées et par l'apparition à des altitudes inusitées d'espèces adaptées aux incendies (*Agauria*), que les flammes ont certainement atteint 3,700 mètres d'altitude, où l'étage subalpin a été détruit ou fortement abîmé. Les sécheresses saisonnières prolongées de cette partie des Mufumbiru favorisent naturellement ces incendies, mais les causes premières de la destruction sont la recherche du bois à brûler par les indigènes et l'emploi abusif du bambous comme matériel de construction de leurs cases. Dans ces conditions, il était ardu de déterminer où se terminaient les prairies incendiées et où commençaient les prairies primitives. Celles-ci occupent, à notre avis, les petites clairières de la forêt à *Senecio alticola* à partir d'un niveau moyen de 3,800 mètres.

Les *Senecio* n'étaient pas abîmés à l'époque de notre visite, et ce qu'il y a de remarquable à noter est l'absence ou la rareté du tapis de *Sphagnum* adhérent au sol, sans doute à cause du climat plus sec de ce volcan; comme on le constate ailleurs à cette altitude, ce fait a permis aux Graminées de s'y installer et de réduire, avec toute vraisemblance, l'acidité du sol, favorisant par cela même l'humification partielle des matières organiques fournies principalement par la forêt de *Senecio* arborescents.

Le sol est toujours du type squelettique, bien drainé, à cause de la

pente très forte. La tourbe sèche ne se trouve pas où est la prairie : elle s'accumule ailleurs dans les conditions décrites. La composition minéralogique de ce sol est donnée au chapitre IV, page 94, sous les n^{os} 270 et 300. Ce sol présente de grandes analogies avec ceux de même altitude du Mikeno, analysés sous le n^o 269, page 81, et celui du sommet du Karisimbi (analyse n^o 214, p. 82). La couleur de ces sols peut être indifféremment brune, noire et grise et leur réserve minérale, étant donnée leur nature volcanique, est variée et abondante.

MUHAVURA. — Date du recensement : 8 juin 1929, versant oriental, altitude 3,800 m. Clairière de la forêt à *Senecio alticola*. La prairie dispute le terrain, par endroits, au feutrage d'*Alchemilla geranioides*.

Le terrain est peu incliné. Hauteur moyenne de l'herbage : 50 cm. Sol n^o 270. (Voir p. 94.)

H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	2248	Sc.	1025	835
H	<i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger	2249	Sc.	22	20
Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolfe var. <i>Uhligii</i> (Engl.) Haum. et Balle	8517	Humb.	5	—

MUHAVURA. -- Même date, même étage altitudinal, versant Sud, altitude 3,800 m. Clairière dans la forêt de *Lobelia Wollastonii* et *Senecio alticola*. Nous ne pouvons pas exclure que dans cette situation les flammes aient atteint occasionnellement la prairie. Même type de sol que le précédent. (*Analyse minéralogique*, n^o 270, p. 94.)

H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	2248	Sc.	600	355
H	<i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger	2249	Sc.	43	126
H	<i>Anthoxanthum nivale</i> K. Sch.	8522	Humb.	48	48
H	<i>Poa</i> cf. <i>leptoclada</i> Hochst	2246	Sc.	20	30
Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolfe var. <i>Uhligii</i> (Engl.) Haum. et Balle	8517	Humb.	3	—

Sont associées à cette prairie, disséminées irrégulièrement : *Carex karisimbiensis* H. Cherm., *Swertia Adolphi-Frederici* Mildbr. et Gilg et *Arabis alpina* L. forma *maruensis* (Engl.) K. Sch. Sur le Karisimbi, à une altitude analogue, nous avons trouvé *Swertia macrocephala* Pilger.

MUHAVURA. — Date du relevé : 10 juin 1929, sur le sommet, à 4,127 m. d'altitude ; îlots à Graminées dans l'alpage à *Alchemilla geranioides* var. *Uhligii* (Engl.) Hauman et Balle. (Voir pl. XVIII, photo n^o 34 dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil.*) Sol n^o 300, chapitre IV, p. 94. (Voir photo n^o 38 et voir également photo n^o 34, pl. XVIII dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil.*)

H	<i>Poa</i> cf. <i>pumilis</i> Hochst.	2245	Sc.	560	772
---	---	------	-----	-----	-----

Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolfe var. <i>Uhligii</i>	8517	Humb.	56	99
	(Engl.) Haum. et Balle				

MUHAVURA. — Idem, îlots à Graminées du sommet (4,127 m. alt.). Sol n° 300. (Voir également le sol n° 217, p. 92, du sommet du Karisimbi, qui peut être considéré comme analogue.)

H	<i>Festuca abyssinica</i> Hochst. (= <i>F. gelida</i> Hochst.)	8545	Humb.	140	130
H	<i>Poa</i> cf. <i>pumilis</i> Hochst.	2245	Sc.	2	1
H	<i>Luzula</i> cf. <i>Volkensii</i> Buch.	2243	Sc.	115	205
Ch	<i>Alchemilla geranioides</i> Rolfe var. <i>Uhligii</i> (Engl.) Haum. et Balle	8517	Humb.	40	70
Ch	<i>Helichrysum Newii</i> O. et H.	8504	Humb.	60	190

Comme dans les prairies humides du Karisimbi, le tapis d'Hémicryptophytes domine dans ces prairies primitives sèches du Muhavura. Les Chaméphytes y sont rares; les autres types biologiques paraissent absents.

Caractères biologiques et géographiques des prairies primitives. — Le spectre biologique de ces associations se résume en deux formes : les Hémicryptophytes et les Chaméphytes; la première de ces formes paraît avoir une prédominance presque absolue.

Du point de vue géographique nous avons des Graminées arcto-tertiaires cosmopolites (*Deschampsia*) ou afro-alpines (*Festuca abyssinica*, *Anthoxanthum nivale*) localisées dans l'étage alpin (climat de rayonnement et climat de brouillard); des espèces diverses afro-alpines (les *Alchemilla*, les *Ranunculus*) localisées dans les hautes montagnes de l'Afrique orientale et centrale, polymorphes (*A. geranioides*) ou peu variables (*A. subreniformis*); des orophytes de l'Afrique orientale (les Juncacées, les Cypéracées) à espèces généralement peu variables. *Scirpus fluitans* représente la flore cypérologique tempérée boréale, quoique son aire déborde largement sur les régions tropicales et australes (Chermezon). La Gentianacée *Swertia macrosepala* paraît endémique des volcans du Kivu. Les espèces du genre sont particulièrement répandues dans l'Himalaya, et s'étendent du Japon et de la Chine presque en Europe et en Abyssinie.

Le caractère géographique reste immuable, aussi bien dans les zones humides que dans les zones sèches; la seule distinction qui

apparaît manifeste entre les deux variantes climatiques est la diminution et, dans certains cas, la disparition des Cypéracées avec la diminution de l'humidité et de ce fait une certaine spécialisation des associations.

Aux altitudes moins élevées du secteur humide la densité de l'association augmente parallèlement à l'augmentation du nombre des genres et des espèces, déjà très restreint. En toutes circonstances ces prairies gardent le caractère de formations fermées et typiquement autonomes.

Prairies biotiques sur sols juvéniles ou prairies pseudo-alpines. — L'association climatique des sols juvéniles est la forêt de bambous ou l'*ericetum*. Si à leur place nous y trouvons la prairie, des causes étrangères au climat les y ont fait disparaître. Dans la grande majorité des cas le grand destructeur de la forêt est l'homme, qui veut ménager un passage à ses animaux domestiques ou l'emplacement d'une culture; il remplace la forêt par des formations végétales biotiques dont le type le plus répandu est la prairie anthropo-zoogène (R. Maire).

Où le climat est humide et les saisons sèches n'existent pas ou sont de courte durée, la prairie anthropo-zoogène constitue un stade intermédiaire de dégradation encore riche en espèces et fermé; le sol, dans ce cas, est encore pas ou peu raviné et garde sa fertilité primitive. La disparition *graduelle* de la forêt a eu comme conséquence probable de diminuer son acidité: l'humification des matières organiques en a été activée et l'aptitude du sol à la production a été provisoirement améliorée.

De par leur aspect ces prairies rappellent les pâturages de montagne de l'Europe occidentale humide. A certaines époques de l'année (vers la fin des pluies équinoxiales australes) elles s'émaillent de fleurs rouges, jaunes, oranges, mauves, par la floraison d'Orchidées terrestres et de diverses Iridacées et Liliacées et font songer à l'attrait toujours renouvelé de nos pâturages alpins.

Si l'incendie n'est allumé que rarement (cas des prairies humides) et si le piétinement des animaux est faible, ces prairies gardent leur caractère pseudo-alpin, qui représente un compromis entre le climat et

l'action modérément modificatrice de l'homme. Voici la composition moyenne dans ce type de prairie :

PRAIRIES MODIFIÉES DE CLIMAT HUMIDE (voir pl. XVI dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*).

KAHUZI (Mutobo). — Date du relevé : 26-27 février 1929. Zone récemment occupée par la forêt de bambous, mélangée à des essences de la forêt mésophile à 2,400-2,500 m. d'altitude. Le feu est à l'origine du défrichement, mais par la suite y a passé rarement. Le pâturage par des bovidés y est régulier, à l'exclusion des périodes de grandes pluies (mars-avril et octobre-décembre); le pacage à l'air libre n'est pas pratiqué. Hauteur moyenne de l'herbage : 50 cm.

Le sol est du type juvénile; l'analyse minéralogique est donnée sous les n^{os} 217 à 222, pp. 92-93. (Voir également les sols n^o 223, p. 78, et 311, p. 98.) L'étude chimique est donnée au chap. VII, p. 181. Il s'agit d'un sol gardant encore intacte une réserve minérale variée et abondante, faiblement entamé par l'érosion.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	100	17
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf			70	60
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671	Humb.	202	190
G	<i>Nephrolepis cordifolia</i> L.			87	—
H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	7637	Humb.	18	59
H-Ch	<i>Helichrysum nudifolium</i> Less.	—		7	—

KAHUZI (Mutobo). — Même date, même étage altimétrique, etc. Le feu a passé rarement sur cette prairie. Hauteur moyenne de l'herbage : 80 cm.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	91	290
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.				
	<i>major</i> Stapf	7820 ^{his}	Humb.	39	67
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671	Humb.	120	?
H	<i>Lotus Brandianus</i> Harms	7662	Humb.	64	207
G	<i>Nephrolepis cordifolia</i> L.	7668 ^{his}	Humb.	49	—
H	<i>Mariscus umbellatus</i> H. Cherni.	7672 ^{his}	Humb.	4	5
H-Ch	<i>Helichrysum nudifolium</i> Less.	7670	Humb.	6	—
G	<i>Gladiolus Quartiniannus</i> A. Rich.	7664	Humb.	5	—
G	Orchidée encore indéterminée.	7786	Humb.	27	—

MASSIF KAHUZI. — Dans les conditoins d'ambiance déjà décrites, le feu a passé rarement sur cette prairie fréquentée par le bétail à intervalles espacés.

H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	—		194	154
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671	Humb.	424	90

H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.			
	<i>major</i> Stapf	7820 ^{his} Humb.	85	54
H	<i>Panicum monticolum</i> Hook f.	7456 ^{his} Humb.	56	15
H	<i>Senecio chlorocephalus</i> Musch.	7656 Humb.	6	—
G	<i>Pteridium aquilinum</i> H. Kuhn	—	7	—
Ph (ou Nph)	<i>Vernonia</i> sp. (rejets de souche)	—	2	—
G	<i>Gladiolus Quartinianus</i> A. Rich.	—	15	—
Ph	<i>Philippia</i> sp.	—	12	—
G	Orchidée.	7786 Humb.	27	—
H	<i>Anisopappus africanus</i> (Hook f.) Oliv. et			
	Hiern.	7397 Humb.	12	—
Ch	<i>Helichrysum nudifolium</i> Less.	7670 Humb.	2	—
Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. (introduit) (1).	7342 Humb.	5	—
H	<i>Tolpis ephemera</i> R. E. Fries.	7663 Humb.	5	—
Ch	<i>Helichrysum alismatifolium</i> Moeser	7667 Humb.	5	—

MASSIF KAHUZI. — Mêmes conditions décrites précédemment. Cette prairie est peu ou pas fréquentée par le bétail. L'incendie y passe très rarement.

H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.			
	<i>major</i> Stapf	7820 ^{his} Humb.	62	67
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673 Humb.	46	130
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671 Humb.	187	57
H	<i>Panicum monticolum</i> Hook f.	7456 ^{his} Humb.	42	7
Ph	<i>Smithia Bequaerti</i> De Wild.	7757 ^{his} Humb.	6	—
	<i>Acrocephalus</i> sp.	7786 ^{his} Humb.	6	—
G	<i>Dryopteris kilimensis</i> (Kuhn) C. Chr.	—	2	—
G	<i>Pteridium aquilinum</i> H. Kuhn	—	5	—
G	Orchidée.	7786 Humb.	51	—
H	<i>Senecio chlorocephalus</i> Musch.	7656 Humb.	2	—
H	<i>Helichrysum nudifolium</i> Less.	—	5	—
Ph	<i>Vernonia</i> sp. (rejets de souche non fleuris).	—	9	—

MASSIF KAHUZI. — Mêmes conditions décrites précédemment, mais, à la différence de l'association précédente, cette prairie est très fréquentée et très piétinée par le bétail.

H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671 Humb.	240	67
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673 Humb.	130	352
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	—	21	15

(1) Espèce d'origine américaine en voie d'extension rapide dans les cultures, les lieux de parcours, etc.

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 267

H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	7637	Humb.	13	22
	<i>Acrocephalus</i> sp.	7786 ^{bis}	Humb.	21	—
H	<i>Kyllingia alba</i> Nees var. <i>laevissima</i> H. Cherm.	7666 ^{bis}	Humb.	8	—
G	<i>Gladiolus</i> cf. <i>Quartinianus</i> A. Rich.	7664	Humb.	7	—
G	Orchidée.	7786	Humb.	8	—
H	<i>Helichrysum alismatifolium</i> Moeser.	7667	Humb.	4	—
G	<i>Nephrolepis cordifolia</i> L.	7668 ^{bis}	Humb.	20	—
H	<i>Tolpis ephemera</i> R. E. Fries.	7663	Humb.	2	—
H	<i>Conyza subscaposa</i> O. Hoffm.	7732	Humb.	2	—
H	<i>Gerbera piloselloides</i> Cass.	7671 ^{bis}	Humb.	1	—

Sont commensales occasionnelles des associations que nous venons de décrire les espèces suivantes : *Anthospermum lanceolatum* Thg, *Plectranthus Schimperi* Vatke, *Euphorbia* sp., *Pilea* sp., *Senecio* (*Gynuroopsis*) aff. *Behmianus*, *Carduus nyassanus* S. Moore, *Oldenlandia thamnoidea* K. Sch., *Impatiens gesneroidea* Gilg, *Vaccinium Stanleyi* Schweinf.

PRAIRIES MODIFIÉES (ANTHROPO-ZOOGÈNES) DE CLIMAT
MOYENNEMENT HUMIDE.

KARISIMBI. — Date du relevé : 24 juin 1929. Zone à bambous fraîchement défrichée entre 2,200 et 2,500 m. d'altitude. Par endroits la prairie occupe des surfaces en jachère. Le pâturage des bovidés y est relativement intense toute l'année.

Le sol, d'origine volcanique, est toujours du type juvénile; son analyse minéralogique est donnée sous le n° 268, p. 84.

H	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.	2262	Sc.	400	476
H	<i>Trifolium usambarense</i> Taub.	2264	Sc.	50	50
H	<i>Festuca Camusiana</i> St. Y. var. <i>Chodati- tiana</i> St. Y.	8619	Humb.	5	5
H	<i>Poa leptoclada</i> Hochst.	8619 ^{ter}	Humb.	4	5
H	<i>Setaria pallidifusca</i> (Schum) Stapf et Hubb.	2265	Sc.	8	9
H	<i>Geranium simense</i> Hochst.	—	—	30	—
H	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	2263 ^{bis}	Sc.	4	10
H-Th	<i>Panicum pusillum</i> Hook f.	2266	Sc.	15	10
Th	<i>Leptatherum brevistaristulatum</i> Robyns	1613	Sc.	2	4
H	<i>Cyperus rigidifolius</i> Steud	8621 ^{bis}	Humb.	8	10
H	<i>Commelina</i> sp.	—	—	7	—

H	<i>Leucas Mildbraedii</i> Park.	8579	Humb.	2	—
H	<i>Polygonum nepalense</i> Meissn.	2267	Sc.	37	—
H	<i>Cerastium vulgatum</i> L.	8097	Humb.		—

Les Hémicryptophytes sont toujours dominantes, comme dans les prairies primitives étudiées plus haut. Aux espèces indiquées dans la liste du relevé se mêlent un *Bromus* et un petit *Poa* qui constituent dans des points espacés des îlots purs ou quasi purs. Ces taches monophytiques, disséminées dans la prairie, suivent probablement une répartition inégale de matières organiques en voie d'humification. Plus on approche de la limite de la forêt, on voit apparaître des arbustes de plus en plus nombreux et développés jusqu'à former une brousse secondaire semblable aux « savoka » de Madagascar de Perrier de la Bathie, qui forme la transition entre la prairie et la forêt de bambous. *Vernonia*, *Acanthus*, *Erythrina*, des Anacardiées, etc., en sont les constituants principaux.

Les cultures indigènes atteignent sur ce versant 2,600 mètres d'altitude. Sont cultivés en ordre décroissant d'altitude : les petits pois (voir photo n° 11 dans *Les Famines périodiques dans le Ruanda*, etc.), le maïs, le sorgho, les haricots et l'éleusine.

Dans ce type de prairie est à remarquer l'absence d'Orchidées terrestres, de Liliacées et d'Iridacées, comme il fallait s'y attendre.

PRAIRIES MODIFIÉES EN CLIMAT RELATIVEMENT SEC.

MUHAVURA. -- 10 juin 1929, sur le versant oriental, à l'altitude de 3,400 m., limite entre l'*Ericetum* et l'étage subalpin à Seneçons arborescents. La prairie est ouverte et ressemble à une steppe. La pente très forte et l'érosion des eaux de ruissellement sont la cause probable de cet état. Le sol est toujours du type juvénile.

H	<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin	8529	Humb.	80	92
H	<i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger	2249	Sc.	40	52
H	<i>Luzula</i> cf. <i>abyssinica</i> Hochst.	8526	Humb.	4	1
G	Liliacée ou Iridacée indéterminable				14

MUHAVURA. — Même date, même situation, mais à 3,200 m. d'altitude dans l'étage à Ericacées (*Erica* et *Philippia*). Cet étage est à peu près détruit par les incendies qui sont allumés périodiquement. L'aire de la prairie relevée est à peu près plane et l'eau de pluie peut s'y accumuler pendant quelque temps. La hauteur moyenne de l'herbage est de 80-90 cm. et les Graminées se présentent groupées par

touffes, effet probable de l'incendie. Le sol est toujours du type juvénile. (Voir photo n° 37.)

H	<i>Andropogon amethystinus</i> Steud.	8541	Humb.	118	327
H	<i>Anthoxantum nivale</i> K. Schum.	8522	Humb.	115	220
H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	2248	Sc.	203	140
H	<i>Andropogon pilosellus</i> Stapf.	2242	Sc.	12	7
H	<i>Geranium angustisectum</i> (Engl.) R. Kn.	8506	Humb.	1	—
H-Ch	<i>Calamintha simensis</i> (Hochst.) Benth.	8537	Humb.	3	—
Th	<i>Sagina abyssinica</i> Hochst.	8521	Humb.	1	—

MUHAVURA. — Même date, même situation à 3,100 m. d'altitude sur une pente très forte (d'environ 60 %). Hauteur moyenne de l'herbage : 70-80 cm. Étage à *Ericetum*.

H	<i>Andropogon amethystinus</i> Steud.	8541	Humb.	108	282
H	<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	8529	Humb.	50	19
Ph	<i>Erica arborea</i> L.	8509	Humb.	5	—
H	<i>Helichrysum fruticosum</i> Vatke	8523	Humb.	4	—
H	<i>Geranium angustisectum</i> (Engl.) R. Kn.	8506	Humb.	6	—
H-Ch	<i>Calamintha simensis</i> (Hochst.) Benth.	8537	Humb.	3	—

MUHAVURA. — Même date, même situation à 2,800 m. d'altitude sur une pente assez forte. Le sol appartient à l'étage à bambous, dont la forêt a totalement disparu. Le bambou a été remplacé probablement par une forêt sclérophylle à *Agauria salicifolia*, dont on remarque encore quelques témoins. Hauteur moyenne de l'herbage : 30-40 cm. Sol toujours du type juvénile.

H-Ch	<i>Andropogon Scaettae</i> Robyns	8512	Humb.	900	613
Ch	<i>Micromeria biflora</i> (Ham) Benth.	8522 ^{bis}	Humb.	6	3
H	<i>Galium aparine</i> L. var. <i>spurium</i> L.	2243	Sc.	13	7
H	<i>Argyrolobium aberdaricum</i> Harms.	8542	Humb.	10	—
NPh	<i>Argyrolobium Mildbraedii</i> Harms.	8533 ^{bis}	Humb.	2	—
H-Ch	<i>Afroligusticum chaerophylloides</i> Norman.	7563	Humb.	2	—
H	<i>Adenocarpus Mannii</i> Hook. f.	8532	Humb.	1	—

MUHAVURA. — Même date, même situation à 2,600 m. d'altitude. La pente est assez forte et le terrain est assez décapé par l'érosion. La lave sous-jacente émerge par endroits. Les Graminées grimpent autour d'arbustes de *Crotolaria* sp. et y forment des coussinets, témoignage probable qu'elles doivent résister à des conditions adverses (le feu et l'érosion). Ces pseudo-coussins peuvent se former également sans le soutien d'espèces sous-frutescentes. Par son altitude, l'étage appartient au

bambusetum, dont toute trace a disparu totalement. La hauteur moyenne de l'herbage est de 50-70 cm. Le sol est encore du type juvénile.

H-Ch	<i>Andropogon Scaettae</i> Robyns	8512	Humb.	350	914
	<i>Wedelia</i> sp.	—		8	—
	Légumineuse	—		10	—

MUHAVURA. — Même date, même situation à 2,300 m. d'altitude. D'après l'altimétrie, cette zone appartient à la limite entre l'étage à bambous et l'étage de la forêt mésophile.

Le sol est assez décapé par l'érosion; il a atteint probablement un degré de maturité intermédiaire entre le stade juvénile et le stade viril.

Le terrain est cultivé de temps en temps par les indigènes. La lave émerge par endroits. La hauteur moyenne de l'herbage est de 50-60 cm.

H	<i>Hyparrhenia kivuensis</i> Robyns	2241	Sc.	250	436
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.				
	<i>major</i> Stapf	2255	Sc.	20	20
Th	<i>Linum gallicum</i> var. <i>abyssinicum</i> Hochst.	2240	Sc.	8	8
Ch	<i>Micromeria biflora</i> (Ham) Benth.	8522 ^{bis}	Humb.	9	—
	<i>Coreopsis</i> sp.	—		8	—
	<i>Polygala</i> sp.	—		5	—

Sont associées à cette prairie, distribuées irrégulièrement, les *Andropogonées* suivantes : *Hyparrhenia Pilgeriana* Hubb.; *Andropogon pilosellus* Stapf; *Pennisetum trachyphyllum* Pilger.

Caractères biologiques et géographiques des prairies pseudo-alpines. — Le spectre biologique comprend la plus grande partie des types, quoique les Hémicryptophytes gardent une prépondérance numérique notable.

Hémicryptophytes	60 %
Chaméphytes	20 %
Géophytes	15 %
Phanérophytes	2 %
Nanophanérophytes	1 %
Thérophytes	9 %
Hémicryptophytes-Chaméphytes	2 %

Certaines Graminées rampantes (*Andropogon Scaettae*) n'ont pas une forme bien définie et apparaissent comme intermédiaires entre les

Hémicryptophytes et les Chaméphytes; pour le moment, on n'en connaît qu'une seule espèce.

Avec l'augmentation de l'altitude, la spécialisation des associations s'accroît et le nombre des familles représentées diminue en conséquence. Le fait est bien visible dans les relevés du Muhavura, où toute la gamme des associations, depuis la base de la montagne à 2,300 mètres jusqu'au sommet à 4,127 mètres, a été relevée.

En climat humide, le nombre des familles représentées dans les associations augmente; certains groupes localisés dans les hautes altitudes, comme les Gentianacées, disparaissent et d'autres, plus thermophiles, apparaissent : Iridacées, Liliacées, Orchidées, Ericacées, Polygonacées, Labiées, Rubiacées, Géraniacées, Légumineuses, etc. Parfois il s'agit d'espèces héliophiles de la forêt qui trouvent un milieu favorable temporaire dans la prairie qui leur permet de se multiplier; dans d'autres cas, il s'agit d'espèces immigrées et alors leur présence et leur nombre sont en rapport avec l'intensité agissante des causes qui ont favorisé leur migration.

On ne saurait pas reconnaître dans ces prairies un fonds de types bien déterminé : le mélange est absolu. Des espèces des altitudes supérieures (de clairière ou de sous-bois) voisinent avec des espèces pantropicales pyrophiles (*Hyparrhenia rufa*, *Digitaria uniglumis* var. *major*, *Mariscus umbellatus*, *Scleria hirtella*, etc.).

On reste surpris de constater que les espèces pantropicales, occasionnellement rudérales, se rencontrent de préférence, nous dirions presque exclusivement, à l'Ouest, dans les prairies humides du massif Kahuzi. Le versant occidental de la fosse tectonique est dans cette partie en communication directe avec les régions basses de la cuvette congolaise; les percées pratiquées dans la forêt constituent autant de couloirs à travers lesquels les plantes pantropicales des savanes planitiaires, par le transport humain et par la propagation des incendies, parviennent aux régions d'altitude.

A l'Est ce phénomène ne s'observe pas, ou tout au moins il est beaucoup moins fréquent. La région montagneuse, non seulement est très étendue dans cette partie du continent, mais garde une altimétrie moyenne assez élevée. De ce fait, les hauts reliefs, centres naturels de dispersion d'espèces orophiles, ne cessent de faire sentir leur influence.

Dans les contrées au centre et à l'Est de la fosse tectonique (climat moyennement humide et sec), le fonds des associations reste constitué par des orophytes orientales (*Luzula abyssinica*, *Cyperus rigidifolus*, *Trifolium usambareense*, *Andropogon amethystinus*, etc.) et par des espèces localisées à l'Afrique centrale (*Agrostis Mildbraedii*, *A. producta*, *Helichrysum albiflorum*, *H. helothamnus*, *H. Ericsi-Rosenii*, *Adenocarpus Mannii*, etc.), peut-être par quelques endémiques dont le nombre augmentera probablement avec les progrès de l'exploration (*Andropogon Scaettae*, *Hyparrhenia kivuensis*, *Argyrolobium Mildbraedii*, *Afrologisticum chaerophylloides*, *Leucas Mildbraedii*, etc.), espèces généralement peu variables.

Assez nombreuses sont les orophytes tropicales, dont l'aire s'étend du Cameroun à l'Abyssinie, au Nyassaland (*Panicum pusillum*, *Gernium simense*, *Calamintha simensis*, *Micromeria biflora*, *Polygonum alatum*, *Galium aparine* var. *spurium*, etc.), et ne manquent également pas les orophytes australes, à grande diffusion (*Helichrysum nudifolium*), et les cosmopolites pantropicales, indifféremment planitiaires ou orophiles (*Digitaria horizontalis*, etc.). Ces dernières sont toutefois relativement rares.

On a constaté une affinité certaine (Kükenthal) entre la flore montagnarde de l'Afrique orientale et centrale et celle du centre de Madagascar. D'après Chermezon, beaucoup de Cypéracées endémiques malgaches sont plus ou moins étroitement apparentées à des endémiques des montagnes du centre et de l'Est africain. Il en est de même pour diverses Composées (Humbert).

Les prairies humides de l'Ouest, très récentes, se distinguent des prairies orientales, qui paraissent avoir atteint un état d'équilibre relativement stable, par une *instabilité* qui est la conséquence directe de leur jeunesse. La présence d'espèces banales pourrait être dans ces associations purement temporaire, à cause du dynamisme des associations en évolution constante sous la pression des circonstances.

Instabilité des prairies humides de sols juvéniles. — Si l'homme, qui est à l'origine de ces formations végétales, cesse d'intervenir, on remarque dans la composition de ces peuplements une tendance à la spécialisation des groupes. Ce phénomène est probablement en rapport

avec une augmentation de l'acidité du sol qui prélude à la reconstitution d'une forêt secondaire. Si, par contre, l'homme continue son intervention, par exemple chargeant la prairie d'une quantité limitée de bétail, un dynamisme nouveau se manifeste qui modifie la proportion des groupes et des espèces et qui se traduit par conséquent en un équilibre instable. On peut l'observer dans les situations diverses qui se présentent dans une même ambiance pédologique et climatique. Les relevés du massif Kahuzi offrent à ce propos une gamme variée et intéressante.

L'incendie répété entretient également une évolution constante dans la composition des associations, mais cette évolution, à l'encontre du cas précédent, s'opère dans un sens limitatif, dans un sens réducteur. L'examen attentif de nos relevés sur les pentes orientales du Muhavura nous le montre à l'évidence. La destruction de l'humus, une augmentation probable de l'acidité des couches superficielles du sol et l'érosion qui s'ensuit sont parmi les agents les plus efficaces de ces modifications régressives. Au fur et à mesure que l'altitude diminue et que l'action des flammes (allumées en bas de la montagne) se prolonge, les Graminées tropicales des savanes (les *Andropogon*) gagnent sur les Graminées d'altitude et leur avance défie, dans une certaine mesure, les rigueurs du climat. Le relevé n° 1 du Mahavura est instructif sous ce rapport : il nous montre la limite entre les prairies riches des sols juvéniles et les prairies pauvres des sols séniles dans un domaine qui devrait appartenir, selon la règle, à la zone frontière entre la forêt de montagne et la forêt de bambous, ou tout au moins devrait appartenir à la prairie encore riche des sols virils.

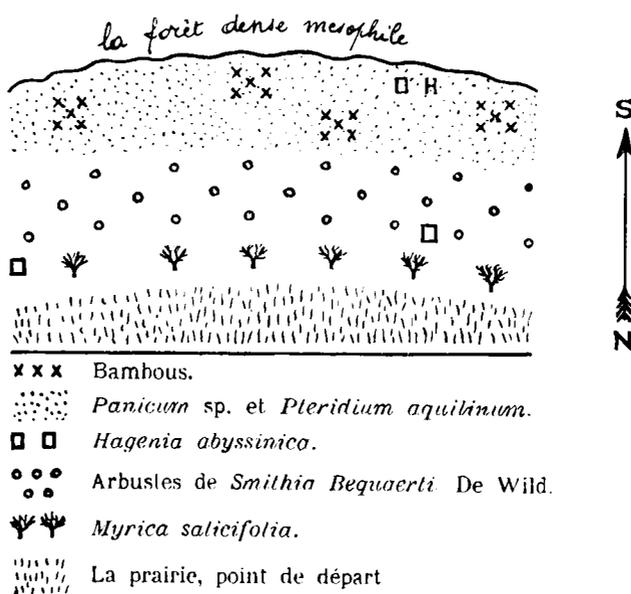
L'instabilité de ces prairies biotiques peut être constatée facilement sur place quand leur origine est récente. Au Sud de Mutobo, toujours sur le plateau mamelonné qui entoure la base occidentale du Kahuzi, nous avons noté les zonations qui donnent passage de la prairie ayant atteint une certaine stabilité et dont la composition est représentée par le relevé suivant :

H	<i>Agrostis producta</i> Pilg.	2357	Sc.	43
H	<i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst.	2347	Sc.	52
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2348	Sc.	43

H	<i>Kyllingia cylindrica</i> Nees	2349	Sc.	221
H	<i>Hyparrhenia fastigiata</i> Robyns	2350	Sc.	120
H	<i>Pennisetum Scaettae</i> Robyns	2351	Sc.	56
H	<i>Carex longipedunculata</i> K. Schum. var. <i>brevirostris</i> H. Cherm.	2352	Sc.	2
	(provient des étages supérieurs du Kahuzi),			

à la forêt primitive de bambous et à la forêt mésophile (les deux forêts trouvent sur ce plateau leur frontière climatique commune).

Voici comment se disposent les différents groupes zonaux : d'abord les Graminées mentionnées dans le relevé précédent, auxquelles s'associent irrégulièrement *Gerbera piloselloides*, *Anthospermum lanceolatum*, *Orchis* sp. 2356 Sc., suivies des Cypéracées (*Scleria*, *Cenchrus*,



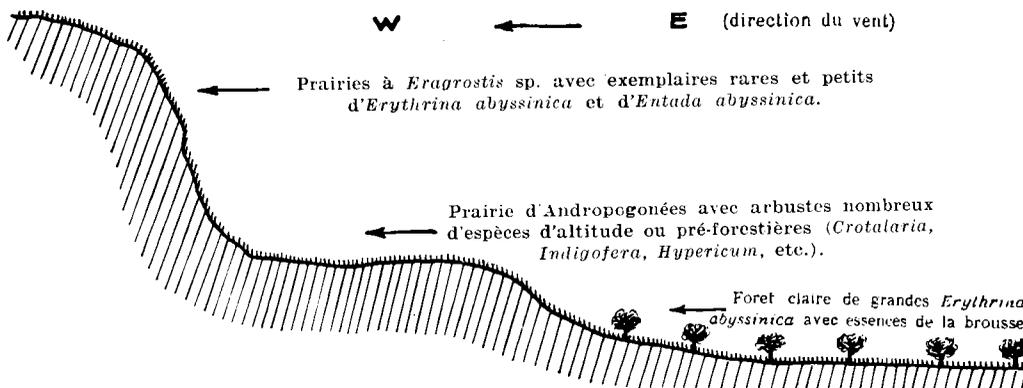
Carex longipedunculata var. *brevirostris*, etc.), parmi lesquelles les géophytes à bulbe se présentent de plus en plus denses (Orchidées, Liliacées, Iridacées).

Après ce front herbacé d'hémicryptophytes et de géophytes suit une zone à caractère indéfini où voisinent des espèces sclérophylles (*Myrica salicifolia*) et des espèces héliophiles d'altitude (*Hagenia abyssinica*), avec un sous-bois lâche de Panicées. Cette zone se continue

de l'avant par des bosquets assez denses de *Smithia Bequaertii*, où *Myrica* et *Hagenia* réapparaissent, mais de plus en plus rares. *Myrica salicifolia*, par son aspect souffreteux, montre son état précaire et annonce sa disparition prochaine.

Après cette aire, où des éléments sclérophylles, héliophiles et mésophiles se font concurrence, suit une bande assez large où les essences ligneuses sont à peu près inexistantes et le sol est couvert d'un tapis dense de fougères (*Pteridium aquilinum*) et d'un *Panicum* sp. (encore indéterminé) caractéristique du sous-bois du *bambusetum*.

Cette bande herbacée, de largeur variable, dépassée, apparaissent des îlots denses d'*Arundinaria alpina*, alternés encore avec quelques exemplaires d'*Hagenia abyssinica*, suivis par la forêt d'arbres à feuillage lauriforme dans son aspect primitif (*Ekebergia Ruppeliana*; *Ficalhoa laurifolia*; *Parinarium Mildbraedii*; *Podocarpus milanjanus*, etc., d'après J. Lebrun). (Voir photo n° 35.)



Les barbes d'*Usnea*, qui pendent nombreuses aux branches, indiquent que nous avons atteint la formation climatique à son niveau le plus humide (niveau des précipitations maxima). Le dessin ci-dessus schématise les successions décrites. Il faut noter que dans les endroits où l'on trouve trace d'un passage d'hommes ou d'animaux, l'*Aira* sp. semble prendre le dessus sur les autres Graminées.

La topographie du terrain intervient aussi dans une certaine mesure dans l'établissement des types d'associations, quand le feu a détruit la forêt primitive. Voici, par exemple, la succession de types de « savane » que nous avons observés le 6 novembre 1929 sur une pente

du versant oriental de la dorsale congolaise, entre Tshibinda et le village de Bendèra, à une altitude moyenne de 2,000-2,200 mètres.

L'incendie lèche la pente avec une certaine fréquence et la destruction de la végétation est d'autant plus radicale que l'inclinaison de la pente est forte. Ce fait est représenté par le croquis à la page précédente.

Dans ce cas la fréquence du passage des flammes provoque non seulement une spécialisation dans la couverture végétale qui doit résister au feu, mais détermine en même temps ces phénomènes de dégradation progressive du sol décrits au chapitre V et qui sont à l'origine d'une augmentation de l'acidité et d'une accélération des processus d'allitisation.

Prairies blotiques de sols virils. — L'association climatique qui couvre les sols virils est la forêt mésophile dans les limites thermiques et de pluviosité décrites précédemment. Les sols virils s'étendent encore au domaine de la forêt sclérophylle adaptée à des sécheresses plus prolongées. L'une et l'autre, quoique appartenant, la première, à un climat franchement humide, la seconde, à un climat moins humide, sont comprises dans l'aire de la forêt équatoriale de montagne. Nous rappelons que du point de vue climatique la forêt mésophile et la forêt sclérophylle appartiennent au domaine de l'alizé atlantique ou à ces aires humides provoquées par l'altitude et l'orientation des reliefs. La forêt sclérophylle est particulière aux variantes sèches des couloirs de foehn.

PRAIRIES DE CLIMAT HUMIDE (domaine de l'alizé atlantique). — Nous suivrons, autant que possible, un ordre de zonation altitudinale, procédant du haut vers le bas. Chaque fois nous indiquerons les références stationnelles nécessaires à rappeler les conditions générales du milieu.

COL DES MONTS BIEGA (de Fendula à Kabare). — Date du relevé : 18 novembre 1929, à 2,600 m. d'altitude. Il s'agit d'une association fermée, plutôt instable, comme paraissent le témoigner les espèces de cortège et commensales de l'association. Ces espèces comprennent toutes les orchidées notées dans les relevés du massif Kahuzi, auxquelles il faut ajouter *Philippia Johnstonii* et la fougère *Pteridium aquilinum*. La répartition de ces espèces est réglée surtout par la fréquence et la direction des incendies. La formation forestière détruite en dernier

lieu est l'association à *Arundinaria alpina* et *Hagenia abyssinica*, ce qui indique que la disparition de la forêt climatique a commencé vers le bas et est relativement ancienne.

L'incendie est allumé assez régulièrement; où son passage est plus fréquent l'association s'ouvre, l'espèce dominante (*Exothea abyssinica*) se groupe en petits massifs de plus en plus espacés; dans les espaces vides, ouverts au ruissellement, si celui-ci n'est pas très violent, tend à s'installer la Cypéracée *Scleria hirtella*. Hauteur de l'herbage : 20-30 cm.

Le sol est du type « Fendula » (analyses minéralogiques des n^{os} 338 à 341, chap. IV, p. 67; voir étude chimique, chap. VII, p. 211). Il s'agit d'un sol autochtone, siallitique-allitique, d'origine volcanique, de fertilité moyenne. Les variantes d'altitudes de ce type de sol (c'est le cas qui nous concerne) ont probablement une réserve minérale mieux conservée.

H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i> <i>sonii</i> Stapf	2374	Sc.	46	65
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	—		45	8
H	<i>Avenastrum lacnanthum</i> (Hochst) Pilg.	2363	Sc.	2	2
H	<i>Festuca</i> sp.	2364	Sc.	1	1
H	<i>Agrostis producta</i> Pilg.	2365	Sc.	1	1
G	<i>Orchis</i> sp.	2366	Sc.	1	—
H	<i>Exothea abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	250	52

FENDULA (versant occidental de la chaîne congolaise). — Date du relevé : 18 novembre 1929, à 2,150 m. d'altitude. A proximité de terrains en jachère. Hauteur moyenne de l'herbage : 40-50 cm. Sol du type « Fendula ». (Voir indications précédentes.)

H	<i>Exothea abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	312	180
H	<i>Trichopteryx elegans</i> (H.) Benth.	2305	Sc.	21	4

La pauvreté en espèces de ce pâturage indique déjà une spécialisation des associations par rapport à l'ambiance, un stade de dégradation plus avancé que le précédent, qui bénéficie peut-être de la très forte altitude. Une série d'espèces sont toutefois commensales de l'association à *Exothea*. Ce sont : *Eragrostis olivacea* K. Schum.; *Sporobolus indicus* R. Br.; *Andropogon cymbarius*, *Hypparrhenia filipendula* Stapf; *Hypericum peplidifolium* A. Rich.; *Cluytia abyssinica* J. et S.

TSHIAMUSSI (versant Ouest de la chaîne congolaise, sur le sentier de Fendula à Tshibinda). — Date du relevé : 2 mars 1929. Association fermée à *Sporobolus*

indicus R. Br., à 2,200 m. d'altitude. La déforestation est déjà ancienne .

Le sol est du type « Fendula » précédemment indiqué. Ce pâturage est très fréquenté par le bétail (des bovins) et actuellement ne paraît pas incendié. Hauteur moyenne de l'herbage : 30-40 cm.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	205	114
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	7672	Humb.	140	515
H	<i>Pennisetum glabrum</i> (Hochst) Steud.	7674	Humb.	80	72
H	<i>Trifolium usambareense</i> Taub.	7669	Humb.	141	75
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	7671	Humb.	84	33
H	<i>Eragrostis</i> sp.	7675 ^{ter}	Humb.	60	47
H	<i>Panicum</i> sp.	7654	Humb.	107	40
H	<i>Panicum monticulum</i> Hook f.	7807 ^{his}	Humb.	8	7
H	<i>Cyperus</i> sp. (indéterminable)			18	33

TSHIAMUSSI. — Même date, même conditions de station et même altitude. La prairie diffère de la précédente, pour être plutôt ouverte, à cause de l'incendie qui la ravage de temps à autre. Moins fréquentée par le bétail que la précédente. La hauteur moyenne de l'herbage est de 20-30 cm.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	144	322
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	7672	Humb.	16	37
Th	<i>Pennisetum glabrum</i> (Hochst) Steud.	7674	Humb.	64	20
H	<i>Trifolium usambareense</i> Taub.	7669	Humb.	55	50
H	<i>Eragrostis</i> sp.	7675 ^{ter}	Humb.	42	32
H	<i>Mariscus umbellatus</i> H. Cherm.	7672 ^{his}	Humb.	4	7
	Labiée sp.	7807	Humb.	9	—

TSHIAMUSSI. — Mêmes conditions que celles indiquées précédemment, mais sur *jachère* depuis un an (cultivé précédemment en patates douces).

H	<i>Isachne aethiopica</i> Stapf et Hubb.	7573	Humb.	382	—
H	<i>Panicum adenophorum</i> K. Schum	7644	Humb.	113	—
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	12	—
Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	—		1	—
Th	<i>Bidens pilosa</i> L.	—		50	—
H	<i>Conyza subscaposa</i> O. Hoffm.	7732	Humb.	3	—
	Sp. <i>Sonchus</i>	7739	Humb.	2	—
	Rubiacée herbacée indéterminable	—		6	—

Les deux premiers relevés sont des organisations phytosociologiques diverses de la même association à *Setaria sphacelata*, la seconde

plus pauvre en espèces et produisant beaucoup moins de matière verte, à cause probablement des flammes qui la détruisent périodiquement et par le fait d'être moins fréquentée par le bétail.

Le sol y est plus raviné, malgré que le piétinement y soit moindre. L'effet des flammes sur l'appauvrissement du sol est reflété par l'appauvrissement qualitatif et quantitatif de l'association. Celle-ci témoigne d'une évolution rapide vers une organisation extrêmement simplifiée, où les espèces moins résistantes au feu seront naturellement éliminées.

Le défrichement et la mise en culture du sol, précédemment occupé par la même association à *Setaria sphacelata*, ont substitué à cette dernière une association nouvelle à *Isachne aethiopica* et à *Panicum adenophorum*, espèces des régions montagneuses de l'Afrique orientale auxquelles se mêlent des pantropicales orientales (*Conyza subscaposa*) et des cosmopolites (*Bidens pilosa*) amenées par l'homme. Le défrichement a amélioré dans ce cas la composition de la prairie parce que, probablement, le labour du sol n'a pas été suivi par l'incendie. Toutefois ce stade est encore trop récent pour pouvoir prédire s'il évolue vers une organisation phytosociologique effectivement meilleure que celle du départ.

Le spectre biologique de ces prairies du versant occidental se synthétise de la manière suivante :

Hémicryptophytes	88 %
Thérophytes	11 %
Géophytes	1 %

KABARE (n° 1). — Versant oriental de la chaîne congolaise. Sous ce nom nous comprenons toute la zone déforestée à flanc de montagne qui s'étend à l'Ouest et au Sud du lac Kivu, depuis la région encore forestière de Tshibinda jusqu'aux contreforts du seuil Kivu-Tanganyika. La zone centrale de cette même région appartient à un couloir de foehn et sera étudiée par la suite.

Date du relevé : 19 novembre 1929, à 2,000 m. d'altitude. Le sol est du type « Fendula », dans un état de maturité peut-être plus avancé, à cause de la déforestation plus ancienne et du climat moins humide. Il s'agit toujours d'une siallite allitique. (Voir également le sol « Tshibinda », analyses minéralogiques du

n° 278 au n° 282, p. 68; étude chimique du profil au chap. VII, p. 202; voir photo n° 33.)

H	<i>Exothecca abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	300	79
H	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	2367	Sc.	54	27
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	2367 ^{his}	Sc.	—	—
H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i> <i>sonii</i> Stapf.	2374	Sc.	60	33
H	<i>Kyllingia intricata</i> H. Cherm.	2368	Sc.	148	22
H	<i>Pennisetum Scaettae</i> Robyns	2369	Sc.	5	4
H	<i>Diodia sarmentosa</i> Sav.	2370	Sc.	6	—
G	<i>Nephrolepis cordifolia</i> L.	—		13	—
	<i>Commelina</i> sp.	—		6	—
	Indéterminable	—		17	—

Cette nouvelle association à *Exothecca abyssinica* comporte comme plantes de cortège : *Pennisetum glabrum* St., 2369 Sc.; *Brachyaria brizantha* (Hochst.) Stapf, 2371 Sc.; *Sporobolus indicus* R. Br.; *Scleria Rehmanni* Clarke var. *ornata* Cherm., 2373 Sc.

KABARE (n° 2). — Même date, à 1,900 m. d'altitude, sur le sentier qui mène de la Mission catholique à Tshibinda. Dans cette prairie la charge de bétail est plus forte que dans la précédente; par conséquent le piétinement est plus intense. Le feu ne passe plus sur la prairie; le pacage est pratiqué pendant la saison sèche. Le pâturage a l'aspect d'une pelouse. La hauteur de l'herbage est de 10-20 cm. Le sol est le même que le précédent.

H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i> <i>sonii</i> Stapf	2374	Sc.	437	636
H	<i>Agrostis</i> sp.	2375	Sc.	39	20
H	<i>Cyperus Zollingeri</i> Steud.	2376	Sc.	4	7
H	<i>Mariscus Sieberianus</i> Nees	2377	Sc.	2	4
H	<i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachy-</i> <i>phylla</i> H. Cherm.	2378	Sc.	28	5
Ch	<i>Hypericum</i> sp. (non fleuri)	—		1	—
?	Composée indéterminable	—		3	—

La modification de l'association à *Exothecca abyssinica* (Kabare n° 1) par le piétinement est bien visible dans ce second relevé (Kabare n° 2). Le durcissement du sol a éliminé les Andropogonées d'une certaine taille et l'espèce pantropicale *Paspalum scrobiculatum*

var. *Commersonii* devient dominante. L'humidité superficielle entretenue par la densité de la « pelouse » a déterminé l'apparition de petites Cypéracées orophiles australes, orientales et pantropicales.

Le caractère montagnard de ces prairies tend à disparaître par suite de l'invasion de nombreuses espèces pantropicales (*Hyparrhenia cymbaria*; *H. rufo*; *Paspalum scrobiculatum*, etc.) dont la multiplication aux dépens des orophiles orientales suit fidèlement la progression de l'érosion du sol.

Ce type de prairie peut être considéré comme le dernier stade du pâturage fermé : une charge excessive de bétail ouvrira la voie à l'érosion et la pelouse actuelle se transformera rapidement en une steppe. Nous aurons l'occasion de le constater par la suite.

Le spectre biologique de ces prairies est bien simple :

Hémicryptophytes	98 %
Chaméphytes	1 %
Géophytes	1 %

Procédant en direction de Tshibinda, c'est-à-dire vers la région pas encore déforestée, la pelouse à Hémicryptophytes s'enrichit de nouvelles espèces et se modifie profondément par l'apparition de nouveaux types biologiques. Voici quelques-unes des espèces parmi les plus remarquables que nous y avons annotées : *Trifolium pseudostriatum* Bak. 1293 Sc.; *T. Ruppelianum* Fres. 1294 Sc. (1); *Pycneus elegantulus* Clarke 1296 Sc.; *P. Mundtii* Nees var. *gracilis* Cherm. 1301 Sc.; *Culcasia scandens* P. Beauv. 1363 Sc.; *Senecio multicorymbosus* Klatt. 1364 Sc.; *Glycine pseudojavanica* Taub. 1365 Sc.; *Antopetitia abyssina* Rich. 1290 Sc.; *Tephrosia eriosemoides* Oliv. 1289 Sc.; *Asplenium hypomelas* Kuhn. 1288 Sc.; *Oldenlandia trinervis* Retz 1277 Sc.; *Indigofera secundiflora* Poir. 1276^{bis} Sc.; *Crotolaria orthoclada* Welw. 1275 Sc.; *C. longebarbata* Engl. 1274 Sc.; *C. recta* Steud. 1272 Sc.; *Cerastium vulgatum* L. 1273 Sc.; *Polygala persicariifolia* DC. 1272 Sc.; *Vittaria guinensis* Desv. var. *orientalis* Hieron. 1268 Sc.; *Chenopodium opulifolium* Schrd. 1264 Sc.; *Swertia calycina* N. E. Br. 1263 Sc.; *Lepicystis lanceolata* (L.) Diels 1261 Sc.; *Polygonum tomentosum*

(1) L'abréviation Sc. signifie Scaëtta (de l'herbier Scaëtta).

Willd. 1259 Sc.; *Pilea ceratomeria* Wedd. 1257 Sc.; *Acalypha senensis* L. 1253 Sc.; *Hypericum peplidifolium* A. Rich. 1251 Sc.; *Ageratum conyzoides* L. 1245 Sc.; *Smithia Elliottii* Kak. 1244 Sc.; *Didymocarpus Bequaertii* De Wild. 1243 Sc.; *Pilea veronicifolia* Engl. 1235 Sc.; *P. ceratomeria* Wedd. 1232 Sc.; *Oenanthe Mildbraedii* Wolff. 1234^{ter} Sc.; *Alchemilla kivuensis* Engl. 1234^{bis} Sc.; *Ranunculus pubescens* Thunb. 1234 Sc.; *Carduus nyassanus* S. Moore 1233 Sc.; *Otomeria lanceolata* Hiern. 1229 Sc.; *Carex chlorosaura* Clarke 1224 Sc.; *Pycreus elegantulus* Clarke 1220 Sc.; *Helichrysum leptothammus* Moeser 1227 Sc.; etc. (Voir photo n° 23.)

*
**

Nous passons en revue les associations prairiales des montagnes de la chaîne congolaise au Nord et au Nord-Ouest du lac Kivu, jusqu'à hauteur du lac Édouard. Il s'agit de zones où la déforestation n'est pas très ancienne (elle date d'un peu moins d'un siècle) et où la destruction s'est arrêtée après une première phase active, de telle manière que dans des endroits nombreux des forêts secondaires à *Macaranga neomildbraediana* Lebrun, *M. Kilimandscharica* Pax, *Vernonia* sp. div., *Cornus Volkensii* Harms, etc., ont pu se reconstituer.

Ailleurs la prairie à *Pennisetum purpureum* Schum. et Th. a envahi les terrains libres d'arbres, et les prairies que nous avons relevées sont, pour la plupart, une dérivation directe de la destruction de cette brousse.

L'intérêt particulier des relevés phytosociologiques faits dans ces régions réside dans la diminution progressive de l'humidité du climat au fur et à mesure qu'on progresse vers le lac Édouard et dans l'appauvrissement en réserves minérales du sol. Nous allons le voir en détail pour les différentes situations stationnelles.

BUNIUNGU. — (Au Nord-Ouest de la baie de Sake, entre Kahundu et Mohanga, dans la région des lacs Mokoto). Date du relevé : 21 mai 1929, à 1,940 m. d'altitude. L'association climatique est la forêt mésophile en bas, la forêt de bambous au-dessus, remplacées actuellement par une forêt claire à *Myrica salicifolia* Hochst. Cette forêt sclérophylle a été amenée par l'incendie et sa conservation est favorisée par la nature spéciale du sol sablo-siliceux.

Le sol est du type « Kahundu », dont le profil est analysé dans sa constitution

minéralogique au chapitre IV, du n° 109 au 113, page 88, et étudié du point de vue chimique au chapitre VII, pages 210-211. Nous rappelons qu'il s'agit d'une siallite allitique au stade viril, rajeunie par des apports éoliens basiques, mais dont la réserve primitive est plutôt pauvre. (Voir chap. V, p. 139.)

H	<i>Digitaria uniglumis</i> (A. Rich.) Stapf . . .	—	290	465
H	<i>Pennisetum</i> sp.	2204 Sc.	10	65
Th	<i>Brachiaria scalaris</i> (Mez) Pilger	2205 Sc.	26	12
H	<i>Micromeria biflora</i> (Ham.) Benth. . . .	2206 Sc.	12	—
G	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn. . . .	—	5	—

Cette association comporte en outre, comme espèces de cortège : *Imperata cylindrica*, constituant des îlots monophytiques où la dégradation du sol par l'incendie a été plus poussée. L'association à *Imperata cylindrica* peut être considérée comme le stade ultime de la dégradation de ce type de sol.

MONTS DALINGHI (versant oriental), dans la région des lacs Mokoto, entre le lac Ndalala et le cirque de Gandjo, à 1,900 m. d'altitude. Date du relevé : 13 mai 1929. L'analyse minéralogique du profil est donné sous les n°s 259 et 260, page 66; l'étude chimique n'a pas été faite, mais on peut se rapporter à celle du profil « Mohanga », chapitre VII, pages 212-214. (Voir également l'analyse minéralogique du sol « Mont Bugoy », sous le n° 362, page 87, qui concerne la même chaîne de montagnes à 2,230 m. d'altitude.) Il s'agit de sols conservant une réserve minérale variée et abondante (voir chap. V, p. 139), rajeunis périodiquement par apport de verre volcanique.

H	<i>Trifolium usambareense</i> Taub.	2201 Sc.	170	624
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf. . .	2202 Sc.	41	27
H	Andropogonée indéterminable (pas en fleurs)	—	50	34
H	<i>Veronica abyssinica</i> Fresen	2203 Sc.	27	—
H	<i>Plantago palmata</i> Hook. f.	7950 ^{ter} Humb.	10	—

Un piétinement modéré sur ce sol fertile provoque l'apparition d'îlots monophytiques de *Trifolium usambareense*, comme on peut le voir dans la photo n° 34. Le piétinement des éléphants dans la brousse à *Pennisetum purpureum* a déterminé de petites clairières à *Trifolium* et à *Plantago* qui rappellent nos prairies de fauche en Europe. La photo n° 18 montre des cultures indigènes de *Colocasia antiquorum* L. dont la vigueur témoigne de la fécondité du sol.

KATWA. — Au Nord-Nord-Est du lac Mbalukila, dans la région des Mokoto, à 1,900 m. d'altitude, le 11 mai 1929.

La prairie a remplacé la brousse à *Pennisetum purpureum* récemment brûlée. Le sol est du type « Mohanga », dont le profil est analysé du point de vue minéralogique sous les n^{os} 130-134, pages 65-66, et étudié du point de vue chimique au chapitre VII, pages 212-214. Il s'agit d'une siallite allitique remaniée par le volcanisme et dont la réserve minérale est très riche et variée. (Voir chap. V, p. 139.)

H	<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf.	8287	Humb.	275	884
H	<i>Panicum</i> sp.	—		40	37

La pauvreté en espèces de cette association tient uniquement au fait qu'elle est très récente. Toutefois elle constitue déjà un bon pâturage.

MUTANDA. — Au Nord des lacs Mokoto, sur les contreforts des monts Bwito, à 1,535 m. d'altitude. Date du relevé : 7 mai 1929.

Un pâturage à *Digitaria abyssinica* a remplacé la brousse à *Pennisetum purpureum*. Aucune trace de la forêt, qui, par contre, apparaît en massifs importants sur les arêtes dorsales des monts Bwito, des monts Kiroliurue et une partie des Kashali.

Le sol est du type « Mutanda » (terre noire), analysé sous le n^o 261, page 78. Cette terre a gardé sa réserve de matières organiques et du point de vue minéralogique est parmi les plus riches. L'étude chimique n'a pas été faite. Hauteur de l'herbage : 50-60 cm.

H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf.	7992	Humb.	170	441
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	8283 ^{bis}	Humb.	164	555
H	<i>Commelina</i> sp.	—		30	—
H	<i>Senecio ruwenzoriensis</i> Bak.	—		12	—

SENTIER DE MUTANDA A KILIMA, à une journée de marche au Nord de Mutanda, à 1,460 m. d'altitude. Date du relevé : 6 mai 1929.

Sol du type « Mutanda ». Le pâturage a remplacé la brousse à *Pennisetum purpureum*. Hauteur de l'herbage : 90 cm.-1 m.

H	<i>Themeda triandra</i> Forsk var. <i>hispida</i> Stapf	8271	Humb.	53	125
H	<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf.	8264	Humb.	56	150
H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf.	8283	Humb.	13	17
H	<i>Eupatorium africanum</i> Oliv. et Hiern.	8272 ^{bis}	Humb.	7	—
H	<i>Helichrysum</i> sp.			1	—

SENTIER DE MUTANDA A KILIMA, à 1,500 m. d'altitude (même date). — Le sol commence à devenir caillouteux (fragments nombreux de quartz). La déforestation est certainement très ancienne et une certaine aridité se remarque dans le paysage.

H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf	8283	Humb.	105	195
H	<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf.	8264	Humb.	90	65
H	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	8268 ^{bis}	Humb.	15	22
H	<i>Eragrostis multiflora</i> Forsk	8195	Humb.	15	12

Sentier de MUTUNDA à KILIMA, à 1,550 m. d'altitude (même date), sur pente abrupte et station saxicole (cailloux de quartz). — L'incendie détruit souvent la prairie.

H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf.	8283	Humb.	130	304
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992	Humb.	50	27
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf	8280	Humb.	25	14

KILIMA. — Dans la moyenne vallée de la Ruhindi, à 1,120 m. d'altitude (même date) sur jachère.

Th	<i>Sorghum arundinaceum</i> (Wild.) Stapf.	8238	Humb.	150	1534
H	<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	7892	Humb.	30	120
Th	<i>Bidens pilosa</i> L.	—		13	—

MONTS KASHALI. — A la base orientale, à 1,060 m. d'altitude, le 5 mai 1929. Terrain caillouteux de roches granitoïdes à gros éléments. L'association climatique est la savane à *Acacia*. La prairie est ouverte et présente un aspect steppique, à cause de la station saxicole. L'incendie est à peu près régulier.

H	<i>Hyparrhenia filipendula</i> var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf	8264	Humb.	170	540
H	<i>Chloris radiata</i> Sw.	8191 ^{bis}	Humb.	43	40

Le spectre biologique de ces associations est, comme le précédent, assez simple :

Hémicryptophytes	89 %
Thérophytes	10 %
Géophytes	1 %

La succession zonale des associations montre à l'évidence la triple dégradation progressive du climat, du sol, de la végétation, au fur et à mesure qu'on avance vers le Nord.

D'une pluviosité annuelle de 2,000 mm. on passe à 1,000-1,200 mm.; d'une courte saison sèche d'un mois on passe à des sécheresses de quatre mois environ. Au Nord-Ouest des volcans actifs, il n'y a plus de fertilisation éolienne du sol. De la forêt dense mésophile, on passe aux savanes tropicales, dans lesquelles apparaissent des éléments soudanais (J. Lebrun).

Les diverses associations décèlent fidèlement les conditions locales du milieu. Dans les zones élevées, ravagées par l'incendie, coexistent des théophytes orophiles (*Brachiaria scalaris*) et des hémicryptophytes tropicales (relevé Buniungu). Où l'incendie a cessé d'exercer son action funeste, les orophytes orientales ont la prédominance (Dalinghi). Dans les friches récentes s'installent les pantropicales rudérales (Katwa). Puis c'est l'apparition des orophytes tropicales à large diffusion (*Themeda triandra* var. *hispida*, originaire d'Arabie et répandue également en Afrique du Sud) qui toutefois laissent subsister les orophytes orientales (*Andropogon Dummeri*) et des variétés localisées d'espèces à large diffusion (*Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa*) paraissant adaptées à des stations particulières (saxicoles). Les Graminées pantropicales (*Digitaria uniglumis*) font leur apparition comme espèces commensales de l'association à orophytes, jusqu'à ce que la basse altitude ou leur adaptation rudérale leur permettent de devenir dominantes par l'élimination progressive des espèces montagnardes (*Sorghum arundinaceum* à Kilima).

*
**

Revenons au massif volcanique des Mufumbiru, d'où nous sommes parti, et parcourons de l'Est à l'Ouest les prairies de sols virils dans les aires que l'homme a soustraites à la forêt mésophile, jusqu'à atteindre le domaine climatique de l'alizé de l'océan Indien.

Nous aurons l'occasion de voir comment ce système de montagnes qui barre transversalement la fosse tectonique de l'Afrique centrale a été, et l'est encore, le pont de migration dans les deux sens des flores occidentale et orientale. Le sol volcanique, particulièrement fertile, protège la multiplication des orophytes.

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 287

LULENGA. — Versant occidental du volcan Mikeno, à 1,865 m. d'altitude, le 13 avril 1929. Pré de la Mission catholique. Le profil de ce sol est analysé du point de vue minéralogique du n° 75 au n° 80, chapitre IV, pages 97-98; l'étude chimique n'a pas été faite, mais on peut se référer au type « Katala », de nature analogue (profil n°s 223, 224, 225, 254, 255), chapitre VII, pages 200-201 (l'analyse minéralogique de « Katala »; voir pp. 78-79).

H	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	8123 ^{bis}	650	645
H	<i>Trifolium usambarense</i> Taub.	7944 Humb.	44	70
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992 Humb.	430	315
H	<i>Pycnus elegantulus</i> Clarke	8108 Humb.	13	5
H	<i>Ranunculus</i> sp.	8056 Humb.	9	—
H	<i>Plantago palmata</i> Hook. f.	7950 ^{ter} Humb.	1	—
H	<i>Geranium simense</i> Hochst.	7920 Humb.	5	—
H	<i>Commelina</i> sp.	—	3	—

LULENGA. — Nouvelle organisation de la même association à *Eleusine indica*. Le pâturage est brouté de temps à autre par des ovidés de la Mission.

H	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	8123 ^{bis} Humb.	1075	1334
Th	<i>Trifolium Ruppelianum</i> Fres.	7950 Humb.	507	596
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992 Humb.	180	60
H	<i>Pycnus elegantulus</i> Clarke	8108 Humb.	45	20
H	<i>Ranunculus</i> sp.	8056 ^{bis} Humb.	1	—
Th	<i>Bidens pilosa</i> L.	—	1	—
Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	—	3	—
H	<i>Geranium simense</i> Hochst.	7920 Humb.	56	—
H	<i>Commelina</i> sp.	—	40	—

CRATÈRE NA-KIBUMBA (système éruptif du Mikeno), dans le Parc National Albert, à 2,220 m. d'altitude, le 15 avril 1929. — A proximité d'une formation secondaire arbustive à *Vernonia*, *Acanthus arboreus*, etc.

Le sol est du type « Tshikère », dont le profil est analysé du point de vue minéralogique du n° 237 au 241, au chapitre IV, pages 91-92. L'étude chimique n'a pas été faite, mais on peut se référer par analogie au type « Katala », chapitre VII, pages 200-201. Une caractéristique commune à ces sols volcaniques est la grande richesse et la variété de leur réserve minérale. (Voir chap. V, p. 139.)

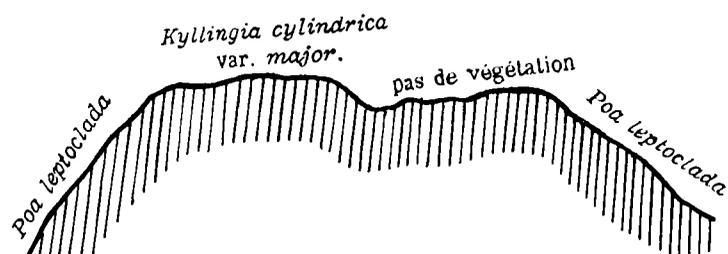
La station de la prairie est située sur le talus d'une ancienne cheminée éruptive et à cause de la pente elle est plutôt aride.

H	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.	8127 Humb.	87	115
H	<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	7892 Humb.	50	30
H	<i>Pycnus elegantulus</i> Clarke	8108 Humb.	39	7

H	<i>Panicum</i> sp.	7990 ^{bis}	Humb.	60	35
H	<i>Poa</i> cf. <i>leptoclada</i> Hochst.	8069	Humb.	8	2
H	<i>Trifolium usambarense</i> Taub.	7944	Humb.	15	4
H	<i>Kyllingia</i> Nees var. <i>macrosepala</i> A. Rich. var. <i>oligantha</i> H. Cherm.	8115 ^{ter}	Humb.	26	5
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992	Humb.	75	40
	Labiée encore indéterminée	7907	Humb.	7	—
H	<i>Geranium simense</i> Hochst.	7920	Humb.	6	—

Sont commensales occasionnelles de l'association à *Pennisetum clandestinum*: *Vicia Claessensii* De Wild.; *Trifolium Ruppelianum* Fres.; *Cardamine africana* L.; *Pentas Schimperiana* Vatke.

Entre la passe de la Mutura (2,700 m. d'altitude), qui fait le partage entre le bassin du Kivu et le bassin du Victoria Nyanza et Nkuli, à une altitude d'environ 2,200 mètres, nous avons observé des gazons à



Section verticale de la piste routière Mutura-Ruhengeri.

Poa cf. *leptoclada* et à *Trifolium usambarense*, auxquelles espèces se mêlaient comme plantes de cortège: *Bromus* sp., *Plantago palmata* et *Kyllingia cylindrica* var. *major*. Ces associations sont extrêmement sensibles au piétinement : un durcissement du sol, une petite stagnation d'eau modifient leur zonation. Voici la répartition que nous avons observée sur la piste routière que nous parcourions :

Ces pelouses, dont la hauteur de l'herbage ne dépasse pas 10-20 cm., sont fréquentées par de petites antilopes et des buffles sauvages.

NKULI. — Versant du Victoria Nyanza, sur les pentes Sud du Karisimbi, à 2,100 m. d'altitude, sur un terrain anciennement défriché. Date du relevé : 14 juin 1929. Le pâturage était fréquenté régulièrement par les bovidés des Baniaruanda. Hauteur moyenne de l'herbage : 80 cm.

H	<i>Hyparrhenia kivuensis</i> Robyns	2253	Sc.	250	600
H	<i>Cymbopogon afronardus</i> Stapf	2254	Sc.	5	22

H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.				
	<i>major</i> Stapf	2255	Sc.	40	105
H	<i>Scleria Buchanania</i> Boeck.	2256	Sc.	15	14
Th	<i>Rhynchelytrum roseum</i> (Nees) Stapf et				
	Hubbard	2257	Sc.	20	20
Ch	<i>Cassia mimosoides</i> L.	—		8	—
H	<i>Eriosema Lejeunei</i> Staner et De Craene .	2258	Sc.	7	—
H	<i>Alysicarpus violaceus</i> Schindl.	—		3	—
H	<i>Helichrysum albiflorum</i> Moeser	2259	Sc.	1	—
H	<i>Helichrysum nudifolium</i> Less.	2260	Sc.		
H	<i>Pseudarthria Hookeri</i> V. et A.	2261	Sc.	3	—

Comme espèces commensales ou de cortège de l'association à *Poa leptoclada* (entre Mutura et Nkuli) et de l'association à *Hyparrhenia kivuensis* Robyns (Nkuli), nous avons annoté : *Fumaria australis* Pgs. l.; *Drymaria cordata* (L.) Willd.; *Crotalaria mesopontica* Taub.; *Parochetus communis* Don; *Lobelia kivuensis* Engl.; *Desmodium scalpe* DC.; *Cerastium africanum* Oliv. var. *Schimperi* Engl.; *Gnaphalium unionis* Sch. Bip.; *Trifolium Johnstonii* Oliv.; *T. usambarense* Taub.; *Lathyrus kilimandjaricus* Taub.; *L. hygrophilus* Taub.; *Vicia sativa* L. var. *abyssinica* Bak.; *V. hirsuta* Hochst.; *Fumaria abyssinica* Hammer.; *Crassula aquatica* (L.) C. Rov.; *Smithia ugueensis* Taub.; *Cineraria kilimandscharica* Engl.; *Echinops Hoehnelii* Schweinf.

RUHENGARI. — Sur le versant oriental du Karisimbi (bassin du Victoria Nyanza), à 1,900 m. d'altitude, le 3 juin 1929. Cette localité est à la limite orientale des sols volcaniques. L'influence du domaine climatique occidental ne s'y fait sentir que par le voisinage des volcans occidentaux (Karisimbi-Mikeno). Le sol est encore du type « Katala ».

La prairie s'est établie sur une ancienne jachère, depuis piétinée et pâturée régulièrement par des bovidés. Station de plaine.

H	<i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst.	2210	Sc.	350	246
H	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.	8127	Humb.	32	65
H	<i>Cyperus rigidifolius</i> Steud.	2211	Sc.	45	29
Th	<i>Trifolium Ruppelianum</i> Fres.	2212	Sc.	4	2
Th	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	2213	Sc.	7	2
H	<i>Kyllingia cylindrica</i> Nees	2214	Sc.	5	2

RUHENGRI. — Autre organisation phytosociologique de la même association à *Eragrostis tenuifolia* Hochst.

H	<i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst.	2210	Sc.	150	261
H	<i>Cyperus rigidifolius</i> Steud.	2211	Sc.	90	125
H	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.	8127	Humb.	80	177
Th	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	2213	Sc.	96	85
Th	<i>Trifolium Ruppelianum</i> Fres.	2212	Sc.	60	70
H	<i>Chloris radiata</i> Sw.	2215	Sc.	12	7
H	<i>Dichrocephala latifolia</i> Oliv.	—		15	—
H	<i>Monopsis Schimperiana</i> Urban	—		25	—
Th-H	<i>Hydrocotyle Mannii</i> Hook. f.	2216	Sc.	8	—

RUHENGRI. — Station de colline, sol argileux, sur ancienne jachère.

Th	<i>Trifolium Ruppelianum</i> Fres.	2217	Sc.	190	480
H	<i>Pennisetum</i> cf. <i>clandestinum</i> Hochst.	2218	Sc.	100	245
Th	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	2213	Sc.	60	50
Th	<i>Vicia sativa</i> L. var. <i>abyssinica</i> Bak.	2219	Sc.	12	19
H	<i>Alysicarpus violaceus</i> Schindl.	2220	Sc.	8	4
H	<i>Indigofera endecaphylla</i> Jacq.	2221	Sc.	4	—
H	<i>Brachiaria fulva</i> Stapf.	2222	Sc.	3	2
	<i>Polygala</i> sp.	2223	Sc.	1	—

RUHENGRI. — Sur station de pente, aride, avec sous-sol caillouteux.

H	<i>Pennisetum glabrum</i> Steud.	2224	Sc.	200	330
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2225	Sc.	85	83
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	2226	Sc.	40	40
H	<i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst.	2227	Sc.	20	15
H ou H-Th	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commersonii</i> Stapf	2228	Sc.	55	40
Th	<i>Arthraxon Quartinianus</i> (Hack.) Nash.	2229	Sc.	12	5

RUHENGRI. — Jachère au milieu d'une plantation d'Eucalyptus. Le pâturage est fréquenté occasionnellement par les bovidés; l'incendie ne passe jamais sur la prairie, qui a été obtenue par simple défrichement du sol. Hauteur de l'herbage : 30 cm.

Th	<i>Arthraxon Quartinianus</i> (Hack.) Nash.	2229	Sc.	200	275
H-Ch	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	2230	Sc.	160	115
H-Ch	<i>Eragrostis kiwuensis</i> Jedw.	2231	Sc.	15	7
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2225 ^{bis}	Sc.	12	6

H-Th	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i>				
	<i>sonii</i> Stapf	2228	Sc.	15	18
H	cf. <i>Salvia</i> sp.	2234	Sc.	8	—
H	<i>Conyza Steudelii</i> Sch. Bip.	2235	Sc.	7	—
	<i>Wedelia</i> sp.	2236	Sc.	2	—
H	Acanthacée indéterminable	2237	Sc.	30	—

RUHENGERRI. — Même association à *Arthraxon quartinianus*, mais pas sur jachère (même date).

Th	<i>Arthraxon Quartinianus</i> (Hack.) Nash.	2229	Sc.	250	275
H	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.	2238	Sc.	120	260
H-Ch	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	2230	Sc.	20	25
H	<i>Pennisetum glabrum</i> (Hochst.) Steud.	2239	Sc.	9	18
H	cf. <i>Salvia</i> sp.	2234	Sc.	2	—
	<i>Wedelia</i> sp.	2236	Sc.	3	—

Le spectre biologique de ce groupe d'associations montre déjà une plus grande variété de formes :

Thérophytes	80 %
Hémicryptophytes	68 %
Thérophytes-Hémicryptophytes	5 %
Hémicryptophytes-Chaméphytes	5 %
Chaméphytes	2 %

La prédominance des orophytes orientaux et locaux est nette dans les prairies de plus haute altitude. On y remarque un petit nombre d'endémiques probables (*Hyparrhenia kivuensis* Robyns; *Cymbopogon afronardus* Stapf; *Eriosema Lejeunei* Staner et De Craene; *Helichrysum albiflorum* Moeser) et également quelques variétés d'espèces de large diffusion, qui paraissent localisées à ces hautes montagnes (*Killingia cylindrica* var. *major* Clarke; *Vicia sativa* var. *abyssinica* Bak., etc.)

Ces prairies comportent encore un nombre exceptionnellement élevé de Légumineuses fourragères (*Vicia Claessensii* De Wild.; *Lathyrus kilimandjaricus* Taub.; *L. hygrophilus* Taub., etc.).

Au sujet de *Trifolium usambarense* et *T. Ruppelianum*, nous devons attirer l'attention des botanistes sur la grande variabilité de ces espèces dans ces montagnes. La même espèce se présente souvent

avec des fleurs de diverses couleurs (rose, violet, mauve), ce qui fait croire, au premier abord, que l'on a affaire à des variétés ou tout au moins à des formes particulières. Il appartiendra aux systématiciens de résoudre le problème.

Plus l'altitude diminue, en même temps qu'on se déplace vers l'Est (les relevés de Ruhengeri), plus les orophytes orientaux sont concurrencés par les orophytes tropicaux à large diffusion (*Arthraxon Quartinianus*; *Digitaria abyssinica*, etc.), auxquels se mêlent, en nombre relativement petit, les pantropicales (*Paspalum scrobiculatum* var. *Commersonii*; *Digitaria uniglumis* var. *major*, etc.).

L'influence de l'homme comme porteur d'espèces rudérales et messicoles est visible partout (relevés de Lulenga et Ruhengeri). Les Légumineuses fourragères : *Trifolium usambarense*, *T. Ruppelianum*, etc., témoignent généralement d'une grande fécondité du sol.

Le défrichement et la cessation de tout incendie confèrent, dans un sol riche, une prédominance aux Légumineuses sur les Graminées (Ruhengeri, n° 3).

L'aridité de la station favorise, comme il est naturel, l'installation et la multiplication des espèces tropicales cosmopolites ou tout au moins des espèces à large diffusion (Ruhengeri, n° 4).

Les Cypéracées ne jouent ici dans l'organisation phytosociologique des associations, en comparaison des prairies humides de l'Ouest (massif Kahuzi), qu'un rôle effacé. Il s'agit d'ailleurs d'espèces de petite taille dont la production de matière verte est de peu d'importance.

Prairies de couloirs de foehn. — Nous avons parlé des conditions climatiques particulières à ces territoires situés dans l'axe Nord-Sud du « graben » ou à l'Ouest de la grande chaîne dorsale du Congo.

L'association climatique de ces zones est, d'après l'altitude, la forêt claire subxérophile à *Piptadenia Buchananii* Baker et à *Albizzia gummifera* (Gmel.) C. A. Sm., ou la forêt sclérophylle à *Myrica salicifolia* Hochst. var. *subalpina* Engl. et *Olea chrysophylla* Lam., avec ses formes xérophytiques à *Agauria salicifolia* (Lam.) Hook. f., *Lachnopylis floribunda* (Benth.) C. A. Sm., *Jasminum dichotomum* Vahl, etc., comme on en retrouve encore des lambeaux intacts sur le versant

oriental de l'île Idjwi, dans l'isthme de Kasseraboba, et sur les rives Nord du Kivu (pour la composition systématique de ces forêts, voir J. Lebrun). (Voir photos n^{os} 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20 dans le *Climat écologique de la dorsale Congo-Nil.*)

NGOMA. — Rives septentrionales du Kivu, à 1,480 m. d'altitude; clairière dans le maquis à *Jasminum dichotomum* Vahl et *Olea chrysophylla* Lam. (Voir photo n^o 13 dans *Le Climat écologique de la dorsale Congo-Nil.*) Date du relevé : 30 mai 1929.

Sol de tuf volcanique. C'est à sa richesse minérale et à son origine récente que ce sol doit d'avoir gardé un âge viril, car le foehn tend à accélérer les processus de vieillissement, comme nous le constaterons à propos des sols séniles. L'analyse minéralogique et l'étude chimique de ce sol n'ont pu être faites.

H	<i>Hyparrhenia filipendula</i> var. <i>pilosa</i>				
	(Hochst.) Stapf	2207	Sc.	250	285
H	<i>Indigofera subargentea</i> De Wild.	2208	Sc.	50	—
H	<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf	2209	Sc.	8	7
H	<i>Fimbristylis monostachya</i> Hassk.	8185	Humb.	10	9
	<i>Polygala</i> sp.	7395	Humb.	2	—
	Légumineuse indéterminable	—		1	—

Espèce commensale de l'association: *Digitaria Scaettae* Robyns.

Le caractère écologique de l'association est révélé par *Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa*, orophyte tropophile du pourtour montagneux de la cuvette congolaise. La var. *pilosa* paraît localisée aux montagnes de l'Afrique centrale. Elle indique un bon terrain, mais une station aride.

Le peu d'humidité fournie par la présence du maquis environnant paraît justifier la présence de *Brachiaria brizantha*, tropicale indifféremment planitiaire et orophile qui dans les savanes de l'Afrique centrale préfère les stations plutôt humides (Robyns). Elle est ici associée en nombre d'individus à peu près égal à la Cypéracée *Fimbristylis monostachya*, orophyte oriental.

Prairies de climat alternativement sec et humide (domaine de l'alizé de l'océan Indien). — Dans l'étude des associations de ce domaine, nous suivrons une zonation Nord-Sud. Une zonation altitu-

dinale n'aurait pas une signification climatique réelle dans ce cas. Nous avons constaté en maintes occasions que certains territoires d'altitude de ce domaine sont aussi humides que les zones d'altitude analogue du domaine occidental, à cause de l'orientation des chaînes de montagne.

Nous avons partagé le Ruanda en quatre zones parallèles dirigées Nord-Sud, dans lesquelles la pluie décroît progressivement vers l'Est en même temps qu'augmente la durée des sécheresses saisonnières ⁽¹⁾.

Les sommets ou les versants plus humides sont occupés, soit par des lambeaux de la forêt mésophile primitive (la forêt de Rugege), soit par des lambeaux de forêt secondaire héliophile (notamment à *Hagenia abyssinica*).

Les dorsales, les pentes ou les sommets qui aujourd'hui sont envahis par la prairie de Graminées ne sont pas humides, ou bien, si leur pluviosité est élevée, l'incendie et la destruction déjà ancienne de la forêt ont dégradé le sol à telle enseigne que la « station » est devenue aride, malgré que le climat atmosphérique soit franchement forestier.

Nous rappelons que les traits essentiels de ce domaine sont : l'absence de fertilisation éolienne du sol par apport de verre volcanique (à cause de la direction de l'alizé); l'absence générale de sols volcaniques récents d'après le sens que nous avons attribué à cette désignation; l'état de vieillissement relatif plus accentué des sols de ce domaine par rapport au domaine occidental.

Dans ces conditions, la nature de la roche ayant donné origine au sol, la position et les caractéristiques locales des « stations » influencent plus fortement l'organisation phytosociologique et le dynamisme des associations. Nous aurons l'occasion de le constater.

RWAZA (Ruanda septentrional), à 1,800 m. d'altitude, sur *jachère*. Date du relevé : 15 juin 1929.

Le feu brûle régulièrement la prairie. Le sol est analysé du point de vue minéralogique sous le n° 294, chapitre IV, page 69. L'étude chimique n'a pas été faite. Selon toute vraisemblance il s'agit d'une siallite allitique.

Ce sol peut avoir bénéficié d'apport éolien de verre volcanique par suite de courants d'orage, comme semble l'attester la présence d'augite. C'est encore un

⁽¹⁾ Voir carte des zones pluvieuses du Ruanda dans *Les Famines périodiques dans le Ruanda*, etc., 1932, p. 19.

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 295

bon sol. D'ailleurs, cette région alimente une population agricole sédentaire très dense. (Voir photo n° 19 dans *Les Famines périodiques dans le Ruanda*, etc.)

H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2225	Sc.	80	170
H	<i>Aristida adoensis</i> Hochst.	2251	Sc.	20	30
Th-H	<i>Rhynchelytrum roseum</i> (Nees) Stapf et Hubb.	2252	Sc.	17	17
H	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	—		7	5
H	<i>Lactuca capensis</i> Thunbg.	—		5	—
	Indéterminable	—		5	—

Espèce commensale : *Sphaeranthus suaveolens* DC, 1669^{bis} Sc.

MONT BOHANGA (Ruanda septentrional). — Fait partie du système montagneux de la grande dorsale orientale du « Graben centro-africain ».

La forêt de bambous y a été détruite récemment; nous y avons observé des rhizomes pas encore déracinés.

Le premier relevé (26 juin 1929) a été fait sur une pente très inclinée du versant occidental, à 1,850 m. d'altitude. La station se présentait d'aspect aride et saxicole. L'incendie brûle régulièrement la prairie; le bétail broute irrégulièrement. La hauteur de l'herbage est extrêmement inégale.

Le sol est du type « Rwaza », mais plus dégradé.

H	<i>Cymbopogon afronardus</i> Stapf	2268	Sc.	87	255
H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf	2269	Sc.	45	38
H	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	2270	Sc.	56	80
Th	<i>Coreopsis</i> sp.	2271	Sc.	8	—

MONT BOHANGA. — Sur une pente raide du versant oriental, à 1,940 m. d'altitude. Station aride, sol argileux avec fragments de quartz épars à la surface.

Le feu brûle régulièrement la prairie. Hauteur *uniforme* de l'herbage : 70-80 cm. Le pâturage est fréquenté par les bovidés.

H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf	2269	Sc.	140	310
Th	<i>Schizachyrium brevifolium</i> (Sw.) Nees var. <i>flaccida</i> (Hack) Stapf	2272	Sc.	10	4
Th	<i>Coreopsis</i> sp.	2271	Sc.	3	—
H	<i>Vernonia</i> indéterminable	2273	Sc.	3	—

Comme espèces de cortège à ces deux associations à *Cymbopogon afronardus* et à *Schizachyrium* cf. *Thollonii*, nous avons annoté :

Pennisetum glabrum Steud.; *Eragrostis seticaulis* Chiov.; *E. tenuiflora* Hochst.; *Panicum flacciflorum* Stapf; *P. monticulum* (Hook.) f.; *Sporobolus indicus* R. Br.; *Setaria sphacelata* (Sch.) St. et Hubb.; *Digitaria uniglumis* var. *major* Stapf; *Agrostis Schimperiana* Hochst.; *Vicia sativa* var. *abyssinica* Bak.; *Eleusine indica* (L.) Gaertn.; *Bromus runssoroensis* K. Schum. 2349 Sc.

Il est intéressant d'observer que le même sol orienté à l'Ouest est couvert par l'association à *Cymbopogon afronardus*, orophyte de l'Afrique centrale, tandis que du côté de l'exposition orientale cette association est remplacée par une autre à *Schizachyrium* cf. *Thollonii*, espèce pantropicale planitiaire, occasionnellement orophile et qui exprime bien la plus grande aridité de la station, malgré que l'altitude soit de 100 mètres plus élevée que celle du pâturage de l'exposition occidentale.

La présence de *Schizachyrium brevifolium* var. *flaccida*, thérophyte hydrophile congolaise, planitiaire et orophile (occasionnellement rudérale), ne modifie pas la signification écologique de l'association, étant données sa faible quantité et sa faible sociabilité.

Le curieux mélange qu'au point de vue géographique constituent les espèces de cortège mérite d'être signalé. Des orophytes orientaux et de l'Afrique centrale se disputent la place avec des orophytes austraux et des espèces pantropicales.

Cette population aussi hétéroclite témoigne du jeu des influences contrastantes que le climat et l'altitude, les feux et les friches environnantes opposent les unes aux autres, sans qu'aucune d'elles ait encore imposé sa prédominance.

NKURURA (Ruanda septentrional). — A proximité du partage de la grande chaîne dorsale, à 2,500 m. d'altitude. La station est fortement exposée aux courants d'Est. Dans le voisinage il y a des camps cultivés; la prairie même se trouve sur une ancienne jachère. Le feu ne l'atteint pas ou y passe rarement. La hauteur moyenne de l'herbage est de 50 cm. Date du relevé : 27 juin 1929. Le sol est du type précédent.

H	<i>Pennisetum Scaettae</i> Robyns	2274	Sc.	80	170
H	<i>Poa leptoclada</i> Hochst.	2275	Sc.	60	35
H	<i>Festuca</i> sp.	2276	Sc.	25	35

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 297

H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2277	Sc.	17	24
H	<i>Salvia</i> sp.	2278	Sc.	5	—

MONT NYABIHU (n° 1) (territoire de Kabaya, dans le Ruanda septentrional). — Station de pente à 2,380 m. d'altitude, sur terrain jadis couvert par la forêt de bambous, détruite depuis quinze ans environ.

Par endroits on remarque des îlots à *Pteridium aquilinum*. Le pâturage occupe une surface en jachère depuis dix ans; le feu y passe de temps à autre, pas régulièrement. La hauteur moyenne de l'herbage est de 70-80 cm. (Voir photos n°s 10, 11, 12, dans *Les Famines périodiques dans le Ruanda*, etc.)

Le sol de cette zone n'a pu être étudié, mais on peut le croire analogue au type « Kirumbi » analysé sous le n° 297, chapitre IV, page 69. Voir également le profil « Bukulumissa » (on se trouve ici dans une localité humide analogue à celle d'égale altitude du domaine occidental), analysé du n° 283 au n° 287, pages 73-74.

H	<i>Panicum Hochstetteri</i> Steud.	2279	Sc.	107	355
H	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	2280	Sc.	4	20
N-Ph	<i>Tephrosia eriosemoides</i> Oliv.	2281	Sc.	3	—
H	<i>Diodia sarmentosa</i> Sav.	2282	Sc.	3	—
H	<i>Helichrysum fruticosum</i> Vatke	2283	Sc.	8	—

MONT NYABIHU (n° 2). — Emplacement et station analogues à ceux sus-décrits, mais sur jachère d'un an. Altitude : 2,370 m., même date.

Th	<i>Panicum pusillum</i> Hook. f.	2284	Sc.	27	15
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	2285	Sc.	15	7
Th	<i>Coreopsis</i> sp.	2286	Sc.	25	—
Th	<i>Acrocephalus</i> sp.	2287	Sc.	25	—

MONT NYABIHU (n° 3). — Sur pente modérée, à 2,200 m. d'altitude. Le sol est d'apparence argileuse, assez bien caillouteux (fragments de quartz). La prairie occupe un terrain laissé en jachère depuis 8-10 ans et pâturée régulièrement par des bovidés; l'incendie la brûle régulièrement au moins une fois par an. Ce type de pâturage occupe de vastes étendues sur les montagnes environnantes. La hauteur moyenne de l'herbage est de 50-60 cm.

H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf	2269	Sc.	35	78
H	<i>Eragrostis olivacea</i> K. Schum.	2288	Sc.	40	70
H	<i>Melinis Maitlandii</i> St. et Hubb.	2289	Sc.	50	132
H	<i>Hyparrhenia brachteata</i> (Humb. et Bonpl.) Stapf	2290	Sc.	4	15

H	<i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch.	2291	Sc.	15	6
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var.				
	<i>major</i> Stapf	2292	Sc.	3	35
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) St. et Hubb.	2293	Sc.	6	18
Th	<i>Coreopsis</i> sp.	2294	Sc.	5	—

Comme espèces commensales de ces trois associations, nous avons annoté : *Brachiaria semiundulata* (Hochst.) Stapf; *Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa* (Hochst.) Stapf; *Phalaris arundinacea* L. subsp. *Oehlerii* Pilger.

Le spectre biologique de ces prairies du Ruanda septentrional est le suivant :

Hémicryptophytes	76 %
Thérophytes	20 %
Thérophytes-Hémicryptophytes	1 %
Géophytes	1 %
Phanérophytes	2 %

Parmi les Graminées, les Andropogonées paraissent prévaloir sur les autres groupes. Les orophytes dominent nettement sur les autres types au-dessus de 2,000 mètres. Il en existe une probablement endémique : *Pennisetum Scaettae* Robyns; les autres appartiennent au pourtour montagneux de la cuvette congolaise et au Katanga (*Melinis Maitlandii*, *Hyparrhenia bracteata*), ou à l'Afrique orientale (*Digitaria abyssinica*).

Dans les stations basses ou partiellement arides apparaissent des types pantropicaux souvent rudéraux, de souche orientale (*Schizachyrium Thollonii*, *Setaria sphacelata*, *Rhynchelytrum roseum*, etc.) ou australe (*Melinis minutiflora*). Certaines de ces espèces sont des anthropophiles (*Melinis*, *Rhynchelytrum*), regardées par certains auteurs comme de mauvaises herbes (A. Chevalier).

Il faut enfin remarquer comme les jachères de 8-10 ans permettent à la prairie d'acquérir une organisation phytosociologique relativement stable et une composition plutôt riche en espèces, où les orophytes orientales et les tropophiles tendent à reprendre la dominance sur les espèces pantropicales (Nyabihu, n° 3).

Une jachère très récente, même dans des conditions favorables de

climat et de sol (Nyabihu, n° 2), ne permet que l'établissement d'associations éphémères constituées en grande partie de Thérophytes orophiles (*Panicum pusillum*) et d'espèces à large diffusion (*Digitaria abyssinica*, *Hyparrhenia cymbaria*).

*
**

MULAMBI (Ruanda central). — Sur la dorsale orientale de la fosse tectonique, versant du Victoria Nyanza, à 1,900 m. d'altitude. Date du relevé : 1^{er} juillet 1929. Hauteur moyenne de l'herbage : 50-70 cm.

La prairie est pâturée régulièrement par les bovidés et l'incendie y passe une ou deux fois par an. La station décèle un caractère plutôt aride; sa position est sur pente modérée.

Le sol est du type « Mulambi-Rubenghera », analysé du point de vue minéralogique sous le n° 298, page 81, et du point de vue chimique au chapitre VII, p. 206.

La déforestation y est ancienne. Le sol est une allite siallitique que l'altitude protège contre un vieillissement trop rapide. Le profil de ce sol indique même un stade juvénile. La surface éluviale est toutefois fortement dégradée par l'incendie et par un pâturage abusif.

H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.)			
	Stapf	2269	Sc.	50 105
H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf	2302	Sc.	30 50
H	<i>Hyparrhenia bracteata</i> (Humb. et Bompl.)			
	Stapf	2303	Sc.	25 47
H	<i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger	2299	Sc.	25 55
H	<i>Trifolium</i> sp.	2304	Sc.	12 7

RUBENGERA (Ruanda central). — Même chaîne de montagne, mais sur le versant occidental (du Kivu), à 1,920 m. d'altitude. Hauteur moyenne de l'herbage : 80-90 cm. Prairie incendiée plus ou moins régulièrement et pâturée par les bovidés. Date du relevé : 1^{er} juillet 1929.

Même type de sol que pour le relevé précédent.

H	<i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth.	2305	Sc.	57 129
H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.)			
	Stapf	2269	Sc.	45 57
	Graminée indéterminable	2305 ^{bis}	Sc.	26 12

Comme espèces de cortège nous avons annoté : *Leersia hexandra* Sw. (mauvaise herbe); *Microchloa indica* (L. f.) P. Beauv.; *Pennisetum Scaettae* Robyns; *Acacia stenocarpa* Taub.; *Smithia uguenensis* Taub.; *Senecio trichopterygius* Muschl.; *Sparmannia ricinocarpa* Hochst. 1720 Sc.

Ces Légumineuses phanérophtes et ses associées occupent la limite supérieure des pâturages où la déforestation est moins ancienne et la dégradation du sol moins avancée, comme leur présence, d'ailleurs, l'atteste clairement.

NYANZA (plateau central du Ruanda), à 1,830 m. d'altitude. La prairie occupe une station saxicole (gros cailloux de quartz) aride, où le sol est fortement dégradé par l'incendie et par le ruissellement. La pelouse est ouverte et a un aspect de steppe. Hauteur de l'herbage : 50-60 cm. Date du relevé : 7 juillet 1929.

Le sol est du type « Nyanza » n° 291, analysé page 94. L'étude chimique n'a pu être faite.

H	<i>Themeda triandra</i> Forsk var. <i>hispida</i>				
	Stapf	2317	Sc.	78	118
H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.)				
	Stapf	2318	Sc.	15	15
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) St. et Hubb.	2269	Sc.	40	35
H	<i>Eragrostis kiwuensis</i> Jedw.	2319	Sc.	3	5

NYANZA. — A 1,800 m. d'altitude, sur terrain subhorizontal. La prairie est soumise régulièrement à l'incendie et est fréquentée par le bétail.

A la différence du pâturage précédent, cette association accuse un caractère de « savane » par la présence de témoins très espacés de la forêt xérophile anciennement détruite (*Acacia verugera*).

La pelouse est fermée. Hauteur de l'herbage : 60-80 cm. Le sol « Nyanza » n° 292 a été analysé page 95. L'étude chimique n'a pu être faite.

H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.)				
	Stapf	2269	Sc.	60	145
H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2320	Sc.	25	18
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) St. et Hubb.	2269	Sc.	17	62
H	<i>Antherotoma Naudini</i> Hook. f.	2321	Sc.	13	—

Sur toute la région de Nyanza prédomine l'association à *Schizachyrium Thollonii*, qui dans les sols plus fortement dégradés est rempla-

cée par une association encore plus pauvre à *Aristida adoensis*, où cette espèce est presque exclusive et ne constitue plus que des pelouses ouvertes rappelant de près la steppe.

Le sol n° 292, un peu meilleur comme composition et comme réserve minérale que le 291, comporte une association mieux organisée et formée d'espèces plus exigeantes. Les mêmes forces de dégradation agissent sur les deux sols.

MUKÓNGORO (Ruanda central). — A 2,000 m. d'altitude, sur une pente très raide, aride, exposée à l'Est. Le sol est d'apparence argileuse, caillouteux. La prairie est brûlée une ou deux fois par an. Hauteur moyenne de l'herbage : 80 cm. Date du relevé : 8 juillet 1929.

H	<i>Ctenium Newtonii</i> Hack.	2322	Sc.	60	130
H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf	2269	Sc.	35	30
H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf	2323	Sc.	45	45

Espèce commensale: *Eragrostis kiwuensis* Jedw.

VALLÉE DE LA BIRARAMA (Ruanda central). — Station aride, saxicole, où l'incendie passe périodiquement; la pente est fortement inclinée à 1,800 m. d'altitude. La formation est fermée. Hauteur moyenne de l'herbage : 30-40 cm. L'analyse de ce sol n'a pu être faite.

H	<i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth.	2305	Sc.	50	30
H	<i>Eragrostis kiwuensis</i> Jedw.	2319	Sc.	30	18
H	<i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf	2269	Sc.	18	24

Sur toutes les montagnes de ce parcours la prairie à *Andropogonées* n'est pas concurrencée par des espèces moins xérophiles sur des étendues évaluables à plusieurs centaines de km. carrés, ce qui confère au paysage une monotonie exaspérante et une apparence de grande aridité.

Les associations à *Trichopteryx elegans* et à *Eragrostis chalcantha* s'alternent; là où la dégradation du sol est extrême, à cause des incendies et d'un pâturage abusif, apparaît *Aristida adoensis* en formation ouverte, comme nous l'avons fait remarquer pour Nyanza. Le pâturage devient vite une charge excessive sur des pelouses formées d'espèces

non cespiteuses; le piétinement provoque alors de véritables ravages de la part des eaux de ruissellement. Le décapage des couches superficielles (éluviales) est activé d'une manière impressionnante ⁽¹⁾.

Cette situation est d'ailleurs bien exprimée par le spectre biologique extraordinairement simplifié de ces prairies du Ruanda central :

Hémicryptophytes	98 %
Thérophytes	2 %

Le fond de ces prairies est constitué en parties à peu près équivalentes par les orophytes orientaux (*Andropogon Dummeri*; *Eragrostis Mildbraedii*; *E. chalchanta*; *Trichopteryx elegans*) et par des espèces pantropicales occasionnellement orophiles (*Setaria sphacelata*, *Schizachyrium Thollonii*). L'une ou l'autre de ces catégories d'espèces tend à prévaloir, selon que la dégradation du sol est plus ou moins avancée. Les cosmopolites anthropophiles s'installent quand l'homme et les feux réalisent leur habitat préféré.

*
* *

KAGUNGA (Ruanda méridional), le long de l'itinéraire de Kirumbi (2,200 m. d'altitude), à Kagunga (Mutschia), à 1,800 m. d'altitude, à travers l'arête dorsale de la chaîne du Ruanda.

Le premier relevé a été fait dans une station très aride sur le versant du Kivu, sur terrain caillouteux, à 1,700 m. d'altitude, le 11 juillet 1929.

Le feu brûle régulièrement la prairie deux ou trois fois par an. Sur l'arête dorsale, autour de 2,400 m. d'altitude, existent encore des lambeaux de la forêt primitive mésophile, constituée d'essences à feuillage lauriforme : *Ekebergia Ruppeliana* (Fres) Rich; *Ficalhoa laurifolia* Hiern; *Parinari Mildbraedii*, Engl., etc. (l'horizon supérieur de J. Lebrun).

Plus bas, vers 2,200 mètres, on remarque des bois d'*Hagenia abyssinica*, espèce héliophile qui occupe les anciennes trouées pratiquées dans la forêt primitive et qu'on a abandonnées par la suite, permettant ainsi la reconstitution d'une forêt secondaire.

⁽¹⁾ Ceci est exactement comparable au cas des plateaux du centre de Madagascar. Cf. H. PERRIER DE LA BATHIE, La Végétation malgache. (*Ann. du Musée, etc.* Marseille, 1922, et H. HUMBERT, Principaux aspects de la Végétation à Madagascar. *Mém. de l'Acad. malgache*, 1927.)

En marge de ces îlots à *Hagenia* on remarque *Hypericum lanceolatum* à l'état d'arbuste associé à de petits massifs de *Lobelia giberroa* et d'*Acanthus arboreus*.

En marge de cette formation secondaire il y a la prairie encore riche en espèces orophytes, parmi lesquelles dominent : *Pennisetum clandestinum*; *Poa leptoclada*; *Sebaea multinodis* N. E. Br., etc.

Plus bas c'est la prairie à Andropogonées.

Le sol que couvrent ces formations forestières et préforestières est une terre brune du type « Kirumbi » n° 297, chapitre IV, page 69; voir l'étude chimique, chapitre VII, page 207.

C'est une siallite allitique dont la richesse de la réserve minérale approche de celle d'un sol juvénile. Mais la dégradation et un vieillissement prématuré la guettent.

Une preuve irréfutable nous est offerte par la qualité bien différente de sol que nous avons prélevé plus bas, dans la formation à Andropogonées. C'est une terre noire « Kirumbi-Kagunga », analysée du point de vue minéralogique sous le n° 299, chapitre IV, page 90; sa réserve minérale a presque entièrement disparu et il ne lui reste plus que du quartz et du pseudo-sable.

Cela fait supposer une dégradation profonde qui a décapé les horizons éluviaux. Son degré d'acidité est sans doute très fort; le profil dans l'ensemble frôle la sénilité, à l'opposé du précédent, qui voisine l'état juvénile.

Voici les deux relevés phytosociologiques faits sur ce sol :

KAGUNGA (n° 1).

H	<i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth.	. . . . . 2234	Sc.	45	48
H	<i>Ctenium Newtonii</i> Hack.	. . . . . 2322	Sc.	6	5

KAGUNGA (n° 2). — Station très aride, sur terrain caillouteux (fragments de quartz sur probable jachère).

H	<i>Hypparrhenia diplandra</i> (Hack) St.	. . . . . 2325	Sc.	65	270
H	<i>Eragrostis kivuensis</i> Jedw.	. . . . . 2319	Sc.	31	28
H	<i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth.	. . . . . 2324	Sc.	29	15
H	<i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachy-</i> <i>phylla</i> H. Cherm.	. . . . . 2326	Sc.	17	5

Espèces de cortège: *Bersama kivuensis* Gürke 1724 Sc. et *Symphonia globulifera* L. f. 1725 Sc.

Il n'y a pas besoin d'insister sur l'extrême pauvreté de ces pâturages et sur la petite quantité de matière verte qu'ils fournissent par rapport à la densité unitaire des espèces.

Les associations à *Trichopteryx elegans* et à *Andropogon* sp. occupent des grandes étendues de terrain. *Andropogon* sp. réussit à prévaloir où parviennent les brises humides du lac Kivu. Ailleurs les Andropogonées les plus xérophiles, telles que *Schizachyrium Thollonii* et *Ctenium Newtonii*, ne sont plus concurrencées.

ZONE DE DENDEZI (Ruanda méridional), à 1,600-1,650 m. d'altitude. — Le relevé a été fait le 13 juillet 1929 sur une station à proximité d'un marais tourbeux, peuplé de phanérophtes et de nanophanérophtes.

Nous rappelons que le climat est ici humide (1,800 mm. de pluie), pour les causes expliquées dans des travaux précédents. (Voir *Les Précipitations dans le bassin du Kivu.*)

Le feu brûle fréquemment cette prairie et les bovidés la paissent régulièrement.

Le sol est du type « Dendezi », dont le profil (n° 301-302) est analysé du point de vue minéralogique au chapitre IV, page 90. L'étude chimique n'a pu être faite.

Sous certains aspects ce sol peut toutefois être rattaché au type « Mulungu »; voir analyse minéralogique du profil du n° 273 au n° 277, chapitre IV, page 64, et l'étude chimique au chapitre VII, pages 217-218. Voir également chapitre V, page 139. Il s'agit d'une allite siallitique en voie de vieillissement.

H	<i>Hyparrhenia familiaris</i> (Steud.) Stapf.	2327	Sc.	45	55
H	<i>Eragrostis kiwuensis</i> Jedw.	2319	Sc.	50	62
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2328	Sc.	30	20
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	2309	Sc.	9	5
H	<i>Eragrostis Volkensii</i> Pilger	2329	Sc.	8	4
Th	<i>Borreria compressa</i> K. Sch.	2330	Sc.	7	—
H-Ch	<i>Sopubia ramosa</i> Hochst.	2331	Sc.	7	—

ZONE DE DENDEZI. — Plus à proximité du marais, même conditions de station.

H	<i>Eragrostis Volkensii</i> Pilger (sarmenteux).	2329	Sc.	70	75
H	<i>Trichopteryx dregeana</i> Nees	2328	Sc.	25	20
G	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	—		2	—

Espèces commensales ou de cortège de l'une ou de l'autre association: *Dischistocalyx laxiflorus* Lindau 1727 Sc.; *Swertia* sp. 1728 Sc.; *Linum gallicum* L. var. *abyssinicum* Planch. 1729 Sc.; *Lithospermum officinale* L. var. *abyssinicum* Engl. 1730 Sc.; *Faurea* sp. 1730^{bis} Sc.; *Dichrocephala chrysanthemifolia* DC. 1731 Sc.; *Sparmannia ricinocarpa* Hochst. 1732 Sc.; *Trifolium Johnstonii* Oliv. 1733 Sc.; *T. usambarensis* Taub.

Le spectre biologique des pâturages du Ruanda méridional est déjà plus riche que celui du Ruanda central; il ressent l'influence des brises humides du lac Kivu et surtout l'influence de la forêt de Rugege, centre naturel de dissémination d'espèces orophytes hydrophiles.

Les pâturages de Dendezi, malgré qu'ils soient périodiquement détruits par la morsure des flammes, gardent encore une composition assez riche en espèces. Le climat humide de la localité favoriserait certainement la multiplication des orophytes hydrophiles si les incendies venaient à cesser ou tout au moins étaient plus rares.

Hémicryptophytes	90 %
Thérophytes	2 %
Chaméphytes	4 %
Géophytes	1 %

Il est encore à remarquer, comme un fait intéressant, l'apparition dans ces prairies de types austraux (*Trichopteryx Dregeana*, *Scleria hirtella*, etc.) et de types pantropicaux (*Fimbristylis exilis* var. *brachyphylla*), parmi les orophytes orientaux (*Eragrostis chalcantha*, *Trichopteryx elegans*, etc.) et locaux (*Hyparrhenia familiaris*, *Eragrostis Volkensii*, etc.), qui forment le fond des associations.

*
* *

KALEHE (rives occidentales du lac Kivu), à 1,500 m. d'altitude. Date du relevé : 4 avril 1930.

L'association climatique de la zone a été très probablement la forêt claire subxérophile dont nous avons parlé précédemment. Le feu brûle périodiquement la prairie, qui est également pâturée de temps à autre par les bovidés.

Le sol n'a pas été analysé, mais on peut se rapporter au type « Lussunyu », dont le profil est étudié du point de vue minéralogique sous les n^{os} 147-150 au chapitre IV, page 65; du point de vue chimique au chapitre VII, pages 216-217. Il s'agit d'une allite siallitique.

H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	2379	Sc.	43	98
H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> var. <i>Commersonii</i> Stapf f. <i>monostachyum</i>	2380	Sc.	60	90
H	<i>Panicum fulgens</i> Stapf	2381	Sc.	24	25
H	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	—		39	65
H	<i>Andropogon canaliculatus</i> Schum.	2382	Sc.	8	9

H	<i>Bulbostylis</i> sp.	2383	Sc.	40	24
H	<i>Pappophorum</i> sp. (?)	2384	Sc.	4	2
H	<i>Desmodium hirtum</i> G. et P.	2384 ^{ter}	Sc.	6	—
	Malvacée indéterminable	—		5	—
H	<i>Eriosema parviflorum</i> E. Mey.	2382 ^{bis}	Sc.	1	—

*
**

MIGAMBA (sur la chaîne de montagnes formant le seuil entre le bassin du Kivu et le bassin du Tanganyika), à l'altitude de 2,250 mètres, au Sud du col, dont l'altitude est de 2,600 mètres (itinéraire de Muzuzu à Nya-Kaziba).

L'exposition de la prairie est à l'Est; le feu de brousse y passe périodiquement. Le bétail fréquente ce pâturage. Date du relevé : 8 juin 1930.

Le sol est rouge, d'apparence argileuse, compacte. Dans les horizons inférieurs du profil on remarque un cailloutis quartzifère abondant mixte à débris schisteux altérés.

Ce sol, qui n'a pu être étudié, peut être rapporté, par analogie, au type « Nyakaziba », dont l'analyse minéralogique du profil est donnée du n° 371 au n° 375, chapitre IV, pages 70-71. L'étude chimique de ce sol n'a pu être faite.

H	<i>Exothea abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	780	195
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2386	Sc.	203	52
H	<i>Nardus indica</i> L. f.	2400	Sc.	273	60
H	<i>Eragrostis</i> aff. <i>blepharoglumis</i> K. Sch.	2401	Sc.	12	20
H	<i>Digitaria</i> sp.	2402	Sc.	100	25
H	<i>Bulbostylis metralis</i> H. Cherm.	2403	Sc.	32	7
H	<i>Scleria Buchanani</i> Boeck	2403 ^{bis}	Sc.	5	—
H	<i>Aristea paniculata</i> Pax	2404 ^{bis}	Sc.	3	—
Ph	<i>Blaeria breviflora</i> Engl.	2405	Sc.	6	—

MIGAMBA (n° 2). — Même exposition orientale à 2,200 m. d'altitude. La station est sur une pente très inclinée. Mêmes conditions de sol.

H	<i>Monocymbium cerasiiforme</i> (Nees) Stapf.	2406	Sc.	1020	152
H	<i>Exothea abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	770	525
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2386	Sc.	50	10
H	Graminée indéterminable	2406 ^{bis}	Sc.	14	23
H	Cypéracée	2406 ^{ter}	Sc.	10	5
H	<i>Eragrostis</i> sp.	2407 ^{bis}	Sc.	13	5
Ch	<i>Lobelia Holstii</i> Engl.	2407	Sc.	4	—
H	<i>Anisopappus africanus</i> (Hook. f.) Ol. et Hiern.	2408	Sc.	9	—

Les deux Andropogonées : *Exothea abyssinica* et *Monocymbium ceresiiforme* présentent une sociabilité extraordinaire à laquelle correspond, d'autre part, une production très faible de matière verte. Ce fait surprend d'autant plus que ces deux espèces sont signalées par les auteurs comme « cespiteuses ». Les deux associations, il va sans dire, ont un caractère nettement xérophile.

A des altitudes inférieures du même versant elles sont remplacées par des associations à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf et *Eragrostis* sp. 2401 Sc., s'étendant sur de grandes surfaces.

Du point de vue géographique il est très intéressant de remarquer que les orophytes orientaux paraissent atteindre déjà à cette latitude leur limite méridionale. Les orophytes sud-africains (*Trichopteryx Dregeana*) et les pantropicales (*Monocymbium ceresiiforme*; *Scleria Buchananii*; *Nardus indica*, cette dernière de souche australienne) parviennent à conquérir la dominance dans l'association. Les espèces pantropicales de l'hémisphère Nord (*Bulbostylis metralis*) se font rares.

MONT MUHENDE. — Date du relevé : 11 juin 1930, à 3,100 m. d'altitude, près du sommet de la montagne, qui se trouve à 3,198 mètres.

La prairie n'occupe ici que de faibles étendues de terrain, mêlées à une brousse éricoïde, dernier témoin de l'association climatique disparue.

Le feu, allumé périodiquement sur les versants Nord et oriental, arrive parfois jusqu'à proximité du sommet.

La forêt de bambous (*Arundinaria alpina*), qui couvrait jadis la montagne jusqu'à une altitude d'environ 2,400 mètres, n'existe plus sur les versants ravagés par l'incendie, où elle se réfugie dans les vallons étroits et dans les dépressions où les flammes ne peuvent l'atteindre.

Par contre, elle existe encore en massifs denses et relativement intacts sur la crête en direction Sud (parallèlement au lac Tanganyika), sur la chaîne du mont Muhi, dans le Bufuleru, et sur le versant occidental du Muhende, face à la cuvette congolaise.

Sur le Muhende passe vraisemblablement la frontière entre le domaine climatique de l'alizé atlantique et de l'alizé oriental. Le plafond nuageux s'accroche souvent au sommet du Muhende.

Le sol, qui n'a pu être étudié, peut être rapproché du type « Nyakaziba », signalé précédemment.

?	Graminée indéterminable	2409 ^{vis} Sc.	1120	485
	<i>Aira</i> sp.	2409 ^{ter} Sc.	170	35

H	<i>Avenastrum lachnanthum</i> (Hochst.) Pilger.	2409	Sc.	6	3
H	<i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger	2410	Sc.	8	5
H	<i>Agrostis producta</i> Pilger	2411	Sc.	44	10
H	<i>Pennisetum Mildbraedii</i> Pilger	2412	Sc.	3	4
G	<i>Gladiolus</i> sp.	2412 ^{bis}	Sc.	17	—

Plantes de cortège ou commensales de la prairie : *Crassula abyssinica* A. Rich.; *Helichrysum nitens* O. et H.; *H. longifolium* DC.; *H. brunioides* Moeser; *Carduus nanus* R. E. Fries; *Bleria breviflora* Engl.; *Erica Scaettae* Staner; *Stemodiopsis Scaettae* Staner; *Agrostis* sp. 2422 Sc.; *Eragrostis* sp. 2428 Sc.; *Sopubia Scaettae* Staner; *Struthiola Scaettae* Staner; *S. Volkensii* H. Winkler; *Swertia usambarensis* Engl.; *Vernonia ugandensis* S. Moore var.; *Swertia Volkensis* Gilg.; *Aerangis rhodostica* Schltr.; *Lobelia Hartlaubi* Buch.; *Diodia sarmen-tosa* Sav.; *Buechnera Lastii* Engl.; *Smithia Bequaerti* DW.; *Olden-landia thamnoidea* K. Sch.; *Vaccinium Stanleyi* Schweinf.

Sur ce sommet, des types endémiques, protégés par l'altitude et l'isolement relatif de la montagne, coexistent avec des orophytes austraux et des orophytes tropicaux de l'Afrique centrale et orientale.

C'est à l'évolution de la prairie par suite du régime des feux qu'on doit l'introduction de diverses espèces étrangères. Ce qui reste de l'association climatique, en cours de disparition, montre le caractère austral prédominant de la végétation. A cette latitude l'influence de l'alizé atlantique et de l'alizé de l'océan Indien paraît trouver leur frontière commune.

Plus bas, à partir de 2,800 mètres jusqu'à 2,300 mètres, aux environs du petit lac orogénique KANO, la composition de la prairie est toute différente. Domine une association à *Exothea abyssinica* Anderss. (orophyte oriental) qui, au-dessus de 2,800 mètres, par l'intermédiaire d'associations à *Eragrostis* sp. 2428 Sc., *Bromus runssoroensis* K. Schum. et *Scleria hirtella* Sw., fait le passage à la pelouse d'altitude du sommet du Muhende, tandis qu'au-dessous de 2,300 mètres elle est remplacée par des associations à *Andropogon Dummeri*. En général la hauteur de l'herbage diminue avec l'augmentation de l'altitude, même quand c'est la même association qui gravit la pente. (Voir photos n^{os} 29, 30, 31 et 32.)

Plantes commensales de la pelouse à *Exothea abyssinica* du lac Kano: *Erica Scaettae* Staner; *Helichrysum longifolium* DC.; *H. nandense* S. Moor; *Eriocaulon Volkensii* Engl. var. *Mildbraedii* Ruhl.; *Mesanthemum radicans* Koern.; *Eragrostis* aff. *blepharoglumis* K. Schum. 2401 Sc.; *Protea madiensis* Oliv. f.; *Costus* sp. 24 M. Sc.; *Pycnostachys* sp. 25 M. Sc.; *Gleichenia* sp. 26 M. Sc.; *Galiniera coffeoides* Del.; *Oenanthe Mildbraedii* Wolff.

MUBEZA. — A 1,250 m. d'altitude. Date du relevé : 16 juin 1930. Cette zone est en marge de la grande forêt équatoriale et occupe le terrain soustrait à la forêt de transition à *Hymenocardia ulmoides* Oliv.

Du point de vue climatique nous nous trouvons ici dans une zone contestée entre le domaine de l'alizé atlantique et celui de l'alizé oriental.

Le sol est du type « Mubeza », dont le profil est analysé du point de vue minéralogique sous les n^{os} 377 et 378, chapitre IV, pages 90-91, et du point de vue chimique au chapitre VII, page 203. Il s'agit d'une allite siallitique très acide (pH de 4,5 à 5,8) dont la réserve minérale est très pauvre. (Voir chap. V, p. 139.)

H	<i>Panicum Dregeanum</i> Nees.	2413 Sc.	300	150
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2386 Sc.	110	30
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	2413 ^{ter} Sc.	100	30
H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i> <i>sonii</i> Stapf f. <i>monostachyum</i>	2414 Sc.	60	20
H	<i>Fimbristylis gabonica</i> H. Cherm.	2415 Sc.	35	20
H	<i>Bulbostylis cardiocarpa</i> Clarke	2415 ^{his} Sc.	57	10
H	<i>Desmodium hirtum</i> G. et P.	2415 ^{ter} Sc.	10	—
G	<i>Orchis</i> sp.		2	—

Espèces commensales de l'association à *Panicum Dregeanum* : *Trichopteryx flammida* Benth. 2441 Sc.; *Sorghum bipennatum* Stapf 2443 Sc.; *Wahlenbergia* sp. 2439 Sc.; *Pycneus Scaettae* H. Cherm. 58 M. Sc.; *Vernonia conferta* Benth.; *Milletia* sp. 70 M. Sc.; *Rutidea rupifilis* Hiern.; *Pavetta urundensis* Brem., etc.

Dans les vallons humides, non occupés par la forêt, le pâturage est formé par l'association à *Digitaria uniglumis* (A. Rich.) Stapf et à *Panicum maximum* Jacq. (herbe de Guinée).

Sur toutes les pentes dénudées ou sur toutes les surfaces mameionnées, où l'incendie a fait disparaître la forêt, on trouve l'association à *Panicum Dregeanum*. Généralement la démarcation entre la forêt et

la prairie est nette, sans transition; parfois une bande étroite à *Pteridium aquilinum* sépare les deux formations. L'alizé de Sud-Est qui souffle au-dessus de ces régions au cours de la saison sèche solsticielle est certainement une des causes principales de la propagation des flammes et du recul constant de la forêt (1).

KASSEBEYE. — Versant occidental de la grande dorsale congolaise, à 1,637 m. d'altitude (sentier de Nyamwe à Kassebeye).

Station typiquement aride et parcourue périodiquement par l'incendie. Sur les pentes, particulièrement raides, la formation est ouverte et prend un aspect de steppe. Le même phénomène se vérifie si le terrain est caillouteux (fragments de quartz). Hauteur moyenne de l'herbage : 40-50 cm.

Le sol est du type « Nyamwe », analysé du point de vue minéralogique sous le n° 380 (chap. IV, p. 70). L'étude chimique n'a pu être faite.

Il s'agit d'une siallite allitique dont la réserve minérale est pauvre. (Voir chap. V, p. 139.)

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) St. et Hubb.	2416	Sc.	434	230
H	<i>Bulbostylis</i> sp. (indéterminable)	2416 ^{ter}	Sc.	300	45
H	<i>Panicum Dregeanum</i> Nees	2417	Sc.	30	8
H	<i>Scleria melanomphala</i> Kunth	2477 ^{his}	Sc.	5	4
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2386	Sc.	15	2
H	<i>Antherotoma Naudini</i> Hook. f.	2417 ^{ter}	Sc.	4	—
H	<i>Helichrysum nudifolium</i> (L.) Less	2418 ^{his}	Sc.	7	—
H	<i>Pycreus Scaettae</i> H. Cherm.	2418	Sc.	20	3

Parmi les espèces commensales ou de cortège de l'association à *Setaria sphacelata* nous avons remarqué : *Neurotheca longidens* N. E. Br.; *Mussaenda arcuata* Poir.; *Orchis* sp. 2418^{ter} Sc.

Sur les dômes fortement caillouteux (gros fragments de quartz) la prairie cède la place à une brousse à *Agauria salicifolia* et à *Philippia Johnstonii*, réduits aux dimensions de petits arbustes, dans laquelle on ne trouve que des touffes grêles de *Trichopteryx elegans* et de rares exemplaires d'Orchidées terrestres. (Voir photos n°s 26, 27 et 28.)

Le caractère géographique de ces associations est particulièrement intéressant. A Mubeza, les éléments pantropicaux de l'hémisphère

(1) Exactement comme à Madagascar; cf. note précédente.

austral (*Panicum Dregeanum*; *Trichopteryx Dregeana*; *Scleria hirtella*, etc.) prédominent encore sur les éléments pantropicaux de l'hémisphère boréal (*Fimbristylis gabonica*), malgré l'altitude relativement peu élevée et la communication évidente avec les savanes du pourtour de la cuvette congolaise.

Progressant vers le Nord, malgré que nous nous élevions en altitude (de 1,200 à 1,600 m.), les éléments floristiques austraux (*Scleria melanophala*, *Trichopteryx Dregeana*) cèdent devant la colonisation d'éléments pantropicaux planitiaires-orophiles de plus en plus nombreux (*Setaria sphacelata*, *Panicum maximum*, etc.), apportés probablement par l'homme avec les défrichements.

Quelques éléments localisés, peut-être endémiques (*Pycreus Scaettae* H. Cherm.), et quelques orophytes de l'Est et du Sud (*Helichrysum nudifolium*) subsistent encore, mais y paraissent fort rares.

Le départage des éléments floristiques est rigoureux, en relation probable avec la frontière climatique entre les deux alizés que nous avons supposés au-dessus de ces contrées.

Les formes biologiques des prairies du Sud du Kivu sont plus nombreuses que celles du Ruanda central et méridional, malgré que les hémicryptophytes gardent toujours la prédominance absolue. Le spectre ne met pas assez en évidence cette plus forte variété de types biologiques, parce qu'il ne concerne que les pelouses analysées.

Hémicryptophytes	97 %
Chaméphytes	1 %
Géophytes	1 %
Phanérophytes	1 %

La localisation sur le sommet du mont Muhende de probables thérophytes arctotertiaires et de phanérophytes et nanophanérophytes endémiques, la plupart réfugiées en des stations rupicoles inaccessibles aux flammes, semble prouver que la dégradation du sol est relativement ancienne.

La disparition radicale de la forêt dans les étages inférieurs met sérieusement en danger la conservation, pour quelque temps encore, de ces restes précieux du climax que la chance nous a fait rencontrer.

Influence de la direction du vent dans la dégradation du sol par le feu et dans le dynamisme de l'organisation phytosociologique de la prairie. — Si les flammes avancent « sous le vent », elles brûlent les parties inférieures des touffes, surtout les feuilles jaunies et desséchées par l'air chaud qui précède l'incinération. Les chaumes dans ce cas sont simplement grillés et après le passage des flammes se replient sur eux-mêmes et s'accumulent sur le terrain. (Voir photos n^{os} 24 et 25.)

Si l'incendie progresse « au vent » (face au vent), sa marche est ralentie et de ce fait les flammes brûlent radicalement les touffes *au ras du sol*; au lieu d'amonceler de la paille, comme dans le cas précédent, elles laissent un mince résidu de cendres.

Il est aisé de comprendre que la prédominance permanente de l'une ou de l'autre forme de destruction a une importance capitale sur la vitesse de disparition de la matière organique du sol, sur son degré d'acidité (destruction de la microflore) et en définitive sur la succession des associations, de plus en plus spécialisées, donc de plus en plus xérophiles, qui peuvent encore occuper le sol.

On saisit *pourquoi l'exposition orientale amène normalement une grande aridité*. Pendant le jour les versants sont sous l'influence de l'alizé de Sud-Est, qui pendant la saison sèche du solstice boréal est sensible à des altitudes inférieures à son niveau équinoxial (il est sensible à 1,200 m.); l'incendie avance sous le vent.

Pendant la nuit on a souvent un *retour de flammes*, poussées en sens inverse par la brise de montagne qui glisse le long du versant. Le feu est alors ranimé et la destruction est radicale.

De multiples cas locaux peuvent exercer leur influence dans les situations les plus diverses; il suffit de l'alternance des brises de lac, de marais ou de vallée avec la brise de montagne.

Maintes fois nous avons observé que dans les profils des sols supportant des prairies à Andropogonées très xérophiles, l'humus noir avait totalement disparu de l'horizon superficiel. La présomption d'une forte acidité, venant ainsi à ajouter son influence dans l'élimination des associations et des espèces, est bien fondée.

Prairies biotiques de sols séniles. — Les documents que nous avons pu rassembler sur ce type de sol sont moins nombreux que ceux

que nous avons donnés pour les sols virils. La raison réside dans le fait que la plupart des sols séniles se trouvent dans la partie orientale du Ruanda et de l'Urundi, à proximité des frontières avec l'Uganda et le Tanganyika Territory, où l'intérêt immédiat de l'exploration pédologique et phytogéographique était beaucoup moindre, à cause de la raréfaction de la population indigène, à la suite des famines périodiques ou de l'infertilité du terrain.

Les sols séniles que nous avons rencontrés et qui seront mentionnés ci-dessous appartiennent géographiquement au territoire de montagne ou de prémontagne occupé par les sols virils. Leur vieillissement (anormal par rapport à leur situation) tient à des causes locales ou paléogéographiques : qualité de la roche mère, couloirs de foehn, déforestation et dégradation ancienne, etc.

D'autre part, il faut se rendre compte qu'il est parfois malaisé de faire le départ entre un sol viril au terme de sa virilité et un sol sénile au début de sa sénilité, d'autant plus que souvent nous ne disposons que de profils incomplets. Il y a dans l'attribution à l'une ou à l'autre catégorie une part d'arbitraire qui revient à l'interprétation des faits par l'auteur. Notre discrimination est basée sur les résultats acquis par l'étude chimique du profil d'après le schéma des horizons tracé par Mohr.

KAGOGO (Ruanda central), dans la vallée Muhende, le long du sentier de Kanoko à Mulambi, à 1,635 m. d'altitude.

La prairie a remplacé une forêt xérophile (probablement secondaire) d'*Acacia nefasia* Schweinf. (*A. verugera* Schweinf.) basse, épineuse et à parasol.

L'incendie la brûle régulièrement et le bétail la fréquente irrégulièrement. La position du pâturage est en bas de pente, son exposition est à l'Ouest et bénéficie d'une certaine humidité.

L'association que nous allons représenter est le type de pâturage le plus répandu dans les vallées de cette région. Hauteur moyenne de l'herbage : 60-80 cm.

Le sol est du type « Piste Kanoko-Mulambi » (terre rouge), dont l'analyse minéralogique est donnée sous le n° 216, chapitre IV, page 83. L'étude chimique est donnée au chapitre VII, page 205. Il s'agit d'un sol à dominante allitique d'âge relativement sénile.

H *Schizachyrium* cf. *Thollonii* (Franch.)

Stapf 2269 Sc. 60 180

H *Eragrostis olivacea* K. Schum. 2288 Sc. 50 60

H	<i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch.	2291	Sc.	30	10
H	<i>Melinis Maitlandii</i> St. et Hub.	2289	Sc.	40	90
H	<i>Andropogon distachius</i> L.	2295	Sc.	8	15

VALLÉE DE LA NYAVARONGO (sentier entre Mulambi et Kabgaye), dans le Ruanda central, à 1,650 m. d'altitude. Date du relevé : 4 juillet 1929.

La station en bas de pente est suffisamment humide. L'incendie brûle fréquemment la prairie, qui est pâturée par les bovidés. Hauteur moyenne de l'herbage : 20-30 cm.

Le sol est du type « Nyavarongo », dont le profil est analysé du point de vue minéralogique sous le n° 293, chapitre IV, page 83. L'étude chimique n'a pu être faite. Il s'agit en tous cas d'une allite siallitique où tout minéral a disparu dans les horizons superficiels, à l'exception du quartz. Le sol est vraisemblablement assez pauvre, bien qu'il y ait lieu de croire que sa sénilité est dans un stade initial.

H	<i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger	2306	Sc.	250	190
H	<i>Pennisetum Scaettae</i> Robyns	2307	Sc.	25	20
H	<i>Brachiaria Eminii</i> (Mez) Robyns	2308	Sc.	15	18
H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	2309	Sc.	20	12
H	<i>Kyllingia intricata</i> H. Cherm.	2310	Sc.	10	2

La pauvreté relative du sol, étant données les conditions d'humidité de la station, semble prouvée par la petite quantité de matière verte produite par rapport à la densité des individus de chaque espèce et par le fait qu'en haut de pente, où l'humidité de la station a disparu, le sol est occupé par une pelouse ouverte à *Aristida adoensis* Hochst.

MUTSHIGARAMA (Kanoko), encore dans la vallée Muhende, le long du sentier de Kanoko à Mulambi.

Station de fond de vallée à 1,700 mètres d'altitude, à proximité d'un ruisseau. La station est humide, sans jamais devenir marécageuse. De ce fait l'incendie ne brûle pas la prairie, qui est naturellement fréquentée par le bétail. Date du relevé : 30 juin 1929.

Le sol est du type « Muhembe »; son analyse minéralogique est donnée sous le n° 296, chapitre IV, page 70. L'étude chimique n'a pu être faite, mais on peut se rapporter à celle donnée pour le type précédent.

Il s'agit d'une terre « brune », à cause de la non-destruction de l'humus superficiel, et qui bénéficie d'apports colluviaux provenant des pentes voisines, ce qui explique la présence de quelques minéraux reconnaissables dans les horizons de

surface. Malgré cela le profil est, avec probabilité, analogue à celui du sol « Kanoko-Mulambi ».

H	<i>Scleria hirtella</i> Sw.	2296	Sc.	65	65
H	<i>Eragrostis paniciformis</i> (A. Br.) Steud.	2297	Sc.	57	55
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	2298	Sc.	50	35
H	<i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger.	2299	Sc.	8	5

Sur les pentes de la vallée et sur les plateaux domine, à perte de vue, l'association à *Schizachryrium Thollonii*, qui paraît la mieux adaptée à l'incendie et à ce type de sol.

Sur les pentes ou sur les dômes les plus dégradés par le feu et l'érosion, cette même association ne forme plus qu'une pelouse ouverte où les eaux de ruissellement ont libre jeu et travaillent à rendre stériles les couches superficielles.

ZONE DE KABGAYE (Ruanda central), à 1,600 m. d'altitude. Le relevé a été fait le 3 juillet 1929 sur un fond de vallée, dans des conditions favorables d'humidité.

Sur les pentes du même vallon *Aristida adoensis* est dominante et forme des pelouses ouvertes très xérophiles et d'un aspect tout à fait steppique.

Le feu brûle rarement le pâturage, qui occupe probablement d'anciennes jachères.

Les échantillons de ce profil de sol ont été perdus. Il s'agit toutefois d'un sol pauvre en humus, acide, sans concrétions ferrugineuses.

Sa composition minéralogique peut être rapprochée de celle du sol « Nyavarongo », cité précédemment. Il s'agit, selon toute vraisemblance, d'une allite plus ou moins siallitique d'âge relativement ancien.

La température de ce sol a été étudiée dans le *Climat écologique de la dorsale Congo-Nil*, chapitre III, page 106 et planche VIII.

H	<i>Sporobolus indicus</i> R. Br.	2311	Sc.	40	48
H	<i>Aristida adoensis</i> Hochst	2312	Sc.	21	20
H	<i>Andropogon canaliculatus</i> Schum.	2313	Sc.	27	19
N-Ph	Nanophanérophyte indéterminable	—		5	—

ZONE DE KABGAYE, dans un fond de vallée assez humide, sur une ancienne jachère, à 1,870 m. d'altitude. Hauteur moyenne de l'herbage : 60-70 cm. Même type de sol.

H	<i>Hyparrhenia collina</i> (Lig.) Stapf	2314	Sc.	60	120
H	<i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger	2306	Sc.	89	80
H	<i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf	2315	Sc.	57	120
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf.	2316	Sc.	10	34

La pauvreté des associations et la sénilité du sol sont en partie dans cette région l'œuvre de l'homme. La zone est frappée de temps en temps par des famines que l'Administration belge et les Missions religieuses s'efforcent de combattre par des travaux d'amélioration du sol. Car, comme nous le verrons mieux par la suite, l'appauvrissement du sol est le résultat de la destruction ou du décapage des minces couches superficielles: les horizons O+OE et, dans les cas les plus graves, +oE de Mohr.

THIANGOMA. — Au Sud du Kivu, à 2,150 m. d'altitude, sur les pentes septentrionales du mont Buzezu (Bisunzu). Date du relevé : 4 juin 1930.

La prairie est située sur un terrain en pente douce, orienté à l'Est. Le feu y passe régulièrement tous les ans; elle est pâturée par des bovidés, pas très nombreux.

Le sol est du type « Tshiangoma ». (Voir analyse minéralogique du profil du n° 382 au n° 386, chap. IV, pp. 71-72, et l'étude chimique au chap. VII, p. 199.) Il s'agit d'une allite siallitique très acide et dont les réserves minérales sont réduites à du quartz et à du pseudo-sable. (Voir chap. V, p. 139.)

H	<i>Exothea abyssinica</i> Anderss.	2359	Sc.	240	362
H	<i>Andropogon Dummeri</i> Stapf	2385	Sc.	27	29
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees	2386	Sc.	34	24
H	<i>Avenastrum lachnanthum</i> (Hochst.) Pilger.	2387	Sc.	3	10
H	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commer-</i> <i>sonii</i> Stapf f. <i>monostachyum</i>	2388	Sc.	12	18
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (A. Rich.) Stapf	2292	Sc.	6	50
Ch	<i>Cassia mimosoides</i> L. var. <i>glabriuscula</i> Ghesq.	2389	Sc.	10	—
Th-H	<i>Indigofera asparagoides</i> Taub.	2390	Sc.	31	—

TSHIANGOMA. — A 2,030 m. d'altitude, sur station plus humide que la précédente, orientée à l'Ouest. Le feu y passe rarement. Même type de sol.

H	<i>Pennisetum Scaettae</i> Robyns	2391	Sc.	362	870
H	<i>Kyllingia cylindrica</i> Nees	2349	Sc.	29	40
H	<i>Trifolium usambarensense</i> Taub.	2392	Sc.	24	15
H	<i>Diodia sarmentosa</i> Sav. (messicole)	2392 ^{bis}	Sc.	10	—
	Labiée	2398	Sc.	15	—
H	<i>Ipomoea operosa</i> Wright	2394	Sc.	13	—
H	<i>Dolichos biflorus</i> L.	2395	Sc.	19	—

A la limite supérieure de la prairie, où elle entre en contact avec les formations végétales d'altitude du mont Buzezu, l'association à *Exothea abyssinica* s'enrichit d'une série d'espèces descendues du sommet de la montagne et qui sont devenues commensales ou clientes de la pelouse. Ce sont : *Helichrysum longiramum* Moeser; *H. longifolium* DC.; *H. tillandsiifolium* O. Hoffm., espèce rupicole qu'on trouve en place à 2,400 mètres d'altitude; *Clerodendron fuscum* Gürke; *Sesbania macrantha* Welu, espèce comestible; *Erica rugegensis* Engl.; *Wahlenbergia* sp.

MUZUZU. — 70 km. environ au Sud du mont Buzezu, à 1,600 m. d'altitude. Date du relevé : 7 juin 1930.

Le feu brûle régulièrement ce pâturage. Même type de sol que le précédent. Voir également le sol « Rutaha », dont l'analyse minéralogique est donnée sous les n^{os} 360 et 361, chapitre IV, page 72. L'étude chimique est donnée au chapitre VII, page 204.

H	<i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth.	. . . . .	2398	Sc.	550	120
H	<i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf.	. . . . .	2399	Sc.	103	110
H	<i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees		2386	Sc.	150	18
H	<i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachy-</i> <i>phylla</i> H. Cherm.		2396	Sc.	19	5
H	<i>Antherotoma Naudini</i> Hook. f.		2397	Sc.	6	—

Nous n'avons pas remarqué d'espèces de cortège de l'association à *Trichopteryx elegans*.

Le spectre biologique de ce groupe de pâturages de sols séniles réunit les formes suivantes :

Hémicryptophytes	97 %
Thérophytes-Hémicryptophytes	2 %
Nanophanérophytes	1 %

La richesse en espèces des prairies des sols séniles que nous avons pris en considération n'apparaît pas inférieure à celles des sols virils des régions particulièrement dégradées, telles que le Ruanda central, et il y a pratiquement équivalence du nombre extrêmement réduit des formes biologiques.

Peut-être les stations relevées par nous jouissent-elles de certaines influences favorables : une position de fond de vallée ou le voisinage

de sommets qui ont conservé une partie de leur végétation primitive et qui de ce fait sont des centres de dissémination pour les prairies sous-jacentes.

Ceci n'est évidemment qu'un stade passager de l'organisation phytosociologique actuelle, car les forces (la dégradation du sol) qui favorisent la montée de la prairie vers des altitudes plus élevées affaiblissent en même temps les possibilités de résistance des espèces monticoles locales contre la poussée des orophytes tropophiles, beaucoup moins exigeants.

Les stades que nous avons relevés indiquent la tendance générale à évoluer vers des formes d'organisation de plus en plus régressives; on peut supposer que les terrains séniles sur lesquels ce processus dynamique s'accomplit offrent moins de ressources à la résistance d'un équilibre contre la concurrence d'un équilibre inférieur; livrés aux forces de dégradation, leur évolution vers une maturité croissante est rapide.

Nulle part (exception faite pour certaines vallées du Ruanda où les avalanches et les glissements de terrain ont modifié profondément la morphologie du terrain) nous n'avons rencontré de sols dont l'état de dégradation fût assez poussé pour faire croire que leur infertilité superficielle est définitive. Le nombre relativement élevé des espèces qui forment les associations principales et leur caractère géographique semblent le prouver.

Le fond de ces prairies est constitué par des orophytes orientaux, au moins dans les zones de plus forte élévation (*Eragrostis olivacea*, *E. paniciformis*, *Exothea abyssinica*, *Hyparrhenia collina*, etc.), auxquelles se mêlent quelques orophytes paraissant localisées à l'Afrique centrale (*Brachiaria Eminii*, *Eragrostis Mildbraedii*, *Aristida adoensis*, *Avenastrum lachnanthum*, *Pennisetum Scaettae*).

A des altitudes inférieures, les espèces pantropicales font aux orophytes une concurrence de plus en plus forte, jusqu'à acquérir la dominance là où la dégradation du sol est la plus avancée.

Le caractère oriental ou local de la prairie est alors anéanti et la parenté phytosociale et pédologique est établie avec toutes les régions tropicales où la latérite et ses formes connexes dominant.

L'élimination à peu près générale des espèces cespiteuses que la faible production de matière verte de la plupart de ces associations paraît démontrer met ces associations dans un état d'équilibre précaire qu'une dégradation ultérieure fera évoluer très rapidement vers la steppe et enfin vers la dénudation à peu près totale.

Prairies biotiques d'alluvions récentes. — Les sols alluvionnaires ayant peu d'importance dans le panorama pédologique de la région qui nous intéresse, nous n'avons arrêté notre investigation phytosociologique qu'aux alluvions de la partie méridionale du bassin du lac Édouard.

Dans cette région existent en effet des plaines qui peuvent intéresser la colonisation agricole dans la mesure, bien entendu, de la fertilité de ses sols. Au chapitre I nous les avons décrites en les détaillant suffisamment pour qu'il soit encore nécessaire d'y revenir.

La fertilité de ces alluvions récentes paraît conditionnée par deux facteurs principaux : la durée de leur submersion pléistocène par le lac Édouard; l'apport de minéraux fournis par les coulées basaltoïdes des volcans récemment éteints ou encore en activité.

Naturellement, les incendies de brousse, alliés à un climat à longues sécheresses saisonnières, sont, comme partout ailleurs, un élément puissant de dégradation dont la diverse intensité nous est révélée par la prairie sous sa diverse composition.

VALLÉE DU KATEHERU. — Une vallée large, certainement très ancienne, au milieu de laquelle s'écoule la « Luhindi », qui prend ses sources à la chaîne Bwito (la Luhindi paraît creuser actuellement ses propres alluvions quaternaires).

Le relevé a été fait sur un terrain subhorizontal de la rive droite, à 1,200 m. d'altitude, le 6 mai 1929.

Le sol est du type « Kateheru », dont l'analyse minéralogique est donnée sous le n° 262 (chap. IV, p. 97). L'étude chimique n'a pu être faite. Il s'agit probablement d'une allite siallitique d'assez bonne composition.

H	<i>Panicum</i> sp.	107	685
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992	Humb. 115 236
H	<i>Mariscus bulbocaulis</i> Hochst.	8130	Humb. 16 52

MOLINDI (alluvion de la ...). — Ancienne plage de transgression du lac Édouard, très calcaireuse, avec dépôt abondant de fossiles lacustres. L'association

climatique est une forêt claire sclérophylle xérophytique à *Olea chrysophylla* Lam.

Le sol n'a pas été analysé, mais on peut se rapporter à l'analyse donnée au chapitre II, page 19, des travertins calcaires de Mbene (lac Kivu).

H	<i>Sporobolus festivus</i> Hochst. var. <i>fibrosus</i>			
	Stapf	8196	Humb.	270 160
H	<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf			
	var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf.	8264	Humb.	50 55

RUTSHURU (n° 1) (alluvion de la ...), à 1,277 m. d'altitude (1°10'15"N-29°25'15"G), le 28 avril 1929, sur une ancienne jachère, mais où l'incendie ne passe pas et le bétail ne pâture pas.

Le sol est du type « Rutshuru », dont l'analyse minéralogique du profil est donnée du n° 232 au n° 236 (chap. IV, pp. 75-76). L'étude chimique de ce sol n'a pu être faite. Il s'agit en tous cas d'un sol très pauvre.

H	<i>Brachiaria Eminii</i> (Mez) Robyns	8208 ^{bis}	Humb.	370 350
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992	Humb.	180 47
H	<i>Chloris radiata</i> Sw.	8191 ^{bis}	Humb.	18 5
H	<i>Kyllingia macrocephala</i> A. Rich. var.			
	<i>oligantha</i> Cherm.	8115 ^{ter}	Humb.	47 15
H	<i>Kyllingia pungens</i> Link	7875	Humb.	25 5
H	<i>Dichondra repens</i> Forst.	8183	Humb.	6 —

RUTSHURU (n° 2). — Mêmes conditions de station que celles du relevé précédent, mais ici le pâturage est fréquenté par le bétail, quoique sans régularité.

Même type de sol; en profondeur on remarque de petits cailloux quartzeux fluviaux.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	275 500
Th	<i>Alloteropsis paniculata</i> (Benth.) Stapf			109 115
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf	7992	Humb.	230 105
H	<i>Kyllingia macrocephala</i> A. Rich. var. <i>oligantha</i> Cherm.	8115 ^{ter}	Humb.	145 95
H	<i>Commelina</i> sp.	—		42 —
H	<i>Dichondra repens</i> Forst	8183	Humb.	35 —
Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	—		4 —
?	<i>Indigofera</i> sp.	—		2 —
?	Labiée indéterminable	—		2 —

RUTSHURU (n° 3). — A quelques kilomètres du centre administratif, sur un terrain jadis cultivé, où le passage des hommes et du bétail est fréquent.

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 321

La prairie est rarement incendiée. Date du relevé : 1^{er} mai 1929. Même type de sol que pour les relevés précédents.

H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	170	434
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf . .	7992	Humb.	268	185
H	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. var.				
	<i>Thunbergii</i> Hack.	8286	Humb.	50	85

RUTSHURU (n° 4). — Autre situation du même type de prairie.

H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf . .	7992	Humb.	400	240
H	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb.	7673	Humb.	375	637
H	<i>Setaria longiseta</i> P. Beauv.	8262	Humb.	170	100
H	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	—		25	205
H	<i>Digitaria uniglumis</i> (Rich) Stapf var.				
	<i>major</i> Stapf	8238 ^{bis}	Humb.	5	37
H	<i>Commelina</i> sp.	—		25	—

RUTSHURU (n° 5). — Même type de prairie, mais en bordure d'un chemin fréquenté par les hommes et les animaux. Le pâturage n'est pas brûlé ou l'est rarement; le bétail le fréquente irrégulièrement.

H	<i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst.	8244	Humb.	1300	615
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst) Stapf . .	7992	Humb.	40	32
H	<i>Chloris radiata</i> Sw.	8191 ^{bis}	Humb.	25	17
H	<i>Cyperus compactus</i> Lamk	8186	Humb.	8	—
H	<i>Blumea lacera</i> DC.	8180 ^{bis}	Humb.	15	—
Th	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	—		15	—
Th	<i>Bidens pilosa</i> L.	—		1	—

RUTSHURU (n° 6). — Sur jachère récente. La prairie est brûlée, mais pas pâturée.

G	<i>Cynodon dactylon</i> L. var. <i>plectostachyum</i>				
	(K. Schum) Robyns	8191	Humb.	215	1176
H	<i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst) Stapf . .	7992	Humb.	78	75
Th	<i>Bidens pilosa</i> L.	—		7	—
Th	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	—		17	—
	Acanthacée indéterminable	—		25	—
	<i>Hydrocotyle</i> sp.	—		17	—

Parmi les espèces de cortège ou commensales de ces associations à *Brachiaria Eminii*; à *Setaria sphacelata*; à *Digitaria abyssinica*; à

Eragrostis tenuifolia et à *Cynodon dactylon* var. *plectostachyum*, nous avons annoté : *Conyza Hochstetteri* Sch. Bip.; *Sopubia ramosa* Hochst.; *Fimbristylis diphylla* Vahl.; *Kyllingia Buchananii* Clarke; (Schroph.); *Fimbristylis diphylla* Vahl.; *Kyllingia Buchananii* Clarke; *Fimbristylis monostachya* Hask.; *Mariscus coloratus* Nees var. *macrocephalus* Clarke.

Dans ces associations les espèces tropicales planitiaires ne parviennent à concurrencer les orophytes orientaux ou locaux qu'à la faveur d'une dégradation assez poussée du sol. Où les feux ne sont pas allumés, même le passage fréquent d'hommes et d'animaux ne parvient pas à conférer la prédominance des associations aux espèces pantropicales ou cosmopolites (Rutshuru, n° 5).

L'absence de feu et de pâturage permet à une variété locale d'une espèce cosmopolite (*Cynodon dactylon* var. *plectostachyum*) de lutter avantageusement contre les espèces banales envahissantes (Rutshuru, n° 6). Le fait nous paraît intéressant, car il indique une action conservatrice et protectrice de l'espèce contre la dégradation du sol. Ailleurs, où le feu poursuit son action néfaste, les orophytes orientaux, comme *Digitaria abyssinica*, etc., ne parviennent à prévaloir qu'à la faveur de leur propre tendance rudérale, quand les circonstances le permettent (jachère, piétinement).

Fait à remarquer, c'est la présence de la thérophyte *Alloteropsis paniculata*, pantropicale psammophile, qui dans cette plaine alluvionnaire indique la nature sablo-siliceuse du sol.

La var. *Thunbergii* (tropicale africaine) de l'*Imperata cylindrica* (espèce cosmopolite infestante d'origine américaine) parvient à concurrencer toutes les autres espèces de la prairie et à constituer des pelouses monophytiques, quand le sol a été défriché et épuisé par une culture répétée sur une même superficie. Dans ce cas le défrichement a brisé localement l'état d'équilibre atteint par la prairie brûlée et le bénéficiaire en est l'*Imperata cylindrica* var. *Thunbergii*, qui est probablement un élément vicariant nouveau de l'espèce cosmopolite, capable également d'empêcher les éléments autochtones de réoccuper le sol : phénomène social qui paraît indépendant du caractère écologique de la prairie.

Le spectre biologique de ces prairies ne comprend que des hémicryptophytes, à l'exception de la thérophyte mentionnée et d'une Graminée géophyte. Les espèces messicoles anthropophiles n'entrent pas dans le décompte des formes biologiques des associations.

Caractères généraux des prairies biotiques et leurs rapports avec les sols. — Par la description de nos relevés phytosociologiques nous avons fait un voyage circulaire autour du bassin du Kivu, passant successivement par le versant congolais de la grande dorsale occidentale (en communication directe avec la cuvette) et le bassin du lac Édouard; puis nous avons franchi le pont de migration des flores qu'est le massif volcanique des Mufumbiru, pour arriver dans la partie occidentale la plus élevée du bassin du Victoria Nyanza. Nous avons continué notre route, parcourant tout le Ruanda du Nord au Sud, visitant de temps en temps l'un et l'autre versant de la dorsale orientale de la fosse tectonique (le versant du Nil et celui du Congo), et nous avons fermé la boucle en parcourant les montagnes au Sud du Kivu, jusqu'à atteindre la partie septentrionale du bassin du lac Tanganyika au massif Muhende. Ce voyage nous a permis d'observer les provenances (les voies d'immigration) de l'Ouest, c'est-à-dire du Congo, du Nord (de l'Oubanghi, du Chari, du Soudan), de l'Est (Afrique orientale et Abyssinie) et du Sud (de l'Afrique australe).

Dans le tableau que nous reproduisons ci-après, nous avons catalogué les espèces principales constituant les associations que nous avons décrites, y distinguant les Graminées (la plupart sont fourragères à une époque de l'année), les Cypéracées (dont beaucoup sont aussi fourragères à une époque de l'année), les Légumineuses fourragères.

Nous n'avons tenu compte, dans la rédaction de ce tableau, ni des espèces de cortège ou commensales, ni des espèces appartenant à des familles autres que les trois mentionnées, comme entrant dans la composition des associations. La raison en est la suivante : les Graminées, les Cypéracées et les Légumineuses fourragères s'allient, mieux que tout autre groupement systématique, à l'état de dégradation superficielle du sol, tandis que les autres groupements, représentés en partie par des espèces non herbacées, sont très souvent les témoins encore demeurés

sur place de l'association climatique ou d'une des phases intermédiaires de sa régression (les « savoka » de Perrier de la Bathie, la « forêt clairière ou les prés-bois » de R. Maire).

Y a-t-il des espèces liées spécifiquement à l'état de maturité du sol? Il n'est pas question pour nous de parler de *nature* du sol au sens employé communément par les auteurs qui veulent se référer surtout à des sols calcaires ou siliceux (¹).

L'âge d'un sol implique non seulement l'état actuel de son évolution (de la roche mère à la latérite), mais, dans un sens très général, la quantité de matières solubles qu'il peut mettre à la disposition des plantes, dans la limite de ses réserves minérales.

Du nombre d'espèces différentes qui peuplent les types principaux de prairie de l'une et de l'autre catégorie de sols, on obtient l'impression que les sols virils sont les plus fertiles, quelle que soit leur origine (volcanique, de roche acide, etc.).

Nous nous exprimons en des termes conditionnels, pour la bonne raison que notre catalogue ne comprend pas *toutes les espèces relevées*, mais celles constituant des organisations phytosociologiques à grande diffusion; que les déterminations spécifiques dont nous disposons sont incomplètes; que nous ne savons encore rien des rapports évidents qui interviennent entre la qualité du sol (et par conséquent son état de dégradation) et l'organisation physiomorphique de la plante.

Du reste il apparaît logique qu'un sol dans son état de virilité offre les meilleures conditions d'alimentation des végétaux et, parallèlement aux conditions climatiques stationnelles, favorise la diversité des associations.

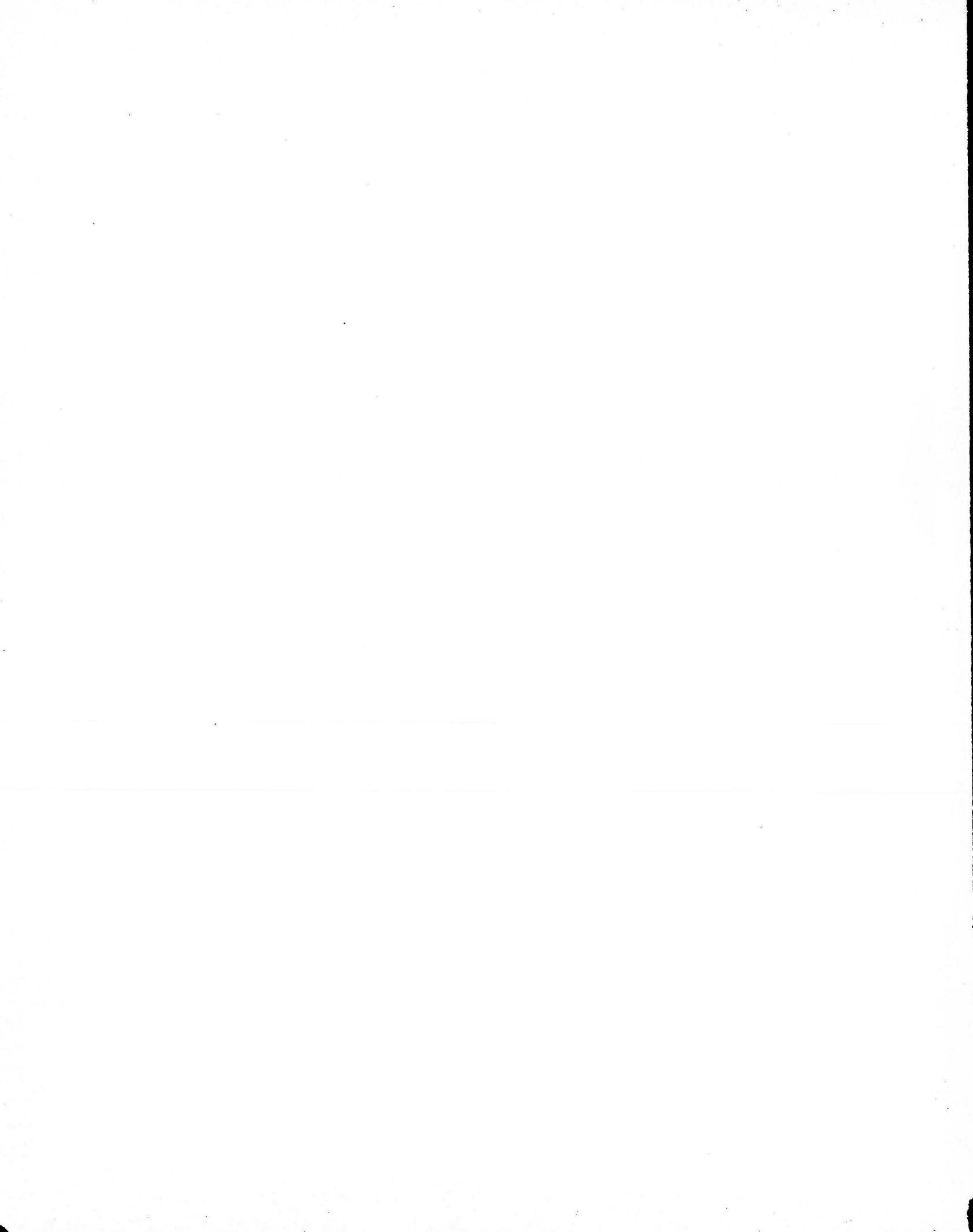
Ce fait résulte également de l'examen de la diversité et de la densité des espèces du couvert forestier échelonné en altitude. Dans ce cas la dégradation du sol est supposée ne pas intervenir et le phénomène est purement d'ordre climatique.

Il reste donc acquis que les sols juvéniles, indépendamment de

(¹) L. EMBERGER déclare que « le nombre de plantes liées spécifiquement à un sol donné diminue tous les ans, au fur et à mesure que nous connaissons mieux les qualités physiques des sols et la physiologie des espèces » (Tableau phytogéographique du Maroc, 1^{re} partie, p. 185, dans *Mémoires de la Société des Sciences naturelles du Maroc*. Rabat, 1934).

		SOLS VIRILS.				
SOLS JUVENILES.		Domaine occidental.	Domaine oriental.	SOLS SENILES.		
GRAMINEES.		GRAMINEES.	GRAMINEES.	GRAMINEES.		
Climat humide.	<i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb. <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf. <i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var. <i>major</i> Stapf. * <i>Panicum monticulum</i> Hook. f. <i>Agrostis</i> cf. <i>producta</i> Pilger.	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commersonii</i> Stapf. <i>Avenastrum lachnanthum</i> (Hochst.) Pilger. <i>Festuca</i> sp. 2364 Sc. <i>Agrostis producta</i> Pilger. <i>Exothea abyssinica</i> Anderss. <i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth. <i>Sporobolus indicus</i> R. B. <i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb. <i>Pennisetum glabrum</i> (Hochst.) Steud. <i>Eragrostis</i> sp. 7675ter Humb.	<i>Hyparrhenia filipendula</i> (Hochst.) Stapf var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf. <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf. <i>Sporobolus indicus</i> R. Br. <i>Aristida adoensis</i> Hochst. * <i>Rhynchelytrum roseum</i> (Nees) Stapf et Hubb. <i>Cynodon</i> sp. <i>Cymbopogon afronardus</i> Stapf. <i>Schizachyrium</i> cf. <i>Thollonii</i> (Franch.) Stapf. * <i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv. * <i>Schizachyrium brevifolium</i> (Sw.) Nees var. <i>flaccida</i> (Hask.) Stapf. <i>Pennisetum Scaetiae</i> Robyns. <i>Poa leptoclada</i> Hochst. <i>Festuca</i> sp. 2276 Sc.	<i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger. <i>Pennisetum glabrum</i> (Hochst.) Steud. <i>Brachiaria Eminii</i> (Mez.) Robyns. <i>Schizachyrium Thollonii</i> (Franch.) Stapf. <i>Eragrostis olivacea</i> K. Schum. <i>Melinis Maitlandii</i> St. et Hubb. * <i>Andropogon gayanus</i> Kunth. * <i>Eragrostis paniciformis</i> (A. Br.) Steud. <i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf. <i>Andropogon Dummeri</i> Stapf. <i>Sporobolus indicus</i> R. Br. <i>Aristida adoensis</i> Hochst. <i>Andropogon canaliculatus</i> Schumach. * <i>Hyparrhenia collina</i> (Pilg.) Stapf. <i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf. <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf. <i>Exothea abyssinica</i> Anders. <i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees.	<i>Panicum</i> sp. 8620 Humb. <i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf. <i>Brachiaria Eminii</i> (Mez.) Robyns. <i>Chloris radiata</i> Sw. <i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) Stapf et Hubb. * <i>Alloteropsis paniculata</i> (Benth.) Stapf. <i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. var. <i>Thunbergii</i> Hack. <i>Sporobolus</i> sp. 8262 Humb. <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf. <i>Hyparrhenia filipendula</i> Hochst. <i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf. var. <i>major</i> Stapf. <i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst. * <i>Cynodon dactylon</i> Pers. var. <i>plectostachyum</i> Robyns. * <i>Sporobolus festivus</i> Hochst. var. <i>fibrosus</i> Stapf.	
	Moyennement humide.	* <i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. * <i>Leptatherum breviaristulatum</i> Robyns. * <i>Festuca</i> cf. <i>duriuscula</i> L. <i>Poa leptoclada</i> Hochst. * <i>Setaria pallidifusca</i> (Schum.) Stapf et Hubbard. <i>Digitaria horizontalis</i> Willd. <i>Panicum pusillum</i> Hook.	* <i>Isachne aethiopica</i> (7573 Humb.) Stapf. et Hubb. <i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf. <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf. <i>Pennisetum Scaetiae</i> Robyns. <i>Eragrostis</i> sp. 2375 Sc. <i>Digitaria uniglumis</i> (A. Rich.) Stapf. * <i>Hyparrhenia fastigiata</i> Robyns. <i>Pennisetum</i> sp. 2204 Sc. * <i>Brachiaria scalaris</i> (Mez.) Pilger. <i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf. <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.) Stapf. <i>Themeda triandra</i> Foosk. var. <i>hispidia</i> Stapf.	* <i>Panicum chionachne</i> Mer. <i>Hyparrhenia cymbaria</i> (L.) Stapf. * <i>Panicum pusillum</i> Hook. f. <i>Digitaria abyssinica</i> (Hochst.) Stapf. <i>Eragrostis olivacea</i> K. Schum. <i>Melinis Maitlandii</i> St. et Hubb. * <i>Hyparrhenia brachylocha</i> (Humb. et Bompl.) Stapf. <i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var. <i>major</i> Stapf. <i>Setaria sphacelata</i> (Sch.) St. et Hubb. <i>Eragrostis Mildbraedii</i> Pilger. <i>Trichopteryx elegans</i> (Hochst.) Benth. <i>Themeda triandra</i> Forsk. var. <i>hispidia</i> Stapf. * <i>Ctenium Newtonii</i> Hack. <i>Andropogon Dummeri</i> Stapf.	* <i>Eragrostis olivacea</i> K. Schum. <i>Melinis Maitlandii</i> St. et Hubb. * <i>Hyparrhenia brachylocha</i> (Humb. et Bompl.) Stapf. <i>Digitaria uniglumis</i> (Rich.) Stapf var. <i>major</i> Stapf. * <i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hask.) Stapf. CYPERACEES. <i>Scleria hirtella</i> Sw. <i>Kyllingia intricata</i> H. Cherm. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. <i>Kyllingia cylindrica</i> Nees. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachyphylla</i> Cherm.	* <i>Mariscus bulbocaulis</i> Hochst. * <i>Kyllingia cylindrica</i> Nees var. <i>major</i> Clarke. * <i>Kyllingia elatior</i> Kunth. * <i>Cyperus compactus</i> Lamk.
	Sec.	* <i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin. <i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger. * <i>Andropogon amethystinus</i> Steud. * <i>Anthoxanthum nivale</i> K. Sch. * <i>Andropogon pilosellus</i> Stapf. <i>Andropogon Scaetiae</i> Robyns. <i>Hyparrhenia kivuensis</i> Robyns.	* <i>Hyparrhenia filipendula</i> var. <i>pilosa</i> (Hochst.) Stapf. <i>Andropogon Dummeri</i> Stapf. * <i>Eragrostis multiflora</i> Foosk. * <i>Sorghum arundinaceum</i> (Wild.) Stapf. * <i>Setaria</i> cf. <i>viridis</i> P. Beauv. <i>Chloris radiata</i> Sw.	* <i>Hyparrhenia familiaris</i> (Steud) Stapf. * <i>Eragrostis Volkensii</i> Pilger. <i>Trichopteryx Dregeana</i> Nees.	CYPERACEES. <i>Scleria hirtella</i> Sw. <i>Kyllingia intricata</i> H. Cherm. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachyphylla</i> H. Cherm. <i>Scleria hirtella</i> Sw. <i>Bulbostylis cardiocarpa</i> Clarke. <i>Scleria Buchananiae</i> Baeck. * <i>Fimbristylis gabonica</i> H. Cherm. <i>Bulbostylis</i> sp. 2416ter Sc. * <i>Scleria melanomphala</i> Kunth. * <i>Pycreus Scaetiae</i> H. Cherm.	LEGUMINEUSES (fourragères). <i>Néant.</i>
	CYPERACEES. <i>Scleria hirtella</i> Sw. <i>Cyperus</i> sp. (indéterminable) 7672 Humb. * <i>Mariscus umbellatus</i> Vahl 7672bis Humb. * <i>Kyllingia intricata</i> H. Cherm. <i>Scleria Buchananiae</i> Baeck. * <i>Cyperus Zollingeri</i> Steud. * <i>Mariscus sieberianus</i> Nees. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachyphylla</i> H. Cherm. * <i>Pycreus elegantulus</i> Clarke. <i>Cyperus rigidifolius</i> Steud. <i>Kyllingia cylindrica</i> Nees.	CYPERACEES. <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. <i>Hyparrhenia kivuensis</i> Robyns. <i>Cymbopogon afronardus</i> Stapf. <i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. * <i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv. <i>Panicum</i> sp. 7990bis Humb. <i>Poa leptoclada</i> Hochst. * <i>Eragrostis tenuifolia</i> Hochst. <i>Digitaria horizontalis</i> Willd. * <i>Pennisetum Snowdeni</i> C. E. Hubbard. * <i>Arthraxon Quartinianus</i> (Hask.) Nash. * <i>Eragrostis chalcantha</i> Trin.	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf. <i>Paspalum scrobiculatum</i> L. var. <i>Commersonii</i> Stapf. * <i>Panicum fulgens</i> Stapf. <i>Andropogon canaliculatus</i> Schumach. * <i>Nardus indica</i> (L. f.) P. Beauv. <i>Eragrostis</i> aff. <i>blepharoglossis</i> K. Sch. 2401 Sc. * <i>Monocymbium ceresiiforme</i> (Nees) Stapf. <i>Eragrostis</i> sp. 2407bis Sc. <i>Avenastrum lachnanthum</i> (Hochst.) Pilger. <i>Agrostis Mildbraedii</i> Pilger. <i>Agrostis producta</i> Pilger. * <i>Pennisetum Mildbraedii</i> Metz. * <i>Panicum Dregeanum</i> Nees.	CYPERACEES. <i>Fimbristylis monostachya</i> Hask. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. <i>Fimbristylis exilis</i> R. et Sch. var. <i>brachyphylla</i> H. Cherm. <i>Scleria hirtella</i> Sw. * <i>Bulbostylis cardiocarpa</i> Clarke. <i>Scleria Buchananiae</i> Baeck. * <i>Fimbristylis gabonica</i> H. Cherm. <i>Bulbostylis</i> sp. 2416ter Sc. * <i>Scleria melanomphala</i> Kunth. * <i>Pycreus Scaetiae</i> H. Cherm.	LEGUMINEUSES (fourragères). <i>Néant.</i>	
	LEGUMINEUSES (fourragères). * <i>Trifolium pseudostriatum</i> Bak. f. <i>Trifolium usambarense</i> Taub. * <i>Trifolium Ruppelianum</i> Fres. <i>Trifolium</i> sp. 7994 Humb. * <i>Vicia sativa</i> (L.) var. <i>abyssinica</i> Bak. * <i>Alysicarpus violaceus</i> Schindl.	LEGUMINEUSES (fourragères). <i>Trifolium</i> sp. 2304 Sc.				

N. B. — Les astérisques indiquent les espèces qui paraissent particulières à chaque domaine.



leur état de dégradation, qui est un phénomène superficiel et, dans une certaine mesure, indépendant du type et de l'âge du sol, possèdent une fertilité actuelle moindre que les sols virils et, dans beaucoup de cas, des sols séniles (un sol sénile n'est pas nécessairement une latérite). La chose est compréhensible si l'on songe que souvent un sol juvénile possède une couche organique épaisse qui passe quasi sans transition au « zerzatz » (à la zone de départ).

Si la couche végétale est décapée ou amincie, comme cela arrive quand la prairie s'est installée, le système racinaire plongera dans une masse où les phénomènes de solubilisation seront plus lents et divers que ceux de la strate humifère. Un sol juvénile soumis à des processus extérieurs de vieillissement rapide (le versant Est du Muhavura) peut passer par des stades de grande fertilité. Nous pensons en avoir la preuve en comparant le nombre des espèces de chacun des trois types de prairies : humide, moyennement humide et sèche, que nous avons distingués pour les sols juvéniles, d'autant plus que dans les trois stations il s'agit de sols sur substratum volcanique.

Voici un tableau qui résume le nombre de Graminées, de Cypé- racées et de Légumineuses fourragères des grandes associations qui occupent les quatre types de sols :

	Graminées.	Cypé- racées.	Légumineuses.
Sols juvéniles	19	4	1
Sols virils .			
{ du domaine occidental. . .	44	12	6
{ du domaine oriental . . .	45	11	1
Sols séniles	22	5	1
Alluvions récentes	14	4	0

Ces chiffres sont éloquents sous divers aspects. Du point de vue pédologique, nous voyons que tandis que les Graminées s'équivalent par leur nombre dans les deux domaines climatiques des sols virils, les Légumineuses (des *Trifolium*, des *Lathyrus* et des *Vicia*) sont dans la proportion de 6 à 1. Ceci paraît en rapport direct avec le rajeunissement périodique de la plupart des sols du domaine occidental. D'autre part, l'extrême pauvreté en Légumineuses dans tous les autres cas est frappante

Ces chiffres ne représentent pas, de toute évidence, des proportions absolues, car celles-ci sont en rapport, en premier lieu, avec l'étendue respective des divers types de sols auxquels elles se rapportent.

Voici encore la proportion des espèces qui semblent localisées dans chacun des types de sols considérés (les espèces marquées d'un astérisque dans le tableau hors texte) :

	Graminées.	Cypéracées.	Légumineuses.
Sols juvéniles	9	1	0
Sols virils . { du domaine occidental . .	17	5	5
{ du domaine oriental . .	19	6	1 (ind.)
Sols séniles	4	0	0
Alluvions récentes	3	3 + 1 variété	0 (*)

Ce tableau confirme le précédent (p. 325); il met en évidence les caractères essentiels qui différencient les sols et les domaines, quoique ses chiffres, pour les raisons exposées, n'aient qu'une signification de proportionnalité relative.

La localisation des espèces n'est, bien entendu, qu'un fait purement transitoire dû à des circonstances diverses, mais n'en exprime pas moins un état de fait qui est certainement en rapport avec le degré de maturité atteint respectivement par le sol et les phénomènes biotiques de n'importe quelle nature qui ont influencé la migration des flores.

D'un point de vue phytogéographique général on est frappé par l'absence presque totale d'endémiques : les sols juvéniles en enregistrent une comme probable : *Leptatherum breviaristulatum* Robyns, 1613 Sc., et par l'infiltration d'espèces tropophiles de basse altitude, pouvant être considérées comme rudérales ou messicoles, dans des prairies dont le caractère physionomique, tout au moins, les fait ranger parmi les pâturages pseudo-alpins.

Ce fait, nous ne l'avons relevé qu'à l'Ouest et nous l'avons attribué aux trouées forestières qui établissent une communication directe entre les zones de forte altitude de la chaîne congolaise et les savanes basses de la cuvette forestière.

(*) Les nombres d'espèces indiqués dans le tableau comprennent : 6 Gram. et 1 Lég. encore indéterminées dans le domaine occidental; 4 Gram., 1 Lég. et 1 Cyp. dans le domaine oriental des sols virils.

Il n'y a pas de plateau intermédiaire de forte altitude où le climat puisse opérer une sélection entre les orophytes et les espèces planitiales. Ces dernières, aptes à s'adapter partout, ne tardent pas à s'accommoder de conditions climatiques très diverses, tout en modifiant leur forme (comportement); c'est le cas de certaines anthropophiles à grande diffusion (*Hyparrhenia rufa*, *Digitaria uniglumis* var. *major*, *Setaria sphacelata*) et de certaines mauvaises herbes cosmopolites qui ont donné lieu à une variété d'altitude (*Imperata cylindrica* var. *Thunbergii* Hack.; *Cynodon dactylon* var. *plectostachyum* Robyns).

L'extrême pauvreté de Cypéacées endémiques ou, tout au moins, à faible diffusion dans les prairies humides du massif Kahuzi est également frappante. Le fait est-il explicable par la grande jeunesse de ces prairies?

C'est probable; les flammes rendent certainement la lutte plus difficile aux orophytes de haute altitude contre la concurrence des tropophiles monticoles adaptées à des sols pauvres.

Si la prairie parvient à acquérir une certaine stabilité à la suite d'une absence prolongée du feu et par suite d'une action modérée des facteurs zoogènes (pâturage et piétinement modéré), il est possible que les orophytes locaux parviennent à chasser les espèces étrangères de savane. Cela pourrait expliquer la composition meilleure, au point de vue de la qualité, de la variété et de la densité des espèces, des prairies de l'Est dans des conditions analogues d'altitude.

La supériorité du domaine oriental en ce qui concerne les Graminées des sols virils est encore manifeste. Le nombre des espèces pantropicales et rudérales y est moindre que dans le domaine occidental, par rapport à l'étendue respective des pelouses. Ce fait paraît contraster avec la moindre humidité du climat.

Nous avons essayé d'expliquer le fait par l'immense étendue des terres hautes de ce côté du continent. L'occupation humaine beaucoup plus ancienne par des peuplades pastorales dont l'activité remonte probablement à la fin du Paléolithique a peut-être permis à ces territoires d'obtenir des prairies qui paraissent avoir atteint un stade que nous qualifierons de « pseudo-climatique ».

L'activité pastorale ne paraît avoir jamais cessé à l'Est pendant

tout le Néolithique ⁽¹⁾, tandis qu'à l'Ouest existaient des peuplades au stade paléolithique vivant de chasse et de pêche, ayant une adaptation ancestrale à la forêt. L'activité pastorale et agricole des populations congolaises est une acquisition toute récente, ce qui explique l'état d'instabilité d'une partie des prairies occidentales.

La richesse relative des prairies des sols séniles, en dehors de la raison pédologique de plus grande disponibilité de solutions mobilisables par rapport aux sols juvéniles, paraît également devoir être mise en rapport avec une occupation humaine très ancienne. En effet, tout porte à croire que ces territoires ont été déforestés très tôt et qu'une partie au moins de ces zones où le climat plus sec (le foehn) offrait des conditions d'habitabilité meilleures a été le théâtre des échanges économiques entre les populations pastorales et agricoles de l'Est et les populations forestières du Congo.

Aujourd'hui une partie de ces terres (non comprises dans l'aire de nos relevés phytosociologiques) commence à être abandonnée par les populations, car la dégradation très poussée l'a rendue infertile, et nous assistons à un assaut méthodique des forêts de montagne de l'Ouest par des populations en quête de nouvelles terres à défricher, de nouvel humus à épuiser.

H. ERHART (p. 199), sur la foi de H. PERRIER DE LA BATHIE, donne pour la prairie des sols latéritiques de l'Est de Madagascar la composition suivante (à noter que les espèces marquées d'un astérisque sont

⁽¹⁾ D'après O. MENGHIN, le Néolithique en Afrique centrale n'a pas commencé plus tard qu'en Europe, mais il a fini plus tard dans un certain nombre de localités différentes. Les termes « Néolithique » et « âge des métaux » ont en Afrique une signification autre que celle qu'ils ont en Europe. Le temps des métaux et l'usage du fer commencent beaucoup plus tôt en Afrique qu'en Europe. L'exercice de l'industrie agricole, qui a certainement favorisé l'immigration des espèces pantropicales, a suivi l'exploitation pastorale à la fin de la culture de Tumba (le Tumbien), à la suite de l'immigration de peuplades venant du Nord et de Mélanésie (environ 4,000 ans a. C.)

Dans cette période commence en Afrique la céramique, similaire à celle à bandes de l'Europe, et elle se poursuit jusqu'à environ 2,000 ans a. l'ère chrétienne. A cette époque on commence à préparer et à employer le fer en Afrique centrale (c'est l'âge du fer), tandis qu'en beaucoup de localités (probablement de la zone forestière) l'âge de la pierre polie (le Néolithique) continue jusqu'aux temps historiques. Les restes des populations paléolithiques (les Pygmées) peuplent encore de nos jours les massifs forestiers de montagne de l'Afrique centrale.

celles qui dominant et forment à elles seules presque toute la prairie. Les autres sont plus rares et occasionnelles) :

	<i>Distrib. géogr.</i>	<i>Station et observ.</i>
* <i>Imperata arundinacea</i>	cosmopolite	commun partout.
* <i>Andropogon intermedius</i> R. Br.	cosmopolite	commun sur les collines.
* <i>Andropogon cymbarius</i> L. . . .	cosmopolite	localisés sur l'emplacement des savoka nouvellement détruits.
* <i>Andropogon rufus</i> Kunth. . . .	cosmopolite	collines.
* <i>Aristida adscensionis</i> L. . . .	cosmopolite	collines sèches.
* <i>Aristida multicaulis</i> Bak. . . .	autochtone	collines sèches. (race de <i>A. adscensionis</i>).
* <i>Chrysopogon Gryllus</i> Trin. . . .	cosmopolite	collines sèches.
* <i>Pennisetum setosum</i> Rich. . . .	cosmopolite	assez rare.
<i>Pycnoneurum junciforme</i> Decne.	autochtone	collines sèches, n'existe que dans les endroits à feux peu violents.
<i>Cassia mimosoides</i> L.	cosmopolite	résistant peu au feu.
<i>Desmodium mauritanium</i> DC. . .	Maurice et Afrique trop.	ne résiste pas au feu.

Sauf pour le petit nombre d'espèces communes aux latérites de Madagascar et aux sols séniles de l'Afrique centrale, il est impossible d'établir des comparaisons. La répartition des espèces a été commandée non seulement par l'apparition des mêmes conditions stationnelles, mais par les vicissitudes géologiques: celles-ci ont souvent déterminé l'apparition d'espèces diverses dans des sites d'ambiance analogue, mais très éloignés entre eux. Puisque nous supposons que dans ces cas ces espèces diverses présentent une convergence de caractères écologiques, la comparaison entre les espèces et les associations n'acquiert de sens pratique que si nous connaissons leur organisation physiomorphologique. Alors seulement nous verrions les corrélations existant entre le sol, le climat stationnel (le climat du sol + le climat atmosphérique local) et ces espèces. Nous matérialiserions par des faits concrets l'équivalence écologique d'espèces diverses à propos desquelles nous sommes aujourd'hui dans l'inconnu.

D'un point de vue général on peut constater que ces sols séniles de l'Afrique centrale, réserve faite de l'*ironstone* de l'Est du Ruanda et de l'Urundi, où nous n'avons pas fait de relevés phytosociologiques,

paraissent beaucoup moins dégradés que les argiles latéritiques et les latérites de l'Est de Madagascar.

Le caractère montagnard dominant des prairies de l'Afrique centrale est d'ailleurs démontré par la proportion existant sur les différents sols entre les éléments arcto-tertiaires, les éléments autochtones, les orophytes orientaux, les orophytes tropicaux (disséminés sur toute la bande montagneuse intertropicale de l'Afrique) et les espèces pan-tropicales, toujours dans la limite des grandes associations prairiales décrites par nous.

	Esp. arctotert.	Autochtones	Or. orient.	Or. trop.	Pantr.
Sols juvéniles	1	6	6	3	3
Sols virils					
{ dom. occ.	0	4	22	9	10
{ dom. orien.	0	8	14	14	12
Sols séniles	0	4	12	7	4
Alluvions récentes.	0	2	4	1	6

Il va sans dire que ces chiffres n'ont rien d'absolu. D'abord un certain nombre de nos espèces, parmi les plus intéressantes, n'est pas encore déterminé; ensuite nos chiffres sont susceptibles de varier au fur et à mesure que progressera l'exploration phytosociologique des prairies. Notre tableau ne permet de formuler que des conclusions limitées en l'état actuel de nos connaissances phytogéographiques au Congo belge.

Parmi les pédologues et aussi parmi des botanistes phytogéographes s'est fait jour la croyance que la prairie de Graminées, au sens propre du mot (par conséquent non à l'état de « savoka » dégradé ou de « tavy » de Perrier de la Bathie), soit l'indice d'un sol latéritique.

Les documents que nous avons exposés paraissent devoir modifier sensiblement cette opinion. La forêt vierge existe à Madagascar (et certainement ailleurs) sur des latérites *sensu lato* (Lacroix, Ehrart) et elle ne peut s'y maintenir que par les raisons indiquées précédemment (conservation de la strate humifère, acidité mobilisant les hydroxydes de fer, etc.).

La prairie biotique occupe n'importe quel sol à n'importe quel âge quand le feu a détruit la végétation autochtone. La destruction de cette flore s'est opérée à des degrés multiples auxquels correspondent autant de stades régressifs équivalents.

La prairie acquiert dans chacun de ces cas une physionomie écologique et une composition qui traduisent des équilibres sociaux et climatiques instables. Nous l'avons constaté au cours de cette étude.

D'ailleurs, le feu n'est pas la seule cause de la disparition de la végétation primitive : les animaux sauvages peuvent également le faire, dans des proportions évidemment minimales par rapport au feu. Ils engendrent également (par piétinement) des prairies constituées par des plantes zoochores (R. Maire) et nous en avons montré un exemple dans la région des lacs Mokoto (voir photo n° 34). L'îlot prairial est ici constitué par *Trifolium usambarense* Taub., qui peut, de ce fait, être considéré comme une espèce zoochore (voir p. 283).

Un sol jeune (pas trop, comme nous avons vu) favorisera naturellement une richesse et une variabilité d'espèces telles que ne peut le faire un sol non suffisamment décomposé ou trop décomposé. Indépendamment de cela, une prairie, résultat de la destruction d'une forêt, signifie avant tout une dégradation du sol, qu'il soit juvénile, viril, sénile, humide ou sec. La dégradation est l'œuvre de l'érosion par ruissellement, quoique à l'origine il y ait le feu ou le piétinement animal.

La disparition de la forêt livre le sol à l'érosion, à des degrés divers, représentés par le type d'une évolution cyclique (savoka, tavy, brousse, savane, prairie) et par la physionomie et l'organisation phytosociologique de la formation qui vient s'installer à la place de la forêt (l'un des échelons de l'évolution cyclique).

Dans le cas spécifique de chaque formation (normalement harmonisée avec des conditions stationnelles déterminées), le stade de son organisation est un indice sûr de l'avancement de la dégradation.

La gravité de cette dégradation, au point de vue d'une perte de fertilité, sera évidemment différente d'après l'âge du sol; pas grave sur des sols juvéniles, elle pourra devenir définitive sur des sols séniles. C'est un phénomène d'une portée biologique générale.

Erhart, à propos de la végétation des latérites, parle à juste titre de *prairies irréversibles*; celles-ci désignent, d'après l'auteur, des modifications si profondes dans le sol, que le retour de la forêt est jugé impossible.

Quand une prairie peut-elle être dite irréversible? Dans l'état

actuel de nos connaissances une telle prairie est formée d'un très petit nombre d'espèces cosmopolites et la formation est ouverte, en opposition au climat qui comporterait une formation fermée.

Théoriquement, toute prairie, sur n'importe quel sol, peut atteindre le stade final d'*irréversibilité*; celui-ci n'est vraiment définitif que dans le cas des sols séniles, car dans ceux-ci le décapage des horizons éluviaux signifie la mise en surface des illuvia qui entretemps peuvent avoir durci sous la forme de tufs, carapaces, concrétions, etc., et qui ne représentent plus, en définitive, qu'une roche nouvellement formée (la latérite, stade final de l'évolution du sol tropical) ⁽¹⁾.

Dans les autres cas (sols juvéniles, virils) une prairie apparemment irréversible indique toujours la dégradation totale des horizons éluviaux, mais puisque dans ces sols la réserve minérale profonde est encore intacte ou pas gravement entamée, la reconstitution des couches superficielles humifères devient un problème technique du ressort de l'homme, cause première de la destruction.

Le sol dont le profil est vivant, mais a été rendu infertile par suite d'un arrêt ou d'une dépression momentanée de son chimisme, peut être rendu à ses fonctions naturelles par la cessation des forces externes de dépression et par l'adoption de mesures aptes à aider les forces potentielles de reconstitution.

Le sol tropical est le produit du climat; l'homme n'a de pouvoir que pour modifier les couches superficielles humifères (les horizons éluviaux). Quand l'action destructive se porte sur un profil dont la maturité prélude à la fin de son cycle évolutif, il ne fait que précipiter la mort du sol. La prairie *irréversible* est alors annonciatrice de l'aboutissement prochain (le retour) du sol à l'état de roche (la latérite).

Le paysage phytogéographique, dans ses aspects divers, est bien l'image fidèle de la dégradation que l'érosion a opérée dans le profil. Pour se rendre compte de son importance, un décompte statistique et une analyse géographique de ses éléments suffisent.

Cette méthode paraît devoir acquérir une plus grande portée pra-

(1) L. AUFRÈRE (v. bibliographie du chap. V) dit que « les illuviums superficiels donnent des paysages géographiques où les formes rocheuses et la pauvreté biologique s'opposent aux formes émoussées et au tapis végétal des éluviums ».

tique quand une exploration botanique plus étendue et des recherches physio-anatomiques sur un certain nombre d'espèces choisies avec discernement auront mis à notre disposition les éléments nécessaires à une recherche écologique des rapports avec le sol et son climat particulier.

Par la double recherche à laquelle nos collaborateurs et nous-même avons appliqué toute notre bonne volonté : 1° établir l'âge des profils, par la reconstruction de leur histoire climatique; 2° fixer leur état de dégradation actuel par la caractérisation de la prairie dans son organisation phytodynamique, nous croyons avoir fait le point, dans la limite de nos moyens d'investigation, sur une des questions parmi les plus difficiles de la pédologie moderne.

La portée pratique des résultats obtenus, quoique fort modestes, nous paraît évidente : ils permettront d'orienter le choix des terres à destiner à la colonisation européenne. Il appartiendra aux techniciens de l'Agriculture de tirer profit des enseignements que ces résultats comportent.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- MILDBRAED (1911-1914), *Wiss. Ergebn. Deutsche Zentr. Afr.*, Exp. II, Botanik, 1911-1914.
- É. DE WILDEMAN (1913), Documents pour l'étude de la Géobotanique congolaise. (*Soc. R. Bot. Belge*, 21 vol. Jubilaire, 406 pages, 1913.)
- (1921), Les Bambous en Afrique. (*Revue « Congo »*, II, 1, pp. 10-44, 1921.)
- (1924), La Question forestière coloniale. (*Revue des Questions scientifiques*. Bruxelles.)
- (1924), A propos des cartes forestières de l'Afrique et en particulier du Congo belge. (*Ann. de la Soc. scient. Bruxelles*, XLIII, pp. 225-232, 1924.)
- (1925), La forêt tropicale congolaise, sa régression, sa transformation, sa distribution actuelle. (*C. R. 48^e semaine de l'Afas*. Liège, 1924-Paris, 1925, p. 975.)
- (1925), Considérations sur l'état actuel des connaissances relatives à la géobotanique du Congo belge. (*Revue « Congo »*, VI¹, pp. 718-734, 1925 [mai]; VI², pp. 13-36, juin 1925.)

- É. DE WILDEMAN (1928), A propos des forêts congolaises, leur régression, nécessité de leur étude biologique et de la création de ressources forestières. (*Bull. de la Soc. R. Bot. Belge*, LXI, pp. 44-66, 1928.)
- (1929), Le problème forestier en Afrique. (*Revue des Questions scientifiques*, sept. 1929, pp. 231-246. Louvain.)
- (1932), La forêt congolaise, ses problèmes biologiques. (*Bull. Ac. R. Belge, Cl. Sc.*, 5^e série, XVII, pp. 1475-1514, 1932.)
- (1933), Le port suffrutescent de certains végétaux tropicaux dépend des facteurs de l'ambiance! (*Mém. in-8° de l'Inst. R. Col. Belge, Sect. Sc. Nat.*, t. I, fasc. 4, 1933.)
- (1934), Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise. (*Mém. in-8° de l'Inst. R. Col. Belge, Sect. Sc. Nat.*, t. II, 1934.)
- H. PERRIER DE LA BATHIE (1922), La végétation malgache. (*Annales du Musée colonial de Mareille*, 1922.)
- (1934), Les Famines du Sud-Ouest de Madagascar. Causes et remèdes. (*Rev. de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, n° 151, pp. 173-186. Paris, 1934.)
- (1935), Des sols de Madagascar et des plantes qui en indiquent la valeur. (*Rev. de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, n° 151, pp. 845-892; n° 149 (1934), pp. 17-48; n° 150, pp. 109-137. Paris, 1933-1934.)
- G. DELEVOY (1922), *Les forêts du Katanga*. Mouvement géographique, 1922.
- Pourquoi la richesse forestière n'est pas toujours fonction de la richesse des sols. (*Bull. de l'Inst. R. Col. Belge*, t. II i : pp. 545-547.)
- (1932), *Les forêts du Congo*. — *L'Essor économique belge*. — *Expansion coloniale*, vol. V, pp. 313-318, Desmet-Verteneuil. Bruxelles, 1932.
- (1933), Agriculture et forêts. Note succincte sur leurs rapports dans les régions intertropicales. (*Journées d'Agronomie coloniale*, pp. 344-347, 1933.)
- (1933), Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga. (*Mém. in-8° de l'Inst. R. Col. Belge*, t. I, fasc. 8. Bruxelles, 1933.)
- (1934), A propos des incendies précoces des herbes. (*Bull. de l'Inst. R. Col. Belge*, t. V, 1934, pp. 726-734.)
- (1935), Réserves forestières, pâturages et contrôle des glossines en Afrique tropicale. (*Bull. de la Soc. centr. for. belge*, 42^e année, 1935, pp. 171-177.)
- G. DELEVOY et M. ROBERT (1935), Le milieu physique du centre africain méridional et la phytogéographie. (*Mém. in-8° de l'Inst. R. Col. Belge*, t. II, fasc. 4, p. 104.)
- H. HUMBERT (1927), La destruction d'une flore insulaire par le feu. Principaux aspects de la végétation à Madagascar. (*Mémoires de l'Académie malgache*, fasc. 5. Tananarive, 1927.)
- La végétation de la dorsale occidentale du Kivu (Afrique équatoriale). (*Ass. française pour l'Avancement des Sciences*, session d'Alger, 1930.)
- (1931), La végétation des hautes montagnes de l'Afrique centrale équatoriale. (*Revue La Terre et la Vie*, n° 4. Paris, 1931.)

- H. HUMBERT, Types de végétation primaire et secondaire en Afrique équatoriale. (*Congrès international de Géographie, Section de Biogéographie*. Paris, 1931.)
- Parcs nationaux et réserves naturelles en Afrique et à Madagascar. Conférence faite à la Station radiotéléphonique de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes et à la Tour Eiffel, le mercredi 31 mai 1933. (*Ass. française pour l'Avancement des Sciences*. Paris, 1933.)
 - (1934), Sur un *Senecio* arborescent nouveau des hautes montagnes du Congo belge et sur les liens phylogénétiques des espèces alliées. (*Bull. de la Soc. Bot. de France*, t. LXXXI, pp. 830-848. Paris, 1934.)
 - (1935), L'extinction des derniers vestiges de certains types de végétation autochtone à Madagascar. (*Archives du Muséum d'Histoire naturelle*, vol. du *Tricentenaire*, 6^e série, t. XII, pp. 569-586. Paris, 1935.)
- W. ROBYNS (1929), Flore agrostologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Maydées et Andropogonées. (*Ministère des Colonies de Belgique, Direction générale de l'Agriculture*. Bruxelles, 1929.)
- (1930), Contribution à l'étude des Graminées du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Andropogonées. (*Bull. du Jardin botanique de l'État*, vol. III, fasc. 3. Bruxelles, 1930.)
 - (1931), Les espèces congolaises du Genre *Digitaria* Hall. (*Mémoires in-4° de la Section des Sciences naturelles, etc. de l'Institut Royal Colonial Belge*. Bruxelles, 1931.)
 - (1932), Les espèces congolaises du Genre *Panicum* L. (*Mémoires in-4° de la Section des Sciences naturelles, etc. de l'Institut Royal Colonial Belge*. Bruxelles, 1932.)
 - 1934, Flore agrostologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. II Panicées. (*Ministère des Colonies de Belgique et Institut National pour l'étude agronomique du Congo belge. Direction générale de l'Agriculture*. Bruxelles, 1934.)
 - (1935), Sur les plantes belges de la flore congolaise. (*Annales de la Soc. Scient. de Bruxelles*, 1935.)
- J. ROGEON (1932), Notes sur les Graminées fourragères soudanaises. (*Rev. de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, pp. 454-462. Paris, 1932.)
- E. P. PHILLIPS (1931), An Introduction to the Study of the South African Grasses. (*South African Agricultural Series*, vol. VI, 1931.)
- A. CHEVALIER (1931), Le rôle de l'homme dans la dispersion des plantes tropicales. (*Rev. de Bot. Appl. et d'Agr. Trop.*, pp. 633-650. Paris, 1931.)
- (1933), Étude sur les prairies de l'Ouest africain. (*Rev. de Bot. Appl. et d'Agr. Appl.*, n° 148, pp. 845-892; n° 149 [1934], pp. 17-48; n° 150, pp. 109-137. Paris, 1933 et 1934.)
- J. BRAUN-BLANQUET (1931), *L'importance pratique de la sociologie végétale*. Paris, 1931.
- .. (1932), *Plant Sociology. The Study of Plant Communities*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York and London, 1932.

- H. CHERMEZON (1931), *Synopsis des Cypéracées de Madagascar*. Tananarive, 1931.
- (1931), Les Cypéracées du Haut-Oubangui. (*Archives de Botaniques*, octobre 1931. Caen.)
- (1932), Sur quelques Cypéracées du Congo belge. (*Rev. de Zool. et de Bot. africaines*, XXII, 1, août 1932.)
- (1935), Cypéracées nouvelles du Congo belge. (*Bull. du Jardin bot. de l'État*, vol. XIII, fasc. 4, B. Bruxelles, 1935.)
- (1935), Cypéracées récoltées par M. Humbert au Congo belge oriental. (*Bull. de la Soc. Bot. de France*, t. LXXXII, pp. 334-336. Paris, 1935.)
- P. STANER (1932), Une plante toxique pour le bétail. (*Bull. du Cercle Bot. congolais*, vol. I, fasc. 2. Bruxelles, 1932.)
- (1933), Les Éricacées du Congo belge. (*Rev. de Zool. et Bot. africaines*, XXIII, 2, 25 juin 1933, Bruxelles.)
- (1933), Contribution à l'étude de la flore du Parc National Albert et du Kivu (plantes récoltées par M. H. Scaëtta, I et II. (*Rev. de Zool. et Bot. africaines*, XXIII, 2-25 juin 1933; *Ibid.*, XXIV, 2-22 décembre 1933.)
- P. STANER et J. LEBRUN (1933), Revision des espèces congolaises du Genre *Myrica* L. (*Rev. de Zool. et Bot. africaines*, XXIII, 3-4, 1933.)
- P. STANER (1935), Les Thymélacées de la flore du Congo belge. (*Bull. du Jardin bot. de l'État*, vol. XIII, fasc. 4. Bruxelles, 1935.)
- (1935), Plantes congolaises à fruit comestibles. (*Publications de l'Institut National pour l'étude agronomique du Congo belge (I. N. E. A. C.)*, série scientifique, n° 4, 1935.)
- L. HAUMAN (1933), Esquisse de la végétation des hautes altitudes sur le Ruwenzori. (*Bull Acad. roy. Belg., Classe des Sciences*, 5^e série t. XIX, 1933.)
- (1933), Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge. (*Mémoires in-8°*, t. II, fasc. 1 de l'*Inst. roy. Col. Belge. Section des Sciences naturelles*, etc. Bruxelles, 1933.)
- L. HAUMAN et S. BALLE (1934), Les Alchemilla du Congo belge et leurs relations avec les autres espèces du genre en Afrique continentale. (*Rev. Zool. et Bot. africaines*, vol. XXIV, fasc. 4. Bruxelles, 1934.)
- L. HAUMAN (1935), Les Senecio arborescents du Congo. Étude morphologique, phytogéographique et systématique. (Résultats de l'Expédition scientifique belge au Ruwenzori, 1932.) (*Rev. de Zool. et Bot. africaines*, vol. XXVIII, fasc. 1. Bruxelles, 1935.)
- J. LEBRUN (1933), Les forêts congolaises et les méthodes culturales indigènes. (*Journées d'Agronomie coloniale*, juin 1933, à Bruxelles.)
- (1935), Les essences forestières des régions montagneuses du Congo oriental. (*Publications de l'I. N. E. A. C.*, série scientifique, n° 1. Bruxelles, 1935.)
- J. LOUIS (1935), Revision des espèces congolaises du Genre *Erythrina* L. (*Bull. du Jard. bot. de l'État*, vol. XIII, fasc. 4. Bruxelles, 1935.)
- CH. KILLIAN et D. FEHÉR (1935), Recherches sur les phénomènes microbiologiques des sols sahariens. (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. LV, p. 575, 1935.)

RÉSUMÉ

Un minéralogiste, un chimiste et un climatologue-phytogéographe ont conjugué leurs efforts pour essayer de reconstruire, aussi fidèlement que possible, l'histoire génétique des sols du partage Congo-Nil.

L'un d'eux (Scaëtta) avait étudié précédemment le climat et la biogéographie de la région. Les documents produits par ces études ont servi de base pour l'application de l'analyse climatique à l'investigation génétique des sols pris en considération dans le présent mémoire.

Dans le premier chapitre, H. Scaëtta décrit sommairement la morphologie du terrain et cite les événements extérieurs (géologiques aussi bien que géographiques) qui ont concouru le plus puissamment à la formation de certains types de sols. L'évolution sculpturale du relief cristallophyllien et du relief volcanique, la nivation et la glaciation y sont particulièrement examinées.

Dans le chapitre II, le même auteur retrace l'histoire du climat pléistocène à l'aide de documents paléontologiques et géologiques. Admettant la constance pratique du gradient thermique de l'air au-dessus des pentes de montagne, l'auteur calcule le décalage que les variantes climatiques échelonnées en altitude ont subi au cours des périodes pluviales et interpluviales du Pléistocène. Par cette méthode, l'auteur conclut à l'existence d'une glaciation pléistocène sur les montagnes du partage Congo-Nil qui dépassent une altitude de 3,200-3,400 mètres. Le refroidissement du climat au cours des phases glaciaires a exercé une influence assez prolongée sur l'évolution des sols de montagne.

Le chapitre III traite du prélèvement des échantillons. Dans le quatrième chapitre, A. Schoep décrit brièvement quelques roches de la région, d'un point de vue purement pétrographique. L'auteur aborde l'examen minéralogique des sols par quelques considérations sur leur

couleur et par une courte allusion à la méthode d'analyse suivie. L'auteur s'arrête enfin plus particulièrement sur la nature du pseudo-sable et sur le contenu en hydroxydes d'Al de certains sols. Y a-t-il de vraies latérites sur ces montagnes du partage Congo-Nil? M. Schoep conclut par la négative, se basant sur l'application à certains profils particulièrement allitiques des rapports *ki* et *ba* de Harrassovitz. Il y a des sols en voie de latéritisation; la latérite vraie n'a pas encore eu le temps de se former. A ce chapitre sont annexées les analyses physico-minéralogiques des profils et des sols examinés. La liste détaillée se trouve dans la Table des Matières.

Dans le chapitre V, H. Scaëtta étudie la morphologie et la répartition climatique des sols. Il met en évidence les facteurs météorologiques dont l'influence a été et continue d'être la plus active sur l'évolution et la maturation des sols. La formation de l'humus est un de ces processus qui dépendent essentiellement du climat atmosphérique, tandis que la dynamique de l'eau, la structure apparente du sol semblent liées plus particulièrement au climat du sol. Les mouvements de l'eau dans le sol paraissent en pratique être le trait d'union entre le climat atmosphérique et le climat pédologique. Les incendies de brousse exercent une action néfaste certaine sur l'évolution allitique du sol; l'auteur en précise et en catalogue la portée en sept points principaux. Les sources secondaires d'humidité dont le sol peut bénéficier dépendent en grande partie du climat pédologique, de la fréquence et de la durée des incendies. Deux faits d'importance capitale sont à retenir: la température de ces sols tropicaux est presque toujours plus élevée que la température de la couche d'air superposée, ce qui les différencie de tous les autres sols et explique l'aboutissement fatal de leur cycle évolutif de la roche mère à la latérite; les sols à l'Ouest de la fosse tectonique sont plus jeunes et plus riches en réserves minérales que les sols situés à l'Est de la fosse tectonique, parce qu'ils sont périodiquement rajeunis par l'apport éolien de verre volcanique. La direction des vents supérieurs (les alizés) règle depuis le début du Quaternaire cet enrichissement minéral superficiel qui devient ainsi une fonction du climat.

Les chapitres VI et VII envisagent l'étude chimique. Dans le premier, R. Meurice résume en quelques argumentations essentielles les

problèmes que pose la pédologie moderne. La recherche de la fertilité proprement dite du sol, par conséquent de ses déficiences, touche directement l'industrie agricole, tandis que l'analyse génétique du sol apparaît à première vue comme un problème purement scientifique. La détermination de l'âge d'un sol est pourtant à la base même de la pédologie et constitue la seule fondation durable sur laquelle nous pouvons bâtir nos connaissances sur la valeur économique des sols. Un sol jeune et un sol sénile répondront de manière très différente à tous les travaux que nous pourrons entreprendre pour les améliorer. La rapidité extraordinaire avec laquelle le sol mûrit sous l'action du climat tropical fait de la détermination de l'âge une question pratique de grande utilité. Une description des méthodes d'analyse chimique adoptées et un tableau synoptique constituent un appendice au chapitre VI.

Dans le chapitre suivant, M. Meurice étudie en détail les profils et les sols examinés. Ceux-ci sont passés en revue d'après leur origine et leur station. Pour chacun l'auteur indique le stade actuel d'évolution (de maturité). Chaque profil ou sol est précédé d'un tableau analytique où l'acidité, les éléments fins, les bases déplaçables en CaO, les oxydes de Fe et d'Al, la silice amorphe, le kaolin, l'excès siliceux, l'excès d'Al, les résidus de Fe et d'Al sont successivement indiqués.

La deuxième partie de ce mémoire est une étude de phytogéographie et de phytosociologie dynamique faite par M. Scaëtta. Le sol est naturellement forestier sous ce climat équatorial. Mais la forêt primitive, c'est-à-dire le climax, qui fait avec le sol et le climat atmosphérique un complexe biologique inséparable, a disparu presque partout. Elle est remplacée, soit par des formations ligneuses secondaires (ou de remplacement), soit par des formations herbacées (les prairies).

Dans le chapitre VIII, M. Scaëtta met surtout en relief les migrations successives que les diverses forêts climatiques ont subies au cours des périodes humides (froides) et sèches (chaudes) du Pléistocène. Il explique par les avances et les reculs des forêts primitives la maturité différente atteinte par les sols qui ont été toujours couverts par la forêt dense et par ceux qui périodiquement en ont été privés ou n'ont connu que des forêts claires xérophiles. Ces dernières, faibles productrices

d'humus, n'ont offert qu'une protection insuffisante contre l'action trop vive de la radiation directe, d'une part, et du ruissellement, de l'autre.

Dans le chapitre IX, le même auteur décrit les prairies qui à des stades très différents de régression sociale couvrent respectivement les sols juvéniles, virils, séniles et les alluvions récentes. Là où la forêt climatique et ses formes de remplacement ont disparu, pour quelque cause que ce soit, la prairie représente indéniablement une dégradation du sol. L'organisation phytosociale de la prairie est l'image fidèle du degré de dégradation atteint par le sol. Il est alors évident que selon que cette dégradation s'opère sur un sol jeune, viril ou proche du stade de latérite (le stade final), le sol sera ou ne sera pas susceptible d'être amélioré par l'homme, presque toujours cause originaire de sa dégradation.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE, par É. MARCHAL... ..	3
INTRODUCTION, par H. SCAËTTA... ..	7

PREMIERE PARTIE.

La Genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. (Etude de Pédologie génétique).

CHAPITRE I. - <i>Esquisse morphologique de la région</i> , par H. SCAËTTA	11
Le massif archaïque de l'Afrique centrale et le « graben occidental » ...	12
Formations volcaniques	13
Facies éolien volcanique	15
Facies ébouleux	16
Facies glaciaire	16
Facies éluvien	16
Formations alluviales pléistocènes et holocènes	18
Formations lacustres : tufs calcaires et travertins	18
Marais tourbeux	21
Évolution sculpturale du relief cristallophyllien	22
Évolution sculpturale du relief volcanique	25
Altération et désagrégation des roches	25
La nivation et la glaciation	26
Bibliographie	28
CHAPITRE II. - <i>Variations du climat pléistocène</i> , par H. SCAËTTA... ..	29
Inondation du lac Kivu et terrasses fossilifères	30
Exemple de deux alluvia pléistocènes	33
Cailloux roulés à stries glaciaires	33
Équivalence probable de certaines terrasses lacustres du Kivu avec celles des lacs de l'Est africain	36
Glaciation quaternaire sur le Ruwenzori et sur les volcans de l'Est africain	37

	Pages.
Démonstration par l'analyse climatique d'une glaciation pléistocène probable sur les sommets les plus élevés du Kivu	40
Migration des formations végétales particulières à ces hautes montagnes de l'Afrique centrale	46
Bibliographie	47
CHAPITRE III. — <i>Prélèvement des échantillons</i> , par H. SCAËTTA	50
<i>Appendice au chapitre III</i> : Roches récoltées par H. HUMBERT et H. SCAËTTA au Kivu et déterminées par M. A. LACROIX de Paris.	53
CHAPITRE IV. — <i>Les sols et leur constitution minéralogique</i> , par A. SCHOEP.	54
Notes sur quelques roches de la région	55
Le pseudo-sable, sa composition chimique	59
Ce qu'on entend par « latérite » et « sol latéritique »	60
Application des rapports ki et ba de Harrassovitz	62
Protocoles d'analyse physico-minéralogique... ..	64
<i>Terres brunes</i>	64
Profil Mbene (île Idjwi)	64
Profil Mulungu (Kivu occidental)	64
Profil Lussungu (Ruanda, rive orientale du Kivu)	65
Profil Mohanga (région des lacs Mokoto)	65
Profil Monts Dalinghi (région des Mokoto)	66
Profil Fendula (versant Ouest de la dorsale congolaise)	67
Sol Karashoma (forêt de la dorsale congolaise)	67
Profil Tshibinda (lisière forestière de la dorsale congolaise)	68
Profil Matale (dorsale congolaise)	69
Sol Kirumbi (dorsale du Ruanda)	69
Sol Rwaza (Ruanda)	69
Sol Muhembe (Sud du Kivu)	70
Sol Nyamwe (Sud-Ouest du Kivu)	70
Profil Nya-Kaziba (Sud du Kivu)	70
Profil Tshiangoma (Sud du Kivu)	71
Profil Rutaha (plateau central au Sud du Kivu)	72
Profil Moganza (Ile Idjwi)... ..	72
Profil Bukulumissa (futaie mésophile de la dorsale congolaise)	73
Profil Mwendula (versant occidental de la dorsale congolaise)	74
Profil Rutshuru (bassin du lac Édouard)	75
Profil Kissenye (rive Nord du lac Kivu)	76
Profil Mule (alluvion du versant Ouest de la dorsale congolaise)	77

	Pages.
Sol Mutanda (chaîne des monts Bwito, bassin du lac Édouard) ...	78
Profil Katala (versant Nord du volcan Mikeno)	78
Profil Kibumba (Parc National Albert)... ..	80
Sol Mulambi-Rubenghera (Ruanda central)	81
Sol Eau de ruissellement sur les pentes des monts Dalinghi	81
Sol Mikeno (étage à bambous)	81
Sol Mikeno (étage à <i>Hypericum</i> et à <i>Philippia</i>)	81
Sol du sommet du volcan Karisimbi	82
Profil Ruwenzori (versant Ouest du mont Stanley)	82
<i>Terres rouges</i>	83
Sol Piste Kanoko-Mulambi (Ruanda)	83
Profil Nyavarongo (haute vallée de la ...)	83
Sol Nyaluindhja-Moganga (Sud du Kivu)	83
<i>Terres noires</i>	84
Sol Karisimbi (étage à bambous)	84
Sol Karisimbi (étage à <i>Hypericum</i> et à <i>Hagenia</i>)	84
Sol Karisimbi (étage à Seneçons géants et à <i>Alchemilla</i>)	84
Profil Katimba (zone des lacs Mokoto)	84
Profil Mofumo (Nord-Ouest de la dorsale congolaise)	85
Profil Nyekisemolo (bassin du Congo)	86
Sol Mont Bugoy (lacs Mokoto)	87
Sol Thizi (zone du Kahuzi, <i>ericetum</i>)... ..	87
Sol Tshizi (zone du Kahuzi, clairière à <i>Cenchrus</i>)	88
Profil Kahundu	88
Sol Muhembe (vallée de la ...) Ruanda	89
Profil Dorsale congolaise (forêt mésophile)	89
Sol Kirumbi-Kagunga (Ruanda)	90
Profil Dendezi (Ruanda)	90
Profil Mubeza (Sud du Kivu)	90
Profil Tshikère (cratère de...), Parc National Albert	91
Profil Kahuzi (étage à bambous)	92
Sol Kahuzi (terre végétale) de l'étage à bambous	93
<i>Terres grises</i>	94
Sol Muhavura (étage à <i>Senecio</i> et à <i>Lobelia</i>)	94
Sol Muhavura (sommet)	94
Sol Nyaluindhja (dépôt dans les eaux chaudes de ...)	94
Sol Nyanza (Ruanda central)	94
Sol Nyanza (Ruanda central)	95

	Pages.
Profil Kasseraboba (centre de l'île Idjwi)	95
Sol Sentier de Nyakalengua à Kaghi (île Idjwi)	96
Profil Kighera (île Idjwi)	96
Sol Vallée du Kateheru (Bwito)	97
Profil Lulenga (bassin du lac Édouard)	97
Sol Kahuzi (étage à bambous)	98
Sol Karisimbi (sommet)	98
 CHAPITRE V. — Répartition climatique des sols : leur formation, par	
H. SCAËTTA	99
La couleur du sol; sa signification pratique	99
Traits principaux du climat atmosphérique	101
Importance de la couverture du sol dans l'augmentation ou la dispersion du calorique absorbé... ..	103
Importance de la direction des vents supérieurs pour l'enrichissement minéral des sols	104
Répartition topographique des sols	105
Zonalité verticale au sens de Dokoutschajev et Glinka	108
Sols autochtones	109
Sols colluviaux bruns	110
Sols autochtones et colluviaux rouges	111
Sols autochtones et colluviaux noirs	112
Sols autochtones et colluviaux gris	113
Sols alluvionnaires bruns	114
Sols alluvionnaires noirs	114
Sols alluvionnaires gris	114
Sols volcaniques bruns	115
Sols volcaniques noirs	115
Sols volcaniques gris	115
Sols de haute montagne	116
Répartition climatique d'après la couleur; la formule climatique de R. LANG	117
Le quotient N : S de MEYER	119
Formes de désagrégation prédominantes	125
L'évolution allitique	128
Notion de fertilité... ..	138
Formation de l'humus... ..	140
Les tourbes humides	143
Sols imbibés de bitume	144
L'acidité des sols... ..	146
Structure apparente du sol	152

	Pages.
La dynamique de l'eau	158
Les sources secondaires d'humidité... ..	161
Effets des incendies de brousse sur l'évolution allitique du sol... ..	165
Le climat du sol	168
Bibliographie	172
CHAPITRE VI. — <i>Remarques sur l'examen chimique des sols tropicaux,</i> par R. MEURICE... ..	176
Premier groupe de problèmes	176
L'autre groupe de problèmes	177
Formation et classification des sols tropicaux	178
Sols des climats à alternance sèche et humide	181
Méthodes d'analyse utilisées, par A. HACQUART	184
Détermination du fer à l'état d'oxyde	185
Détermination respective des éléments grossiers et fins (état de désagrégation physique)	188
Recherche de l'humus	189
Tableau synoptique (A. Hacquart)... ..	192
CHAPITRE VII. — <i>Etude analytique des profils examinés,</i> par R. MEURICE.	194
Introduction	194
Considérations générales sur les profils étudiés : les profils hétérogènes.	196
Les profils d'apparence homogène	196
Le pseudo-sable	198
<i>Sols vraisemblablement autochtones</i> (profils complets)... ..	199
Tshiangoma	199
Katale	200
Tshibinda	202
Mubeza	203
Rutaha	204
<i>Sols seuls prélevés</i> (vraisemblablement autochtones)	205
Piste de Kanoko à Mulambi	205
Malambo	206
De Kirumbi à Kagunga	207
Moganga	207
<i>Sols rajeunis en surface</i>	208
Kahuzi	208
Kahundu	210
Fendula	211

	Pages.
<i>Profils nettement hétérogènes</i> (interventions volcaniques fréquentes) ...	212
Mohanga	212
<i>Profils formés par des alluvions</i>	214
Mbene	214
Lussunyu	216
<i>Profils dus à des dépôts colluviaux</i>	217
Mulungu	217
<i>Profil complexe avec éléments alluviaux, colluviaux, morainiques, sédimentaires et éruptifs...</i>	219
Nyekisemolo	219
<i>Appendice au Chapitre VII : Analyses complètes des portions solubles dans HCL</i>	221
Tableau synoptique (M. SIMON)	222

DEUXIEME PARTIE.

Les Formations végétales qui caractérisent l'état de dégradation des sols. (Etudes de Phytogéographie et de Phytosociologie dynamique.)

CHAPITRE VIII. — <i>Les zones forestières</i> , par H. SCAËTTA... ..	225
Répartition de la température d'après le schéma topographique de Mohr.	226
Les mouvements de l'eau dans le sol d'après le schéma topographique de Mohr	227
La respiration du sol	230
Les stades de maturité du sol d'après la classification de Mohr	231
Domaine de la forêt de montagne	232
Action du climat pléistocène	234
Action du climat actuel	239
Caractères écologiques principaux de la forêt de montagne	241
Domaine de la forêt claire subxérophile... ..	243
Domaine des forêts sclérophylles des couloirs de foehn	246
Domaine des forêts microthermes de haute altitude	247
Caractères écologiques principaux des peuplements de haute montagne.	250
Conclusions	251
CHAPITRE IX. — <i>Les zones à prairie</i> , par H. SCAËTTA... ..	253
Généralités	253
Classification des prairies	255
Méthode suivie dans l'investigation phytosociologique	256

DES SOLS MONTAGNARDS DE L'AFRIQUE CENTRALE 347

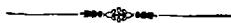
	Pages.
<i>Prairies primitives sur sols squelettiques de haute montagne</i>	258
Prairies primitives de climat humide	259
Prairies primitives de climat relativement sec	261
<i>Caractères biologiques et géographiques des prairies primitives</i>	263
<i>Prairies biotiques sur sols juvéniles ou prairies pseudo-alpines</i>	264
Prairies modifiées de climat humide	265
Prairies modifiées (anthropo-zogènes) de climat moyennement humide.	267
Prairies modifiées de climat relativement sec	268
Caractéristiques biologiques et géographiques des prairies pseudo-alpines.	270
<i>Instabilité des prairies humides de sols juvéniles</i>	272
<i>Prairies biotiques de sols virils...</i>	276
Prairies de climat humide	276
Associations prairiales des montagnes de la chaîne congolaise au Nord-Nord-Ouest du lac Kivu	282
Associations prairiales du massif volcanique des Mufumbiru	286
Prairies des couloirs de foehn... ..	292
Prairies de climat alternativement sec et humide du Ruanda septentrional	293
Prairies de climat alternativement sec et humide du Ruanda central ...	299
Prairies de climat alternativement sec et humide du Ruanda méridional.	302
Prairies de climat alternativement sec et humide des rives occidentales du Kivu	305
Prairies de climat alternativement sec et humide du Sud du Kivu	306
Influence de la direction du vent dans la dégradation du sol par le feu et dans le dynamisme de l'organisation phytosociologique de la prairie	312
<i>Prairies biotiques de sols séniles</i>	312
Prairies biotiques de sols séniles du Ruanda central	313
Prairies biotiques de sols séniles du Sud du Kivu	316
<i>Prairies biotiques d'alluvions récentes</i>	319
<i>Caractères généraux des prairies biotiques et leurs rapports avec les sols.</i>	323
Prairies réversibles et prairies irréversibles	331
Bibliographie	333
RÉSUMÉ	337
TABLE DES MATIÈRES	341
INDEX DES PHOTOGRAPHIES	349

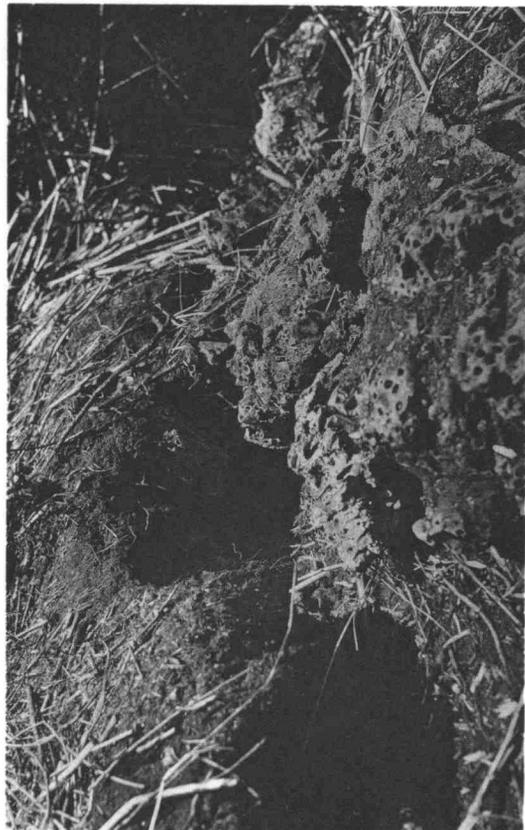
INDEX DES PHOTOGRAPHIES

1. Travertins de CaCO_3 et de MgO déposés par les eaux du Kivu autour de roseaux. Ces travertins sont couverts d'un manteau épais d'argile rouge (voir Analyse, p. 19).
2. Travertins calcaireux du Kivu (Mbene, ile Idjwi).
3. Plate-forme calcaire déposée par les eaux du Kivu (côté Sud-Est de l'île Idjwi).
4. Caverne avec stalactites et stalagmites construites par les eaux chaudes minéralisées de Kakondo (Kivu).
5. Les eaux chaudes « Mahio », au Sud-Sud-Ouest du bassin du Kivu, au fond desquelles s'est déposé le sol n° 376 (mofette d'acide carbonique chauffant l'eau à 60°-65° C).
6. Les eaux chaudes de Kakondo (50°-55° C) se déversant en cascade dans le lac Kivu. Parmi les herbes pullulent les Gastéropodes.
7. Amas travertineux avec stalagmites nombreuses, construit par les eaux chaudes de Kakondo (rive Ouest du Kivu).
8. Tufs volcaniques de Ngoma (rive Nord du Kivu).
9. Détail des tufs volcaniques de Ngoma. Les niches que l'on voit dans la partie inférieure sont formées par les chèvres qui lèchent les efflorescences de chlorure de sodium.
10. Recoupement en méandres d'une terrasse de la région de Nyakaziba (Sud du Kivu) par une petite rivière se dirigeant vers le lac Tanganyika, à la suite d'un phénomène de capture.
11. Profil avec couches fossilifères de l'ancien delta de la Sebea, à 100 mètres au-dessus du niveau actuel du lac Kivu (terrasse III), le long de la piste routière de Kissenye à Nyundo.
12. Marmites torrentielles dans des roches gneissiques du lit actuel de la rivière Sebea (à l'Est de Kissenye).
13. Cailloux roulés à stries glaciaires dans les alluvions quaternaires de Nyekisemolo (à l'Ouest du lac Kivu).
14. Crevasses dans l'allite siallitique rouge-brun de Mulungu pendant la saison sèche. Les crevasses atteignent parfois 2 à 3 mètres de profondeur.
15. Sol siallitique de Kakondo rajeuni par apport de cendres volcaniques. L'incision horizontale pratiquée dans le sol indique la profondeur d'un mètre. Le caféier qu'on voit au milieu a l'âge de six mois.
16. Le sol de Rutaha (couloir de foehn). La stérilité de cette situation est démontrée par la taille atteinte par les caféiers après trois ans de plantation (comparer la hauteur d'un arbuste à côté du personnage).

17. Le sol de Rutaha. N'étant pas protégé par une systématisation opportune, ce sol est très rapidement décapé par l'action érosive des eaux de ruissellement (voir Analyse minéralogique du profil au chap. IV).
18. Cultures indigènes de *Colocasia antiquorum* L. sur une siallite allitique de Dalinghi, enrichie par des apports volcaniques basiques (voir également le profil de Mohanga).
19. Intérieur de la forêt mésophile de la dorsale congolaise (entre Fendula et Tshinbinda).
20. Floraison d'Acanthacées de sous-bois dans la forêt mésophile de la dorsale congolaise.
21. Abatage de la forêt à l'Ouest du massif Kahuzi. Plantation indigène de bananiers entre les arbres abattus et conservés en place.
22. Premiers effets de l'érosion par le ruissellement après abatage de quelques arbres. Sentier dans la forêt mésophile de l'île Idjwi.
23. Type de végétation secondaire dégradé en cours de transformation en prairie. Les Graminées nouvellement arrivées et le *Pteridietum* qui a succédé à la forêt secondaire détruite se contendent le sol. Le personnage à la limite droite de la photo indique la hauteur de l'herbage (entre Tshibinda et Kabare).
24. Les flammes gravissent les pentes de la montagne sous la poussée du vent d'Est (dorsale congolaise, zone de Ngweshe, juin 1930).
25. Les flammes ont passé sur cette prairie, progressant sous le vent. Les herbes n'ont pas brûlé complètement et les chaumes asséchés se couchent sur le sol (zone de Ngweshe, juin 1930).
26. Croupes jadis forestières de la dorsale congolaise, dénudées par l'incendie périodique. Les pentes commencent à être ravinées par le ruissellement, tandis que des lambeaux de l'ancienne forêt parviennent à se maintenir dans le fond de vallons étroits.
27. État d'une pente sur laquelle l'incendie (allumé deux ou trois fois au cours de l'année) vient de passer (zone de Kassebeye, juin 1930). Les effets du ravinement par les eaux sauvages commencent à être visibles.
28. Sommet aride de la zone de Kassebeye (Sud-Ouest du Kivu). L'incendie ne laisse plus subsister qu'une brousse lâche d'*Agauria salicifolia* et de *Trichopteryx elegans*, ce dernier en touffes espacées. Parmi le cailloutis de quartz vit une orchidée terrestre xérophile.
29. La forêt de bambous a totalement disparu du versant oriental du massif Muhende. On en retrouve quelques lambeaux à proximité du petit lac Kano (2,400 mètres d'altitude), où l'humidité permanente du sol la protège d'une destruction totale.
30. Le petit lac Kano, sur la chaîne Muhende, à 2,400 mètres d'altitude. Des nuages ténus, poussés par l'alizé de Sud-Est, gravissent le versant oriental.
31. L'association à *Exothea abyssinica* Anders., au Sud du lac Kano, s'étendant en direction du sommet Muhende (de 2,300 à 2,800 mètres d'altitude). La trace qu'on voit à l'arrière-plan de la photo a été faite par le passage de la caravane de porteurs.

32. Prairies biotiques autour du lac Kano (massif Muhende). Deux associations diverses se rencontrent sur une ligne frontière bien visible, indiquée par l'alignement des deux personnages. La prairie n'est pas ou presque pas pâturée (2,400 mètres d'altitude).
33. Aspect des montagnes dénudées au Sud du Kivu, dans la région de Kabare.
34. Ilot prairial à *Trifolium Ruppelianum* Fres et à *Plantago* cf. *palmata* dans la prairie à *Pennisetum purpureum* de la région des monts Dalinghi (Mokoto). Le piétinement des éléphants et leurs déjections ont amené l'établissement de la pelouse à *Trifolium* que l'on voit en pleine floraison.
35. Contact entre la prairie biotique et la forêt primitive sur le versant Ouest du massif Kahuzi. Quelques exemplaires d'*Hagenia abyssinica* occupent la lisière de la forêt dense (2,400 mètres d'altitude).
36. Une des pelouses primitives du versant méridional du Karisimbi (étage à *Hagenia abyssinica* et à *Hypericum lanceolatum*, à 3,500 mètres d'altitude). Le personnage à droite indique la hauteur de l'herbage.
37. Prairie biotique du versant oriental du Muhavura à 3,200 mètres d'altitude, où les flammes parviennent de temps en temps. Association à *Agrostis producta*, *Andropogon amethystinus*, *Anthoxantum nivale*, etc. A l'arrière-plan, *Helichrysum helothamnus* Moeser en floraison. Le personnage indique la hauteur du gazon.
38. Petits îlots de prairie à *Poa pumilis*, *Agrostis producta*, *A. Mildbraedii*, etc. sur le versant Sud du Muhavura, à proximité du sommet (environ 4,000 mètres d'altitude). Le personnage (un Mututzi) indique une de ces pelouses entourée de massifs d'*Alchemilla geranioides*. Les gros blocs de lave qu'on voit à l'avant-plan sont couverts de lichens saxicoles.
39. Hot à *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. var. *Thumbergii* Hack sur une ancienne jachère de l'île Idjwi. Le personnage indique la hauteur de l'herbage.
40. Aspect de la savane au Sud-Est du lac Édouard (alluvions de la Molindi), à *Acacia verugera* Schwf. (?), à *Sporobolus festivus* et *Hypparrhenia filipendula* var. *pilosa*. Au fond, la chaîne des monts Kashali (voir relevés phytosociologiques, p. 285).

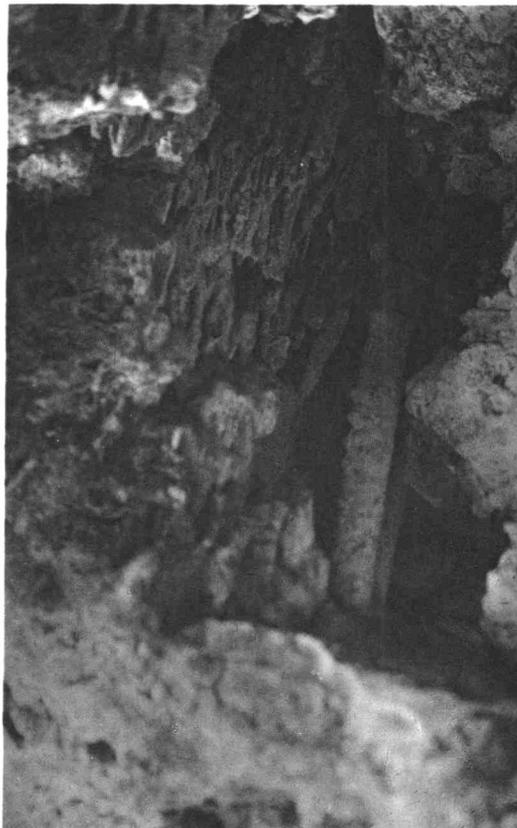




2 - Travertins calcaireux du Kivu (Mbnee, ile Idjwi)

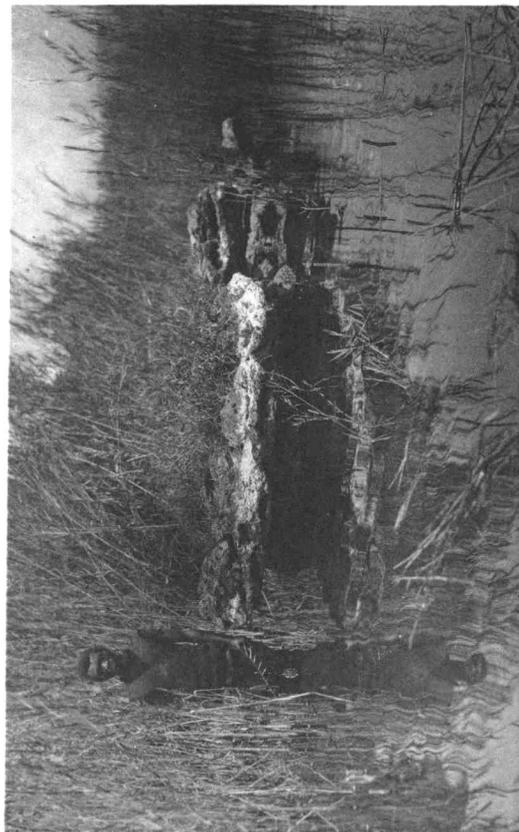


1 - Travertins de Ca CO_3 et de Mg O déposés par les eaux du Kivu autour des roseaux. Ces travertins sont couverts d'un manteau épais d'argile rouge (V. analyse, p. 19).



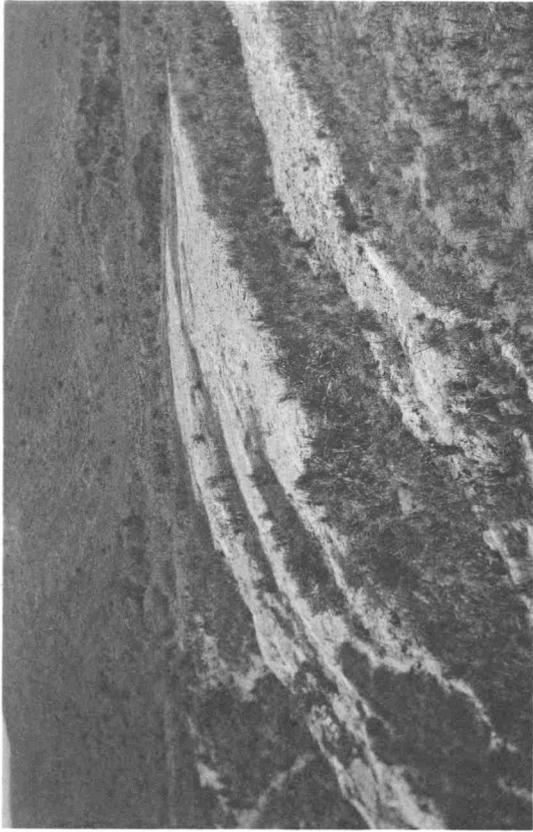
(Photo Scaetta)

4 - Caverne avec stalactites et stalagmites construites par les eaux chaudes minéralisées de Kakondo (Kivu).

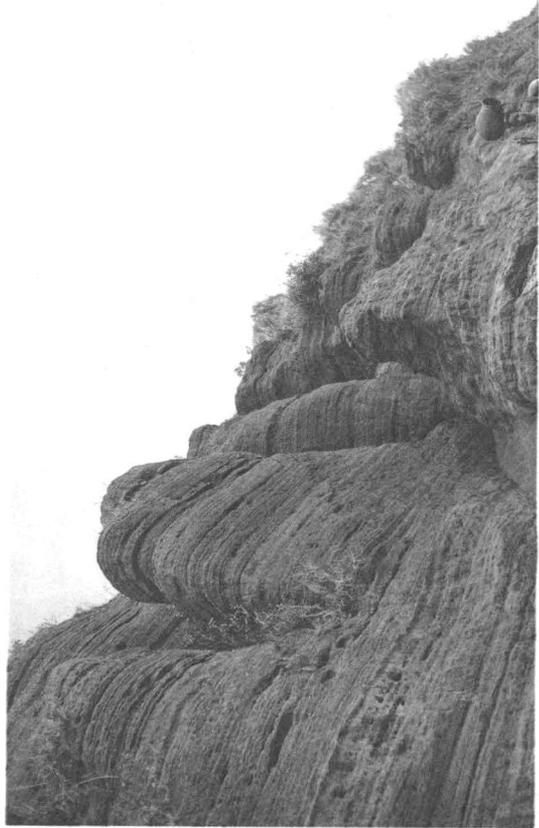


3 - Plateforme calcaire déposée par les eaux du Kivu (côté S.-E. de l'île Idjwi).

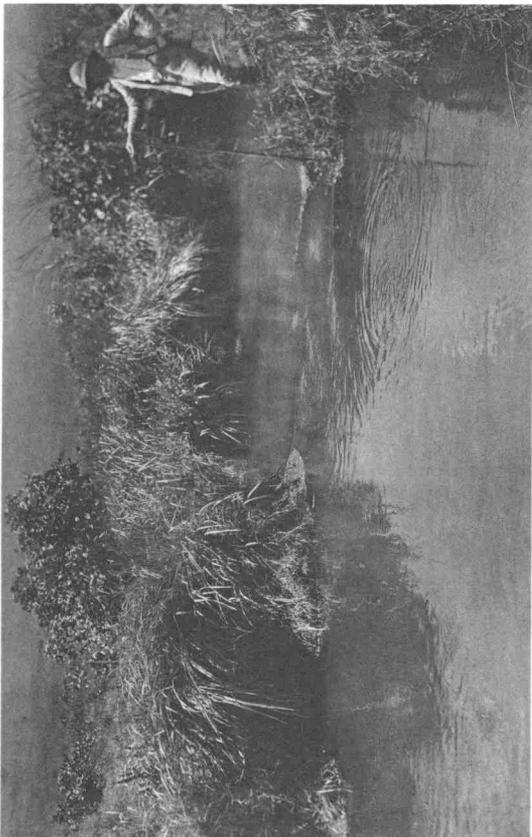




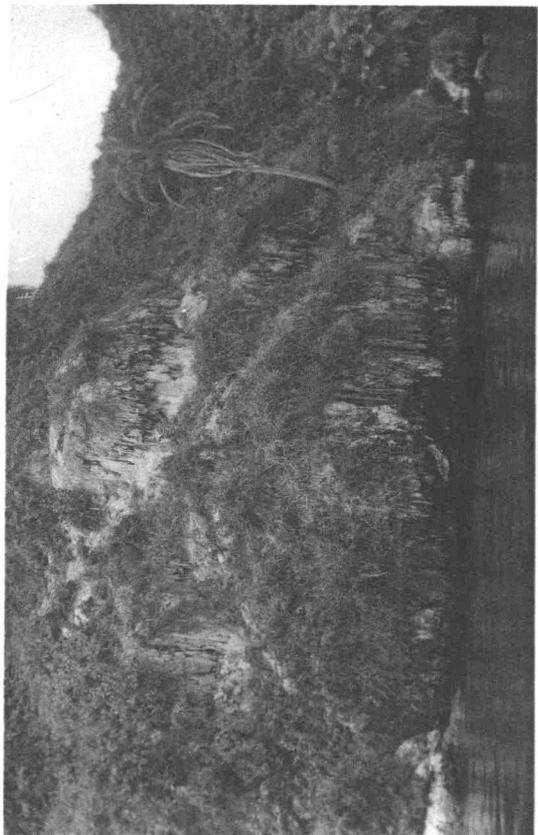
6 - Les eaux chaudes de Kakondo (500-550 C.) se déversant en cascade dans le lac Kivu.
Près de l'eau, parmi les herbes, pullulent les Gastéropodes.
(Photo Scaetta)



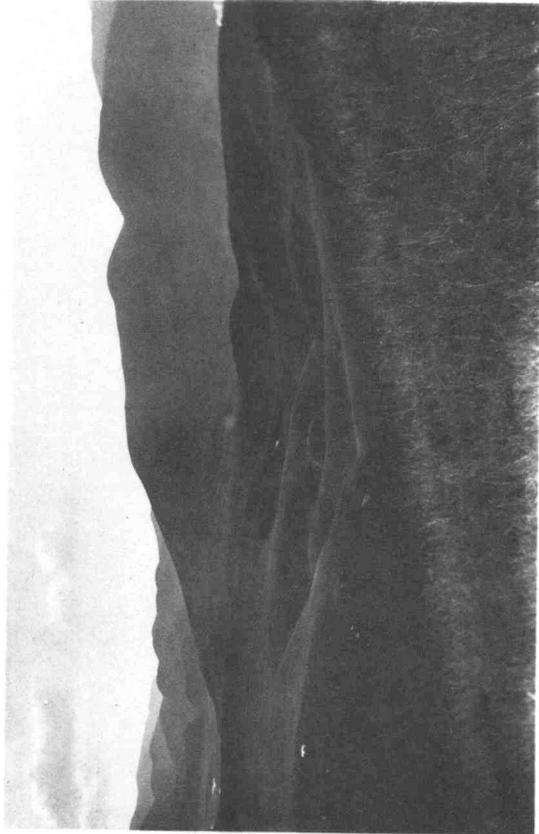
8 - Tufs volcaniques de Ngoma (rive nord du Kivu).
(Photo Scaetta)



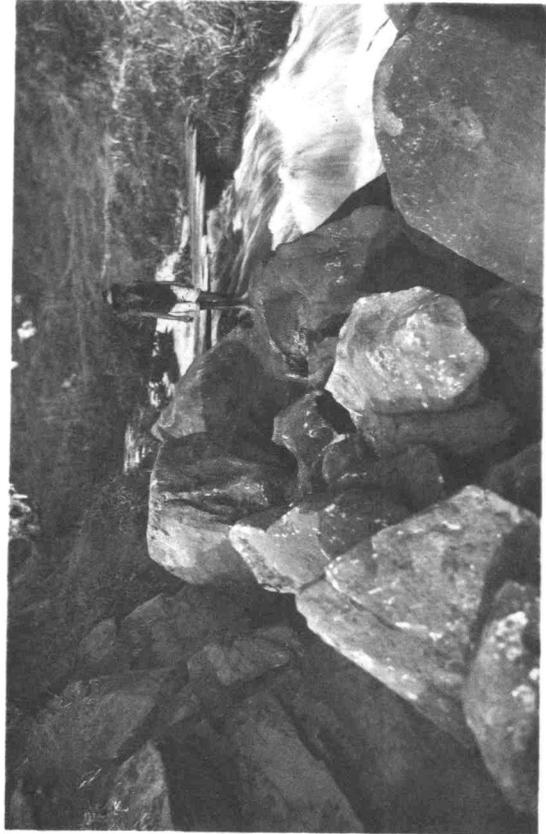
5 - Les eaux chaudes « Mahio » à SSW du bassin du Kivu, au fond desquelles s'est déposé le sol no 376 (morlette d'acide carbonique chauffant l'eau à 600-650 C.).
(Photo Scaetta)



7 - Amas travertineux avec stalactites nombreuses, construits par les eaux chaudes de Kakondo (rive ouest du Kivu).
(Photo Scaetta)



(Photo Scaetta)
 10 - « Recouplement en méandres d'une terrasse de la région de Nya-Kaziba (sud du Kivu) par une petite rivière se dirigeant vers le lac Tanganyika, à la suite d'un phénomène de capture »



(Photo Scaetta)
 12 - Marmittes torrentielles dans des roches gneissiques du lit actuel de la rivière Sebea (à l'Est de Kissenye).



(Photo Scaetta)

9 - Détail des tufs volcaniques de Ngoma. Les niches que l'on voit dans la partie inférieure sont provoquées par les chèvres qui lèchent les efflorescences de chlorures de sodium.



(Photo Scaetta)

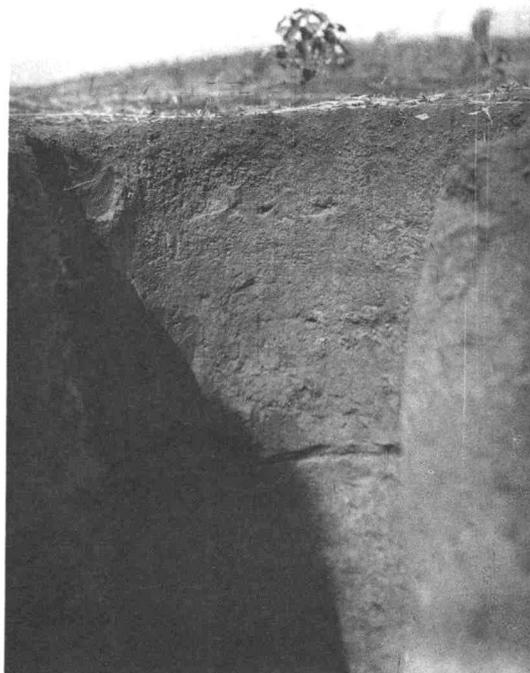
11 - Profil avec couches fossilifères de l'ancien delta de la Sebea à 100 m. au dessus du niveau actuel du lac Kivu (terrasse III) le long de la piste routière Kissenye-Nyundo.





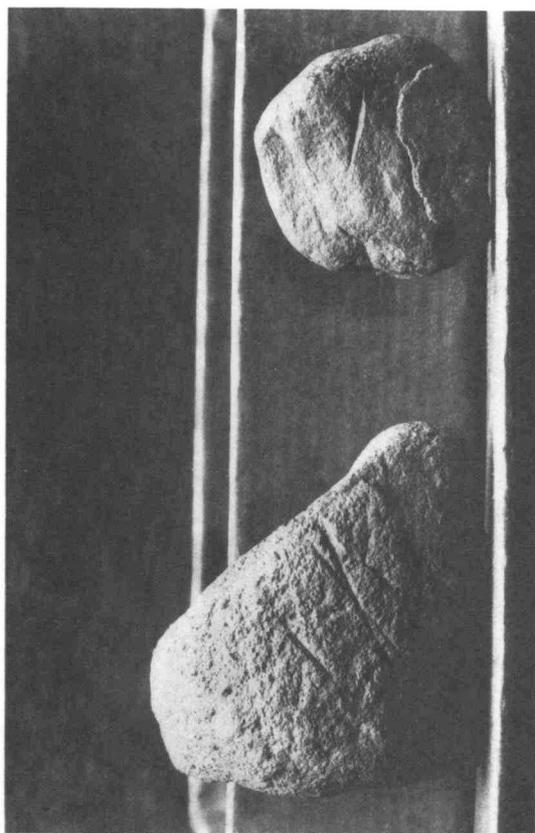
(Photo Scaetta)

14 - Crevasses dans l'allite siallitique rouge-brune de Mulungu pendant la saison sèche. Les crevasses atteignent parfois deux-trois mètres de profondeur.



(Photo Scaetta)

15 - Sol siallitique de Kakondo rajeuni par apport de cendres volcaniques. L'incision horizontale pratiquée dans le sol est à la profondeur d'un mètre. Le caféier a l'âge de 6 mois.



(Photo Scaetta)

13 - Cailloux roulés à stries glaciaires dans les alluvions quaternaires de Nyekisemolo.



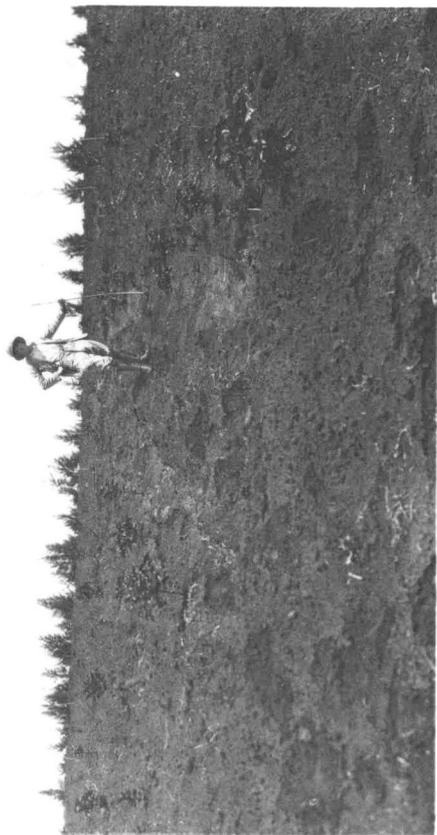
(Photo Scaetta)

16 - Le sol de Rutaha. - (couloir de foehn). - La stérilité de cette situation est démontrée par la taille atteinte par les caféiers après trois ans de plantation (comparer la hauteur d'une plante à côté du personnage).

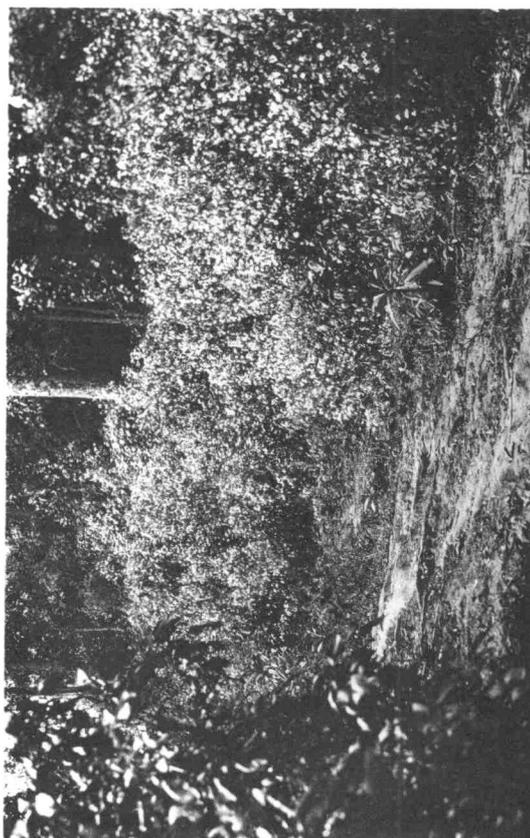




(Photo Scaetta)
 18 - Cultures indigènes de *Colocasia antiquorum* L. sur siallite allitique de Dalinghi, enrichie par apports volcaniques basiques (voir également profil de « Mohanga »).



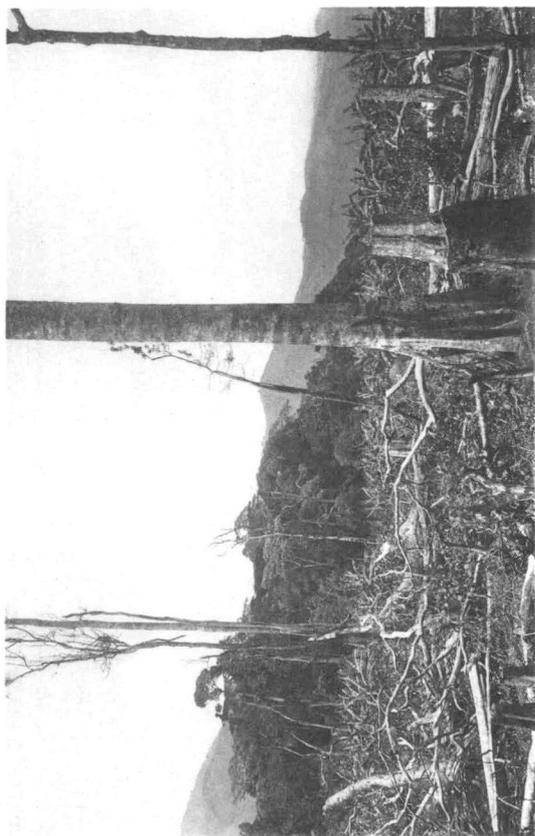
(Photo Scaetta)
 17 - Le sol de Rutaha. - N'étant pas protégé par une systémation opportune du terrain, ce sol est très rapidement décapé par l'érosion des eaux de ruissellement. (voir analyse minéralogique du profil, chap. IV).



20 - Floraison d'Acanthacées de sous-bois dans la forêt mésophile de la dorsale congolaise.



19 - Intérieur de la forêt mésophile de la dorsale congolaise (entre Fendula et Tshibinda).



21 - Abatage de la forêt à l'ouest du massif Kahuzi. Plantation indigène de bananiers entre les arbres abattus et conservés en place.

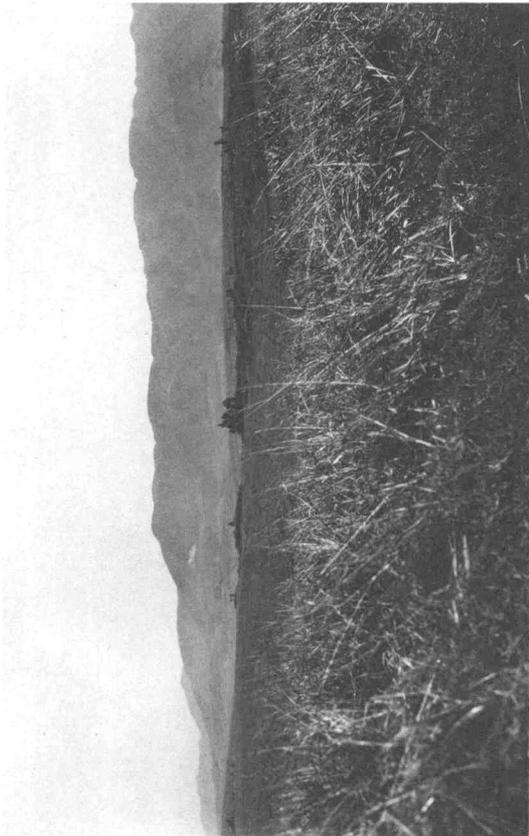


22 - Premiers effets de l'érosion par le ruissellement, - Sentier dans la forêt mésophile de l'île Idjwi (Kivu).



23 - Type de végétation secondaire dégradée en cours de transformation en prairie. Les Graminées nouvelles arrivées et le *Pteridium* succédé à la forêt secondaire détruite se contentent le sol. - Le personnage à la limite droite de la photo indique la hauteur de l'herbage, (entre Tshibinda et Kabare).

24 - Les flammes gravissent les pentes de la montagne sous la poussée du vent d'Est. (dorsale congolaise, zone de Ngweshe - juin 1930). (Photo Scatella)



(Photo Scaella)
 25 - Les flammes ont passé sur cette prairie progressant sous le vent. Les herbes ont brûlé incomplètement et les chaumes desséchés se couchent sur le sol - (zone de Ngweshie, juin 1930).



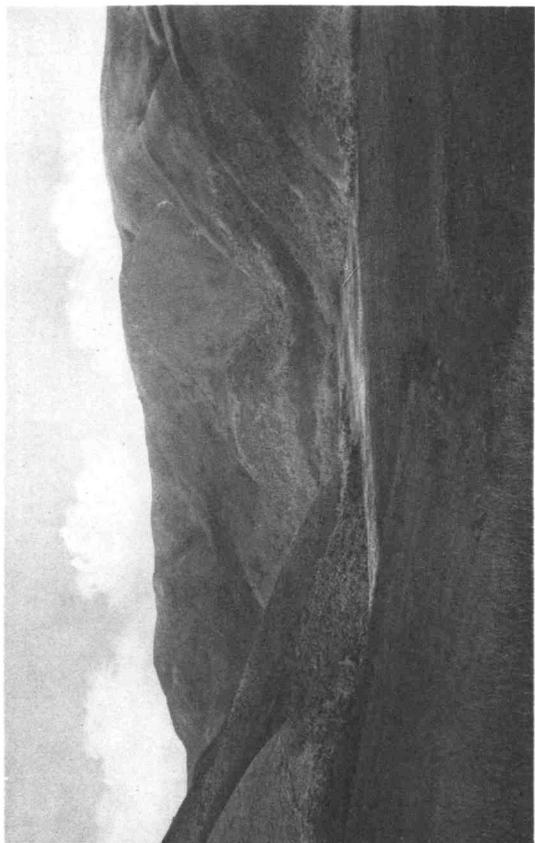
(Photo Scaella)
 26 - Croupes jadis forestières de la dorsale congolaise dénudées par l'incendie périodique. - Les pentes commencent à être ravinées par le ruissellement tandis que des lambeaux de l'ancienne forêt parviennent à se maintenir dans le fond de vallons étroits.



(Photo Scaella)
 27 - Etat d'une pente sur laquelle l'incendie (allumé deux, trois fois au cours de l'année) vient de passer (zone de Kassebeye, fin juin 1930). Les effets du ravinement par les eaux sauvages commencent à être visibles.

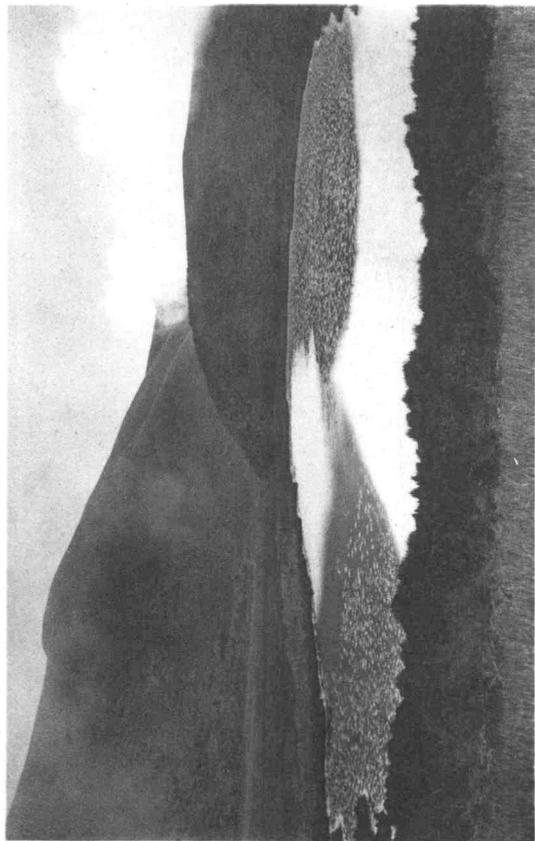


(Photo Scaella)
 28 - Sommet aride de la zone de Kassebeye (SW du Kivu). - L'incendie ne laisse plus subsister qu'une brousse lâche d'*Agauria salicifolia*, et de *Trichopterix elegans*, ce dernier en touffes espacées. Parmi le cailloutis de quartz vit une orchidée terrestre xérophile.

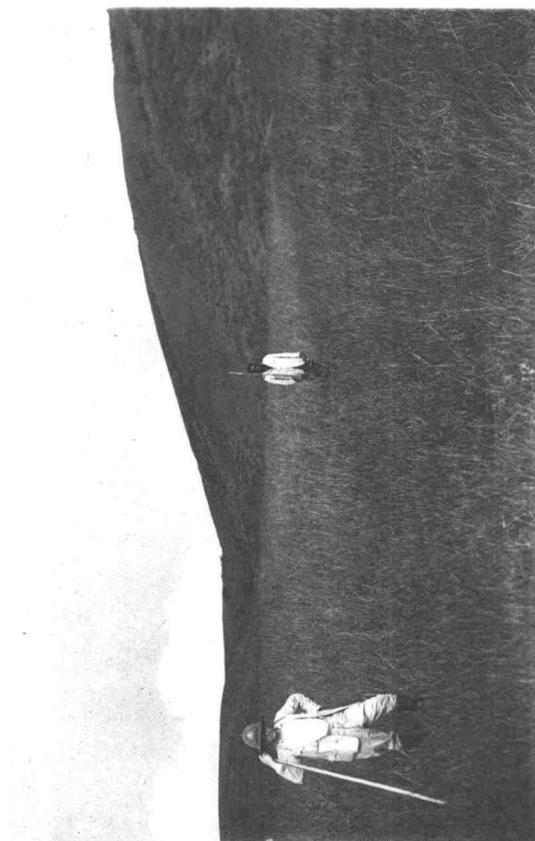


29 - La forêt de bambous a totalement disparue du versant oriental du massif Muhende. - On en retrouve quelques lambeaux à proximité du petit lac Kano (2,400 mètres d'alt.) où l'humidité du sol la protège d'une destruction totale.

30 - Le petit lac Kano sur la chaîne Muhende à 2,400 mètres d'altitude. Des nuages ténus, poussés par l'alizé de S.-E. gravissent le versant oriental.



31 - L'association à *Exotheca Abyssinica* Anderss. au sud du lac Kano s'étendant en direction du sommet Muhende (de 2,300 à 2,800 mètres d'alt.). La trace qu'on voit à l'arrière plan de la photo a été faite par le passage de la caravane des porteurs.



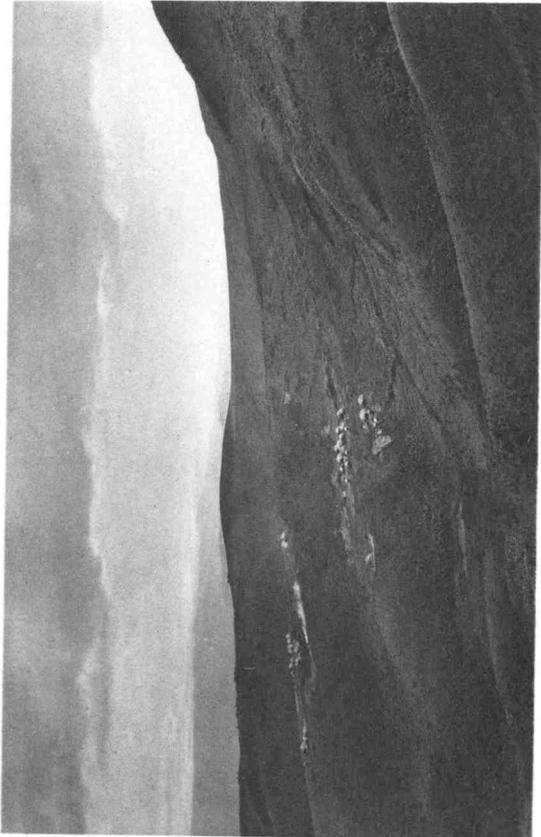
32 - Prairies biotiques autour du lac Kano (massif Muhende) - Deux associations diverses se rencontrent sur une ligne frontière bien visible, indiquée par l'alignement des deux personnages. La prairie n'est pas ou presque pas pâturée. - (2,400 mètres d'alt)



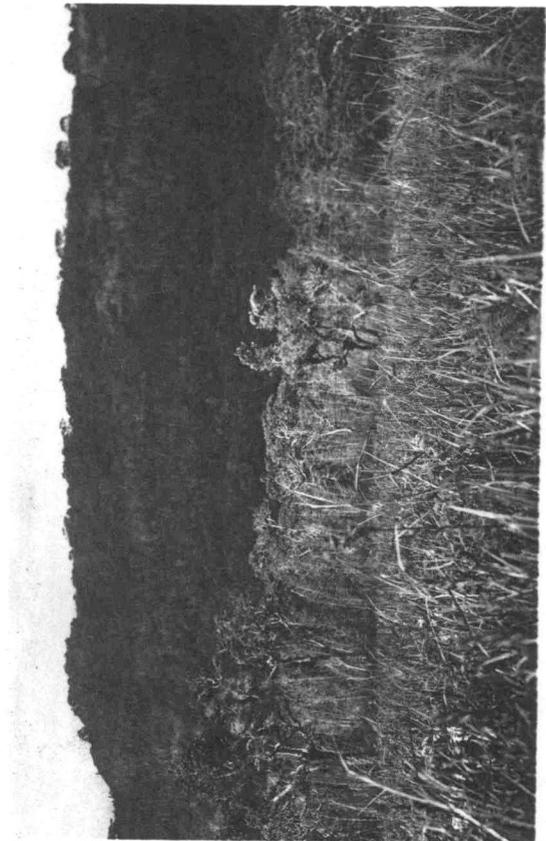
34 - Ilôt prairial à *Trifolium Rappelianum* Fres et à *Plantago cf. palmata* dans la prairie à *Pennisetum purpureum* de la région des monts Dalinghi (Mokoto). Le piétinement des éléphants et leurs déjections ont amené l'établissement de la pelouse à *Trifolium* que l'on voit en pleine floraison. (Photo Scaelta)



36 - Une des pelouses primitives du versant méridional du Karisimbi (étage à *Hagenia Abyssinica* et *Hypericum lanceolatum* à 3,500 m. d'alt.) Le personnage à droite indique la hauteur de l'herbage. (Photo Scaelta)

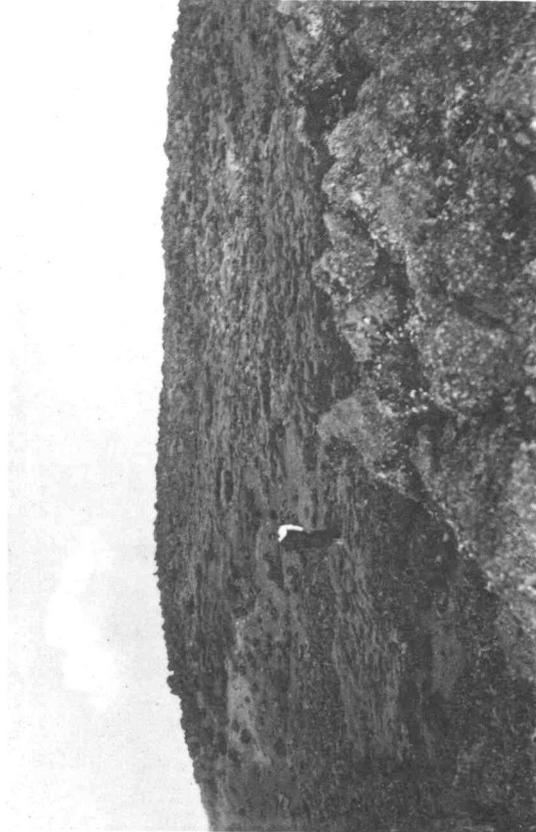


33 - Aspect des montagnes dénudées au sud du Kivu dans la région de Kabare. (Photo Scaelta)



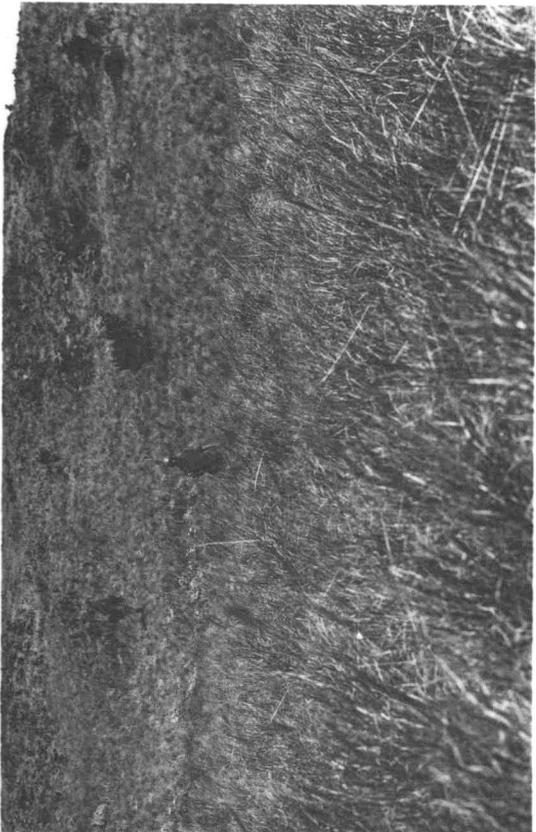
35 - Contact entre la prairie botanique et la forêt primitive sur le versant ouest du massif Kahuzi. Quelques exemplaires d'*Hagenia Abyssinica* occupent la lisière de la forêt dense. (2400 m. d'altitude). (Photo Scaelta)





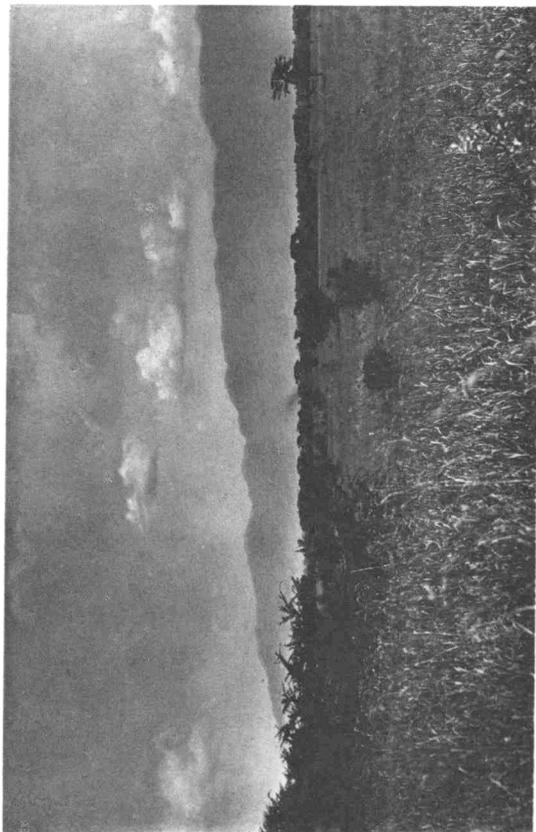
38 - Petits îlots de prairie à *Poa* cf. *pumila*, *Agrostis producta*, *A. Mildbraedii*, etc., sur le versant sud du Muhavura, à proximité du sommet (environ 4.000 m. d'altitude). Le personnage (un Batiziti) indique une de ces pelouses, entourée de massifs d'*Alchemilla geranioides*. Les gros blocs de lave que l'on voit à l'avant plan sont couverts de lichens saxicoles.

(Photo Scaetla)



37 - Prairie biotique du versant oriental du Muhavura à 3.200 m. d'altitude où les flammes parviennent encore de temps en temps. Association à *Agrostis producta*, *Andropogon amethystinus*, d'*Anthoxanthum nivale*, etc. A l'arrière plan, *Helichrysum heliothamnum* Moeser en floraison. Le personnage indique la hauteur du gazon.

(Photo Scaetla)



40 - Aspect de la savane au S.-E. du lac Edouard (alluvions de la Molindi), à *Acacia verugera* Schwf (?), à *Sporobolus festivus* et *Hyparrhenia filipendula* var. *pilosa*. Au fond, la chaîne des monts Kasnati (voir relevés phytosociologiques, p. 285).

(Photo Scaetla)



39 - Hot à *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. var. *Thumbbergii* Hack sur une ancienne jachère de l'île Idjwi. Le personnage indique la hauteur de l'herbage.

(Photo Scaetla)



Tome III.

1. LEBRUN, J., *Les espèces congolaises du genre Ficus L.* (79 pages, 4 figures, 1934). 12 »
2. SCHWETZ, le Dr J., *Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental* (45 pages, 1 carte, 1934). 8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GRÉGOIRE et OROLOVITCH, *A propos de médicaments indigènes congolais* (127 pages, 1935). 17 »
4. DELEVOY, G. et ROBERT, M., *Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie* (104 pages, 2 cartes, 1935). 16 »
5. LEPLAE, E., *Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle* (248 pages, 12 planches, 1936). 40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmées* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935). 5 »
2. JULIEN, le Dr P., *Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeeën en der omwonende Negerstammen* (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935). 6 »
3. VLASSOV, S., *Espèces alimentaires du genre Artocarpus. — 1. L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier* (80 pages, 10 planches, 1936). 18 »
4. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de formes du genre Urugoga L. (Rubiacees). — Afrique occidentale et centrale* (188 pages, 1936). 27 »
5. DE WILDEMAN, E., *Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)* (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936). 35 »

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., *Sur la distribution des saponines dans le règne végétal* (94 pages, 1936). fr. 16 »
2. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., *Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori* (31 pages, 5 planches, 1936). 10 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., *La force motrice pour les petites entreprises coloniales* (188 p., 1935). 19 »
2. HELLINCKX, L., *Études sur le Copal-Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935). 11 »

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 p., 6 pl., 1931). fr. 20 »
2. VANDERYST, le R. P. H., *Les roches oolithiques du système schisto-calcaireux dans le Congo occidental* (70 pages, 10 figures, 1932). 20 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)* (154 pages, 1932). 32 »
4. SCAËTTA, H., *Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène* (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932). 26 »
5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., *Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge* (27 p., 2 cartes, 1932). 10 »
6. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Panicum L.* (80 pages, 5 planches, 1932). 25 »
7. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai* (82 pages, 12 figures, 1933). 25 »

Tome II.

1. THOREAU, J. et DU TRIEU DE TERDONCK, R., *Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)* (70 pages, 17 planches, 1933). fr. 50 »
2. SCAËTTA, H., *Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire* (108 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933). 60 »

3. VANDERYST, le R. P. H., *L'élevage extensif du gros bétail par les Bampombos et Baholos du Congo portugais* (50 pages, 5 figures, 1933) 14 »
4. POLINARD, E., *Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville* (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934). 40 »

Tome III.

- SCAËTTA, H., *Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil* (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934) 100 »

Tome IV.

1. POLINARD, E., *La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimaie et de la Lubu vers le 6° parallèle Sud* (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartes, 1935) 25 »
2. POLINARD, E., *Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo* (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935). 15 »
3. POLINARD, E., *Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Oubangui-Chari)* (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935) 60 »

Tome V.

1. ROBYNS, W., *Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge* (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936). 50 »
2. SCAËTTA, H., *La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation* (351 pages, 10 planches, 1937) 115 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, fig., 1930) fr. 25 »
2. ANTHOINE, R., *Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto* (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933) 50 »
3. MAURY, J., *Triangulation du Congo oriental* (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934). 50 »

Tome II.

1. ANTHOINE, R., *L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi* (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936) 10 »
2. MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire* (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936). 45 »

Sous presse.

- STRUYF, le R. P. I., *Les Bakongo dans leurs légendes...* (in-8°).
- GYSIN, M., *Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional* (in-4°).
- HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundo* (in-8°).
- HISSETTE, le Dr J., *Onchocercose oculaire* (in-8°).
- DUREN, le Dr A., *Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge* (in-8°).
- DE WILDEMAN, E., *A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)* (in-8°).
- BURGEON, L., *Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori* (in-8°).

M. HAYEZ, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112, Bruxelles.

Made in Belgium.