PARC NATIONAL ALBERT. — DEUXIÈME SÉRIE
MISSION HENRI H. MOLLARET
Fascicule 11 (6)

ÉTUDE MICROBIOLOGIQUE SUR LES LAVES DU KIVU

PAR

ANDRÉE ROCHE, JACQUES POCHON, HUGUETTE DE BARJAC
et BERNADETTE PINOIR

L'intérêt scientifique de la région du Kivu n'est plus à démontrer (A. MEYER, 1955). Les sols ont fait l'objet de très nombreuses études tant géologiques que pédologiques (J. L. BURNOTTE, 1952-1953). Par contre, leur biologie et surtout leur microbiologie restent encore très mal connues.

Quelles sont les principales caractéristiques microbiologiques des coulées volcaniques ? Possèdent-elles les mêmes fonctions que celles de sols normaux et à quel degré ? Comment l'âge intervient-il dans l'évolution microbienne de ces fonctions ?

C'est à ces questions que nous avons essayé de répondre en procédant à l'analyse microbiologique de diverses coulées de laves dans la région du Kivu. Ces diverses coulées sont représentées sur la carte annexée et peuvent être classées en trois groupes d'après leur situation topographique. Le premier groupe appartient à la région de Goma-Sake, le second à celle du Nyamuragira, le troisième à celle du Mihaga (1).

Nous exposerons successivement les résultats d'analyse de ces trois groupes. Les techniques sont celles décrites dans le *Manuel technique d'analyses de microbiologie du sol* (J. POCHON, 1954).

(1) A l'occasion de la Mission de 1958, M. R. LEONARD, botaniste à l'I.N.É.A.C., a entrepris des observations sur la colonisation des laves par la macroflore. Ses identifications et conclusions sont reproduites à la suite de la présente note.

I. — GROUPE DE GOMA-SAKE.

La région de Goma-Sake (1.460 m) est représentée par onze échantillons se répartissant ainsi entre des témoins et des coulées d'âge divers :

Trois témoins dont deux couverts par la forêt primaire (100 T et 104 T) (voir graphique), le troisième portant des cultures de bananiers et traité par feux de brousse (102 T).

Deux coulées plus récentes, l'une datant de 1948 (scories), représentée par les échantillons 101 (trois prélèvements différents selon la végétation) et 107 (deux prélèvements distincts en fonction de la végétation); l'autre datant de 1938 (dalles) indexée 103.

Deux coulées plus anciennes, l'une de 1904 numérotée 105, l'autre de 1912 (dalles et scories) numérotée 106.

Activité des trois témoins.

— Flore totale : 35.000 à 80.000 germes/g sol.
— Fixateurs d'azote : présents, la plupart du temps aérobies et anaérobies mais en assez petit nombre.
— Ammonifiants : actifs jusqu'à la dilution 10^{-4}.
— Nitrifiants : présents deux fois sur trois, en faible quantité (dilution limite 10^{-2}).
— Dénitrifiants : actifs jusqu'à la dilution 10^{-3} ou 10^{-4}.
— Cellulolytiques : généralement présents en nombre assez grand, surtout en ce qui concerne les aérobies.
— Amylolytiques : actifs jusqu'à la dilution 10^{-3} ou 10^{-4}.
— Germes du cycle du soufre (minéral et organique) : absents.

En conclusion. — Tous ces témoins manifestent une activité microbiologique moyenne. Les principaux groupes physiologiques sont représentés (sauf pour le cycle de S), mais leur action n'est pas très forte.

Activité des coulées récentes 1948-1938.

— Flore totale : 80.000 à 35.000.000 germes/g sol pour les échantillons de 1948 portant différentes végétations;
200.000.000 germes/g sol pour l'échantillon de 1938.
— Fixateurs d'azote : aérobies : présents en petit nombre une fois sur cinq dans les laves de 1948; présents en beaucoup plus grand nombre dans la coulée 1938;
anaérobies : présents en assez petit nombre trois fois sur cinq dans les laves de 1948; présents en beaucoup plus grand nombre dans la coulée de 1938.

— Ammonifiants : présents trois fois sur cinq et actifs jusqu'à la dilution 10^{-4}-10^{-5} dans les laves de 1948; actifs jusqu'à la dilution 10^{-6} dans la coulée 1938.

— Nitrifiants : rares et assez peu actifs dans les coulées de 1948; on les trouve une fois sur cinq et la dilution limite est 10^{-2}; présents dans la coulée de 1938 et actifs jusqu'à la dilution 10^{-2}.

— Dénitrifiants : présents quatre fois sur cinq et actifs jusqu'à la dilution 10^{-3} ou 10^{-4} pour les échantillons de 1948; actifs jusqu'à 10^{-5} pour la coulée de 1938.

— Cellulolytiques : aérobies : assez nombreux dans les prélèvements de 1948; nombreux dans celui de 1938;
anaérobies : présents trois fois sur cinq et assez nombreux dans les coulées de 1948; très nombreux pour la coulée de 1938.

— Amylolytiques : actifs jusqu'à la dilution 10^{-3} ou 10^{-5} pour les laves de 1948; actifs jusqu'à la dilution 10^{-5} pour la coulée de 1938.

— Germes du cycle du soufre (minéral et organique) : absents.

En conclusion. — L'activité de ces échantillons apparaît dans l'ensemble voisine de celle des témoins. Ceci est surtout valable pour les coulées de 1948. Dans la coulée de 1938 s'amorce déjà une activité supérieure; en effet, dans cette coulée le nombre de germes est plus élevé et les limites d'activité plus poussées.

Activité des coulées anciennes 1912-1904.

— Flore totale : 50.000.000 à 175.000.000 germes/g sol.

— Fixateurs d'azote : aérobies : présents en assez grand nombre;
anaérobies : présents seulement dans la coulée de 1904 et, là, en grand nombre.

— Ammonifiants : actifs jusqu'à la dilution 10^{-6}.

— Nitrifiants : absents.

— Dénitrifiants : actifs jusqu'à la dilution 10^{-2} pour la coulée de 1912 et jusqu'à la dilution 10^{-6} pour la coulée de 1904.

— Cellulolytiques : aérobies : très nombreux et très actifs partout;
anaérobies : très nombreux, surtout dans la coulée de 1904.

— Amylolytiques : actifs jusqu'à la dilution 10^{-5}.

— Germes du cycle du soufre : sulfato-réducteurs : présents jusqu'à la dilution 10^{-1} pour la coulée de 1912 et 10^{-3} pour celle de 1904;
bactéries dégradant la méthionine présentes seulement dans la coulée de 1904 (dilution limite 10^{-3}).

En conclusion. — L'activité microbiologique de ces deux échantillons est, dans l'ensemble, forte. Elle surpasse celle de tous les autres prélèvements étudiés. La coulée de 1904 montre le maximum d'action.

Activité générale des coulées et des témoins de Goma-Sake.

Quatre coulées d'âge différent sont ici étudiées par rapport à deux types de témoin, l'un à végétation naturelle, l'autre à végétation artificielle. Il en ressort que l'activité microbiologique des coulées plus récentes, 1948 et 1938, est de l'ordre de celle des témoins (sans que l'on puisse distinguer de différence valable entre les deux types de témoins). Comparativement à la coulée de 1948, celle de 1938 amorce un regain d'activité. L'influence de l'âge des coulées sur leurs caractéristiques microbiologiques est confirmée par les propriétés des éruptions de 1912 et 1904. Il y a donc une nette progression de l'activité biologique avec l'âge. Ceci est en parfait accord avec toutes les observations d'ordre botanique sur la recolonisation des laves.

II. — GROUPE DU NYAMURAGIRA.

Le matériel d'étude des éruptions du Nyamuragira (3.000 m) comporte huit échantillons ainsi répartis :

— Un échantillon de solfatare, prélevé dans le cratère du volcan (indexé 108), avec, comme témoin comparatif, un échantillon prélevé à côté du solfatare, couvert de mousses ou d'algues et d'activité volcanique datant de 1957 (indexé 109 T).

— Trois échantillons (distincts par leur végétation) représentant la coulée de 1956 (laves cendrées), et sis dans le cratère du Nyamuragira (indexé 110), avec, comme témoin comparatif, un échantillon pris à un endroit voisin, couvert de mousses et caractérisé par un début de formation d'humus (indexé 111 T). Sont joints deux autres échantillons (à végétation différente) représentatifs de l'éruption de 1956, mais sis dans le cratère adventice du Shabubembe, 2.300 m (indexés 112).

Activité du solfatare et de son témoin.

— Flore totale : 3.500 germes/g sol pour le solfatare;
3.500.000 germes/g sol pour le témoin.

— Fixateurs d'azote : aérobies : partout absents;
anaérobies : présents en petit nombre seulement dans le témoin.

— Ammonifiants : présents seulement dans le témoin jusqu'à la dilution 10^{-4}.

— Nitrifiants : partout absents.

— Dénitrifiants : présents seulement dans le témoin jusqu'à la dilution 10^{-3}.

— Cellulolytiques : aérobies et anaérobies : présents seulement dans le témoin.
— Amylolytiques : présents seulement dans le témoin jusqu'à la dilution 10^{-2}.
— Sulfato-réducteurs et bactéries du soufre organique : partout absents.

En conclusion. — On voit que le solfatare, comme il fallait s'y attendre, se montre absolument dépourvu de toute activité microbiologique normale. Aucune des fonctions typiques du sol n'y est représentée. Le soufre inhibe le développement de tout germe (mis à part les *Thiobacillus*). Au contraire, son témoin possède les principaux représentants des activités biochimiques du sol, à l'exception des nitrifiants, des *Azotobacter*, des sulfato-réducteurs et des germes métabolisant le soufre organique. Toutefois ces représentants ne sont présents qu'à des taux relativement restreints et leur action est très limitée. Ces faiblesses doivent être imputées à l'âge très récent des dernières éruptions volcaniques (1957).

Activité des coulées de 1956 et de leur témoin.

— Flore totale : 70.000 à 500.000.000 germes/g sol.
— Fixateurs d'azote : aérobies : partout absents;
anaérobies : présents quatre fois sur six, à des taux généralement bas.
— Ammonifiants : présents partout, mais d'activité très variable suivant l'échantillon (dilution limite 10^{-2} à 10^{-8}).
— Nitrifiants : présents une fois sur six (dilution limite 10^{-1}).
— Dénitrifiants : présents trois fois sur cinq (dilution limite variant de 10^{-2} à 10^{-6}).
— Cellulolytiques : aérobies rarement présents, deux fois sur six, et en très faible quantité;
anaérobies : présents quatre fois sur six, en quantité souvent assez grande.
— Amylolytiques : présents partout, avec une activité variable suivant l'échantillon limite 10^{-1} à 10^{-4}).
— Germes du cycle du soufre (minéral et organique) : partout absents.

En conclusion. — L'activité des coulées datant de 1956, aussi bien que celle du témoin voisin, apparaît, dans l'ensemble, faible et déséquilibrée. Beaucoup de fonctions sont souvent, soit absentes, soit très mal assurées. Tandis que, à l'opposé, une ou deux sont anormalement développées.

Activité générale des éruptions et témoins du Nyamuragira.

L'ensemble des activités physiologiques de tous les prélèvements effectués dans les cratères du Nyamuragira et du Shabubembe montre une nette

déficience et un net déséquilibre. Le solfatare est presque stérile. Quant aux coulées de 1956 et aux endroits témoins voisins, les germes y sont souvent mal répartis, d'action faible et hétérogène. Ce sont les coulées examinées les plus récentes, mais aussi les moins normales du point de vue microbiologique.

III. — GROUPE DE MIHAGA.

Les éruptions volcaniques de la région de Mihaga sont représentées par trois échantillons prélevés dans la coulée de 1954, portant actuellement une végétation naturelle (indexés 113, 114 et 115). Ces prélèvements sont étudiés simultanément à deux témoins, sis entre les laves et couverts par la forêt primaire (répertoriés 118 T et 119 T).

Activité de la coulée 1954 et de ses témoins.

— Flore totale : 70.000.000 à 13.000.000.000 germes/g sol.
— Fixateurs d'azote : aérobies : présents trois fois sur cinq, à des taux assez faibles;
anaérobies : partout présents, à des taux en général élevés.
— Ammonifiants : partout présents (dilution limite de 10^{-5} à 10^{-8}).
— Nitrifiants : partout absents.
— Dénitrifiants : partout présents (dilution limite de 10^{-4} à 10^{-7}).
— Amylolytiques : partout présents (dilution limite de 10^{-2} à 10^{-6}).

En conclusion. — L'activité de tous ces prélèvements est comparable. Les groupes physiologiques recherchés ne permettent pas de discrimination certaine. L'ensemble des activités évaluées apparaît du même ordre de grandeur que celui des activités des coulées 1948 et témoins de Goma-Sake.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

L'étude microbiologique de laves d'âge et de site divers permet de les classer ainsi (dans les régions étudiées) :

— laves datant de deux ans : activité microbiologique faible et déséquilibrée;
— laves datant de 4 à 10 ans : activité microbiologique moyenne;
— laves datant de 20 ans : activité microbiologique en extension;
— laves datant de plus de 40 ans (46 à 54 ans) : activité microbiologique forte.

Ce classement n'est indiqué qu'à titre de schéma d'ensemble, les différences de détails s'avérant fort grandes suivant les conditions du milieu ambiant (nature des laves, lieu topographique, végétation colonisatrice, etc.).

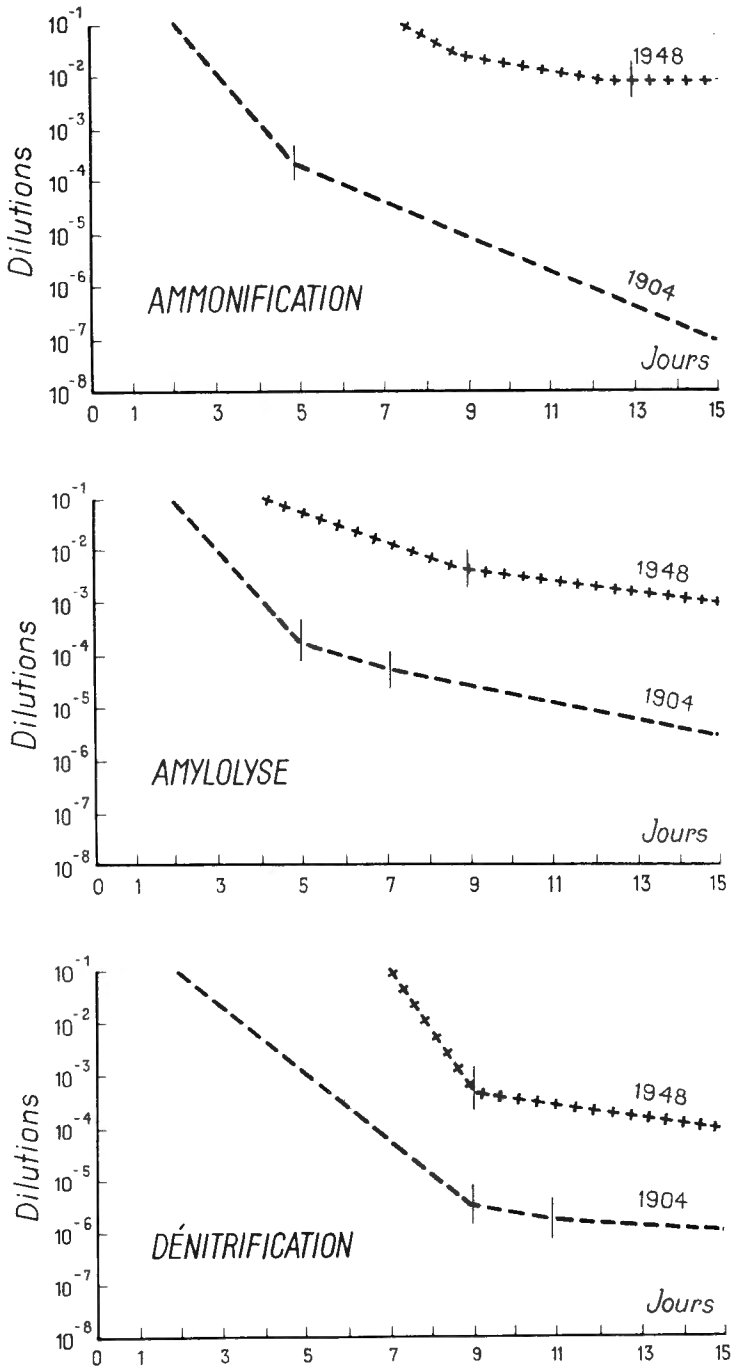
Signalons enfin que, si la plupart des groupes physiologiques inhérents aux sols normaux apparaissent déjà dans des laves datant de 4 à 10 ans, tous les groupes ne semblent pas avoir la même aptitude pour coloniser les coulées volcaniques. En particulier les *Azotobacter*, les nitrifiants, les sulfato-réducteurs et les germes du soufre organique y sont rarement représentés. Quand ils le sont, leur nombre et leur activité sont, le plus souvent, faibles. Il peut être intéressant de faire remarquer que ce sont des germes telluriques à activité très spécifique; au contraire ceux à activité polyvalente (ammonifiants, dénitrifiants ...) s'implantent beaucoup plus rapidement dans les sols neufs. On peut remarquer également que les *Clostridium* fixateurs sont plus précoces et plus ubiquistes que les *Azotobacter*, ce qui tend à faire admettre, comme cela a été souvent soutenu, leur plus grande importance écologique dans le phénomène de la fixation de l'azote moléculaire.

INSTITUT PASTEUR,
SERVICE DE MICROBIOLOGIE DU SOL (Paris).

ANNEXE.

Exemple d'analyse (région de Goma-Sake; coulées de 1904 et de 1948 — échantillons indexés 105 et 107).

	1904	1948
Microflore totale	50.000.000/g	80.000/g
Fixateurs :		
Azotobacter	70/g	—
Clostridium	3.000/g	—
Ammonifiants	Voir courbe	
Nitrificateurs.	—	—
Dénitrificateurs	Voir courbe	
Cellulolytiques :		
Aérobies	300.000/g	5.000/g
Anaérobies.	40.000/g	—
Amylolytiques	Voir courbe	
Réducteurs de sulfates	Jusqu'à 10^{-3}	—


Dilutions
AMMONIFICATION
1948
1904
Jours
AMYLOLYSE
DÉNITRIFICATION

LES CHAMPS DE LAVE AU NORD DU LAC KIVU ET LE GROUPE OCCIDENTAL DES VOLCANS VIRUNGA

"Basse-plaine"

"Haute-plaine"

Echelle 1/100.000e

BIBLIOGRAPHIE.

BURNOTTE, G. L., 1952, Le sol des cendrées volcaniques (*Comité Nat. du Kivu*, nouv. sér., n° 3, Bruxelles).

LÉONARD, A., 1959, Contribution à la colonisation des laves du volcan Nyamuragira par les végétaux (*Vegetatio, Acta Geobotanica*, vol. VIII, fasc. 4, pp. 249-258).

MEYER, A., 1955, Mission études vulcanologiques (*Expl. Parc Nat. Albert*, fasc. 1, Inst. Parcs Nat. Congo Belge, Bruxelles).

Sorti de presse le 31 mai 1961.