

Importance et rôles de la microfaune du sol

par

M. MALDAGUE

Ingénieur agronome Lv.
Assistant à la Division d'Agrologie de l'INÉAC

L'auteur détaille les caractéristiques de l'horizon organique du sol forestier en tant que milieu dans lequel s'exerce l'activité de nombreux groupes d'organismes animaux. Il décrit les formes complexes que revêt cette activité et montre son importance dans le maintien de la fertilité des sols, particulièrement des sols tropicaux.

SOMMAIRE

I. Introduction	6
II. Caractéristiques biotiques et abiotiques du milieu endogé	7
1. Généralités	7
2. Caractéristiques abiotiques du biotope endogé	7
Adaptations	8
3. Caractéristiques biotiques du biotope endogé	8
Composition de la faune	9
A. Protozoaires	10
B. Métazoaires	10
1. Plathelminthes	11
2. Némertiens	11
3. Trochelminthes	11
4. Némathelminthes	11
5. Mollusques	12
6. Annélides	12
7. Arthropodes	13
III. Relations et interactions	16
1. Interactions dans le cadre du cycle général de la matière	16
2. Chaînes alimentaires de la communauté endogée	18
A. Source d'énergie primaire	19
B. Organismes décomposant la matière organique	20
C. Microprédateurs primaires	20
D. Microprédateurs secondaires	21
E. Macroprédateurs	21

IV. Synthèse et conclusions	21
1. Généralités	21
2. Rôles de la faune du sol	21
1. Rôle énergétique	21
2. Rôle biochimique	23
3. Rôles microbiologique et catalytique	24
4. Rôles mécanique et physique	25
5. Rôle physico-chimique	26
6. Rôle chimique	26
7. Rôle en tant que source d'énergie primaire	27
3. Évolution de la faune du sol et conséquences	28
4. Conclusions	29
<i>Samenvatting</i>	31
Bibliographie	34

I. Introduction

Les études de zoologie du sol ne cessent de prendre de plus en plus d'importance. La lumière se fait progressivement, mais à un rythme qui ne fait que croître, sur l'intérêt que présentent, en biologie des sols, les organismes animaux considérés longtemps comme ne prenant aucune part aux processus fondamentaux intervenant dans les cycles de la matière, la dégradation des résidus organiques ou la fertilité des sols. Les études descriptives de la faune du sol, les recherches sur son activité, sa distribution, son importance pédologique sont très récentes.

Nous ne voulons comme preuve de ce revirement que le succès remporté tout récemment par le premier colloque du Comité de Zoologie (Commission de Biologie) de l'Association Internationale de la Science du Sol, colloque portant sur les méthodes de recherche en zoologie du sol, tenu à Harpenden (Rothamsted Experimental Station) du 10 au 14 juillet 1958 et auquel participaient une centaine de spécialistes venus de 25 pays différents.

Nous nous proposons d'envisager ici les différents plans sur lesquels s'exercent les activités de la faune du sol et de mettre en évidence l'importance que celles-ci peuvent avoir sur la fertilité du sol. Cet aspect des problèmes de biologie des sols nous semble particulièrement important en ce qui concerne les sols tropicaux et leur conservation. Nous essayerons d'analyser les conditions nécessaires au maintien d'une activité biologique capable de conserver au sol son potentiel de fertilité.

Il est nécessaire, avant de traiter de l'objet même de cette étude, de donner une description des caractéristiques biotiques et abiotiques du milieu endogé et de donner un aperçu de la composition de la faune du sol. Celui-ci sera réduit à l'essentiel.

Cet article s'inspire d'une conférence donnée en août 1957 à une réunion du personnel universitaire, au Centre de Recherches de l'INÉAC à Yangambi.

II. Caractéristiques biotiques et abiotiques du milieu endogé

1. Généralités

Tout milieu exerce sur les organismes qui l'habitent des influences qui peuvent être favorables, indifférentes ou nuisibles. La résistance des organismes aux conditions rencontrées dans le biotope dépendra d'une part des besoins de ces organismes et d'autre part de leur faculté d'adaptation. Plus les conditions deviennent extrêmes, plus la sélection sera poussée et contribuera à l'apparition de formes très caractéristiques. Il s'est produit, au cours des temps, par le mécanisme de l'évolution, divers équilibres entre les milieux et les êtres vivants.

L'équilibre que nous envisageons ici est celui réalisé par les milieux terrestres souterrains et la faune endogée. Le sol constitue, au point de vue biologique, un milieu présentant des conditions très particulières. Comme biotope type de la faune endogée, nous choisissons le sol forestier et plus précisément les horizons superficiels riches en matière organique et où s'effectue la transformation des matériaux organiques en éléments minéraux et en substances complexes intervenant dans la composition de l'humus.

2. Caractéristiques abiotiques du biotope endogé

A l'exception des grottes et cavernes, l'habitat endogé constitue le milieu terrestre le plus particulier. La faune endogée est abritée d'une part par les différentes strates végétales, mais elle est encore protégée par un horizon de matériel organique. Il en résulte les caractéristiques suivantes :

- grande richesse en matières organiques constituant des sources énergétiques abondantes,
- humidité proche de la saturation déterminant des conditions de sténhygrobiose,
- obscurité presque totale,
- agitation de l'air nulle,
- fluctuations de la température et de l'humidité faibles,
- liberté de mouvement limitée.

Les conditions régnant dans le biotope endogé séparent celui-ci des milieux voisins par de véritables barrières.

En dehors de la faune du milieu endogé forestier, il existe, dans les autres biotopes terrestres (plaines, steppes, savanes, jachères, déserts...), une faune endogée appauvrie qui a trouvé des conditions suffisantes pour son développement; il s'agit parfois de microbiotopes, de niches à microclimat favorables; tel est le cas des organismes qui se réfugient sous des pierres, roches, débris divers. Ces organismes sont des rescapés de la faune endogée forestière dont ils dérivent.

Adaptations

Connaissant les conditions dominantes qui règnent dans le biotope endogé, nous pouvons en considérer les répercussions sur la faune. Celle-ci se compose principalement d'invertébrés de taille fort réduite et allie une très grande abondance à une diversité considérable.

Le mode de respiration de beaucoup d'organismes endogés est une conséquence du degré hygrométrique de l'air toujours très élevé. Les animaux endogés ne peuvent vivre que dans une atmosphère saturée d'eau et meurent rapidement lorsqu'on les place dans les conditions de l'extérieur. Cette sténhygrobiose est liée à des modifications de la perméabilité des membranes protectrices. Elle a pour corrélation que l'appareil trachéen se réduit et que la respiration cutanée devient prépondérante; les échanges étant possibles, dans une atmosphère saturée d'eau, à travers des téguments particulièrement perméables. De plus, de nombreux organismes endogés, particulièrement les Aptérygotes, possèdent un tégument très mince, souple, où les parties scléritisées peuvent faire défaut. Cette adaptation est également à mettre en relation avec les conditions d'un milieu spécialement bien tamponné vis-à-vis des fluctuations climatiques et où l'uniformité des conditions d'existence est une caractéristique essentielle.

Parmi les Acariens et les Myriapodes, nous trouvons des organismes parfaitement enveloppés d'un bouclier protecteur leur permettant de se déplacer dans un milieu où les espaces libres sont réduits.

Les organes visuels régressent ou sont absents chez les endogés, le plus souvent aveugles. En revanche, les organes tactiles et olfactifs peuvent être très développés.

Les invertébrés endogés sont principalement des phytophages et des saprophages; une minorité se compose de carnivores, prédateurs de petits Arthropodes. Les saprophages affectionnent la matière végétale en décomposition, feuilles mortes, bois pourri...

On ne rencontre pas dans le milieu endogé de groupements sociaux, aucun des facteurs qui sont à l'origine de l'intégration des individus en société, tels que le manque de nourriture et la compétition, n'exerçant ici une influence.

Dans le biotope souterrain, les matériaux nutritifs sont utilisés de suite; il n'y a pas, comme dans le cas des insectes sociaux, d'emma-
gasinage de provisions; aux divers stades de décomposition agissent des groupes d'organismes spécifiques. Nous trouvons ici les notions de succession des biocénoses et de chaînes de nourriture.

3. Caractéristiques biotiques du biotope endogé

Nous avons considéré ci-dessus les principaux facteurs abiotiques (température, humidité, éclaircissement, agitation de l'air, espace libre) et quelques-unes des adaptations qui en résultent chez les

animaux endogés. Nous envisageons à présent le rôle de la végétation ainsi que la composition de la faune.

Le rôle joué par les végétaux est essentiel et contribue à la formation même des biotopes; ils déterminent, en équilibre avec la faune, de vastes biocénoses. Le sol constitue en effet un substrat pour une immense variété d'organismes vivants appartenant aux métazoaires, aux métaphytes et aux protistes (englobant tous les êtres unicellulaires).

Les végétaux influencent le développement et l'évolution de la faune endogée de diverses manières : ils modifient les facteurs du climat (température, humidité, éclaircissement, vent), ils procurent un abri à la faune et constituent la source d'énergie primaire des zoocénoses endogées.

Sans végétaux, aucune faune ne peut se développer. Rappelons en effet la séparation fondamentale entre animaux et végétaux :

— Le végétal est caractérisé par son pouvoir de synthèse grâce à sa chlorophylle qui utilise l'énergie de la lumière pour élaborer des substances hydrocarbonées, à l'aide de CO_2 et d'eau. Le végétal combine aussi l'azote, pris aux sels minéraux, à des composés organiques pour réaliser ses protéines.

— L'animal, être hétérotrophe, incapable de photosynthèse, fait appel au végétal pour se nourrir, pour édifier sa propre substance. Les êtres vivants autonomes les plus simples, capables à partir de substances simples d'édifier leur protoplasme sont les bactéries autotrophes soit phototrophes soit allotrophes.

Composition de la faune

Nous nous limiterons ici à l'essentiel indispensable à la compréhension de ce qui suit, en conseillant au lecteur désireux de plus amples informations, de prendre connaissance de l'excellent travail, très récent, de L. NEF.

On peut considérer comme appartenant à la faune du sol (KÜHNELT) :

- 1) tous les animaux qui y vivent en permanence;
- 2) ceux qui, n'y vivant pas en permanence, apportent néanmoins une contribution importante à la formation du sol.

N'appartiennent pas à la faune endogée, les animaux qui entrent dans le sol occasionnellement, par exemple lorsque les conditions ambiantes deviennent défavorables (hiver, sécheresse) ou encore les animaux qui passent dans le sol une partie de leur vie correspondant le plus souvent à leur cycle évolutif, mais qui ne s'y trouvent plus à l'état adulte. Ces espèces présentent néanmoins un certain intérêt puisqu'elles peuvent à l'occasion servir d'aliments à des organismes typiquement endogés.

Les animaux du sol se répartissent en 2 phyllums :

- les protozoaires ou animaux unicellulaires;
- les métazoaires ou animaux pluricellulaires.

A. Protozoaires

Les sols hébergent une faune protozoologique abondante et variée. Les Protozoaires requièrent, pour être actifs, de l'eau libre; ils vivent de ce fait dans les interstices et les capillaires remplis d'eau, ainsi que dans les minces films d'eau entourant les particules minérales ou organiques. Il faut considérer les protozoaires du sol comme des formes subaquatiques. Comparativement aux formes aquatiques, les protozoaires vivant dans le sol sont très petits, vu la quantité relativement faible d'eau disponible.

Lorsque les conditions deviennent défavorables (dessiccation, changement de température, etc.), le protozoaire secrète autour de lui une substance formant membrane qui durcit et l'isole à peu près complètement du milieu extérieur : le protozoaire s'est enkysté. Beaucoup de kystes résistent à la dessiccation; leur déhiscence est provoquée par les conditions extérieures : retour dans l'eau, passage dans un milieu à température favorable.

Nous devons considérer, chez les protozoaires, deux catégories en relation avec la nature des aliments : les autotrophes ne font appel qu'à des éléments dissous; ce sont des osmotrophes. Quant aux hétérotrophes, ils recourent soit à l'osmotrophie, soit à la phagotrophie. Les protozoaires libres sont dans leur immense majorité des phagotrophes. Les aliments figurés pris par les formes libres sont des bactéries, des algues, d'autres protozoaires, des débris végétaux.

B. Métazoaires

Les embranchements suivants ont des représentants dans le sol :

- *Plathelminthes* (Turbellariés)
- *Némertiens* (Géonémertes)
- *Trochelminthes* (Rotifères)
- *Némathelminthes* (Nématodes)
- *Mollusques* (Gastéropodes pulmonés)
- *Annélides* (Oligochètes)
- *Arthropodes*.

Ces embranchements sont d'importance fort diverse; les Arthropodes sont de loin les mieux représentés, c'est l'embranchement le plus riche tant par la diversité des formes que par le nombre des individus. Deux de ces embranchements, les Trochelminthes et les Némathelminthes, auxquels il faut ajouter les Tardigrades, sont, à la manière des protozoaires, des organismes subaquatiques, vivant dans l'eau libre du sol.

D'autres enfin sont d'importance relativement réduite, tels, par exemple, les Némertiens, les Plathelminthes et les Mollusques.

1. Plathelminthes

Une seule classe intéresse la faune du sol, les Turbellariés. Ils sont normalement présents dans les sols de forêt, excepté lorsqu'il s'agit de sols gorgés d'eau. On les trouve notamment dans les litières feuillues, riches en mycélium de champignons. Les Turbellariés terrestres se nourrissent de Nématodes, de Rotifères, de petits Annélides.

2. Némertiens

Cet embranchement presque exclusivement marin renferme un groupe terrestre, les Géonémertes. Ils sont limités aux sols très humides.

3. Trochelminthes

Les rotifères sont représentés dans le sol par de très nombreuses espèces dont les plus grandes atteignent 1 mm. La majorité vit en eau douce et a adopté dans le sol des habitats subaquatiques. Les rotifères sont fréquents dans les horizons F et H aussi bien en forêt qu'en prairie, en particulier si le sol présente une couverture de mousses. Leur nourriture se compose de nématodes, protozoaires, petits débris végétaux et parfois d'algues. On rencontre dans les sols un groupe voisin des Rotifères : les Gastrotriches, qui vivent dans les feuilles mortes.

Nous donnons dans le tableau I des résultats d'analyses quantitatives de Rotifères, effectuées dans différents biotopes des environs de Yangambi.

TABLEAU I

Biotopes	Nombre par m ² à 2,5 cm de profondeur
Forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i> (HARMS)	196.000
Forêt à <i>Brachystegia laurentii</i> (DE WILD.) LOUIS .	73.800
Jachère à <i>Brachiaria emini</i> (MEZ) ROBYNS	450.000
Jachère à <i>Setaria sphaelata</i>	125.000
Culture de <i>Stylosanthes gracilis</i> H. B. K.	33.000
Fourré à <i>Alchornea cordifolia</i>	68.500
Parasoleraie à <i>Musanga cecropioides</i>	205.500

4. Némathelminthes

L'ubiquité des nématodes, de même que leur résistance à des conditions extrêmes sont remarquables. Ils sont néanmoins sous la dépendance d'un facteur qui peut devenir limitant : la présence d'eau libre; ils ne sont en effet capables d'activité qu'immérgés dans l'eau et se rencontrent par conséquent dans la pellicule d'eau entourant les particules de sols ainsi que dans les crevasses remplies d'eau. Ces conditions d'humidité disparaissant, les nématodes passent dans un état d'anhydrobiose en attendant le retour de conditions

favorables. En ce qui concerne leur distribution verticale dans le sol, ils sont toujours beaucoup plus nombreux dans les horizons superficiels où ils trouvent une nourriture très abondante. Certains sont phytophages, consommant des algues, bactéries, moisissures, végétaux supérieurs, etc., d'autres carnivores, prédateurs d'autres nématodes, de petits oligochètes, de rotifères, etc.

Le tableau II donne les densités de nématodes déterminées dans des biotopes de Yangambi.

TABLEAU II

Biotopes	Nombre par m ² à 2,5 cm de profondeur
Forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i>	1.900.000
Forêt à <i>Brachystegia laurentii</i>	1.500.000
Jachère à <i>Brachiaria eminii</i>	2.540.000
Jachère à <i>Setaria sphacelata</i>	2.625.000
Culture de <i>Stylosanthes gracilis</i>	940.000
Fourré à <i>Alchornea cordifolia</i>	240.000
Parasoleraie à <i>Musanga cecropioides</i>	960.000

Ces résultats peuvent être mis en relation avec les taux d'humidité relevés dans ces divers milieux. Les taux d'humidité, en % du poids humide, oscillaient pour les biotopes forestiers entre 15 et 25 %; pour les jachères on obtenait des valeurs de 25 à 35 %, tandis que le troisième groupe atteignait 10 à 20 %.

5. Mollusques

Les Mollusques, embranchement pourtant essentiellement marin, renferment des groupes parfaitement adaptés à l'habitat terrestre, où les branchies se sont atrophiées et où la cavité palléale s'est transformée en poumon. C'est le cas, parmi les Gastéropodes, seule classe intéressant la faune du sol, de quelques prosobranches et des Pulmonés. Ces derniers sont notamment représentés dans le sol par les *Limacidae* (limaces) et les *Helicidae* (escargots).

Les principaux facteurs conditionnant l'existence et l'abondance des *Helicidae* sont la dimension des espaces libres et le taux de calcaire du sol.

6. Annélides

Une seule classe de cet embranchement concerne la faune du sol, les Chétopodes et, parmi ceux-ci, l'ordre des Oligochètes où 2 familles sont particulièrement importantes dans le sol, celle des *Lumbricidae* et celle des *Enchytraeidae*.

Les principales activités des vers dans le sol peuvent se résumer comme suit :

— ingestion de sol et de matières organiques et mélange subséquent;

- déjection en surface de matériaux intimement mélangés avec des sucs digestifs;
- travail du sol et formation d'un réseau de galeries qui se ramifient et s'anastomosent.

Les effets sur le sol du travail des Lombrics peuvent se synthétiser comme suit : stratification, augmentation de la porosité, amélioration du drainage, augmentation de la capacité de rétention en eau et du taux de colloïdes du sol. Notons que les annélides sont quantitativement peu importants dans les biotopes que nous avons analysés.

7. Arthropodes

Nous avons affaire ici à l'embranchement le plus caractéristique de la faune endogée. On le divise en 2 sous-embranchements : celui des Chélicérates comprenant les Arachnides et celui des Mandibulates avec les Crustacés, les Myriapodes et les Hexapodes. Ne se rangent pas dans ces différentes classes, les Tardigrades et les Péripatés rangés parmi les Pararthropodes.

a) *Tardigrades*

Ils forment un petit groupe d'animaux marins, d'eaux douces ou subaquatiques. Les biotopes terrestres sont les lichens, les hépatiques, des mousses variées ou des gazons serrés et des litières feuillues où l'eau se conserve longtemps. Ils constituent un groupe d'animaux remarquables par leur capacité de résistance aux conditions défavorables; celles-ci induisent chez eux des périodes de vie inactive pouvant revêtir divers aspects : l'anabiose ou le dessèchement, l'enkystement et l'état asphyxique. Ils requièrent des alternances de périodes humides et sèches. Leur nourriture consiste principalement en petits débris végétaux et en cellules vivantes de mousses.

Le tableau III donne les densités de Tardigrades dans divers biotopes de Yangambi.

TABLEAU III

Biotopes	Nombre par m ² à 2,5 cm de profondeur
Forêt à <i>Brachystegia laurentii</i>	30.550
Jachère à <i>Brachiaria emini</i>	23.750
Jachère à <i>Setaria sphacelata</i>	62.500
Fourré à <i>Alchornea cordifolia</i>	66.500
Culture de <i>Stylosanthes gracilis</i>	42.800

b) *Péripatés ou Onychophores*

C'est un groupe particulièrement typique du biotope endogé forestier auquel il est lié exclusivement. Ils habitent l'hémisphère austral et se rencontrent fréquemment dans les litières de forêts d'Afrique du Sud. Ils habitent les lieux humides et chassent des Arthropodes en leur lançant à distance un jet de glu.

c) *Arachnides*

C'est parmi les Arachnides que nous trouvons les animaux les plus nombreux du biotope endogé, les Acariens. Citons encore parmi les ordres ayant une influence marquée dans le sol : les Pseudoscorpions, les Opilions et les Aranéides.

Les Pseudoscorpions habitent des forêts humides ou sèches. Dans les environs de Yangambi, nous avons dénombré, dans certaines forêts exondées (à la presqu'île Lokele), de 300 à 500 Pseudoscorpions par mètre carré. Ces animaux sont carnassiers et l'absorption de nourriture se fait par digestion externe.

Les Opilions, rares dans les forêts étudiées à Yangambi, fréquentent les forêts humides. Contrairement aux autres Arachnides, leurs proies peuvent être mortes. Certains recherchent de petits mollusques gastéropodes dont ils parviennent à casser la coquille à l'aide de leurs chélicères.

Les Acariens constituent universellement le groupe le plus caractéristique, le plus diversifié et le plus nombreux de la faune endogée.

En dehors des organismes subaquatiques, ils constituent, avec les Collembolés, la grande majorité des organismes de la microfaune du sol (tableau IV). Deux sous-ordres sont spécialement importants : les Parasitiformes avec les Mésostigmatés et les Sarcopitiformes avec les *Acaridae* et les Oribates. Parmi les Acariens, les Oribates constituent dans le sol le groupe dominant. Les Acariens vivant dans le biotope endogé sont sous la dépendance de l'humidité du substrat. Les Oribates sont en général assez résistants à la sécheresse, étant pourvus d'un épiderme recouvert d'une couche chitineuse relativement épaisse, s'opposant à l'évaporation et prévenant la dessiccation du milieu interne.

TABLEAU IV

Densité de la microfaune dans divers biotopes de Yangambi

Biotopes	Nombre total ⁽¹⁾	% d'Acariens	% de Collembolés	% d'organismes divers ⁽²⁾
Forêt exondée	82.750	80	14	6
Forêt à <i>Scorodophloeus</i>	77.840	74	20	6
Jachère à <i>Brachiaria</i>	106.000	64	31	5
Jachère à <i>Setaria</i>	81.000	67	27	6
Fourré à <i>Alchornea</i>	69.000	41	52	7
Parasoleraie	48.000	55	37	8

Les Oribates peuvent se subdiviser en 2 groupes : certains vivent dans la litière où ils ont un régime phytophage affectionnant

⁽¹⁾ Nombre d'organismes par m² à 10 cm de profondeur

⁽²⁾ Sous cette dénomination, se rangent les Diploures, Protoures, Pseudoscorpions, Aranéides, Insectes ptérygotes, Isopodes, Myriapodes

la matière non décomposée; ce ne sont pas des espèces fouisseuses, ils se meuvent au travers d'une couche meuble abondamment pourvue d'espaces libres, ce sont des espèces plutôt délicates, aux membres grêles et allongés, leur surface dorsale est lisse.

Un autre groupe d'Oribates, comprenant des espèces fouisseuses vit plus profondément; ce sont des espèces plus grossières, trapues, avec un bouclier chitineux fort épais recouvert de particules minérales; ils montrent des adaptations morphologiques à leur mode de vie et utilisent une matière organique déjà décomposée; ils sont saprophages.

d) *Crustacés*

Deux ordres intéressent la faune du sol : les Isopodes et les Amphipodes. Dans les sols étudiés, principalement dans les jachères à graminées, vieilles prairies, etc., les Isopodes sont fréquents; leur densité y varie de 60 à 100 par mètre carré; ils sont au contraire rares dans les biotopes forestiers.

Le régime alimentaire de ces crustacés terricoles consiste principalement en matière organique d'origine végétale, plus ou moins décomposée : feuilles mortes, bois pourri. Ils dépendent du taux de calcaire et requièrent une humidité constante.

e) *Myriapodes*

Animaux typiques de la faune endogée, ils se répartissent en 4 ordres, parmi lesquels les Diplopodes et les Chilopodes. Ils habitent les lieux humides, l'humus forestier.

Les Chilopodes sont carnivores, tandis que les Diplopodes se nourrissent de matériel organique d'origine animale ou végétale plus ou moins décomposé. Les facteurs qui les influencent sont l'abondance de la matière organique, l'humidité et la porosité du substrat; s'ils ont besoin d'humidité, l'excès d'eau leur est néanmoins défavorable.

L'effet des Myriapodes sur le sol est considérable; à l'instar des vers de terre, ils fragmentent la matière organique et la mélangent au sol. Au cours de son passage par le tube digestif, la matière organique subit une dégradation chimique importante (FRANZ).

f) *Hexapodes*

Cette immense classe renfermant des milliers d'espèces se divise en 2 sous-classes : les Aptérygotes et les Ptérygotes. En ce qui concerne les insectes, le milieu endogé constitue par excellence le domaine des Aptérygotes; ceci est principalement le cas des Collemboles, Diploures et Protoures, tandis que les Thysanoures s'y rencontrent plus rarement. Ces derniers vivent fréquemment en trophobie dans les termitières ou fourmilières.

Les Collemboles (tableau IV) sont les insectes les plus nombreux de la faune endogée. Leur régime alimentaire est très varié; ils sont saprophages, nécrophages ou phytophages, faisant une abondante consommation de champignons.

Nous avons constaté à Yangambi que les Collemboles peuvent être abondants dans des biotopes relativement pauvres en matière organique mais caractérisés par des populations fongiques abondantes. Les Diploures et les Protooures sont fréquents dans la plupart des sols que nous avons étudiés. Les Diploures se nourrissent de petites larves d'insectes, notamment de Diptères et de Myriapodes.

III. Relations et interactions

1. Interactions dans le cadre du cycle général de la matière

Nous avons passé en revue les caractéristiques biotiques et abiotiques du biotope endogé, ainsi que la composition de la faune de ce milieu.

Nous allons envisager à présent les interactions des différents composants de cette vaste biocénose endogée. Ces interactions doivent tout d'abord être situées dans le cadre du cycle général de la matière.

Considérons le schéma de synthèse suivant (fig. 1).

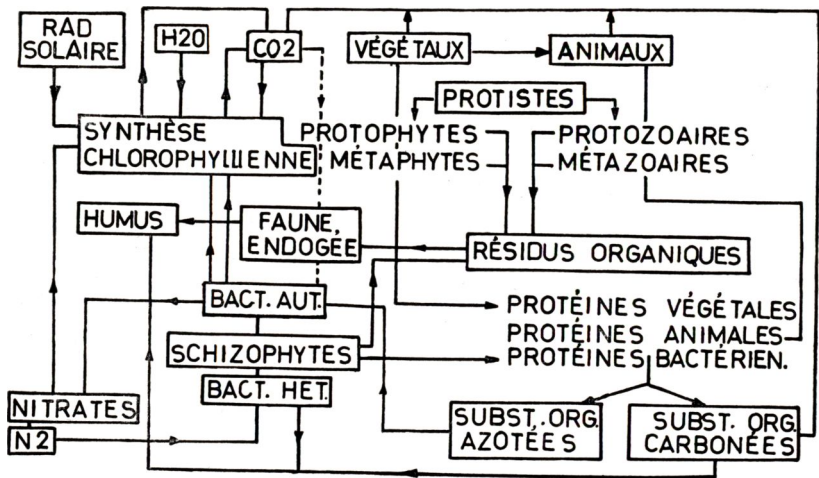


Fig. 1 — Interactions dans le cadre du cycle général de la matière

1 — La fonction chlorophyllienne s'effectue tant par les Méta-phytes que par les Protophytes (Protozoaires phytoflagellés, algues) et certains Schizophytes (bactéries autotrophes phototrophes). Les bactéries autotrophes allotrophes tirent l'énergie nécessaire à leurs synthèses, de l'oxydation de composés organiques azotés; ces bactéries président à la minéralisation de l'azote.

2 — A partir de ces protéines primaires d'origine végétale, les organismes animaux (Protozoaires, Métazoaires) peuvent effectuer la synthèse de leur protoplasme.

3 — Les végétaux aussi bien que les animaux laissent des résidus ; nous considérons plus particulièrement, dans le biotope endogé forestier, l'accumulation de débris végétaux constituant la litière. Ces résidus organiques, composés de matériaux d'origine animale, végétale et microbienne, vont passer par différents stades de décomposition dont le résultat final sera :

- a) la formation d'éléments minéraux
- b) le dégagement de CO_2
- c) la constitution d'une substance complexe, l'humus.

— Les lipides donnent lieu à la formation d'acides gras et, éventuellement, d'acide phosphorique.

— Les protéines sont transformées en acides aminés, amines, amides, bases puriques, pyrimidiques, etc. et finalement a lieu leur minéralisation.

— Les holosides (cellulose, amidon, etc.) subissent une dégradation aérobie (oxycellulose, CO_2) ou anaérobie (acides, alcools, CH_4 , H_2).

— Les lignines se décomposent lentement, laissant des résidus de nature complexe et mal définis.

Pour subir ces dégradations, les diverses substances vont passer par une série de stades constituant les cycles des éléments biogènes : C, N, P, Fe, S. La décomposition de la matière organique est progressive, elle passe par une série d'états caractérisés par des biocénoses différentes. Mais il est évident que, dans le sol, les différents stades coexistent, s'enchevêtrent et qu'il est difficile de suivre cette succession de biocénoses. Il en résulte un brassage prodigieux de la matière organique en décomposition, des associations microbiennes et des différentes zoocénoses animales ; une foule de relations s'établit et certains ont synthétisé leur pensée en qualifiant de « bain biologique » ce brassage de matière.

4 — L'humus est la conséquence des actions simultanées de la flore et de la faune, il résulte de la dégradation de l'ensemble des constituants de la matière organique, auxquels s'ajoutent des substances d'excrétions et des sécrétions produites par les microorganismes et par la faune.

L'humus une fois formé ne constitue pas une substance inerte ; il subit une combustion lente, libérant du CO_2 et des éléments minéraux. Il constitue la principale réserve de matière organique du sol.

5 — Intervient encore, dans le cycle général de la matière, la respiration des organismes. La respiration de la faune endogée s'effectue par voie aérobie suivant 2 modalités correspondant au mode de vie des organismes en cause :

- a) Quand il s'agit d'êtres unicellulaires, dont le milieu est l'eau ou une atmosphère humide, ou bien de Métazoaires inférieurs (Rotifères, Tardigrades, Planaires, Nématodes), c'est dans l'eau qui

les entoure que les cellules puisent l'oxygène qui s'y trouve dissous. L'absorption de ce gaz se fait par diffusion du milieu où sa concentration est plus élevée, c'est-à-dire le milieu externe vers celui où elle est plus basse, c'est-à-dire le cytoplasme.

b) S'il s'agit d'animaux plus élevés en organisation, la respiration s'effectue par l'intermédiaire de trachées (insectes), de sacs pulmonaires (divers Arachnides), de filaments branchiaux (Crustacés) ou enfin, chez les animaux doués d'une circulation (Mollusques) c'est par l'intermédiaire du système circulatoire que l'oxygène parvient aux tissus. Des pigments interviennent chez divers Invertébrés.

2. Chaînes alimentaires de la communauté endogée

Nous avons établi le cadre général de la circulation de la matière tel qu'il s'applique dans le biotope endogé; les différentes populations animales constituent, en relation avec les constituants végétaux du milieu, une communauté au sein de laquelle s'établiront des chaînes de nourriture qui, loin d'être simples, s'anastomosent, s'entrecroisent. L'ensemble de ces relations trophiques constitue un complexe auquel prennent part des animaux situés à différents niveaux. Les divers groupes trophiques se répartissent suivant la pyramide d'Elton, notion classique dans l'étude des chaînes de nourriture. Cette pyramide représente un aspect quantitatif des relations nutritives entre les populations d'une communauté; elle sert de base à l'établissement de la biomasse de cette communauté. La pyramide d'Elton, que nous schématisons figure 2, est la conséquence de 2 lois biologiques :

- 1) Plus les organismes sont petits, plus leur potentiel reproducteur est élevé;
- 2) Les petits organismes sont généralement la proie des plus grands.

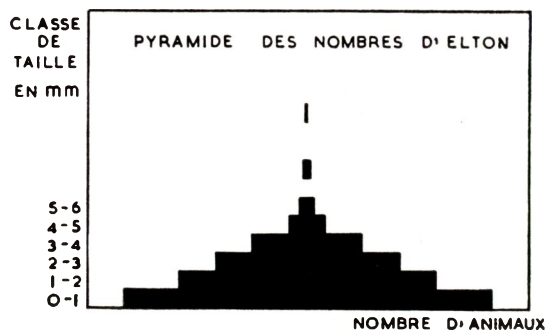


Fig. 2 — Schéma représentant la pyramide des nombres d'Elton

Cette pyramide consiste à répartir les organismes suivant leur taille. On constate que plus ils sont petits, plus leur nombre est élevé.

En relation avec leur mode alimentaire, les principaux groupes d'organismes qui se succèdent dans la litière forestière sont :

- a) les *Phytophages*, utilisant la matière organique végétale non décomposée;
- b) les *Saprophages*, qui consomment la matière organique à des stades de décomposition de plus en plus avancés;
- c) les *Prédateurs* : les phytophages et les saprophages peuvent être la proie d'organismes carnivores parmi lesquels nous distinguerons des Microprédateurs et des Macroprédateurs;
- d) les *Nécrophages*, utilisant les cadavres animaux;
- e) les *Coprophiles*, qui affectionnent les déjections.

Nous pouvons établir le schéma général suivant, rendant compte de ces successions de biocénoses (fig. 3).

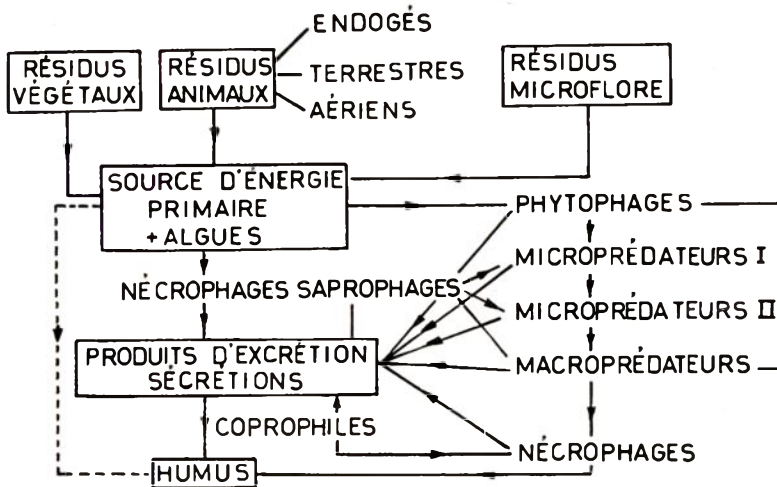


Fig. 3 — Relation entre les différents niveaux trophiques de la communauté endogée

Considérons à présent les différents niveaux trophiques de cette communauté ainsi que les organismes qui y sont liés.

A. Source d'énergie primaire

Elle se compose :

- a) des résidus végétaux constituant la litière;
- b) des résidus animaux provenant aussi bien de l'habitat terrestre que de l'habitat endogé ou aérien;
- c) des résidus de la microflore : bactéries, actinomycètes et moisissures;
- d) des algues du sol capables de photosynthèse et, par là, indépendantes de la matière organique, tout au moins directement.

B. Organismes décomposant la matière organique

La source d'énergie primaire est originellement hétérogène et se compose de matériaux à des stades divers de décomposition. Il faut considérer simultanément 3 groupes d'organismes : les Phytophages, les Saprophages et les Nécrophages. On peut les considérer globalement comme des consommateurs primaires.

a) Les *Phytophages*

Ils comprennent les bactéries, les actinomycètes, les moisissures et différents groupes animaux parmi lesquels nous citerons seulement les Oribates, les Termites et les Annélides.

b) Les *Saprophages*

Nous y trouvons à nouveau les bactéries, actinomycètes, moisissures et des animaux parmi lesquels les mêmes groupes que ci-dessus, mais en plus, des Myriapodes, des Protozoaires, des Rotifères et des Tardigrades.

c) Les *Nécrophages*

Certains Collemboles et des insectes ptérygotes.

Chacun de ces groupes constitue une source d'énergie pour différentes catégories de prédateurs que BIRCH et CLARK subdivisent en micro- et macropredateurs suivant la dimension des proies. Les microprédateurs doivent à leur tour se subdiviser en microprédateurs primaires et secondaires, les premiers constituant la proie des seconds. Nous avons donc :

- les microprédateurs primaires des algues ainsi que des bactéries, Actinomycètes et Champignons phytophages et saprophages;
- les microprédateurs secondaires se nourrissant des primaires;
- les macropredateurs des animaux phytophages, saprophages et des microprédateurs secondaires.

C. Microprédateurs primaires

a) *Prédateurs d'algues*

Nous avons vu qu'à côté des résidus animaux, végétaux et microbiens constituant la source d'énergie primaire, se développent, indépendamment d'eux, des algues phototropes.

Comme prédateurs d'algues (ce sont en réalité des phytophages), nous trouvons des Protozoaires, des Collemboles et de petits Nématodes.

b) *Prédateurs des bactéries*

Nous insistons un peu plus sur ce groupe très important et qui comprend principalement des protozoaires.

Les rapports entre bactéries et protozoaires appellent quelques considérations. CUTLER, CRUMP et SANDON ont précisé qu'une décroissance des nombres de bactéries semble associée à une augmentation des protozoaires. Il semble que les rapports liant les bactéries aux protozoaires soient très complexes. En effet, si les pro-

tozoaires influencent les bactéries, on a constaté également que des bactéries pouvaient avoir un effet direct sur les protozoaires par la production de substances toxiques. D'autre part, certaines Englènes ont besoin, comme facteur de croissance, de la vitamine B₁₂ (exemple de métatrophie) et dépendent pour ce facteur de certaines bactéries (Flavobactéries).

A côté des protozoaires, certaines bactéries elles-mêmes, les Myxobactériales, sont prédatrices de bactéries. Citons encore les Acrasiés et les Nématodes, qui entreraient dans certains cas en compétition avec les protozoaires dans la recherche de bactéries.

On pourrait ajouter enfin les Bactériophages.

c) *Prédateurs de champignons*

Les principaux sont les Collemboles et les Diptères mycétophilides.

D. **Microprédateurs secondaires**

Ils utilisent l'énergie accumulée par les microprédateurs primaires. Nous avons à signaler ici des protozoaires, prédateurs de protozoaires plus petits, de même des nématodes, prédateurs d'autres nématodes de taille inférieure, des rotifères se nourrissant de protozoaires et enfin des planaires et des mollusques.

E. **Macroprédateurs**

Parmi les principaux prédateurs des animaux phytophages et saprophages ainsi que des microprédateurs secondaires, nous trouvons des Planaires, des Chilopodes, des Péripatés, des Coléoptères et tous les Arachnides, à l'exception des Oribates.

IV. **Synthèse et conclusions**

1. **Généralités**

Le biotope type que nous avons choisi est l'horizon organique, au sens large, du sol forestier. Nous avons passé en revue les caractéristiques du milieu, la composition de la faune, les interactions des différents composants de cette biocénose. Il importe de considérer à présent, globalement, le rôle et l'influence de la faune endogée et de voir comment elle évolue en fonction de la modification de certaines conditions du milieu et en particulier de la végétation. Nous avons vu également les liens étroits et directs qui lient les différents groupes d'organismes dans la communauté envisagée.

2. **Rôles de la faune du sol**

1) *Rôle énergétique* (fig. 4)

Les chaînes de nourriture pourraient être représentées en termes énergétiques. A chaque niveau biologique correspond un état énergétique et le passage de l'un à l'autre ne peut s'effectuer que par

le passage d'un état à un niveau énergétique E vers un état à niveau énergétique E 1 d'entropie plus élevé. D'une façon générale, au cours de son passage à travers la biosphère, l'énergie solaire subit une dégradation progressive, dont chaque stade est associé à un travail biosphérique. Comme ce travail laisse un certain nombre de traces durables, on peut dire que l'énergie solaire n'est pas intégralement dégradée par la biosphère, mais est en partie mise en réserve à l'état potentiel. Thermodynamiquement, par conséquent, la biosphère a pour effet de retarder à la surface de la terre la dégradation de l'énergie solaire.

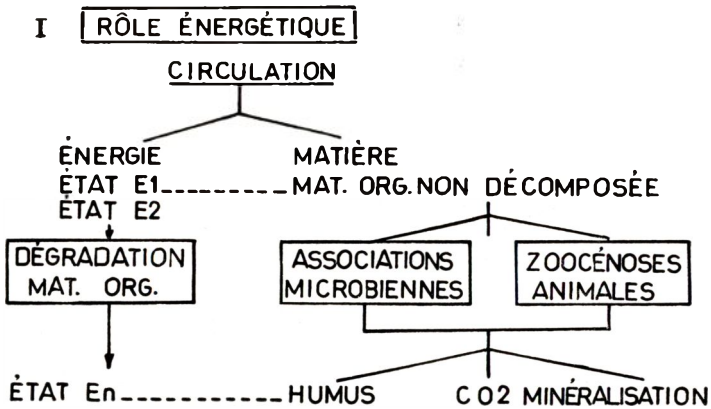


Fig. 4 — Rôle énergétique de la microfaune et de la microflore

La connaissance du vaste ensemble complexe que constitue la foule d'organismes ayant le sol pour milieu est loin d'atteindre le stade où ses interactions, ses liens de dépendance peuvent s'exprimer en termes d'énergie; l'estimation de la biomasse des organismes n'est elle-même pas encore possible.

Il apparaît néanmoins clairement que la faune contribue pour une part extrêmement importante à la circulation de la matière et de l'énergie; son rôle n'est pas dissociable de celui de la microflore. Sans l'activité des animaux du sol, les transformations des résidus organiques s'effectueraient à un rythme ralenti.

L'importance de la circulation de la matière est immense; elle est indispensable au risque de voir d'une part s'accumuler les débris organiques et d'autre part s'installer rapidement un déficit en CO_2 ; la faible réserve de CO_2 atmosphérique (0,03 %) serait en effet épuisée en un laps de temps très court sans la production biologique de CO_2 . On a calculé que les végétaux de la terre absorbent annuellement 75 milliards de tonnes de CO_2 . La minéralisation de la matière organique à laquelle participent la flore et la faune en libère annuellement plus d'un trillion de tonnes (P. SIMONART).

2) *Rôle biochimique* (fig. 5)

Ce rôle de la faune que l'on peut supposer extrêmement important est actuellement peu étudié et peu connu. Nous avons vu combien nombreux sont les organismes du sol qui se nourrissent de matière organique, soit non décomposée (Phytophages) soit à un stade plus ou moins avancé de dégradation (Saprophages).

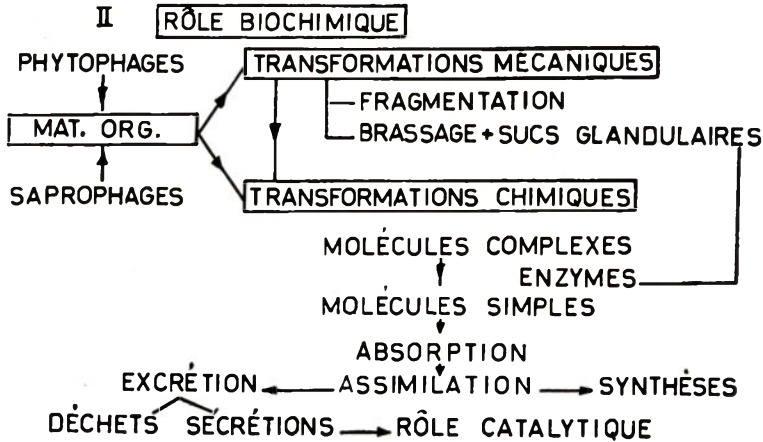


Fig. 5 — *Rôle biochimique de la microfaune du sol*

Cette matière organique ingérée doit, au cours de son passage à travers le système digestif des organismes, subir une transformation non seulement mécanique mais encore chimique; les grosses molécules doivent être scindées en molécules plus petites : l'amidon en monosaccharides, les protéines en acides aminés, les graisses neutres en glycérine et acides gras. Ces transformations sont nécessaires à la synthèse des molécules spécifiques de l'animal. Ceci est spécialement remarquable en ce qui concerne les protéines; en effet, chaque espèce animale possède des protéines qui lui sont propres.

La fonction mécanique réside dans une fragmentation des résidus organiques et dans leur brassage avec les sécrétions, les sucs glandulaires et les enzymes de l'animal.

La fonction chimique s'effectue par l'intermédiaire des enzymes qui réduiront les molécules complexes en molécules simples et permettront l'absorption et l'assimilation.

La matière organique, après sa dégradation et l'assimilation, tout au moins partielle, de certains de ses constituants, sera secrétée sous forme de déjections. Les substances de déchet sont imprégnées de produits de sécrétion des cellules glandulaires animales. Vu le nombre immense d'organismes dans le biotope endogé, il n'est pas difficile de concevoir les quantités de matière organique ingérées, elles se chiffrent par tonnes à l'hectare.

Nous savons que des animaux unicellulaires, les Protozoaires, excrètent des enzymes capables de modifier les combinaisons azotées complexes comme les peptones, ou les hydrates de carbone, comme l'amidon et la cellulose.

En ce qui concerne les Annélides, nous savons également que les enzymes qui imprègnent la terre ayant passé par leur tube digestif ont des effets favorables sur les transformations des matières organiques. Un rôle analogue a été mis en évidence chez les Myriapodes (FRANZ).

Il n'y a pas de doute que pour tous les groupes d'organismes, ce rôle biochimique peut être riche de constatations des plus importantes. N'est-il pas raisonnable de supposer que parmi les multiples sécrétions des nombreux animaux de groupes si variés, il ne se trouve, à côté d'enzymes, des facteurs de croissance, des substances biotiques, qui, excrétées en même temps que la matière organique partiellement dégradée, peuvent, une fois dans le sol, exercer un effet catalytique vis-à-vis d'autres organismes.

Nous avons signalé de telles relations entre protozoaires et bactéries. Ce rôle nutritiel et biochimique des organismes a pour conséquence diverses autres influences majeures, telles que les rôles microbiologique et physico-chimique.

3) Rôles microbiologique et catalytique (fig. 6)

La plupart des animaux saprophages absorbent, en même temps que les matières organiques en décomposition, une grande quantité de microorganismes qui seront de ce fait plus intimement mêlés aux substances ingérées; il peut en résulter un véritable auto-ensemencement du sol. De plus, les effets mécaniques, par une augmentation considérable des surfaces, ainsi que les effets biochimiques de la faune sur les matières organiques favorisent les attaques bactériennes, actinomycétales et fongiques subséquentes. Il est clair

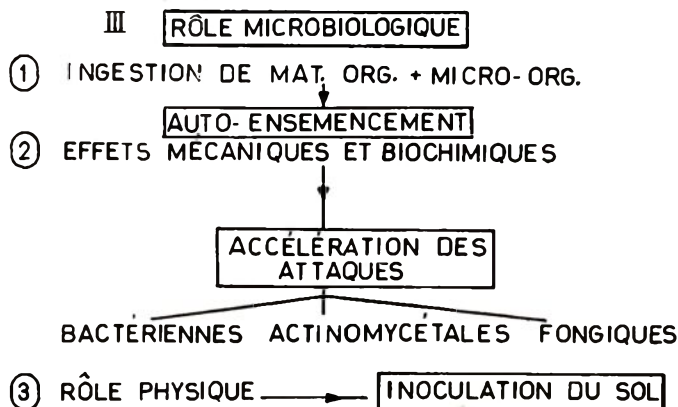


Fig. 6 — Rôles microbiologique et catalytique de la microfaune

par là que l'activité des organismes animaux du sol accélère la minéralisation des résidus organiques par la microflore.

La diversité des animaux du sol est telle qu'à chaque stade de la matière se trouvent des organismes capables de l'absorber, de la digérer, de l'amener dans un état propice à la continuation et à l'achèvement de sa dégradation chimique par la flore.

La cellulose est une substance difficilement décomposable par les animaux, mais nous savons que le tractus digestif de nombreuses espèces dispose de bactéries cellulolytiques travaillant en symbiose avec l'organisme animal; nous connaissons le cas des termites inférieurs disposant de protozoaires flagellés ou celui des termites supérieurs où cette tâche est assumée par des bactéries. Nous envisageons plus loin une influence microbiologique supplémentaire, conséquence du rôle mécanique de la faune du sol.

4) *Rôles mécanique et physique* (fig. 7)

Le sol, réservoir de la faune endogée, subit de la part de ces organismes des actions mécaniques nombreuses et diverses dont les résultats sont multiples :

— Travail et ameublissement du sol : les nombreuses espèces fouisseuses (Annélides, Myriapodes, Arachnides, Hexapodes) sont capables de creuser des réseaux de galeries, des tunnels, des cavités; signalons ici l'influence immense des termites sur les sols tropicaux.

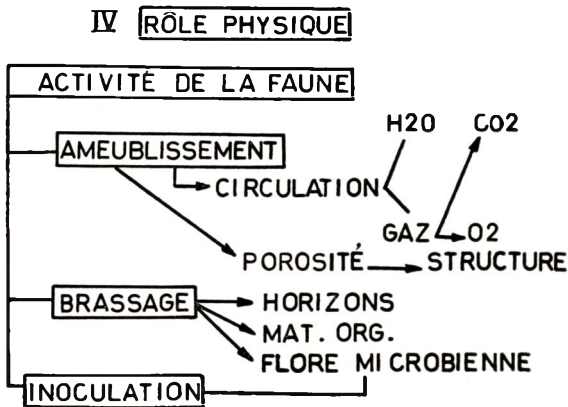


Fig. 7 — Rôles mécanique et physique de la microfaune

— Circulation de l'eau et des gaz : ces effets sont une conséquence directe de l'ameublissement du sol; le drainage est amélioré, l'oxygène peut être mis à la disposition de la faune à une profondeur plus grande, tandis que le CO₂ peut diffuser.

— La porosité du sol est accrue et grâce à elle sa structure peut être notablement améliorée par la constitution d'agrégats (voir rôle physico-chimique).

— Il se produit un brassage des différents horizons améliorant l'ensemble de la zone d'influence des racines. La matière organique de la surface peut être amenée dans les horizons inférieurs où peuvent se développer dès lors de nouvelles biocénoses animales et microbiennes. La faune a la possibilité d'inoculer des germes dans des horizons qui sans elle seraient dépourvus d'activité microbienne notable.

— La matière organique est intimement mêlée au sol (Lombrics, Myriapodes, etc.).

Ces rôles mécanique et physique sont dus exclusivement à la faune endogée.

5) Rôle physico-chimique (fig. 8)

L'augmentation considérable de surface que subissent les matériaux organiques à la suite des effets mécaniques de la faune, de même que les déjections des organismes dans le sol peuvent donner lieu à la production de matériel à l'état colloïdal. Il en résulte que le métabolisme de la faune a une action directe sur l'augmentation du taux de colloïdes avec toutes les conséquences favorables au sol. Sa porosité augmente; il devient capable d'absorber et de retenir une plus grande quantité d'eau. La capacité de rétention en eau du sol est nettement accrue par suite de l'activité animale, comme cela a été prouvé clairement dans des études sur le rôle des Oligochètes.

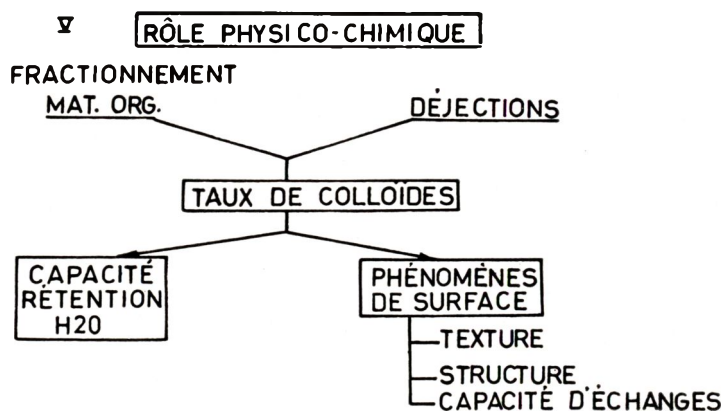


Fig. 8 — Rôle physico-chimique de la microfaune

L'augmentation du taux de colloïdes va de pair avec l'accroissement de la surface active du sol. Les phénomènes de surface attachés aux particules colloïdales s'intensifient; il peut en résulter une influence sur la texture, la structure et la capacité d'échanges.

6) Rôle chimique (fig. 9)

Rôle direct par suite du dégagement considérable de CO₂. Au cours de nombreuses mesures de respirométrie, tant de sols

tempérés que tropicaux, nous avons constaté que la proportion d'oxygène absorbée par les fonctions respiratoires de la faune dépasse très largement l'absorption relative à la microflore. Cette production biologique du CO₂ est essentielle à la circulation de ce gaz et à sa mise à la disposition des végétaux pour la réalisation de leur photosynthèse. La dissolution du CO₂ dans l'eau peut avoir une influence sur l'altération chimique des roches.

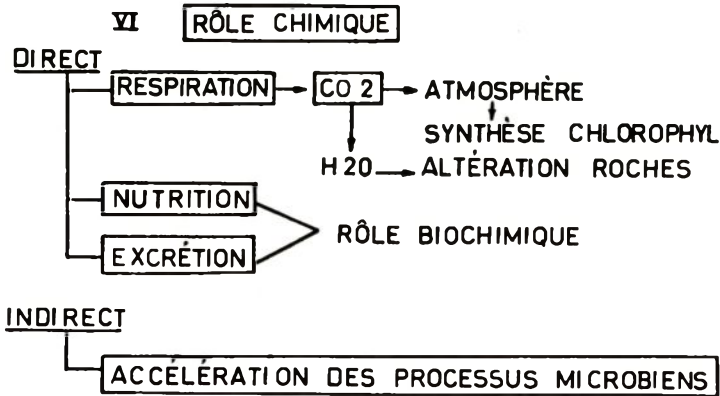


Fig. 9 — Rôle chimique de la microfaune

Les dégradations chimiques des substances organiques par les animaux sont considérables (rôle biochimique). Enfin, la grande influence de la faune vis-à-vis de la flore permet d'attribuer à la faune endogée un rôle indirect dans la minéralisation des composés organiques.

7) Rôle en tant que source d'énergie primaire (fig. 10)

La masse de protéines, d'hydrates de carbone et de lipides que représente la faune du sol (plusieurs centaines de kg à plusieurs

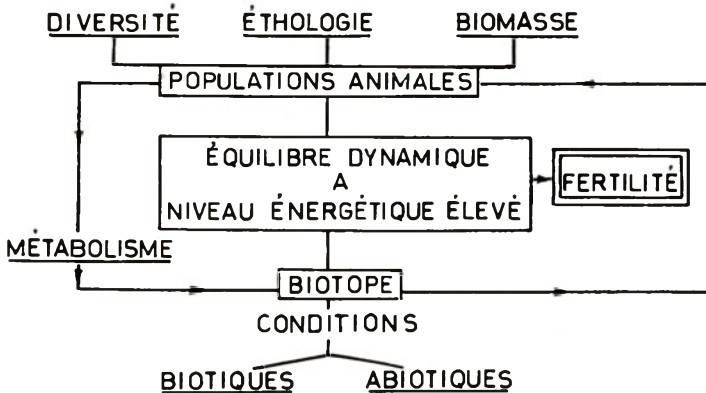


Fig. 10 — Relations générales entre les populations animales et le biotope

tonnes de matière vivante à l'hectare) constitue un apport considérable à la source d'énergie primaire. Les substances de déchets, les produits de sécrétion de ces organismes constituent un enrichissement considérable pour l'humus.

Il est remarquable de constater que les influences de la faune endogée rendent les conditions du sol plus favorables au développement ultérieur de ses activités. Les organismes exercent une *auto-amélioration* des conditions édaphiques. De tels cycles constituent la réalisation d'un *équilibre dynamique à un niveau énergétique élevé* (quantité de calories échangées par unité de temps). Nous estimons que la fertilité du sol est en liaison étroite avec une telle condition d'équilibre, entre l'ensemble des facteurs déterminant la communauté endogée.

3. Évolution de la faune du sol et conséquences

Rappelons tout d'abord les conditions nécessaires et suffisantes à l'établissement dans le sol d'un équilibre dynamique à un niveau énergétique élevé. Ces conditions sont au nombre de deux :

- 1) l'existence de facteurs biotiques et abiotiques déterminant des conditions favorables à l'établissement des biocénoses;
- 2) l'existence d'une source d'énergie primaire; cette condition étant une conséquence de la première.

Nous avons supposé, dans ce qui précède, ces conditions réalisées et nous avons analysé l'ensemble complexe qui contribue à établir, dans le biotope endogé, un équilibre dynamique.

En revanche, si ces conditions viennent à disparaître, l'harmonie existant entre la faune, la flore et le milieu sera rompue. Il en résultera une chaîne de réactions dont la première est une diminution de l'activité biologique.

La disparition ou la modification des conditions existant à l'état d'équilibre amène une dégradation des populations animales, tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

Preons le cas précis de la destruction du couvert végétal; la suppression de la forêt provoque la disparition des conditions indispensables au développement de nombreux organismes, qui sont dès lors amenés à disparaître; les éclaircies modifient les facteurs du microclimat et amènent chaleur, lumière, dessiccation, évaporation, etc. Toutes les fonctions biologiques sont freinées. On peut représenter l'évolution de la faune en fonction du temps, à la suite de bouleversements survenus dans le milieu, initialement en équilibre, par le schéma suivant (fig. 11).

Le point 1 correspond à l'apparition, dans le milieu endogé, de conditions défavorables, soit par exemple l'abattage de la forêt. Il y a rupture d'équilibre.

Une régulation 2 suit automatiquement; elle consiste en une disparition d'associations animales et microbiennes. La réaction à

ces conditions défavorables sera plus ou moins grande suivant l'intensité de l'action destructive.

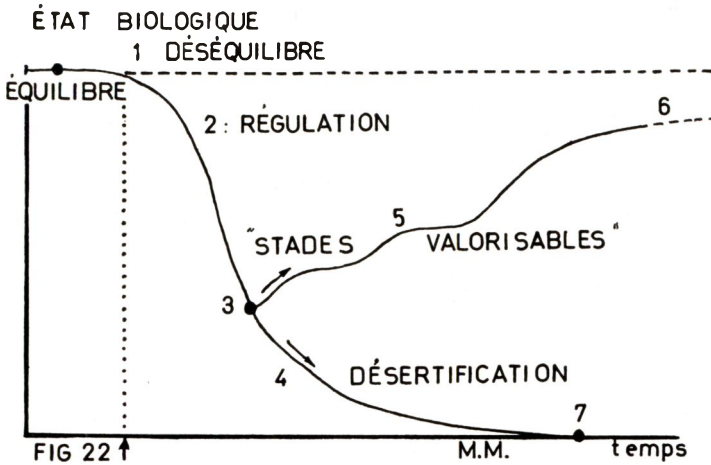


Fig. 11 — Évolution de l'activité biologique dans le sol en fonction du temps

L'état des populations du sol, on pourrait dire le niveau énergétique, évolue jusqu'au point 3. A ce stade, deux évolutions sont possibles :

a) si la source du déséquilibre persiste, le freinage des processus biologiques s'accroît jusqu'à disparition de toute vie; nous avons affaire aux phénomènes de désertification;

b) une série d'étapes ascendantes que l'on peut appeler « stades valorisables », suivant l'expression de KÜHNOLTZ-LORDAT, peut être franchie et amener les biocénoses animales et microbiennes à un nouvel état de stabilité (point 6). Cet état peut, théoriquement du moins, après une période de temps très longue, atteindre un état d'équilibre correspondant à l'état initial.

Le point 7 figure un état d'irréversibilité où il n'est plus possible de retrouver des conditions favorables à un dynamisme biologique dans le sol; il correspond à la stérilité, à la dégradation absolue du sol.

4. Conclusions

1) Cette évolution n'est pas théorique. Elle l'est d'autant moins sous climat tropical où le potentiel organique du sol et la source d'énergie primaire sont relativement faibles au départ.

Nous avons pu suivre un appauvrissement régulier de la microfaune, tant sur le plan quantitatif que qualitatif suivant le type du couvert végétal (MALDAGUE, 1958). Partant de la forêt climax jusqu'à des sols de culture sur terrain sablonneux, en passant par

des stades de jachères et de prairies, on assiste à une dégradation progressive de la microfaune du sol.

Le Professeur CHEVALIER a démontré que l'homme est responsable des déserts. A Madagascar, la superficie de la forêt primitive est tombée de 25 millions à 2,5 millions d'ha en 30 ans. Au Vénézuéla, de nombreuses rivières disparaissent à cause de la culture, liée à la déforestation.

2) L'abattage de la forêt est souvent accompagné de l'incinération d'une énorme quantité de matière organique; en la brûlant, on élimine une des conditions essentielles du dynamisme biologique : la source d'énergie primaire des biocénoses.

3) Le couvert et la matière organique disparus, il reste un sol soumis aux agents atmosphériques : élévation de la température du substrat, éclaircissement, vent, ruissellement, cortège habituel des facteurs mécaniques et physiques de l'érosion. Les sols tropicaux, arrivés à ce stade, ne tardent pas à subir l'évolution que l'on connaît assez, vers les stades de latérisation irréversible.

De plus, indépendamment de la dégradation de la faune et de la flore, la disparition du couvert végétal amène des modifications des facteurs du climat; les surfaces d'évaporation diminuent et il se produit en un temps plus ou moins long une modification du régime des précipitations.

4) On peut estimer que tout hectare de forêt détruit a une probabilité plus grande d'évoluer dans la direction devant l'amener, à plus ou moins longue échéance, vers la stérilité, plutôt que de le voir subir une évolution vers un nouvel état climax.

5) Pour enlever à ces considérations le caractère chimérique que certains pourraient y attacher, malgré les faits, il faut rappeler qu'une telle évolution ne se déroule pas nécessairement en dix ans. Le problème reste identique si nous prenons une échelle de temps dont l'unité est le siècle.

6) Arrivé au stade 3 (fig. 11), on peut tenter de remédier à ce déséquilibre en franchissant divers stades valorisables, mais quelle peut être la garantie que cet effort vers des états de dynamisme biologique ascendant se réalise avec continuité dans le temps?

« On conçoit que l'homme réellement savant, qui aura pénétré les secrets de la nature, pourra créer des dynamismes artificiels et ouvrir une nouvelle époque géologique, mais pénétrer le secret du dynamisme des biocénoses n'est pas une entreprise simple » (H. GAUSSEN).

Le Professeur R. HEIM écrit que « de même que la guerre, le cancer et la tuberculose sont les trois souverains ennemis de l'homme, l'érosion est la maladie essentielle de notre planète, qui aura raison d'elle et par suite de nous ».

On ne domine bien la nature qu'en obéissant à ses lois.

SAMENVATTING

Het belang en de rol van de microfauna in de bodem

I. Inleiding

Het belang van de bodemzoölogie neemt toe naarmate deze wetenschap een beter inzicht krijgt in het aandeel dat de bodemfauna heeft in de fundamentele omzettingen die plaats grijpen in de grond. Het is een jonge wetenschap die nochtans specialisten uit vele landen aange trokken heeft.

In deze bijdrage wordt getracht de verschillende domeinen aan te wijzen in dewelke de bodemfauna haar werking uitoefent, en het belang van deze werking op de bodemvruchtbaarheid aan te tonen.

Vooreerst wordt een beschrijving gegeven van de biotische en abiotische kenmerken van de bodem als levensmilieu en wordt een overzicht gegeven van de samenstelling van de bodemfauna.

II. De biotische en abiotische kenmerken van de bodem als levensmilieu

Door de natuurlijke evolutie bestaat er een evenwichtstoestand tussen enerzijds de levensvoorwaarden in de bodem en anderzijds de bodemfauna. Als voorbeeld van biotoop voor de bodemfauna wordt een bosgrond vooropgesteld.

De abiotische kenmerken van het levensmilieu in de bodem zijn de volgende : grote rijkdom aan organisch materiaal, een bijna aan water verzadigde atmosfeer, een bijna volledige duisternis, de afwezigheid van luchtbewegingen, zwakke schommelingen in temperatuur en relatieve vochtigheid, een beperkte bewegingsvrijheid. Bij een overzicht van de bodemfauna blijkt duidelijk hoe deze dieren aan deze levensvoorwaarden aangepast zijn.

De biotische kenmerken worden grotendeels bepaald door de vegetatie die in evenwicht met de fauna, uitgestrekte biocenosen schept. De planten beïnvloeden de ontwikkeling en de evolutie van de bodemfauna door het wijzigen van de klimaatsfactoren, door het verlenen van een schuilplaats voor de dierlijke organismen, en daarenboven is de vegetatie de primaire energiebron voor de bodemfauna.

De bodemfauna omvat :

1) alle dieren die bestendig in de bodem leven en 2) deze die er niet altijd in leven maar niettemin een belangrijke bijdrage leveren tot de vorming van de bouwlaag. Het zijn eencellige dieren of protozoa en meercellige dieren of metazoa.

De protozoa kunnen slechts actief zijn in waterig milieu. Bij ongunstige levensvoorwaarden kunnen zij zich inkapselen waardoor zij aan uitdroging weerstaan. Zij hervatten hun actief bestaan enkel wanneer er weer voldoende water aanwezig is.

Van de metazoa vindt men in de bodem vertegenwoordigers van volgende groepen : Plathelminthes (Turbellariae), Nemertienses

(Geonemertes), Trochelminthes (Rotiferae), Nemathelminthes (Nematoden), Molluscae (Gasteropoden), Anneliden (Oligocheten), Arthropoden. Ieder van deze groepen wordt uitvoerig besproken. In verschillende biotopen rond Yangambi werd van enkele onder hen een kwantitatieve bepaling uitgevoerd. Deze tellingen worden weergegeven in tabellen.

III. Verhoudingen en onderlinge beïnvloeding

A. De onderlinge beïnvloeding in het raam van de algemene cyclus van de omzetting van de stof.

De primaire plantaardige eiwitten, opgebouwd door allerlei soorten primitieve of meer ontwikkelde planten, dienen in de protoplasma-synthese van dierlijke wezens. Plant- en diersoorten laten afvalprodukten achter, die door ontbinding overgaan in minerale elementen, CO₂-gas vrijgeven en waaruit een nieuwe stof ontstaat : humus. De ontbinding van de organische stof verloopt progressief, maar alle stadia komen in de bodem gelijktijdig voor, zodat een innige vermenging optreedt van de microbenwereld en de verschillende dierengemeenschappen. De humus is het produkt van de gezamenlijke werking van flora en fauna; hij ontstaat uit de afbraak van de organische stof vermengd met uitwerpselen en secretieprodukten van micro-organismen en fauna. Ook de ademhaling van de bodemfauna speelt hierbij een rol.

B. De voedselreeksen bij de bodemfauna

De dierenwereld die in de bodem leeft staat in nauwe betrekking tot de planten die in de bodem het nodige voedsel putten voor hun ontwikkeling en deze voedselreeksen lopen vaak door elkaar. Zij vormen inderdaad een ingewikkeld geheel waaraan de dieren van verschillende ontwikkelingsklassen deel nemen. Deze verschillende voedingsgroepen kunnen ingedeeld worden volgens de pyramide van Elton. Dit wordt verduidelijkt met een figuur.

De verschillende voedingsklassen kan men als volgt weergeven :

1. De primaire energiebron : die bestaat uit de plantenafval van de strooisellaag, de dierlijke afvalprodukten, de afvalprodukten van de microflora, en de bodemalgen.

2. De organismen die de organische stof ontbinden : d. z. de fyto-fagen, de saprofagen en de necrofagen.

Ieder van deze groepen dienen tot voedsel voor verschillende roof-dieren, nl. micro- en macroroofdieren. Ieder van deze groepen wordt afzonderlijk besproken.

IV. Beknopt overzicht en besluiten : de werking van de bodemfauna

A. Zijn functie t. o. v. de energie

Aan ieder biologisch niveau beantwoordt een bepaalde vorm van energie en het overgaan van het ene naar het andere kan slechts gebeuren

mits het tweede niveau een grotere entropie-waarde heeft. Men kan zeggen dat de zonne-energie een geleidelijke degradatie ondergaat in de biosfeer. Dit belet evenwel niet dat een deel van de zonne-energie als het ware opgestapeld wordt, zodat de biosfeer de degradatie van de zonne-energie aan het aardoppervlak vertraagt. Er wordt verder gewezen op het belang van de stofwisseling en de CO₂-productie.

B. De biochemische functie

Deze functie van de bodemfauna is nog weinig gekend. De organische stof, opgenomen door de dieren, ondergaat in hun verteringsstelsel een mechanische en scheikundige omzetting, die noodzakelijk is voor de synthese van de specifiek dierlijke moleculen.

C. De microbiologische en katalytische functie

Het is na opname door de dieren dat vele micro-organismen verder verspreid worden in de grond. De verbrijzeling van het materiaal dat opgenomen wordt, verhoogt in aanzienlijke mate zijn oppervlakte en begunstigt, samen met de chemische aantasting die het in het verteringsstelsel onderging, de verdere afbraak door bacteriën, actinomyceten en fungi.

D. Mechanische en fysische functie

De invloed van de bodemfauna op de bodemstructuur is zeer aanzienlijk. De grond wordt omgewoeld en doorlatend gemaakt, zodat water en gassen er beter in kunnen doordringen en doorsijpelen. Ook worden de verschillende bodemhorizonten doorengemengd wat de wortelontwikkeling van de planten bevordert.

E. De fysico-chemische functie

Het metabolisme van de bodemfauna verhoogt het gehalte aan colloïdale stoffen in de grond zodat het waterretentievermogen en de actieve oppervlakte toeneemt.

F. De chemische functie

De bodemfauna brengt een grote hoeveelheid CO₂-gas voort, wat ten goede komt aan de planten en de chemische verwerking van de rotsen in de hand werkt.

G. Functie als bron van primaire energie

De massa eiwitten, koolwaterstoffen en vetten die de bodemfauna bevat, draagt in ruime mate bij tot de energievoorziening en hun afvalstoffen betekenen een aanzienlijke verrijking voor de humus.

V. De evolutie van de bodemfauna en hare gevolgen

Om in een bodem een dynamisch evenwicht op hoog energetisch peil te bekomen moeten volgende voorwaarden vervuld zijn :

A. *Gunstige biotische en abiotische voorwaarden voor het ontstaan van levensgemeenschappen.*

B. *Het bestaan van een bron van primaire energie.*

In gans deze studie werden deze voorwaarden verondersteld vervuld te zijn. Maar indien, bv. door het wegnemen van de vegetatie, het evenwicht grondig verstoord wordt, dan treden ook diepgaande veranderingen op in het mikroklimaat en daardoor in de levensgemeenschap van de bodemfauna. Deze verarmt geleidelijk aan en kan zelfs totaal verdwijnen. In deze geleidelijke daling van het energetisch peil kunnen twee mogelijkheden zich voordoen: ofwel blijft de oorzaak van de evenwichtsverbreking voortbestaan, en ontstaat er irreversiebele woestijnvorming; ofwel wordt deze oorzaak weggenomen op een ogenblik dat deze reversibiliteit nog mogelijk is en een nieuw evenwicht nog terug bereikt kan worden.

C. *Dit teloorgaan is niet louter theoretisch, want een regelmatige verarming van de microfauna kon in bepaalde omstandigheden stap voor stap gevolgd worden. Na herinnerd te hebben aan de verantwoordelijkheid van de mens t. o. v. de natuur, wordt nogmaals gewezen op het zeer ingewikkeld karakter van de levensgemeenschappen van de bodemfauna en op de noodzakelijkheid er de wetten van te doorvorsen om er rekening mee te kunnen houden.*

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEE, PARK, EMERSON, PARK, SCHMIDT — *Principles of animal Ecology*
- BIRCH L. C. et CLARK D. P. — *Forest soil as an ecological community, with special reference to the fauna.* Quart. Rev. Biol., 28, 1, pp. 13-36 (1953)
- DEBAUCHE H. R. — *Problèmes de biocénétique.* Revue des Quest. Scient., pp. 58-89 (1958)
- FRANZ H. — *Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege.* Akademie Verlag, Berlin, 316 p. (1950)
- GAUSSEN H. — *Le dynamisme des biocénoses végétales.* Année Biolog., Tome 27, fasc. 2 (1951)
- HEIM R. — *Destruction et protection de la nature*
- JEANNEL R. — *La Genèse des faunes terrestres.* Presses universitaires de France (1942)
- KEVAN D. K. — *Soil Zoology.* Butterw. Scient. Public. (1955)
- KÜHNELT W. — *Bodenbiologie.* Verlag Herold, Wien (1950)
- LAWRENCE R. F. — *The biology of the cryptic fauna of forests.* Cape Town
- MALDAGUE M. E. — *Relations entre microfaune et microflore du sol dans la région de Yangambi (Congo belge).* Agricultura, Vol. VI, 2^e série, n^o 2, pp. 339-351 (1958)
- Rapport annuel pour l'exercice 1956. Publications de l'INÉAC. Hors série, pp. 171-175 (1957)
- NEF L. — *État actuel des connaissances sur le rôle des animaux dans la décomposition des litières de forêts.* Agricultura, vol. V, 2^e série, n^o 3, pp. 245-316 (1957)
- POCHON J. et TCHAN Y. T. — *Précis de microbiologie du sol.* Masson et Cie, éditeurs, Paris (1948)
- SIMONART P. — *Introduction à la microbiologie générale.* Masson et Cie, éditeurs, Paris

Arboretum de Stanleyville

par

P. LIEGEOIS

Ingénieur des Eaux et Forêts Colonial Lv.

S'appuyant sur l'opinion de diverses personnalités appartenant aux milieux industriels et scientifiques touchant l'avenir du bois : sa transformation éventuelle en pétrole, implantation de nouvelles industries basées sur le traitement du bois, etc., l'auteur estime importante la connaissance des accroissements des arbres de la forêt équatoriale. En effet, un plan d'exploitation industrielle des forêts congolaises devra surmonter les difficultés dues à la diversité des espèces, des tailles et des formes rencontrées. L'ingénieur forestier aura pour tâche d'y substituer des peuplements homogènes, à grand accroissements et de haute valeur, dont le traitement est économique. Une première possibilité de sélection est offerte par l'examen des espèces de l'arboretum, toute limitée qu'elle soit. L'auteur donne les caractéristiques des peuplements et analyse les accroissements en s'aidant de photos et tableaux.

Avant-propos

Cet article fait suite à la première publication des données dendrométriques qui ont paru dans le *Bulletin Agricole du Congo Belge*, en 1950, en une documentation statistique et photographique.

La connaissance de l'accroissement des arbres de la forêt équatoriale est d'autant plus importante que des économistes et des industriels se penchent sur ses ressources latentes.

La matière ligneuse deviendra le point de départ de plusieurs industries citées par le Président du Groupe des Industries des bois du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, M. F. PÊCHE, dans sa présen-