

Influence des divers types de végétation sur les caractères et l'évolution des sols en régions équatoriales et subéquatoriales ainsi que leurs bordures tropicales semi-humides

par

le professeur G. Aubert

L'évolution des sols est soumise à l'influence d'un certain nombre de facteurs. La végétation n'est que l'un d'eux, facteur actif d'ailleurs comme l'est le climat. Déterminer le rôle de la végétation n'est possible que par application de la méthode expérimentale ou par des observations nombreuses, précises et détaillées. Ainsi seulement le facteur végétation pourra être isolé.

Le climat est un autre de ces éléments dont dépend l'évolution d'un sol. Dans toutes les zones étudiées ci-dessous il reste du type tropical-humide ou subéquatorial, mais la longueur de la saison sèche et la répartition des diverses périodes climatiques peuvent varier. Ces éléments ne sont pas sans influence sur l'évolution du sol. Leurs variations importent plus cependant dans celle des sols de savane que dans celle des sols de forêt où le pédo-climat reste, malgré tout, plus constant.

Nous ne chercherons à comparer sols de savane et sols de forêt que dans des cas de drainage identique et aussi facile que possible. En des sols mal drainés, le caractère d'hydromorphie devient tellement prédominant que les variations possibles d'autres facteurs ne peuvent plus avoir qu'une influence faible. La similitude de drainage doit porter tant sur la présence de la nappe phréatique que sur ses mouvements, sur les variations possibles de son niveau, ainsi que sur la répartition des périodes d'engorgement par l'eau et de sécheresse des horizons supérieurs (observation de J. Miège).

Nous nous efforcerons de limiter cette étude aux sols dont la végétation est naturelle, plus ou moins influencée, peut-être, par l'homme (divers types de forêts, savanes, etc.).

L'influence de la végétation est faible sur le processus général d'évolution du sol, où elle joue surtout indirectement par son action sur le pédo-climat, sur les processus secondaires qui peuvent affecter cette évolution, durcissement, cuirassement, lessivage, ou même, en quelques points, formation d'un humus grossier.

INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION SUR LE CLIMAT DU SOL

Une végétation suffisamment dense réduit considérablement la radiation totale atteignant le sol. Aubreville [3]¹ a mesuré des réductions de 68 à 75 % en République Centrafricaine et de 81 à 85 % au Cameroun.

Il s'ensuit une diminution de la température du sol sous savane par rapport au sol nu et plus encore sous forêt. Cette influence joue surtout sur le maximum de température. L'amplitude thermique journalière à la surface du sol peut être fortement diminuée. Les mesures suivantes en sont la preuve.

TABEAU 1. Influence de la végétation sur le climat du sol (d'après le Dr. L. T. Alexander, J. d'Hoore, R. Maignien et G. Aubert).

Lieu et heure	Température atmosphérique	Température en surface		
		Cuirasse nue	Couvert herbacé	Couvert forestier
	°C.	°C	°C	°C
Tianguel Bori (Guinée)				
8 heures	22,2	26,8	24,7	21,6
11 heures	28,3	44	41,5	22,7
14 heures	36	53,5	50,4	26,9
Kiendi, près Bondoukou (Côte-d'Ivoire)				
8 h 30		29,8	27,4	25
10 h 30		44,3	37,4	26,8
12 h 30		52,4	40,6	28,8
14 h 30		43,2	36,8	28,2

De nombreux auteurs ont cité des résultats analogues. En Afrique orientale, d'après P. Vageler [27], la température du sol nu variant de 50 à 54° C celle du sol voisin sous végétation herbacée était de 34° C et sous forêt, de 25° C seulement.

1. Les numéros entre crochets renvoient à la bibliographie, p. 47.

Au Congo belge, Beirnaert [6] a mesuré une différence de 17° C entre la température de la surface du sol et sous forêt, au Soudan B. Jaeger [13], 15° C entre un sol sous savane et le sol voisin sous forêt.

L'intensité de cet effet de la végétation varie avec le type même de végétation. Les études correspondantes ont été fréquemment conduites dans le cas des plantes cultivées, en particulier, dans celui des engrais verts et des plantes de couverture. Leur rôle en agriculture tropicale, tient, pour une bonne part, dans ce fait.

L'amplitude thermique varie également à l'intérieur du sol en fonction du type de végétation. Ainsi, en Guinée, en sol ferrallitique, à 20 cm de la surface, sous tapis graminéen l'amplitude thermique journalière fut de 13,6° C, elle s'abaisse à 1,6° C sous la forêt voisine. Si le profil thermique du sol varie en fonction de la végétation qui le recouvre il en est de même du profil hydrique.

Comme cela a déjà été signalé par divers auteurs dont Jaeger [13] la forêt dense de la zone tropicale humide et les îlots de forêt pas trop dégradés, en zone tropicale subhumide, conservent l'horizon superficiel du sol et la couche de l'atmosphère qui est en contact humides toute l'année, même pendant la période sèche. Les conséquences d'un tel fait sur la décomposition des débris végétaux par voie microbienne sont considérables ; la vie microbienne peut rester très active toute l'année, et, toute l'année, la décomposition de la matière végétale est rapide et aboutit à des produits humiques en petite quantité, et très évoluée, au moins tant que les autres facteurs de cette transformation (drainage, alimentation minérale des microorganismes) le permettent. L'influence de la végétation se fait également sentir sur l'humidité du sol par l'intermédiaire de ses racines qui y puisent l'eau qui lui est nécessaire. Ainsi, en Casamance, R. Fauck et C. Charreau ont comparé un sol faiblement ferrallitique sablo-argileux nu, et le même sous forêt, tout à côté. Leurs humidités n'étaient égales qu'en dessous de 1,20 m en surface, le sol de forêt était plus humide que le sol nu ; de 30 à 80 cm l'inverse avait lieu, puis la différence s'atténuait et à 1,20 m les deux sols avaient même humidité.

L'épaisseur de sol soumise à cette influence varie très largement en fonction du type d'enracinement de chaque végétation, en particulier dans le cas de cultures ou de plantations forestières (observations de Auriol et Henry [4] en Indochine). La différence d'humidité entre sol nu et sol couvert de forêt varie en fonction des saisons, mais aussi du temps écoulé depuis le défrichage : en période de pluie, ou en période sèche juste après que la végétation a été supprimée, le sol nu peut être plus humide que le sol sous forêt voisin.

Ainsi, indirectement, par son influence sur le pédoclimat, la végétation agit sur la vie microbienne et sur l'évolution de la matière organique et, par là, aussi sur celle de la matière minérale du sol.

INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION SUR LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

Sous forêt comme sous savane la matière organique des sols normalement drainés des régions équatoriales et tropicales humides correspond à un type d'humus doux. Son rapport C/N reste bas ; les valeurs observées le plus souvent sont comprises entre 8 et 12 dans l'horizon superficiel des sols forestiers, et s'abaissent un peu entre 7 et 9 en général — dans les horizons plus profonds. Dans les sols sous savane, ce rapport atteint des valeurs un peu plus élevées : 13 à 15 en surface, 9 ou 10 en profondeur. Les quelques comparaisons valables établies entre deux sols voisins sous savane non dégradée et sous forêt ont confirmé ce fait. On doit cependant remarquer que sous savane soumise, actuellement ou dans les temps passés, aux feux les chiffres obtenus pour la teneur en carbone des horizons supérieurs sont souvent un peu trop élevés : une certaine fraction de ce carbone ne correspond, en fait, qu'à du charbon inerte provenant de ces incendies.

De rares études ont porté sur l'effet du type de forêt ou du type de savane sur ces valeurs. Pernet [20] à Madagascar, a trouvé des chiffres différents suivants les espèces utilisés pour des reboisements forestiers ou pour des prairies artificielles sur un même type de sol.

Les caractères de l'humus des sols de la forêt dense paraissent varier assez sensiblement en fonction des conditions climatiques et principalement de la pluviosité. D'après N. Leneuf [17], en Côte-d'Ivoire, les valeurs minima de leur C/N correspondent à des chutes de pluie annuelles de 1 300 à 1 700 mm. Dans les zones un peu moins arrosées et à saison sèche longue, elles sont plus élevées. Elle le sont aussi dans celles à climat plus équatorial. Ce fait a été également signalé par divers auteurs, dont P. Ahn, au Ghana. L'humus des sols de forêts équatoriales paraît plus dispersé et plus mobile, et s'il est très rare de trouver dans leurs profils des horizons d'accumulation humique, par contre on observe très fréquemment l'enrichissement des eaux des rivières de ces régions en cette matière [28]. Dans quelques cas en régions tropicales humides ou équatoriales, l'humus formé doit être considéré comme un humus grossier. Il s'agit généralement de sols très mal drainés, ou même complètement engorgés et formés sur des matériaux très perméables et très pauvres ; sables quartzes, par exemple. Leur évolution peut être poussée jusqu'au stade du podzol [18]. Un tel sol peut aussi se développer au sommet d'un matériau ferrallitique comme dans le nord du Congo. Certains types de végétation paraissent faciliter leur formation. Tel est le cas des Niaoulis (*Melaleuca - leucadendron*) en Nouvelle-Calédonie [25].

Plus remarquable encore est celui cité par Fosberg [11], des *Pisonia grandis*, qui donnent, en surface, du matériau calcaire sur lequel se développe dans les îles Wallis, un humus brut très caractéristique.

Si les conditions de l'hydromorphie s'accroissent au

point qu'elle devient permanente et totale, il peut se constituer de véritables tourbes (Guinée, Madagascar, etc. [1]). En général il s'agit là de tourbes basses assez typiques, mais rarement très épaisses. Parfois ce que l'on observe est un matériau tourbeux très fluide, mélange d'eau et d'éléments végétaux plus ou moins évolués. Les tourbes à sphaignes semblent exister cependant. Elles ont été signalées en Malaisie et en Indonésie (Richards) et aux environs de Brazzaville (J. Trochain). En bordure de la côte, un sol semi-tourbeux peut se former sous une végétation spéciale : la mangrove. Si celle-ci est à base de *Rhizophora*, il est riche en sulfures et SH_2 . Ces éléments ne s'y trouvent qu'en plus faible quantité dans les sols couverts d'une végétation à *Avicennia* [9].

Sous forêt dense tropicale équatoriale la matière organique d'un sol bien drainé se présente à la fois sous la forme d'un lit de débris végétaux en cours de décomposition et sous celle d'un élément très évolué, bien mêlé aux éléments minéraux, mais assez concentré dans la partie supérieure du profil.

Il a été souvent admis que la quantité totale de matière organique de ces sols est très faible. Cela paraît assez vrai, relativement à la quantité importante de matière végétale disposée à la surface du sol ou en lui chaque année. C'est exact aussi lorsqu'on détermine cette valeur dans un ancien sol forestier actuellement cultivé. Par contre si on la mesure dans un sol forestier non dégradé, on en trouve souvent de 3 à 5 % quelquefois même un peu plus, dans l'horizon supérieur. Ces chiffres ont tendance à être plus élevés si le sol est moins bien drainé, et, surtout, dans le cas de sols formés sur une roche riche en éléments calciques : basalte, amphibolite, dolérite, etc., comme cela a été signalé à Madagascar [23], au Cameroun [14], aux Hawaï [24], etc. Cette valeur dépasse alors, souvent, 7 à 10 % et peut atteindre des chiffres très élevés.

Dans les sols ferrallitiques formés sous forêt, la répartition de cette matière organique est la suivante (d'après les premiers résultats d'une étude poursuivie à l'Institut d'enseignement et de recherches tropicales, à Bondy sur des échantillons de sols d'Afrique, par M^{lle} Ch. Thomann [26] : en dessous de la litière peu épaisse, et bien séparée du sol sur lequel elle repose, les 5 à 7 premiers centimètres sont riches en matière organique en voie de décomposition rapide, puis la teneur en cet élément se maintient à un taux assez faible jusqu'à 25 à 30 cm suivant les cas. Elle est très faible ensuite. D'après cette étude les acides humiques apparaissent comme très concentrés dans l'horizon supérieur du profil. Il n'en reste presque plus au-delà de 25 cm, et seuls les acides fulviques se retrouvent en profondeur.

Sous savane la matière organique est répartie de façon plus régulière, et sur une plus grande profondeur dans le sol. Les acides humiques y sont en plus grande

quantité. Si l'on compare sol de savane et sol de forêt en deux lieux très voisins sur un même type de sol, on observe parfois une richesse en matière organique du profil total un peu plus élevée sous savane que sous forêt. Il n'en est plus de même si la comparaison porte sur des sols de forêt et des sols de savane, évoluant sous des pluviométries différentes, plus faible dans le deuxième cas.

VÉGÉTATION ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL

Très peu de comparaisons ont été effectuées entre les propriétés physiques des sols de la forêt équatoriale, et celles des sols de la savane adjacente ou entre celles de sols de divers types de forêts. Dans la mesure où la végétation influe sur la teneur en matière organique du sol, sur son caractère et sa répartition, il est certain qu'elle influe aussi sur ses propriétés physiques. Son action dépend également de son type d'enracinement et celui de la savane, où les graminées ont une part importante, peut favoriser l'obtention d'une bonne structure. Il n'empêche que très souvent l'on observe une structure plus compacte sous savane que sous forêt. Cette dégradation est due, en fait, à une cause indirecte : avant d'être en savane, le sol a subi une phase culturale, qui est responsable, elle, de la dégradation structurale observée.

Remarquons aussi que la forêt peut par son enracinement profond accroître la perméabilité totale du sol : des racines, surtout après décomposition, constituent autant de canaux de pénétration de l'eau en profondeur.

VÉGÉTATION ET RICHESSE CHIMIQUE DU SOL

Les comparaisons effectuées l'ont été plus souvent entre sol forestier et sol de culture qu'entre sols couverts de différentes végétations naturelles. Parfois, cependant, elles l'ont été entre sols de savane et sols de forêt. Citons seulement, parmi d'autres, les travaux de Berlier, Dabin et Leneuf [7] en basse Côte-d'Ivoire, de Bachelier [5] au Cameroun, de Pernet [20] à Madagascar, de Nye [19] au Ghana.

Pour comparer globalement la teneur en éléments échangeables solubles des divers sols, on peut faire porter l'étude sur la valeur de leur pH. La réaction des sols de savane est généralement plus élevée en savane qu'en forêt si l'on ne les compare pas sous le même type de climat. En revanche, s'il s'agit de deux sols très voisins, de même nature, le sol de savane est, en général, un peu plus acide (différence de pH 0,2 à 0,4) que le sol de forêt. Le lessivage des bases par l'eau de pluie est moins fortement limité par la végétation de savane que par celle de la forêt. Sous savane le pH reste aussi plus constant à travers le profil que sous forêt (voir tableau 2).

TABLEAU 2. Influence de la végétation sur la réaction des sols en zone tropicale humide ou équatoriale (d'après B. Dabin, N. Leneuf, R. Pernet, G. Aubert).

Lieu	Profondeur	pH
cm		
<i>Sous savane</i>		
Minan Kro (Côte-d'Ivoire)	0 à 20	6,3
	40	6,5
	80	6,2
Bouaké (Côte-d'Ivoire)	0 à 20	5,8
	30 à 40	5,9
	60 à 70	5,7
	110	5,5
<i>Id.</i>	0 à 10	5,8
	30 à 40	5,9
	60	6
	120	5,9
<i>Sous forêt</i>		
Madagascar	surface	6,1
	0 à 10	5,8
	15 à 40	5,7
	100	5
Soubré (Côte-d'Ivoire)	0 à 15	6,1
	40 à 50	5
	80 à 100	5,5
	150	5,5
Couta (Côte-d'Ivoire)	0 à 10	5
	10 à 30	4,5
	60	4,5
	100	4

Le remontée du pH du sol sous forêt n'est pas toujours aussi nette. Sous certains peuplements (conifères en particulier) elle ne se produit pas. Elle existe cependant même sous la teckeraie, dont l'humus est souvent décrit, pourtant, comme acidifiant.

Ainsi à Bamoro (Côte-d'Ivoire) B. Dabin a obtenu les chiffres suivants, sous teckeraie de vingt ans :

Profondeur	pH
0 à 25 cm	6,8
50	6,1
70	6,3
100	6,3

Cette remontée du pH dans l'horizon superficiel du sol de la forêt dense doit être mise en corrélation avec l'accroissement que l'on peut observer de sa teneur en bases échangeables, ou, plus exactement, de son taux de saturation. C'est surtout l'augmentation de la teneur en Ca échangeable qui joue dans ce phénomène. Les exemples en sont très fréquents (cf. tableau 4 de l'article de M. Lemée cité ci-dessus [16]). Ces éléments ba-

siques proviennent de la décomposition de la matière végétale à la surface du sol. Les 15 à 20 tonnes de matière sèche (mesure de Meyer et Laudelout [15], et de Bernaert [6] au Congo belge) déposée sur le sol ou dans son horizon supérieur chaque année, lui redonnent 80 à 105 kg de Ca, 50 à 55 kg de Mg, 50 à 90 kg de K par hectare. Ces chiffres varient un peu en fonction du type exact de végétation. Ce processus de remontée biologique sous la forêt ne joue pas seulement pour les éléments basiques, mais aussi pour l'acide phosphorique [19] et pour certains oligo-éléments (G. Aubert et M. Pinta). Dans le sol ferrallitique de Dakpadou dans l'ouest de la basse Côte-d'Ivoire [2] nous avons trouvé :

	Zn	Co	Fe	Cu	Mn
En surface	3	0,3	13	1,4	24
A 1 m	3	0,04	3,5	0,6	1
De 1,2 m à 1,5 m	4	0,06	7	1,4	4,2
De 2 m à 2,25 m	6	0,08	9,5	1,2	2,3

Dans ce sol le système racinaire est très développé en surface et jusqu'à 1,50 m il joue aussi un rôle dans l'accumulation de ces éléments en profondeur.

Dans certains cas cependant cette influence "regrandante" de la végétation forestière peut être contrebalancée, soit par celle du climat très humide : formation des oxysols, très acides dès la surface au Ghana (P. Ahn) et des sols ferrallitiques lessivés en Côte-d'Ivoire (G. Aubert, N. Leneuf, B. Dabin) soit par celle de la pente (B. Dabin).

Ces particularités dans l'horizon supérieur des sols de la forêt dense ont des conséquences qui paraissent importantes.

Sur le plan agronomique, on est amené a) à tenter, lors du défrichage des sols en vue de leur mise en valeur, de protéger, dans toute la mesure du possible, cet horizon, même si cela doit amener à modifier les méthodes de défrichage (abattage à la main au lieu d'abattage à la machine) ; b) à éviter au maximum l'érosion, même très superficielle, en nappe ; c) à penser que l'appauvrissement du sol par les cultures est surtout dû au fait que leur système racinaire est, le plus souvent, moins apte que celui de la forêt à limiter l'entraînement en profondeur des éléments fertilisants par les eaux de pluie.

Sur le plan pédologique, la végétation forestière apparaît comme un facteur de limitation des processus de dégradation du sol par les agents atmosphériques. Cet effet ne peut être considéré comme total.

Certains des éléments non repris par les racines de la forêt dans les solutions du sol (hydroxydes métalliques en particulier) sont bloqués sur place en profondeur et se transforment en concrétions ou en éléments de carapace, comme cela a été montré dans le cas du sol de Dakpadou en Côte-d'Ivoire [2]. La présence de

savane dense intensifie ce phénomène par rapport à la forêt. D'autres éléments (bases, silice) sont au contraire entraînés plus profondément. La forêt joue ainsi un rôle de filtre, principe bien connu mais formulé — de façon un peu schématique d'ailleurs, malheureusement — par H. Erhart [10] et qui est un des éléments de la théorie générale à laquelle il a donné le nom de "Bio-rhexi-stasie".

VÉGÉTATION ET ÉROSION DU SOL

La savane non dégradée peut défendre aussi bien le sol contre l'érosion que la forêt, mais celle-ci se protège mieux contre la dégradation. Aussi en pratique la forêt dense a-t-elle un effet antiérosif supérieur à celui de la savane. Dans cet enlèvement du sol qu'est l'érosion, plusieurs facteurs interviennent : action mécanique des gouttes de pluie, qui est plus limitée, quoique non complètement [22], par la forêt que par la savane ; destruction de la structure du sol, plus rapide sous la savane, surtout dégradée ; entraînement des éléments ainsi isolés, qui est plus limité par la forêt.

La forêt dense ne supprime pas complètement l'érosion. Les chiffres ci-dessous obtenus dans les parcelles expérimentales d'Adiopodoumé en font foi [12] : terre enlevée sous forêt, 2,5 tonnes par hectare et par an ; sous engrais vert, 40 à 50 tonnes ; en sol nu, 118 tonnes.

La forêt dense limite l'érosion moins que la forêt tempérée car sa litière est séparée du sol et permet ainsi le passage de l'eau entraînant la terre entre ces deux surfaces ; cette litière est elle-même beaucoup moins dense dans le premier cas (G. Mangenot).

En dehors de cette érosion en nappe, l'on peut observer sous forêt dense une érosion en masse par arrachement de terre par les arbres déracinés, ou par glissement lent le long des versants de massés de terre avec toute leur couverture végétale.

À ces conditions particulières de l'érosion doit, probablement, être rattachée la forme généralement concave des bases de versants sous forêt.

VÉGÉTATION ET ÉVOLUTION GÉNÉRALE DES SOLS

Notre connaissance de l'influence de la végétation sur l'évolution générale fondamentale du sol en région équatoriale ou tropicale humide est très limitée.

Contrairement à ce qui se produit dans les processus de podzolisation ou même de steppisation, elle paraît très limitée, partiellement en raison, d'ailleurs, de la grande profondeur des sols tropicaux.

Elle n'est cependant pas nulle, comme cela a été indiqué parfois [8]. Son rôle est double ; la forêt, mieux que la savane, limite les lessivages des bases ; la forêt beaucoup mieux que la savane, permet, par son action sur le pédo-climat, la destruction presque totale des "éléments actifs" de ses propres débris qui ne peuvent ainsi plus jouer le rôle qu'ils ont dans certains sols.

En revanche l'influence de la végétation dans ces régions est surtout forte sur les phénomènes secondaires d'évolution :

- a) lessivage, soit les éléments facilement entraînés en solution (bases), ou en pseudosolution (oxydes et hydroxydes métalliques et surtout de fer) ; ainsi se seraient formés à Madagascar, sous l'influence de la savoka qui s'installe après défrichement de la forêt, les horizons supérieurs jaunes de certains sols rouges en profondeur [21] ;
- b) concrétionnement, plus rapide, et plus intense, en même temps que plus régulièrement réparti dans l'ensemble du profil, sous savane que sous forêt. Cependant cette dernière paraît jouer un rôle actif dans le durcissement (Carapace) observé en profondeur dans certains sols de basse Côte-d'Ivoire : Dakpadou, Divo, Couta, etc.

En conclusion de ce rapport, incomplet peut-être en bien des points, mais dans lequel tout le côté microbiologique du problème, étudié par quelques chercheurs en divers instituts des régions tropicales, (Adiopodoumé, IRSAM à Madagascar, Yangambi, etc.) nous devons noter que bien peu de questions relatives à l'influence de la végétation dans l'évolution des sols en régions équatoriale et tropicale humides ont été résolues. Il est indispensable que les recherches, observations et expérimentations soient poursuivies, en particulier dans deux directions :

Influence du type d'enracinement de la végétation sur la structure du sol et la répartition des éléments dans le profil ;

Etude des divers types de matière organique et d'humus sous des végétations différentes, mais sous le même climat et les mêmes matériaux originels.

Summary

Influence of various types of vegetation on the characteristics and evolution of soils in equatorial, sub-equatorial and adjacent semi-humid tropical regions (G. Aubert).

Vegetation is only one of the active factors influencing evolution of the soil. Climate is another.

A sufficiently dense vegetation reduces considerably total solar radiation reaching the soil. Thermal range inside the soil varies as a function of the type of vegetation on the soil. Through the agency of roots which draw up necessary water, vegetation influences soil humidity.

As under savanna, so under forest, organic matter in normally drained humid tropical soils of equatorial and humid tropical regions is of the soft variety.

The humus characteristics of soils under dense forests appears to vary according to climatic conditions and primarily as a function of rainfall. Under dense equatorial forests, organic matter in a well drained soil appears at times as a layer of vegetal remains undergoing decomposition, and at others as a well developed

element, and concentrated in the upper part of the profile.

Very little comparative studies have been made on the physical properties of equatorial forest soils and those of adjacent savanna and on the physical properties of soils of various types of forests. Comparative studies already carried out concern forest and cultivated soils on the one hand and soil under different natural vegetation on the other.

Undisturbed savanna is as capable of protecting soil against erosion as forests, but the latter resists modification better.

Present knowledge of the influence of vegetation on the basic evolution of equatorial and humid tropical soils is very limited.

Further research is necessary on the following two points: (a) influence of pattern of root development in the structure of the soil and the distribution of elements in the profile; (b) various types of organic matter and humus under different vegetation, but under the same climate and raw material.

Discussion

Une vive discussion a lieu sur l'importance de l'érosion sous la forêt dense, et le rôle protecteur que celle-ci peut jouer. MM. BOATENG, FOSBERG et KOVDA insistent sur la nécessité de bien différencier érosion normale et érosion accélérée; et les deux derniers sur le rôle de la structure géologique de la région étudiée et de sa géomorphologie sur la gravité qu'y peuvent présenter les phénomènes érosifs. M. MANGENOT donne quelques exemples précis d'érosion sous forêt (micro-cheminées de fée, racines dénudées, etc.) et M. AHN, de ruissellement brutal et intense observé dans ce milieu lors de fortes pluies. M. VAN BAREN défend le rôle protecteur de la forêt en se fondant sur la clarté des eaux des rivières en région forestière. MM. PURI et AUBREVILLE mettent en évidence, à l'aide d'exemples pris aux Indes dans la région des Siwaliks, par le premier, dans les Appalaches et à Madagascar, par le second, la grande intensification de l'érosion après la destruction de la forêt. M. FOURNIER fait ressortir au moyen des résultats des parcelles expérimentales et d'études sur les débits solides des rivières que l'érosion sous forêt dense, si forte qu'elle puisse parfois apparaître, ne correspond pratiquement qu'à l'érosion normale.

A la demande de M. KOVDA au sujet de l'influence de la forêt dense sur l'hydrologie profonde du sol, M. TROCHAIN donne des exemples de formation de marécages lors de la mise en culture de certaines zones de forêts galeries, mais plusieurs délégués insistent sur la non-existence de cette transformation lors de la repousse d'une brousse secondaire, ce qui différencie nettement les sols de la forêt dense de

ceux de la forêt des zones tempérées (M. AUBERT). M. KOVDA met en relief le rôle du système racinaire de la forêt dans la formation de l'humus du sol. D'autres délégués (MM. VAN BAREN, AUBERT) voient plutôt ce rôle dans l'accroissement de la pénétration des solutions en profondeur. Il insiste également sur la nécessité d'études plus approfondies et plus nombreuses sur la composition des débris végétaux dans ces régions tropicales humides ou équatoriales, étant donnée leur grande importance dans le cycle biologique des éléments minéraux. M. PURI donne un rapide résumé des résultats très nombreux et importants obtenus par les chercheurs forestiers aux Indes sur l'influence des divers reboisements dans la formation de la matière organique et de l'humus du sol, le cycle de l'azote, du calcium, du magnésium, etc. Ils ont été publiés dans *Indian Forester* depuis 1955.

Une discussion, à laquelle prennent part surtout MM. AHN, BOATENG, DABIN, met en évidence certaines différences apparentes entre les sols du Ghana et ceux de Côte-d'Ivoire en ce qui concerne l'érosion sur les sables tertiaires, plus forte en Côte-d'Ivoire, et l'acidification des horizons supérieurs des sols forestiers des régions très pluvieuses (plus de 1800 mm) dénommés oxysoils, et qui paraît plus forte au Ghana.

M. VAN BAREN met en évidence l'apparente contradiction entre la très forte teneur en matière organique à la fois sur sols riches en bases (basaltes) et sur sols acides (tourbières). M. AUBERT fait remarquer qu'il s'agit de deux processus bien distincts et aboutissant à la constitution de matériaux

humiques de caractères très différents : humus calcique, bien évolué, et accumulé grâce à son type de structure qui réduit sa surface d'attaque par les micro-organismes dans le premier cas ; humus peu évolué, accumulé par suite de la réduction de la vie microbienne par manque d'oxygène ou d'aliments, dans le second cas. La discussion se poursuit sur les tourbes (MM. AUBERT, VAN BAREN, DABIN, PURI, RICHARDS et TROCHAIN) et ces deux derniers soulignent la présence de tourbes hautes à Bornéo d'une part et près de Brazzaville d'autre part.

M. D'HOORE insiste sur le fait que certains sols jeunes peuvent apparaître très profonds, sur un matériau d'altération très épais ; et M. MAIGNIEN sur le fait que cette altération

peut se poursuivre en profondeur sous une cuirasse très épaisse. Un rapide échange de vues entre ce dernier et MM. VAN BAREN et AUBERT vient clore l'ensemble du débat.

SUMMARY OF THE DISCUSSION

It is necessary to differentiate between normal erosion and accelerated erosion. Geological structure of the region studied and its geomorphology have a dominating influence on the erosion process.

Root formations under forest strongly influence humus formation in the soil.

Bibliography / Bibliographie

1. AUBERT, G., "Les sols d'Afrique-Occidentale française", *Encyclopédie coloniale et maritime*, t. I, Paris, 1949 : 205-215, 15 ph., 4 tabl.
2. —, "Les sols latéritiques", *C. R. V^e Congrès intern. Sci. Sol I*, Léopoldville 1954 : 103-118, 1 tabl., bibl. (58 réf.).
3. AUBREVILLE, A., "Observations d'écologie générale", *Agronomie tropicale*, 1947 : 11-12, 592-613, tabl., fig.
4. AURIOL ; HENRY. In JAEGER (13).
5. BACHELIER, G., "Les sols de savane du Sud-Cameroun", *Bull. Inst. Et. Centrafricaines*, nouvelle série, 1957 : 13-14, 7-27, 2 fig., 1 tabl.
6. BEIRNAERT, *La technique culturale sous l'équateur*, publ. INEAC, sér. techn. 26, 1941, 86 + XI p., 1 pl. h. t., 4 fig., 22 f., bibl.
7. BERLIER, Y. ; DABIN, B. ; LENEUF, N., "Comparaison physique, physico-chimique et microbiologique entre les sols de forêt et de savane sur les sables tertiaires de la basse Côte-d'Ivoire", *VI^e Congr. int. sci. sol*, Paris, 1956, V-81, E-499-502, 1 carte, 1 tabl.
8. CLAISSE, G., "Étude de l'altération de la charnockite de Man", *Ann. Agron.* 4 (1), 1953 : 45-52.
9. DENT, J. M., "Some soil problems of empoldered rice lands in Sierra Leone", *The Emp. Journ. Exp. Agri.* XV (59), 1947 : 206.
10. ERHART, H., *La genèse des sols en tant que phénomène géologique*, Paris, Masson, 1956, 90 p.
11. FOSBERG, F. R., "Soils of the Northern Marshall atolls, with special reference to the Jemo series", *Soil Sc.*, 78 (2), 1954 : 99-107.
12. FOURNIER, F., *Contribution à l'étude de la conservation du sol en Afrique-Occidentale française*. Paris, ORSTOM, 1958, thèse secondaire.
13. JAEGER, P., "Forêts reliques du Soudan occidental" *Bull. IFAN, A*, 4, oct. 1956 : 993-1053, fig., graph., bibl. (84 réf.).
14. LAPLANTE, A. ; BACHELIER, G., "Les principaux sols formés sur roches volcaniques au Cameroun", *II^e Conf. interafr. Sols, Léopoldville*, I (31), 1954 : 441-451, tabl.
15. LAUDELOUT, H. ; MEYER, J., "Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise", *C.R. IV^e Congrès intern. Sci. Sol II* (3), Amsterdam, 1950 : 267-272.
16. LEMÉE, G., "Effet des caractères du sol sur la localisation de la végétation en zones équatoriale et tropicale humide", *Tropical soils and vegetation / Sols et végétation des régions tropicales*, Paris, Unesco, 1960, p. 25.
17. LENEUF, N., *L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte-d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés*, Paris, Lang Grandemange, 1959, 210 p., 44 ph., 1 tabl., bibl. (153 réf.).
18. — ; OCHS, R., "Les sols podzoliques du cordon littoral en basse Côte-d'Ivoire", *VI^e Congr. int. Sci. Sol*, Paris, V-86, 1956, E-529-533, 1 tabl.
19. NYE, et al., "The distribution of phosphorus in forest and savannah soils of the Gold Coast", *J. Agric. Sci.*, 49 (2), 1957 : 141-159, 8 tabl.
20. PERNET, R., "Évolution des sols de Madagascar sous l'influence de la végétation", *Mém. Inst. Sc. Madagascar D*, VI, 1954 : 201-419, 83 tabl., 63 fig., XVIII pl., ph., bibl. (279 réf.).
21. RIQUIER, J., "Les sols submergés de l'Alaotra", *Mém. Inst. Sc. Madagascar*, sér. D, III, 1951 : 1-42, 1 pl., 2 cartes, 11 fig.
22. ROUGERIE, G., "Existence et modalités du ruissellement sous forêt dense de Côte-d'Ivoire", *C.R. Acad. Sci.* 246 (2), 1958 : 290-292.
23. SEGALLEN, P., *Étude des sols dérivés des roches volcaniques basiques à Madagascar*, *Mém. Inst. Sc. Madagascar*, 1957 : 1-182, IX pl. h. t., ph., 50 fig., tabl., bibl. (223 réf.).
24. SHERMANN, G. D. ; FOSTER, Z. C. ; FUJIMOTO, C. K., "Some of the properties of the ferruginous humic latosols of the Hawaiian islands", *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 13, 1948 : 471-476.
25. TERCINIER, G., Les sols de Nouvelle-Calédonie, ORSTOM A paraître.
26. THOMANN, Mlle Ch., *Matière organique des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux tropicaux*. A paraître.
27. VAGELER, P., *An introduction to tropical soils*, trad. H. Greene, London, Macmillan, 1933, 240 p., tabl., fig., bibl.
28. VAN BAREN ; MOHR, *Tropical soils*, London, New York, Interscience Publishers, 1954, 498 p., tabl., fig., ph.