



HAL
open science

L'action des divers types d'humus sur les processus d'entraînement dans le sol forestier

Philippe Duchaufour

► **To cite this version:**

Philippe Duchaufour. L'action des divers types d'humus sur les processus d'entraînement dans le sol forestier. *Revue forestière française*, 1957, 12, pp.887-897. 10.4267/2042/27364 . hal-03382240

HAL Id: hal-03382240

<https://hal.science/hal-03382240v1>

Submitted on 18 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'ACTION DES DIVERS TYPES D'HUMUS SUR LES PROCESSUS D'ENTRAÎNEMENT DANS LE SOL FORESTIER

Introduction

Dans un article antérieur, publié dans cette Revue, nous avons opposé deux processus fondamentaux d'évolution des sols forestiers *lessivage* et *podzolisation*, et avons souligné qu'ils étaient liés à la présence de types d'humus différents (6). Le lessivage est un entraînement modéré de bases, de fer et d'argile, se produisant sous l'influence d'un humus forestier à décomposition rapide (Mull ou Moder bien incorporé au sol minéral); les argiles migrent dans le profil et s'accumulent en B, sans subir de modification notable.

La podzolisation, au contraire, est provoquée par la formation d'une couche plus ou moins épaisse d'humus brut (Mor) en surface. Elle se traduit par une dégradation chimique des minéraux argileux et un entraînement massif de fer et d'aluminium.

Beaucoup d'auteurs ont essayé de préciser par l'expérience le mécanisme de ces deux processus: la plupart y ont vu un phénomène de « chélation », c'est-à-dire formation d'un ion complexe, par fixation du fer ou de l'alumine sur un composé organique très dispersé, ce qui aboutit à une véritable solubilisation de ces éléments et favorise leur entraînement (1, 2, 13).

Nous citerons, de façon plus détaillée, les expériences de BLOOMFIELD (3 à 5) et de LOSSAINT (11-12), qui ont obtenu un entraînement marqué des oxydes de fer, par percolation de colonnes de terre à l'aide d'extraits aqueux stériles de litières forestières variées; mais les résultats ainsi obtenus ne paraissent pas toujours cadrer avec l'observation des phénomènes naturels: ainsi les extraits de feuillus se montrent plus actifs que les extraits de résineux: parmi les feuillus, les extraits de feuilles de Frêne, de Charme, complexent et entraînent les oxydes de fer plus efficacement que ceux de Hêtre, par exemple; dans les sols naturels, on note généralement l'inverse.

Pour tenter de lever cette contradiction apparente, il nous a paru utile d'interpréter les résultats de ces expériences, à l'aide des données les plus récentes obtenues par les techniques modernes :

1° Fractionnement de la matière organique des sols en composés humiques de propriétés très variables, donc pouvant exercer une influence très différente sur l'évolution des sols (méthode TIURIN - 14).

2° Comparaison des extraits solubles de feuilles avec les extraits solubles d'humus et étude de leur évolution sous l'action des micro-organismes.

Nous partirons de la donnée fondamentale suivante, que nous rappelons brièvement : Lorsque la matière organique fraîche se décompose, elle donne naissance à deux groupes de composés différents, qui agissent de façon inverse sur l'évolution du sol : 1° les « acides humiques » insolubles, à plus ou moins grosse molécule, qui se lient aux argiles, les agglomèrent en agrégats, et fixent les bases et le fer par leurs propriétés absorbantes : ils contrarient les processus d'entraînement ; 2° les composés organiques solubles, qui jouent à l'égard de l'argile le rôle de dispersant, solubilisent le fer (et l'aluminium) par le processus de « chélation » et favorisent ainsi leur migration.

Deux questions se posent alors au pédologue : Quelle est la proportion respective de ces deux groupes de constituants dans les humus ? Quelle est la nature des constituants solubles actifs : est-elle réellement la même dans le cas des sols lessivés et des podzols ?

I. — Propriétés des sols lessivés à Mull ou Moder et des sols podzoliques à humus brut

Il convient d'abord de définir les propriétés fondamentales des sols lessivés et des sols podzoliques, ainsi que celles de leur matière organique : le tableau I donne les résultats de quelques-unes des analyses qui ont été effectuées au laboratoire de pédologie de l'École Nationale des Eaux et Forêts.

N° du sol :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S.(1) A ₁ (A ₀)	9,3	10,3	4,2	2,7	1,8	0,7	0,4	2,9	6,9	3,0	2,3	3,1
" A ₂	4,7	1,6	0,3	0,15	0,55	0,3	0,4	0,6	0,9	0,21	0,45	0,34
" B	10,5	7,0	1,5	0,21	0,65	1,0	1,3	0,3	1,2	0,22	0,37	0,27
S.B/S.A ₂	2,2	4,4	5,0	1,4	1,2	3,2	3,4	0,5	1,3	1,0	0,7	0,8
Mat. org. B %	0,4	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	3,4	8,2	4,1	4,1	6,6
C/N A ₁ (A ₀)	12,1	17,9	14,4	13,6	15,3	18,2	19,5	24	42	23	39	44
" B	4,5	8,6	6	12,3	6,4	6	4,2	20,1	34,7	25,2	26,3	23
Fer B/Fer A ₂	1,8	2	3,5	2	1,5	3,2	2,4	2,4	14	6,2	14	5

N. B. : S.(1) - somme bases échangeables m. val./100 g.

Les rapports S.B/S.A₂, Fer B/Fer A₂ expriment l'intensité du lessivage.

Sols :

- 1 — Forêt d'Amance (Meurthe-et-Moselle) : Sol brun lessivé à Mull.
- 2 — Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle) : Sol brun lessivé à Mull.
- 3 — Forêt de Tronçais-Morat (Allier) : Sol lessivé à Moder.
- 4 — Capvern (Hautes-Pyrénées) : Sol lessivé à Moder.
- 5 — Forêt de Rambervillers (Vosges) : Sol brun lessivé à Moder.
- 6 — Forêt de Bercé (Sarthe) : Sol lessivé à Moder.
- 7 — Forêt de Sainte-Hélène (Vosges) : Sol lessivé à Moder.
- 8 — Forêt de Bruyères (Vosges) : Sol brun podzolique.
- 9 — Forêt de Taintrux (Vosges) : Podzol.
- 10 — Forêt de Biffontaine (Vosges) : Podzol.
- 11 — Forêt de Bercé (Sarthe) : Podzol.
- 12 — Forêt de Bruyères (Vosges) : Podzol.

L'entraînement des bases est défini par le rapport S.B/S.A₂, celui du fer par le rapport fer libre B/fer libre A₂.

Le simple examen de ce tableau suggère les commentaires suivants :

— Les humus à décomposition rapide, Mull ou Moder, toujours bien incorporés au sol minéral, sont riches en azote (C/N inférieur à 20), mais ils peuvent être *très pauvres en bases* (ex. n°6 et 7). Au contraire, les humus bruts sont caractérisés par leur grande pauvreté en azote (C/N en général supérieur à 30 dans les podzols) ; en revanche, ils contiennent parfois plus de bases échangeables que certains Moder très acides.

Ces propriétés ont été confirmées par le très grand nombre d'analyses d'humus, effectuées ces dernières années à la 5^e Section de la Station de Recherches et dont il n'est pas possible de reproduire les résultats, dans le cadre de cet article : ils ont donc une réelle valeur statistique. On peut déduire de ces analyses que la teneur en azote de la matière organique plus encore que la richesse en bases

conditionne la vitesse de sa décomposition et de la minéralisation, donc le type d'humus qui prend naissance.

— Le lessivage des bases est en général marqué dans les sols lessivés (sauf en 4 et 5, sols en pente où les phénomènes d'entraînement, surtout obliques, ne peuvent être décelés par l'analyse). Dans les podzols, les horizons minéraux sont tous considérablement appauvris en bases; par contre, une quantité appréciable de bases est souven stockée dans l'horizon A_0 de surface.

Inversement, l'entraînement du fer, encore réduit dans les sols lessivés et le sol brun podzolique, s'accroît fortement dans les podzols proprement dits.

— Enfin, fait important, la teneur en matière organique des horizons B (ainsi que la valeur de C/N de ces mêmes horizons) est beaucoup plus faible pour les sols lessivés que pour les podzols; dans les podzols, la valeur du rapport C/N de B est de l'ordre de 20 à 25: il sera intéressant de comparer ce chiffre avec le rapport C/N des extraits de feuilles ou d'humus, dont nous parlerons ultérieurement.

II. — Fractionnement des composés humiques des sols lessivés et des podzols

Afin de caractériser, de manière plus précise, les propriétés de la matière organique des horizons A_1 superficiels et des horizons d'accumulation B des sols lessivés et des sols podzoliques, un essai de fractionnement a été tenté, à l'aide de la méthode TIURIN (14): les résultats en sont consignés dans le tableau II

Sols :	1		2		3		4		5		6	
Horizons :	A_1	B	A_1	B	A_1	B	A_1	B	A_1	B	A_1	B
F_1	1,4	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,6	0,15	2,0	0,2	1,2
F_2	1,3	0,2	2,9	0,2	1,1	0,2	1,4	0,6	0,75	1,3	1,2	0,8
H	1,6	0,3	3,7	0,2	1,7	0,3	1,6	1,0	1,8	5,0	2,7	2,1
Total	4,3	0,6	7,1	0,5	3,3	0,6	3,3	2,2	2,7	8,3	4,1	4,1

- 6 — Nanquette, forêt de Haye : Sol brun lessivé.
 2 — Tronçais : Sol lessivé à Moder.
 3 — Bercé : Sol lessivé à Moder.
 4 — Bruyères : Sol brun podzolique à humus brut.
 5 — Taintrux : Podzol à humus brut.
 6 — Bercé : Podzol à humus brut.

La méthode TIURIN permet de séparer 7 fractions, qui ont été groupées dans le tableau en 3 fractions fondamentales :

1° Les acides fulviques libres les plus solubles, agents d'entraînement des sesquioxides (F_1).

2° Les acides fulviques adsorbés par les acides humiques, dont le rôle est beaucoup moins important (F_2).

3° Les acides humiques, en général composés à grosse molécule, plus ou moins liés aux argiles et qui, favorisant la formation des agrégats, s'opposent dans une large mesure aux processus d'entraînement (H).

Cependant, à propos de cette troisième fraction, une importante remarque doit être faite: la méthode TIURIN ne permet pas de séparer des acides humiques leurs « précurseurs » plus solubles, constitués par la lignine, partiellement décomposée et oxydée (acides ligniques, complexes humo-lignine); ils ont été mis en évidence par les auteurs allemands, à l'aide d'autres méthodes de fractionnement (15). Ces composés, à petite molécule, sont encore relativement solubles et ne contractent pas de liaison avec les argiles: très abondants dans les podzols, ils peuvent migrer et s'accumuler dans l'horizon B de ces sols, où ils sont dosés dans la fraction H: ainsi, ces composés H des podzols, loin de s'opposer à l'entraînement des sesquioxides comme ceux qui caractérisent les horizons de surface des sols lessivés, le favorisent au contraire.

Les expériences de BETREMIEUX (2) permettent d'expliquer la présence, dans l'horizon B des podzols, de composés humiques insolubles, provenant néanmoins de migration; leur formation semble passer par deux phases: une *phase soluble* résultant de conditions d'anaérobiose, régnant dans les horizons de surface (phase migratrice); une *phase insoluble*, résultant de l'oxydation et de la condensation des composés précédents, au niveau de l'horizon B (phase d'accumulation).

Mais c'est surtout l'examen de la fraction F_1 qui doit attirer notre attention: dans les sols bruns lessivés et dans les sols lessivés, cette fraction assez abondante en A_1 , décroît vers la profondeur: *cela montre que ces composés sont instables et se détruisent au fur et à mesure de leur migration.*

Il n'en est pas de même des sols podzoliques, où l'on note que cette fraction F_1 , relativement peu importante en A_1 , augmente considérablement en B (surtout les podzols très évolués 5 et 6): ainsi, dans les podzols, les acides fulviques libres persistent dans l'horizon B, où ils s'accumulent: c'est là une différence fondamentale entre les deux types de sols.

III. — Comparaison des propriétés des extraits de feuilles et des extraits d'humus bruts

Ainsi la fraction soluble F_1 semble être bien différente dans les sols lessivés et dans les podzols: il semble opportun de la compa-

rer avec les extraits aqueux de feuilles fraîchement tombées, qui ont servi aux expériences de BLOOMFIELD et LOSSAINT, ainsi qu'avec des extraits aqueux d'humus brut préparés dans les mêmes conditions.

Nos recherches ont porté, d'une part sur le rapport C/N de ces extraits, d'autre part sur leur fermentescibilité.

Le rapport C/N donne les résultats suivants.

	Feuilles Sapin	Feuilles Epicéa	Feuilles Chêne	Humus brut (1)	Humus brut (2)
C/N :	75	78	58	15	23

(1) Forêt de Blainville (Meurthe-et-Moselle).

(2) Rambervillers (Vosges).

On voit que les extraits de feuilles sont peu azotés, alors que les extraits d'humus bruts obtenus dans les mêmes conditions sont beaucoup plus riches en azote et offrent une valeur de C/N comparable à celle de l'horizon B des sols podzoliques.

D'autre part, ces différents extraits solubles ont été incorporés à de la gélose et ensemencés avec des suspensions diluées de sols: de nombreuses colonies de bactéries et de champignons se sont rapidement développées sur les milieux enrichis en extraits de feuilles, alors que les extraits d'humus bruts inhibaient très nettement la formation de ces colonies: ce résultat est à rapprocher de celui récemment obtenu par LOSSAINT (12). Cet auteur a constaté que, si les extraits de feuilles étaient soumis à une fermentation plus ou moins prolongée, le pouvoir entraînant du fer diminuait beaucoup plus rapidement pour les extraits de feuilles que pour les extraits de pins, plus podzoliques.

Il se confirme donc que les extraits de feuilles et les extraits d'humus bruts n'ont pas la même composition chimique: Les premiers, peu azotés, sont fermentescibles; ils sont transformés par les microorganismes, ce qui explique leur action limitée dans le profil. Les seconds, quoique plus riches en azote, résistent à l'action microbienne: ils peuvent migrer et s'accumuler dans l'horizon B (podzols): ils peuvent donc complexer et entraîner des quantités beaucoup plus considérables d'oxydes de fer et d'aluminium.

Grâce aux remarquables expériences de HANDLEY (10), il est possible de proposer une interprétation chimique de ces phénomènes; au cours de la décomposition des tissus végétaux, des composés tanniques et des substances protéiques sont libérés: lorsqu'ils sont séparés, ils peuvent être facilement détruits ou modifiés par les microorganismes; d'après HANDLEY, « les expériences ont montré que les substances des extraits de feuilles qui précipitent les protéines (= glucosides à base de tannins) sont ou bien détruites ou rendues inactives, par suite de l'activité des microorganismes ».

Il n'en est pas de même si les composés tanniques en question ont préalablement fixé les protéines (complexes à C/N relativement plus faible, de

l'ordre de 20); HANDLEY montre qu'ils résistent à la décomposition microbienne et sont, par conséquent, durables.

Or, les Mull, les Moder, sont, nous l'avons dit, riches en azote; dans ces conditions, la décomposition est rapide et les matières protéiques disparaissent très vite, avant d'avoir pu fixer les tannins; ceux-ci n'ont alors qu'une durée éphémère dans les sols; ils ne se retrouvent pas dans les horizons B (sols lessivés).

Au contraire, dans les humus bruts à C/N élevé, la décomposition est lente, les protéines subsistent partiellement, sont fixées par les tannins et donnent naissance à des acides fulviques libres F_1 , résistant à la décomposition microbienne: très stables, ils s'accumulent par migration dans l'horizon B des podzols.

L'étude des extraits solubles de feuilles et d'humus bruts facilite l'interprétation des données analytiques précédemment exposées: les composés transitoires, peu azotés, tels que ceux qui existent dans les extraits de feuilles, caractérisent surtout les Mull ou Moder à C/N bas et à décomposition rapide: relativement abondants en A_1 , ils décroissent très vite en profondeur, en raison de leur transformation par les microorganismes du sol; ils provoquent un « lessivage » nécessairement limité, en raison de leur durée éphémère.

Au contraire, les extraits d'humus bruts, à base de composés tanniques ayant fixé des protéines, semblent correspondre aux « acides fulviques libres », qu'on peut extraire en grande quantité de l'horizon B des podzols; très résistants à l'action microbienne, donc durables, ils peuvent migrer de façon massive dans le profil et s'accumuler en B, où ils sont toujours abondants: ils paraissent être les agents actifs de la « podzolisation ».

Conclusion: Influence du type d'humus sur l'évolution du sol forestier

Schématiquement, l'évolution de la matière organique fraîche (litière) dans les sols forestiers donne lieu à trois processus fondamentaux:

1° Minéralisation, libérant CO_2 ainsi que des bases, telles que Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et NH_4^+ (minéralisation de l'azote organique).

2° Formation de composés organiques solubles, tantôt rapidement décomposés par voie microbienne, donc transitoires, tantôt au contraire résistants à l'action microbienne et durables: ces composés favorisent les migrations de l'argile, des bases et des sesquioxides.

3° Humification: formation de composés humiques insolubles, retenant les bases et agglomérant l'argile et le fer en agrégats stables, donc s'opposant aux migrations.

L'action de l'humus sur le sol est la résultante de ces trois processus : si les deux premiers l'emportent sur le troisième, les phénomènes d'entraînement sont importants ; ils tendent au contraire à s'annuler, si le troisième processus équilibre les deux premiers.

C'est ce qui se produit dans les Mull riches en bases, où l'humification, toujours active, ne permet qu'un lessivage modéré. En particulier, les bases, ramenées en surface par la litière, sont conservées dans l'horizon humifère A_1 ; on ne note pas d'acidification marquée : le « cycle biologique » des bases, caractéristique d'une forêt en bon état, se maintient de façon durable.

Si ce cycle est rompu, pour une cause ou pour une autre (coupe rase arrêtant le renouvellement de la litière, fauchage de la couverture vivante, etc...), une acidification d'abord légère, puis plus accentuée, se produit ; le processus de dégradation s'accélère progressivement. Tant que le milieu reste riche en azote (C/N bas), la minéralisation est active ; mais l'humification décroît et devient insuffisante pour retenir toutes les bases libérées (Moder). Les composés organiques transitoires, mis en évidence par BLOOMFIELD et LOSSAINT, jouent alors un rôle actif et le lessivage s'accroît ; des pertes notables de bases peuvent intervenir, une partie seulement étant retenue en B.

Enfin, dans les cas extrêmes, provoqués non seulement par une acidification du milieu, mais encore par une carence en azote, la minéralisation elle-même ralentit considérablement : une couche organique A_0 d'humus brut se forme en surface ; dans ce cas, les bases qu'elle contient ne sont plus libérées, ou tout au moins elles sont libérées incomplètement ; une partie — peu assimilable par les plantes — est retenue au sein de cet horizon A_0 , par les composés intermédiaires résultant de la décomposition incomplète des débris végétaux. Les composés solubles, formés de complexes polyphénols-protéines, prennent naissance et comme ils sont résistants à la décomposition microbienne, ils s'infiltrent dans les horizons minéraux : ils dégradent les argiles et entraînent le fer et une grande partie de l'aluminium : c'est la *podzolisation*.

Applications pratiques

Les considérations d'ordre théorique, précédemment exposées, sont fertiles en applications pratiques, intéressant le sylviculteur et le reboiseur.

Une notion essentielle s'en dégage : le lessivage devient dangereux, lorsque le milieu est déjà pauvre en bases ; il prépare la podzolisation ; c'est à ce stade qu'il importe de maintenir un « cycle biologique » des bases satisfaisant, soit par des moyens naturels (peuplement mélangé, couvert suffisant, sous-étage), soit par des moyens artificiels (apport modéré de chaux).

La podzolisation, au contraire, est liée à un déficit en azote de l'humus brut, qui peut contenir une certaine quantité de bases, peu assimilables il est vrai : la technique d'amélioration de l'humus brut doit, d'une part viser à accélérer l'activité biologique, afin de libérer plus ou moins complètement les bases ainsi retenues, d'autre part augmenter le taux d'azote de cet humus.

Afin d'entrer davantage dans le détail, nous distinguerons trois cas :

1° *Lessivage modéré, intervenant sur une roche-mère bien pourvue en bases et en argile.*

Ce lessivage n'est pas dangereux, car il aboutit rapidement à un équilibre suffisamment stable. Les phénomènes de « remontée », soit mécaniques (lombrics), soit biochimiques (rôle de la litière), compensent les phénomènes d'entraînement. Un horizon B, enrichi en argile, se forme : il n'est pas nuisible s'il est assez profond, au contraire, car il conserve une réserve d'eau en saison sèche et il retient les bases lessivées depuis la surface.

2° *Lessivage intense sur roche-mère filtrante et pauvre en bases.*

Dans ce cas, l'ensemble des horizons tend à s'appauvrir en bases échangeables et l'équilibre devient précaire : toute perturbation de la vie de la forêt peut être suivie de conséquences graves ; citons deux exemples de causes provoquant l'accentuation du lessivage.

— Le ramassage de la litière ou le fauchage de la « couverture vivante », qui diminue progressivement une réserve de bases déjà insuffisante (7).

— Les coupes de régénération trop brutales : l'insolation active la minéralisation à tel point que les composés humiques eux-mêmes disparaissent : les bases retenues en A₁ sont libérées et elles sont l'objet d'un entraînement rapide en profondeur ; l'insuffisance d'argile ne permet pas leur rétention en B.

Sur de tels sols, le sylviculteur doit être prudent ; le sol ne doit pas rester découvert ; les régénérations d'essences de lumière doivent intervenir très rapidement ; la constitution d'un sous-étage assez dense s'impose.

Lorsque l'appauvrissement est déjà accentué, ce que montre l'analyse, l'emploi de doses modérées de chaux ou de scories est à recommander ; il doit être accompagné, si possible, d'une culture de Légumineuses (Lupin), en vue de reconstituer le stock d'humus (WITTICH - 16).

3° Sols podzoliques à humus brut.

Cette évolution est causée par l'installation naturelle ou artificielle d'une flore forestière peu exigeante en bases, mais qui fournit au sol une litière très pauvre en azote (Résineux, Ericacées); elle est presque constante sous les peuplements purs artificiels de Résineux, surtout quand ils sont trop serrés: il convient donc d'éviter cette évolution à l'aide de moyens préventifs (peuplements aérés, mélange d'essences), et ceci a déjà été maintes fois répété.

Mais le problème de l'amélioration de tels sols podzoliques à humus brut se pose également: d'après ce qui a été dit plus haut, les deux mesures essentielles qui s'imposent sont: 1 — l'activation biologique par mélange des horizons de surface; 2 — l'apport d'azote assimilable, soit sous forme d'engrais chimiques, soit à l'aide d'une culture de Légumineuses, telle que le Lupin.

Dans la plupart des cas, ces mesures devront être complétées par un amendement léger (scories).

Mais nous sommes en mesure d'affirmer que *l'emploi exclusif de doses massives de chaux, sur un humus brut épais, est suivi d'un effet nuisible*; nous avons pu en observer récemment les conséquences, qui sont un tassement du sol et une accentuation du lessivage des autres éléments que la chaux. Ce phénomène s'explique facilement: sous l'influence de la chaux, la minéralisation de l'humus intervient brutalement; des produits solubles, analogues à ceux que nous avons étudiés, prennent naissance; mais, faute d'une quantité d'azote suffisante, les microorganismes ne peuvent synthétiser les acides humiques à grosse molécule, susceptibles de reconstituer la structure du sol: la situation ne peut donc aller qu'en s'aggravant.

Le forestier dispose donc de deux moyens d'action, pour orienter favorablement l'évolution du sol: *un moyen naturel à longue échéance*, par le maintien d'un peuplement biologiquement équilibré, assurant lui-même la conservation de sa fertilité: c'est celui qu'emploie la sylviculture forestière traditionnelle; il est très progressif, mais en général sûr. *Un moyen artificiel*, à efficacité plus immédiate, par l'utilisation combinée du travail du sol et d'engrais ou d'amendements: ce moyen d'action est plus rapide, mais aussi plus brutal, donc plus dangereux; il doit être mis en œuvre avec les garanties scientifiques nécessaires, donc après une étude complète du milieu.

Le choix entre les deux méthodes est évidemment affaire de circonstances: remarquons seulement qu'elles ne s'excluent nullement et que, dans bien des cas, il y a intérêt à les combiner: ainsi, la « culture du sol » avec emploi d'engrais est susceptible d'assurer

le bon départ d'une régénération ou d'un repeuplement artificiel; la méthode « sylvicole » prolonge ensuite ses effets, grâce au maintien d'un peuplement biologiquement équilibré.

Ph. DUCHAUFOUR,
Laboratoire de Pédologie,
Station de Recherches
et Expériences forestières, Nancy.

BIBLIOGRAPHIE

1. ATKINSON (H.-J.) et WRIGHT (J.-R.). — Chelation and the vertical movement of soil constituents. *Soil Science*, vol. 84, n° 1, juillet 1957, p. 1-11.
2. BETREMIEUX (R.). — Etude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. *Ann. Agr.*, 3, 1951, p. 193-295.
3. BLOOMFIELD (C.). — Le déplacement de l'argile et des sesquioxydes dans le sol. *African Soils*, vol. III, n° 4, 1955, p. 488-506.
4. BLOOMFIELD (C.). — Leaf leachates as a factor in pedogenesis. *Journal of the Sc. of Food and Agric.*, 6 novembre 1955, p. 641-651.
5. BLOOMFIELD (C.). — The experimental production of podzolisation. *VI^e Congrès Intern. Sc. du Sol*, Paris, 1956, V, 3, vol. E, p. 21-23.
6. DUCHAUFOUR (Ph.). — Lessivage et podzolisation. *Rev. for. franç.*, n° 10, octobre 1951, p. 647-652.
7. DUCHAUFOUR (Ph.). — Note sur l'influence du fauchage de la litière sur l'évolution des sols et de la végétation des forêts du Sud-Ouest. *Rev. for. franç.*, n° 10, octobre 1957, p. 750-760.
8. DUCHAUFOUR (Ph.) et MANGENOT (F.). — Recherches sur l'évolution expérimentale de certains humus. *Ann. Agr.*, 2, 1956, p. 159-181.
9. DUCHAUFOUR (Ph.) et MANGENOT (F.). — Recherches sur l'évolution expérimentale de certains humus. II - Humification biologique et abiologique. *Ann. Agr.*, 1957 (sous presse).
10. HANDLEY (W.-R.-C.). — Mull and Mor formation in relation to forests soils. *Forestry Commission*, bull. n° 23, Londres: Her Majesty's Stationery Office, 1954, 116 p.
11. LOSSAINT (P.). — Etude comparative de la solubilisation des oxydes de fer d'un sol par les extraits aqueux stériles de litières forestières. *C. R. Ac. Sc.*, t. 242, février 1956, p. 1052-1054.
12. LOSSAINT (P.). — Résultats expérimentaux sur le rôle des litières forestières dans la solubilisation du fer d'un sol. *VI^e Congrès Intern. Sc. du Sol*, Paris, 1956, II, 8 p.
13. SCHEFFER (F.), ULRICH (B.) et HIESTERMANN (P.). — Die Bedeutung der Chelatisierung in der Agrikulturchemie und Bodenkunde. *Zeitsch. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde*, 76, 2, 1957, p. 146-155.
14. TIURIN (I.-V.). — Vers une méthode d'analyse pour l'étude comparative des constituants de l'humus du sol. *Ac. des Sciences d'U.R.S.S. Trav. de l'Inst. des Sols Dokutchaïev*, t. XXXVIII, 1951, 32 p.
15. WITTICH (W.). — Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. *Schriftenreihe der forstl. Fakultät der Univ. Göttingen*, 4, Sauerlander's Verlag, Frankfurt a/Main, 1952. 106 p.
16. WITTICH (W.). — Die Melioration streugennutzter Böden. *Forstw. Centralblatt*, 7/8, 1954, p. 193-256.