

Importance de la nature stéréochimique des acides aminés dans les processus d'humification

PAR

G. BACHELIER

S.S.C. - O.R.S.T.O.M. - 70-74 route d'Aulnay - 93140 Bondy

INTRODUCTION

La structure des matières humiques a déjà fait l'objet de très nombreuses études et mises au point, dont notamment celles de ALEXANDROVA (1960, 1966), KONONOVA (1961), HURST et BURGESS (1967), FLAIG et HAIDER (1968), MANSKAYA et KODINA (1968), PRÉVOT (1970), DE BORGER (1972 a, 1972 b), etc...

De ces divers travaux, il résulte que les matières humiques doivent être considérées comme des hétéropolycondensats résultant de la condensation de polyphénols d'origine végétale (lignine) ou microbienne, avec inclusion de divers composés azotés, de molécules de sucres, d' NH_3 , et éventuellement de divers ions métalliques.

Parmi les composés azotés, les acides aminés, qui constituent environ 10 % de la totalité de la molécule d'acide humique, sont étroitement liés par des liaisons peptidiques aux noyaux aromatiques (DE BORGER, 1972 a). Les acides aminés, les peptides et les protéines contribuent aussi secondairement à l'agrandissement des molécules d'acides humiques.

D'autre part, il est connu que les espèces vivantes sont composées de molécules optiquement actives, dextrogyres (D) ou lévogyres (L) selon leur nature chimique, les unes excluant les autres¹.

« Les molécules qui composent un organisme sont liées entre elles par une suite de relations complexes. Le fait que les acides nucléiques soient, par exemple, de la série D impose la synthèse de protéines L... Les problèmes de nutrition et d'assimilation exigent, en outre, que cette cohérence s'établisse aussi entre les différents organismes. » (NATTA et FARINA, 1971).

Ce choix définitif de la stéréochimie des molécules dans les êtres vivants peut, selon les auteurs, soit résulter d'une première définition de la vie, ou, au con-

(1) De même, les cellules vivantes produisent par synthèse des acides gras de la série paire, mais pas d'acides gras de la série impaire.

20 MAI 1975 EX 1

traire, être le résultat d'une compétition évolutive entre les deux structures concurrentielles.

Quoiqu'il en soit, et à l'exception de quelques microorganismes inférieurs, les êtres vivants sont tous actuellement édifiés avec des acides aminés L.

Étudiant l'action des acides aminés sur l'humification de divers matériaux végétaux (BACHELIER, 1972, 1973), nous avons pu constater, entre autres choses, l'influence certaine de la tyrosine L sur l'humification d'une sciure de résineux et celle non moins positive du tryptophane L sur le ralentissement de la déshumification naturelle de coques d'arachides broyées (cf. fig. 1).

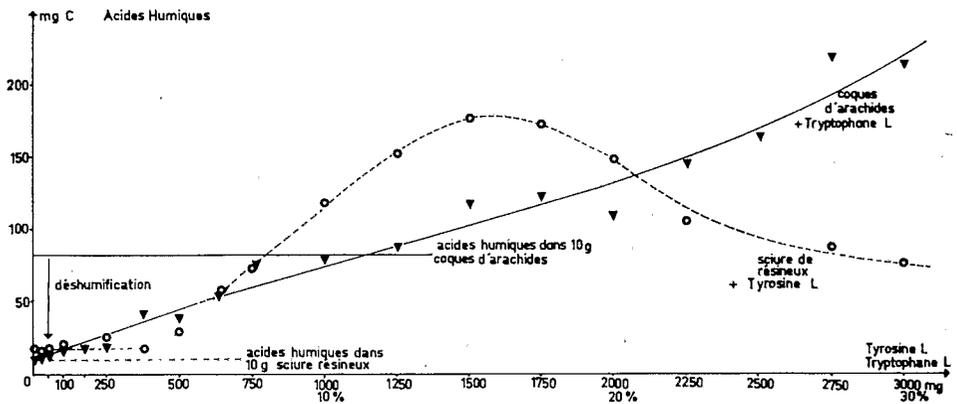


FIG. 1. — Action de doses croissantes de tyrosine ou de tryptophane sur l'humification respective d'une sciure de résineux et de coques d'arachides broyées.

Compte tenu des remarques précédentes concernant la structure des acides humiques et la nature optiquement active des molécules composant les êtres vivants, nous avons cherché à savoir si les acides aminés D pouvaient avoir, dans les deux expériences d'humification citées, la même action que les acides aminés L. Dans l'affirmative, l'accrochage des acides aminés L ou D aux condensats humiques pourrait être jugé de nature purement physico-chimique et, dans la négative, il serait au contraire à considérer comme ne se réalisant pas uniquement par voie physico-chimique, mais aussi plus ou moins par voie biologique.

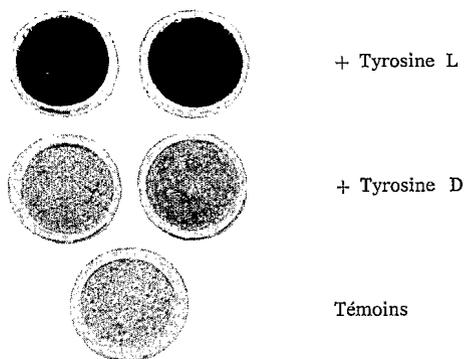
EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS

Dans de petits cristallisoirs munis d'un couvercle non jointif, 5 g de sciure de résineux ont été mélangés à 0,5 g de tyrosine L ou D, et 5 g de coques d'arachides broyées à 0,6 g de tryptophane L ou D. Un apport supplémentaire de sable de Fontainebleau a été fait dans les échantillons à coques d'arachides pour éviter que ne s'y forme un milieu trop compact susceptible d'offrir localement des phénomènes de réduction.

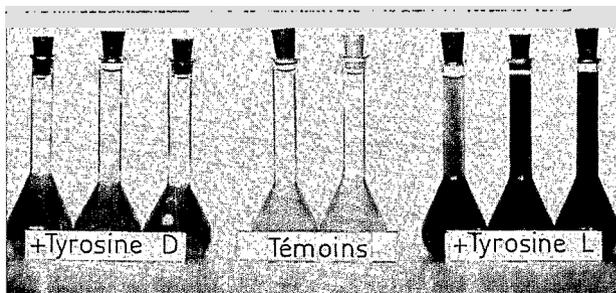
Après humidification (20 ml d'eau distillée pour la sciure de résineux et 12,5 ml pour les coques d'arachides), les divers échantillons ont été conservés 2 mois à 20° C.

Chacune de ces expériences a été faite en 3 exemplaires avec deux témoins non enrichis en acides aminés.

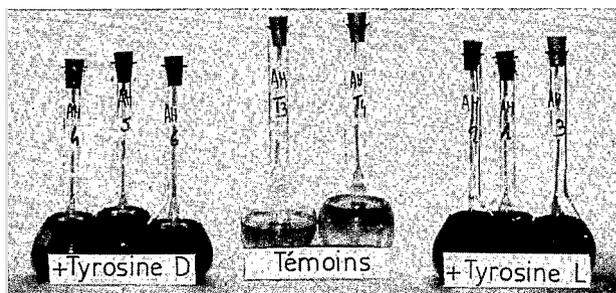
Après deux mois, les taux de minéralisation ont été évalués dans les divers échantillons et les substances humiques (acides humiques et acides fulviques) ont été extraites par double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1 M, puis dosées séparément par manganimétrie. Divers autres dosages reflétant l'activité



Les différentes sciures en fin d'expérience



Leurs extraits au pyrophosphate de sodium



Leurs acides humiques

PLANCHE 1. — Action de la tyrosine D et L sur l'humification d'une sciure de résineux.

biologique globale ont été réalisés, après seulement un mois, et après dessiccation, sur des échantillons analogues : dégagement de dioxyde de carbone, absorption d'oxygène en flacon d'eau et « comptages microbiens » par la technique des membranes filtrantes (nombre de bactéries, possibilité de développement des germes, extension possible des colonies).

Les divers résultats obtenus ont été rassemblés dans le tableau I.

Par ailleurs, le pH de la sciure de résineux, au départ de 4,8 à 5, a peu varié au cours des deux mois d'expérience dans les échantillons témoins,

TABLEAU I

Substances humiques et Potentiel d'activité biologique des divers échantillons

SCIURE DE RÉSINEUX :								
	acides humiques		acides fulviques mgCp.5g	fraction minéralisée %	CO ₂ mg p. 100 g (7 j./30°)	O ₂ mg p. 100 litre (0,5 g/ 7 j./20°)	comptages bactériens	
	mgCp.5g	photométrie					nbr/lg × 10 ⁵	activité × 10 ⁶
Sciure de départ..	5,0		25,0					
Témoins.....	5,9	88	2,2	2,76	1.437	145	33	1.160
+ Tyrosine D.....	12,3	69	20,2	6,0-6,6	3.011	354	14	320
+ Tyrosine L.....	46,2	4	10,6	6,9-7,6	3.124	382	38	1.310
COQUES D'ARACHIDES BROYÉES :								
	acides humiques mgCp.5g		acides fulviques mgCp.5g	fraction minéralisée %	CO ₂ mg p. 100 g (7 j./30°)	O ₂ mg p. 100 litre (0,5 g/ 7 j./20°)	comptages bactériens	
							nbr/lg × 10 ⁵	S. colonies mm ²
Matériel de départ.	41,0		67,5					
Témoins.....	11,7		15,3	13,3	3.107	243	100	≈ 23
+ Tryptophane D. Labose.....	67,4		70,5	15,0-16,8	4.702	830	387	≈ 30
Merck.....	69,5		70,0					
+ Tryptophane L.	42,7		40,7	18,8-21,1	3.190	411	80	≈ 55

alors que dans les échantillons enrichis de tyrosine L ou D, ce pH a atteint la neutralité après deux semaines et s'est maintenu ensuite autour de 8 au cours du deuxième mois.

Avec les coques d'arachides, le pH, au départ proche de 6, est devenu rapidement voisin de 8 après quelques jours d'humidification et s'est maintenu ensuite à 8-8,5 au cours des 2 mois d'expérience. Pendant ce même laps de temps, le pH des échantillons enrichis de tryptophane s'est maintenu autour de 8,5 à 9.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans le cas de la sciure de résineux (cf. figure 2), la tyrosine D a doublé l'humification naturelle de la sciure, mais la tyrosine L l'a pratiquement multipliée par 8. Les acides fulviques, en fin d'expérience, étaient par suite plus abondants dans les échantillons enrichis en tyrosine D que dans ceux enrichis en tyrosine L où l'humification avait été plus poussée.

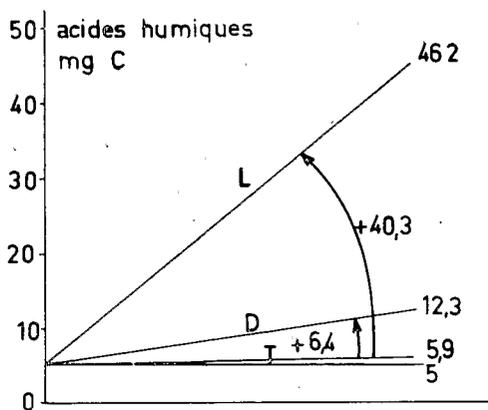


FIG. 2. — Action de la tyrosine D et L sur l'humification d'une sciure de résineux. Essai d'interprétation.

Tyrosine D et tyrosine L ont eu cependant toutes deux une action positive sur l'activité biologique globale de la sciure de résineux, puisque les deux formes D et L de cet acide aminé ont plus que doublé la fraction de sciure minéralisée au cours de l'expérience. De même, après un mois, le carbone minéralisable et la possibilité d'absorption d'oxygène en flacon d'eau étaient au moins deux fois plus importants dans les échantillons enrichis en tyrosine D ou en tyrosine L que dans les témoins.

Mais, dans chacune de ces mesures (fraction de matériel minéralisé, dégagement de dioxyde de carbone ou absorption d'oxygène) les valeurs obtenues ont toujours été un peu plus élevées en présence de tyrosine L qu'en présence de tyrosine D.

Après un mois, les « comptages bactériens » ont aussi montré, par rapport aux témoins, moins de bactéries dans les échantillons enrichis en tyrosine D, et légèrement plus de bactéries dans les échantillons enrichis en tyrosine L.

Ces mêmes « comptages bactériens », conduits avec une eau distillée non stérilisée et riche en bactéries, ont, de plus, montré, par rapport aux témoins, une possibilité de développement de ces bactéries plus faible dans les dilutions des échantillons enrichis en tyrosine D et légèrement plus forte dans les dilutions des échantillons enrichis en tyrosine L. Les « comptages bactériens » reflètent non seulement le nombre de bactéries, mais encore leur possibilité de développement.

Ces divers résultats montrent non seulement l'importance de la nature stéréochimique des acides aminés pour leur incorporation dans les condensats humiques, mais ils font apparaître aussi l'importance des processus biologiques au cours de la formation de ces condensats.

Dans le cas des coques d'arachides broyées (cf. fig. 3 a), celles-ci ont naturellement tendance à se déshumifier : 41 mg d'acides humiques au départ et 11,7 mg après 2 mois. L'action humifiante de l'apport de tryptophane L a fait plus que compenser la déshumification naturelle qui a dû toujours se manifester (cf. fig. 3 b). Par contre, l'apport de tryptophane D a dû fortement freiner, ou peut-être même stopper, cette déshumification naturelle liée essentiellement à l'activité biologique du milieu.

Aussi (cf. figure 3 c), bien que l'action humifiante du tryptophane D ait été légèrement plus faible que celle du tryptophane L (+ 27,5 mg de carbone contre + 31,0 mg), les échantillons de coques d'arachides enrichis en tryptophane D sont apparus, en fin d'expérience, plus humiques que ceux enrichis en tryptophane L.

La minéralisation des coques d'arachides a d'ailleurs été plus forte dans les échantillons enrichis en tryptophane L.

Le carbone minéralisable et la possibilité d'absorption d'oxygène en flacon d'eau étaient, sur échantillons séchés, après un mois et par rapport aux témoins, plus importants dans les échantillons enrichis en tryptophane D ou tryptophane L, mais très nettement plus élevés en présence de tryptophane D qu'en présence de tryptophane L. Cet état de choses, dans le cadre de notre hypothèse de la forte diminution (ou même de l'éventuelle suppression) de la déshumification naturelle des coques d'arachides en présence de tryptophane D, ne peut s'expliquer que par l'existence dans les échantillons de biostases qui auraient été cassées par la dessiccation, avec libération des substances facilement minéralisables qui s'y seraient accumulés.

Les « comptages bactériens » sur échantillons séchés ont montré, par rapport aux témoins, 4 fois plus de bactéries dans les échantillons enrichis en tryptophane D et 1,25 fois moins de bactéries dans les échantillons enrichis en tryptophane L, mais contrairement à ce qu'il en a été avec la sciure de résineux, les colonies bactériennes se sont ici plus ou moins développées selon les échantillons. La surface couverte par les bactéries dans les boîtes de Pétri a été pour les échantillons enrichis en tryptophane D d'environ 1,3 fois celle des témoins et, pour les échantillons enrichis en tryptophane L,

d'environ 2,4 fois celle des témoins. On peut supposer que les bactéries étaient nombreuses dans les échantillons enrichis en tryptophane D, mais qu'elles s'y sont trouvées freinées dans leur activité, alors que cela a dû être l'inverse dans les échantillons enrichis en tryptophane L.

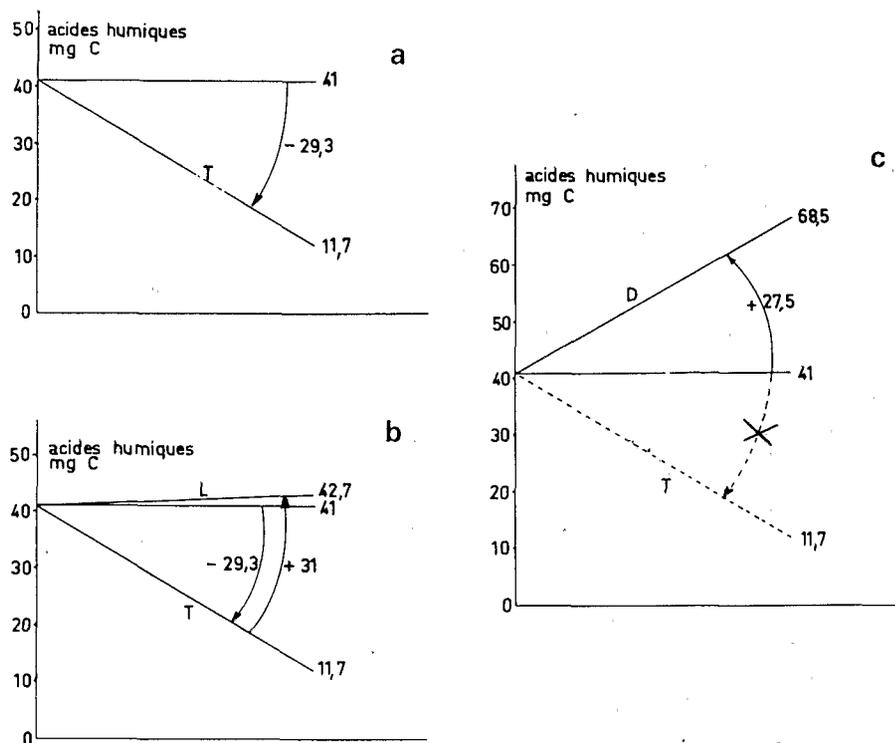


FIG. 3. — Action du tryptophane D et L sur l'humification de coques d'arachides. Essai d'interprétation.

a ; Déshumification naturelle.

b ; Action humifiante du tryptophane L neutralisée par la déshumification naturelle.

c ; Action humifiante du tryptophane D avec suppression de la déshumification naturelle.

Ainsi, le tryptophane D et le tryptophane L paraissent bien tous deux pouvoir s'incorporer aux condensats humiques des coques d'arachides ; mais, l'action de l'acide aminé L sur l'activité biologique du milieu semble avoir été supérieure à celle de l'acide aminé D, comme le montrent notamment les plus fortes valeurs de minéralisation du matériel végétal, et, en admettant que le tryptophane D ait contrecarré la déshumification biologique naturelle des coques d'arachides (ce que laisse suggérer l'ensemble des résultats), il apparaît qu'une partie de l'humification des coques d'arachides a dû s'effectuer, là aussi, par voie biologique.

CONCLUSIONS

Expérimentant aussi bien sur une sciure de résineux qui, à l'état humide, avait naturellement tendance à s'humifier que sur des coques d'arachides broyées qui, dans les mêmes conditions, tendaient au contraire à se déshumifier, il nous est apparu que les acides aminés, susceptibles respectivement d'accroître ou de maintenir le degré d'humification de ces matériaux, pouvaient être aussi bien de nature stéréochimique D que L, et par suite s'inclure par des processus purement physico-chimiques dans les hétéropolycondensats humiques.

Mais, il a été aussi constaté une action essentiellement biologique et plus ou moins directe de ces mêmes acides aminés sur l'humification des matériaux végétaux expérimentés, les acides aminés L s'avérant, dans le cadre de cette action biologique, beaucoup plus efficaces que les acides aminés D.

Les acides aminés favorables à l'humification des matériaux végétaux paraissent s'incorporer aux condensats humiques à la fois par des processus physico-chimiques et des processus biologiques plus ou moins directs. L'importance respective de ces deux modes d'humification dépend essentiellement du contexte écologique ; mais, comme nous avons pu le constater dans d'autres études, l'humification des matériaux végétaux au sein des écosystèmes pédologiques, et plus particulièrement des litières, se trouve généralement favorisée par la présence de populations animales, abondantes et diversifiées, qui déterminent, par leurs cadavres, un apport saisonnier de diverses protéines.

RÉSUMÉ

Les espèces vivantes sont composées de molécules optiquement actives, dextrogyres (D) ou lévogyres (L) selon leur nature chimique, les unes excluant les autres. A l'exception de quelques microorganismes inférieurs, les êtres vivants sont tous actuellement édifiés avec des acides aminés L.

Expérimentant d'une part sur une sciure de résineux qui, à l'état humide, avait naturellement tendance à s'humifier, et d'autre part sur des coques d'arachides broyées qui, dans les mêmes conditions, tendaient au contraire à se déshumifier, il nous est apparu que les acides aminés susceptibles respectivement d'accroître ou de maintenir le degré d'humification de ces deux matériaux végétaux pouvaient, bien que donnant des résultats différents, être aussi bien de nature stéréochimique D que L, et donc s'inclure par des processus purement physico-chimiques dans les hétéropolycondensats humiques.

Mais, il a été aussi constaté une action essentiellement biologique de ces mêmes acides aminés sur l'humification des matériaux végétaux expérimentés et, dans le cadre de cette action biologique, les acides aminés L se sont avérés beaucoup plus efficaces que les acides aminés D qui, d'une manière générale, ralentissent ou même stoppent les processus biologiques.

Les acides aminés favorables à l'humification des matériaux végétaux paraissent donc pouvoir s'incorporer aux condensats humiques à la fois par des processus physico-chimiques et des processus biologiques plus ou moins directs.

L'importance respective de ces deux modes d'humification dépend essentiellement du contexte écologique, mais, comme nous avons pu le constater par ailleurs, l'humification des matériaux végétaux au sein des écosystèmes pédologiques, et plus particulièrement des litières, se trouve généralement favorisée par la présence de populations animales abondantes et diversifiées, déterminant par leurs cadavres un apport saisonnier de protéines.

SUMMARY

Living species are composed of optically active molecules, dextrogyres (D) or levogyres (L) according to their chemical nature, one type of molecule excluding the other. With the exception of a few inferior microorganisms, living beings are all made up with L amino acids.

Experiments were carried out, on the one hand, on resinous saw-dust which had a natural tendency to become humified when it was damp, and, on the other hand, on ground peanut shells which under the same conditions had a tendency, on the contrary, to become dehumified. This led us to the conclusion that the amino acids capable, respectively, of increasing or maintaining the degree of humification of these two vegetal materials, although giving different results, could be of stereochemical nature D as well as L. Thus, they may be included in humic heteropolycondensates through purely physico-chemical processes.

But we have also noticed an essentially biological action of these very amino acids on the humification of the vegetal material used in the experiment and, within this biological action, the L amino acids were to be found much more efficient than the D amino acids which, generally speaking, slow down or even stop the biological processes.

Thus, the amino acids favorables to the humification of the vegetal matter seem to blend with humic condensates more or less direct by physico-chemical processes, as well as by biological processes. The respective importance of as these two modes of humification depends essentially on the ecologic context. But, as we have been able to notice in other respects, the humification of vegetal matter within the pedological ecosystems, and more particularly within the litters, is generally favored by the presence of large and diversified animal populations bringing about a seasonal contribution of proteins due to their remains.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDROVA (L. N.), 1960. — On the decomposition of humus substances and the nature or organo-mineral colloids in soil. *Trans. 7th. Internation. Congr. Soil Sci.* (Madison U.S.A.), 2: 74-81.
- ALEXANDROVA (L. N.), 1966. — Possible ways of fulvic acid formation in soil. *In Soil Chemistry and Fertility*. Meeting of comm. II and IV of the Internation. Soc. Soil Sci. (Aberdeen) : 73-77.
- BACHELIER (G.), 1972. — Étude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. 1. Premières expériences et conclusions préliminaires. *Coll. Trav. Doc. ORSTOM*, 14: 75 pages.
- BACHELIER (G.), 1973. — Étude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. 2. Action des animaux morts et des acides aminés. *Coll. Trav. Doc. ORSTOM*, 30: 79 pages.

- BORGER (Ir. R. de), 1972 a. — État actuel de nos connaissances concernant la structure des matières humiques. *Rev. de l'Agriculture*, **25** (1): 37-51.
- BORGER (Ir. R. de), 1972 b. — Groupes fonctionnels, phénols, composés azotés et molécules de sucre présents dans les matières humiques. *Rev. de l'Agriculture*, **25** (6-7): 909-928.
- FLAIG (W.), HAIDER (K.), 1968. — Über die beteiligung von phenolem am aufbau von huminsäuren. *Trans. 9th. Internation. Congr. Soil Sci.* (Adelaide Australie), **3**: 175-182.
- HURST (H. M.), BURGESS (N. A.), 1967. — Chapitre « Lignin and humic acids » dans *Soil Biochemistry* (Mc Laren et Peterson éd., New York : 260-286.
- KONONOVA (M. M.), 1961 et 1966 (2^e éd. rev. et corrigée). — *Soil Organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility*. Pergamon Press éd. (Oxford, Londres, New York, Paris) : 450 p. (1961) et 544 p. (1966).
- MANSKAYA (S. M.), KODINA (I. A.), 1968. — Aromatic structures of lignins and their role in the formation of humic acids. *Soviet Soil Sci.* (Madison), **8**: 1102-1107.
- NATTA (G.), FARINA (M. F.), 1971. — *Stéréochimie. Molécules en 3 D*. Masson éd. (Paris) : 228 pages.
- PRÉVOT (A. R.), 1970. — Humus. Biogenèse, Biochimie, Biologie. Ed. de la Tourelle (Paris) : 342 pages.