

**TRAVAUX
ET DOCUMENTS
DE L'O.R.S.T.O.M.**

**ÉTUDE EXPÉRIMENTALE
DE L'ACTION DES ANIMAUX
SUR L'HUMIFICATION
DES MATÉRIAUX VÉGÉTAUX**

**2 - ACTION DES ANIMAUX MORTS
ET DES ACIDES AMINÉS.
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.**



G. BACHELIER

collaboration technique R. GAVINELLI



ÉDITIONS DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

RENSEIGNEMENTS, CONDITIONS DE VENTE

Pour tout renseignement, abonnement aux revues périodiques, achat d'ouvrages et de cartes, ou demande de catalogue, s'adresser à :

SERVICE CENTRAL DE DOCUMENTATION DE L'ORSTOM
70-74, route d'Aulnay, 93140 BONDY (France)

- Tout paiement sera effectué par virement postal ou chèque bancaire barré, au nom de : Régie d'avance SSC ORSTOM 70, route d'Aulnay, 93140 BONDY, compte-courant postal 9152-54 PARIS.
- Achat au comptant possible à la bibliothèque de l'ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 PARIS.

REVUES ET BULLETIN DE L'ORSTOM

I. CAHIERS ORSTOM

a) Séries trimestrielles :

- Entomologie médicale et parasitologie
- Hydrobiologie
- Hydrologie
- Océanographie
- Pédologie
- Sciences humaines

Abonnement : France 95 F ; Etranger : 115 F.

b) Série semestrielle :

- Géologie
- Abonnement : France 75 F ; Etranger : 80 F.

c) Séries non encore périodiques :

- Etologie (3 ou 4 numéros par an)
- Géophysique

Prix selon les numéros

II. BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE

12 numéros par an (en 14 fascicules)

Abonnement : France 75 F ; Etranger 85 F.

Parmi la Collection Travaux et Documents de l'ORSTOM, nous rappelons :

N° 14 – ETUDE EXPÉRIMENTALE DE L'ACTION DES ANIMAUX SUR L'HUMIFICATION DES MATÉRIAUX VÉGÉTAUX.

1 - PREMIÈRES EXPÉRIENCES ET CONCLUSIONS PRÉLIMINAIRES

de G. BACHELIER

21 x 27, 75 pages, 20 fig., XVII tabl., bibliogr., annexes Prix h.t. : 24 F.

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.
N°30

O. R. S. T. O. M.

PARIS

1973.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

DE L'ACTION DES ANIMAUX SUR L'HUMIFICATION

DES MATÉRIAUX VÉGÉTAUX

2 - ACTION DES ANIMAUX MORTS ET DES ACIDES AMINÉS.
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

par

G. BACHELIER

avec la collaboration technique de R. GAVINELLI

.....

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».

.....

Sommaire

Introduction	7
Rappel de l'action de la microflore et de la faune vivante dans les processus d'humification (Expériences H 13 et H 15)	9
Action d'une poudre de vers lyophilisés sur divers matériaux ligneux (Expérience H 8)	13
Action de diverses poudres d'animaux lyophilisés sur l'humification d'une sciure de résineux (Expérience H 9)	17
Action de l'urée, de divers acides aminés et de diverses protéines sur l'humification d'une sciure de résineux (Expériences H 10 et H 12)	21
Étude chromatographique des poudres d'animaux utilisées dans l'expérience H 9	33
Humification d'une sciure de résineux au champ, après divers prétraitements chimiques puis, dans un second temps, enrichissement en viande lyophilisée (Expérience H 11)	35
Action de diverses bases chimiques, de diverses poudres d'animaux lyophilisés et de quelques acides aminés aliphatiques ou aromatiques sur l'humification de coques d'arachides broyées (Expérience H 14)	41
Nouvelle étude chromatographique des poudres d'animaux utilisées dans les expériences H 9 et H 14 et petite expérience complémentaire	47
Action de divers acides aminés sur l'humification d'une litière de niaouli, d'une litière de filao vert et d'une litière de filao bruni (Expérience H 18)	49
Action de diverses poudres d'animaux lyophilisés sur l'humification d'une litière de niaouli, d'une litière de filao vert et d'une litière de filao bruni (Expérience H 19)	57
Importance possible de l'apport protéinique des cadavres dans les processus d'humification au sein du milieu naturel	63
Importance de la nature stéréochimique des acides aminés dans les processus d'humification (Expérience H 17)	65
Conclusions générales	69
Bibliographie avec nouvelles références concernant le tome 1	72
A n n e x e s :	
1. Analyse des matériaux végétaux utilisés dans l'ensemble du travail	77
2. Formule des divers composés azotés utilisés	78

Introduction

Ce texte constitue la seconde partie de l'étude expérimentale que nous avons entreprise sur l'humification des matériaux végétaux ; étude qui a donné lieu à une précédente publication intitulée : «Étude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. I - Premières expériences et conclusions préliminaires» (BACHELIER, 1972).

Dans cette première publication, nous avons rassemblé les résultats de diverses expériences concernant l'action d'animaux vivants ou morts sur l'humification de plusieurs matériaux d'origine végétale ; ceci dans des conditions d'humidité et de température bien définies, et avec ou sans apport d'argiles (1), de composés azotés (1) ou de substances énergétiques.

Il avait été vérifié que l'élévation de température accroît bien la minéralisation et l'évolution des matériaux végétaux.

Puis, nos diverses expériences avaient confirmé que l'humification ou la déshumification des matériaux végétaux dépendent de la nature de ces derniers et des conditions dans lesquelles ils se dégradent. Nous étions ensuite parvenus à la conclusion que la faune du sol, quand elle est vivante, n'agit pas directement sur l'humification des matériaux végétaux, mais y accroît fortement l'activité biologique et donc les diverses réactions biochimiques qui l'accompagnent ; ce qui, selon la microflore et l'évolution naturelle des équilibres, peut aussi bien favoriser les processus d'humification que les processus de déshumification. Les animaux préparent les débris végétaux pour les microorganismes (KEVAN, 1968).

Le premier chapitre de cette seconde publication fera la transition entre les deux parties de notre travail et confirmera que, compte tenu du climat, du matériel végétal et du substratum, la microflore peut très activement orienter les processus d'humification. Un autre travail étudiera peut-être ultérieurement, et plus en détail, les rapports susceptibles d'exister entre l'humification des matériaux végétaux et la nature des microflores propres à quelques écosystèmes pédologiques.

Il avait été aussi observé dans nos premières expériences que les vers de terre morts pouvaient stimuler, encore plus que les vers vivants, l'activité biologique des sciures, leur minéralisation et leur humification, et il avait été montré que cette action des vers morts était due à des composés protéiniques se détruisant facilement à la chaleur ou à la dessiccation.

(1) Cf. Bibliographie, nouvelles références concernant le tome I.

Nous savons que les composés phénoliques issus de la lignine des végétaux ou des synthèses microbiennes participent très largement aux synthèses des acides humiques (FLAIG et HAIDER, 1968), mais de nombreux auteurs (JACQUIN, 1960 ; CARLES et DECAU, 1960 ; SWABY et LADD, 1962 ; DECAU, 1967 ; DE BORGER, 1972 a et b) ont aussi montré l'importance des composés azotés simples, et notamment des acides aminés, dans la synthèse des acides humiques ; ceci, en étroite liaison avec les conditions physico-chimiques du milieu. SIMONART, BATISTIC et MAYAUDON (1967) ont même mis en évidence une humo-protéine dans trois types de sols différents et sont parvenus à isoler directement une protéine d'un acide humique.

Concernant le rôle des argiles, on avait pu aussi constater que la kaolinite avait une action nulle, ou même négative, sur la minéralisation et l'humification des matériaux végétaux, alors que la montmorillonite semblait au contraire avoir sur celles-ci une action positive, pour autant qu'elle ne contrariait pas l'aération des surfaces, l'anaérobiose favorisant en effet les composés hydrosolubles aux dépens des acides humiques (CIZEK, 1967 ; NOVAK, 1971).

Dans cette seconde partie, après avoir rappelé l'importance que pouvait avoir dans le cadre de l'écosystème la microflore sur les processus d'humification et après avoir rappelé l'action possible de la faune vivante, nous avons voulu rechercher essentiellement d'où pouvait provenir l'action parfois positive des animaux morts sur les processus d'humification. Ont été pour cela étudiées, d'une part, l'action de divers cadavres animaux lyophilisés et réduits en poudre et, d'autre part, l'action de divers composés azotés et acides aminés aliphatiques ou aromatiques, sur l'humification de plusieurs matériaux végétaux : sciure de résineux, coques d'arachides, litière de niaouli (*Melaleuca leucodendron* - Myrtaceae) et litière de filao (*Casuarina equisetifolia* - Casuarinaceae). L'idée était de montrer que les composés chimiques trouvés actifs dans les processus d'humification existaient préférentiellement dans les poudres d'animaux favorisant aussi ces processus.

Pour ce qui est du choix des matériaux végétaux ligneux utilisés (sciure de résineux et coques d'arachides), il nous a été dicté par nos précédentes expériences, et par le fait que la lignine est une source importante de la portion aromatique des acides humiques. Au cours de la dégradation des matériaux végétaux, la lignine se dépolymérise et les monomères déméthoxylés et oxydés en quinones qui en résultent se recondensent ensuite en incluant des composés azotés (MANSKAYA et KODINA, 1968 ; PREVOT, 1970). D'autre part, la sciure de résineux et les coques d'arachides sont deux matériaux difficilement décomposables et formés sous des bandes climatiques totalement différentes.

JACQUIN (1963) a souligné à la fin de sa thèse l'importance capitale pour l'évolution des sols de la possibilité pour les matériaux ligneux d'évoluer selon des voies multiples. S'ils demeurent incolores et libèrent des substances hydrosolubles acides, ils peuvent aider à la formation de complexes pseudo-solubles, à l'entraînement du fer et à la podzolisation. S'ils évoluent, au contraire, en un terreau foncé et donnent directement des acides humiques insolubles, ils permettent l'édification d'un complexe argilo-humique englobant le fer et freinant le lessivage.

Pour ce qui est du choix des litières de niaouli et de filao, il nous a été dicté par le fait que ces deux litières tropicales sont de nature acide et ne se décomposent aussi qu'assez difficilement. Le niaouli, riche en une essence aromatique antiseptique dont l'odeur rappelle celle de l'eucalyptus, se localise de préférence dans les bas-fonds sur sols hydromorphes. Le filao, aux feuilles cylindriques et rappelant le port des conifères, colonise les sols pauvres des côtes tropicales. Par ailleurs, ces deux litières ont déjà été étudiées pour plusieurs de leurs propriétés par le Laboratoire de Microbiologie des sols de l'ORSTOM (MOUREAUX, 1965, 1972 ; BOQUEL et SUAVIN, 1973).

RAPPEL DE L'ACTION DE LA MICROFLORE ET DE LA FAUNE VIVANTE DANS LES PROCESSUS D'HUMIFICATION (Expériences H 13 et H 15)

Selon son contexte écologique (microclimat, qualités physico-chimiques du substratum et végétation), chaque sol possède une microflore qui lui est propre et dont l'activité des diverses espèces se manifeste plus ou moins selon le rythme saisonnier des facteurs du milieu.

Depuis longtemps déjà, nous avons pu observer qu'à côté du climat et de la richesse minérale des sols, la microflore avait un rôle très actif sur la définition du circuit humique des sols (BACHELIER, 1961, 1963, 1968). Il a pu ainsi être constaté que l'humification et la déshumification des matériaux végétaux étaient essentiellement d'origine microbienne. Diverses expériences nous ont montré que les microflores humifiantes et déshumifiantes n'ont pas la même activité dans les sols ferrallitiques et les sols bruns tempérés ; la température de plus grande activité de ces microflores varie aussi considérablement, selon qu'elles appartiennent à l'un ou à l'autre de ces deux types de sols (BACHELIER, 1963).

Nous considérerons ici trois expériences différentes : d'abord une expérience déjà assez ancienne consistant en l'application de feuilles d'herbes sur des sols de nature différente, puis deux nouvelles expériences effectuées sur les mêmes matériaux que ceux choisis pour les expériences H 9 à H 14. Ces deux expériences concernent, d'une part, l'étude de l'action de *Polyporus hirsutus* sur l'humification d'une sciure de résineux (expérience H 13) et, d'autre part, l'étude de l'action d'extraits aqueux et de poudres de sol sur l'humification d'une sciure de résineux et l'équilibre humique de coques d'arachides broyées (expérience H 15).

RAPPEL D'UNE ANCIENNE EXPÉRIENCE (BACHELIER, 1961)

Des brins d'herbes avaient été appliqués, d'une part, à la surface d'un sol ferrallitique camerounais et, d'autre part, à la surface d'un sol brun calcaire de la région parisienne, tous deux maintenus humides à la température du laboratoire.

Les premiers stades de la décomposition des herbes avaient été pratiquement les mêmes dans les deux cas, à savoir d'abord un léger brunissement passager des noyaux dans les cellules du parenchyme, l'altération des chloroplastes, un éventuel développement d'algues vertes, le brunissement de certaines cellules contiguës aux faisceaux ligneux (brunissement plus fréquent dans les herbes appliquées sur le sol brun calcaire). La colonisation des herbes par les bactéries et les champignons (cette dernière prédominant dans les herbes appliquées sur le sol ferrallitique), puis dans les deux cas la colonisation des herbes par les protozoaires et les nématodes. Mais, secondairement, alors que dans les herbes appliquées sur le sol brun calcaire nous avons pu observer une synthèse généralisée des acides préhumiques par les bactéries, dans les herbes appliquées sur le sol ferrallitique, nous n'avons pu observer cette synthèse qu'en quelques points très localisés. De plus, à poids égal de feuilles, l'extrait au pyrophosphate de sodium des herbes appliquées sur le sol brun calcaire s'était révélé deux fois plus coloré et trois fois plus riche en substances humiques totales que l'extrait des herbes appliquées sur le sol ferrallitique.

La microflore des deux sols a déterminé une humification différente des herbes appliquées sur leur surface.

ACTION DE *POLYPORUS HIRSUTUS* SUR L'HUMIFICATION D'UNE SCIURE DE RÉSINEUX (Expérience H 13)

5 grammes de sciure de résineux ont été placés dans des boîtes de Pétri. La moitié des boîtes a été humidifiée avec 25 ml d'eau distillée, et l'autre moitié avec 25 ml d'un extrait aqueux de *Polyporus hirsutus* (champignon du bois).

Après quatre mois en laboratoire, les boîtes ayant reçu l'extrait aqueux de *P. hirsutus* étaient très nettement plus foncées que les autres. Dans les deux cas, le pH s'est maintenu au cours de ces quatre mois autour de 4,8.

La perte de poids a été en moyenne de 0,5 % dans les boîtes témoins et de 9,3 % dans les boîtes à extrait aqueux de *P. hirsutus*, ce qui dénote une très forte activité biologique dans ces dernières.

En fin d'expérience, les boîtes témoins renfermaient en moyenne 1,1‰ de carbone acides humiques et les boîtes à extrait aqueux de *P. hirsutus*, 4,6‰ (soit respectivement 11,1 mg et 20,3 mg de carbone acides humiques).

Les acides fulviques, qui représentaient 4,9‰ de carbone dans la sciure de départ, représentaient en moyenne à la fin de l'expérience 1,2‰ de carbone dans les boîtes témoins et 4,0‰ dans les boîtes à extrait aqueux de *P. hirsutus*.

Les glucides représentaient dans la sciure de départ 17,8% des acides fulviques. En fin d'expérience, ils représentaient 25,1% des acides fulviques dans les boîtes témoins et 12,5% dans les boîtes à extrait aqueux de *P. hirsutus* où, nous l'avons vu, une activité biologique plus intense a entraîné une perte de poids plus importante.

Il apparaît que *P. hirsutus* a fortement accru l'activité biologique au sein de la sciure de résineux, comme le montrent à la fois la perte de poids élevée des échantillonsensemencés avec ce champignon et leur faible teneur en glucides libres.

Ce champignon a aussi fortement favorisé l'humification de la sciure de résineux, sans en modifier la valeur naturelle du pH.

L'action de ce champignon lignicole n'a d'ailleurs rien d'extraordinaire et PREVOT (1970), dans son livre sur l'humus, a recensé toute une série de bactéries, algues et champignons dont l'action a déjà été trouvée humifiante.

ACTION DE DIVERS SOLS SUR L'HUMIFICATION D'UNE SCIURE DE RÉSINEUX ET L'ÉQUILIBRE HUMIQUE DE COQUES D'ARACHIDES BROYÉES (Expérience H 15)

50 mg d'un sol brun calcaire (Bondy), 50 mg d'un sol podzologique (forêt d'Ermenonville) ou 50 mg d'un sol rouge ferrallitique (Yaoundé-Cameroun) ont été mélangés à des échantillons de 10 g de sciure de résineux ou 10 g de coques d'arachides. Des extraits aqueux de ces mêmes sols ont servi à humidifier respectivement ces divers échantillons qui ont été ensuite conservés 3 mois à 7°C ou à 20°C, et ceci en présence ou non d'Isopodes vivants.

Après trois mois, la sciure de résineux avait diminué selon les échantillons de 2,5 à 3,4 % à 7°C et de 4,6 à 6,3 % à 20°C.

Dans les échantillons sans Isopodes, par suite d'un trop fort tassement entraînant une mauvaise aération du milieu, la teneur globale en acides humiques a diminué selon les échantillons de 30 à 50 %, mais, par rapport aux témoins, l'ensemencement de la sciure par le sol brun calcaire a freiné la déshumification d'environ 5 à 7 %, alors que l'ensemencement par le sol podzologique et le sol ferrallitique l'ont, au contraire, accélérée d'approximativement la même valeur.

La mesure de l'absorption d'oxygène en flacon d'eau des échantillons en fin d'expérience montre, par rapport aux témoins, un plus fort potentiel d'activité biologique des échantillons enrichis par le sol brun calcaire, mais un potentiel d'activité biologique pratiquement identique pour les échantillons enrichis avec le sol podzologique ou le sol ferrallitique. L'action positive du sol brun calcaire sur l'humification de la sciure de résineux doit être due à la fois à son apport minéral et à son action conjointe sur l'activité biologique du milieu.

Les échantillons, qui en plus ont été travaillés par les Isopodes, ont tous vu leur déshumification fortement freinée, sinon parfois même supprimée. Les Isopodes, par leur métabolisme, leurs mues et parfois leurs cadavres, ont en effet fortement accru l'activité biologique du milieu (l'absorption d'oxygène des échantillons en fin d'expérience s'en est généralement trouvée doublée). Par leurs déplacements, les Isopodes ont aussi fortement contribué à aérer le milieu et donc à éviter les anaérobioses locales, facteurs de déshumification.

Quant aux coques d'arachides broyées, en trois mois leur poids a diminué, selon les échantillons, de 12 à 13 % à 7°C et de 15,5 à 16 % à 20°C.

Leur teneur globale en acides humiques, à une exception près, a diminué selon les échantillons de 79 à 87 %. Les divers ensemencements de sols ont tous eu tendance à accroître cette déshumification.

La présence des Isopodes a, là aussi, accru le potentiel d'activité biologique des échantillons dans sept cas sur huit et elle a accéléré la déshumification dans cinq cas sur huit.

L'accroissement de l'activité biologique (liée parfois à un apport minéral) a eu tendance à freiner la déshumification de la sciure de résineux, alors qu'elle a généralement joué en faveur de celle-ci avec les coques d'arachides.

L'expression des résultats, effectuée en comparant «la valeur des acides humiques trouvés en fin d'expérience» à «la valeur des acides humiques existant dans un poids de matériel de départ identique à celui demeurant en fin d'expérience», ne modifie pas le sens des résultats et confirme nos interprétations (cf. BACHELIER, 1972, pp. 18-19) paragraphe sur l'expression des résultats).

CONCLUSIONS

L'expérience de la feuille d'herbe placée sur des sols de nature différente a montré que les microflores peuvent orienter différemment les processus d'humification.

L'expérience avec *P. hirsutus* a rappelé que certains éléments de cette microflore sont bien connus pour avoir une action humifiante.

L'expérience avec la sciure de résineux et les coques d'arachides a enfin montré que l'on ne peut qu'exceptionnellement introduire une microflore exogène dans un milieu qui lui est étranger car : ou la microflore y est détruite, ou ce sont les éléments d'origines minérale et organique de l'apport qui influencent l'activité biologique du milieu et secondairement aussi l'humification.

La faune vivante, en agissant qualitativement sur la microflore, pourrait aussi théoriquement orienter les processus de l'humification, mais, en fait, la faune est en équilibre avec la microflore au sein des écosystèmes pédologiques et, en favorisant l'activité biologique du milieu, la faune vivante ne fait qu'accélérer les processus d'humification définis par tout l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'écosystème.

Par contre, par ses cadavres et l'apport des composés organiques qui en résulte, la faune peut agir directement sur les processus d'humification. Cette action possible des animaux morts sur les processus d'humification a déjà été mise en évidence dans la première partie de notre travail : nous en étudierons plus en détail le mécanisme dans les chapitres suivants.

ACTION D'UNE POUDRE DE VERS LYOPHILISÉS

SUR DIVERS MATÉRIAUX LIGNEUX

(Expérience H 8)

Cette expérience de portée limitée confirme l'action positive d'une poudre de vers lyophilisés sur l'humification de divers matériaux ligneux, déjà précédemment utilisés ou qui le seront par la suite. Cette expérience, qui rappelle les dernières du premier tome de ce travail (BACHELIER, 1972), aborde l'étude de l'action des animaux morts.

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel végétal et dispositif d'expérience

Des échantillons de 10 g d'une sciure mixte (déjà utilisée dans l'expérience H 7-1), de 10 g d'une sciure de résineux (utilisée par la suite dans l'expérience H 9) et de 10 g de coques d'arachides broyées (utilisées par la suite dans l'expérience H 14), ont été placés séparément dans de petits cristallisoirs.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention et température de 20°C.
- addition à chaque sciure d'1 g de poudre de vers de terre lyophilisés dans un échantillon sur deux, l'autre servant de témoin.

Durée de l'expérience

- 2 mois et 12 jours.

Analyses

- sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1M.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Le tableau 1 résume les principaux résultats de cette expérience H 8 et les compare à ceux d'expériences analogues : expériences antérieures de la première partie de ce travail ou expériences faisant l'objet de la présente publication.

La figure 1 montre graphiquement les variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience.

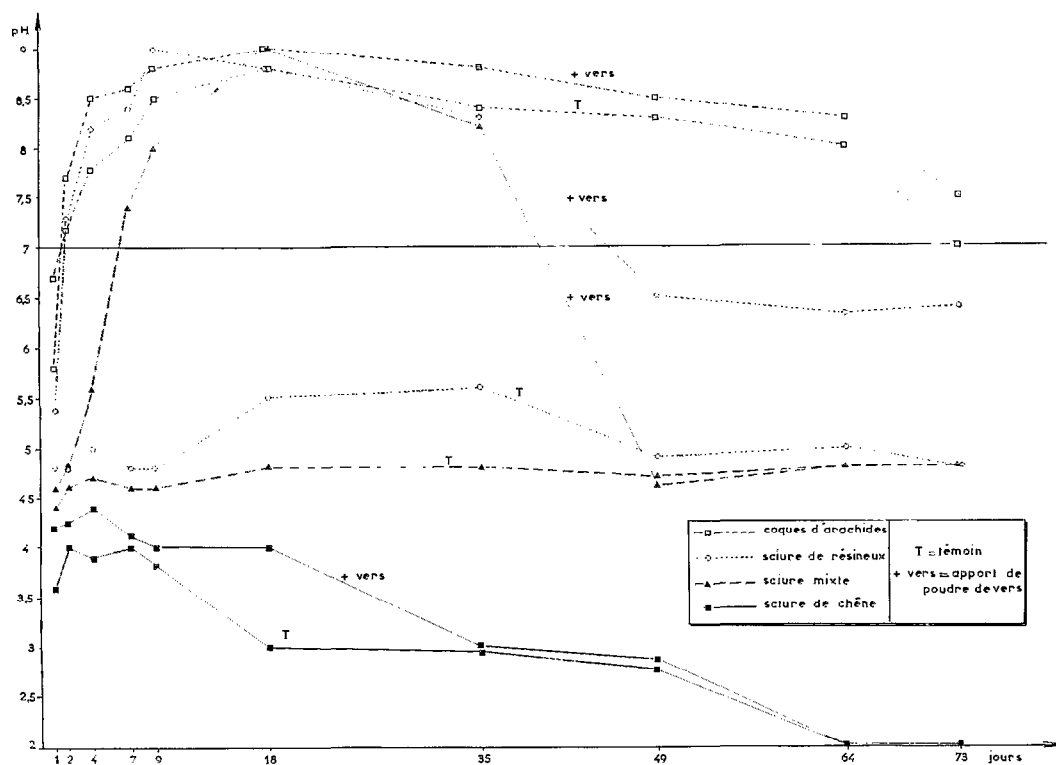
	Perte de poids (en %)			mg C acides humiques dans						
	Témoin	éch. avec (1) 1 g (p.v.)	Différence	Sciure départ 10 g.	sciure restante					
					Témoin	+ 4 sc. départ	éch. avec 1 g (p.v.)	- 5,5 (2)	+ par rapport à sc. départ	+ par rapport à témoin
Sciure mixte exp. H 7-1	3.7	>7	+ 3,3	22,0	4,8	- 78,2	75,0	69,5	+ 216	+ 1348
exp. H 8	3,5	17,7	+ 14,2	"	10,6	- 51,9	89,0	83,5	+ 279	+ 689
Sciure de chêne exp. H 7-2	1,8	29,5	+ 27,7	40,0	60,9	+ 52,2	119,3	113,8	+ 184	+ 87
exp. H 8	4,6	18,3	+ 13,7	"	39,3	- 1,7	161,5	156,0	+ 290	+ 297
Sciure de résineux exp. H 8	6,1	12,8	+ 6,7	10,00	10,2	+ 2,4	23,8	18,3	+ 83	+ 79
exp. H 9	3,5	11,1	+ 10,8	"	9,5	- 5,3	15,8	10,3	+ 3	+ 9
Coques d'arachides exp. H 8	16,6	16,3	- 0,3	82,0	20,0	- 75,6	33,3	27,8	- 66	+ 39
exp. H 14 (3)	12,7	13,4	+ 0,7	"	13,1	- 84,1	18,4	15,7	- 81	+ 20

(1) - soustraction faite de l'apport minéral effectué par les vers (423 mg dans 1 g de poudre de vers) et en supposant les 577 mg de matières organiques des vers totalement minéralisés (perte de poids minima).

(2) - 5,5 = mg C acides humiques demeurant en fin d'expérience dans 1 g de poudre de vers soumise séparément aux conditions de cette expérience

(3) - apport dans l'exp. H 14 de seulement 0,5 g de poudre de vers, au lieu de 1 g.

Tableau 1 - Perte de poids et teneur en acides humiques de diverses sciures enrichies en poudre de vers lyophilisés (= p.v.)
Valeurs en fin d'expérience.



INTERPRÉTATION

1. L'apport de poudre de vers lyophilisés, par rapport aux témoins, a accru en moyenne d'environ 21 % la minéralisation de la sciure de chêne, 9 % la minéralisation de la sciure mixte et de la sciure de résineux, mais n'a pratiquement pas modifié la minéralisation des coques d'arachides broyées.

2. Dans les conditions de notre expérience, c'est-à-dire à une humidité continue voisine de la capacité de rétention et à une température constante de 20° C, la sciure de chêne tend naturellement à s'humifier, la sciure de résineux s'humifie peu, la sciure mixte et les coques d'arachides se déshumifient.

3. L'apport de poudre de vers lyophilisés, par rapport aux témoins, a approximativement multiplié par 11 l'humification de la sciure mixte, par 3 celle de la sciure de chêne et par 1.5 celle de la sciure de résineux. Cet apport n'a pas pu empêcher la déshumification naturelle des coques d'arachides, mais il l'a réduite d'environ 30 %.

4. Concernant l'évolution du pH des divers échantillons (cf. figure 1), seules les coques d'arachides ont présenté un pH basique ; les trois autres matériaux ligneux ont conservé tout au long de l'expérience un pH nettement acide. L'apport de poudre de vers n'a eu qu'un effet limité sur les coques d'arachides et la sciure de chêne. Il a, par contre, rendu fortement basique pendant un mois la sciure mixte et la sciure de résineux qui sont normalement acides. Ces résultats sont concordants avec ceux observés, dans des conditions identiques, au cours des expériences H 7-1, H 7-2, H 9 et H 14.

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H 8

Comme nous l'avons rappelé en introduction, de précédentes expériences (expériences H 7-1 et H 7-2, BACHELIER, 1972) nous avaient déjà montré que les vers de terre morts, encore plus que les vers vivants, pouvaient stimuler l'activité biologique des sciures, leur minéralisation et leur humification. Cette action humifiante nous est apparue liée à des composés protéiniques thermo et xérolabiles.

L'expérience H 8 rappelle l'action humifiante des vers morts sur les matériaux ligneux et nous montre que l'importance de cette action dépend fortement de la nature du matériel végétal. Cette action humifiante a été très importante avec une sciure mixte qui se déshumifie facilement, alors qu'elle a été cinq fois plus faible avec une sciure de chêne qui a, au contraire, tendance naturelle à s'humifier. A défaut d'aider à l'humification d'un matériel végétal, les vers morts peuvent tout au moins en limiter la déshumification, ainsi que nous avons pu l'observer avec des coques d'arachides broyées (expériences H 8 et H 14).

Cette action humifiante des vers morts n'apparaît pas liée aux modifications de pH que les vers sont susceptibles de déterminer au sein des matériaux ligneux ; les vers morts ont plus, par exemple, contribué à l'humification de la sciure de chêne dont ils ont peu modifié le pH acide qu'à l'humification de la sciure de résineux dont ils ont rendu le pH fortement basique pendant un mois.

Rappelons que BONNEAU, DUCHAUFOR et MANGENOT (1964) ont observé que l'humification de la sciure de hêtre apparaît plus importante en milieu acide qu'en milieu basique. Mais JACQUIN et MANGENOT (1960), étudiant l'humification de tas de copeaux de bois blanc (hêtre et accessoirement frêne et peuplier) ont remarqué dans le cas de la pourriture blanche, ou d'un faible pH, que les débris végétaux demeurent distincts et de couleur claire, le rapport acides fulviques sur acides humiques élevé, le taux d'azote faible et les composés hydrosolubles abondants. Par contre, après chaulage du tas de copeaux rendant son pH supérieur à 7, ces auteurs ont observé une forte altération du milieu, une élévation du taux d'azote et une synthèse accrue des acides humiques bruns aux dépens des composés hydrosolubles.

**ACTION DE DIVERSES POUDRES D'ANIMAUX LYOPHILISÉS
SUR L'HUMIFICATION D'UNE SCIURE DE RÉSINEUX
(Expérience H 9)**

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel végétal et dispositif d'expérience

10 g d'une sciure de résineux ont été placés dans de petits cristallisoirs. Cette sciure renfermait, exprimés en carbone, 1‰ d'acides humiques et 5‰ d'acides fulviques, dont 14,8 % de nature glucidique (ceci, après double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1 M). Cette sciure renfermait aussi 1‰ de cires et de résines (exprimées en carbone) et, avec 0,148‰ d'azote, avait un rapport C/N voisin de 2.400.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention et température constante de 20°C.
- addition de poudres d'animaux morts et lyophilisés : 1 g de vers de terre (renfermant 0.422 g de matières minérales), 0,5 g d'Isopodes, de hannetons, d'*Oryctes*, de doryphores ou de viande de bœuf, ou encore 0,75 à 0,79 g d'escargots des vignes (*Helix pomatia* L.).

Les vers de terre, avant d'être tués, étaient restés trois jours à se vider dans de la vermiculite humide. Les Isopodes étaient restés trois jours à jeûner sur du coton hydrophile.

Les teneurs en carbone et en azote des différentes poudres d'animaux étaient les suivantes :

	C‰	N‰	C/N	glucides mg C‰
Lombricides	251	58	4,33	20.61
Isopodes	271	59	4,59	5,08
Hannetons	417	121	3,45	1,74
Oryctes	420	113	3,72	0.85
Doryphores	420	84	5,00	7.06
Viande de bœuf	457	129	3,54	4,58
Escargots	310	78	3,97	

Tableau 2 – Teneurs en carbone et en azote des poudres d'animaux utilisées dans l'expérience H 9.

Durée de l'expérience

- 2 mois 10 jours.

Analyses

- sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0.1M.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les figures 2 et 3 rassemblent les principaux résultats de cette expérience.

La figure 2 montre la perte de poids subie par les divers échantillons au cours de l'expérience. donne le potentiel d'activité biologique de ces échantillons en fin d'expérience et présente leurs teneurs en acides humiques à ce dernier stade. La figure 3 offre en graphique les variations du pH des divers échantillons au cours des 2 mois et 10 jours d'expérience.

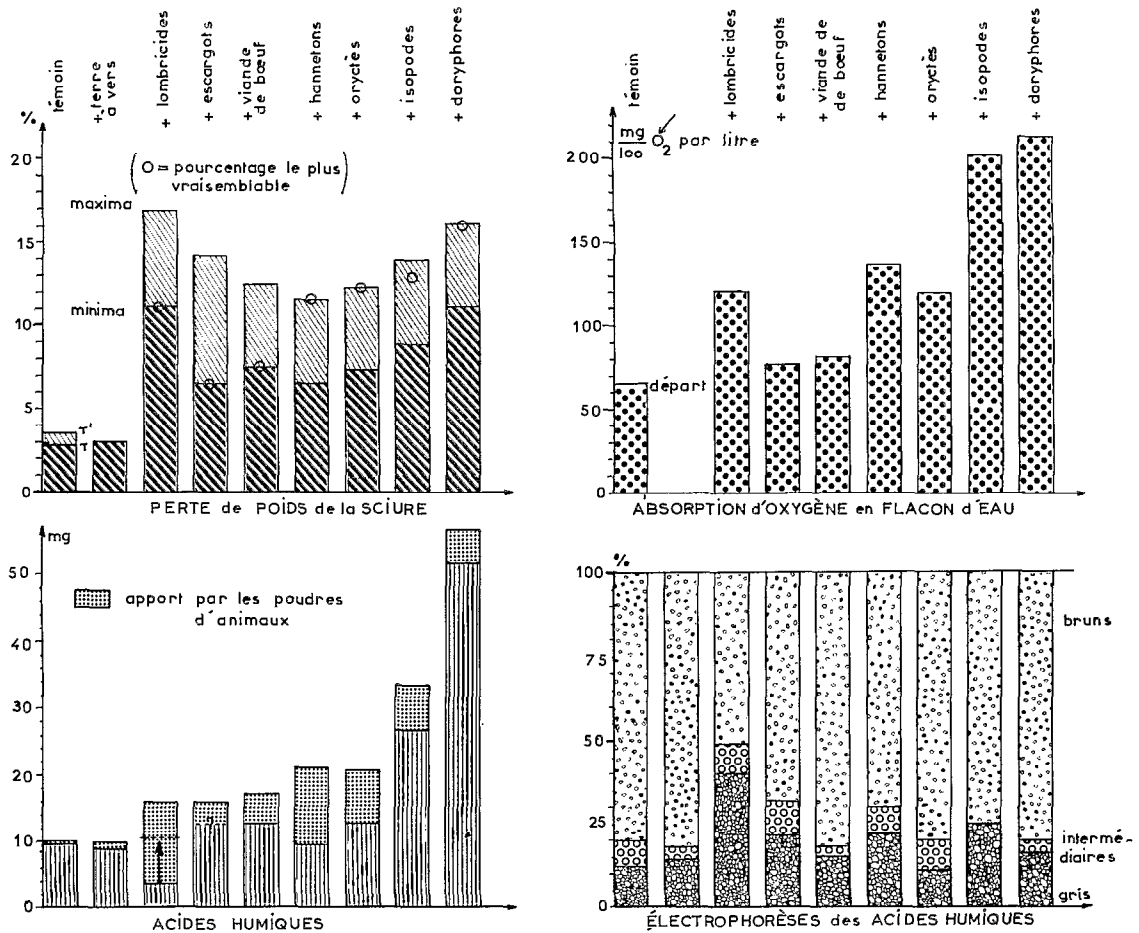


Figure 2 - Évolution à 20° d'une sciure de résineux (poids, potentiel d'activité biologique et acides humiques) sous humidité permanente et après apport de diverses poudres d'animaux lyophilisés.

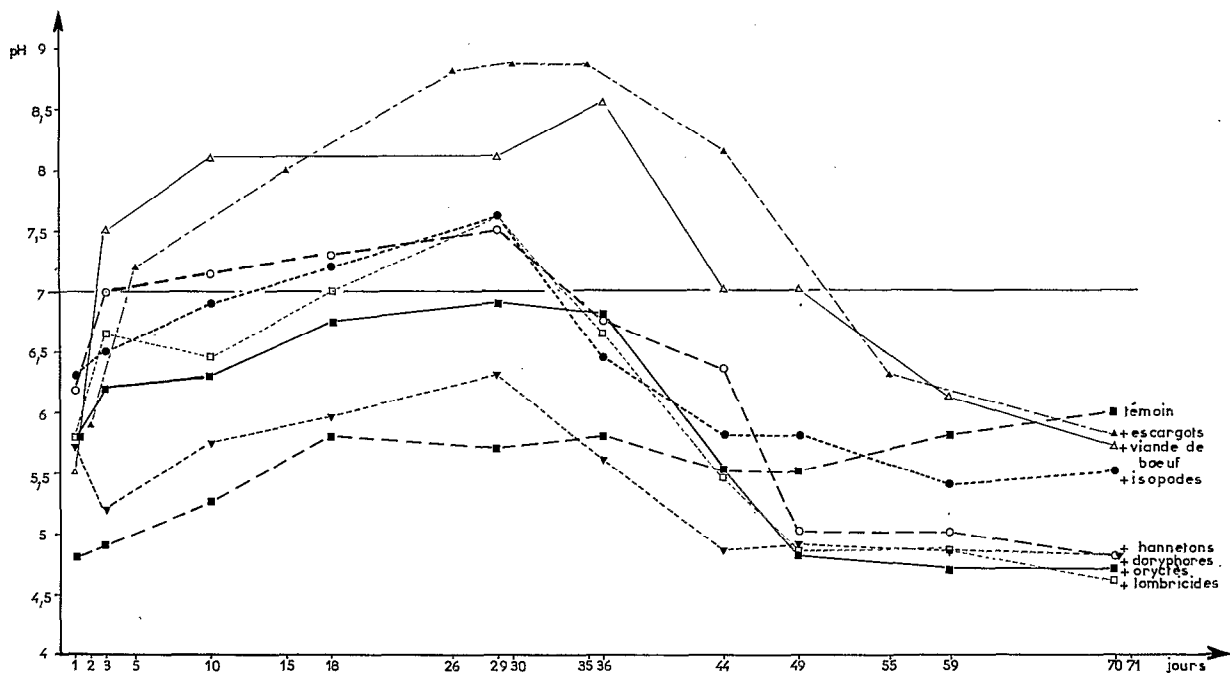


Figure 3 – Évolution du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H9.

INTERPRÉTATION DES GRAPHIQUES

1. La perte de poids de la sciure de résineux s'est trouvée accrue par l'apport de poudres d'animaux. Selon que l'on considère que cet apport a été minéralisé ou pas au cours de l'expérience, on a pour la sciure une valeur maximale ou une valeur minimale de sa perte de poids. Il est vraisemblable que pour les vers de terre, les escargots et la viande de bœuf facilement décomposables, la diminution réelle du poids de la sciure devrait être proche de la valeur minimale, alors que pour les Isopodes et les divers Coléoptères difficilement décomposables, la diminution réelle du poids de la sciure devrait être proche de la valeur maximale. Dans cette hypothèse, auraient le plus favorisé la minéralisation de la sciure, dans l'ordre : la poudre de doryphores, la poudre d'Isopodes, la poudre d'*Oryctes*, la poudre de hannetons, la poudre de Lombricides, la poudre de viande et la poudre d'escargots.

L'apport de terre travaillée par les vers ne paraît pas avoir influencé la minéralisation de la sciure.

2. Concernant l'évolution des acides humiques, même en soustrayant les composés organiques apportés par les poudres d'animaux et rentrant dans le dosage classique des acides humiques (parties hachurées des colonnes) (2), il est visible que l'apport de poudres d'animaux a favorisé l'humification de la sciure de résineux, et plus particulièrement les poudres d'Isopodes et de doryphores. Les hannetons et les *Oryctes* ont eu une action bien inférieure à celle des doryphores. Les poudres d'animaux mous (vers et escargots décoquillés) ou de viande (viande hachée de bœuf) n'ont eu dans cette expérience qu'une action très limitée.

(2) pour les vers de terre, nous avons aussi indiqué sur le graphique, par un tireté surmontant une flèche, la fraction de composés humiques demeurant après 2 mois dans 1 g de poudre de vers soumise isolément aux mêmes conditions d'expérience.

Il est à noter que dans cette expérience H 9 l'action des vers morts sur l'humification de la sciure de résineux a été nettement plus faible que celle que nous avons pu constater sur cette même sciure dans l'expérience H 8. Peut-être des phénomènes locaux de réduction liés à une mauvaise aération ont-ils limité dans ce cas l'humification de la sciure.

Ce sont, dans cette expérience, les apports les plus difficilement décomposables et à tests plus ou moins chitineux qui ont eu le plus d'efficacité sur l'humification de la sciure de résineux.

3. Si l'on classe en fin d'expérience les boîtes de Pétri par couleur et qu'on compare ce classement avec celui des pertes de sciure, et celui des teneurs en acides humiques, il apparaît que l'ordre des boîtes est pratiquement le même dans les trois cas. Le brunissement de la sciure, sa minéralisation et son humification ont été de pair.

4. Cette minéralisation plus ou moins importante de la sciure traduit en fait des activations biologiques plus ou moins fortes, comme le prouvent les mesures d'absorption d'oxygène en flacon d'eau effectuées sur les diverses sciures en fin d'expérience.

5. L'électrophorèse des divers acides humiques n'a fait ressortir que la plus faible condensation des acides humiques dans le cas de la sciure ayant reçu un apport de poudre de Lombricides.

6. L'évolution du pH dans les différents échantillons au cours de l'expérience nous montre que, par rapport au témoin, les apports de poudres d'animaux ont déterminé des pH plus proches de la neutralité, ou même des pH temporairement basiques. Les escargots et la viande de bœuf ont fait momentanément monter le pH jusqu'aux valeurs 8,5 à 9 ; des phénomènes de putréfaction, et donc d'anaérobiose, ont dû, dans ce dernier cas, limiter la synthèse des acides humiques.

Il est intéressant de constater que c'est l'apport de poudre de doryphores qui, par rapport au témoin, a le moins modifié l'évolution naturelle du pH ; celui-ci n'a jamais dépassé la valeur 6,3 et c'est, cependant, avec la poudre de doryphores que l'humification de la sciure a été la plus poussée.

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H 9

Concernant l'action des animaux morts sur l'humification d'une sciure de résineux, il s'est avéré que les arthropodes à tests calcaires ou chitineux auraient une action plus efficace que les animaux mous (vers de terre, escargots ou viande de bœuf). Parmi les arthropodes utilisés, les doryphores, et secondairement les cloportes (Isopodes), ont eu une action positive certaine sur l'humification de la sciure de résineux étudiée. Cette action n'est pas apparue liée aux modifications du pH, celui-ci avec les doryphores étant toujours resté acide.

Dans notre précédent travail (BACHELIER, 1972), nous avons déjà vu que les vers de terre morts, encore plus que les vers vivants, pouvaient stimuler l'activité biologique au sein des sciures (sciure d'origine mixte ou sciure de chêne) et, selon les cas, pouvaient davantage freiner la déshumification ou favoriser l'humification de ces sciures.

Ici, vis-à-vis d'une sciure de résineux, les vers morts ont eu aussi une influence positive sur l'activation biologique de cette sciure et sur sa minéralisation, mais ils n'en ont guère modifié l'humification. Pour les cloportes, nous avons précédemment vu que, vivants, ils pouvaient activer l'activité biologique et la minéralisation de diverses sciures, tout en favorisant la déshumification. Nous voyons ici que, par leurs cadavres, ils peuvent par contre assez fortement favoriser l'humification d'une sciure de résineux.

**ACTION DE L'URÉE, DE DIVERS ACIDES AMINÉS
ET DE DIVERSES PROTÉINES
SUR L'HUMIFICATION D'UNE SCIURE DE RÉSINEUX
(Expériences H 10 et H 12)**

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel végétal et dispositif d'expérience

10 g de la sciure de résineux déjà utilisée pour l'expérience H 9 ont été placés, là encore, dans de petits cristallisoirs.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention et température constante de 20° C.
- addition d'urée, de divers acides aminés de nature aliphatique ou aromatique et de divers composés protidiques avec, pour chacun de ces composés azotés, humidification du milieu par 40 ml d'eau distillée, 40 ml de glucose à 1‰. 40 ml de la solution minérale de Heller (3) ou 40 ml de la solution de Heller à 1 % de glucose.

Poids des divers composés azotés ajoutés aux 10 g de sciure (leur formule chimique est rappelée dans l'annexe 2) :

- urée	0,214 g, soit 100 mg d'azote
- glycolle	0,535 g, " " "
- sarcosine	0,636 g, " " "
- alanine.....	0,636 g, " " "
- leucine	0,936 g, " " "
- sérine	0,250 g, " 33 mg "
- cystine	1,000 g, " 116 mg "
- arginine	1,000 g, " 320 mg "
- glutathion	0,400 g, " 55 mg "
- ac. glutamique	1,000 g, (témoin), soit 95 mg d'azote
- "	0,500 g, (autres), soit 42.5 mg d'azote

(3) cf. la composition de la solution de Heller dans (BACHELIER, 1972) annexe II.

- tyrosine	1.294 g.	soit 100 mg d'azote
- tryptophane	0.500 g.	" 68.5 mg d'azote
- proline	1.000 g.	" 122 mg d'azote
- histidine	1.000 g.	" 184 mg d'azote
- peptone	0.726 g.	" 100 mg d'azote
- hydrolysate de caséine	1.181 g.	" 100 mg "
- extrait de viande	1.142 g.	" 100 mg "
- insuline (dans endopancrène)		non évalué

Tous ces composés sont solubles dans le pyrophosphate de sodium 0.1M, à l'exception de la cystine, de l'acide glutamique et de la tyrosine, dont la solubilité s'y avère limitée.

Ces divers composés solubilisés dans le pyrophosphate de sodium ne donnent pas de précipité par addition d'acide sulfurique, en dehors de l'extrait de viande (fort précipité), de l'arginine et du tryptophane (léger précipité) et éventuellement de la peptone (léger trouble). A part donc le cas de ces derniers composés (encore que l'extrait de viande et la peptone soient totalement détruits après deux mois), les apports effectués ne peuvent, par eux-mêmes, accroître au dosage la somme des acides humiques extraits de la sciure.

Durée de l'expérience

2 mois et 10 jours.

Analyses

sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0.1M.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les tableaux 3 à 5 et les figures 4 et 5a à 5e rassemblent les principaux résultats de cette expérience.

Le tableau 3 montre la perte de poids subie par les échantillons au cours de l'expérience. Le tableau 4 donne les teneurs en acides humiques des échantillons en fin d'expérience. La figure 4 présente certains résultats d'électrophorèse des acides humiques. Le tableau 5 montre les teneurs en carbone glucidique de certains échantillons en fin d'expérience. Les figures 5a à 5e offrent en graphique les variations de pH des divers échantillons au cours des 2 mois et 10 jours d'expérience.

INTERPRÉTATION DES GRAPHIQUES

Le tableau 3, concernant la perte de poids subie par la sciure au cours de l'expérience, a été établi en supposant pour chaque échantillon que le composé azoté avait été entièrement minéralisé, ce qui donne une diminution de poids minimum pour la sciure (valeurs 1) ou, au contraire, avait été entièrement conservé, ce qui donne une diminution de poids maximum pour la sciure (valeurs 2).

Il ressort de ce tableau que, par rapport aux témoins, l'urée a eu une action marquée sur la minéralisation de la sciure, ainsi qu'à un degré légèrement moindre - et surtout en présence d'un apport d'éléments minéraux (solution de Heller) - le glyocolle, la leucine et éventuellement la tyrosine.

Il est à noter que l'urée et le glyocolle sont des corps à formule chimique courte (cf. annexe II) et sont facilement décomposables.

Tous les autres composés azotés testés paraissent de même avoir eu une action positive, bien que plus légère, sur la minéralisation de la sciure, en dehors toutefois de la cystine (peu soluble) et de l'insuline qui semblent avoir peu modifié la diminution de poids de la sciure, si l'on s'en réfère aux témoins.

	eau distillée		glucose à 1%		Heller		Heller à 1% gluc.		Observations
	①	②	①	②	①	②	①	②	
urée	584	7,98	3,19	5,33	9,58	11,72	10,32	12,46	action ++
glycocolle	2,43	7,79	2,47	7,83	7,44	8,79	4,74	10,10	action +
sarcosine	0,32	6,68	0,44	6,80	7,81	14,17	5,22	11,58	
β alanine	2,37	8,72	2,33	8,69	5,70	12,06	8,27	14,63	
leucine	0	8,55	0	7,75	7,72	17,08	6,23	15,59	action +
sérine	0,02	3,42	0	1,80	7,62	10,12	7,24	9,74	
cystine	0	2,94	0	2,05	0	7,08	0	4,75	action -
arginine	0	8,44	0	6,56	0,77	10,77	1,92	11,92	
glutathion	0	3,22							
acide glutamique	0	8,24	0	4,58	6,32	11,32	4,91	9,91	
tyrosine	0	7,14	0	6,04	4,73	17,66	0,35	13,29	action +
tryptophane	0	4,06	0	3,20	6,05	11,05	3,68	8,68	
proline	0	7,55	0	6,31	3,94	13,94	4,48	11,48	/ = valeur la plus proche de la vraie perte
histidine	0	5,26	0	3,58	0,28	10,28	0	9,26	
peptone	2,78	10,04	2,71	9,97	7,03	14,29	3,70	10,96	
hydrolysate de caseine	0	11,36	0,16	11,97	4,97	16,77	0,06	11,87	
extrait de viande	0	10,45	0	10,52	0,89	12,31	1,53	12,93	
insuline (endopancrine)	0,77	0,77	0,93	0,93	6,56	6,56	4,79	4,79	action -
moyenne des témoins	1,80		1,30		7,00		5,40		

	eau distillée		glucose à 1%		Heller		Heller à 1% gluc.		Observations
	①	②	①	②	①	②	①	②	
urée									action ++
glycocolle									action +
sarcosine									
β alanine									
leucine									action +
sérine									
cystine									action -
arginine									
glutathion									
acide glutamique									
tyrosine									action +
tryptophane									
proline									
histidine									
peptone									
hydrolysate de caseine									
extrait de viande									
insuline (endopancrine)									action -
moyenne des témoins									

	0 - 2,5
	2,5+ - 5,0
	5+ - 10
	10+ - 15
	> 15

Tableau 3 - Perte de poids de la sciure (exprimée en %)

① = valeurs minima, apport supposé entièrement minéralisé ;

② = valeurs maxima, apport supposé entièrement conservé (cystine, acide glutamique et tyrosine sont peu solubles).

	eau distillée	glucose à 1%	Heller	Heller à 1% gluc.	Observations
urée	13,70	13,55	15,04	15,27	
glycolle	11,39	5,47	12,95	11,42	action -
sarcosine	16,02	4,34	12,10	12,96	action -
β alanine	10,09	15,53	10,42	12,21	
leucine	14,31	15,89	14,20	12,98	
sérine	10,71	15,37	14,99	19,78	
cystine	6,51	6,12	14,19	14,18	action -
arginine	14,20	15,15	17,31	23,15	
glutathion	13,04				
acide glutamique	12,64	12,44	13,84	20,26	
tyrosine	17,65	13,43	23,52	17,71	action +
tryptophane	14,98	15,75	14,39	21,22	
proline	14,71	5,64	15,59	15,03	action du glucose
histidine	6,02	11,16	8,17	10,11	action -
peptone	10,12	12,50	15,55	11,38	
hydrolysat de caseïne	11,32	8,75	16,94	9,08	action du glucose
extrait de viande	10,39	11,36	13,99	13,75	
insuline (endopancrine)	8,95	11,38	18,70	18,31	
moyenne des témoins	9,67	12,86	28,20	18,88	au départ: \bar{n} 10,00

Tableau 4 - Teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience (acides humiques exprimés en mg. de c.).

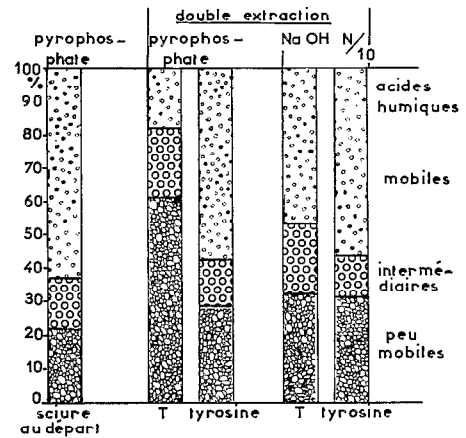


Figure 4 - Électrophorèse des acides humiques de la sciure de résineux enrichie ou non en tyrosine.

	eau distillée	glucose à 1%	Heller	Heller à 1% gluc.	Observations
urée	3,36	3,42	3,00	2,73	
sérine	2,23	10,02	3,35	2,81	
cystine	11,08	16,04	12,75	13,50	action +
arginine	6,92	10,63	7,53	7,74	
glutathion	6,23				
acide glutamique	12,15	11,10	2,32	5,74	
tyrosine	9,84	7,23	5,67		
tryptophane	5,91	8,21	3,47	4,16	
proline	10,25	11,00	6,15	5,18	
histidine	9,32	15,77	3,07	5,62	
insuline (dans endopancrine)	2,99	6,71	2,58	3,22	
moyenne des témoins	3,04	5,73	2,99	3,09	au départ: \bar{n} 10,00

Tableau 5 - Teneurs en glucides des divers échantillons en fin d'expérience (glucides exprimés en mg. de c.).

L'apport de glucose a souvent eu une action limitante.

Le tableau 4 nous donne les teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience. Nous voyons que la tyrosine a très nettement favorisé l'humification de la sciure, que ce soit seule ou après enrichissement du milieu en glucose, en éléments minéraux ou en solution de Heller glucosée. Rien que l'aspect des diverses sciures en fin d'expérience montrait que les sciures ayant reçu de la tyrosine étaient beaucoup plus fortement brunies que les autres.

La cystine et l'histidine paraissent, par contre, avoir eu une action négative sur l'humification de la sciure.

Dans de nombreux cas, l'apport de glucose a limité l'humification de la sciure (cas du glycoColle, de la sarcosine, de la proline et de l'hydrolysate de caséine).

La figure 4, qui fait la moyenne de plusieurs électrophorèses, toutes concordantes, nous montre aussi que la tyrosine a conservé le taux d'acides humiques mobiles dans les acides humiques de la sciure, alors que ceux-ci ont en proportion fortement diminué dans les acides humiques des témoins.

L'extraction à la soude N/10 a peu modifié quantitativement et qualitativement les acides humiques des sciures traitées à la tyrosine, alors qu'elle a fait plus que doubler les acides humiques de la sciure des témoins, tout en accroissant la proportion d'acides humiques mobiles.

Pour ce qui est des composés chimiques solubles au pyrophosphate et non précipitables à l'acide (fraction «acides fulviques»), présents dans les divers échantillons en fin d'expérience, nous ne pensons pas utile d'en communiquer les valeurs et d'essayer de les interpréter, étant donné que nous ignorons ce qui peut demeurer en fin d'expérience dans cette fraction «acides fulviques» des composés azotés et du glucose apportés au départ de l'expérience.

L'analyse du carbone glucidique présent en fin d'expérience dans les échantillons non glucosés (tableau 5) nous montre une nette accumulation de glucides dans les échantillons ayant reçu de la cystine, ce qui peut indiquer un engorgement énergétique dans la dégradation de la sciure de ces échantillons : hypothèse que semblent confirmer les résultats de perte de poids des échantillons, et aussi l'action négative de la cystine sur la minéralisation et l'humification de la sciure de résineux.

Quant aux variations de pH des divers échantillons au cours des 2 mois et 10 jours qu'a duré l'expérience, les figures 5a à 5e nous les présentent.

L'arginine, l'extrait de viande et l'hydrolysate de caséine, dès les premiers jours du départ de l'expérience, ont déterminé dans la sciure de résineux un pH basique. Ce pH est ensuite resté voisin de 8 à 9, et même de 9,5 dans le cas de l'arginine.

L'alanine, le tryptophane et la tyrosine ont rendu basique le pH de la sciure seulement après une dizaine de jours.

Il en a été de même avec le glycoColle, la peptone et la sarcosine, où toutefois les échantillons, qui avaient reçu en plus un apport minéral, ont vu leur pH redevenir acide après 2 mois.

Cette diminution des pH après 1 mois d'expérience s'est affirmée avec l'urée, la leucine, l'histidine et la proline.

Tous les pH sont redevenus voisins de la neutralité après 2 mois avec le glutathion et l'acide glutamique, et même voisins de 6,5 avec la sérine.

La cystine a peu modifié l'évolution acide du pH de la sciure des divers témoins, sauf les deuxième et troisième semaines de l'expérience, dans le cas d'un apport minéral conjoint.

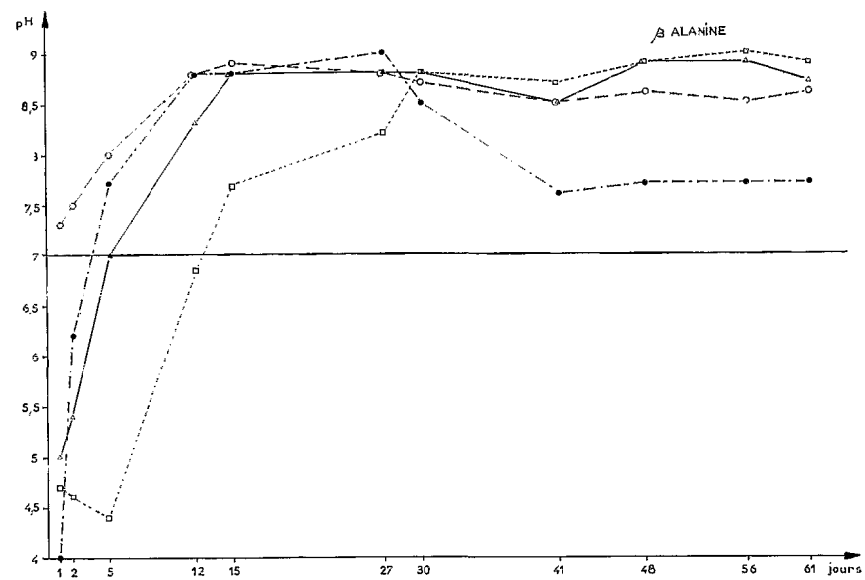
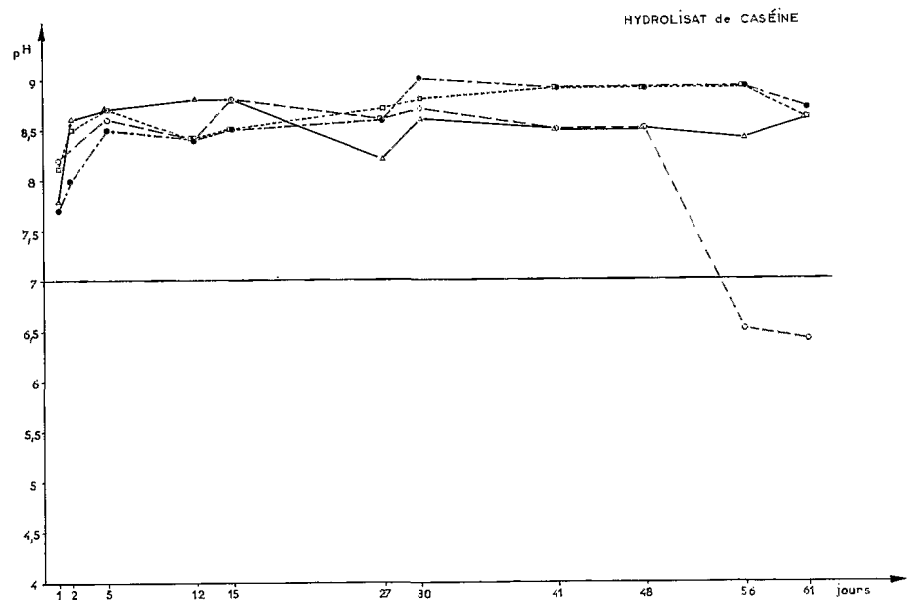
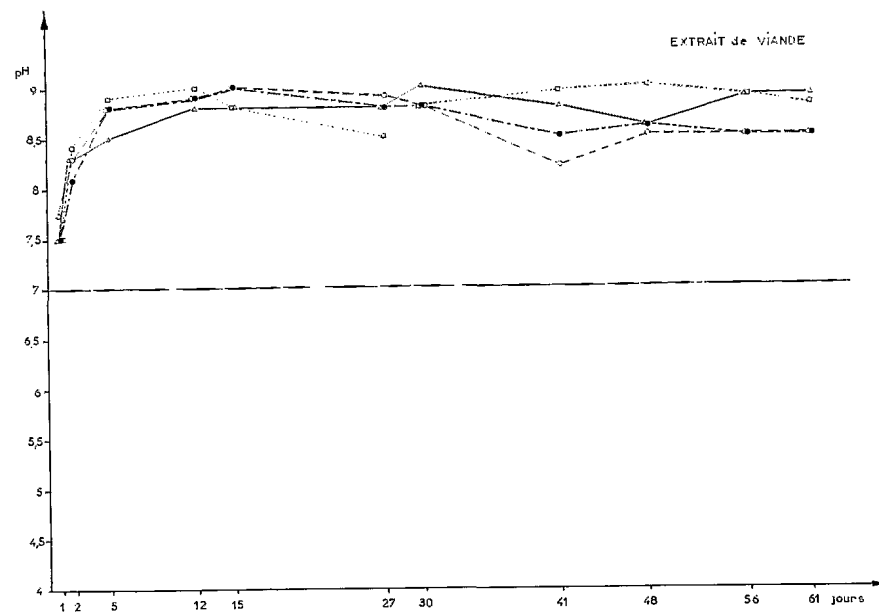
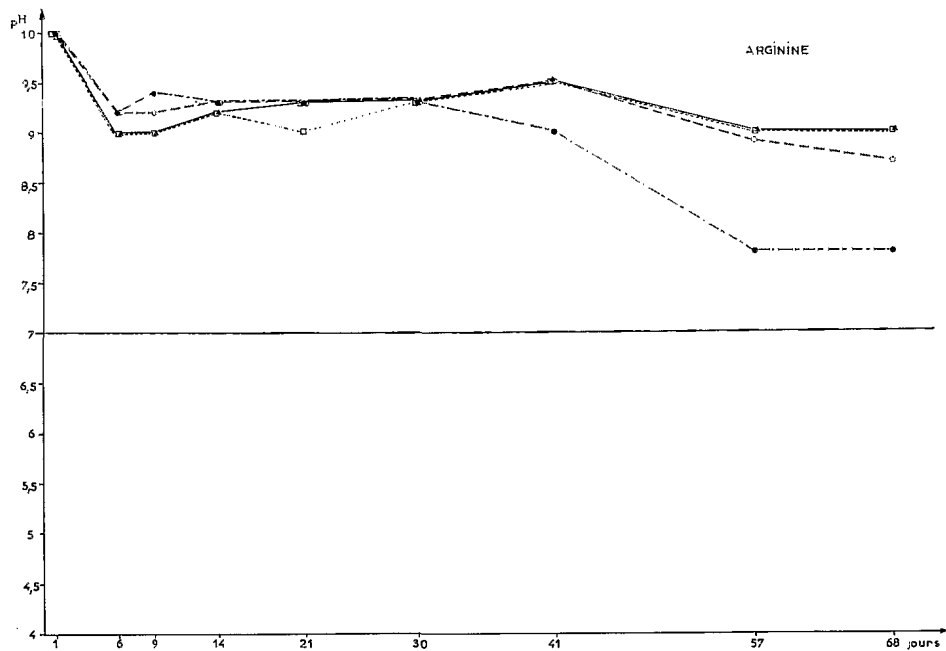


Figure 5a - Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 10/H 12.

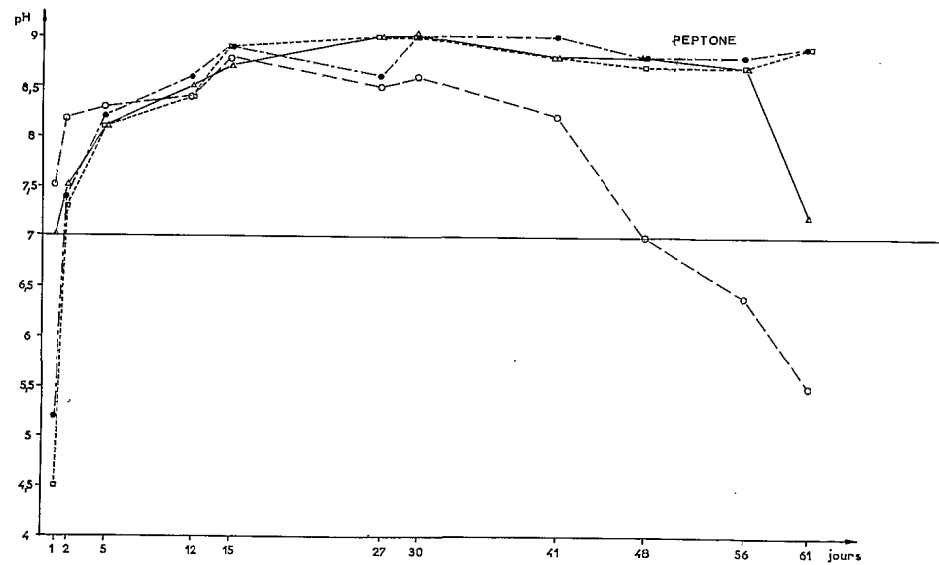
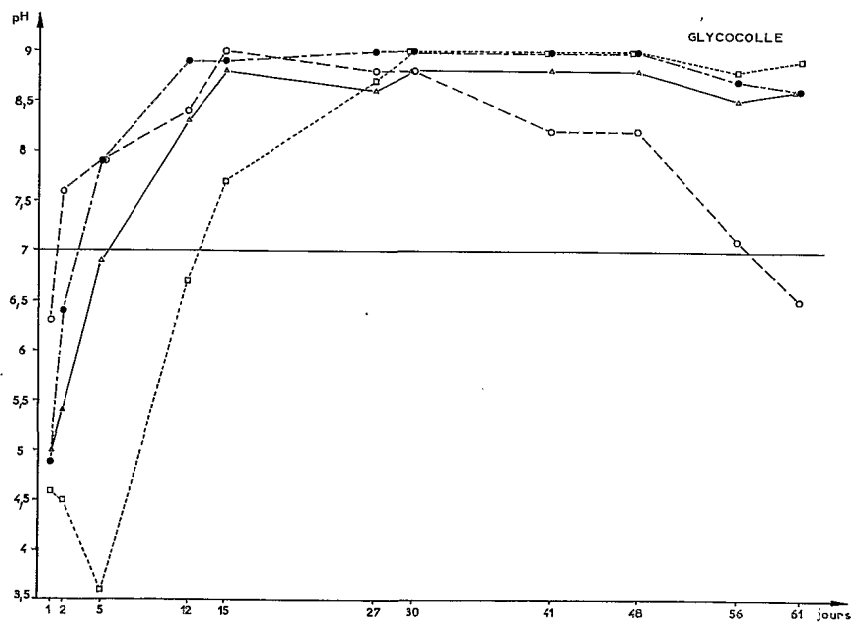
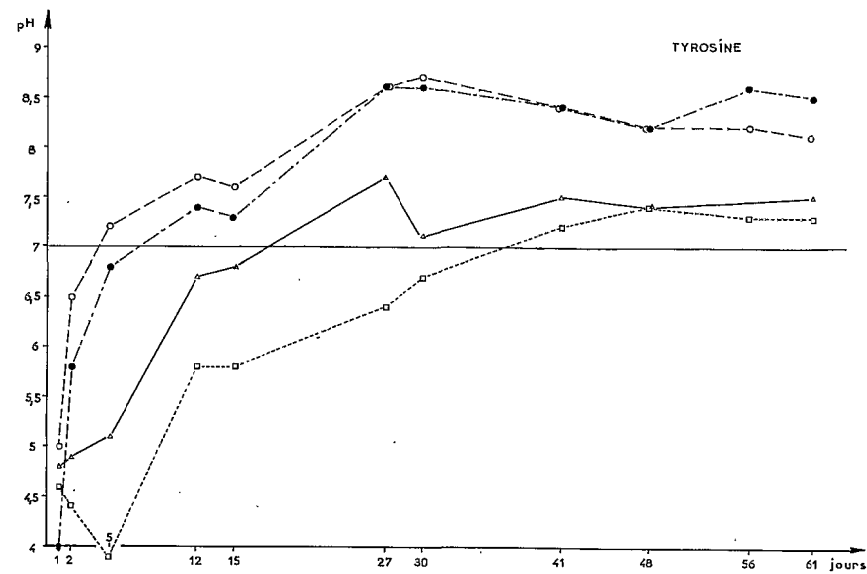
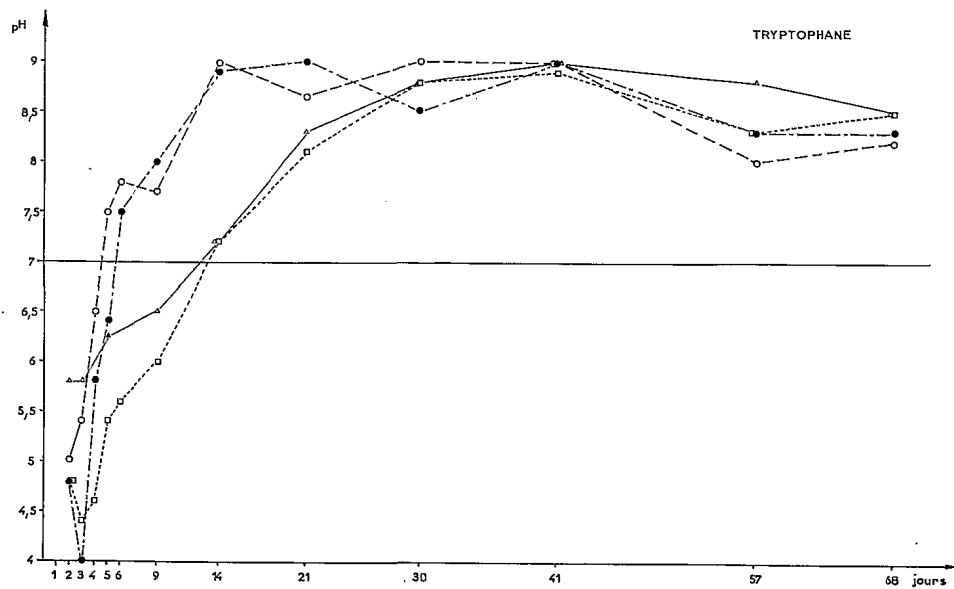


Figure 5b - Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 10/H 12.

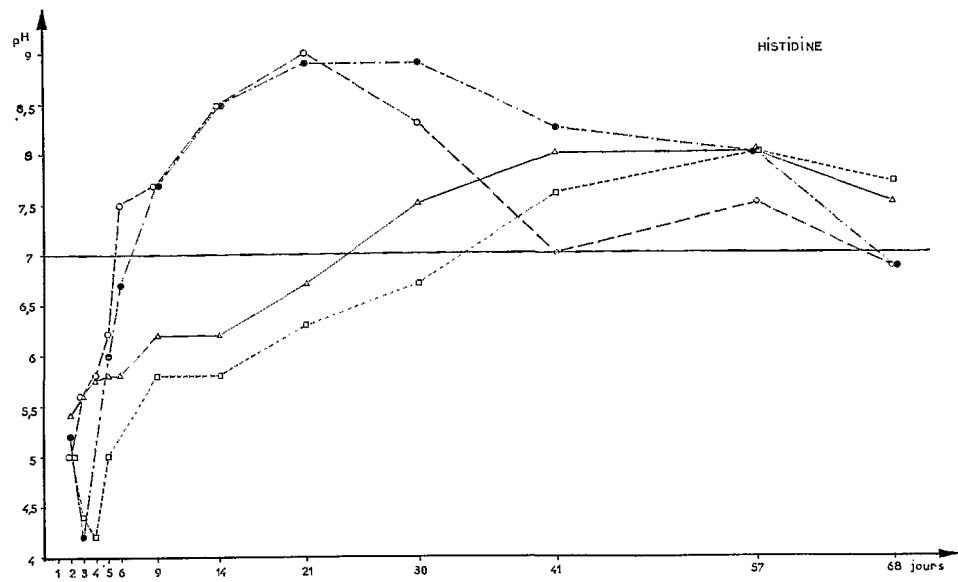
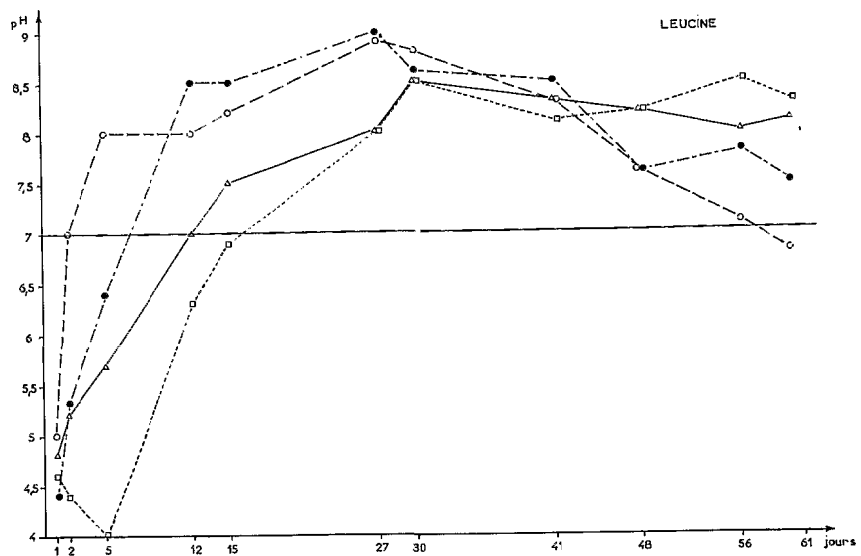
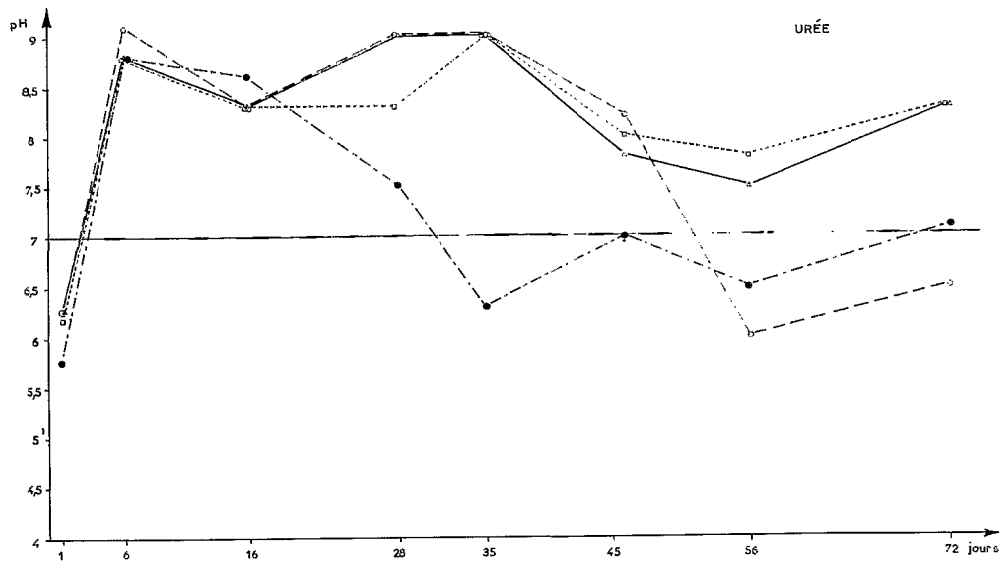
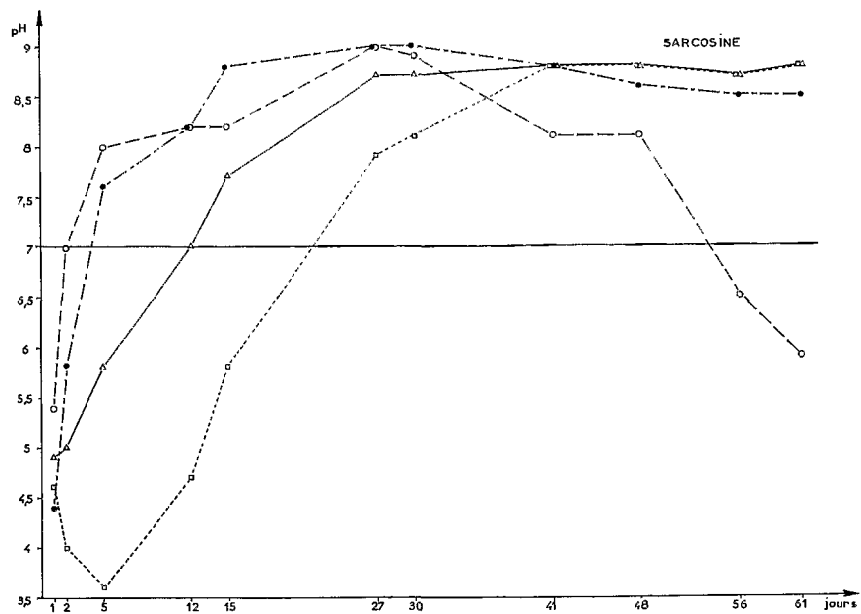


Figure 5c – Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 10/H 12.

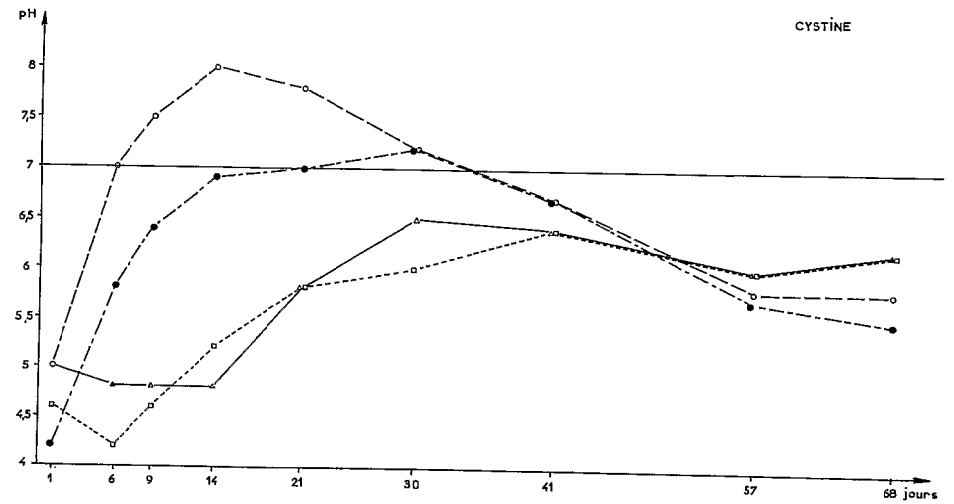
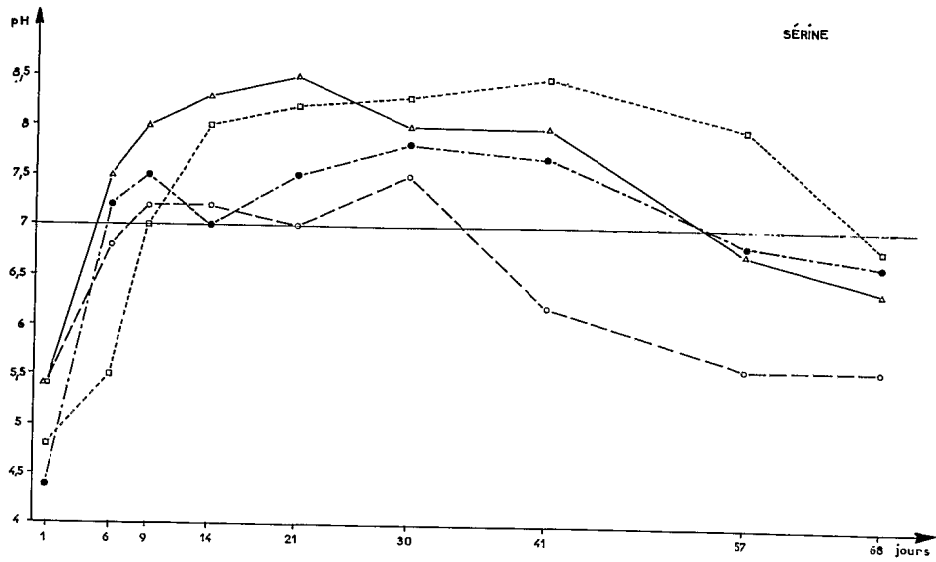
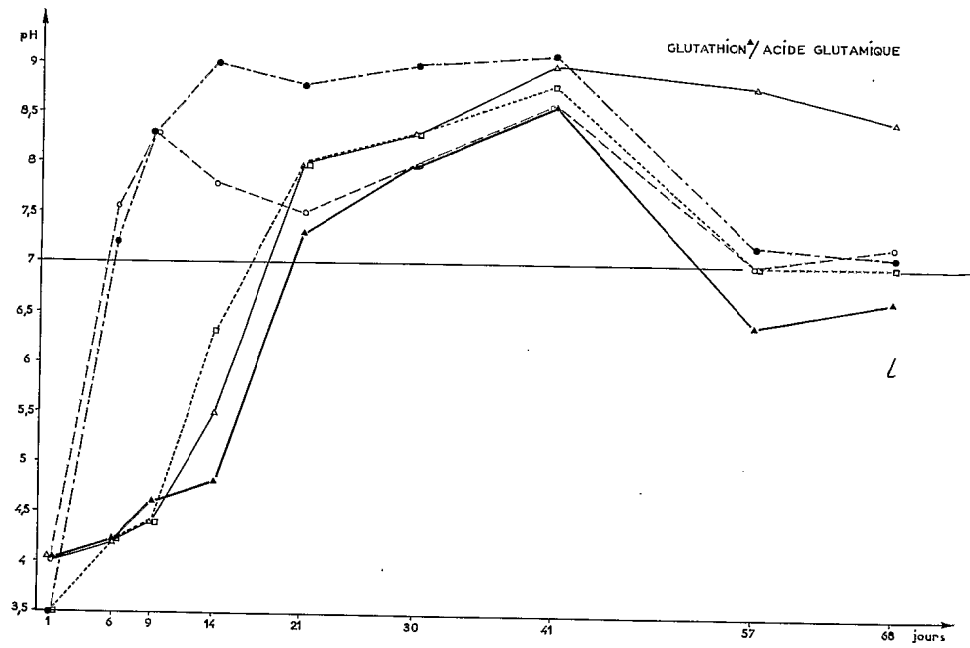
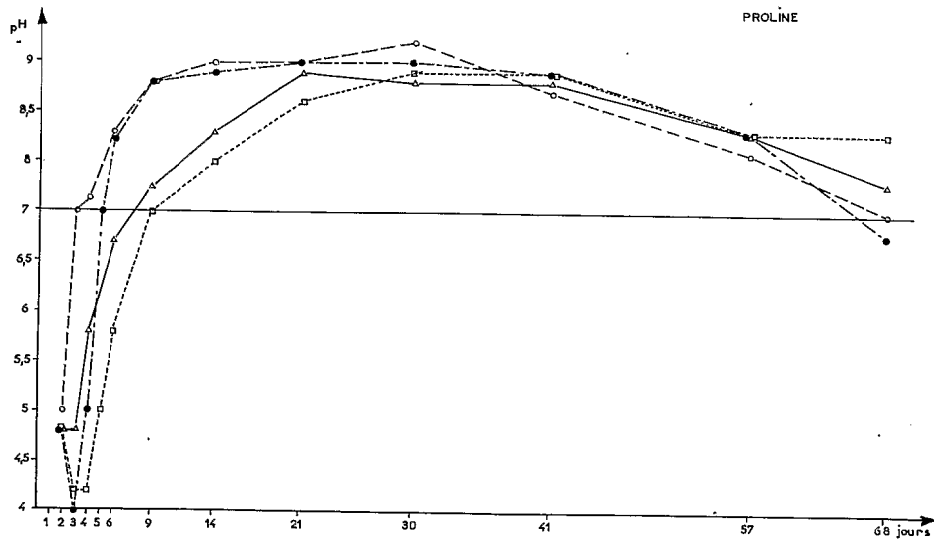


Figure 5d - Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 10/H 12.

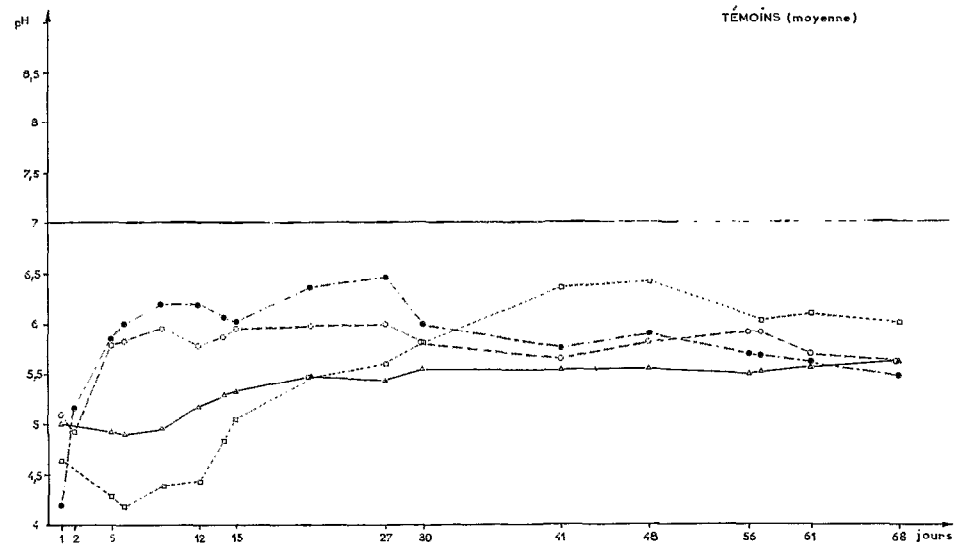
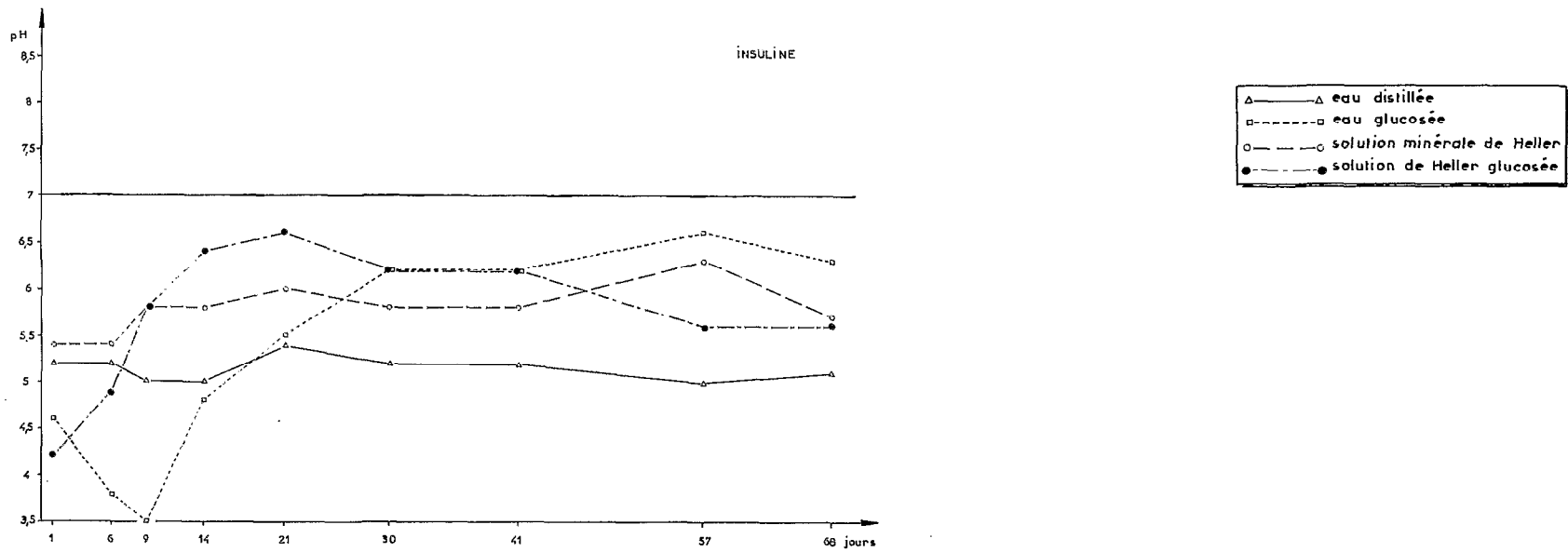


Figure 5e – Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 10/H 12.

L'insuline de l'endopancrine n'a eu aucun effet.

Cette action des composés azotés s'est trouvée plus ou moins influencée par les apports simultanés de glucose ou de solution minérale de Heller.

Le glucose a toujours accru l'acidité de la sciure la première semaine d'expérience.

La solution minérale de Heller a fait monter plus rapidement le pH de la sciure en début d'expérience et l'a fait redescendre plus tôt après 1 mois et demi d'expérience.

Il ne semble donc pas que le pH ait une action première dans les processus d'humification. Ce n'est, comme nous l'avons déjà écrit dans notre précédent travail, «qu'un facteur secondaire jouant plus ou moins selon les conditions du milieu et dont l'action n'apparaît que peu liée à ses propres variations».

Toutefois il est à noter que la cystine, dont on a pu constater l'action négative sur l'humification de la sciure de résineux, a peu modifié l'évolution acide du pH de cette sciure. L'insuline, de même, n'a pas eu d'influence sur l'humification de la sciure et l'évolution acide de son pH.

CONCLUSIONS DES EXPÉRIENCES H 10 ET H 12

Concernant l'action de divers composés azotés (urée, acides aminés aliphatiques, acides aminés aromatiques, acides aminés à noyaux hétérocycliques et polypeptides), il s'est avéré que l'urée, et à un degré moindre le glyco-colle, par leur apport d'azote avaient eu une action très marquée sur la minéralisation de la sciure de résineux, mais n'en avaient pas favorisé l'humification.

Par contre, la tyrosine, quoique peu soluble et n'ayant qu'à un degré bien moindre favorisé la minéralisation de la sciure, a fortement accru l'humification de cette sciure, qui est devenue rapidement très brune. En la circonstance, l'apport de glucose n'a pas davantage accru cette action et l'apport de la solution minérale de Heller semble même l'avoir fortement freinée.

A l'opposé, la cystine, par rapport aux témoins, a peu modifié la minéralisation de la sciure de résineux et l'évolution acide de son pH. Elle semble même avoir freiné l'activité biologique de cette sciure et elle a eu une action négative sur son humification. La réduction de la cystine en cystéine, puis la décomposition de cette dernière avec formation d'hydrogène sulfuré peut expliquer l'action négative de cet acide aminé (cf. annexe II).

ÉTUDE CHROMATOGRAPHIQUE DES POUDRES D'ANIMAUX UTILISÉES DANS L'EXPÉRIENCE H 9

Nous avons constaté que, d'une part, les poudres animales expérimentées ont eu une action plus ou moins forte sur l'humification de la sciure de résineux (expérience H 9) et nous avons constaté, d'autre part, que la tyrosine a eu aussi une action très positive sur l'humification de cette même sciure (expérience H 10-H 12). Il apparaît donc intéressant de rechercher si l'action des différentes poudres animales vis-à-vis de l'humification de cette sciure n'est pas liée à leur teneur en tyrosine.

L'étude chromatographique des extraits à l'éthanol de ces diverses poudres (4) a montré que, pour des dépôts correspondant à des poids égaux de poudres, la tyrosine se répartissait approximativement dans les poudres selon l'influence plus ou moins forte que celles-ci avaient eu sur l'humification de la sciure de résineux (cf. tableau 6).

	Tyrosine	Humification
Doryphores	10	x 5,5
Oryctes	5	x 2
Isopodes	3	x 3
Lombricides	2	x 1,0 à 1,6 [x 1,8 à 2,4 dans l'expérience H 8]
Hannetons	0,5	x 1,5 à 2
Viande de bœuf	0,5	x 1,5

Tableau 6 — Teneur en tyrosine et influence sur l'humification d'une sciure de résineux de diverses poudres d'origine animale.

(4) Révélation générale par l'isatine en solution cétonique à 4 % d'acide acétique et après 10 minutes à 100°. Révélation spécifique par l' α nitroso β naphтол en solution alcoolique (0,1 g dans 100 ml d'éthanol 95°) puis, après séchage, pulvérisation d'acide nitrique à 10 %. Séchage 3 minutes à 90°.

L'étude chromatographique des extraits à l'eau a confirmé celle des extraits à l'éthanol.

Il apparaît donc que si la tyrosine n'a sans nul doute pas été le seul facteur de l'action des diverses poudres sur l'humification de la sciure de résineux, elle en a néanmoins été certainement un facteur essentiel.

La faune des sols peut donc plus ou moins fortement agir sur l'humification des matériaux végétaux en fonction de la teneur en acides aminés de ses cadavres. D'autres expériences vont nous montrer que les acides aminés les plus favorables à l'humification dépendent de la nature chimique des matériaux végétaux.

**HUMIFICATION D'UNE SCIURE DE RÉSINEUX AU CHAMP
APRÈS DIVERS PRÉTRAITEMENTS CHIMIQUES
PUIS, DANS UN SECOND TEMPS, ENRICHISSEMENT EN VIANDE LYOPHILISÉE
(Expérience H 11)**

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel végétal et dispositif d'expérience

500 g de sciure de résineux (la même sciure que celle ayant servi pour les expériences H 9, H 10 et H 12) ont été disposés dans douze grands bacs en plastique munis d'un couvercle, mais possédant deux trous latéraux pour l'aération. Deux de ces bacs ont été humidifiés avec 2 litres d'eau, deux avec 2 litres de potasse N/10, deux avec 2 litres de potasse N 10 glucosée à 1 %, deux avec 2 litres de potasse N/10 renfermant 20 g de papier déchiqueté, deux avec 2 litres de potasse N/10 à 2 % de solution de Heller (concentration 5) et enfin deux avec 2 litres d'ammoniaque à 2.5 %.

Tous ces bacs de sciure ont été disposés dans l'horizon supérieur d'un champ à la mi-février.

Après deux mois, un sur deux des bacs de chaque couple a été enrichi avec 8 g de viande de bœuf lyophilisée. L'humidité des bacs a toujours été maintenue constante.

Durée de l'expérience

– 15 mois.

Analyses

– Après 2 mois, les sciures des divers bacs ont été séchées et une analyse de 10 g du contenu de tous les bacs a été faite, puis un bac sur deux a été enrichi en viande lyophilisée et l'ensemble des bacs, après réhumidification, a été redisposé au champ.

– Une nouvelle analyse de 10 g du contenu de tous les bacs a eu lieu 3 mois 3 semaines, puis 7 mois et demi et 13 mois après ce second départ correspondant à l'apport de viande séchée.

– A chaque analyse, les sciures des divers bacs ont été pesées et une partie aliquote prélevée pour calcul de l'humidité et analyses.

	N° Échantillon	Perte de poids - %			mg C acides humiques dans 10 g				mg C glucidique dans 10 g			
		2 mois	5 m 3/4	9 m 1/2	2 mois	5 m 3/4	9 m 1/2	15 m	2 mois	5 m 3/4	9 m 1/2	15 m
Témoins	111	0,08	0,93	2,13	4,62	8,64	11,69	15,66	1,99	1,87	0,46	2,42
	112	0 + Viande	- 12,35	- 8,27	4,01 + Viande	53,07	77,85	97,11	2,03 + Viande	3,10	2,82	4,25
+ potasse N/10	113	- 1,72	0	- 4,36	10,48	15,01	15,33	11,97	2,17	4,00	0,10	1,58
	114	- 1,33 + Viande	- 2,10	- 3,01	10,27 + Viande	19,04	17,00	32,23	2,20 + Viande	2,28	0,87	1,84
+ potasse N/10 glucosée à 1 %	115	?	- 2,34	- 3,77	3,77	17,93	18,11	17,63	1,39	4,19	0,92	1,34
	116	? + Viande	- 2,50	- 3,85	3,53 + Viande	20,89	33,80	47,42	1,29 + Viande	4,22	1,02	2,26
+ potasse N/10 + 20 g papier décheté	117	0	- 2,23	- 0,80	9,88	13,63	15,47	17,63	2,80	2,37	0,07	1,13
	118	0 + Viande	- 9,06	- 4,41	11,70 + Viande	30,79	55,45	76,87	2,61 + Viande	3,41	0,85	2,34
+ potasse N/10 à 2 % solution de Heller	119	0	- 5,61	- 1,72	8,36	13,35	19,63	17,42	0,82	2,05	0,07	1,37
	120	0 + Viande	- 4,32	- 2,67	9,12 + Viande	13,90	21,37	23,71	2,17 + Viande	2,35	0,11	1,63
+ NH ₄ OH à 2,5 %	121	4,48	- 6,11	- 9,60	9,12	30,36	48,56	54,37	3,67	3,47	2,17	3,68
	122	+ 1,82 + Viande	- 3,83	- 6,40	7,76 + Viande	14,32	23,79	18,94	3,64 + Viande	3,47	1,02	2,55

Tableau 7 -- Perte de poids, teneurs en C acides humiques et fraction glucidique des acides fulviques pour les divers échantillons de l'expérience H 11 après 2 mois, 5 mois 3 semaines, 9 mois 1/2 et 15 mois d'expérience (le glucose a été considéré comme entièrement minéralisé après 2 mois, et la viande après 3 mois).

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Le tableau 7 et les figures 6a et 6b rassemblent les résultats essentiels de cette expérience.

Le tableau 7 donne les pertes de poids subies par les divers échantillons, leur teneur en acides humiques et en carbone glucidique.

Les figures 6a et 6b montrent les variations de pH des divers échantillons pendant 320 jours.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La minéralisation de la sciure, traitée ou non à la potasse ou à l'ammoniaque mais n'ayant pas encore été enrichie en viande, a été insignifiante du 19 février au 24 avril, mois froids de l'année, sauf peut-être en présence d'ammoniaque.

Cette minéralisation s'est ensuite accrue dans les échantillons après enrichissement en viande lyophilisée, mais la présence de potasse ou d'ammoniaque a limité l'effet de la viande sur l'activité biologique de la sciure et sa minéralisation. Celle-ci en effet, évaluée en août, est apparue la plus forte dans les échantillons témoins. Par contre, d'août à décembre, cette minéralisation est devenue plus importante dans l'échantillon ayant été traité à l'ammoniaque que dans l'échantillon témoin, car l'ammoniac, alors disparu, avait déjà fortement contribué à l'évolution de la sciure.

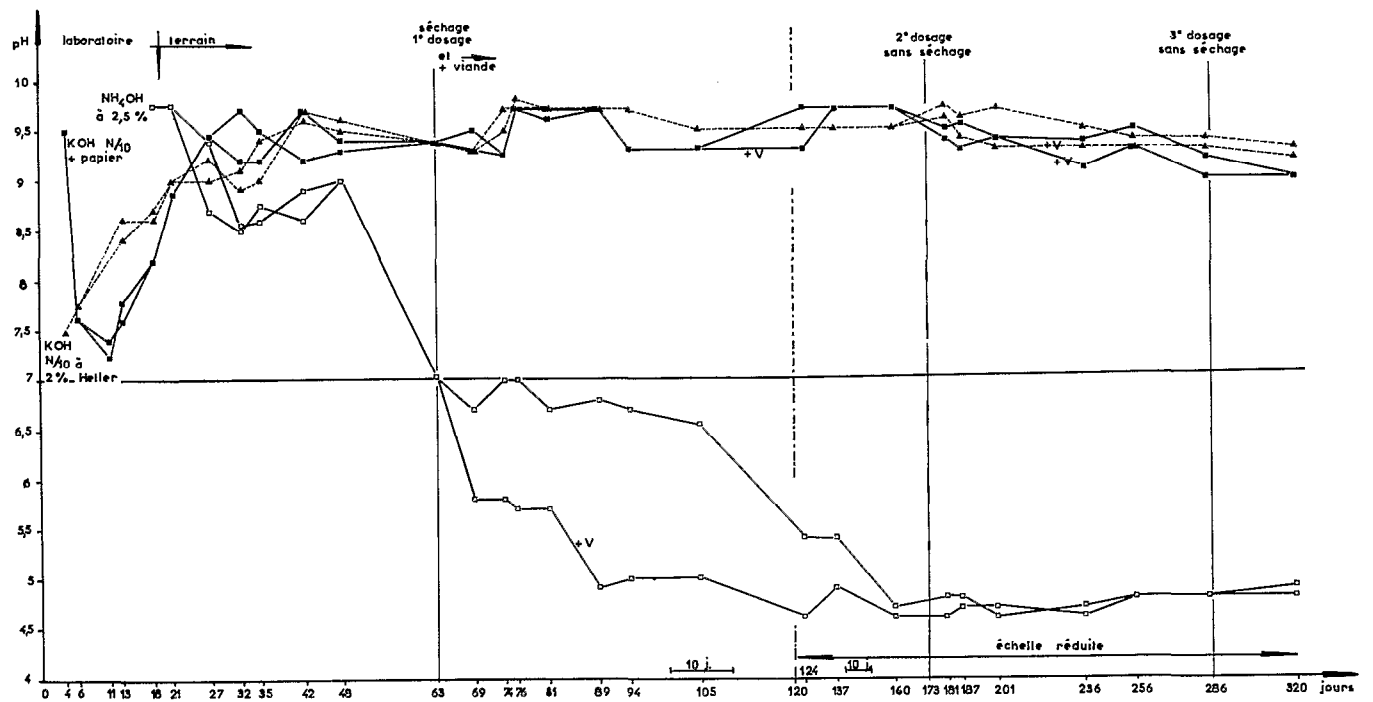
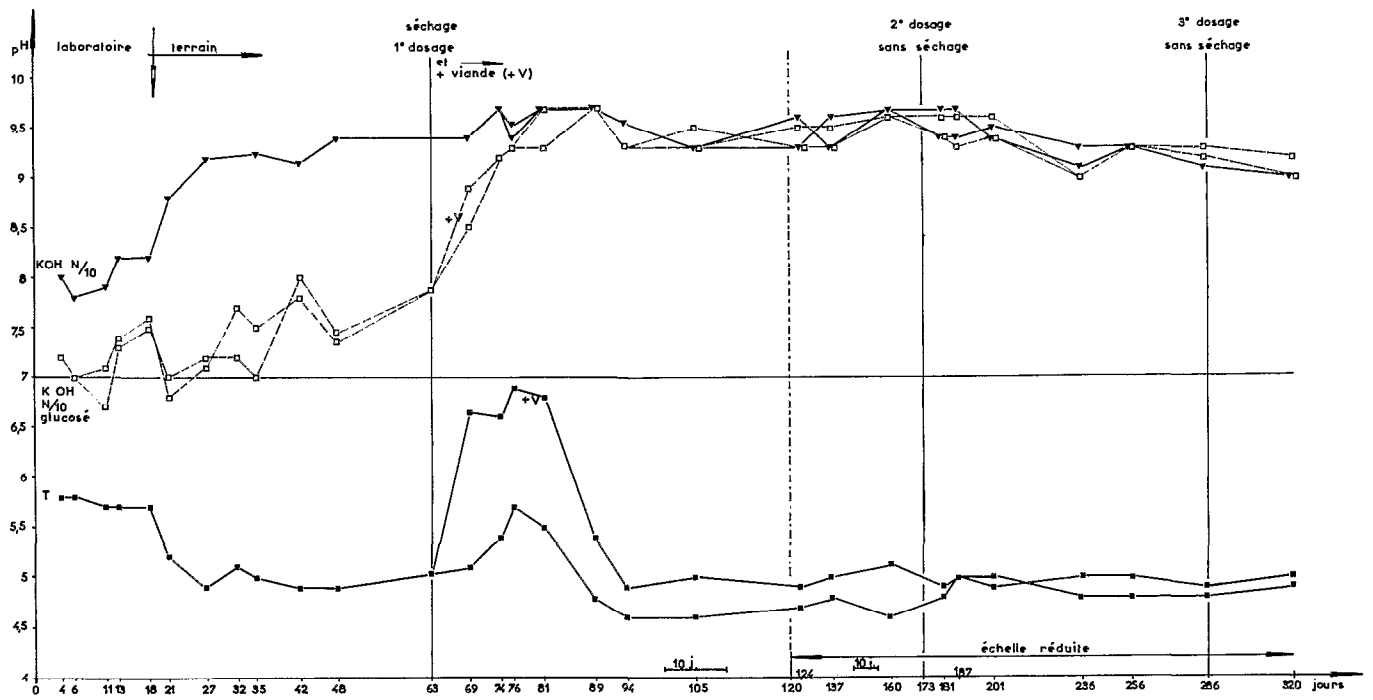
Pour ce qui est de l'humification de la sciure de résineux, celle-ci a été la plus intense dans l'échantillon simplement enrichi en poudre de viande. L'apport de potasse ou d'ammoniaque a limité l'action humifiante de la viande. Le glucose, et encore plus la cellulose du papier, ont fortement limité cette action négative de la potasse. Rappelons à ce sujet les travaux de KONONOVA (1961) et de DECAU (1968) qui ont souligné l'importance des polysaccharides et notamment de la cellulose dans la synthèse des acides humiques bruns. L'apport de la solution minérale de Heller n'a pas eu d'effet bien net.

Nous étions déjà parvenu à des conclusions analogues dans l'expérience H 7-2 conduite avec de la sciure de chêne ; nous avons alors noté : «l'apport énergétique de glucose paraît avoir favorisé l'humification de la sciure de chêne en présence de potasse ou de vers morts. Les apports minéraux, sels d'azote compris, ne semblent pas avoir eu d'efficacité sur l'humification de cette sciure».

Concernant le carbone glucidique présent dans les divers échantillons, nous pouvons observer la valeur élevée de ce carbone, d'une part dans l'échantillon témoin enrichi de viande, après 7 mois 1, 2 et 13 mois et, d'autre part, dans les échantillons traités à l'ammoniaque, après l'évaporation de cette base et le premier séchage de l'échantillon.

Ces valeurs élevées du carbone glucidique correspondraient, dans ces cas précis, non pas à un ralentissement de l'activité biologique, mais au contraire à un accroissement de celle-ci. On peut en effet avoir accroissement d'un élément énergétique, soit en contrecarrant le «débit» de l'activité biologique (cas de l'engorgement), soit au contraire en augmentant l'importance du «flux» de cette activité.

Les apports de glucose ou de papier déchiqueté ont évidemment maintenu des teneurs relativement élevées en carbone glucidique au sein des échantillons.



Figures 6a et 6b – Variation du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 11 – (V= viande) ;
 (les pH n'ont pratiquement pas varié entre le 320è et le 412è jour).

Le pH, comme dans toutes les expériences précédentes, n'a été apparemment qu'un facteur très secondaire de l'humification. L'apport de viande a eu pendant un mois un effet neutralisant sur la sciure de résineux naturellement acide, mais sans que le pH moyen de l'échantillon ne dépasse 7 ce qui ne veut pas dire que localement il n'ait pu devenir basique.

Dans tous les échantillons enrichis en potasse, le pH initialement de 7 à 8 au départ est monté en 1 à 2 mois à 9,0-9,5 et s'y est ensuite maintenu. L'action acidifiante du glucose en début d'expérience, maintes fois constatée (expériences H 7-2 et plus loin H 10-H 12), a contrecarré les deux premiers mois cette montée du pH dans les échantillons à potasse glucosée. L'apport de viande n'a pas modifié l'évolution du pH des échantillons à potasse.

Avec l'ammoniaque au contraire, le pH d'abord très fortement basique est lentement redescendu en 5 mois au pH naturel de la sciure de résineux qui est de 4,5 à 5. L'addition simultanée de viande a accéléré, et non freiné, l'abaissement du pH des échantillons à ammoniaque. Nous avons constaté plus haut que l'ammoniaque avait, de même, presque annulé l'action humifiante de la viande et vice-versa.

Plus qu'un pH basique, c'est souvent l'accroissement de la valeur d'un pH qui accompagne une humification, mais il peut aussi se manifester de très fortes humifications en milieu nettement acide. En fait, nous ne mesurons que des valeurs moyennes de pH, alors que les processus d'humification se passent à l'échelle moléculaire.

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H 11

Dans l'expérience H 9, l'apport d'une poudre de viande lyophilisée dans de la sciure de résineux (0,5 g pour 10 g de sciure) avait eu en deux mois au laboratoire une action humifiante très limitée et, en tout état de cause, bien inférieure à celle des poudres d'Isopodes et de Coléoptères.

Dans cette expérience H 11, l'apport d'une autre poudre de viande lyophilisée a été faite dans la même sciure de résineux à raison de 8 g pour 500 g de sciure (c'est-à-dire à une concentration trois fois plus faible que dans l'expérience H 9). Cet apport a eu, après 3 mois 3 semaines et après 7 mois 1/2, une action humifiante très forte sur la sciure.

Il apparaît que pour favoriser l'humification d'une sciure de résineux l'apport de protides s'avère un moyen efficace.

L'action de l'ammoniaque à 2,5 %, très efficace dans le cas de la sciure de chêne (expérience H 7-2), a eu une action positive, mais bien inférieure à celle des vers morts, dans le cas de la sciure mixte de l'expérience H 7-1 (5). Dans l'expérience H 11 conduite avec une sciure de résineux, l'ammoniaque a eu aussi une action humifiante nettement positive. De plus, après l'évaporation de l'ammoniac et le retour de la sciure à son pH naturel, cette dernière a présenté une forte reprise de son activité biologique et une humification encore accrue.

Par contre, l'ammoniaque a presque annulé l'action humifiante de la viande et vice-versa.

La potasse n'a pas été un bon moyen de favoriser l'humification de la sciure de résineux, et elle a aussi limité l'action humifiante de la viande, sauf avec apport conjoint de glucose ou mieux de papier. En fait, rien n'a été supérieur au seul apport de poudre de viande lyophilisée, tout au moins d'après ce qu'on a pu en juger après 13 mois d'expérience.

(5) cf. BACHELIER (1972) pour détails sur ces expériences H 7.

**ACTION DE DIVERSES BASES CHIMIQUES, DE DIVERSES POUDRES
D'ANIMAUX LYOPHILISÉS ET DE QUELQUES ACIDES AMINÉS ALIPHATIQUES
OU AROMATIQUES SUR L'HUMIFICATION DE COQUES D'ARACHIDES BROYÉES**
(Expérience H 14)

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel et dispositif d'expérience

Cette expérience est la répétition sur des coques d'arachides de l'essentiel des expériences H 9, H 10 et H 12.

10 g de coques d'arachides naturelles et broyées au mixer ont été placés dans de petits cristallisoirs.

Cette poudre de coques d'arachides renfermait, exprimés en carbone, 8,2‰ d'acides humiques et 13,5‰ d'acides fulviques, dont 13,3 % de nature glucidique (ceci après double extraction au pyrophosphate de sodium 0.1M). Les acides humiques se décomposaient à l'électrophorèse en 30 % d'acides humiques peu mobiles, 12 % d'acides humiques intermédiaires et 58 % d'acides humiques bruns mobiles. Cette poudre d'arachides renfermait 10‰ d'azote et son rapport C/N était voisin de 36.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention, avec addition au départ de 25 ml d'eau distillé ou 25 ml de solution de Heller à 1 % de glucose.
- température constante de 20° tout au long de l'expérience.
- addition d'ammoniaque à 2,5 %, de potasse N/10, de 0,5 g de diverses poudres d'animaux morts et lyophilisés (les mêmes que dans l'expérience H 9) ou de 0,5 g de divers composés azotés ayant paru plus particulièrement intéressants dans les expériences H 10 et H 12 : leucine, sérine, glutathion, acide glutamique, tyrosine et tryptophane.

Durée de l'expérience

- 2 mois.

Analyses

- sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1 M.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les tableaux 8 à 10 et la figure 7 rassemblent les principaux résultats de cette expérience.

Le tableau 8 montre la perte de poids subie par les divers échantillons au cours de l'expérience. Le tableau 9 donne les teneurs en acides humiques de ces mêmes échantillons en fin d'expérience. La figure 7 présente certains résultats d'électrophorèse. Le tableau 10 montre les teneurs en carbone glucidique des échantillons en fin d'expérience. Le tableau 11 résume les variations de pH des divers échantillons au cours des deux mois d'expérience.

INTERPRÉTATION DES GRAPHIQUES

Le tableau 8 concernant la perte de poids des coques d'arachides au cours de l'expérience a été établi, comme dans les précédentes expériences, en supposant que la poudre d'animaux avait été entièrement minéralisée, ce qui donne une diminution de poids minimum des coques d'arachides (valeurs 1) ou, au contraire, avait été entièrement conservée, ce qui donne une diminution de poids maximum des coques d'arachides (valeurs 2). Il est possible d'affirmer dans un certain nombre de cas que la valeur réelle de la perte de poids est plus proche de l'une de ces deux valeurs que de l'autre, aussi dans ces cas-là la valeur la plus proche de la réalité a-t-elle été soulignée dans le tableau.

Il ressort de l'examen des données de ce tableau 8 que, par rapport aux témoins, les diverses poudres de Coléoptères (hannetons, *Oryctes* et doryphores) ont eu une action marquée sur la minéralisation des coques d'arachides. Les divers composés azotés, à l'exception du glutathion, ont eu aussi une action positive ; l'acide glutamique et la tyrosine ont été notamment efficaces.

L'ammoniaque à 2,5 % et la potasse N/10 n'ont pratiquement pas modifié la minéralisation des coques d'arachides. La solution minérale de Heller à 1 % de glucose n'a pas eu non plus d'action sur cette minéralisation ou l'a même parfois freinée.

Le tableau 9 nous donne les teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience.

Nous voyons tout d'abord que, contrairement à la sciure de résineux, les coques d'arachides, quels que soient les enrichissements et les traitements qu'elles ont subis, se sont toujours très fortement déshumifiées au cours de l'expérience (de 48 à 91 %).

Il est cependant à noter que la coloration des acides humiques extraits des coques d'arachides fraîches était moins forte que celle des acides humiques extraits des divers échantillons en fin d'expérience. Par exemple, à volume égal, l'extrait de départ, qui renfermait 80 mg de carbone d'acides humiques, n'était qu'1,5 fois plus foncé que l'extrait de l'échantillon à tryptophane qui, en fin d'expérience, renfermait 41 mg de carbone d'acides humiques, c'est-à-dire moitié moins.

L'ammoniaque à 2,5 % et, à un degré moindre, la potasse N/10 qui n'ont guère modifié la minéralisation des coques d'arachides, en ont par contre fortement freiné la déshumification. Rappelons que dans nos premières expériences (expériences H 7-1 et H 7-2), nous avons constaté que ces bases avaient favorisé l'humification des matériaux ligneux par voie essentiellement chimique ; leur action est à la fois rapide et limitée puisque, après totale extraction des substances humiques des matériaux ligneux sur lesquels elles ont agi, les bases ne peuvent agir efficacement une seconde fois sur l'humification de ces matériaux. Par ailleurs, nous avons montré dans l'expérience H 11 que la sciure de résineux traitée à l'ammoniaque présentait, après l'évaporation de cette base, une nette reprise d'activité biologique et un accroissement certain de son humification. Nous reviendrons plus loin sur l'action de ces bases en analysant les teneurs en glucides des divers échantillons en fin d'expérience.

	eau distillée	Heller à 1% gluc.	eau distillée	Heller à 1% gluc.	Observations	
NH ₄ OH à 2,5 %			13,64	12,86		
KOH N/10			13,50	12,59		
lombricides	①	②	13,41	15,30	12,92	15,82
viande de boeuf			13,32	18,32	12,35	17,35
hannetons			10,85	15,85	9,96	14,96
oryctes			10,11	15,11	10,46	15,46
isopodes			10,43	15,42	10,85	15,85
doryphores			10,45	15,45	9,81	14,81
leucine			13,42	18,42	12,94	17,94
sérine			12,84	17,84	13,10	18,10
glutathion			10,79	15,78	10,99	15,99
acide glutamique			13,01	18,01	13,02	18,02
tyrosine			12,42	17,42	12,15	17,17
tryptophane			12,35	17,35	12,32	17,42
témoins			12,75	13,26		

9 — 12

12* — 14

14* — 16

16* — 18

> 18

↙ = valeur la plus proche de la vraie perle

Tableau 8 — Diminution de poids des coques d'arachides (exprimée en %)

1 = valeurs minima, apport supposé minéralisé ;

2 = valeurs maxima, apport supposé conservé .

	eau distillée	Heller à 1% gluc.	Observations		
NH ₄ OH à 2,5%	28,36	27,03	action ++		
KOH N/10	23,75	16,31	action +/-		
lombricides	12,28	18,42	15,63	21,87	action n
viande de boeuf	18,67	23,01	18,10	22,41	action +
hannetons	12,78	23,55	7,81	19,28	action n
oryctes	9,04	17,08	6,79	14,83	action -
isopodes	6,74	13,26	7,70	14,22	action -
doryphores	20,66	25,87	17,23	21,94	action +
leucine	21,18	22,91			action +
sérine	21,56	23,46			action +
glutathion	24,99	23,08			action +
ac. glutamique	24,41	28,60			action n
tyrosine	18,33	23,46			action +
tryptophane	46,25	30,91			action +++
témoins	13,06	20,80			80, au départ

0 — 10

15* — 20

22* — 30

> 40

10* — 15

20* — 22

30* — 40

Tableau 9 — Teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience (acides humiques exprimés en mg. de C.).

1 = valeurs minima, acides humiques de l'apport soustraits ;

2 = valeurs maxima, acides humiques de l'apport non soustraits.

Pour ce qui est des poudres d'origine animale, nous voyons que la viande de bœuf et la poudre de doryphores ont freiné la déshumification des coques d'arachides. La poudre de hannetons et la poudre de Lombricides n'ont que peu modifié cette déshumification. La poudre d'*Oryctes* et surtout la poudre d'Isopodes paraissent, par contre, l'avoir accélérée.

Quant aux divers composés azotés, ils ont tous freiné la déshumification des coques d'arachides, mais le tryptophane a été de très loin le composé le plus actif. Cet acide aminé aromatique, en limitant très fortement la déshumification des coques d'arachides, a eu vis-à-vis de celles-ci une action aussi importante que celle de la tyrosine dans l'humification de la sciure de résineux (expériences H 10-H 12).

La figure 7, qui rassemble quelques électrophorèses d'acides humiques extraits en fin d'expérience, nous montre une certaine constance dans la nature de ces acides, avec toutefois un léger accroissement des acides humiques bruns, sauf avec le tryptophane qui freine la déshumification. Le fait qu'on ait à faire à la déshumification d'un matériel végétal et non à son humification explique cet état de choses.

L'analyse du carbone glucidique présent en fin d'expérience dans les divers échantillons (cf tableau 10) nous montre, par rapport aux témoins, une légère diminution des glucides dans les échantillons dont la minéralisation a été plus ou moins accélérée (Lombricides, hannetons, *Oryctes*, tyrosine) et une légère augmentation des glucides dans les échantillons dont la minéralisation a été plus ou moins freinée, ou qui ont vu leur déshumification accrue (Isopodes).

Les cas de l'ammoniaque et de la potasse sont à considérer à part. Ces deux bases n'ont guère modifié la minéralisation des coques d'arachides et en ont freiné la déshumification, mais alors que la potasse est demeurée présente dans l'échantillon, l'ammoniac non fixé s'est évaporé progressivement au cours de l'expérience, ce qui a permis vers la fin de celle-ci une reprise de l'activité biologique de l'échantillon et donc une forte mobilisation des glucides ; d'où en fin d'expérience une différence caractéristique des teneurs en glucides entre les échantillons traités à l'ammoniaque et ceux traités à la potasse.

L'accumulation des glucides dans le cas de l'échantillon enrichi en acide glutamique ne nous paraît pas possible à interpréter.

Enfin, le tableau 11, qui schématise l'évolution du pH des divers échantillons au cours de l'expérience, nous confirme ce que nous avons déjà écrit sur l'action possible de ce facteur physique dans les processus d'humification. Le fait que dans cette expérience le pH soit demeuré constamment basique dans tous les échantillons, n'a nullement empêché la déshumification générale des coques d'arachides. Les moisissures apparues dans les diverses boîtes en début d'expérience ne paraissent pas non plus avoir eu d'action bien définie sur cette déshumification.

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H 14

Contrairement à la sciure de résineux, les coques d'arachides broyées, maintenues humides et à 20°. se sont très fortement déshumifiées, quels que soient les traitements auxquels elles ont été soumises.

Concernant l'action des animaux morts sur l'humification des coques d'arachides broyées, il s'est avéré que la poudre de viande de bœuf et la poudre de doryphores en ont freiné la déshumification. La poudre de hannetons et la poudre de Lombricides l'ont peu modifiée. La poudre d'*Oryctes* et surtout la poudre d'Isopodes paraissent même l'avoir accélérée.

Les diverses poudres de Coléoptères (hannetons, *Oryctes* et doryphores) ont eu une action marquée sur la minéralisation des coques d'arachides.

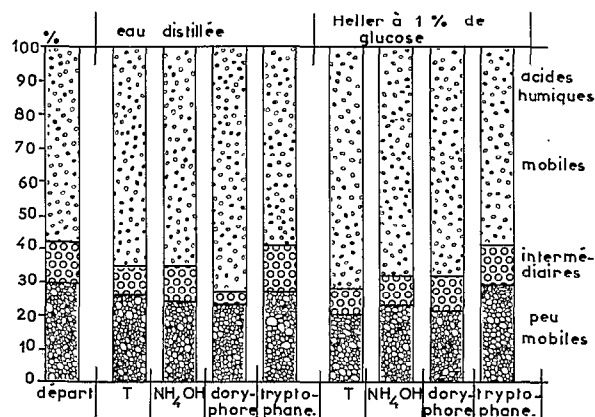


Figure 7 – Électrophorèse des acides humiques des coques d'arachides additionnées d'ammoniaque, de poudre de doryphores ou de tryptophane.

	eau distillée	Heller à 1% gluc.	Observations
NH ₄ OH à 2,5 %	164	184	action --
KOH N/10	213	241	action +
lombricides	164	208	action -
viande de bœuf	180	189	
hannetons	180	159	action -
oryctes	159	153	action -
isopodes	264	213	action +
doryphores	245	205	action n
leucine	159	186	1,50-1,75
sérine	216	175	1,75-2,00
glutathion	224	172	2,00-2,25
ac. glutamique	273	208	2,25-2,50
tyrosine	169	235	2,50-2,75
tryptophane	219	180	
témoins	191	213	1,79 au départ

Tableau 10 – Teneurs en glucides de divers échantillons en fin d'expérience (glucides exprimés en mg. de C.)

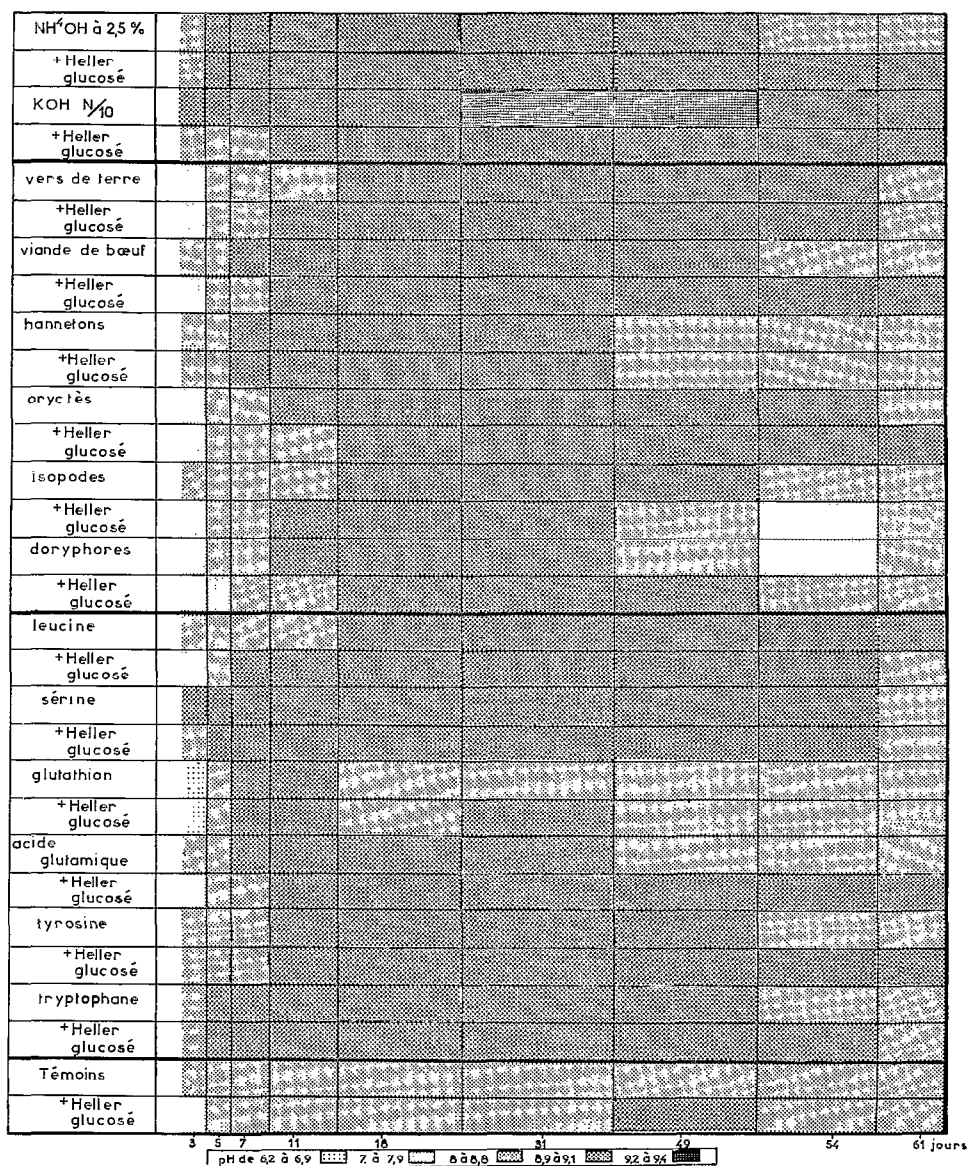


Tableau 11 – Évolution du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 14

Concernant l'action des quelques composés azotés expérimentés, ils ont tous freiné la déshumification des coques d'arachides, mais le tryptophane a été de très loin le composé le plus actif. Cet acide aminé aromatique, en limitant très fortement la déshumification des coques d'arachides, a eu pour l'humification de celles-ci une action aussi importante que celle qu'a eu la tyrosine pour l'humification de la sciure de résineux (expériences H 10-H 12) - (cf annexe I).

L'ammoniaque à 2,5 % et, à un degré moindre, la potasse N/10 ont fortement freiné la déshumification des coques d'arachides sans en accroître la minéralisation naturelle. L'évaporation de l'ammoniac, de plus, a permis une reprise de l'activité biologique de la sciure entraînant la mobilisation des glucides.

Le pH basique de tous les échantillons n'en a pas empêché la déshumification.

NOUVELLE ÉTUDE CHROMATOGRAPHIQUE DES POUDRES D'ANIMAUX UTILISÉES DANS LES EXPÉRIENCES H 9 ET H 14 ET PETITE EXPÉRIENCE COMPLÉMENTAIRE

Nous avons constaté que les diverses poudres animales expérimentées avaient plus ou moins limité la déshumification des coques d'arachides, maintenues constamment humides et à 20°C. Le degré d'efficacité des diverses poudres animales vis-à-vis de l'humification des coques d'arachides (expérience H 14) a été trouvé différent de celui que ces mêmes poudres avaient pu avoir vis-à-vis de l'humification de la sciure de résineux (expérience H 9) ; le classement des poudres animales d'après leur pouvoir humifiant est différent dans les deux cas.

Par ailleurs, alors que, parmi les quelques acides aminés testés, c'est la tyrosine qui est apparue particulièrement efficace pour l'humification de la sciure de résineux, c'est le tryptophane qui s'est montré le plus apte à limiter la déshumification naturelle des coques d'arachides.

La possibilité d'une corrélation entre le pouvoir humifiant des diverses poudres animales vis-à-vis des coques d'arachides et leur teneur en tryptophane peut donc être envisagée.

La recherche par chromatographie du tryptophane dans les extraits à l'eau de ces diverses poudres (6), bien que difficile à réaliser, a pu cependant nous montrer que, pour des dépôts correspondant à des poids égaux de poudres, le tryptophane semblait bien se répartir dans les poudres selon l'influence plus ou moins forte que celles-ci ont eu sur le maintien de l'humification des coques d'arachides (cf tableau 12).

Il semble bien que si le tryptophane n'a pas été le seul facteur à jouer en faveur de l'humification des coques d'arachides, il en a néanmoins été un facteur très important.

(6) révélation spécifique du tryptophane par le paradiméthylamino-benzaldéhyde en solution dans de l'éthanol acide (0,5 g dans 100 ml d'éthanol à 95° + 2 ml d'HCl).

	Tryptophane	Limitation de la déshumification
Tryptophane témoin	10	
Viande (1)	6	+
Doryphores	4	+
Oryctes	3 à 4	~ à —
Hannetons	2	~
Lombricides	2	~
Isopodes	1	—
(1) GASPAR (1970) a déjà montré la richesse en tryptophane des protéines de la viande		

Tableau 12 — Teneur approchée en tryptophane et influence sur le maintien de l'humification des coques d'arachides pour diverses poudres d'origine animale.

Ceci nous confirme que la faune des sols peut agir plus ou moins efficacement sur l'humification des matériaux végétaux en fonction de la teneur en acides aminés de ses cadavres, mais surtout aussi en fonction de la nature des acides aminés les plus propres à favoriser l'humification des matériaux végétaux en cause : la tyrosine, par exemple, favorise l'humification de la sciure de résineux, alors que c'est le tryptophane qui, parmi les acides aminés testés, semble le plus efficace pour l'humification des coques d'arachides.

Très caractéristique aussi est l'humification d'un mélange à poids égal de sciure de résineux et de coques d'arachides qui a produit 200 % en plus d'acides humiques que la somme des acides humiques produits séparément par les deux matériaux, chacun de ceux-ci apportant à l'autre des composés chimiques qui lui font défaut pour son humification. En fait, l'expérience nous a aussi montré que l'apport de sciure de résineux a permis une meilleure aération des coques d'arachides humides et, par suite, une limitation de leur déshumification, mais ce processus n'a joué que pour 55 % de l'accroissement des acides humiques : restent donc 145 % de l'accroissement dûs, on peut le supposer, à un apport réciproque et complémentaire de composés chimiques.

**ACTION DE DIVERS ACIDES AMINÉS
SUR L'HUMIFICATION D'UNE LITIÈRE DE NIAOULI,
D'UNE LITIÈRE DE FILAO VERT ET D'UNE LITIÈRE DE FILAO BRUNI
(Expérience H 18)**

Après avoir constaté l'action positive de deux acides aminés aromatiques (la tyrosine et le tryptophane) sur l'humification de deux matériaux ligneux, à savoir respectivement une sciure de résineux et des coques d'arachides broyées, il nous est apparu intéressant de rechercher si des acides aminés aliphatiques ne pouvaient pas aussi avoir une action positive sur l'humification d'autres matériaux végétaux.

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel et dispositif d'expérience

16 acides aminés ont été testés sur des matériaux végétaux d'origine tropicale, de nature acide et ne se décomposant qu'assez difficilement, à savoir une litière de niaouli, une litière de filao encore vert et une litière de filao déjà bruni.

La litière de niaouli, riche en essences aromatiques et dont l'odeur rappelle celle de l'eucalyptus, renfermait, exprimés en carbone, 4,6‰ d'acides humiques et 60,2‰ d'acides fulviques dont 36 % de nature glucidique (ceci, après double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1M). Cette litière possédait 16,9‰ d'azote et son rapport C/N était voisin de 39.

La litière de filao encore vert, aux feuilles cylindriques rappelant celles des conifères, renfermait, exprimés en carbone, 16,7‰ d'acides humiques et 38,2‰ d'acides fulviques, dont 51 % de nature glucidique (après double extraction). Cette litière possédait 16,4‰ d'azote et son rapport C/N était voisin de 24,1.

Par rapport à la litière de filao encore vert, la litière de filao bruni renfermait davantage d'acides humiques (22,2 mg C‰ contre 16,7) et moins d'acides fulviques (24,5 mg C‰ contre 38,2). Ces acides fulviques étaient aussi beaucoup moins riches en glucides (15 % contre 51 %). Moins riche en azote (10,3‰ contre 16,4), cette litière possédait un rapport C/N plus élevé de 37 (contre 24,1 chez le filao vert).

Des échantillons de 5 g de ces divers échantillons de litières ont été placés dans de petits cristallisoirs et respectivement enrichis avec 0,5 g de chacun des acides aminés étudiés.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention, avec addition au départ de 10 ml d'eau distillée.
- température constante de 20°C tout au long de l'expérience.

Durée de l'expérience

- voisine de 2 mois pour la litière de niaouli et de 2 mois et 10 jours pour les litières de filao.

Analyses

- sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0.1 M.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Le tableau 13 et les figures 8, 9 et 10 rassemblent les principaux résultats de cette expérience.

Le tableau 13 donne la perte de poids subie par les divers échantillons au cours de l'expérience et leur teneur en carbone glucidique en fin d'expérience.

La figure 8 rassemble les teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience. La figure 9 montre la corrélation existant entre les quantités d'acides humiques présents dans les extraits et la somme de lumière transmise à travers ceux-ci au photomètre. La figure 10 présente enfin les variations de pH des divers échantillons au cours des 2 mois, ou 2 mois et 10 jours, d'expérience.

INTERPRÉTATION DES GRAPHIQUES

La perte de poids des litières de niaouli, de filao vert et de filao brun est comprise dans une fourchette de 10 %, dont la valeur minimale suppose que l'apport d'acides aminés a été entièrement minéralisé et la valeur maximale que ce même rapport a été, au contraire, entièrement conservé (cf tableau 13).

On ne peut *a priori* savoir où se situe la valeur exacte de perte de poids subi par l'échantillon au cours de l'expérience. Néanmoins, il est très vraisemblable que le glyocolle ait accru la minéralisation de la litière de niaouli et que l'arginine ait favorisé la minéralisation des trois litières.

Les teneurs en carbone glucidique en fin d'expérience sont particulièrement faibles dans les échantillons de litière de niaouli enrichis en glyocolle, en alanine, en sarcosine, en tryptophane ou en proline, ainsi que dans les échantillons de litière de filao brun enrichis en arginine.

La figure 8 montre l'action qu'ont eu, par rapport aux témoins, les divers acides aminés sur l'humification de la litière de niaouli et le ralentissement de la déshumification de la litière de filao.

Pour la litière de niaouli, ont eu une action nettement positive : l'arginine (+ 156 %), le tryptophane (+ 94 %) et le glyocolle (+ 87 %). La méthionine a eu une action beaucoup plus faible.

Pour la litière de filao vert, c'est le tryptophane (+ 315 %), la méthionine (+ 229 %) et le glyocolle (+ 186 %) qui ont eu la plus forte action. Tous les autres acides aminés ont eu aussi une action plus ou moins positive, à l'exception de la cystine.

	NIAOULI			FILAO VERT			FILAO BRUNI			
	①	②	action possible	①	②	action possible	①	②	action possible	
glycocolle	29,2	39,2	+	5,51	31,8	41,8	+	29,8	39,8	6,87
alanine	25,4	35,4		5,43	29,0	39,0		29,4	39,4	7,56
leucine	23,4	33,4		6,50	29,2	39,2		29,9	39,9	8,07
sarcosine	27,0	37,0		5,43	28,9	38,9		29,9	39,9	8,89
lysine	20,2	30,2		8,47	25,2	35,2		23,2	33,2	8,50
arginine	27,4	37,4	+	7,36	35,7	45,7	++	30,3	40,3	+
sérine	25,4	35,4		5,87	29,3	39,3		29,0	39,0	8,08
glutamine	24,2	34,2		5,95	26,1	36,1		30,5	40,5	+ ?
méthionine	23,9	33,9		7,48	32,0	42,0	+	28,4	38,4	7,18
cystine	11,2	21,2	-	11,04	17,1	27,1	-	15,4	25,4	-
acide aspartique	24,0	34,0		6,50	27,9	37,9		27,7	37,7	7,87
acide glutamique	23,3	33,3		6,42	25,9	35,9		28,4	38,4	7,31
tyrosine	21,3	31,3		6,81	26,6	36,6		30,1	40,1	8,89
tryptophane	21,7	31,7		5,63	27,1	37,1		25,7	35,7	8,08
proline	24,9	34,9		5,63	29,0	39,0		29,3	39,3	6,87
histidine	20,7	30,7		6,42	26,5	36,5		25,7	35,7	6,80
peptone	21,3	31,3		6,50	29,6	39,6		26,9	36,9	6,36
caséine	21,2	31,2		7,48	29,6	39,6		25,4	35,4	6,30
moyenne des témoins	15,9			8,30	24,8			19,8		9,20

Tableau 13 – Perte de poids des litières de niaouli et de filao (exprimées en %) et teneurs en glucides des échantillons en fin d'expérience.

1 = valeurs minima, apport acides aminés supposé minéralisé ;

2 = valeurs maxima, apport acides aminés supposé conservé ;

trame pointillée foncée = valeurs particulièrement élevées ;

trame pointillée claire = valeurs particulièrement basses.

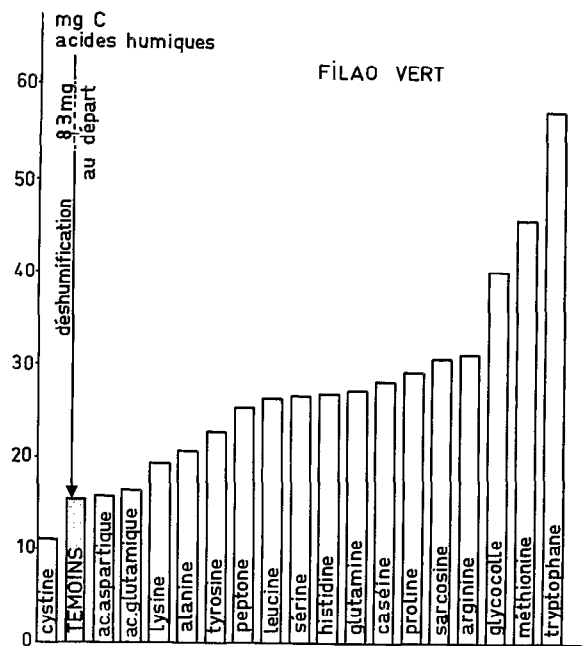
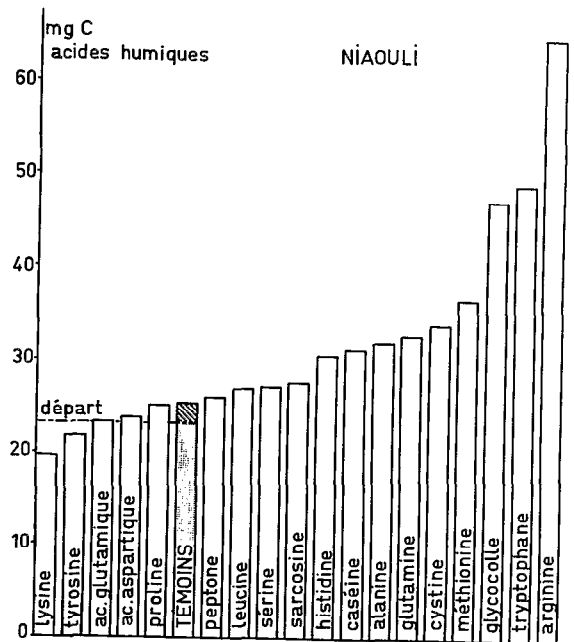
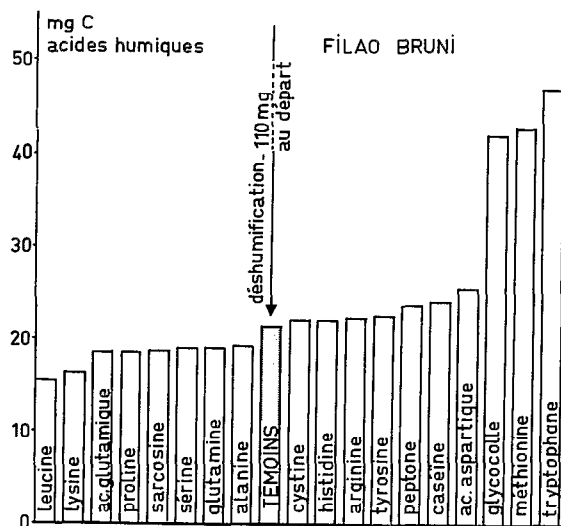


Figure 8 – Teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience (acides humiques exprimés en mg de carbone).



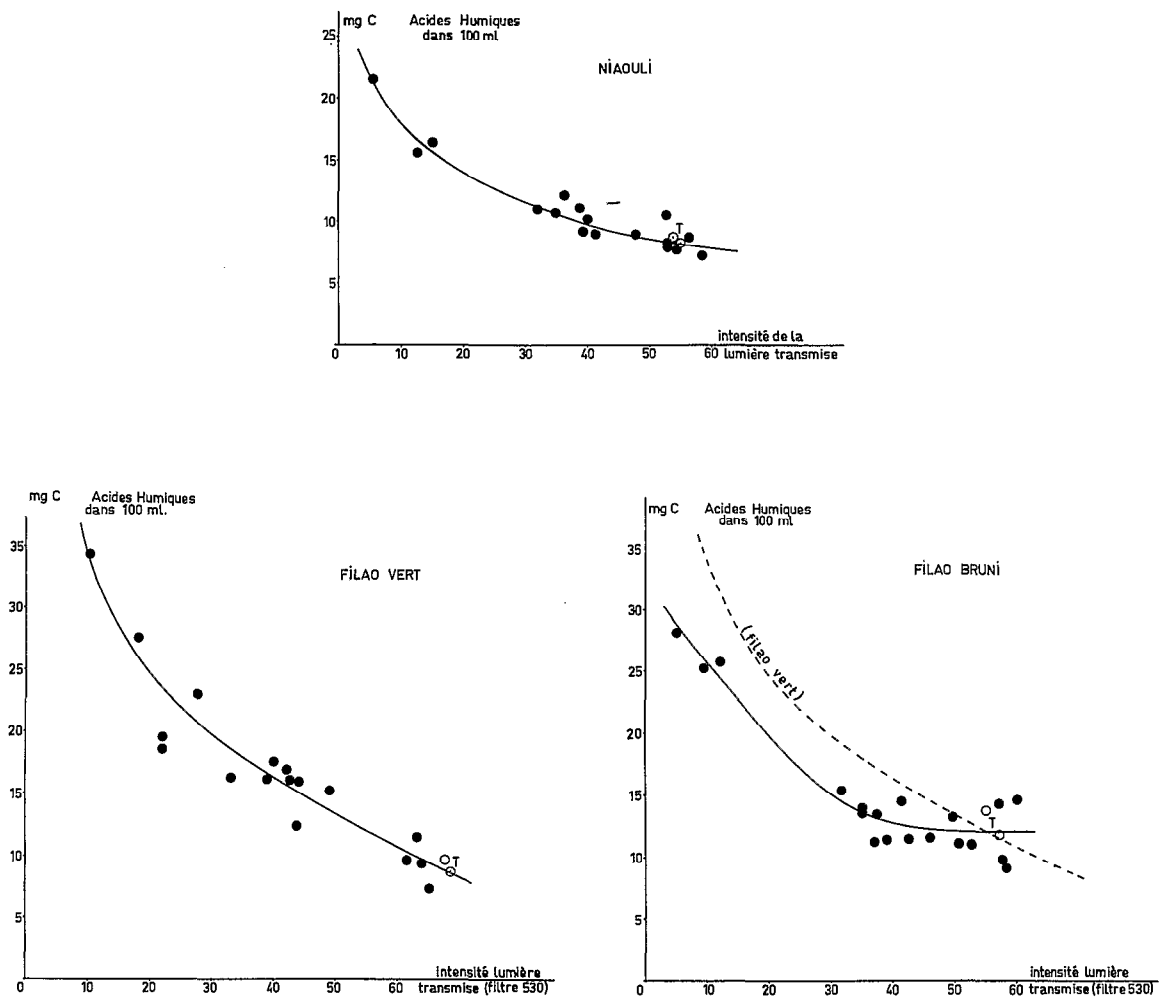


Figure 9 – Corrélation entre les acides humiques et leur coloration.

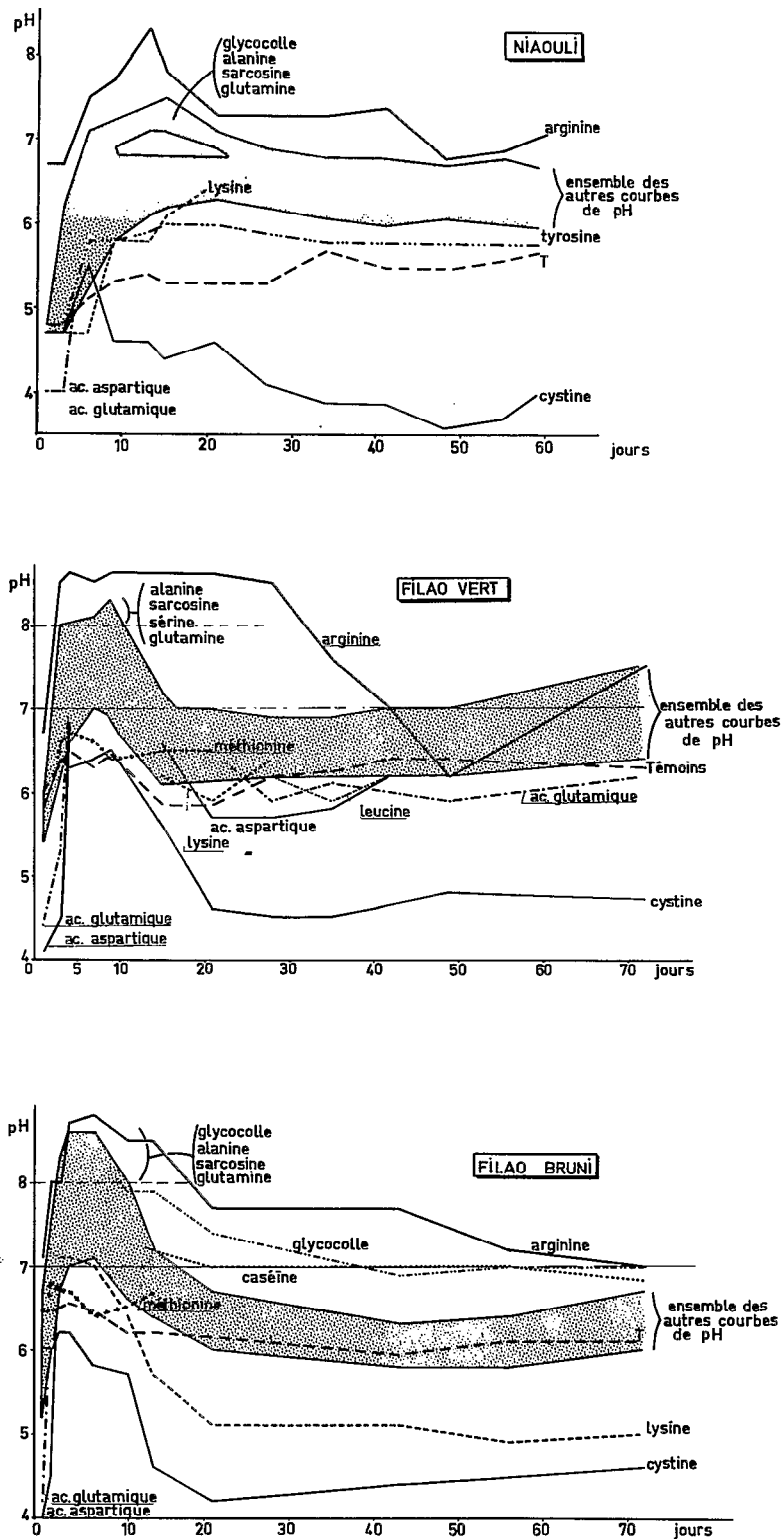


Figure 10 – Variations du pH des divers échantillons au cours de l'expérience H 18.

Pour la litière de filao bruni, c'est encore le tryptophane (+ 221 %), la méthionine (+ 101 %) et le glycofolle (+ 97 %) qui ont eu la plus forte action, mais la moitié des autres échantillons se situent au-dessous des témoins, et non plus seulement l'échantillon à cystine, comme dans le cas de la litière de filao vert. Dans ce dernier matériel, ont dû vraisemblablement coexister un processus d'humification et un processus de déshumification, alors que dans la litière de filao bruni a dû se manifester essentiellement le seul processus de déshumification.

Pour les litières de niaouli et de filao vert, les quatre acides aminés les plus actifs ont donc été le glycofolle, l'arginine, la méthionine et le tryptophane. Pour la litière de filao bruni, il en est de même, si ce n'est que l'arginine a cédé sa place à l'acide aspartique.

Inversement, et par rapport aux témoins, la lysine et la tyrosine sont les deux acides aminés ayant le plus diminué l'humification de la litière de niaouli. La cystine est le seul acide aminé ayant accru la déshumification de la litière de filao vert. La leucine et la lysine sont les deux acides aminés ayant le plus accéléré la déshumification de la litière de filao bruni.

La figure 9, en montrant la corrélation qui existe entre les quantités d'acides humiques présents dans les divers extraits et l'intensité de leur coloration, vérifie que le pouvoir réducteur dosé correspond bien aux seuls acides humiques et non à des acides aminés précipités et isolés avec les acides humiques.

Il est à observer qu'à pouvoir réducteur égal, les acides humiques extraits de la litière de filao vert sont plus clairs (et laissent donc passer plus de lumière) que les acides humiques extraits de la litière de filao bruni. Il n'en est pas obligatoirement de même aux faibles concentrations où un certain trouble dû aux acides préhumiques extraits du filao vert peut inverser l'ordre des choses.

La litière de niaouli, au cours de l'expérience, s'est humifiée au lieu de se déshumifier comme la litière de filao, et les extraits de ses acides humiques sont encore plus condensés et plus sombres que ceux de la litière de filao. RIFFALDI et SCHNITZER (1972) ont montré que la concentration des acides humiques entraîne une augmentation des radicaux libres et consécutivement une couleur plus sombre de ces acides.

La figure 10, qui montre les variations de pH des divers échantillons au cours de l'expérience, fait ressortir plus particulièrement les échantillons qui se différencient des autres.

Les échantillons ayant reçu de l'arginine ont été les plus basiques avec un pH qui, dans le premier mois et pendant plus ou moins longtemps selon les échantillons, a toujours dépassé pH 8 pour redescendre ensuite vers la neutralité. La décomposition de l'arginine en libérant des radicaux NH_2 favorise l'ammonification du milieu qu'elle rend ainsi basique (cf annexe II).

A l'opposé, la cystine, après 7 à 10 jours, a rapidement acidifié les divers échantillons en y déterminant des pH de 4 à 5. Là encore, la structure moléculaire de la cystine (cf annexe II) explique la chose : la réduction de la cystine en cystéine, puis la décomposition de celle-ci avec libération d'hydrogène sulfuré et oxydation lente de ce gaz en acide sulfurique explique l'acidification du milieu.

Avec la litière de niaouli, et par rapport aux témoins, tous les acides aminés (moins la cystine) ont accru la valeur du pH, sans que toutefois celui-ci atteigne la neutralité, sauf dans les échantillons enrichis en glycofolle, en alanine, en sarcosine ou en glutamine du 5ème au 21ème jour. La lysine et la tyrosine ont eu l'action la plus faible.

Avec la litière de filao vert, et par rapport aux témoins, tous les acides aminés ont de même accru la valeur du pH qui, à l'exception de la méthionine, est devenue basique la 2^{ème} semaine en dépassant même pH 8 du 7^{ème} au 10^{ème} jour dans les échantillons enrichis en alanine, sarcosine, sérine ou glutamine. Après 20 jours, la leucine, la lysine, l'acide aspartique et l'acide glutamique ont déterminé des pH plus faibles que les autres acides aminés et même, pour trois d'entre eux, inférieurs aux pH des témoins.

Avec la litière de filao brun, et par rapport aux témoins, les constatations qu'on peut faire sont très voisines. mises à part les actions plus neutralisantes du glyco-colle ou de la caséine, et l'action plus acidifiante de la lysine (acide aminé qui, nous l'avons vu, a accéléré la déshumification du filao brun).

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H 18

D'autres acides aminés que les acides aminés aromatiques peuvent s'avérer efficaces dans l'humification des matériaux végétaux. Ainsi, le glyco-colle et la méthionine (acides aminés aliphatiques) ont eu, à côté du tryptophane (acide aminé aromatique), une action plus ou moins forte, mais incontestable, sur l'humification de la litière de niaouli et le ralentissement de la déshumification des litières de filao vert et de filao brun. Mais, c'est l'arginine, autre acide aminé aliphatique, qui a le plus favorisé l'humification de la litière de niaouli.

Le glyco-colle est le plus simple des acides aminés (cf annexe II) et il se décompose facilement. Nous avons vu qu'il a particulièrement favorisé l'activité biologique au sein de la litière de niaouli et qu'il a contribué à rendre les pH basiques.

L'arginine a accru la minéralisation des litières de niaouli, de filao vert et de filao brun. C'est un acide aminé qui, par sa libération de radicaux NH_2 , tend à favoriser l'ammonification des milieux et à y déterminer des pH fortement basiques.

La méthionine, au contraire, renferme un atome de soufre dans sa molécule et, par rapport aux témoins, n'a que très peu modifié le pH des matériaux végétaux, à l'exception de la litière de niaouli. Elle a eu cependant une action très positive sur le maintien de l'humification des litières de filao vert et de filao brun, ce qui paraît confirmer, là encore, le rôle secondaire du pH dans les processus d'humification et de déshumification.

Le tryptophane enfin, acide aminé aromatique que nous avons trouvé particulièrement actif dans le maintien de l'humification des coques d'arachides, a eu certainement une action favorable sur la minéralisation de la litière de niaouli, mais, quant à son influence sur le pH, elle se confond avec celle des autres acides aminés inclus dans les «enveloppes» des graphiques de la figure 10.

Inversement, la cystine, dont nous avons déjà vu le rôle négatif sur l'activité biologique et l'humification d'une sciure de résineux, s'avère dans cette nouvelle expérience avoir fortement acidifié les milieux, freiné leur minéralisation naturelle (engorgement du carbone glucidique) et accéléré la déshumification de la litière de filao vert. Elle a, par contre, peu modifié l'évolution humique de la litière de filao brun et elle a même favorisé l'humification de la litière de niaouli.

ADAMS et PERRY (1973) ont montré que les acides aminés s'incorporent au mieux aux acides humiques à des pH très basiques, de 8 à 11, qui correspondent aux pH de dissociation des groupements aminés. Nos résultats n'ont cependant pas toujours été dans ce sens, mais il ne faut pas oublier que dans nos expériences nous n'avons pu mesurer que des valeurs moyennes de pH, alors que les processus d'humification se passent à l'échelle moléculaire.

**ACTION DE DIVERSES POUDRES D'ANIMAUX LYOPHILISÉS
SUR L'HUMIFICATION D'UNE LITIÈRE DE NIAOULI,
D'UNE LITIÈRE DE FILAO VERT ET D'UNE LITIÈRE DE FILAO BRUNI
(Expérience H 19)**

Sur les mêmes litières de niaouli et de filao qui ont servi dans l'expérience H 18, il a été comparé l'action humifiante de diverses poudres d'animaux lyophilisés, l'action humifiante d'un égal poids d'excréments de ces animaux et éventuellement l'action de certains des éléments qu'ils ingéraient : litière de pommier pour les Isopodes et sol brun calcaire de Bondy pour les vers de terre. Ceci, afin de vérifier que l'action humifiante des cadavres animaux provient bien de leurs protéines et non de leur contenu digestif.

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE

Matériel et dispositif d'expérience

10 g de litière de niaouli, de filao encore vert ou de filao déjà bruni ont été placés dans de petits cristallisoirs et enrichis, sauf les témoins, avec 1 g d'une des dix poudres lyophilisées suivantes : poudre de blattes, poudre d'excréments de blattes, poudre de vers de terre, poudre de rejets de vers de terre, sol brun calcaire colonisé par les vers de terre, poudre d'Isopodes, poudre d'excréments d'Isopodes, poudre de litière de pommier, poudre de phasmes, poudre de viande de bœuf.

Facteurs de l'expérience

- humidité continue voisine de la capacité de rétention.
- température constante de 25° C tout au long de l'expérience.

Durée de l'expérience

- 2 mois.

Analyses

- sur échantillons homogénéisés. Double extraction au pyrophosphate de sodium 0,1M.

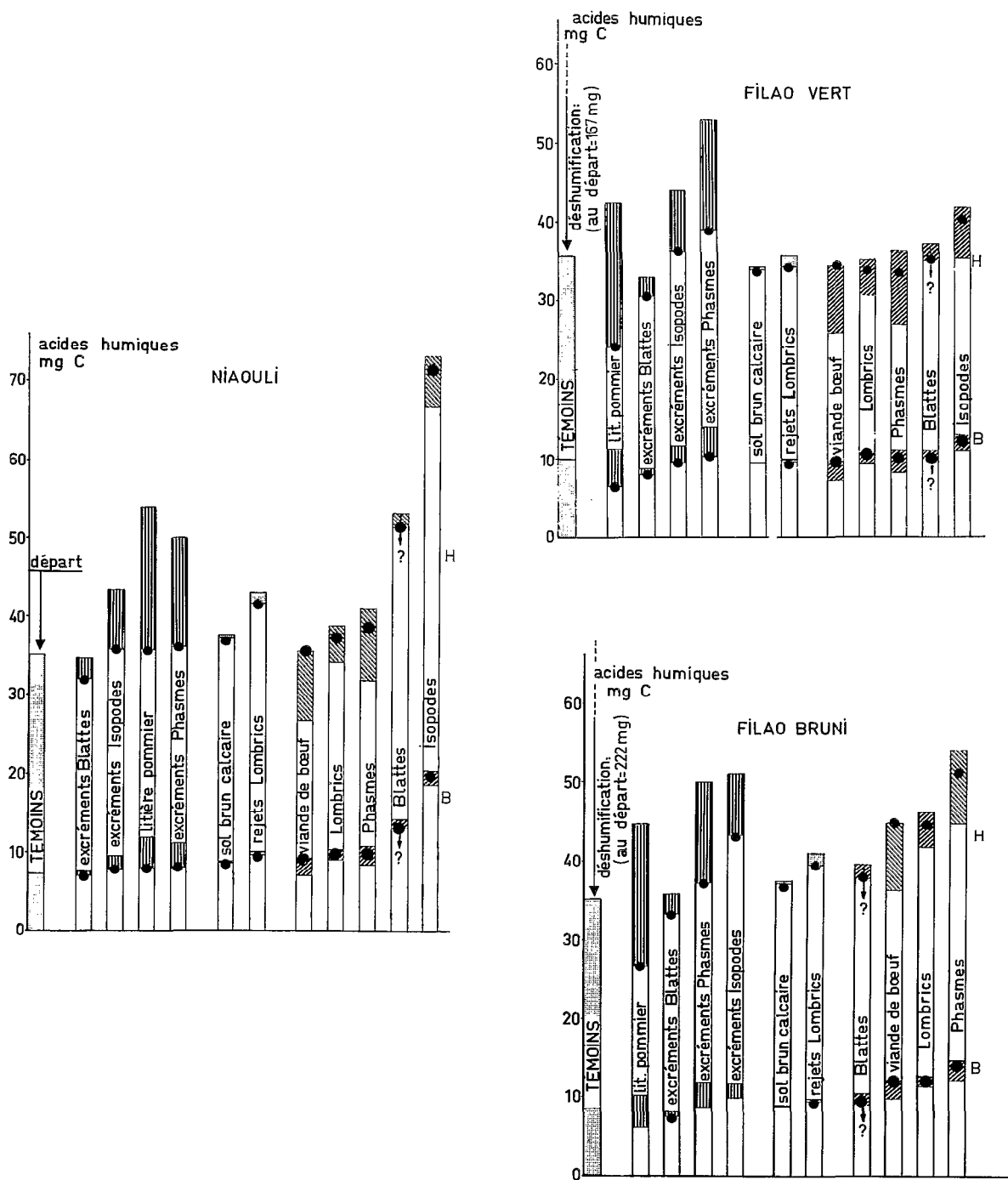


Figure 11 – Teneurs en acides humiques des divers échantillons en fin d'expérience (acides humiques exprimés en mg de carbone).
 limites supérieures = acides humiques dans litière restante ;
 limites inférieures = acides humiques dans 2 g de litière restante ;
 parties hachurées = substances humiques apportées au départ ;
 petits cercles = valeurs les plus vraisemblables (cf. texte).

	NIAOULI					FILAO VERT					FILAO BRUNI							
	Perte de poids			action possible	Glucides		Perte de poids			action possible	Glucides		Perte de poids			action possible	Glucides	
	①	②	③		mg C	‰	①	②	③		mg C	‰	①	②	③		mg C	‰
blattes	20,9	30,9	25,0	+	19,3	2,57	28,6	38,6	33,0	+	11,4	1,70	19,9	29,9	24,0	+	10,7	1,41
excréments de blattes	9,2	19,2	10,0	-	19,9	2,21	23,1	33,1	24,0	-	8,7	1,12	10,2	20,2	11,0	-	8,1	0,91
lombrics	24,4	31,0	25,0	+	12,6	1,68	34,0	40,6	34,5	+	7,3	1,11	26,5	33,1	27,0	+	10,3	1,41
rejets de lombrics	4,9	14,9	14,0		31,9	3,71	18,8	28,8	28,0		11,0	1,53	7,2	17,2	16,5		11,2	1,34
sol brun calc.	4,7	14,7	14,5		37,3	4,36	18,5	28,5	28,0		13,1	1,82	6,4	16,4	16,0		12,0	1,43
isopodes	23,2	33,2	28,0	++	14,9	2,07	31,5	41,5	36,5	++	7,7	1,21						
excréments d'isopodes	8,7	18,7	9,5	-	21,6	2,39	23,5	33,5	24,0	-	10,8	1,42	11,4	21,4	12,0	-	12,9	1,46
litière pommier	10,0	20,0	10,5	-	35,2	3,93	23,8	33,8	24,5	-	11,4	1,51	10,9	20,9	11,5	-	12,6	1,43
phasmes	19,3	29,3	24,0	+	16,6	2,18	29,9	39,9	35,0	+	9,4	1,45	21,6	31,6	26,5	+	11,6	1,58
excréments de phasmes	11,2	21,2	11,5	-	54,4	6,15	24,1	34,1	24,5	-	12,3	1,63	12,2	22,2	13,0	-	13,3	1,53
viande de bœuf	22,8	32,8	23,0	+	18,0	2,34	29,0	39,0	29,5	+	9,9	1,40	25,2	35,2	26,0	+	10,4	1,40
TÉMOINS	16,3				30,7	3,67	27,9				13,7	1,89	17,2				10,2	1,23
					<20	<3					<10	<1,5					<11	<1

Tableau 14 - Perte de poids des litières de niaouli et de filao et glucides présents dans la totalité ou une fraction des échantillons en fin d'expérience.

- ① = valeurs minima, apport supposé minéralisé ;
- ② = valeurs maxima, apport supposé conservé ;
- ③ = valeurs les plus vraisemblables.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

La figure 11 et le tableau 14 rassemblent les principaux résultats de cette expérience.

Le tableau 14 donne la perte de poids subie par les divers échantillons au cours de l'expérience et leur teneur en carbone glucidique en fin d'expérience.

L'évolution du pH des divers échantillons au cours de l'expérience n'a pas été jugée devoir être représentée graphiquement.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La perte de poids des litières de niaouli, de filao vert et de filao bruni est, comme dans l'expérience H18, comprise dans une fourchette de 10 % (7), dont la valeur minimale suppose que l'apport a été entièrement minéralisé et la valeur maximale que ce même apport a été au contraire entièrement conservé (cf tableau 14).

(7) sauf pour les vers de terre pour lesquels, compte tenu de la fraction minérale incluse dans la poudre de ces animaux, la fourchette a pu être réduite à 6,6 %.

Étant donné la nature de la poudre, on peut plus ou moins juger de sa valeur de minéralisation la plus probable. La poudre de viande, par exemple, a dû être entièrement minéralisée en deux mois, alors que l'apport de sol brun calcaire a dû être pratiquement conservé. Les valeurs de minéralisation jugées les plus vraisemblables ont été données à part dans le tableau 14.

Il est incontestable que, par rapport aux témoins, les diverses poudres animales (poudres de blattes, de vers de terre, d'Isopodes, de phasmes et de viande de bœuf) ont très fortement favorisé la minéralisation des divers matériaux végétaux, alors que les excréments de ces mêmes animaux, ainsi que la litière de pommier, semblent au contraire l'avoir diminuée. Le sol brun calcaire de Bondy l'a soit diminuée (cas de la litière de niaouli), soit peu modifiée (cas de la litière de filao).

Les teneurs en carbone glucidique existant en fin d'expérience dans les différents échantillons de litières de niaouli et de filao vert sont, d'une manière générale, d'autant plus faibles que ces échantillons ont subi une minéralisation plus poussée, à l'exception toutefois des échantillons enrichis en excréments de blattes qui, en fin d'expérience, ne renferment plus que de faibles quantités de glucides.

Les teneurs en glucides dans les échantillons de litière de filao brun sont trop voisines pour qu'on puisse valablement en interpréter les différences.

La figure 11 nous montre, par rapport aux témoins, l'action qu'ont eu sur l'humification des litières de niaouli, de filao vert et de filao brun, les diverses poudres d'animaux expérimentées, les excréments de ces animaux, la litière de pommier ayant servi d'aliment aux Isopodes, et le sol brun calcaire dans lequel vivaient les vers de terre.

Là encore, nous avons une fourchette de résultats, selon qu'on considère que les «acides humiques» apportés avec les poudres d'origine animale, végétale ou pédologique ont été conservés ou ont été détruits. Les «acides humiques» inclus dans les excréments sont essentiellement d'origine végétale et il est probable qu'ils se sont conservés au cours des deux mois d'expérience. Il doit en être de même pour les acides humiques des apports pédologiques. Par contre, les «acides humiques» inclus dans les poudres d'animaux sont des substances organiques solubles au pyrophosphate et précipitables à l'acide, mais peu ou pas colorées et facilement fermentescibles. Il est probable qu'elles se sont détruites au cours des deux mois d'expérience. Seuls ont dû se conserver les acides humiques inclus dans les contenus digestifs d'origine végétale.

Les petits cercles dessinés sur les graphiques de la figure 11 indiquent les teneurs approximatives en acides humiques que nous pensons devoir être issus des seules litières de niaouli ou de filao.

Compte tenu des hypothèses faites ci-dessus, on peut constater que d'une manière générale, et par rapport aux témoins, les apports d'origine végétale (litière de pommier ou excréments) n'ont pas accru l'humification des litières de niaouli ou de filao, à une seule exception près cependant : celles des excréments d'Isopodes qui ont freiné la déshumification du filao brun.

Inversement, la litière de pommier a favorisé la déshumification des litières de niaouli, de filao vert et de filao brun.

L'apport de sol brun calcaire n'a pas eu d'action, mais ce même sol dans les rejets de vers de terre a légèrement freiné la déshumification de la litière de niaouli et plus faiblement celle de la litière de filao brun.

Restent les apports de poudres d'animaux : la poudre d'Isopodes a incontestablement favorisé l'humification de la litière de niaouli et, à un degré beaucoup plus faible, l'humification de la litière de filao vert. Son action sur la litière de filao brun n'a pas pu être étudiée, mais celle des excréments d'Isopodes a été jugée positive. Il semble bien, d'autre part, que la poudre de blattes ait aussi faiblement favorisé l'humification de la litière de niaouli.

Les poudres de phasmes, de vers de terre, de viande de bœuf et, peut-être, de blattes, si elles n'ont pas favorisé le degré d'humification de la litière de filao vert, ont par contre fortement freiné la déshumification de la litière de filao brun.

Concernant l'évolution du pH des échantillons au cours de l'expérience, celui-ci dans les échantillons de litière de niaouli était de 5,5 à 6,0 au départ et il ne s'est élevé au-dessus de 6 (mais sans jamais dépasser 6,5) qu'en présence de poudre de blattes ou de poudre d'Isopodes ; seules poudres qui ont été jugées avoir favorisé le degré d'humification de la litière de niaouli.

Pour les échantillons de litière de filao vert, le pH, au départ de 5,7 à 6,0, s'est élevé rapidement en une semaine à 6,2-6,5, ou même souvent à 6,5-6,9 (notamment en présence de poudres de blattes, d'excréments de blattes, de vers de terre, de phasmes, de viande ou d'Isopodes). Le pH 7 a été atteint et même dépassé après un mois et demi, soit en présence de poudre d'Isopodes qui a été jugée avoir favorisé l'humification de la litière de filao vert, soit en présence de poudre de vers de terre, quand des larves de *Scatopsidae* ont colonisé le milieu en le fragmentant énergiquement.

Enfin, pour les échantillons de litière de filao brun, le pH, au départ voisin de 6,0, s'est élevé rapidement après quelques jours à 6,2-6,6. Il a même atteint la neutralité en présence de poudres de blattes, de vers de terre et de viande, mais il s'est stabilisé après 2 semaines à 6,2-6,4 dans tous les échantillons.

CONCLUSIONS DE L'EXPÉRIENCE H19

Les diverses poudres d'animaux lyophilisés expérimentées (poudres de blattes, de vers de terre, d'Isopodes, de phasmes et de viande de bœuf) ont très fortement accru l'activité biologique globale des litières de niaouli et de filao et en ont donc accéléré la minéralisation.

Il est à observer que ce ne sont pas les contenus digestifs d'origine végétale ou minérale des animaux qui en ont été la cause, mais bien les protéines animales des cadavres, puisque les apports d'excréments d'origine végétale ou minérale ont au contraire freiné ou peu modifié la minéralisation de ces litières.

Les teneurs en carbone glucidique des divers échantillons en fin d'expérience ont été d'autant plus faibles que la minéralisation des échantillons a été plus poussée.

Pas plus qu'ils n'ont favorisé la minéralisation des litières de niaouli ou de filao, les apports d'origine végétale (litière de pommier et excréments) n'en ont favorisé l'humification, à une seule exception cependant : celle des excréments d'Isopodes qui ont freiné la déshumification de la litière de filao brun.

Les rejets de vers de terre ont aussi légèrement freiné la déshumification des litières de niaouli ou de filao. Inversement, la litière de pommier a favorisé la déshumification de ces mêmes litières.

Parmi les apports de poudres d'animaux, la poudre d'Isopodes a nettement favorisé l'humification de la litière de niaouli et, à un degré plus faible, celle de la litière de filao vert. Peut-être la poudre de blattes a-t-elle aussi eu une action positive sur l'humification de la litière de niaouli. C'est d'ailleurs en présence de ces deux poudres d'Isopodes et de blattes que le pH a été trouvé le plus élevé.

Enfin, si les diverses poudres d'animaux n'ont guère modifié l'évolution humique de la litière de filao vert (à l'exception de la poudre d'Isopodes), elles semblent par contre avoir fortement freiné la déshumification de la litière de filao brun.

Faute de moyens techniques, nous n'avons malheureusement pas pu réaliser une analyse chromatographique satisfaisante des diverses poudres d'animaux utilisées dans l'expérience H 19.

IMPORTANCE POSSIBLE DE L'APPORT PROTÉINIQUE DES CADAVRES DANS LES PROCESSUS D'HUMIFICATION AU SEIN DU MILIEU NATUREL

On a montré en laboratoire que les apports protéiniques des cadavres animaux pouvaient aider à l'humification des matériaux végétaux, mais il convient de se demander quelle est l'importance possible de ces apports dans la nature et quel est leur rôle réel dans les processus d'humification.

Un sol, dont l'activité biologique est normale, peut facilement renfermer dans ses 20 premiers centimètres 150 g d'animaux au mètre carré, dont 100 g de vers de terre (BACHELIER, 1971).

L'eau constitue 80 à 85 % du poids des vers, les matières organiques 14 à 18,5 % et les éléments minéraux 1 à 1,5 %. En se basant sur ces données, et en supposant que la faune du sol se renouvelle pour moitié chaque année, on peut donc penser que les cadavres animaux constituent un apport annuel d'environ 10 g de protéines au mètre carré.

D'autre part, l'apport végétal et annuel pour un sol sous forêt ou sous prairie est, sans les racines, d'environ 200 à 400 g de litière au mètre carré soit, en se basant sur la teneur en acides humiques de diverses feuilles de litière, un apport approximatif de 40 g d'acides humiques au mètre carré pour 300 g de litière.

En fait, avec les racines (20 à 25 % de l'apport végétal), les branches et les plantes secondaires (algues, mousses, ...), l'apport total et annuel d'acides humiques au sol doit pouvoir être estimé pour les sols à mull sous végétation naturelle à environ 100 g au mètre carré.

Sur ces 40 à 100 g d'acides humiques, 10 à 40 % peuvent être constitués de chaînes latérales de nature azotée. La teneur en azote des acides humiques et fulviques est normalement comprise entre 2 et 3 % et les auteurs estiment que 20 à 50 % de cet azote présent dans les acides humiques s'y trouve sous forme d'acides aminés (DE BORGER, 1972). ALEKSANDROVA (1972) a aussi trouvé que, dans des feuilles de trèfle humifiées, le carbone des chaînes latérales des molécules d'acides humiques constituait environ 25 à 39 % du carbone total de ces molécules, et 11 % dans les acides humiques d'un horizon A de chernozem.

En première approximation, les animaux, avec un apport annuel de 10 g de protéines au mètre carré, devraient donc pouvoir jouer un rôle chimique important dans les processus d'humification : soit que, dans les synthèses humiques, ils fournissent des chaînes latérales azotées aux noyaux aromatiques et quinoniques d'origine végétale, soit, au contraire, qu'ils libèrent des composés organiques limitant les processus d'humification (tel, par exemple, dans certains cas : la cystine).

Par leurs cadavres, les animaux du sol doivent pouvoir influencer qualitativement et quantitativement au moins la moitié des synthèses humiques, pour autant qu'un brassage biologique suffisant aide à mettre en présence les divers composés organiques appropriés. Les animaux qui, comme les vers de terre, mélangent intimement ensemble les débris végétaux en voie de décomposition avec le sol, la microfaune et les cadavres de la mésofaune, jouent très certainement là un rôle indirect, mais fort efficace, pour l'humification des sols.

**IMPORTANCE DE LA NATURE STÉRÉOCHIMIQUE DES ACIDES AMINÉS
DANS LES PROCESSUS D'HUMIFICATION
(Expérience H 17)**

Après avoir constaté l'importance tant expérimentale que théorique des acides aminés dans l'humification des matériaux d'origine végétale, il nous est apparu intéressant de rechercher si cette fixation des acides aminés dans les hétéropolycondensats humiques s'effectuait par voie physico-chimique ou par voie biologique.

Nous avons cherché à élucider ce point dans le cas de la tyrosine et de la sciure de résineux et dans le cas du tryptophane et des coques d'arachides ; matériaux qui ont fait l'objet de précédentes expériences (H 10 et H 14) et sur l'humification desquels nous avons pu constater l'action de doses croissantes d'acides aminés (cf figure 12).

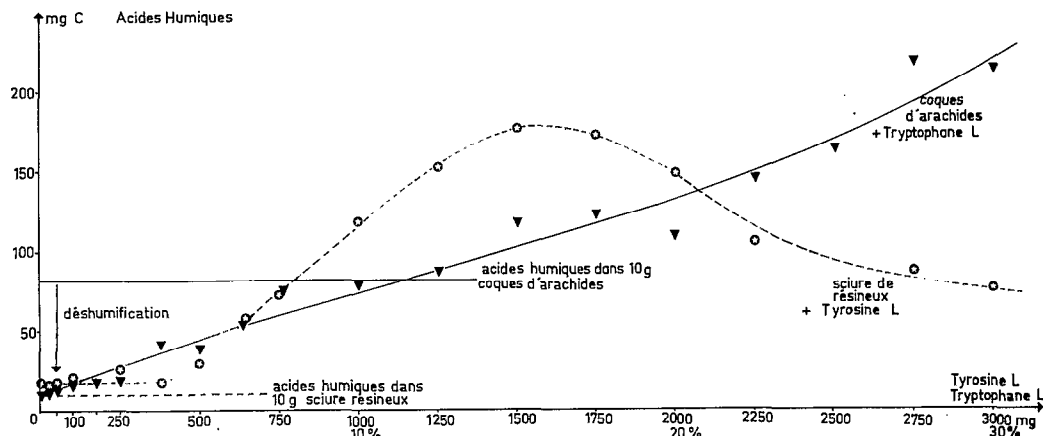


Figure 12 – Action de doses croissantes de tyrosine ou de tryptophane sur l'humification respective d'une sciure de résineux et de coques d'arachides broyées.

Le résultat de cette étude doit être publié par ailleurs (BACHELIER, 1974), aussi n'en reprendrons-nous ici que l'essentiel et les principales conclusions.

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 micro-organismes inférieurs, les êtres vivants sont tous actuellement édifiés avec des acides aminés L.

Nous avons par suite 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 plus ou moins aussi par voie biologique.

L'expérimentation a été conduite comme dans nos précédentes expériences en mélangeant intimement 0,5 g de tyrosine L ou D à 5 g de sciure de résineux et 0,6 g de tryptophane L ou D à 5 g de coques d'arachides. 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 de présenter localement des phénomènes de réduction.

Les divers échantillons ont été conservés humides 2 mois à 20° C, puis analysés après ce laps de temps. Une interprétation des résultats concernant l'humification des divers échantillons est présentée dans les figures 13 et 14.

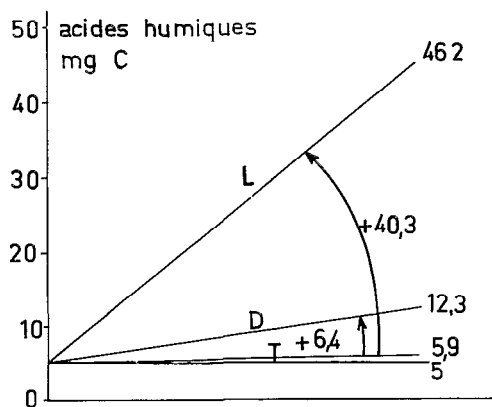
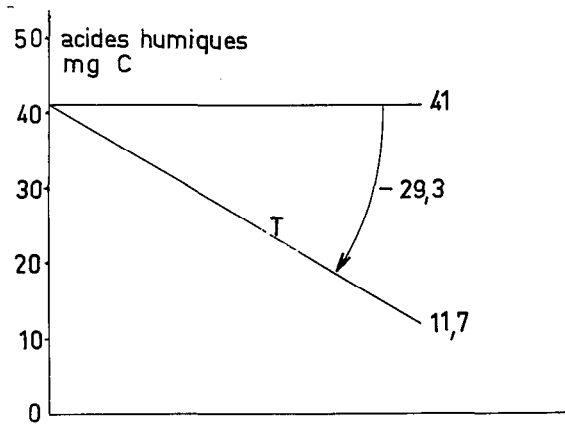


Figure 13 – Action de la tyrosine L ou D sur l'humification d'une sciure de résineux. Essai d'interprétation.

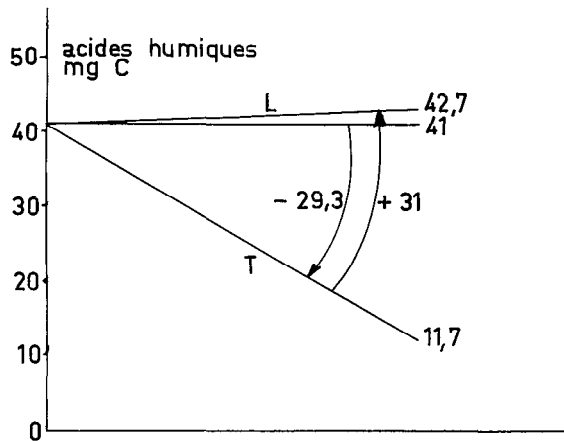
Dans le cas de la sciure de résineux, la tyrosine D n'a fait que doubler l'humification naturelle de la sciure, alors que la tyrosine L l'a pratiquement multiplié par 8. Néanmoins, la tyrosine D a eu sur l'activité biologique globale de la sciure de résineux une action très peu inférieure à celle de la tyrosine L : toutes deux ont notamment plus que doublé la fraction de sciure minéralisée au cours de l'expérience.

La tyrosine D et la tyrosine L peuvent donc s'incorporer aux condensats humiques de la sciure de résineux par des processus purement physico-chimiques, mais il apparaît aussi que l'humification de la sciure de résineux s'effectue en grande partie par voie biologique.

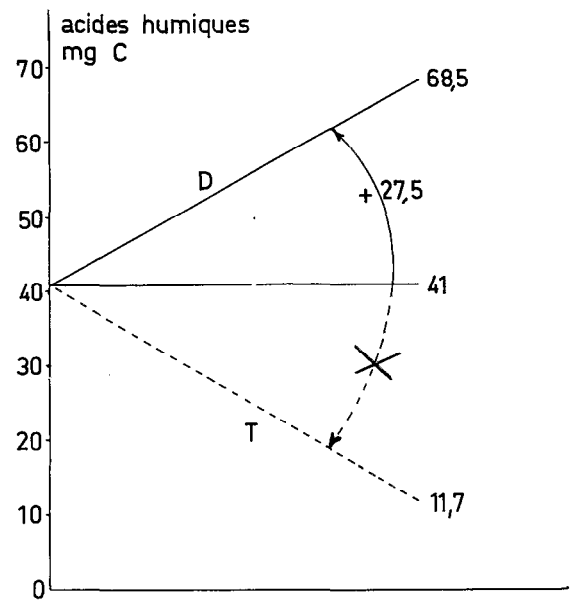
Dans le cas des coques d'arachides broyées, le problème est plus complexe par le fait que les coques d'arachides maintenues humides à 20° C ont naturellement tendance à se déshumifier : - 41 % d'acides humiques en deux mois.



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.

Figure 14 – Action du tryptophane L ou D sur l’humification de coques d’arachides broyées. Essai d’interprétation.

L’action humifiante de l’apport de tryptophane L a fait plus que compenser la déshumification naturelle. Par contre, l’apport de tryptophane D a dû freiner, ou même stopper, cette déshumification naturelle liée essentiellement à l’activité biologique du milieu.. Aussi, bien que l’action humifiante du tryptophane D ait été légèrement plus faible que celle du tryptophane L (+ 27,5 mg de carbone contre + 3,10 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, et les différentes mesures d’activité biologique globale (dégagement de CO₂, absorption d’O₂, comptages microbiens) ont montré, dans le cas des échantillons enrichis en tryptophane D, l’existence de biostases qui ont été cassées par la dessiccation de ces échantillons, avec libération des substances facilement minéralisables qui avaient pu s’y accumuler.

Le tryptophane D et le tryptophane L, eux aussi, paraissent tous deux pouvoir s'incorporer aux condensats humiques des coques d'arachides par des processus purement physico-chimiques, mais, là encore, 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 minéralisations du matériel végétal et, en admettant que le tryptophane D ait contrecarré la déshumification biologique naturelle des coques d'arachides (ce que nous suggère l'ensemble des résultats), il apparaît qu'une partie de l'humification de celles-ci s'effectue bien par voie biologique.

Les acides aminés favorables à l'humification des matériaux végétaux paraissent donc 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.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans notre précédent travail (BACHELIER, 1972), nous étions parvenus aux conclusions essentielles suivantes :

- l'humification des matériaux végétaux dépend de la nature de ces matériaux et des conditions dans lesquelles ils évoluent ;
- la faune du sol peut agir sur l'humification des matériaux végétaux, soit en y accroissant fortement l'activité biologique (ce qui peut, selon la microflore et l'évolution naturelle des équilibres, accroître les processus d'humification ou les processus de déshumification), soit en y apportant par ses cadavres des composés protéiniques susceptibles de favoriser les synthèses humiques. L'action des animaux morts nous est souvent apparue supérieure à celle des animaux vivants ;
- l'action humifiante des animaux morts dépend de la nature chimique de ces animaux et, pour les composés thermolabiles et xérolabiles qu'ils renferment, de l'évolution subie par les cadavres.

Des diverses conclusions acquises au cours de ce nouveau travail concernant l'action des animaux morts sur l'humification de deux matériaux ligneux très différents, il nous paraît plus particulièrement intéressant de retenir les nouveaux acquis suivants :

- l'action humifiante des cadavres animaux dépend des composés protéiniques qu'ils renferment, et notamment des acides aminés (aliphatiques ou aromatiques) qu'ils sont susceptibles de fournir aux matériaux ligneux en voie de décomposition ;
- selon la nature chimique des matériaux végétaux, les composés protéiniques les plus favorables à l'humification de ces matériaux peuvent changer et donc la nature des cadavres animaux susceptibles d'agir le plus efficacement sur cette humification ;
- l'expérience nous a montré que les diverses poudres d'animaux lyophilisés ont favorisé l'humification de la sciure de résineux en fonction essentiellement de leur teneur en tyrosine : acide aminé aromatique qui a été trouvé particulièrement actif pour l'humification de cette sciure. La cystine, au contraire, a eu une action négative sur la minéralisation et l'humification de la sciure de résineux.

- vis-à-vis des coques d'arachides broyées qui, à 20°C et à humidité constante, ont naturellement tendance à se déshumifier, l'expérience nous a montré que les poudres d'animaux lyophilisés qui ont le plus freiné cette déshumification renfermaient du tryptophane, autre acide aminé aromatique trouvé plus particulièrement efficace dans le maintien de l'humification des coques d'arachides ;
- l'arginine a été l'acide aminé aliphatique qui a le plus favorisé l'humification de la litière de niaouli. Venaient ensuite le tryptophane (acide aminé aromatique), le glyco-colle et la méthionine (acides aminés aliphatiques).
Le tryptophane, la méthionine et le glyco-colle sont aussi les trois acides aminés qui ont le plus ralenti la déshumification des litières de filao. La cystine a, par contre, accéléré la déshumification de la jeune litière de filao ;
- pour la sciure de résineux, les poudres d'arthropodes lyophilisés (de doryphores en premier, puis d'Isopodes, d'*Oryctes* et de hannetons ensuite) ont plus accru son activité biologique et aidé à son humification que les poudres d'animaux mous lyophilisés (Lombricides, viande de bœuf et escargots). Pour les coques d'arachides, ce sont les poudres de viande de bœuf et de doryphores qui en ont le plus freiné la déshumification, alors que les poudres d'*Oryctes* et surtout d'Isopodes paraissent au contraire avoir favorisé celle-ci. Par contre, pour la litière de niaouli et, à un degré moindre, celle de filao vert, la poudre d'Isopodes en a très nettement favorisé le degré d'humification ;
- l'importance des cadavres d'animaux, et plus particulièrement des cadavres d'arthropodes, vis-à-vis des processus d'humification a été ainsi mise en évidence : une poudre de doryphores peut aider à l'humification d'une sciure de résineux, un apport de protéines animales appropriées peut s'opposer à la déshumification naturelle des coques d'arachides, une poudre d'Isopodes peut favoriser l'humification d'une sciure de résineux ou d'une litière de niaouli mais accélérer la déshumification de coques d'arachides ;
- humification et activité biologique globale ne vont pas obligatoirement de pair, comme l'indiquent les conclusions des différents chapitres. Généralement les poudres d'animaux favorisent l'activité biologique au sein des matériaux végétaux, mais seules certaines de ces poudres, de par leur nature chimique, peuvent en favoriser l'humification ;
- l'estimation théorique des apports protéiniques par les cadavres d'animaux montre que ceux-ci doivent pouvoir influencer jusqu'à la moitié des synthèses humiques dans les sols où existe un brassage biologique efficace, tels notamment les sols à vers de terre.

Quelques autres conclusions secondaires peuvent encore être rappelées pour mémoire :

- l'ammoniaque à 2,5 %, et à un degré moindre la potasse N/10, ont favorisé nettement l'humification de la sciure de chêne (expérience H 7-1) et de la sciure de résineux (expérience H 11), ainsi que le maintien de l'humification des coques d'arachides, et ceci sans modifier grandement la minéralisation naturelle de ces divers matériaux ligneux. Mais, à la différence de la potasse qui demeure dans le milieu, l'évaporation de l'ammoniac est généralement suivie d'une forte reprise de l'activité biologique au sein du matériel, d'une minéralisation accrue de ce dernier et souvent même d'une seconde période d'humification, d'origine cette fois plus biologique.
Par contre, l'ammoniaque et la potasse peuvent contrecarrer l'action humifiante des apports d'origine animale (expérience H 11) ;
- le glucose a toujours accru l'acidité du milieu la première semaine de son apport (expérience H 7-2, H 11 et H 10-12). Il n'a que rarement accru la minéralisation et l'humification des matériaux ligneux ;

- la solution minérale de Heller a parfois favorisé légèrement la minéralisation et l'humification de la sciure de résineux, mais très peu accru la minéralisation des coques d'arachides et très peu freiné leur déshumification :
- le pH ne paraît pas avoir une action première sur l'humification des matériaux végétaux. Il nous apparaît seulement comme un facteur secondaire, jouant plus ou moins selon les conditions du milieu, et dont l'action ne semble pas liée à ses propres variations. Il peut se manifester de très fortes humifications selon les cas, aussi bien en milieu acide qu'en milieu basique : en fait, nous ne mesurons que des valeurs moyennes de pH alors que les processus d'humification se passent à l'échelle moléculaire.
- les acides aminés favorables à l'humification des matériaux végétaux paraissent s'incorporer aux hétéro-polycondensats 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.

Bibliographie

- ADAMS (W.A.), PERRY (D.R.) - 1973 - The effect of pH on the incorporation of amino acids into humic acid extracted from soil. *The J. of Soil Sci.*, 24, 1, 18-25.
- ALEKSANDROVA (L.N.) - 1972 - Study of the humification of plant residues and of the nature of newly formed humic acids. *Soviet Soil Sci.*, 7, 429-437.
- BACHELIER (G.) - 1971 - La vie animale dans les sols. 1 - Déterminisme de la faune des sols - Action de la faune dans l'évolution des sols considérés en tant qu'équilibres naturels. dans : *La Vie dans les Sols. Aspects nouveaux. Études expérimentales* (ouvrage collectif présenté par P. PESSON). Gauthiers Villars éd., Paris, 472 pages, 1-44 et 45-82.
- BACHELIER (G.) - 1972 - Étude expérimentale de l'action des animaux sur l'humification des matériaux végétaux. 1 - Premières expériences et conclusions préliminaires. *Coll. Trav. Docum. ORSTOM*, 14, 75 pages.
- BACHELIER (G.) - 1974 (à paraître) - Importance de la nature stéréochimique des acides aminés dans les processus d'humification. *C.R. du Colloque d'Écologie du Sol* (Montpellier, 30 mai-2 juin 1973).
- BONNEAU (M.), DUCHAUFOR (Ph.), MANGENOT (F.) - 1964 - Étude de l'humification de composts de sciure. *Ann. Inst. Pasteur*, suppl. 3, t. 107, 109-122.
- BOQUEL (G.), SUAVIN (L.) - 1973 - Inhibition de la nitrification par des extraits aqueux de litières de Teck (*Tectona grandis*) et de niaouli (*Melaleuca leucodendron*). *Rev. Écol. Biol. Sol*, 9, 4, 641-654.
- CARLES (J.), DECAU (J.) - 1960 - De quelques conditions susceptibles de modifier les proportions des acides aminés du sol. *Ann. agron.*, Paris, II, 557-575.
- CIZEK (V.) - 1967 - Effect of oxygen level on the humification of organic substances. in «*Studies about humus*», B. NOVAK & V. RYPACEK éd., Trans. Int. Symp. «Humus et Planta IV», Prague, 179-181.

- DE BORGER (Ir.R.) - 1972 - Groupes fonctionnels, phénols, composés azotés et molécules de sucre présent dans les matières humiques. *Rev. de l'Agriculture* (Hollande), 67, 909-928.
- DECAU (J.) - 1967 - Observations sur la répartition comparée des acides aminés dans la matière organique non évoluée et dans l'humus du sol. *C.R. Ac. Sci. (Paris)*, série D, t. 246, 15, 1836-1839.
- DECAU (J.) - 1968 - Les Polysaccharides du sol : Origine, évolution et rôle. *Ann. agron.*, 19, 1, 65-82.
- FLAIG (W.), HAIDER (K.) - 1968 - Uber die beteiligung von phenolem am aufbau von huminsäuren. *Trans. 9th int. Congr. Soil. Sci.* (Adelaïde, Australie, 1968), III, 175-182.
- GASPAR (Ch.) - 1970 - Teneurs en acides aminés de certaines productions primaires et secondaires d'écosystèmes terrestres. *Bull. Rech. Agro. Gembloux* (Belgique), T.V., 3-4, 487-500.
- JACQUIN (F.) - 1960 - Évolution des acides aminés lors de la décomposition de la matière organique du sol. *C.R. Ac. Sci. (Paris)*, t. 251, 1810-1811.
- JACQUIN (F.), MANGENOT (F.) - 1960 - Populations microbiennes des bois. IV - Humification des copeaux dans la nature. *Plant. and Soil*, XII, 3, 276-284.
- JACQUIN (F.) - 1963 - Contribution à l'étude des processus de formation et d'évolution de divers composés humiques (Thèse, 21 mai 1963, Fac. Sci. Nancy). *Bull. École Nat. Sup. Agr.*, Nancy, 5, 1, 156 p.
- KEVAN (D.K.McE.) - 1968 - Soil fauna and humus formation. *Trans. 9th. int. Congr. Soil Sci.* (Adelaïde, Australie, 1968), II, 1-10.
- KONONOVA (M.M.) - 1961 - *Soil organic matter, its nature, its rols in soil formation and in soil fertility.* Pergamon Press éd. (Oxford, Londres, New-York, Paris), 450 p.
- MANGENOT (F.), JACQUIN (F.) - 1960 - Produits d'humification des sciures. Quelques caractéristiques physiques et chimiques. *Plant and Soil*, XIII, 3, 291-296.
- MANSKAYA (S.M.), KODINA (L.A.) - 1968 - Aromatic structures of lignins and their role in the formation of humic acids. *Soviet Soil Sci.*, août 1968, 8, 1102-1107.
- MOUREAUX (Cl.) - 1965 - Glycolyse et activité microbiologique globale en divers sols ouest-africains. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, III, 1, 43-78.
- MOUREAUX (Cl.) - 1972 - Influence du facteur microbiologique sur la solubilisation d'éléments minéraux à partir d'un sol ferrallitique malgache et à partir de biotite en présence de litières tropicales (Teck et Niaouli). *Rev. Écol. Biol. Sol*, IX, 3, 539-547.
- NOVAK (B.) - 1971 - Formation microbienne de l'humus. 4. Processus anaérobies et aérobie dans l'humification du fumier de ferme en modèles expérimentaux. 5. Processus anaérobies et aérobie dans l'humification de substrats types (en allemand). *Zentbl. bakt. Parasitkde*, Abt. II, 126, 48-62 et 63-67.
- PREVOT (A.R.) - 1970 - *Humus, Biogenèse, Biochimie, Biologie.* Éd. de la Tourelle (Paris), 342 p.
- RIFFALDI (R.), SCHNITZER (M.) - 1972 - Electron spin resonance of humic substances. *Sol Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 2, 301-305.
- SIMONART (P.), BATISTIC (L.), MAYAUDON (J.) - 1967 - Isolation of protein from humic acid extracted from soil. *Plant and Soil*, XXVII, 2, 153-161.
- SWABY (R.J.), LADD (J.N.) - 1962 - Chemical nature, microbial resistance, origin of soil humus. *Int. Soil Conf. N.Z.*, 197-202 (CSIRO, Adélaïde).

NOUVELLES RÉFÉRENCES CONCERNANT LE TOME 1

– *Sur l'action des argiles :*

FILIP (Z.), HAIDER (K.), FLAIG (W.) et autres - 1971 - Effet des minéraux argileux sur la formation de la matière humique par quelques champignons du sol (en allemand). *Landbauforschung Völkenrode*, 21, 2, 97-102.

FILIP (Z.), HAIDER (K.), MARTIN (J.P.) - 1972 - Influence of clay minerals on the formation of humic substances by *Epicoccum nigrum* et *Stachybotrys chartarum*. *Soil Biol. Biochem.*, 4, 2, 147-154.

– *Sur l'action de l'azote minéral :*

WOJCIK-WOJTKOWIAK (D.) - 1972 - The transformation of nitrogen and carbon in the soil during humification of straw labelled with N¹⁵. *Plant and Soil*, 36, 2, 261-270.

annexes

Annexe 1

	(en % poids sec)					C%	N‰	C/N	acides humiques		acides fulviques		divers	pH	mg 100-p.l. O ₂
	Ca	Mg	K	S	P				C‰	électr.	C‰	glucides %			
litière pommier	2,64	0,26	0,24	0,32	0,16	33,5	15,7	21,3	48,5 36,2 ↓		28,4 22,2 ↓	30,0		5,3-6,0	
litière foin	0,85	0,07	0,17	0,23	0,13	39,1	8,7	44,7	8,9		9,9	40,4		5,4-4,6	
feuilles } âgées	3,18	0,26	1,40	0,22	0,19	38,6	25,6	15,0	33,0		82,0	45,0		> 7	
de lierre } jeunes	3,16	0,26	1,43	0,21	0,19	37,7	22,8	16,5							
feuilles de ronce	1,67	0,65	1,64	0,33	0,24	39,1	24,8	15,8	16,0		58,5	52,6		< 7	
racines de maïs	1,21	0,21	3,53	0,50	0,35	29,9	19,3	15,5	1,5		16,0	>80,0		8,5	
sciure mixte	0,10	0,01	0,01	0,02	0,001	45,0	1,8	250	2,2		5,8	28,0	ac. hymato. 70% acides humiques	4,8-5,0	141
sciure de chêne	0,08	0,05	0,02	0,03	0,001	45,4	tr.	500	4,0		24,2	11,7	37% acides humiques C cires, résines	3,5-4,0	212
sciure de résineux	0,21	0,02	0,04	0,04	0,002	35,8	0,15	2400	1,0		5,0	14,8	1‰	5,0-6,0	168
coques d'arachides	0,23	0,11	0,73	0,06	0,05	36,5	10,0	36,0	8,2	30/12/58	13,5	13,3		5,8	593
litière filao vert	2,87	0,32	0,67	0,31	0,29	39,5	16,4	24,1	16,7	12/11/77	38,2	51,3		5,8	868
litière filao bruni	2,58	0,32	0,37	0,20	0,13	38,1	10,3	37,0	22,2	15/13/72	24,5	15,0			874
litière niaouli	1,92	0,60	0,41	0,68	0,14	39,2	16,9	23,2	4,6	20/14/66	60,2	36,2		4,8	868

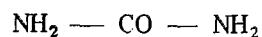
ANALYSE DES MATÉRIEAUX VÉGÉTAUX UTILISÉS DANS L'ENSEMBLE DU TRAVAIL

Annexe 2

FORMULES DES COMPOSÉS AZOTES UTILISÉS

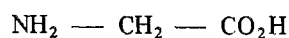
Dérivé azoté de l'acide carbonique :

urée

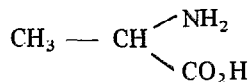


Acides aminés aliphatiques :

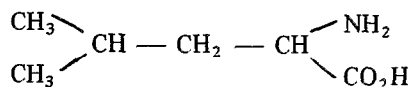
glycocolle



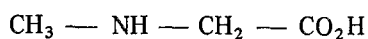
alanine



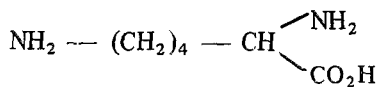
leucine



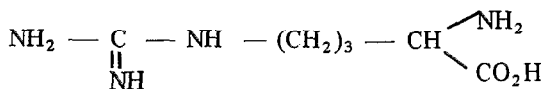
sarcosine



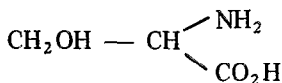
lysine



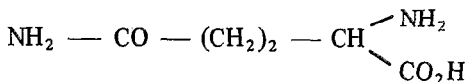
arginine



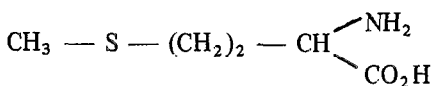
sérine



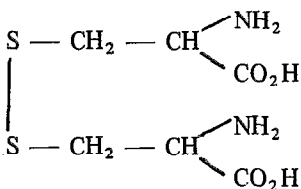
glutamine



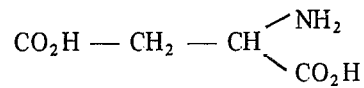
méthionine



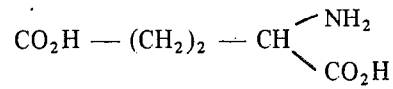
cystine



acide aspartique

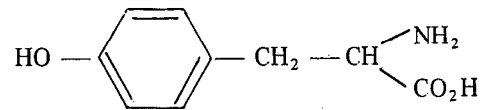


acide glutamique

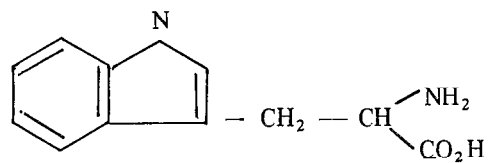


Acides aminés aromatiques :

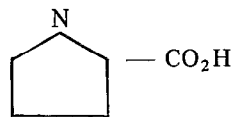
tyrosine



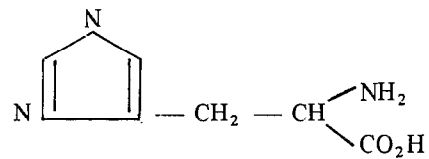
tryptophane



proline



histidine



Polypeptides :

insuline =	tyrosine	12 %
	cystine	12 %
	acide glutamique	21 %
	leucine	30 %
	arginine	3 %
	histidine	8 %
	lysine	2 %

peptone = produit résultant de l'attaque enzymatique ou de l'hydrolyse de la viande.

Phosphoprotéine :

hydrolysats de caséine.

Les Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer tendent à constituer une documentation scientifique de base sur les zones intertropicales et méditerranéennes, les pays qui en font partie et sur les problèmes posés par leur développement.

CAHIERS ORSTOM.

— Séries périodiques:

- **entomologie médicale et parasitologie:** systématique et biologie des arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire, parasitologie, épidémiologie des grandes endémies tropicales, méthodes de lutte contre les vecteurs et les nuisances;
- **géologie:** études sur les trois thèmes suivants: altération des roches, géologie marine des marges continentales, tectonique de la région andine;
- **hydrologie :** études, méthodes d'observation et d'exploitation des données concernant les cours d'eau intertropicaux et leurs régimes.
- **océanographie:**
Sud-Ouest du Pacifique
Canal de Mozambique et environs
Atlantique Tropical Est...
hydrologie, physico-chimie, hydrodynamique, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, niveaux de production, dynamique des stocks, prospection faunistique.
- **hydrobiologie:**
Bassin Tchadien
Nouvelle-Calédonie...
- **pédologie:** problèmes soulevés par l'étude des sols: morphologie, caractérisation physico-chimique et minéralogique, classification, relations entre sols et géomorphologie, problèmes liés aux sels, à l'eau, à l'érosion, à la fertilité;
- **sciences humaines:** études géographiques, sociologiques, économiques, démographiques et ethnologiques.

— Séries non périodiques:

- **biologie:** études consacrées à diverses branches de la biologie végétale et animale; agronomie.
- **géophysique:** données et études concernant la gravimétrie, le magnétisme et la sismologie.

MÉMOIRES ORSTOM: consacrés aux études approfondies (synthèses régionales, thèses...) dans les diverses disciplines scientifiques (68 titres parus).

ANNALES HYDROLOGIQUES: depuis 1959, deux séries sont consacrées: l'une, aux Etats africains d'expression française et à Madagascar, l'autre aux Territoires et Départements français d'Outre-Mer.

FAUNE TROPICALE: collection d'ouvrages principalement de systématique, couvrant ou pouvant couvrir tous les domaines géographiques où l'ORSTOM exerce ses activités (18 titres parus).

INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES: mises au point et synthèses au niveau, soit de l'enseignement supérieur, soit d'une vulgarisation scientifiquement sûre (20 titres parus).

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'ORSTOM: cette collection, diverse dans ses aspects et ses possibilités de diffusion, a été conçue pour s'adapter à des textes scientifiques ou techniques très variés quant à leur origine, leur nature, leur portée dans le temps ou l'espace, ou par leur degré de spécialisation (28 titres parus).

L'HOMME D'OUTRE-MER: cette collection, publiée chez Berger-Levrault, est exclusivement consacrée aux sciences de l'homme, et maintenant réservée à des auteurs n'appartenant pas aux structures de l'ORSTOM (9 ouvrages parus).

De nombreuses **CARTES THÉMATIQUES**, accompagnées de **NOTICES**, sont éditées chaque année, intéressant des domaines scientifiques ou des régions géographiques très variées.

BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE (périodicité mensuelle; ancienne dénomination jusqu'en 1970: Bulletin signalétique d'entomologie médicale et vétérinaire) (XX^e année).

O. R. S. T. O. M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS 8^e

Services Scientifiques Centraux :

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay - 93 - BONDY

IMP. S. S. C. Bondy
O. R. S. T. O. M. Éditeur
Dépôt légal : 4^e trim. 1973