

# Stabilité des composés aminés (marqués au $^{14}\text{C}$ et $^{15}\text{N}$ ) d'origine microbienne dans les sols

par G. LALISSE \* et P. BOTTNER \*\*

\* Laboratoire de Biologie des Sols, U.E.R. des Sciences de la Nature,  
Université Lyon I - France

\*\* C.E.P.E., B.P. 5051, 34033 Montpellier Cedex - France

---

## SOMMAIRE

*L'horizon A<sub>1</sub> d'un sol fersiallitique lessivé est incubé durant 72 jours à humidité (75 % de l'humidité équivalente) et température (28 °C) constantes avec du glucose (C - glucose = 5 % du C total du sol) uniformément marqué au  $^{14}\text{C}$  et avec  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , dans un rapport C/N de 40.*

*Après deux jours, il subsiste 65 % du  $^{14}\text{C}$  dans le sol, 57 % après 11 jours et 43 % après 72 jours. Aux 2<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 9<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup>, 14<sup>e</sup>, 22<sup>e</sup>, 44<sup>e</sup>, 72<sup>e</sup> jours, des échantillons sont prélevés et soumis à une hydrolyse HCl 6N à chaud sous reflux durant  $2 \times 16$  heures. La distribution de  $^{14}\text{C}$  entre la fraction hydrolysable et non hydrolysable est très différente de celle de C total. L'hydrolysate contient 30 % du C total du sol et 66 % du  $^{14}\text{C}$ . Les répartitions de N et  $^{15}\text{N}$  sont plus proches : 88 % de N total et 92 à 94 % du  $^{15}\text{N}$  sont dans l'hydrolysate. Autant pour le carbone que pour l'azote, ces proportions apparaissent dès le 2<sup>e</sup> jour, puis restent à peu près constantes jusqu'à la fin de l'expérience.*

*Dans la fraction hydrolysable, on détermine  $\text{NH}_4^+$  et on sépare les composés aminés des composés non aminés par passage sur des résines Amberlite IR 120 (H+). L'activité spécifique (DPM/mg de C) des composés non aminés diminue d'une manière importante durant toute l'expérience ; celle des composés aminés augmente jusqu'au deuxième jour, puis elle reste constante jusqu'à la fin de l'expérience. L'activité spécifique des composés aminés reste la plus élevée de toutes les fractions. De même, l'abondance isotopique de  $^{15}\text{N}$  en excès des composés aminés est beaucoup plus élevée que celle de  $\text{NH}_4^+$ , des composés aminés et que celle de la fraction non hydrolysable. Dans les composés aminés, elle reste également très stable au-delà du deuxième jour d'incubation.*

*Dans cette expérience, les produits synthétisés à partir du glucose et l'ammonium marqués sont tous d'origine microbienne. Le marquage le plus fort (autant pour le carbone que pour l'azote) se trouve dans les composés aminés et ceux-ci apparaissent aussi nettement plus stables que les autres composés. Ces résultats concernent le devenir des métabolites microbiens aux stades initiaux de l'humification.*

## INTRODUCTION.

Les acides aminés essentiellement sous forme protéique représentent 20 à 40 % et les hexosamines 5 à 10 % de l'azote organique total du sol (BREMNER, 1965). Une quantité variable, mais généralement faible, de l'ordre de 1 à 8 % se trouve sous forme de purine et pyrimidine (CORTEZ et SCHNITZER, 1979). Cependant, près de la moitié de l'azote organique du sol n'est pas identifiée. Il s'agit vraisemblablement de liaisons lignine-ammonium, d'hydrates de carbone aminés ou de composés plus condensés. Sous forme libre, les acides aminés sont en faible quantité; ils sont en effet surtout engagés dans les protéines et en particulier dans la biomasse microbienne, dans les composés extracellulaires, produits par les micro-organismes, ceux issus de la lyse des cellules ou dans le matériel végétal frais. Les protéases du sol sont très diversifiées, elles ont une spécificité relativement faible et sont stables dans des intervalles de pH et de température relativement larges. Les composés aminés du sol sont cependant considérés comme relativement stables; en effet, leur liaison, essentiellement par adsorption, avec les colloïdes du sol les rendent peu accessibles aux enzymes. C'est ainsi que SORENSEN (1967) a montré que l'adjonction de montmorillonite à un sol sableux dans une proportion de 3 % augmentait la stabilité des acides aminés d'origine microbienne.

Différents auteurs ont étudié la distribution dans les fractions organiques et la biodégradation des composés aminés. SORENSEN et PAUL (1971) constatent que parmi les composés d'origine microbienne, les acides aminés sont plus stables que les hydrates de carbone. Mc GILL *et al.* (1975) considèrent que les fractions granulométriques très fines ( $< 0,04 \mu\text{m}$ ), obtenues après traitement aux ultrasons, contiennent une grande proportion d'acides aminés extracellulaires ainsi que des composés cytoplasmiques libérés par la sonification et fixés par adsorption. Dans les fractions fines, le C/N est en effet très bas (CHICHESTER, 1969). Les parois cellulaires, par contre, sont réparties dans des fractions plus grossières. WAGNER et MUTATKAR (1968) ont montré que les acides aminés du cytoplasme disparaissent plus rapidement que ceux des parois. CHU et KNOWLES (1969), en introduisant dans un sol des bactéries marquées au  $^{15}\text{N}$ , constatent une redistribution de l'azote dans la fraction minérale et dans le matériel humifié.

Dans ce travail, un sol est incubé à température et humidité constantes avec du glucose marqué au  $^{14}\text{C}$  et du sulfate d'ammonium marqué au  $^{15}\text{N}$ ; ces composés sont rapidement métabolisés, ils entrent dans la biomasse microbienne ou dans des produits de synthèse extracellulaires. A la mort des micro-organismes, des métabolites sont partiellement minéralisés, repris par les populations suivantes ou demeurent sous une forme plus ou moins inchangée et stable parce qu'ils sont difficilement biodégradables ou protégés de l'action enzymatique par des liaisons avec les composés organo-minéraux du sol. Le but de ce travail est d'étudier, au moyen des traceurs  $^{14}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ , la synthèse, la stabilité et la transformation de composés d'origine microbienne susceptibles de fournir par hydrolyse des acides aminés.

## MATERIEL ET METHODES.

Le matériel est un mull eutrophe de l'horizon A, d'un sol fersiallitique lessivé sous forêt mixte de chêne vert et de chêne pubescent de la région de Montpellier (horizon sablo-limoneux; C = 7 %; N = 0,4 %; C/N = 17,5 %; pH = 5,8; S/T = 0,8).

## INCUBATION.

2.750 g de sol tamisé à 2 mm sont ramenés à 75 % de la capacité de rétention avec  $\text{H}_2\text{O}$  + 25 g de glucose marqué uniformément avec  $^{14}\text{C}$  (100  $\mu\text{Ci/g}$  de C) et  $(^{15}\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  (38,8 % de  $^{15}\text{N}$  en excès). Le C du glucose introduit est de 5,2 % du C

total du sol et le C/N de l'apport est de 40. Le sol est incubé à 25 °C durant 72 jours à l'obscurité. Un flux d'air humide est maintenu au-dessus du sol. Sur 500 g de sol traité de la même manière, on mesure le dégagement de CO<sub>2</sub> et <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. Le flux d'air humide, maintenu au-dessus du sol, est sans CO<sub>2</sub> à l'entrée, puis barbote à la sortie dans 70 ml de Na OH 0,15 N. La soude est périodiquement renouvelée et l'humidité du sol est contrôlée par pesée toutes les semaines. Des échantillons correspondants à 250 g de sol sec sont prélevés périodiquement suivant un rythme indiqué dans les figures I et II.

## HYDROLYSE.

A chaque prélèvement, l'équivalent de 25 g de sol sec est hydrolysé en présence de 150 ml de HCl 6N durant 16 heures sous reflux. Le culot séparé de l'hydrolysate par centrifugation est hydrolysé une seconde fois dans les mêmes conditions. Le culot est lavé avec 20 ml de HCl N puis séché à 50 °C. Les hydrolysats et eaux de lavage sont rassemblés et desséchés à 50 °C sous vide ; trois fois de suite, ils sont réhumidifiés avec 50 ml de H<sub>2</sub>O, puis séchés à nouveau afin d'évaporer l'essentiel de HCl ; ils sont enfin ramenés à 200 ml avec H<sub>2</sub>O avant d'être centrifugés pour éliminer les composés précipités.

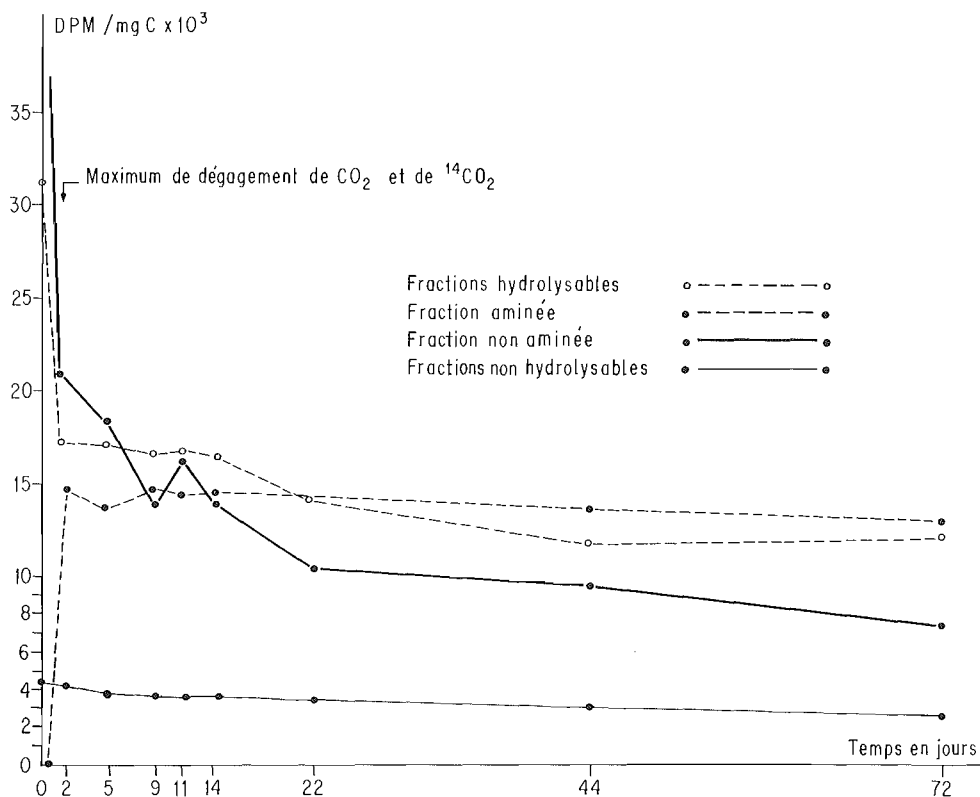


FIGURE I. — *Activité spécifique du carbone (DPM/mg de C) dans les différentes fractions*

*Specific activity of carbon (DPM/mg of C) in different fractions*

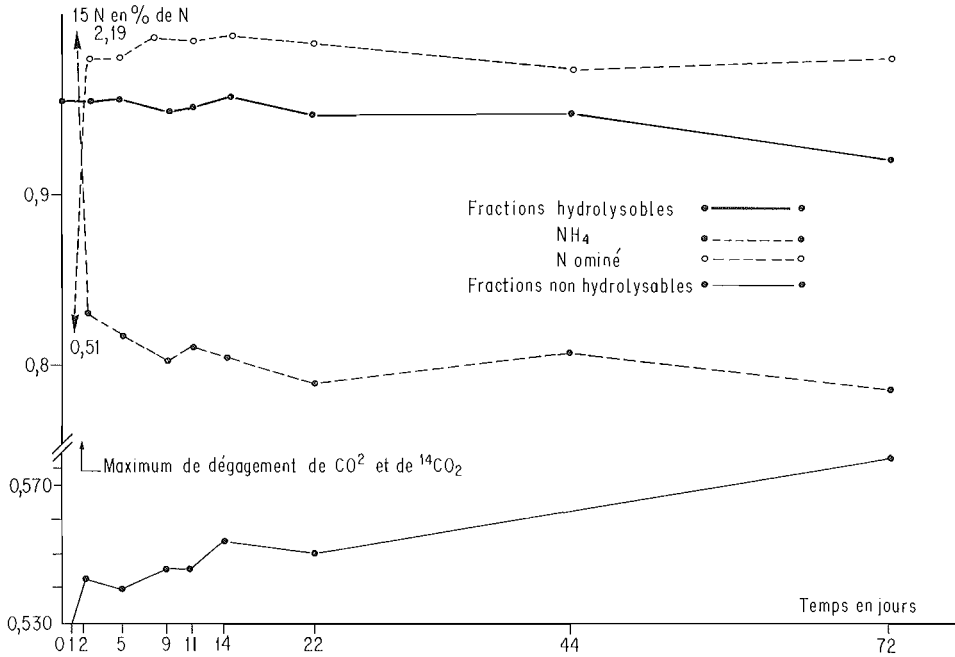


FIGURE II. — Abondance isotopique de  $^{15}\text{N}$  en excès ( $^{15}\text{N}$  en excès en % de N) dans les différentes fractions

*Excess  $^{15}\text{N}/\text{N}$  ratio ( $^{15}\text{N}$  in excess % N) in different fractions*

#### SEPARATION DE $\text{NH}_4$ , COMPOSES AMINES ET COMPOSES NON AMINES.

$\text{NH}_4^+$  est dosé sur 40 ml d'hydrolysats par adjonction de NaOH très légèrement en excès pour atteindre un pH basique, puis on effectue une distillation en présence de MgO et piégeage dans 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N.

110 ml de l'hydrolysats sont percolés lentement sur des colonnes (30 cm de haut et 2 cm de diamètre) de résine AMBERLITE IR 120 (H+). La fraction non fixée est recueillie avec 500 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ , après passage de ce volume la solution est incolore. La fraction retenue est éluée avec 500 ml de NaOH 2N. La fin de l'élué a été contrôlée par chromatographie sur plaques de gel de silice avec révélation à la ninhydrine. Après élution,  $\text{NH}_4^+$  est éliminé de la solution par barbotage dans un courant d'air avec contrôle de la fin de dégagement à l'acide borique et au rouge de méthyle à la sortie du barboteur.

Dans la technique de séparation proposée par BREMNER (1965), les composés aminés sont élués par  $\text{NH}_3$ . Celle-ci a été remplacée par NaOH 2N, afin d'éviter une éventuelle modification du rapport isotopique de l'azote de l'éluat.

#### DETERMINATION DE C TOTAL, $^{14}\text{C}$ , N TOTAL ET $^{15}\text{N}$ .

C et  $^{14}\text{C}$  sont déterminés à l'appareil carmograph 12A modifié (BOTTNER et WAREMBOURG, 1976), par voie sèche pour le sol et la fraction non hydrolysable et par voie humide pour les solutions sur le même appareil. Cl est éliminé par piégeage dans IK;  $^{14}\text{C}$  est compté par scintillation liquide.

Dans le sol et la fraction non hydrolysable, N est minéralisé par la méthode Kjeldahl ; pour les composés aminés élués dans NaOH 2N, les solutions sont lentement (afin de limiter l'augmentation de température) acidifiées par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué à 50 % avec H<sub>2</sub>O, puis par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2N ; elles sont ensuite concentrées à 70 °C, puis également minéralisées selon la méthode KJELDAHL. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> formé est distillé à l'appareil BREMNER en présence de NaOH 50 % P/V, fixé dans 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N titré par NaOH, 0,05 N, ramené à pH 3, évaporé à sec à 60 °C en vue de la détermination de l'abondance isotopique en <sup>15</sup>N.

Le rapport isotopique de N a été déterminé au spectromètre de masse, TSN 215 MI CAMECA, au Centre d'analyses isotopiques de l'Université Claude-Bernard, à Lyon, France.

## RESULTATS.

Le tableau 1 (colonne a) montre que 43 % du C marqué initial subsistent encore dans le sol à la fin de la période d'incubation. Les courbes respirométriques (non représentées dans les figures) sont classiques : on constate une augmentation rapide du dégagement de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> durant le premier jour, un maximum entre le premier et le deuxième jour, une chute également rapide de l'activité jusqu'au septième jour et enfin un dégagement faible, et décroissant jusqu'à la fin de l'incubation. Des expériences antérieures ont montré qu'au bout de 48 heures il subsistait dans le milieu moins de 10 % de glucose marqué initialement et qu'au-delà du troisième jour, le <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> provient presque exclusivement des composés synthétisés préalablement par les micro-organismes. Pendant toute la période d'expérimentation, la teneur en <sup>15</sup>N total reste assez constante dans le sol, les pertes par volatilisation ou dénitrification de l'azote marqué sont donc faibles.

## DISTRIBUTION DES TRACEURS DANS LES FRACTIONS HYDROLYSABLES ET NON HYDROLYSABLES.

La répartition du carbone total du sol (tableau 1, colonnes b et e) entre la fraction hydrolysable et non hydrolysable est respectivement de 30 à 31 % et 69 à 70 %. Celle du <sup>14</sup>C est très différente ; elle est stable dès le deuxième jour et se situe respectivement autour de 66 % et 35 % du <sup>14</sup>C qui subsiste à chaque moment dans le sol (tableau 1, colonnes c et f). Si l'on considère que l'ensemble du glucose est utilisé au bout du cinquième jour, le <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> qui se dégage du sol au-delà de ce temps provient alors exclusivement des composés de synthèse microbienne. 33 % de ce matériel seraient alors minéralisés au sixième-douzième jour. La distribution du <sup>14</sup>C entre les fractions hydrolysables et non hydrolysables varie peu durant cette période. La stabilité des composés de synthèse dans ces deux fractions vis-à-vis de la minéralisation est donc identique et la distribution relative du <sup>14</sup>C reste donc stable jusqu'à la fin de l'expérience.

Le tableau 1 (colonnes d et g) et la figure 1 présentent l'activité spécifique du C, en DPM/mg de C total. Elle est élevée dans l'hydrolysate au départ de l'expérience, puis elle diminue d'abord rapidement avec la disparition du glucose (jours 0 à 2), puis moins rapidement avec la disparition des composés de synthèse microbienne facilement biodégradables (jours 3 à 22) ; au-delà de ce stade, la baisse d'activité devient beaucoup plus lente encore.

Par contre, la fraction non hydrolysable est toujours faiblement marquée, elle contient la majorité du C natif du sol et relativement peu de radiocarbone.

La plus grande partie de l'azote total du sol se trouve dans la fraction hydrolysable : 88 % contre 12 % dans la non hydrolysable (tableau 2, lignes a et c). <sup>15</sup>N introduit est probablement rapidement organisé dès le deuxième jour d'incubation (figure II) ; la distribution de l'azote marqué est aussi très inégale, puisque 92 %

TABLEAU 1. — *Distribution du carbone total et du C marqué entre les fractions hydrolysables et non hydrolysables*

*Total C and labelled C distribution in hydrolysable and unhydrolysable fractions*

| Temps<br>d'incubation<br>en jours | DPM total du<br>sol en % de<br>DPM initial | FRACTIONS HYDROLYSABLES                     |                             |   | FRACTIONS NON HYDROLYSABLES                 |                             |   |
|-----------------------------------|--|---|-----------------------------|---|---|-----------------------------|---|
|                                   |  | C total en %<br>du C total<br>du sol<br>(2) | carbone marqué en DPM       |   | C total en %<br>du C total<br>du sol<br>(2) | carbone marqué en DPM       |   |
|                                   |  |   | en % de DPM<br>total du sol | activité spé-<br>cifique X 10 <sup>3</sup><br>(3) |   | en % de DPM<br>total du sol | activité spé-<br>cifique X 10 <sup>3</sup><br>(3) |
| 0                                 | 100  | 32  | 76,5                        | 31,3  | 68  | 23,5                        | 4,5   |
| 2                                 | 61   | 31  | 66                          | 17,2  | 69  | 34                          | 4,1   |
| 5                                 | 60   | 30  | 66                          | 17,1  | 70  | 34                          | 3,9   |
| 9                                 | 58,5                                       | 30  | 65                          | 16,6  | 70  | 35                          | 3,8   |
| 11                                | 56   | 30  | 66                          | 16,8  | 70  | 34                          | 3,7   |
| 14                                | 58   | 30  | 66                          | 16,4  | 70  | 34                          | 3,7   |
| 22                                | 51   | 31  | 66                          | 14,3  | 69  | 34                          | 3,4   |
| 44                                | 41   | 30  | 63                          | 11,6  | 70  | 37                          | 3,0   |
| 72                                | 38   | 31  | 68                          | 11,9  | 69  | 32                          | 2,5   |
|                                   | a  | b   | c                           | d   | e   | f                           | g   |

(1) DPM : désintégrations par minute.

(2) C total = C marqué + C natif du sol.

(3) Activité spécifique = DPM/mg de C total.

à 94 % sont concentrés dans l'hydrolysate et 5 à 8 % dans la fraction non hydrolysable (tableau 2, lignes b et d). Comme pour le  $^{14}\text{C}$ , cette répartition reste relativement stable ; durant la période d'expérience on note cependant une faible, mais constante augmentation de la proportion de N marqué dans la fraction insoluble (de 5,3 à 7,9 %). Ce transfert de  $^{15}\text{N}$  est également illustré par l'abondance isotopique en excès présentée à la figure II ; elle augmente en permanence pour la fraction non hydrolysable et diminue légèrement pour l'hydrolysate.

Dans les deux fractions, la distribution de  $^{14}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$  est donc très différente de celle de C et N ; en outre, la répartition des traceurs semble relativement stable, puisque le transfert de  $^{15}\text{N}$  vers la fraction non extractible est faible.

### DISTRIBUTION DES TRACEURS DANS $\text{NH}_4^+$ , COMPOSES AMINES ET NON AMINES DE L'HYDROLYSAT.

La fraction aminée est définie comme étant retenue sur la colonne de résine Amberlite IR 120 (H) ; la non aminée n'est pas retenue. Celle-ci contient de l'ordre de 10 % du C organique total du sol. La diminution rapide de son activité spécifique initiale (DPM/mg de C) est due à la minéralisation du glucose (figure I). Au-delà du deuxième jour, cette fraction perd encore une proportion importante de son  $^{14}\text{C}$ , ces composés apparaissent donc relativement instables, puisque leur équilibre n'est pas atteint à la fin de l'expérience.

La fraction aminée a un comportement très différent. Elle contient de l'ordre de 12 à 15 % du C organique total du sol. Jusqu'au deuxième jour et en même temps que la disparition de la majorité du glucose, 20 % du  $^{14}\text{C}$  est incorporé dans cette fraction par synthèse microbienne. A la différence de la fraction non aminée (figure I), les composés aminés gardent au-delà de ce délai une stabilité remarquable, leur activité spécifique ne diminue que très faiblement et leur valeur absolue semble également constante. En fin d'expérience, l'activité spécifique des composés aminés reste nettement plus élevée que celle des composés non aminés.

Dès le deuxième jour, la majorité de  $\text{NH}_4^+$  ajouté au sol a probablement été organisée, comme le montre la chute initiale rapide de l'abondance isotopique de  $\text{NH}_4^+$  (figure II). Mais l'hydrolyse libère 24 % de N total du sol sous forme de  $\text{NH}_4^+$  ; celui-ci provient partiellement de composés nouvellement synthétisés à partir de  $^{15}\text{N}$ , mais aussi de composés organiques préexistants, le rapport isotopique est en effet au-delà du deuxième jour relativement faible et stable.

En définitive, la part la plus importante du  $^{15}\text{N}$  synthétisé à partir de  $^{15}\text{NH}_4^+$  initial se trouve dès le deuxième jour dans la fraction aminée. Celle-ci a en effet l'abondance isotopique la plus élevée et nettement supérieure à celle de  $\text{NH}_4^+$  ou de la fraction non hydrolysable (figure II). Comme pour le C, l'abondance isotopique de N apparaît dans cette fraction extrêmement stable, sa diminution est très faible au-delà du dixième jour. L'abondance isotopique n'a pas été mesurée dans la fraction non aminée pour tous les prélèvements, celle-ci contenait en effet très peu de N ; les valeurs obtenues sur quelques échantillons en fin d'expérience se situent autour de 0,81 à 0,83 (abondance isotopique en excès), c'est-à-dire sensiblement identique à celles de  $\text{NH}_4^+$ .

### DISCUSSION.

Le transfert de C et N d'origine végétale vers l'humus du sol s'effectue essentiellement selon deux voies. Une partie du matériel végétal est utilisée par les micro-organismes, ces éléments entrent dans la biomasse microbienne ou dans des composés extra-cellulaires synthétisés. A la mort des micro-organismes, une fraction de leurs constituants minéralise rapidement, une autre difficilement biodégradable ou protégée subsiste dans le sol. Une partie du matériel végétal ne passe pas par la biomasse ;

TABLEAU 2. — *Distribution de N et  $^{15}\text{N}$  entre les fractions hydrolysables et non hydrolysables*

*N and  $^{15}\text{N}$  distribution in hydrolysable and unhydrolysable fractions*

| Temps d'incubation en jours |   |   | 0    | 2   | 5   | 9   | 11  | 14  | 22  | 44  | 72  |
|-----------------------------|---|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FRACTION                    | N en % de<br>N total  | a | 88 % |     |     |     |     |     |     |     |     |
| HYDROLYSABLE                | $^{15}\text{N}$ en excès % de<br>$^{15}\text{N}$ en excès total | b | 99   | 95  | 96  | 96  | 96  | 96  | 96  | 96  | 95  |
| FRACTION                    | N en % de<br>N total  | c | 12 % |     |     |     |     |     |     |     |     |
| NON<br>HYDROLYSABLE         | $^{15}\text{N}$ en excès % de<br>$^{15}\text{N}$ en excès total | d | 1    | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 5,2 |



parce qu'incomplètement biodégradée, elle entre dans des structures relativement stables. C'est le cas par exemple de la polymérisation de polyphénols provenant de la lignine. Le modèle expérimental utilisé dans ce travail permet de suivre exclusivement la première voie.

Le substrat marqué qui a été ajouté au sol était en faible quantité, le glucose était très facilement biodégradable et le C/N de 40 de l'amendement favorisait une réorganisation rapide. On constate que le carbone du matériel nouvellement synthétisé est distribué d'une manière très différente de celui qui préexiste dans le sol. La fraction hydrolysable est nettement plus enrichie en  $^{14}\text{C}$  que la fraction non hydrolysable et cette distribution reste stable durant les dix semaines d'incubation. Le carbone des composés d'origine microbienne est donc distribué très différemment du carbone total du sol.

Dans cette expérience, quand le glucose est épuisé, la minéralisation partielle des cadavres microbiens ou des composés extracellulaires ne modifie pas la répartition relative de  $^{14}\text{C}$  entre les deux fractions de l'hydrolyse ; c'est-à-dire que le taux de minéralisation du C des composés récemment synthétisés est identique dans les deux fractions. L'hydrolyse forte utilisée ici avec HCl 6N ne permet donc pas de séparer les composés de synthèse facilement biodégradables des composés plus résistants. Des extractions plus douces répondent davantage à cet objectif (BOTTNER, 1981).

La distribution de l'azote est très différente de celle du carbone ; en effet, la quasi-totalité de  $^{15}\text{N}$  métabolisé est hydrolysable et  $^{15}\text{N}$  et N total ont une répartition assez semblable : 92 à 94 % du  $^{15}\text{N}$  et 88 % de N sont dans l'hydrolysate. En outre, le passage lent de  $^{15}\text{N}$  de cette fraction vers le non extractible tend encore à uniformiser la répartition de  $^{15}\text{N}$  et N.

L'abondance isotopique de l'azote et l'activité spécifique du carbone sont les plus élevées dans les composés aminés : c'est dans ceux-ci que l'enrichissement à partir du glucose et de  $\text{NH}_4^+$  marqués a été le plus important. Par ailleurs, la fraction aminée considérée globalement est d'une très grande stabilité, autant pour le carbone que pour l'azote. Ceci indique que l'essentiel de ces composés est ou bien conservé dans le sol sous forme inchangée dans la biomasse, ou bien protégé par adsorption après la mort des micro-organismes, ou bien encore que les composés aminés sont remaniés et leur matériel est repris pour de nouvelles synthèses aminées. SORENSEN et PAUL (1971) estiment la demi-vie des acides aminés du sol à 1.600 jours. Ces données sont aussi à rapprocher de celles obtenues par Mc GILL *et al.* (1972), qui constatent également une relative stabilité de C et N au niveau de la biomasse microbienne.

Les composés non aminés sont moins stables puisque leur activité spécifique décroît en permanence. On peut considérer que les hydrates de carbone constituent une part importante de cette fraction.

Enfin l'hydrolyse libère une quantité importante de  $\text{NH}_4^+$ . Cet azote provient probablement de composés stables préexistants, puisque l'enrichissement en  $^{15}\text{N}$  de  $\text{NH}_4^+$  est du même ordre de grandeur que celui de la fraction non aminée.

Cette expérience a été réalisée à température et humidité constantes. Mais les alternances de dessiccation et d'humectation (BIRCH, 1958) ou de température en accélérant la minéralisation modifient également la distribution de C et N dans les différents compartiments du sol. L'ensemble de ces phénomènes contribue à la maturation de la matière organique du sol. Ce processus est lent et ces résultats ne correspondent qu'aux étapes initiales.

## SUMMARY

STABILITY OF  $^{14}\text{C}$  AND  $^{15}\text{N}$  LABELLED MICROBIAL AMINO-COMPONENTS IN SOILS

The  $A_1$  horizon of a fersiallitic leached soil is incubated for 72 days at constant humidity (75 % of field capacity) and temperature (28°C), with uniformly labelled  $^{14}\text{C}$ -glucose (glucose - C = 5% of total soil organic C) and  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (C/N ratio of amendment = 40).

After 2 days of incubation, 65% of  $^{14}\text{C}$  remain in the soil, 57% after 11 days and 43% after 72 days. At days 2, 5, 9, 11, 14, 22, 44 and 72, samples are taken out and hydrolysed with HCl 6N, by heating under reflux for  $2 \times 16$  hours. The distribution of  $^{14}\text{C}$  in hydrolysable and unhydrolysable fractions is very different from the one of total carbon. The hydrolysate contains 30% of the total C and 66% of the  $^{14}\text{C}$ . Distributions of  $^{15}\text{N}$  and N are more similar: 88% of total N and 92 to 94% of  $^{15}\text{N}$  are hydrolysed. This partition for C and N appears from day 2 and is almost constant until the end of the experiment.

In hydrolysed fraction,  $\text{NH}_4^+$  is analysed and the amino-components are separated from non amino-compounds by filtration on Amberlite IR 120 ( $\text{H}^+$ ) resins. The specific activity (DPM/mg de C) in non amino-compounds decreases much until the end of the experiment. In amino-compounds it increases until day 2 and their specific activity is the highest of all the fractions. The atom percent  $^{15}\text{N}$  excess of amino-components is much higher than the one of  $\text{NH}_4^+$ , of non-amino-compounds, or the unhydrolysed material. In the amino-compounds this percent remains stable beyond the second day until the end.

In this experiment the metabolites formed from glucose and  $\text{NH}_4^+$  are exclusively of microbial origin. The heaviest labelling appears in amino-components as well for carbon as for nitrogen and they are more stable than the other compounds. These data concern the fate of microbial metabolites at initial humification stages.

## Bibliographie

- BIRCH H.F. (1958). — The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*, 10, 9-31.
- BOTTNER P. (1981). — Biodégradation du matériel végétal en milieu herbacé (à paraître).
- BOTTNER P., WAREMBOURG F. (1976). — Method for simultaneous measurement of total and radioactive carbon in soils, soil extracts and plant materials. *Plant and Soil*, 45, 273-277.
- BREMNER J.M. (1965). — Organic forms of nitrogen. *Methods of soil analysis part 2*, American Soc. Agronomy, Madison Wisconsin (U.S.A.), 1238-1255.
- CHICHESTER F.W. (1969). — Nitrogen in soil organo-mineral sedimentation fractions. *Soil Science*, 107, 356-363.
- CHU J.P.H., KNOWLES R. (1966). — Mineralization and immobilization of nitrogen in bacterial cells and in certain soil organic fractions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30, 210-213.
- CORTEZ J., SCHNITZER M. (1979). — Nucleic acid bases in soils and their association with organic and inorganic soil components. *Can. J. Soil Sci.*, 59, 277-286.
- Mc GILL W.B., PAUL E.A., SHIELDS J.A., LOWE (1972). — Turnover of microbial populations and their metabolites in soil. *Bull. Ecol. Res. Comm.*, 17, 293-301.
- Mc GILL W.B., SHIELDS J.A., PAUL E.A. (1975). — Relation between carbon and nitrogen turnover in soil organic fractions of microbial origin. *Soil. Biol. Biochem.*, 7, 57-63.
- SORENSEN L.H. (1967). — Duration of amino-acid metabolites formed in soils during decomposition of carbohydrates. *Soil Science*, 104, 234-241.
- SORENSEN L.H., PAUL E.A. (1971). — Transformation of acetate carbon into carbohydrate and amino acid metabolites during decomposition in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 3, 173-180.
- WAGNER G.H., MUTATKAR V.K. (1968). — Amino components of soil organic matter formed during humification of  $^{14}\text{C}$  glucose. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32, 683-686.