

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

Direction des Ressources en Eau et en Sol

CENTRE D'ETUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES
ET ECOLOGIQUES Louis EMBERGER

C. N. R. S. MONTPELLIER

**REALISATION D'UNE STATION EXPERIMENTALE
D'ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA MATIERE
ORGANIQUE EN TUNISIE CENTRALE AU MOYEN
DE MATERIEL VEGETAL MARQUE AU C14 et N15**

P. BOTTNER Pédologue CEPE, CNRS
JP. DELHOUME, Pédologue ORSTOM

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Mission en Tunisie



REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Agriculture
Direction des Ressources
en Eau et en Sols

CENTRE D'ETUDES
PHYTOSOCIOLOGIQUES
ET ECOLOGIQUES
Louis EMBERGER
CNRS Montpellier

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER
Mission en Tunisie

REALISATION D'UNE STATION EXPERIMENTALE
D'ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE EN TUNISIE CENTRALE
AU MOYEN DE MATERIEL VEGETAL MARQUE AU C14 ET N15

P. BOTTNER, CEPE-CNRS Montpellier

J.P. DELHOUME, ORSTOM Tunisie

Décembre 1978

S O M M A I R E

INTRODUCTION

- I. MOTIVATIONS ET OBJECTIFS.
- II. METHODES D'ETUDE.
 - II. 1. Recherches "in situ".
 - II. 2. Recherches en laboratoire.
- III. STATION EXPERIMENTALE.
 - III. 1. Cadre régional.
 - III. 2. Réalisation de la Station.
 - III. 21. Principe.
 - III. 22. Profil-type.
 - III. 23. Matériel végétal marqué utilisé.
 - III. 24. Confection des cylindres.
 - III. 25. Station-témoin.
 - III. 26. Equipement de la station
- IV. CHRONOLOGIE DES PRELEVEMENTS.
- V. STATION ANNEXE.
- VI. CONCLUSION.
BIBLIOGRAPHIE.

Un programme de recherche (1) a été établi en collaboration entre le département d'Ecologie du sol du CEPE-CNRS de Montpellier (M. BOTTNER) et la section Pédologie de la Mission ORSTOM en Tunisie (M. DELHOUME). Dans le cadre de ce programme, il est prévu d'étudier, en Tunisie centrale, la décomposition et l'évolution de la matière organique en fonction du temps, au moyen de matériel végétal uniformément marqué au carbone 14 et à l'azote 15.

Les modalités expérimentales ont été définies et mises au point lors de deux missions effectuées par J.P. DELHOUME au CEPE, en août 1977 et août 1978.

L'implantation en Tunisie centrale de la station d'étude a été réalisée durant le mois d'octobre 1978 par J.P. DELHOUME, tandis que le marquage du matériel végétal au carbone 14 et à l'azote 15 a été effectué à Montpellier par P. BOTTNER au cours du printemps 1978.

(1) Programme de recherche en collaboration entre le département d'Ecologie du sol du CEPE-CNRS de Montpellier et la section Pédologie de la mission ORSTOM en Tunisie - 1977 -

I - MOTIVATIONS ET OBJECTIFS.

Des études sur la décomposition de la matière organique à partir de matériel végétal marqué au carbone 14, réalisées en Angleterre (JENKINSON), en Allemagne (SAUERBECK), en Autriche (OBERLANDER) et au Canada (PAUL), ont permis de mettre en évidence des vitesses de minéralisation et des taux d'humification qui sont fonction des conditions climatiques et des types de sols.

Par ailleurs SCHARPENSEEL a montré que l'âge moyen de la matière organique dans les sols isohumiques augmente considérablement en fonction de la profondeur, ce qui laisse supposer un renouvellement ("turn-over") plus lent dans les horizons profonds que dans les horizons de surface.

Sous conditions climatiques méditerranéennes, de telles données sont pratiquement inexistantes. D'où l'intérêt d'une étude de l'évolution de la matière organique en milieu méditerranéen. C'est pourquoi un programme de recherches a été entrepris sur ces problèmes, dont le but est double:

I. 1. - Etudier la minéralisation et l'humification de la matière organique en climat méditerranéen semi-aride, dans les horizons de surface et de moyenne profondeur d'un sol brun isohumique, à l'aide de matériel végétal uniformément marqué au carbone 14 et à l'azote 15.

I. 2. - Etudier le transfert des éléments marqués (C14 et N15) à travers les compartiments mesurables de la décomposition: matériel végétal peu décomposé, humus, biomasse microbienne vivante, composés stabilisés et composés minéralisés ($^{15}\text{NH}_4$, $^{15}\text{NO}_3$, $^{14}\text{CO}_2$, $^{14}\text{CO}_3$...).

II. - METHODES D'ETUDE

Ce programme de travail sur l'évolution de la matière organique est réalisé selon deux méthodes d'étude:

- recherches "in situ".
- recherches en Laboratoire.

.../...

II.1. - Recherches "in situ"

Cette méthode est réalisée dans une station expérimentale implantée en Tunisie centrale. Une graminée marquée d'une manière homogène au carbone 14 et à l'azote 15, est incorporée à un sol brun isohumique à deux niveaux de profondeur. L'ensemble est soumis aux conditions climatiques naturelles, des prélèvements étant effectués au cours du temps, en liaison avec les saisons. Sur chacun des prélèvements, les différentes formes de composés organiques sont ensuite déterminées analytiquement.

Cette première partie du programme vient de débiter par l'installation de la station expérimentale sur le terrain, et fait l'objet de ce rapport.

II.2. - Recherches en laboratoire

Cette méthode constitue la deuxième partie du programme entrepris et consistera en une simulation, en laboratoire, des facteurs jugés importants dans les mécanismes de la décomposition et de l'évolution de la matière organique:

- importance du carbonate de calcium dans le blocage précoce de la minéralisation et de certaines étapes de l'humification.
- effets de l'alternance humectation-dessiccations, décomposition des cadavres microbiens après la dessiccation, décomposition des cadavres microbiens après la dessiccation estivale, explication de la pointe de minéralisation ("flush") qui suit la période sèche...

Ce programme en laboratoire est la prolongation de la méthode "in situ" et ne débutera qu'au vu des premiers résultats de cette dernière, ce qui permettra d'orienter ces recherches de laboratoire, et viendra compléter l'ensemble de ce programme de travail sur l'évolution de la matière organique en milieu méditerranéen.

.../...

III. - STATION EXPERIMENTALE

III.1. - Cadre régional

La station expérimentale est installée en Tunisie centrale (fig.1) dans le piedmont sud-est du Djebel Semmama, au nord-est de Kasserine, à environ 670 m d'altitude, sur un versant de raccordement entre un glacis et une plaine.

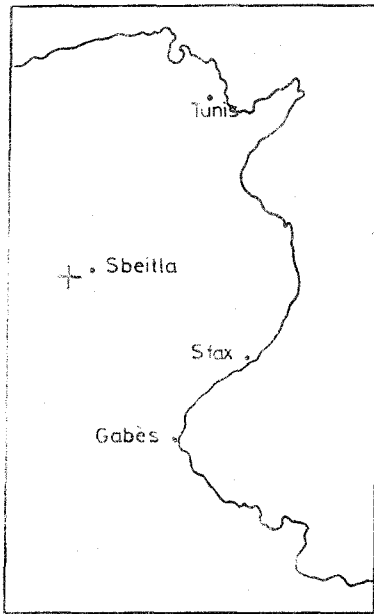
La région est constituée par un ensemble de reliefs montagneux dominant un système de glacis étagés et de plaines alluviales.

Le façonnement des glacis s'est effectué au cours des différentes périodes pluviales du Quaternaire, par épandages d'épaisses formations alluviales sur un matériau géologique d'origine continentale d'âge miocène. Ces formations ont subi plusieurs phases de carbonatation qui ont donné naissance à diverses formes d'accumulations calcaires (croûtes, encroûtements, nodules, amas...). Les formations encroûtées les plus dures ont permis la conservation des surfaces de glacis et favorisé leur étagement durant le Quaternaire.

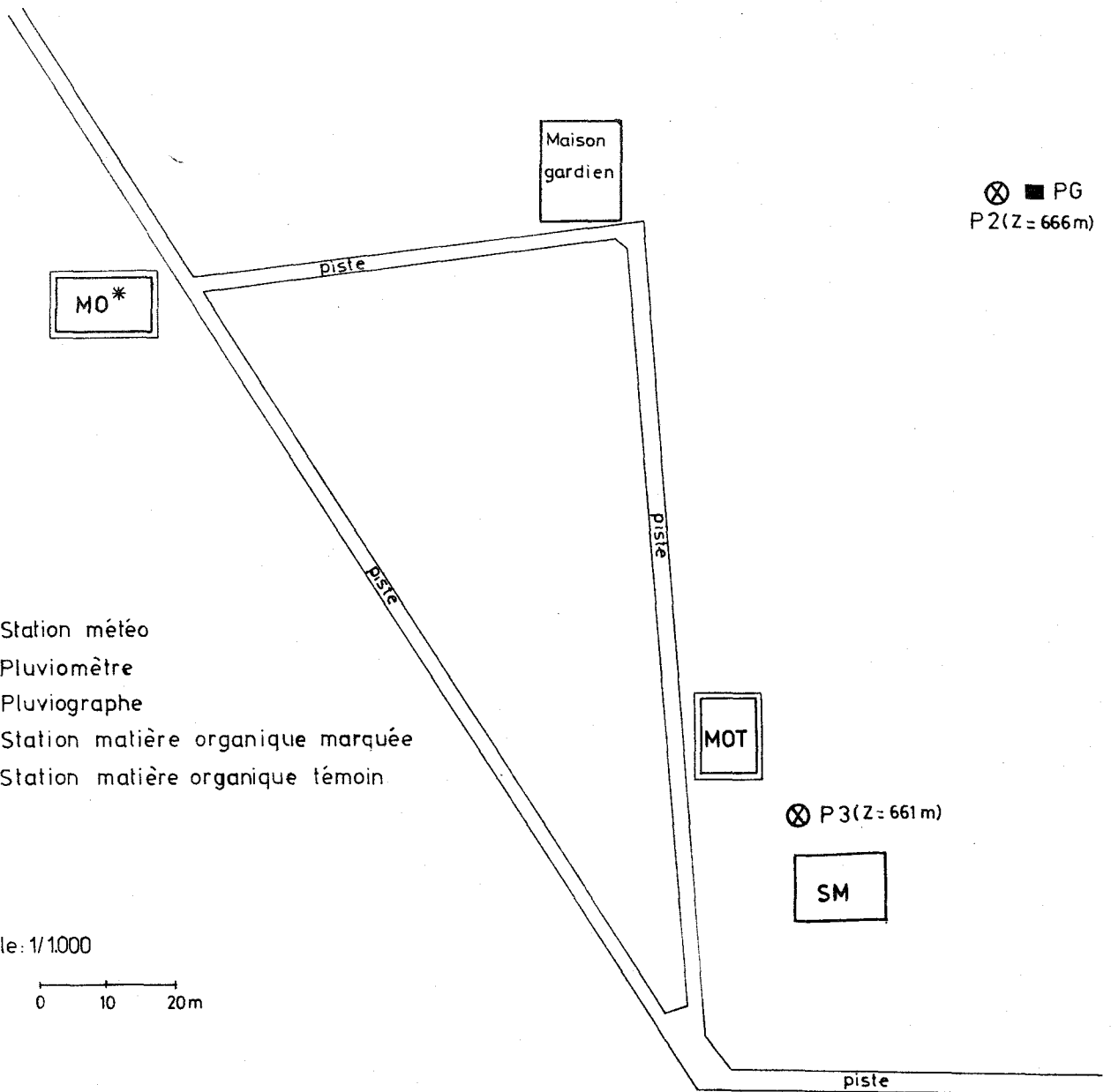
Les glacis et leurs versants sont occupés par des sols calci-magnésiques à accumulations calcaires variées et les plaines par des sols bruns isohumiques et des sols alluviaux peu évolués.

Le climat est contrasté, avec des étés chauds et secs et des hivers frais, les pluies se répartissant essentiellement en automne et au printemps. Les données ci-dessous donnent un aperçu général du climat de cette zone:

- pluviométrie moyenne annuelle : 300 à 400 mm
- température moyenne annuelle : $16^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- température moyenne des minima de janvier : $2^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- température moyenne des maxima de juillet : $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.



⊗ P1 (Z = 678 m.)



SM = Station météo
 P1.P2.P3= Pluviomètre
 PG = Pluviographe
 MO* = Station matière organique marquée
 MOT = Station matière organique témoin.

Echelle: 1/1000

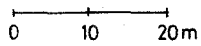


Fig.1 Schéma du dispositif

Sur le plan bioclimatique, la région appartient à l'étage méditerranéen semi-aride inférieur. La végétation naturelle actuelle constituée de steppes d'alfa (Stipa tenacissima) et d'armoises (Artemisia herba alba - Artemisia campestris) est fortement dégradée par l'action humaine : défrichement puis mise en cultures; surpâturage.

III.2. - Réalisation de la station.

III.2.1. - Principe

Le sol utilisé pour l'expérience est reconstitué par couches successives conformément au profil-type, dans des cylindres mis en place au champ, dans lesquels on incorpore le matériel végétal marqué en surface et à moyenne profondeur.

III.2.2. - Profil-type.

Le matériau utilisé provient d'un sol brun isohumique jeune, qui occupe la zone où est implantée la station.

0 à 5 cm = sec - 7,5 YR 4/4/ sec-brun - sans tâches - à matière organique non directement décelable - effervescence généralisée, éléments grossiers 1%; graviers de calcaire et de quartz, non altérés - texture sableuse, structure particulière, généralisée - poreux, porosité intergranulaire - très fragile - racines fines - activité biologique faible, horizon labouré - transition nette et régulière.

5 à 40 cm = sec - 7,5 YR 5/4 sec - gris brun jaunâtre - sans tâches - à matière organique non directement décelable - effervescence généralisée, éléments carbonatés lithiques et diffus dans la moitié inférieure de l'horizon - éléments grossiers 3%, graviers de calcaire et de quartz, non altérés - texture sableuse - structure massive à éclats émoussés, généralisée - poreux, porosité intergranulaire - fragile - quelques racines fines, chevelu - activité biologique très faible - transition nette et régulière.

.../...

40 à 90 cm = sec - 7,5 YR 6/4 sec - gris orange jaunâtre - sans tâches - apparemment non organique - effervescence généralisée - éléments grossiers 15/20%; graviers et cailloux de calcaire et de quartz, non altérés - texture sableuse - structure massive, à éclats émoussés, généralisée - très fragile - quelques racines, fines - activité biologique nulle.

La végétation naturelle est constituée par une steppe à Armoise et Alfa, ce qui a favorisé une répartition isohumique de la matière organique. Cette couverture végétale tend à disparaître actuellement au profit d'une culture de céréales (blé-orge), pratiquée une année sur deux. Il en résulte un horizon de surface très meuble et friable, non structuré, très sensible à l'érosion hydrique et éolienne.

Le sol se développe dans un matériau sableux d'origine alluviale du Quaternaire récent. On observe une légère décarbonatation en surface avec une accumulation de carbonate sous forme diffuse vers 30-40 cm de profondeur qui donne une légère cimentation à ce niveau.

III.2.3. - Matériel végétal marqué utilisé

Du blé de printemps (variété Florence-Aurore) a été cultivé de mars à juin 1978, période durant laquelle il a été marqué au carbone 14 et à l'azote 15 par photo-synthèse et solutions nutritives. Cette opération a été effectuée au CEPE dans une "chambre de marquage", conçue et réalisée par P. BOTTNER.

L'ensemble du matériel végétal produit (racines, paille et grains) se trouve ainsi uniformément marqué avec une activité spécifique de 70 microcurie par gramme de carbone et 6% d'azote 15 par rapport à l'azote total.

.../...

Le matériel végétal marqué qui a été incorporé au sol est la paille du blé récolté ci-dessus.

III.2.4. - Confection des cylindres (fig. 2 et 3)

Le matériau nécessaire à l'expérimentation (environ 3m³) a été prélevé par couches successives de 10 à 15 cm d'épaisseur, en fonction des limites d'horizons. Ce matériau correspondant au sol-type décrit ci-dessus, a été ensuite reconstitué dans des cylindres en PCV (diamètre 14 cm; hauteur 80 cm) mis en place dans une fosse de 75 cm de profondeur. Pour chaque couche reconstituée, on a apporté le poids de matériau juste nécessaire calculé en fonction de la densité apparente déterminée sur le sol en place. Par tassement, on amène ensuite le matériau à l'épaisseur de la couche reconstituée.

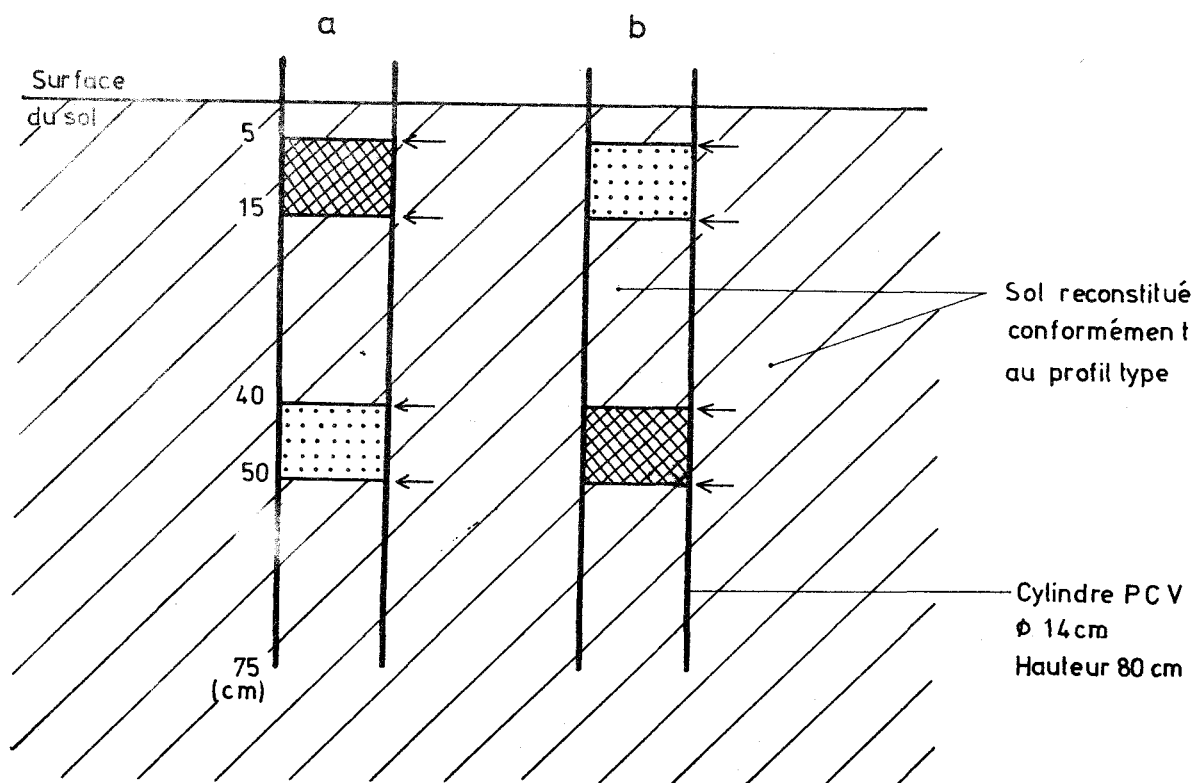
De manière à éviter les discontinuités entre chaque tranche de sol reconstitué, le "lissage" créé par le tassement a été supprimé par grattage de la partie supérieure de chaque couche.

Un repère non décomposable (bande moustiquaire plastique) a été mis en place entre chaque couche, pour matérialiser leurs limites et permettre leur séparation ultérieure en vue des analyses.

La paille de blé marquée, après homogénéisation avec le matériau a été mis en place aux niveaux 5 - 15 cm et 40 - 50 cm, mais dans deux cylindres différents, pour éviter les interférences possibles entre les 2 niveaux : l'un des cylindres contient la paille marquée de 5 à 15 cm et de la paille non marquée de 40 à 50 cm, et inversement pour l'autre cylindre.

Les deux niveaux dans lesquels a été incorporé le matériel végétal marqué représente chacun 2,300 kg de matériau. De 5 à 15 cm, nous avons introduit 2 g de paille marquée et 1g de 40 à 50 cm, homogénéisée avec le matériau (mêmes quantités pour la paille de blé non marquée).

.../...





-  Paille de blé non marquée homogénéisée avec le matériau
-  Paille de blé marquée C14 et N15 homogénéisée avec le matériau
- ← Repère placé à la limite de chaque couche

Fig. 2 Schéma d'ensemble de cylindre avec matière organique marquée

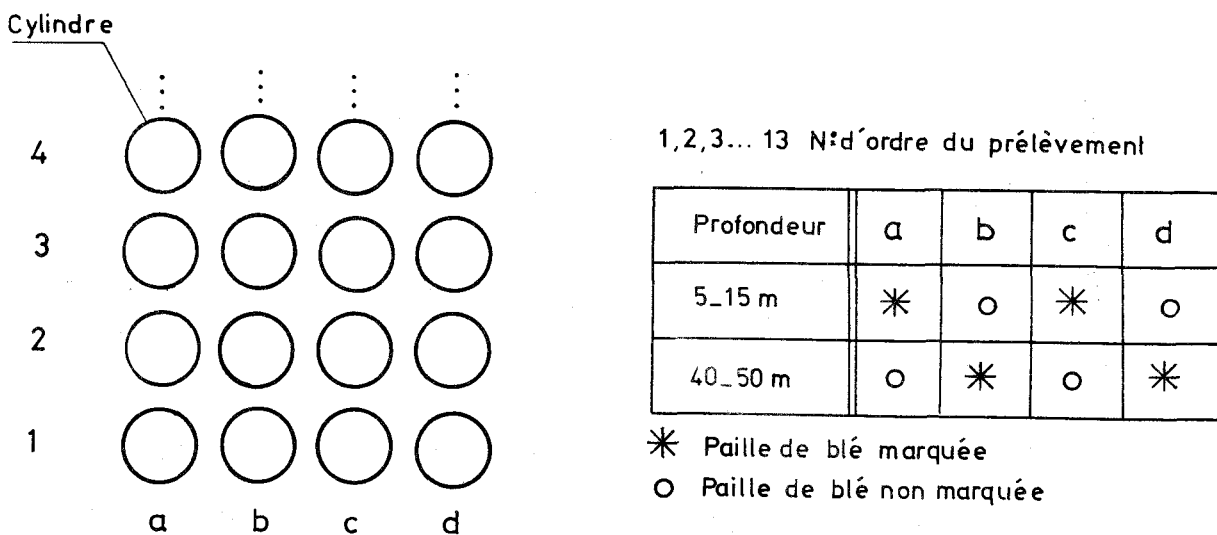


Fig. 3 Schéma de l'ensemble de la station matière organique marquée

Ces quantités ont été calculées de manière à se rapprocher de la quantité de résidus (chaumes et racines) qui revient au sol après la récolte, dans les conditions de culture de la Tunisie centrale.

Treize séries de 4 cylindres (2 répétitions pour chaque série) ont été ainsi installées et constituent la station "matière organique marquée". (MO *).

III.2.5. - Station témoin

A proximité de la station ci-dessus, nous avons installé une "station témoin", (MOT) constituée de treize cylindres semblables à ceux utilisés pour la station matière organique marquée et confectonnés de la même manière, mais ne contenant que de la paille de blé non marquée (2 g et 1 g suivant la profondeur).

Les deux stations, MO * et MOT, sont fonctionnelles depuis le début du mois d'octobre 1978, et sont soumises depuis cette date aux conditions climatiques locales.

III. 2.6. - Equipement de la station

Le dispositif ci-dessus est accompagné de l'équipement suivant :

- trois pluviomètres "Association" (bague réceptrice 400 cm²) située à 1,50 m de la surface du sol/répartis de haut en bas du versant où est installée la station.
- un pluviographe, type SIAP, à augets basculants.
- une station météo équipée pour la mesure des températures (minima, maxima, températures sèche et humide) et de l'évaporation (évaporomètre Piche et bac évaporation "type ORSTOM").
- une station pour la mesure des températures du sol jusqu'à 140 cm de profondeur, ainsi que pour la mesure de la production de CO₂ dans le sol à 4 niveaux (25, 50, 80 et 110 cm) et le pH du sol à ces niveaux.
- un ensemble de 6 tubes enfoncés jusqu'à 3 m de profondeur, le long du versant, pour la mesure de l'humidité du sol à l'aide d'une sonde à neutrons type SOLO.

.../...

Cet équipement a été installé à partir de 1975 et sert en même temps à plusieurs programmes actuellement en cours : étude du ruissellement et de l'érosion à l'aide de parcelles toposéquences et de la dynamique de l'eau le long d'un versant en zone de piedmont de Tunisie centrale; étude sur la dynamique du carbonate de calcium dans le paysage.

IV. - CHRONOLOGIE DES PRELEVEMENTS

De manière à suivre la décomposition et l'évolution de la paille marquée mise en place "in situ", et son transfert dans les divers compartiments mesurables, des prélèvements vont être effectués en fonction du temps. Mais alors qu'ils vont être rapprochés durant la première année, ils vont s'espacer au cours des années suivantes, suivant la chronologie suivante :

installation de la station : début Octobre 1978

1ère année : 4 prélèvements en 1979 : Janvier, début du printemps; Juin et fin de la période sèche d'été.

2ème année : 3 prélèvements : hiver 1979; printemps et fin de l'été 1980.

3ème année : 2 prélèvements : printemps et fin de l'été 1981.

4ème année : 2 prélèvements : printemps et fin de l'été 1982.

5ème année (et 6ème année éventuellement) : fin de l'été.

Chaque prélèvement portera sur 4 cylindres de la station matière organique marquée (2 couples) et 1 cylindre de la station témoin. Ils seront envoyés au CEPE à Montpellier où seront effectuées les analyses.

V. - STATION ANNEXE

Parallèlement aux stations ci-dessus, nous avons installé une station annexe en vue d'étudier spécialement le cycle de l'azote durant une année.

.../...

Cinq tubes identiques, ont été mis en place, en utilisant le même matériau provenant du sol-type. Mais le matériel végétal marqué n'a été homogénéisé avec le sol que de 10 à 20 cm de profondeur dans les proportions suivantes : 2,300 kg de matériau avec 3 g de paille de blé marquée. A proximité, cinq tubes identiques ont été installés, mais ne contenant que de la paille de blé non marquée.

Dans chacun des 10 tubes ci-dessus, nous avons "semé" 4 grains de blé de variété locale à 5 cm de profondeur. L'ensemble est en place depuis la fin de novembre 1978.

Les prélèvements se feront en fonction des divers stades de "la culture" et permettront de suivre plus particulièrement les transferts de l'azote dans les parties aériennes et souterraines du blé.

Cette étude, à intérêt plus spécifiquement agronomique, pourra être développée ultérieurement, au vu des résultats obtenus au cours de la première année.

VI. - CONCLUSION

Ces études "in situ" permettront d'avoir des données sur l'évolution de la matière organique en milieu méditerranéen.

Grâce à la collaboration entre le CEPE.CNRS de Montpellier et la Mission ORSTOM en Tunisie, le coût de l'opération (environ 5 000F au total) est très inférieur à ce qu'il aurait été en cas d'achat du matériel végétal marqué à un organisme spécialisé. A titre d'information, signalons que nous avons utilisé 130 g de paille doublement marquée (C_{14} et N_{15}). Un gramme de celle-ci, marquée seulement au carbone 14 coûte actuellement plus de 200F auprès du Commissariat à l'Energie Atomique.

.../...

Les analyses, qui seront effectuées au CEPE, devront être réalisées régulièrement pour éviter d'avoir ensuite un trop grand nombre d'échantillons à traiter. Pour cela, il sera indispensable que J.P. DELHOUME se rende une fois par an à Montpellier, d'une part pour collaborer à ces analyses et d'autre part pour interpréter et rédiger une synthèse des résultats avec P. BOTTNER.

B I B L I O G R A P H I E

=====

JENKINSON (D.S.)- 1965-1966-1968.

Studies on the decomposition of plant material in soil.

I. Losses of carbon from I4C-labelled ryegrass incubated with soil in the field.

Journ. of Soil Sci., vol. 16, 1965, pp. 104-115.

II. Partial sterilization of soil and the soil biomass.

Journ. of Soil Sci., vol. 17, 1966, pp. 280-302.

III. The distribution of labelled and unlabelled carbon in soil incubated with I4C-labelled ryegrass.

Journ. of Soil. Sci., vol. 19, 1968, pp. 25-39.

JENKINSON (D.S.), AYANABA (A.)- 1977.

Decomposition of carbon I4C-labelled plant material under tropical conditions.

Soil Sci. Soc. Am. Journ., vol.41, pp. 912-914.

OBERLANDER (H.E.), ROTH (K.)- 1968.

Transformation of I4C-labelled plant material in soils under field conditions.

In "Isotopes and radiation in soil organic matter studies.

Proceedings of a symposium, Vienne, 1968. International atomic energy agency, Vienne, 1968, pp. 251-264".

PAUL (E.A.), MCGILL (W.B.)- 1977.

Turnover of microbial biomass, plant residues and soil humic constituents under field conditions.

In "Soil organic matters studies - Proceedings of a Symposium - Braunschweig, 1976. International atomic energy agency, Vienne, 1977, vol. I, pp. 149-157.

SAUERBECK (D.)- 1968.

Comparison of plant material and animal manure in relation to their decomposition in soil.

In "Isotopes and radiation in soil organic matter studies.

Proceedings of a Symposium, Vienne, 1968 - Internatinnal atomic energy agency, Vienne, 1968, pp. 219-225.

.../...

SAUERBECK (D.R.), GONZALEZ (M.A.)- 1977.

Field decomposition of carbon I4C-labelled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany and Costa-Rica.

In "Soils organics matter studies - Proceedings of a Symposium, Braunschweig, 1976- International atomic energy agency, Vienne, 1977, vol. I, pp. 159-190.

SINHA (M.K.)- 1972.

Organic matter transformation in soils.

- Humification of C14-tagged oat roots.

Plant and soil, 36, 1972, pp. 283-293.

II. Nature of carbohydrates in soils incubated with I4C labelled oat roots aerobic and anaerobic conditions..

Plants and soil, 36, 1972, pp. 295-299.

III. Nature of amino-acid in soils incubated with I4C-tagged oat roots under aerobic and anaerobic conditions.

Plant and soil, 37, 1972, pp. 265-271.

WOJCIK (D.), WOJTKOWIAK - 1972.

The transformation of nitrogen and carbon in the soil during humification of straw labelled with N15.

Plant and soil, 36, pp. 261-270.
