



HAL
open science

Influence de l'humidité sur la minéralisation du carbone et de l'azote dans quatre sols cultivés

Bernard Nicolardot

► To cite this version:

Bernard Nicolardot. Influence de l'humidité sur la minéralisation du carbone et de l'azote dans quatre sols cultivés. Bulletin scientifique de Bourgogne, 1983, 36 (2), pp.77-84. <hal-01864507>

HAL Id: hal-01864507

<https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-01864507v1>

Submitted on 30 Aug 2018

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

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



HAL Authorization

Influence de l'humidité sur la minéralisation du carbone et de l'azote dans quatre sols cultivés

par B. NICOLARDOT *

RÉSUMÉ : Quatre sols cultivés prélevés en Bourgogne ont été incubés à différentes humidités dans le but de déterminer l'humidité optimale pour les activités microbiennes, en particulier la minéralisation du carbone et de l'azote.

Après apport de matière organique (poudre de luzerne), les sols étudiés ont été incubés entre 60 % et 140 % de l'humidité équivalente et la minéralisation du carbone et de l'azote a été enregistrée pendant 28 jours à 28° C. Les activités microbiennes montrent un maximum pour la plus forte teneur en eau compatible avec une bonne aération. Au-delà, une partie de l'azote minéral peut être perdue par dénitrification.

Dans nos conditions expérimentales, l'humidité optimale est de 100-120 % de l'humidité équivalente pour les trois sols à texture fine et de 120-140 % pour le sol sableux.

ABSTRACT : Four different cultivated soils from Burgundy were incubated at different moisture levels in order to determine optimal water content for microbial activities, especially carbon and nitrogen mineralization.

After organic matter addition (alfalfa powder), the studied soils were incubated between 60 % and 140 % of the moisture equivalent and carbon and nitrogen mineralization were recorded for 28 days at 28° C. The microbial activities reached a maximum for the highest water content compatible with a good aeration. Beyond this optimum, a part of mineral nitrogen may be lost by denitrification.

In our experimental conditions, the optimal water content is 100-120 % of the moisture equivalent for the fine textured soils and 120-140 % for the sandy soil.

INTRODUCTION

L'humidité constitue un des facteurs écologiques les plus importants de l'activité biologique d'un sol. Le niveau d'humidité semble intervenir sur la *quantité* de micro-organismes présents dans le sol et notamment la population bactérienne (Seifert, 1965 ; Mahmoud et al., 1979) dont le taux de renouvellement et la composition peuvent être affectés.

L'humidité intervient également sur *l'activité microbienne* ; le seuil hydrique d'activité microbienne au-delà duquel aucune activité ne s'exerce se situe à une humidité résiduelle du sol (pF 5,6) correspondant à une tension de succion de 400 bars (Dommergues et al., 1970). Toutefois, en deçà de ce seuil limite, il existe pour chaque activité microbienne spécifique, une zone d'optimum et des seuils de cessation d'activité.

L'optimum de respiration, très variable selon les sols, se situerait ainsi entre pF 1,0 et pF 3,0 (Dommergues et al., 1970), la respiration devenant pratiquement nulle aux environs de pF 5,1 (Prusinkiewicz, 1974). L'influence du niveau d'humidité

* Laboratoire de Microbiologie des Sols, I.N.R.A., 17, rue Sully - BV 1540, 21034 Dijon Cedex.

dité sur la minéralisation des substances carbonées présentes dans le sol serait fonction de la nature du carbone : Dommergues et al. (1970) citent les limites d'humidité pour la dégradation du glucose (pF 5 - 5,5), de l'amidon (pF 4,6 - 5,2), de la cellulose (pF 4,2).

Les transformations microbiennes de l'azote du sol n'échappent pas à ces effets. L'ammonification, qui est optimale à la capacité de rétention des sols étudiés par Mahmoud et al. (1979), peut exister jusqu'à des humidités aussi faibles que pF 4,2 (Reichman, 1966) ; Dommergues et al. (1970) constatent même la présence d'une microflore ammonifiante à pF 5,4-5,6. La nitrification dont le pF optimum se situerait entre 1 et 2 (Dommergues et al., 1970) peut exister pour des humidités nettement plus faibles comme à pF 4,2 (Reichman, 1966) ou à pF 4,7 (Dommergues et al., 1970). Mahmoud et al. (1979) montrent de leur côté que le maximum de nitrification de leurs sols était obtenu pour une humidité comprise entre 75 et 100 % de la capacité de rétention.

La plupart de ces études conduisent à établir des relations mathématiques entre le niveau d'humidité du sol et certaines activités telles que la nitrification (Seifert, 1973) ou la minéralisation nette de l'azote (Myers et al., 1982).

L'objectif de notre travail n'était pas de reprendre en totalité l'étude de l'activité biologique des sols en fonction de l'humidité, cette approche ayant déjà été traitée de façon approfondie (Dommergues, 1962 a, 1962 b, 1970).

Par contre, nous avons recherché, dans nos conditions expérimentales, les teneurs en eau pour lesquelles on obtient une activité microbienne optimale. Cette détermination est un préalable indispensable à toute recherche d'écologie microbienne expérimentale pour laquelle on souhaite comparer différents sols en s'affranchissant au maximum des différences liées à l'influence de l'humidité.

Dans ce but, nous avons enregistré les vitesses de minéralisation du carbone et de l'azote d'une matière organique apportée à la même dose dans quatre sols différents et ce, pour une gamme d'humidité comprise entre 60 et 140 % de l'humidité équivalente de chacun des sols étudiés.

I. MATÉRIELS ET MÉTHODES

I.1. Sols

Les quatre sols étudiés représentent des types pédologiques variés pour la Bourgogne, leur description exacte ayant été faite par Chrétien (1976) :

- Dijon, sol brun calcique ;
- Soirans, sol limoneux partiellement resaturé sur limons anciens de type limons de Bresse ;
- Bresse, sol alluvial humifère calcaire ;
- Saulieu, sol sableux sur arène granitique.

Une fois prélevés, les sols ont été tamisés à 4 mm (maille carrée) et stockés à l'état frais à 10° C. Juste avant l'expérimentation, leur humidité a été abaissée par séchage partiel à l'air pour permettre l'étude d'une gamme d'humidité.

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols étudiés sont indiquées dans le tableau 1.

ANALYSES (SUR TERRE SECHE)	SOIRANS	SAULIEU	BRESSEY	DIJON
Argile en %	14,0	14,7	40,9	39,4
Limon en %	55,3	11,6	46,1	45,8
Sable en %	30,7	73,7	13,0	14,8
pH eau	7,1	6,0	7,9	7,8
humidité équivalente en %	18,0	14,2	36,9	25,8
Carbone en ‰	10,6	14,5	50,4	12,8
N organique en ‰	0,82	2,0	5,78	1,19
Calcaire total en %	0	0	35,4	1,7

TABEAU 1 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS ETUDIÉS

1.2. Incubations

Cinq niveaux d'humidité ont été étudiés ; ils correspondent à 60, 80, 100, 120 et 140 % de l'humidité équivalente déterminée pour chacun des sols par centrifugation à 1.000 g pendant 30 minutes. La détermination de ces valeurs a été effectuée par le laboratoire d'analyse des sols de l'I.N.R.A., à Arras.

Pour accentuer les différences éventuelles entre sols et entre traitements, tous les sols ont reçu un apport de matière organique constitué par de la poudre de luzerne (43,14 % de carbone et 3,54 % d'azote par rapport au poids sec). Ces amendements correspondent à des apports de 2.437 mg de carbone et 200 mg d'azote par kg de sol sec.

Les incubations ont été effectuées à 20° C durant 28 jours dans des flacons plasma de 575 ml, chaque flacon contenant l'équivalent de 40 g de sol sec et un piège à CO₂ constitué par 10 ml de NaOH 0,2 N. Quatre répétitions ont été mises en place pour chaque traitement.

Les pièges à CO₂ ont été changés périodiquement après 3, 7, 14 et 28 jours.

Avant incubation et après 28 jours, l'azote minéral des sols a été extrait par une solution de KCl N (rapport sol/KCl = 1/5 ; agitation d'une heure à 20° C). Après décantation et filtration sur filtre sans cendre, une fraction de cette solution a été stockée à - 18° C avant d'être analysée.

1.3. Analyses

Tous les dosages ont été effectués avec un autoanalyseur à flux continu (Technicon).

Gaz carbonique :

Le CO₂ produit pendant l'incubation et piégé par la soude est dégagé par acidification et mis au contact d'un tampon carbonate-bicarbonate coloré par la phénolphthaléine. Selon la concentration en CO₂, le déplacement de l'équilibre carbonate-bicarbonate se traduit par une décoloration plus ou moins importante qui est enregistrée par colorimétrie à 570 nm.

Azote minéral :

L'azote ammoniacal (NH₄⁺) a été dosé selon la méthode Berthelot ; l'ammonium forme un composé indophénol coloré avec le phénol et l'hypochlorite de sodium qui est dosé par colorimétrie à 625 nm. L'azote nitrique (NO₃⁻) est réduit en azote nitreux (NO₂⁻) ; l'azote nitreux, mis en contact avec un mélange de sulfanylamide et de N-Naphtyl-1-Ethylène diamine dichlorhydrate, forme un composé rose dosé par colorimétrie à 520 nm.

II. RÉSULTATS — DISCUSSION

II.1. Respiration du sol

Le tableau 2 présente pour les quatre sols étudiés les quantités cumulées de C-CO₂ dégagées durant l'incubation, la figure 1 illustrant graphiquement les résultats obtenus à 7 et 28 jours. Ces chiffres montrent que la majeure partie de la production de CO₂ s'effectue au cours de la première semaine d'incubation. Ainsi pour les quatre sols, 60 à 75 % du CO₂ dégagé pendant les 28 jours d'incubation est produit pendant les 7 premiers jours, les chiffres les plus faibles étant obtenus pour le sol très organique (Bressey) et le sol acide (Saulieu).

Cette production importante de CO₂ en début d'incubation correspond à la minéralisation rapide du carbone organique facilement minéralisable contenu dans la poudre de luzerne. Ensuite, les sols retrouvent une respiration plus constante où interviennent la minéralisation du carbone organique propre de chaque sol et des fractions carbonées difficilement minéralisables de la poudre de luzerne.

Les analyses de variance effectuées à chaque date de prélèvement (non représentées ici) montrent que les influences du type de sol et de l'humidité sur la respiration évoluent au cours du temps. Ainsi à 3 jours d'incubation les effets sol et humidité représentent respectivement 16,5 et 71,7 % de la variation totale. Après 28 jours d'incubation les chiffres obtenus sont de 40,5 et 45,1 %. Ils traduisent ainsi le fait qu'en début d'incubation le niveau d'humidité est déterminant pour l'activité respiratoire et l'adaptation de la microflore et, plus l'incubation avance, plus l'effet du sol intervient notamment sur le type et l'activité de la microflore qui s'est formée. Ces analyses statistiques révèlent également la présence à chaque date de prélèvement d'une interaction sol × humidité hautement significative.

HUMIDITE EN % de L'HUMIDITE EQUIVALENTE	SOLS	SOIRANS				SAULIEU				BRESSEY				DIJON			
		DATE (JOURS)	3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14
60		387,9 (17,6)	781,2 (35,3)	968,2 (33,2)	1081,8 (33,1) _D	288,2 (9,2)	645,2 (12,1)	868,6 (19,7)	1023,3 (24,3) _E	267,6 (5,9)	675,2 (9,7)	912,9 (14,2)	1104,0 (10,2) _D	413,5 (23,3)	783,4 (30,8)	972,3 (36,0)	1108,4 (14,5) _D
80		451 (17,1)	814,6 (19,7)	987,9 (20,1)	1107,7 (17,6) _D	424,1 (6,6)	771,5 (9,7)	958,5 (11,5)	1089,0 (10,1) _D	400,7 (12,6)	802,4 (4,7)	1005,7 (10,9)	1186,8 (8,8) _C	535,7 (2,9)	866,2 (8,5)	1044,6 (12,9)	1185,7 (14,8) _C
100		495,4 (4,0)	832,7 (28,4)	1004,8 (31,9)	1132,7 (33,0) _D	472,3 (11,9)	796,7 (21,5)	980,7 (22,8)	1123,6 (20,8) _D	510,1 (6,8)	828,4 (5,9)	1009,8 (8,6)	1192,7 (9,7) _C	580,4 (14,7)	879,6 (14,8)	1064,2 (12,8)	1234,6 (24,4) _B
120		526 (5,2)	839,6 (30,6)	1007,3 (28,6)	1137,1 (28,4) _{DC}	495,4 (10,2)	806,5 (18,0)	993,5 (19,9)	1145,9 (23,9) _C	574,1 (5,6)	863,3 (4,1)	1044,8 (4,1)	1259,6 (4,7) _B	601,9 (19,3)	903 (26,1)	1125,1 (36,6)	1348,0 (40,9) _A
140		508,2 (13,8)	810,9 (21,2)	991,7 (15,3)	1160,9 (20,9) _C	490,7 (10,5)	801,5 (17,1)	995,9 (19,4)	1165,1 (21,9) _C	566,9 (13,4)	868,1 (14,8)	1080,7 (15,8)	1350,6 (14,6) _A	537,9 (8,9)	864,6 (3,5)	1106,3 (3,5)	1349,3 (15,6)

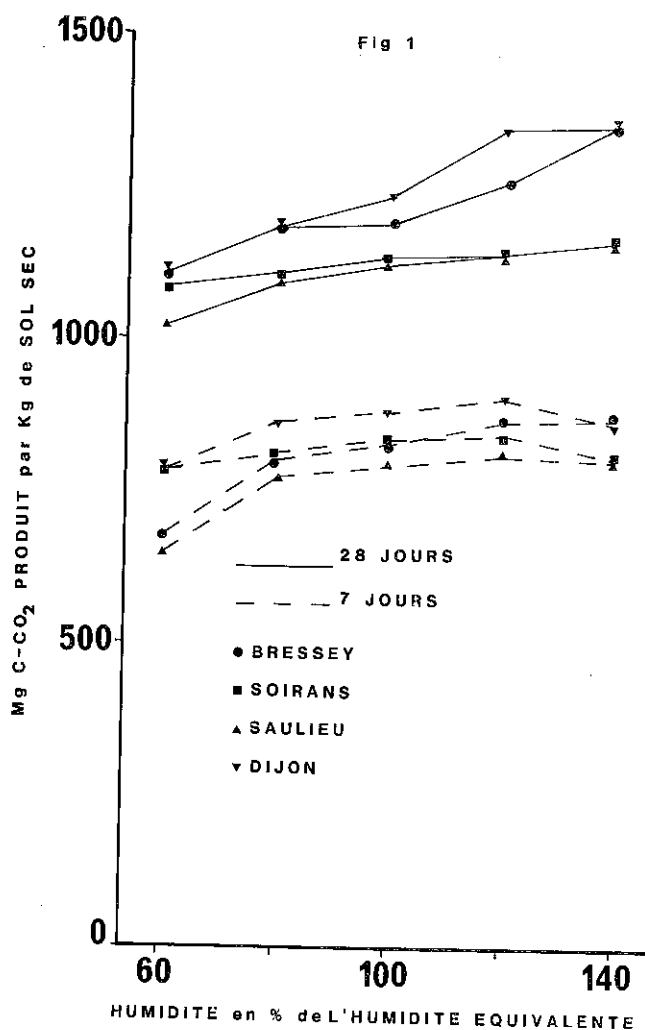


TABLEAU 2 : Influence de l'humidité sur la respiration cumulée des sols (moyennes exprimées en mg C-CO₂ par kg de sol sec avec écart-type).

Nota : Les quantités de CO₂ dégagées à 28 jours et accompagnées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 1% (test de Newman et Keuls).

Errata : Dernière colonne sol Dijon. Date : lire 28 au lieu de 18.

Fig. 1 : Respiration cumulée des sols à 7 et 28 jours d'incubation en fonction de l'humidité du sol exprimée en pourcentage de l'humidité équivalente.

Le classement des moyennes effectué pour la date 28 jours à l'aide de la méthode de Newman et Keuls montre que globalement l'augmentation de l'humidité du sol entraîne une activité respiratoire accrue (figure 1). Les effets progressifs les plus nets sont notés pour sols « Bressey » et « Dijon », le dégagement de C-CO₂ obtenu à 60 % de l'humidité équivalente représentant respectivement 81,7 et 82,1 % de celui obtenu à 140 %. Par contre pour le sol « Soirans », seule l'humidité la plus forte entraîne un accroissement significatif de la respiration, les valeurs enregistrées pour 60, 80, 100, 120 % de l'humidité équivalente représentant respectivement 93,2, 95,4, 97,5 et 97,9 % du C-CO₂ produit pour l'humidité 140 %.

II.2. Teneur des sols en azote ammoniacal et nitrique

Les quantités d'azote minéral ammoniacal et nitrique présentes dans chaque sol en fin d'incubation sont rassemblées dans le tableau 3. La nitrification est à la fois sous la dépendance du type de sol et du niveau d'humidité de ces sols. Pour le sol « Soirans », l'augmentation de l'humidité accroît progressivement l'activité nitrifiante du sol, l'azote ammoniacal disparaissant totalement pour l'humidité la plus forte. Par contre dans le sol « Bressey », la nitrification très active, quel que soit le niveau d'humidité, ne permet pas l'accumulation d'ammonium, cet effet étant moins net pour le sol « Dijon » où l'ammonium ne disparaît qu'à partir de l'humidité correspondant à 80 % de l'humidité équivalente. À l'inverse, dans le sol le plus acide (Saulieu), la nitrification relativement lente permet la présence de quantités importantes d'ammonium pour tous les niveaux d'humidité.

Dans tous les sols, excepté « Saulieu », on observe dans le cas de l'humidité 140 % une diminution des teneurs en azote nitrique ; ces pertes d'azote sont probablement dues à une activité dénitrifiante permise par les conditions anaérobies obtenues pour ce niveau d'humidité.

II.3. Quantités d'azote minéralisées

Les quantités d'azote minéralisées durant l'incubation pour chaque traitement sont présentées dans le tableau 3 et la figure 2. Elles résultent de la différence entre les quantités d'azote minéral total ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) présentes dans chacun des sols à 28 jours et en début d'incubation.

L'analyse de variance effectuée sur ces résultats montre que les effets sol et humidité interviennent respectivement pour 51,6 et 20,7 % de la variance totale ; celle-ci met également en évidence une interaction sol \times humidité hautement significative.

Le classement des moyennes effectuées par la méthode de Newman et Keuls laisse apparaître, excepté pour le sol acide (Saulieu), l'effet négatif de l'humidité 140 % sur l'accumulation d'azote minéral dans le sol, cet effet étant lié aux pertes d'azote nitrique. Les autres niveaux d'humidité étudiés semblent peu intervenir, aux erreurs expérimentales près, sur les quantités d'azote minéralisées dans chaque sol.

HUMIDITE EN % DE L'HUMIDITE EQUIVALENTE	SOIRANS			SAULIEU			BRESSEY			DIJON		
	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N minéralisé	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N minéralisé	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N minéralisé	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N minéralisé
60	42,9 (2,1)	161,4 (3,2)	107,4 A (2,6)	69,8 (1,7)	35,0 (1,6)	80,6 B (1,4)	1,6 (0,3)	208,9 (6,4)	115,0 A (6,3)	11,2 (4,6)	72,8 (1,6)	74,0 B (3,5)
80	22,8 (7,9)	192,8 (10,4)	118,0 A (9,2)	48,5 (1,7)	46,3 (2,6)	70,6 B (3,3)	1,6 (0,3)	209,9 (9,5)	115,8 A (9,3)	0,3 (0,7)	90,1 (0,3)	80,3 B (0,7)
100	16,3 (16,3)	197,3 (11,2)	115,9 A (5,9)	53,1 (0,6)	51,4 (0,7)	80,3 B (1,0)	0,9 (0,1)	197,7 (14,1)	105,6 A (11,1)	0	97,5 (5,2)	87,3 B (5,2)
120	4,4 (7,9)	216,4 (15,7)	118,8 A (15,7)	44,1 (6,7)	64,3 (6,3)	84,2 B (9,1)	1,6 (0,7)	202,4 (9,1)	108,4 A (9,3)	0	97,6 (13,9)	87,4 B (13,9)
140	0	168,5 (17,8)	71,0 B (18,2)	34,9 (1,4)	70,2 (1,7)	81,0 B (2,5)	1,8 (0,8)	188,8 (4,5)	95 (5,1) BA	0	57,2 (4,6)	47,0 C (4,6)

TABLEAU 3 : Effets de l'humidité sur les quantités d'azote ammoniacal et nitrique, présentes après 28 jours et sur les quantités d'azote minéralisées pendant l'incubation (moyennes exprimées en mg N par kg de sol sec avec écart-type).

Nota : Les quantités d'azote minéralisées suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 1% (test de Newman et Keuls).

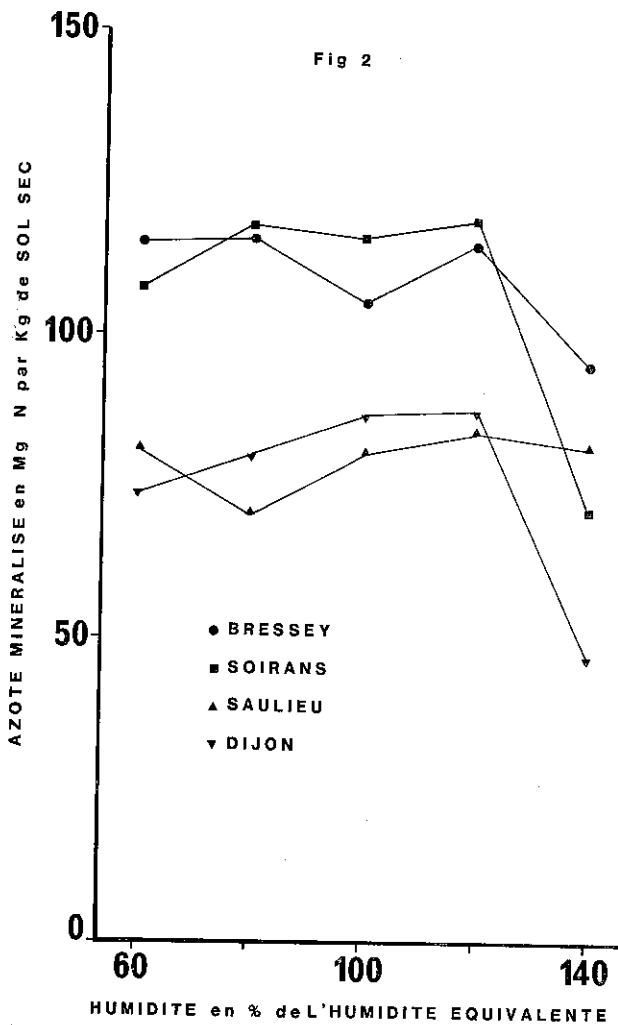


Fig. 2 : Quantités d'azote minéralisées pendant 28 jours dans chaque sol en fonction de l'humidité du sol exprimée en pourcentage de l'humidité équivalente.

CONCLUSION

L'objectif de cette expérimentation, en montrant l'influence de l'humidité du sol sur la minéralisation du carbone et de l'azote organique, était de rechercher l'humidité optimale des sols pour des incubations de laboratoire.

En regard de la gamme d'humidité choisie pour les quatre sols étudiés, on constate que l'augmentation de la teneur en eau du sol provoque un accroissement de l'activité respiratoire mais reste pratiquement sans effet sur la quantité d'azote minéralisée pendant 28 jours sauf pour l'humidité la plus forte où vraisemblablement de l'azote est perdu par dénitrification.

Ces résultats revêtent une importance toute particulière lorsque l'on cherche par exemple à optimiser l'activité biologique d'un sol durant une incubation, tout en restant en conditions aérobies, ou bien lorsqu'ayant prélevé des sols sur le terrain, on veuille les incuber à l'état frais sans modifier leur niveau d'équilibre par séchage partiel ou apport d'eau effectué pour corriger leur humidité.

Dans le cadre de ce travail, il s'avère que la zone d'humidité compatible avec une bonne aération du sol et qui permet une activité minéralisatrice du carbone et de l'azote optimale doit être inférieure ou égale à 120 % de l'humidité équivalente pour les sols « Dijon », « Bressey » et « Soirans » et supérieure ou égale à 120 % pour le sol sableux acide (Saulieu).

Manuscrit reçu le 28 janvier 1983.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHRETIEN (J.), 1976. — Notice explicative à la carte pédologique de France à 1/100.000 (Dijon 0-12). *Service d'Etudes des Sols et de la Carte Pédologique de France*, I.N.R.A., 218 p.
- DOMMERMUES (Y.), 1962 a. — Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. Première partie. *Ann. Agron.* 13 (4), 265-324.
- DOMMERMUES (Y.), 1962 b. — Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. Deuxième partie. *Ann. Agron.* 13 (5), 391-468.
- DOMMERMUES (Y.), MANGENOT (D.), 1970. — Ecologie microbienne du sol. *Masson Editeur*, 796 p.
- MAHMOUD (S.A.Z.), TAHA (S.M.), SALEM (S.H.), EL-FOULY (M.Z.), 1979. — Effect of soil moisture on urea hydrolysis and subsequent nitrification in different soils. *Egypt. J. Microbiol.*, 14, 1-2, 11-20.
- MYERS (R.J.K.), CAMPBELL (C.A.), WEIER (K.L.), 1982. — Quantitative relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soils. *Can. J. Soil. Sci.*, 62, 111-124.
- PRUSINKIEWICZ (Z.), 1974. — Microbiological activity of soils as a function of the soil water potential. *Polish J. Soil Sci.*, 7, 1, 81-85.
- REICHMANN (G.A.), GRUNE (D.L.), VIETS (F.G.), 1966. — Effect of soil moisture on ammonification and nitrification in two Northern Plains soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30, 363-366.
- SEIFERT (J.), 1965. — Ecology of soil microbes. *Acta Univ. Carolinae Biol.*, 3, 245-272.
- SEIFERT (J.), 1973. — Intensity of nitrification in soil as a function of time and soil moisture. *Folia Microbiol.*, 18, 386-389.