

Contribution à l'étude du potentiel de minéralisation de l'azote en sols cultivés lorrains

P.C. VONG⁽¹⁾
 J. BOUCHAMA⁽¹⁾
 F. JACQUIN⁽¹⁾

RESUME

Afin d'apporter une contribution à la mesure des quantités d'azote potentiellement minéralisables (No) en provenance des compartiments humifiés présents dans 14 horizons cultivés de sols lorrains, nous avons appliqué la technique de STANFORD et SMITH (1972). Les 4 classes de sols retenues présentent des potentiels (No) et des constantes de vitesse de minéralisation par semaine (K) différents :

— sols argilo-calcaires, fort potentiel de minéralisation et constante K faible,

— sols brunifiés sur limons, No modéré et K soutenue dans le temps,

— sols brunifiés acides sableux, faible réserve minéralisable mais valeur de K élevée,

— pélosols, faible potentiel de minéralisation mais constante K très élevée.

Les indications complémentaires apportées par la détermination du « flush de minéralisation » exprimeraient une fourniture d'azote préférentielle à partir des compartiments organiques les plus labiles et plus spécialement celui de la biomasse microbienne inter-agrégats.

MOTS CLES : Azote - Pouvoir minéralisateur - « Flush de minéralisation » - Sols lorrains.

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF NITROGEN MINERALIZATION POTENTIAL IN CULTIVATED SOILS OF LORRAINE

The amount of potentially mineralizable nitrogen (No) from the humified organic matter in the Ap horizon of 14 different cultivated soils was determined using STANFORD and SMITH's method. No values of these different horizons, calculated according to the law $N = No (1 - e^{-kt})$ ranged from 46 to 275 mg N/kg soil (plate 1).

The 4 groups of studied soils showed different rate constants of mineralization (K) and No (table III) :

— Clayey calcareous soils : the rate constant of mineralization was low ($K = 0,044 \pm 0,004 \text{ week}^{-1}$). The No was high ; however its value expressed as percentage to total organic N reached about 6,5 %.

— Brown loamy soils : these soils showed a high K ($0,052 \pm 0,01 \text{ week}^{-1}$) but a moderate No. The percentage value of No to total organic N was lower than for the clayey calcareous soils (6 %).

— Brown sandy acidic soils : the nitrogenous organic compounds in these soils were weakly associated to mineral particules ; effectively, we observed a high rate constant of mineralization ($K = 0,065 \pm 0,001 \text{ week}^{-1}$) and high percentage of potentially mineralizable nitrogen (7,3 %).

[1] Institut National Polytechnique de Lorraine. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Service de Pédologie et Chimie Agricole, 2, avenue de la Forêt de Haye, 54500 Vandœuvre.

— *Pelosols* : the organic matter of these soils is poorly humified, but the rate constant K was quite high under controlled conditions ($K = 0,078 \pm 0,024$ week⁻¹) ; however N_o was slow (4 % to total organic nitrogen).

The flush of mineralization (table IV) indicated a preferential nitrogen supply from the most labile organic compartments and especially from the inter-aggregates microbial biomass.

KEY WORDS : Nitrogen - Potentially mineralizable nitrogen - « Flush » of mineralization - Soils of Lorraine.

INTRODUCTION

Les bilans récents obtenus avec ¹⁵N et relatifs à la fertilisation azotée sous forme minérale font état d'une réorganisation de l'azote fertilisant dans le sol de l'ordre de 25 à 30 % de la quantité apportée (GUIRAUD, 1984 ; MACHET et al., 1987). Le destin de l'azote apporté est surtout fonction de la biomasse microbienne, élément moteur des processus d'humification. Cet azote réorganisé fait donc partie d'une réserve potentiellement minéralisable mais difficile à maîtriser en raison des difficultés rencontrées pour identifier les structures organiques dans lesquelles il s'intègre et des transferts permanents entre les divers compartiments minéraux et organiques (VONG, 1987).

Certaines recherches menées pour quantifier la fourniture d'azote minéral par le sol sont fondées sur des extractions chimiquement facilement réalisables en série (STANFORD, 1969 ; STANFORD et SMITH, 1976-1978 ; OIEN et SELMER-OLSEN, 1980). D'autres chercheurs tentent de mesurer les quantités d'azote disponibles après incubation des sols dans des conditions contrôlées de température et d'humidité (DROUINEAU et LEFEVRE, 1949 ; STANFORD et SMITH, 1972 ; MARY et REMY, 1979 ; RICHTER et al., 1982 ; DELPHIN, 1986 ; CATROUX et al., 1987 ; VONG, 1987). Une étude de synthèse comparant différentes techniques d'extraction sur des sols marqués au ¹⁵N (JUMA et PAUL, 1984) a montré les difficultés rencontrées dans l'appréciation des quantités d'azote disponibles pour les plantes et ceci en raison de la non spécificité des extractants utilisés et du caractère plus ou moins labile des compartiments organiques.

La potentialité de minéralisation au champ ou « capacité à produire de l'azote minéral » résultant simultanément de N_o et de K est encore plus difficile à quantifier en fonction de paramètres aléatoires essentiellement liés aux conditions pédoclimatiques.

Dans le but de mesurer les quantités d'azote potentiellement minéralisable en provenance des compartiments humifiés, notre choix s'est porté sur la technique d'incubation-percolation proposée par STANFORD et SMITH (1972). Ce choix a été dicté par 3 raisons essentielles évoquées par les auteurs : les percolations successives limiteraient le recyclage par réorganisation de l'azote minéralisé, ce qui permettrait une meilleure estimation du potentiel de minéralisation brute ; les apports de solution minérale après chaque percolation n'entraîneraient pas la désaturation des sols ; la faible concentration de la solution de $CaCl_2$ (0,01 M) destinée aux percolations limiterait la perturbation physico-chimique des sols étudiés.

I. MATÉRIELS

Nous nous sommes intéressés à l'horizon superficiel (A_p) de sols cultivés représentatifs de la région lorraine et choisis à partir des données de l'esquisse pédologique réalisée au 1/250 000 (FLORENTIN, 1982). Les échantillons de sol ont été prélevés en Février 1984 et 1985 sur une épaisseur variant de 25 à 30 cm ; ils sont ensuite séchés à l'air pendant une semaine puis tamisés à 2 mm. Selon

la classification pédologique française, ces sols se répartissent en 4 classes ; ils sont décrits en détail dans « l'Atlas des Sols de Lorraine » (JACQUIN et FLORENTIN, 1988). Leurs teneurs en carbone et en azote sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Teneurs en carbone et en azote des sols étudiés
Amounts of carbon and nitrogen of the soils studied

Sol n°	Classe de sol	C organique g.kg ⁻¹ sol	N organique g.kg ⁻¹ sol
	SOLS ARGILO-CALCAIRES :		
1	Rendzine (Aingeray)	41,4	3,80
2	Rendzine (Limey)	18,8	2,10
3	Sol brun calcaire (Bouzule)	22,7	3,19
	SOLS BRUNIFIES SUR LIMONS :		
4	Sol brun calcique (Limey)	14,7	1,90
5	Sol brun lessivé (Velaine-en-Haye)	14,6	1,73
6	Sol brun lessivé (Limey)	15,0	1,98
7	Sol brun lessivé (Bouzule)	13,4	1,80
	SOLS BRUNIFIES ACIDES SABLEUX :		
8	Sol brun acide sur alluvions anciennes (Chenevières)	6,9	0,75
9	Sol brun acide sur alluvions récentes (Chenevières)	12,5	1,40
10	Sol brun acide (Laronxe)	14,7	1,68
	PELOSOLS :		
11	Pélosol (Vaucremont)	13,3	2,02
12	Pélosol (Bouzule)	17,0	2,12
13	Pélosol brunifié (Ancerville)	12,4	1,73
14	Pélosol pseudogley (Villers- Stoncourt)	12,3	1,59

II. METHODES

A) TECHNIQUE DE STANFORD ET SMITH

Après avoir réalisé un mélange homogène de 25 g de sol tamisé à 2 mm, avec du sable propre de taille inférieure à 2 mm, on remplit des tubes à percoler (25 cm × 2,5 cm) avec ce mélange. L'humectation est effectuée par capillarité et l'humidité en excès a été réajustée par succion à une pression équivalente à 40 kPa. Pour chaque type de sol, on procède à trois répétitions. Les échantillons ainsi préparés sont mis en incubation dans une chambre noire thermostatée à 28°C ± 2°C. Il s'agit donc d'une variante de la technique STANFORD et SMITH (1972) où l'incubation est réalisée à 35°C.

A des intervalles de temps d'incubation donnés, on percole l'azote minéralisé par 200 ml de CaCl₂ 0,01 M suivis de 25 ml d'une solution minérale exempte d'azote et de composition suivante : 0,002 M CaSO₄, 2H₂O ; 0,002 M MgSO₄ ; 0,005 M CaHPO₄, 2H₂O et 0,0025 M K₂SO₄. Après chaque percolation, l'humidité est de nouveau réajustée. Notons que la durée totale d'incubation a varié selon les expériences entre 27 et 33 semaines ; la première, menée en 1984, concernait les sols : 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13 et 14 avec 8 percolations correspondant à des

intervalles de temps de 2, 5, 7, 15, 16, 21, 25 et 33 semaines ; la deuxième, en 1985, correspondait aux sols : 6, 7, 9, 11 et 12 avec 10 percolations espacées de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 19, 23 et 27 semaines.

B) ANALYSES

1. Azote minéral

Les formes ammoniacale et nitrique ont été dosées par colorimétrie en flux continu. Les nitrates sont réduits par une solution alcaline de sulfate d'hydrazine à 37°C en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Le dosage de l'azote ammoniacal repose sur la formation d'un complexe coloré entre l'ion ammonium, le salicylate de sodium et du chlore en milieu alcalin. Les résultats obtenus sont très reproductibles avec un coefficient de variation inférieur à 0,3 % pour une concentration de 3 mg N/l.

2. Azote total

Nous avons utilisé la méthode proposée par GUIRAUD et FARDEAU (1977).

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Comme l'ont démontré STANFORD et SMITH (1972), la minéralisation de la réserve organique après élimination du « flush » entre 0 et 14 jours suit une cinétique d'ordre 1.

$$N = N_0 (1 - e^{-kt})$$

N = quantité cumulée d'azote minéralisé à l'instant t (mg N/kg de sol)

N₀ = quantité maximum potentiellement minéralisable (mg N/kg de sol)

K = constante de vitesse (semaine⁻¹)

t = temps (semaines)

Pour les calculs d'ajustement des paramètres N₀ et K, nous avons utilisé le programme « MOLEC » (sous-programme HAUS 59). L'optimisation de ces deux paramètres est obtenue lorsque le Δ SCE, (somme des carrés des écarts) est inférieure à 10⁻⁵. Aux différents temps t de la mesure de N minéralisé, nous avons introduit pour les calculs les valeurs des 3 répétitions de sol et non celles de leur moyenne, ce qui représente 24 et 30 observations respectivement pour les échantillons de sol incubés à 33 et 27 semaines ; nous rappelons que nous avons éliminé les valeurs correspondant au « flush » d'une durée de 2 semaines.

A) POTENTIEL DE MINÉRALISATION (N₀), CONSTANTE DE VITESSE (K) ET DEMI-VIE (T_{1/2})

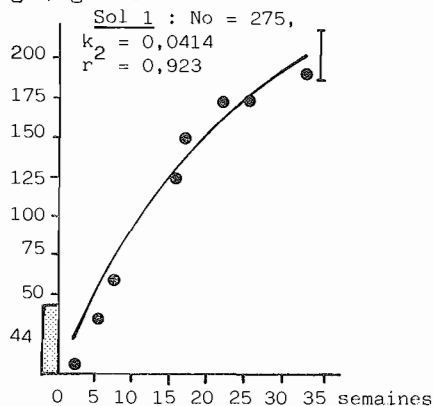
Le modèle utilisé distingue deux fractions d'azote organique : une fraction passive ou très lentement minéralisable (N organique total — N₀), et une fraction active (N₀).

Les résultats mentionnés sur la planche (1) montre une grande dispersion des valeurs de N₀ (46 à 275 mg N/kg de sol) ; cette dispersion est conforme à celle relevée dans la bibliographie (tableau III) indiquant selon les types de sol des quantités de N₀ comprises entre 18 et 369 mg N/kg de sol.

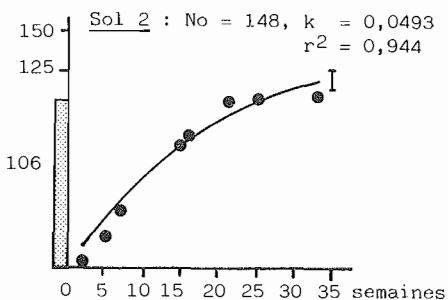
Tableau II : Valeurs caractéristiques du potentiel de minéralisation des sols cultivés relevées dans la bibliographie
Characteristic values of potentially mineralizable nitrogen inferred from literature.

Sols	No mg. kg de sol ⁻¹	% N total	K.sem. ⁻¹	T 1/2	Durée d'incubation semaine	t° C d'incubation	Références
— Sols cultivés (39 sols)	18-305	5-40	0,035-0,095	12,8 ± 2,2	30	35°C	Stanford et Smith, 1972
— Alluvions anciennes pH = 6,6 N = 0,061 %	21,7	3,5	0,09	7,7	}	}	Sinha et al., 1977
— Limons ferrugineux rouges pH = 6,1 N = 0,064 %	68,1	10,6	0,04	17,3			
— Sol calcaire N = 0,135 %	229	17,0	0,0288	24,1	}	}	Mary et Remy, 1979
— Sol limoneux N = 0,081 %	127	15,7	0,0398	17,4			
— Sol sableux N = 0,163 %	224	13,7	0,0303	22,9			
— Sol limono-sableux	189	10,5	0,051	13,6	}	}	Herlihy, 1979
— Sol sablo-limoneux	286	12,4	0,048	14,4			
— Sol limoneux	369	11,9	0,051	13,6			
— Argiles grossières pH = 6,4 N = 0,063 %	184	29,2	0,087	8,0	}	}	Smith et al., 1980
— Argiles fines pH = 5 N = 0,142 %	160	11,3	0,096	7,2			
— Limons fins pH = 5,8 N = 0,068 %	124	18,0	0,123	5,6	}	}	Juma et Paul, 1984
— Sol limoneux + NH ₄ OH	182 ± 15	4,2	0,059	11,7			
— Sol limoneux + NH ₄ OH + ATC	255 ± 49	5,1	0,036	19,0			
— Sol sablo-limoneux • rotation blé	50 ± 4	3,3	0,164	4,2	}	}	
• Alfalfa	35 ± 4	2,7	0,116	6,0			

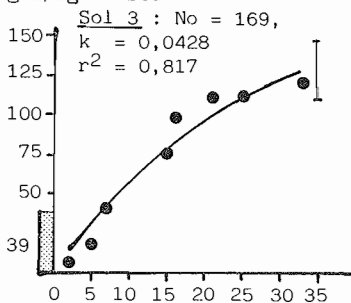
mg N/kg de sol



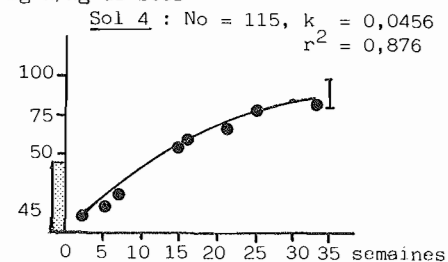
mg N/kg de sol



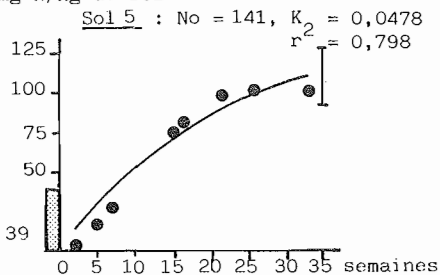
mg N/kg de sol



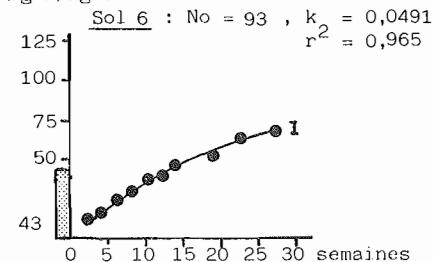
mg N/kg de sols



mg N/kg de sol



mg N/kg de sol



"Flush" de minéralisation entre 0 et 14 jours

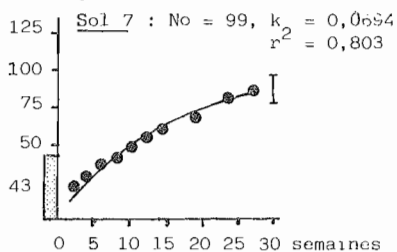
Valeur moyenne de l'écart type

Planche 1 : Valeurs caractéristiques du potentiel de minéralisation des sols cultivés lorrains.

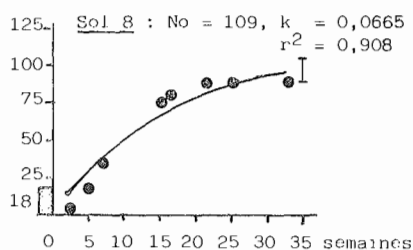
Characteristic values of nitrogen potentially mineralizable in cultivated soils of Lorraine.

POUVOIR MINERALISATEUR DE SOLS CULTIVES LORRAINS

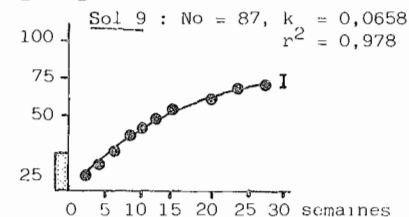
mg N/kg de sol



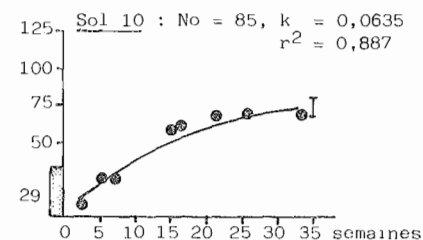
mg N/kg de sol



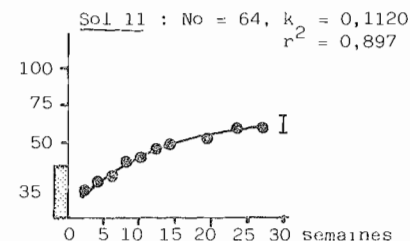
mg N/kg de sol



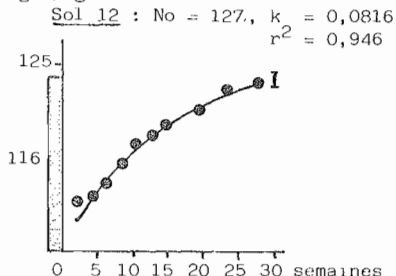
mg N/kg de sol



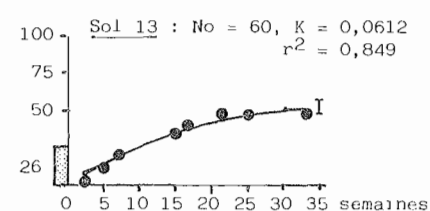
mg N/kg de sol



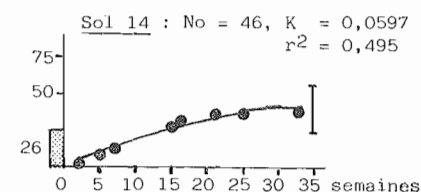
mg N/kg de sol



mg N/kg de sol



mg N/kg de sol



"Flush" de minéralisation entre 0 et 14 jours

Valeur moyenne de l'écart-type

Planche 1 : Valeurs caractéristiques du potentiel de minéralisation des sols cultivés lorrains.

Characteristic values of nitrogen potentially mineralizable in cultivated soils of Lorraine.

Nos interprétations s'appuient d'une part sur les résultats présentés dans le tableau III et correspondant aux valeurs moyennes des deux paramètres No et K caractéristiques de chacune des classes et d'autre part sur nos connaissances actuelles concernant l'évolution de la matière organique en sols cultivés (JACQUIN, 1985).

Tableau III : Valeurs moyennes de No et K des différentes classes de sol
Average values of No and K in different classes of soils

Sols	No mg N/kg de sol	N organique mg N/kg de sol	No en % N org.	K semaine	T 1/2 semaines
Sols argilo-calcaires	197 ± 68 (a)	3 000	6,5	0,044 ± 0,004 (b)	15,7
Sols brunifiés sur limons	112 ± 21 (b)	1 850	6,0	0,052 ± 0,011 (b)	13,3
Sols brunifiés acides sableux	94 ± 13 (b)	1 280	7,3	0,065 ± 0,001 (ab)	10,6
Pélosols	74 ± 36 (b)	1 860	4,0	0,078 ± 0,024 (a)	8,8

Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau 5 %.

— *Les sols argilo-calcaires* (sols 1, 2, 3) possèdent de forts potentiels de minéralisation (No) correspondant en moyenne à 197 ± 68 mg N/kg de sol ; ils ont une constante K faible ($0,044 \pm 0,004$ semaine⁻¹) avec toutefois un pourcentage d'azote minéralisable relativement élevé (6,5 %).

Ces faits pourraient être expliqués par l'importance relative des différents compartiments constituant l'humus. En présence de calcaire actif, la minéralisation des humines héritées et de polycondensation serait freinée par la formation d'un enrobement de carbonate de calcium. A l'opposé, l'humine de néosynthèse microbienne inter-agrégats ne serait pas protégée et donc soumise, lorsque les conditions climatiques sont favorables, à une cinétique de reminéralisation rapide.

D'autre part, la préparation des échantillons de sol (broyage, tamisage) jouerait un rôle analogue à celui des techniques culturales disloquant l'enrobement carbonaté et entraînant de ce fait une valeur de No plus importante.

— *Les sols brunifiés sur limons* (sols 4, 5, 6, 7) présentent des potentiels (No) significativement plus faibles que ceux des sols argilo-calcaires (112 ± 21 mg N/kg de sol). Les valeurs moyennes de No exprimées en pourcentage de l'azote total correspondent à 6 %. On observe dans ces sols une valeur moyenne de K égale à $0,052 \pm 0,011$ semaine⁻¹ soit une demi-vie de 13,3 semaines.

— *Pour les sols brunifiés acides de texture sableuse* (sols 8, 9, 10), on note en valeur absolue, un faible pouvoir minéralisateur (94 ± 13 mg N/kg de sol) ; néanmoins dans ces sols où matériaux organiques et constituants minéraux ne sont pas fortement associés, on constate un pourcentage élevé de N minéralisable par rapport à l'azote total présent au départ, soit 7,3 %. En outre, la constante de vitesse de minéralisation des réserves organiques de ces sols est élevée ($0,065 \pm 0,001$ semaine⁻¹). La demi-vie est plus courte (10,6 semaines) que celle des sols brunifiés sur limons.

— *Les pélosols* (sols 11, 12, 13, 14) possèdent des réserves minéralisables relativement faibles (74 ± 36 mg N/kg de sol) correspondant à environ 4 % de l'azote organique total ; néanmoins, la constante de vitesse de minéralisation est très élevé ($0,078 \pm 0,024$ semaine⁻¹) donc la demi-vie (8,8 semaines) est plus courte que dans les autres sols.

Ces résultats nous permettent de supposer l'existence de deux fractions constituant les réserves azotées sous formes organiques ; la première (No) de nature très labile, donc à vitesse de minéralisation élevée, échapperait à l'action stabilisatrice des argiles ; en effet les études réalisées par PERSON (1981) ont démontré la formation de liaisons chimiques entre des composés humiques riches en azote et les argiles par l'intermédiaire des oxydes de fer ; ce type d'association n'entraîne pas selon le même auteur, un ralentissement de la vitesse de minéralisation. Par contre, la minéralisation de la deuxième fraction (N organique total — No), de taille plus grande, serait freinée par les argiles et nous rejoignons les recherches réalisées par ANDREUX et JOCTEUR MONROZIER (1981) montrant un fort pouvoir d'adsorption de composés azotés sur les argiles, donc un ralentissement de la cinétique de minéralisation (CHAUSSOD et al., 1986) Il pourrait s'agir aussi de complexes protéines-lignine (MARTIN et HAIDER, 1971 ; SCHNITZER, 1981).

B) « FLUSH » DE MINÉRALISATION

Un troisième compartiment représentant des réserves organiques azotées très rapidement biodégradables correspond au « flush » de minéralisation entre 0 et 14 jours. Les quantités d'azote minéralisées lors de cette période sont relativement importantes ; elles varient entre 18 et 116 mg N/kg de sol (planche 1). Ce « flush » est provoqué principalement par la minéralisation de la biomasse détruite partiellement par le séchage des sols et aussi par les effets physiques résultant de la réhumectation des échantillons de sol (JENKINSON, 1966 ; ORCHARD et COOK, 1983 ; BOTTNER, 1985 ; BEKAYO, 1988). D'autre part, le gonflement des argiles lors de la réhumectation augmenterait la surface de contact entre biomasse vivante et composés organiques et favoriserait la biodégradation de ces derniers (SORENSEN, 1974 ; JAGER et BRUINS, 1975 ; BOTTNER, 1985). Enfin, KIEFT et al. (1987) obtiennent un « flush » de minéralisation en carbone variant de 17 à 70 % de la biomasse totale lorsque le sol a été soumis à un potentiel hydrique de — 2,8 à — 6,9 MPa.

En valeurs absolues (tableau IV), les quantités moyennes du « flush » donnent l'ordre décroissant suivant : sols argilo-calcaires (63 ± 37 mg N/kg de sol), pélosol (51 ± 44 mg N/kg de sols), sols brunifiés sur limons (42 ± 2,5 mg N/kg de sol) et sols brunifiés acides sableux (24 ± 5,5 mg N/kg de sol) ; elles sont toutefois non différentes statistiquement.

Le pourcentage moyen de minéralisation engendré par l'effet « flush » varie de 69 % dans les pélosols pour s'abaisser à 37 % dans les sols brunifiés acides et à 32 % dans les sols argilo-calcaires. On note enfin un taux plus faible dans les sols brunifiés acides sableux (25 %). Ces résultats confirment l'influence des argiles sur les intensités du « flush » de minéralisation lorsque ces matériaux sont soumis à la réhumectation.

Tableau IV : Valeurs moyennes des « flush » de minéralisation
Average values of flush of mineralization

Sols	No mg N/kg de sol	« flush » 0-20 cm mg N/kg de sol	« flush » % de No
Sols argilo-calcaires	197 ± 68 (a)	63 ± 37 (a)	32 %
Sols brunifiés sur limons	112 ± 21 (b)	42 ± 2,5 (a)	37 %
Sols brunifiés acides sableux	94 ± 13 (b)	24 ± 5,5 (a)	25 %
Pélosols	74 ± 36 (b)	51 ± 44 (a)	69 %

CONCLUSION

La production d'azote minéral à une période donnée dépend étroitement des conditions climatiques mais est aussi fonction des caractères physiques et chimiques propres des sols. Une grande dispersion des résultats à l'intérieur d'une même classe de sols signifie que les valeurs obtenues à partir de sols prélevés à une saison donnée sont étroitement dépendantes des caractères pédogénétiques mais aussi du passé cultural.

Dans les horizons cultivés, les quantités d'azote potentiellement minéralisables (No) déterminées selon la technique de STANFORD et SMITH représentent 4 à 7 % des réserves azotées organiques totales. En valeurs absolues, les potentiels (No) se classent dans l'ordre décroissant : sols argilo-calcaires > sols brunifiés sur limons > sols brunifiés acides sableux > pélosols : ils correspondent à des valeurs moyennes respectives de : 197 ± 68 , 112 ± 21 , 94 ± 13 et 74 ± 36 mg N/kg de sol.

La prise en compte de deux caractéristiques à savoir la constante de vitesse de minéralisation (K semaine⁻¹) et le pourcentage de No par rapport à N total initialement présent, permet d'émettre des hypothèses concernant les mécanismes de minéralisation des composés organiques azotés des quatre classes de sols représentées.

— Sols argilo-calcaires : les cinétiques de minéralisation seraient conditionnées par un environnement ionique régissant l'équilibre entre bicarbonates et carbonates de calcium ; or la formation éventuelle d'enrobage de CaCO_3 sur certains compartiments organiques peut jouer le rôle de frein face à l'action minéralisatrice de la microflore. Aussi, la constante est faible ($K = 0,044 \pm 0,004$ semaine⁻¹) et malgré un fort potentiel (No), le pourcentage par rapport aux réserves organiques totales se situe aux environs de 6,5 %.

— Sols brunifiés sur limons : la constante de vitesse est légèrement plus élevée ($K = 0,052 \pm 0,011$ semaine⁻¹) ; No modéré et on note un pourcentage de minéralisation légèrement plus faible (6 %) que celui des sols argilo-calcaires.

— Sols brunifiés acides sableux : ils sont caractérisés biochimiquement par des composés organiques azotés moins fortement associés aux particules minérales ; en effet, on observe une forte constante de vitesse K ($0,065 \pm 0,001$ semaine⁻¹) et un plus fort pourcentage d'azote minéralisable (7,3 %).

— Pélosols : les cinétiques de minéralisation sont influencées à la fois par la nature biochimique des composés azotés et le rôle protecteur des argiles présentes dans ces sols. Outre l'azote minéralisable du « flush », nos résultats suggèrent la présence de deux fractions distinctes, la première (No) dont la minéralisation ne serait pas freinée par la forte teneur en argile ($K = 0,078 \pm 0,024$ semaine⁻¹), la seconde (N total — No) de plus grande importance serait soumise à l'effet stabilisateur des argiles. Dans ces sols très argileux, la minéralisation des réserves organiques azotées (No) s'abaisse à 4 %.

En résumé, l'ensemble de ces résultats indique des potentiels et des cinétiques de minéralisation différents en fonction des caractéristiques biochimiques et physico-chimiques des sols étudiés. Toutefois lors de conseils pratiques aux agriculteurs, il est indispensable de se souvenir que la fourniture d'azote minéral sous différents agrosystèmes est soumise à certains paramètres aléatoires liés aux conditions microclimatiques.

REMERCIEMENTS : Les auteurs remercient M. H. RAYMONDEAU, biométricien au CFPPA de Pixérécourt pour les exploitations mathématiques des résultats analytiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREUX F., JOCTEUR MONROZIER L.**, 1981. — Les apports de méthode de séparation des substances humiques à la connaissance de la réserve organique azotée des sols. C.R. Colloque Humus et Azote, Reims, 107-113.
- BEKAYO N. DERLA**, 1988. — Effet des alternances dessiccation-réhumidification sur la minéralisation du carbone et de l'azote des sols. Importance et origine du surcroît de minéralisation. Thèse de Docteur-Ingénieur INPL, 126 p.
- BOTTNER P.**, 1985. — Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with ¹⁴C and ¹⁵N labelled plant material. Soil Biol. and Biochem. 6, 287-293.
- CATROUX G., CHAUSSOD R. et NICOLARDOT B.**, 1987. — Appréciation de la fourniture d'azote par le sol. C.R. Acad. Agric., 73, 71-79
- CHAUSSOD R., NICOLARDOT B. et CATROUX G.**, 1986. — Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme Science du Sol, n° 2, 201-211.
- DELPHIN J.E.**, 1986. — Evaluation du pouvoir minéralisateur des sols agricoles en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques. Agronomie, 6, 453-458.
- DROUINEAU G., LEFEVRE G.**, 1949 — Première contribution à l'étude de l'azote minéralisable dans les sols. Ann. Agron., 19, 518-536.
- FLORENTIN L.**, 1982. — Contribution à la connaissance des sols hydromorphes et apparentés de Lorraine et de leurs réponses au drainage. Thèse Docteur 3^e cycle, INPL, 157 p.
- GUIRAUD G.**, 1984. — Contribution du marquage isotopique à l'évolution des transerts d'azote entre les compartiments organiques et minéraux dans les systèmes sol-plante. Thèse Docteur d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 335 p.
- GUIRAUD G., FARDEAU J.C.**, 1977. — Dosage par la méthode Kjeldahl des nitrates contenus dans les sols et les végétaux. Ann. Agron., 28, 329-333
- HERLIHY M.**, 1979. — Nitrogen mineralization in soils of varying texture moisture and organic matter. I. Potential and experimental values in fallow soils. Plant and soil. 53, 255-267.
- JACQUIN F.**, 1985. — Dynamique de la matière organique en sols cultivés sous climats tempérés. C.R. Acad. Agric., 6, 635-642.
- JACQUIN F., FLORENTIN L.**, 1988. — Atlas des Sols de Lorraine. Presses Universitaires de Nancy, 113 p.
- JAGER G. and BRUINS E.H.**, 1975. — Effect of repeated drying at different temperatures on soil organic matter decomposition and characteristics and on the soil microflora Soil Biol. and Biochem. 7, 153-159.
- JENKINSON D.S.**, 1966. — Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the biomass. J. Soil Sci., 17, 280-300.
- JUMA N.G., PAUL E.A.**, 1984 — Mineralizable soil nitrogen : amounts and extractability ratios. Soil Sci. Soc. of Amer. Jour., 48, 76-80.
- KIEFT T.L., SOROKER E., FIRESTONE M.K.**, 1987. — Microbial biomass response to a rapid increase in water potential when dry soil is wetted. Soil. Biol. and Biochem., 19,119-126.
- MACHET J.M., PIERRE D., RECOUS S., REMY J.C.**, 1987. — Signification du coefficient réel d'utilisation et conséquence pour la fertilisation azotée des cultures. C.R. Acad. Agric. Fr., 73, 39-55.
- MARTIN J.P. and HAIDER K.**, 1971 — Microbial activity in relation to soils humus formation. Soil Science, 107, 260-270.
- MARY B. et REMY J.C.**, 1979. — Essai d'appréciation de la capacité de minéralisation de l'azote des sols de grande culture. I. Signification de la cinétique de minéralisation de la matière organique humifiée. Ann. Agron., 30, 513-527.
- OIEN A. and SELMER-OLSEN A.R.**, 1980. — A laboratory method for available nitrogen in soil. Acta Agriculturae Scandinavia, 30, 149-156.
- ORCHARD V.A. and COOK F.J.**, 1983. — Relationship between soil respiration and soil moisture. Soil Biol. and Biochem., 15, 447-453.

- PERSSON J.**, 1981. — Influence of mineral and organic fertilizers on the humus balance and humus formation. C.R. Colloque Humus et Azote, Reims, 82-87.
- RICHTER J., NUSKE A., HABENICHT W. and BAUER J.**, 1982. — Optimized N-mineralization parameters of loess soils from incubation experiments. Plant and Soil, 68, 379-388.
- SCHNITZER M.**, 1981. — Toward a better understanding of the interrelationship between humus and nitrogen ; a key economic and scientific problem in international agriculture. C.R. Colloque Humus et Azote, Reims, 1-15.
- SINHA M.K., SINHA D.P. and SINHA H.**, 1977. — Organic matter transformations in soils. V. Kinetics of carbon and nitrogen mineralization in soils amended with different organic materials. Plant and Soil, 46, 579-590.
- SMITH J.L., SCHNABEL R.R., McNEAL B.L. and CAMPBELL G.S.**, 1980. — Potential errors in the first order model for estimating soil nitrogen mineralization potentials Soil Sci. Soc. Amer. J., 44, 996-1000.
- SORENSEN L.H.**, 1974. — Rate of decomposition of organic matter in soil as influenced by repeated air drying-rewetting and repeated additions of organic material. Soil Biol. and Biochem., 6, 287-293.
- STANFORD G.**, 1969. — Extraction of soil organic nitrogen by autoclaving in water : 2. A kinetic approach to estimation the NaOH distillable fraction. Soil Science, 107, 323-328.
- STANFORD G. and SMITH S.J.**, 1972. — Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, 465-472.
- STANFORD G. and SMITH S.J.**, 1976. — Estimating potentially mineralizable soil nitrogen from a chemical index of soil nitrogen availability Soil Science, 122, 71-76.
- STANFORD G. and SMITH S.J.**, 1978. — Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. Soil Science, 126, 210-218.
- VONG P.C.**, 1987. — Contribution à l'étude cinétique des différents compartiments azotés contenus dans des sols cultivés après apports de fertilisants minéraux et organiques. Thèse de Docteur d'Etat, INPL, 217 p.