

Note sur l'influence du régime thermique et hydrique sur l'ammonification et la nitrification dans un sol de savane sahélienne

France BERNHARD-REVERSAT

Laboratoire d'Écologie Végétale, ORSTOM, B.P. 1386, Dakar, Sénégal

RÉSUMÉ

L'influence de la température et de l'humidité du sol sur la minéralisation de l'azote a été étudiée in vitro sur un sol de savane sahélienne. L'ammonification augmente avec la température, alors que la nitrification est inhibée par des températures supérieures à 40° ; aucune inhibition n'est observée lorsque le sol est soumis à une alternance thermique nyctémérale de 32° et 42°. De courtes périodes de dessiccation provoquent une légère augmentation de la minéralisation. La teneur en eau du sol a une influence relativement faible entre 3 % et 15 %, valeur proche de la saturation.

SUMMARY

ABOUT THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON AMMONIFICATION AND NITRIFICATION IN A SAHELIAN SAVANNA SOIL

The influence of soil temperature and humidity on nitrogen mineralization was studied in vitro on a sahelian savanna soil. Ammonification was increased by increasing temperature, and nitrification was inhibited by temperatures higher than 40° C ; no inhibition was observed with a night/day temperature alternance of 32°/42° C. Mineralization was slightly increased by short dry periods, and was relatively little affected by soil water content between 3 % and 15 %, near the saturation value.

INTRODUCTION

Les sols de la zone sahélienne sont soumis, dans l'horizon superficiel, à des températures élevées et à des dessiccations fréquentes pendant la période d'activité biologique (saison des pluies). Or, en zone semi-aride, c'est dans l'horizon superficiel que se trouve principalement la matière organique et que se situe l'activité microbienne la plus intense (BARTH et KLEMMEDSON, 1978).

La zone étudiée se situe au nord du Sénégal (BILLE *et al.*, 1972) dans une région recevant en moyenne 320 mm de pluie par an, avec 13 jours de pluie répartis en 3 ou 4 mois (juillet à septembre-octobre). Pendant cette période, la température du sol peut atteindre 50° en surface et dépasse 40° à 5 cm de profondeur. La nuit, la température s'abaisse jusqu'à 32-34° (POUPON, 1978). Des mesures de la minéralisation de l'azote *in situ* (BERNHARD-REVERSAT, 1977) ont montré des variations liées au temps, à la pluviométrie, au couvert végétal. Afin de tenter de

préciser le rôle de divers facteurs, il était nécessaire de les étudier *in vitro*. Quelques facteurs physiques ont été examinés dans le présent travail.

Pour évaluer l'effet de la température sur la minéralisation de l'azote, des incubations de sol humidifié à l'humidité équivalente (7 %) ont été faites à 32°, 36° et 45°, tandis que d'autres incubations étaient conduites à 32° la nuit et 42° le jour, avec 60 à 70 g de sol dans des fioles coniques de 250 ml fermées non hermétiquement avec du papier d'aluminium.

Des rythmes d'alternance de périodes sèches et humides ont été obtenus grâce à l'utilisation, pour

les incubations, de boîtes plates contenant 100 g de sol qui permettaient, lorsqu'elles étaient ouvertes et placées dans un séchoir à 36°, une dessiccation du sol en quelques heures. On a ainsi provoqué des périodes sèches de 1, 2 et 5 jours par semaine pendant 3 à 5 semaines.

Le sol utilisé est un sol ferrugineux tropical peu lessivé développé sur des dunes de sable. Pour avoir une teneur en matière organique suffisamment élevée, on a choisi de prélever l'horizon 0-5 cm, sous arbres ou à découvert (tabl. I). Les prélèvements ont été faits en saison sèche.

TABLEAU I

Teneur en C et N total des échantillons de sol étudiés et teneurs initiales en azote minéral

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	D1	D2
C mg/g de sol	8,7	6,4	8,9	8,2	11,5	7,2	7,4	8,6	4,2	2,6
N total mg/g de sol	0,97	0,61	1,00	0,76	0,99	0,84	0,74	0,81	0,34	0,23
N-NH ₄ µg/g de sol	10,0	6,3	7,3	6,3	12,0	7,3	10,9	6,8	4,7	3,6
N-NO ₃ (1) µg/g de sol	6,7	3,0	24,8	12,8	24,0	16,0	3,7	30,5	1,4	1,4
Végétation	<i>Acacia senegal</i> + Strate herbacée						<i>Balanites aegyptiaca</i> + strate herbacée		Strate herbacée	

(1) La teneur du sol en azote nitrique, toujours faible en fin de saison des pluies augmente en saison sèche s'il y a eu des pluies occasionnelles.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Influence de la température sur l'ammonification

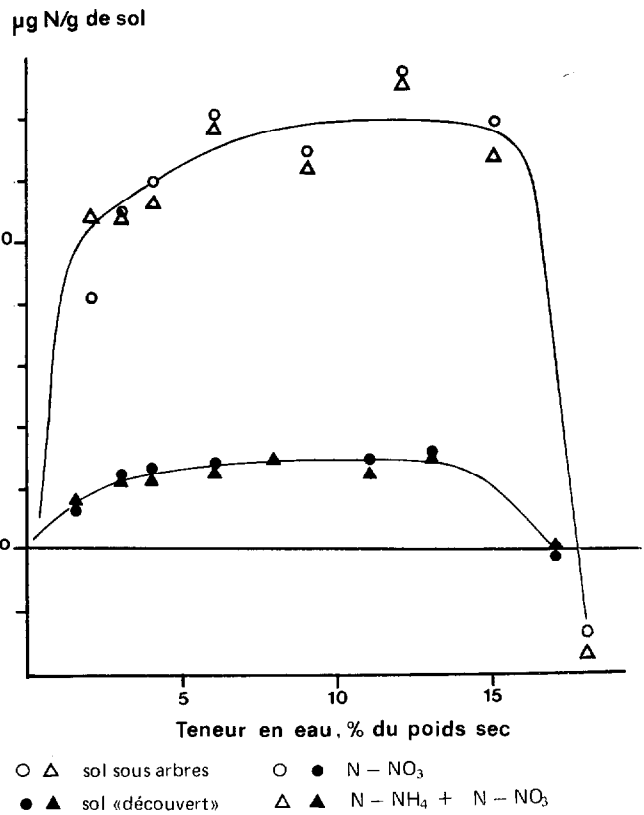
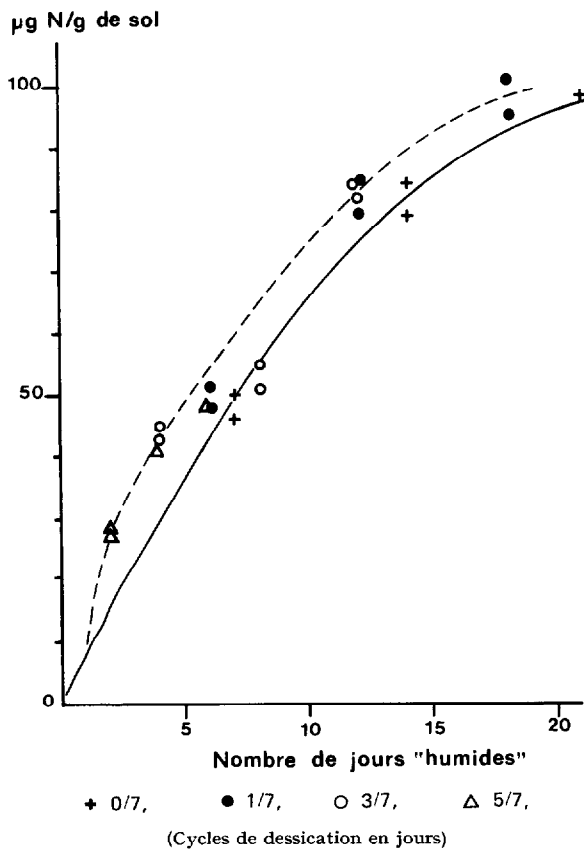
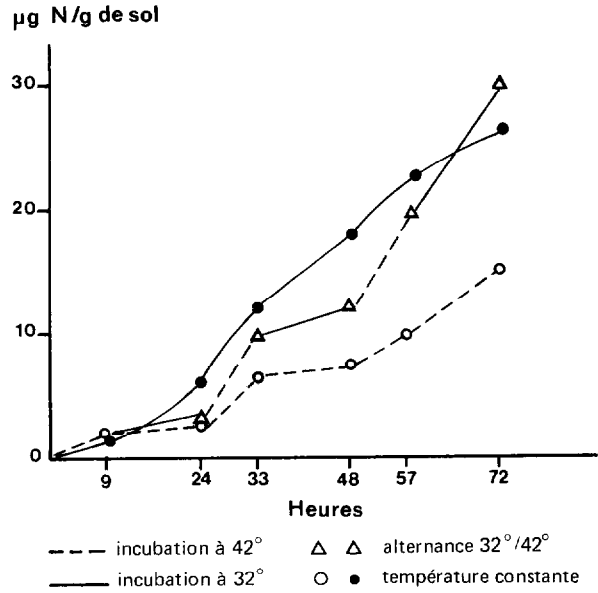
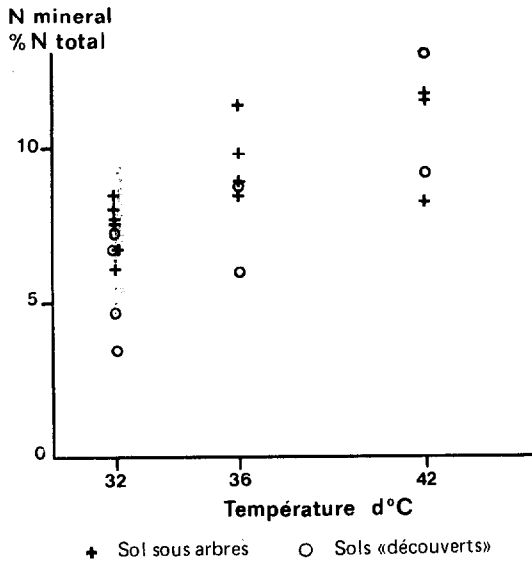
Les résultats d'un certain nombre d'incubations faites avec différents échantillons de sols ont été réunis dans la figure 1. La production d'azote minéral en 2 semaines à 32° est de 3,5 à 8,5 % de l'azote total, et à 42° elle est de 8 à 13 %, soit une augmentation moyenne de 5 % de l'azote total pour 10° de température. Dans le type de sol étudié, le maximum se situerait vers 50°-60° (MOUREAUX, 1967).

L'alternance de température a été de 9 heures à 42° et 15 heures à 32° par 24 heures, ce qui donne

une moyenne pondérée de 35,7°. Si pour chaque série d'incubations on place la valeur de la minéralisation obtenue avec ce régime sur la courbe obtenue avec les points 32° et 42°, on obtient le plus souvent une équivalence avec une température de 34° à 37°, donc proche de la moyenne pondérée. Ceci semble indiquer que l'ammonification reste régie par la même relation qu'avec la température constante.

2. Influence de la température sur la nitrification

La nitrification est partiellement inhibée par des températures élevées, ce qui conduit à une accumulation d'azote ammoniacal. Si certains échantillons ont



De gauche à droite, de haut en bas :

FIG. 1. — Relation entre la température et le gain en azote minéral pour 2 semaines d'incubation. FIG. 2. — Production d'azote nitrique en début d'incubation à différents régimes thermiques. FIG. 3. — Influence de courtes phases de dessiccation sur la production d'azote minéral dans le sol. FIG. 4. — Influence de l'humidité du sol sur la production d'azote minéral en 3 semaines d'incubation à 32°.

montré cette restriction dès 36°, elle est observée dans presque tous les cas à 42° (tabl. II).

L'inhibition est prononcée pendant la première semaine d'incubation, puis elle diminue ou même disparaît pendant les semaines suivantes.

MOUREAUX (1967) a observé pour ce type de sol un maximum de nitrification à 40° après 28 jours

d'incubation, ce qui concorderait avec les résultats obtenus ici pour les sols prélevés en découvert.

Dans les sols incubés avec alternance de températures, l'azote minéralisé est le plus souvent totalement nitrifié. En début d'incubation, le dosage de l'azote minéral à chaque changement de température (fig. 2, sol A6) montre plutôt une stimulation de la

TABLEAU II

Gain en azote nitrique et ammoniacal à différentes températures, après 1 et 3 semaines d'incubation (N µg/g de sol)

Échantillon	Temps semaines	32°		42°		32°/42°	
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
A1	1	84	— 9	15	66		
	3	98	— 9	126	1		
A3	1	45	— 2	39	38	61	2
	3	88	— 3	71	63	101	— 3
A4	1	39	0	13	63		
	3	72	— 2	32	63		
A5	1	44	— 4	36	16	50	— 6
	3	70	— 8	84	20	98	— 8
B2	1	32	— 2	38	45	49	— 2
	3	87	— 7	47	62	107	— 2
D1	1	7	— 1	15	18	15	1
	3	25	— 1	45	2	33	0
D2	1	4	0	17	1		
	3	13	— 3	26	— 2		

nitrification pendant la période diurne. Ce n'est que lorsque le sol reste plus de 24 heures à 45° que se manifeste une inhibition.

3. Influence de courtes périodes de dessiccation

Il a été souvent observé (BIRCH and FRIEND, 1956, DOMMERGUES et MANGENOT, 1970) que les sols soumis à des phases de dessiccation ont un taux de minéralisation de l'azote plus élevé que ceux qui sont constamment humides. En appliquant des périodes sèches de 1 à 5 jours, on a observé un effet stimulant

sur la minéralisation, si on se réfère au nombre de jours où le sol est humide. Toutefois, cet effet est peu prononcé, l'augmentation étant de 6 à 13 % après 10 jours (tabl. III). L'effet stimulant de la dessiccation ne se fait sentir que pendant le début de l'incubation, au cours de la phase de minéralisation rapide (fig. 3).

Dans les sols soumis à la dessiccation, le nombre de jours de sécheresse n'influence généralement pas les résultats qui se situent sur la même courbe en fonction du temps.

On peut donc estimer que la minéralisation de l'azote est fonction du nombre de jours où le sol est

TABLEAU III

Comparaison de la minéralisation de l'azote dans du sol constamment humide (H) ou soumis à des périodes sèches (S), exprimée en $\mu\text{g N/g}$ de sol pour 10 jours « humides »

Échantillon	température	H	S	Augm. %
A1	32°	68	76	11,8
A1	36°	83	92	10,8
A1	42°	94	100	6,4
A2	36°	48	51	6,2
A3	32°	52	58	11,5
A3	42°	94	88	—
B1	36°	47	53	13,8

humide, lorsque les périodes sèches sont relativement courtes, ce qui est le cas pendant la saison des pluies. On sait par contre que les périodes sèches longues de plusieurs mois ont un effet stimulant très marqué et que la saison sèche joue un rôle important dans les transformations de l'azote du sol. Selon CHARLEY (1972), des périodes sèches de 2 semaines ont un effet stimulant marqué surtout pour les premiers cycles de dessiccation. Il observe après 28 semaines une augmentation, par rapport au sol constamment humide, de 10 % dans un sol à teneur en azote élevée et de 140 % dans un sol pauvre en azote.

4. Influence de l'humidité du sol sur la minéralisation

Des incubations conduites sur le sol A4 à différentes humidités, échelonnées jusqu'à la saturation, montrent que la production d'azote minéral est peu sensible à l'humidité du sol au sein d'une marge allant de 3 à 15 % d'eau (fig. 4), la capacité au champ se situant autour de 7 %. L'humidité optimum dépend de la température d'incubation (fig. 5).

L'activité minéralisatrice commence donc dans le sol très peu humide bien que les sols ferrugineux tropicaux soient classés par DOMMERGUES (1961) comme sols à matière organique hygrominéralisable. Ces sols sableux contiennent très peu d'argile et, avec 3 % d'eau, le pF n'est pas très élevé. D'après CORNET (communication personnelle) il se situe vers 2,7-2,9 pour les sols découverts de dune (4,0 à 4,5 % de matière organique) et serait plus élevé, entre 3,5 et 4,2 pour les sols plus riches en matière organique prélevés sous arbres.

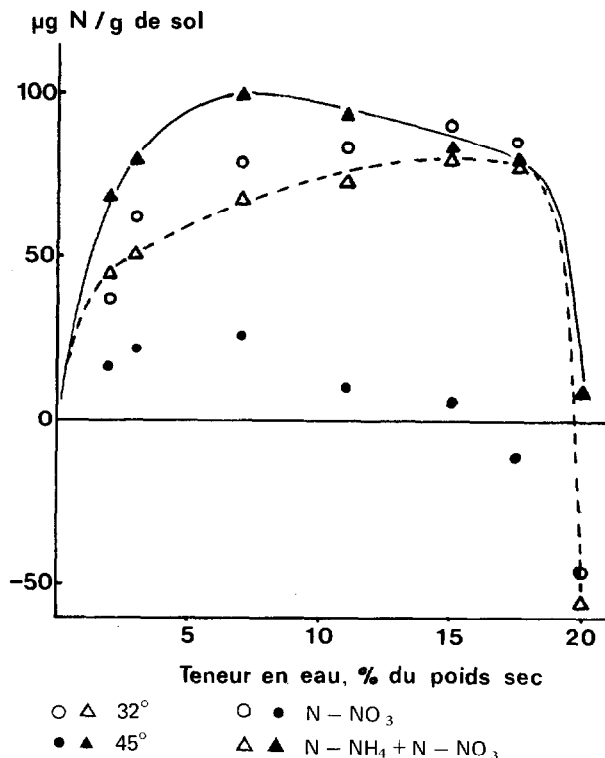


FIG. 5. — Influence de l'interaction entre l'humidité et la température sur la production d'azote minéral en 2 semaines d'incubation.

CONCLUSIONS

Ces observations donnent quelques indications sur le comportement de l'azote du sol *in situ*, et sur les possibilités d'estimation de la production d'azote minéral pendant une saison des pluies.

Il est évident que la minéralisation est d'abord dépendante de la présence d'eau dans le sol. Avec des pluies intenses comme le sont souvent celles des régions tropicales, le sol est rapidement humidifié. La minéralisation démarre dès que le sol est humide, et on a observé *in vitro* qu'après 6 heures d'incubation la production d'azote minéral était de 10 % de la quantité produite en 30 jours. Après la pluie, le drainage est rapide et le sol superficiel ne reste humide que 1 à 2 jours. Pendant cette période la production d'azote minéral semble peu dépendante de la quantité d'eau, et le facteur eau peut être considéré, en première approximation, comme un facteur « tout ou rien ».

La température est assez peu variable pendant la saison des pluies, la principale variation étant liée au rythme nyctéméral, qui a la même influence sur la minéralisation que la température moyenne. L'effet

des températures élevées autour de 50°, que peut atteindre la surface même du sol, n'a pas été examiné.

Une courbe de la production d'azote minéral en fonction du temps, établie pour la température moyenne et avec des périodes de dessiccation, devrait permettre une estimation de la minéralisation de l'azote *in situ* dans un site donné, si l'on a une estimation du nombre de jours où le sol est humide (données pluviométriques) et de sa teneur en azote total. En effet, parmi les autres facteurs qui interviennent, la teneur en azote total est un des principaux, et fera l'objet d'une note ultérieure.

*Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'ORSTOM
le 4 juin 1980*

BIBLIOGRAPHIE

- BARTH (R. C.) et KLEMMEDSON (J. O.), 1978. — Shrub-induced special patterns of dry matter, nitrogen, and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 42 : 804-809.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1977. — Observations sur la minéralisation *in situ* de l'azote du sol en savane sahélienne (Sénégal). *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, vol. XII, n° 4 : 301-306.
- BILLE (J. C.), LEPAGE (M.), MOREL (G.) et POUPON (H.), 1972. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne au Ferlo septentrional, Sénégal : présentation de la région. *La Terre et la Vie*, 26 : 332-350.
- BIRCH (H. G.) and FRIEND (M. T.), 1956. — Humus decomposition in east african soils. *Nature*, 178 : 500-501.
- CHARLEY (J. L.), 1972. — The role of shrubs in nutrient cycling. *In* : Wildland shrubs. Their biology and utilisation. U.S.D.A., Forest service, *general techn. rep. int-1* : 182-203.
- DOMMERMUES (Y.), 1961. — Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale. Thèse, Nancy.
- DOMMERMUES (Y.) et MANGENOT (F.), 1970. — Écologie microbienne du sol. Masson éd., Paris, 796 p.
- MOUREAUX (C.) et SAMB (A.), 1967. — Influence de la température et de l'humidité sur les activités biologiques de quelques sols ouest-africains. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. V, n° 4 : 393-420.
- POUPON (H.), 1978. — Analyses des données météorologiques recueillies à Fété-Olé (Nord du Sénégal) de septembre 1968 à décembre 1977. *Doc. Techn.* 4, ORSTOM-Dakar, 21 p.