

REPUBLIQUE DU SENEGAL

P R I M A T U R E

SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
(S. E. R. S. T.)

COMPARAISON DE QUATRE FORMES D'ENGRAIS AZOTES
SUR SOL DE RIZIERE SABLEUX ET ACIDE DE CASAMANCE

M. TOURE
M. KHOUMA
Agropédologues

Novembre 1980

Centre de Recherches Rizicoles de Djibélor



INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

COMPARAISON DE QUATRE FORMES D'ENGRAIS AZOTES
SUR SOL DE RIZIERE SABLEUX ET ACIDE DE CASAMANCE

M. TOURE
M. KHOUMA
Agropédologues

RESUME :

Deux formes d'engrais azotés à libération lente (S.C. et N-lignine) sont comparées aux deux formes traditionnelles les plus couramment utilisées en rizière (Urée et sulfate d'ammonium). L'essai a été mené dans des micro-rizières en conditions semi-contrôlées sur un sol sableux et acide du Centre de Recherches Rizicoles de Djibélor (Casamance).

Au niveau de l'expression des rendements en grains, l'urée s'est révélée significativement supérieure aux 3 autres formes. Aucune différence significative n'a été notée entre la dose de 60 et celle de 120 unités d'azote/ha.

De tous les paramètres étudiés, seule la teneur en N des feuilles a pu être mise en parallèle avec les rendements observés dans les traitements urée.

COMPARAISON DE QUATRE FORMES D'ENGRAIS
AZOTES SUR RIZIERE SABLEUSE ACIDE DE CASAMANCE

INTRODUCTION

La cherté des engrais azotés a fait ressentir le besoin de plus en plus pressant de réorienter les efforts en matière de fertilisation azotée vers des préoccupations de minimisation des pertes. Les engrais azotés, obtenus principalement par voie de synthèse, sont grands consommateurs d'énergie et par conséquent, à prix relativement élevés.

Dans le milieu spécifique que constitue la rizière sous submersion prolongée, des pertes par dénitrification de l'ordre de 25 à 50 % de l'engrais ajouté peuvent être enregistrées (Garcia 1978). L'existence en surface d'une zone oxydée de quelques millimètres à quelques centimètres favorise, dans ce milieu la transformation des engrais ammoniacaux en nitrates qui diffusent rapidement dans la zone réduite sous-jacente où ils sont dénitrifiés.

La vitesse et l'ampleur de cette dénitrification sont sous la dépendance étroite des conditions du milieu telles que pH, température, richesse en carbone organique etc. Cette dénitrification semble être l'une des plus importantes composantes des pertes d'azote, suivies par le lessivage (RAJALE ET RAJENDRA, 1973).

De judicieuses pratiques agronomiques ont cependant permis dans certains cas, de réduire sensiblement les pertes d'azote. Parmi celles-ci, il faut signaler le fractionnement et le placement en profondeur des engrais azotés. L'urée piégée dans de petites boules de terre fine séchée a donné des résultats intéressants sur sol sableux de Djibélor, lorsque ces dernières (mud-balls) étaient placées à 10 cm de profondeur près des plants de riz (Djibélor, 1977, 1978, 1979).

Depuis quelques années, un intérêt sans cesse croissant est porté aux inhibiteurs ou retardateurs de la nitrification. Parmi ceux-ci, on peut citer le N-serve (2 chloro - 6. (trichlorométhyl) pyridine et l'AM (2 chloro- 4 chloro 6 méthyl pyrimidine).

.../...

De même, de nombreux produits d'enrobage de l'urée ont été mis au point, soit avec du matériel synthétique, soit avec du soufre (Urea form, S.C.U, Isodur, Crotodur). L'intérêt de ces produits réside en ce qu'ils favorisent une libération lente de l'azote, permettant ainsi à la plante de l'utiliser au mieux. Là où des difficultés de fractionnement de l'azote existent (excès d'eau par exemple), l'utilisation des engrais retard en un seul apport serait d'un grand intérêt.

En Inde, les tourteaux de graines de neem (*Azadirachta indica* Juss) se sont révélés très efficaces pour leurs propriétés inhibitrices de nitrification. Ainsi l'urée en mélange ou enrobée avec ces tourteaux, voit son efficience pour le riz augmenter (Reddy and al 1977).

Le but de cette étude est de comparer aux deux engrais azotés les plus couramment utilisés en rizière (Urée et sulfate d'ammonium), deux nouvelles formes d'engrais:

- le Sulphur Coated Urea (S.C.U.) ou urée enrobée de soufre,
- la N-Lignine qui est un produit de synthèse obtenu par ammonisation oxydative de liqueurs contenant de la ligne et provenant des industries de la cellulose. Ce produit contient de 18 à 20 % d'azote.

METHODOLOGIE

L'essai est mené en conditions semi-contrôlées, sous abri et selon le dispositif de simulation des rizières, dans des pots en plastique. Ces pots munis d'un système de drainage ont une contenance d'environ 10 kg de terre séchée et démoûtée ; ils sont submergés à l'eau déminéralisée et installés dans un bac rempli d'eau pour maintenir une température constante.

Le dispositif expérimental est celui des blocs de fisher avec 5 répétitions.

Le sol utilisé se caractérise par sa texture grossière, son extrême acide et sa pauvreté chimique marquée :

Les doses d'azote utilisées sont de 60 et 120 kg de N/ha pour chaque source. Un témoin absolu et un témoin P.K sont adjoints aux traitements.

.../...

Tableau 1 : Analyse de l'horizon 0-20cm

Argile	5 %	L'urée et le sulfate d'ammonium sont apportés 1 mois après repiquage. Le S.C.U et la N-lignine sont incorporés au sol juste avant submersion. Le phosphore et la potasse sont apportés avant repiquage, à la dose de 100 kg/ha, sous forme respectivement de supertriple et de chlorure de potasse. Toutes ces combinaisons aboutissent aux traitements suivants :
Limon	4 %	
Sables très fins	7 %	
Sables fins	26 %	
Sables grossiers	57 %	
Matière organique	1 %	
Carbone	5,8%	
Azote	1,0%	
C/N	5,8	
pH	4,5	
C,E 1/10	0,1mmhos/cm	

- | | |
|--|--|
| T0 = Témoin absolu | T1 = témoin sans azote |
| T2 = Urée (N ₁) | T3 = Urée (N ₂) |
| T4 = (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₁) | T5 = (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₂) |
| T6 = N-Lignine (N ₁) | T7 = N-Lignine (N ₂) |
| T8 = S.C.U. (N ₁) | T9 = S.C.U. (N ₂) |

N₁ = 60 unités/ha de N N₂ = 120 unités/ha de N

Des plants de riz de la variété chinoise Ikong Pao âgés de 3 semaines ont été repiqués à raison de 2 plants par pot.

Un prélèvement de la solution du sol est effectué tous les 15 jours pour l'analyse des différents paramètres électriques, électrochimiques et chimiques, selon les méthodes conventionnelles utilisées en chimie des sols submergés.

RESULTATS ET DISCUSSIONS:

Rendements en grain (gramme/pot)

T ₁	5,81	a	Les traitements urée se sont révélés significativement supérieurs à tous les autres (P.P.D.S à 5%). Au niveau de la dose, aucune différence significative n'est à signaler entre l'urée à 120 unités de N et l'urée à 60 unités de N. Les traitements S.C.U ne diffèrent pas significativement du témoin absolu (sans engrais).
T ₀	7,01	ab	
T ₉	8,49	bc	
T ₈	8,83	bc	
T ₆	9,09	c	
T ₇	9,62	c	
T ₅	9,63	c	
T ₄	9,72	c	
T ₂	11,86	d	
T ₃	13,36	d	

Rendements en paille (gramme/pot)

<u>Rendements en paille (gramme/pot)</u>			La comparaison des rendements en paille (P.P.D.S. à 5%) montre que ceux-ci sont moins homogènes que les rendements en grains pour lesquels la différenciation par source d'engrais azoté était très nette. Seules les traitements urée, les traitement $SO_4(NH_4)_2$ et le traitement S.C.U à 120 unités sont significativement supérieurs au témoin absolu. Le meilleur rendement est obtenu pour l'urée à 120 unités (T_3).
Traitement	Rendement (g/pot)	Groupement	
T0	11,45	a	
T1	13,00	ab	
T6	13,27	abc	
T7	14,02	abc	
T8	15,23	abcd	
T4	15,66	abcd	
T2	16,62	bcd	
T9	17,11	cd	
T5	18,25	d	
T3	18,92	d	

INCIDENCE DES FORMES D'AZOTE SUR LA CHIMIE DU SOL

Réaction du sol

Dans l'ensemble, le pH de tous les traitements a subi une hausse avec la durée de submersion. Les valeurs finales sont toutes voisines de 6. Aucun effet particulier de la forme d'azote ou de la dose n'a affecté l'évolution du pH. Celle-ci est conforme à ce qu'on observe généralement sur sol acide soumis à une submersion prolongée (PONNAMPERUMA and al 1966).

Potentiel d'oxydo-réduction

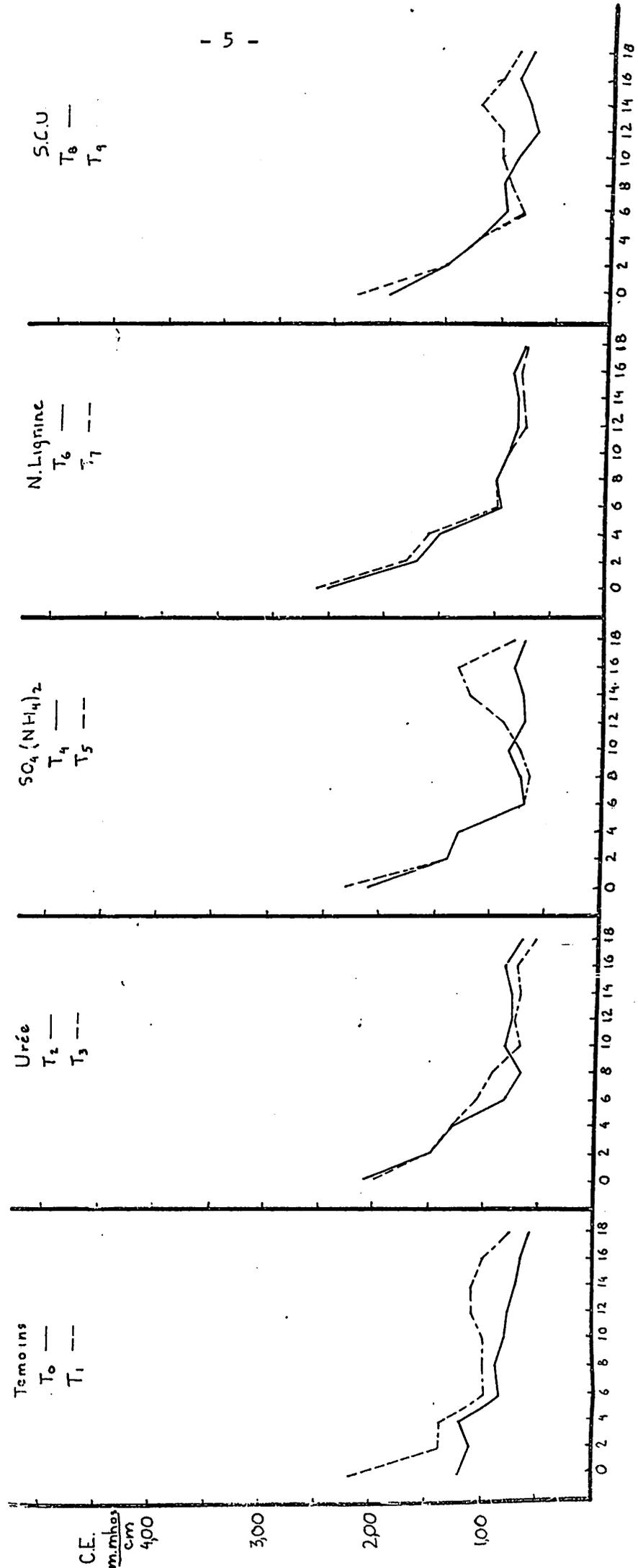
La baisse du Eh a été identique dans tous les traitements. Elle s'est caractérisée par sa rapidité. En deux semaines de submersion, les valeurs passent de 450m V à + 200m V. Avec le temps, elles se sont stabilisées autour de 170m V en moyenne. L'intensité de la réduction a été la même dans tous les traitements.

Conductivité électrique:

La conductivité électrique des solutions de sol, à l'instar du Eh, évolue dans le sens de la baisse avec la durée de submersion. Les valeurs initiales sont légèrement plus élevées dans les traitements à base de N-lignine.

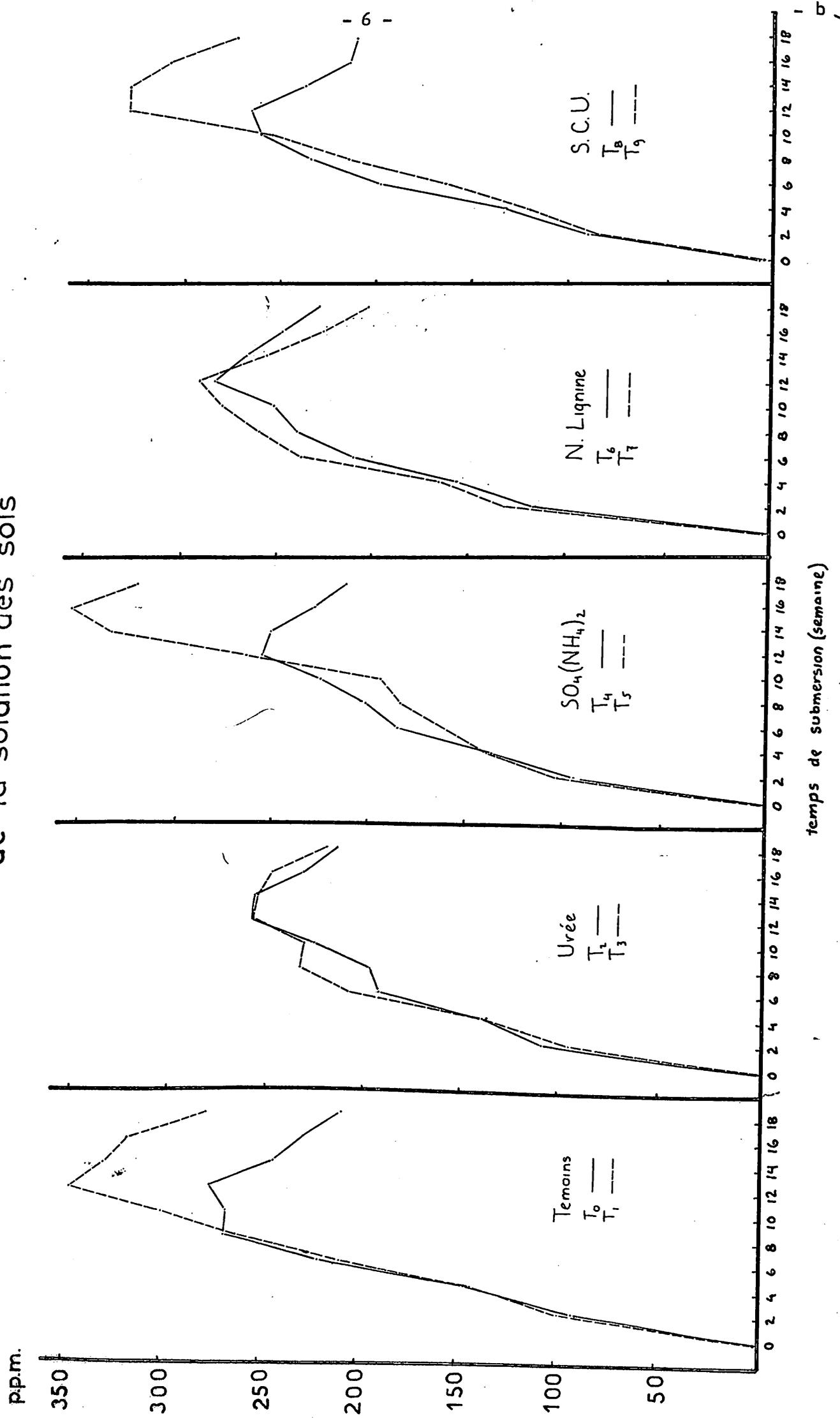
Dès la 6ème semaine, toutes les valeurs étaient inférieures à 1 mmhos/cm et le resteront jusqu'à la fin, excepté dans deux traitements (S.C.U et $(NH_4)_2 SO_4$ à 120 unités) pour lesquels,

Evolution de la C.E. de la solution des sols



temps de submersion (semaine)

Evolution du Fe^{++} de la solution des sols



la tendance à la baisse s'est inversée durant les 4 à 5 semaines qui ont suivi.

Azote minéral

Les pics de production de N-minéral se situent tous dans la 4ème semaine de submersion, quelles que soient la forme et la dose de l'engrais azoté. Les différences de teneurs entre les 2 doses d'azote sont surtout apparentes dans les traitements N-lignine et S.C.U où la dose de 120 unités a eu une contribution très positive sur l'enrichissement en azote minéral des solutions de sol. Une baisse très rapide des teneurs affecte tous les traitements entre la 6ème et la 8ème semaine. Le traitement N-lignine à 120 unités mis à part, la teneur en N-minéral semble être liée plus à la capacité du sol à fournir cet élément, qu'à la forme de l'engrais azoté. Un biais est sans doute introduit par une exportation différentielle dans les pots.

K₂O

Les faibles teneurs en K₂O enregistrées pour le témoin absolu illustrent la pauvreté du sol en potasse. L'application de KCl a nettement amélioré la teneur en potasse des solutions de sol.

La dynamique du potassium se caractérise par une diminution brutale à mesure que la durée de submersion augmente. Dès la 4ème semaine, toutes les valeurs sont diminuées au moins de moitié.

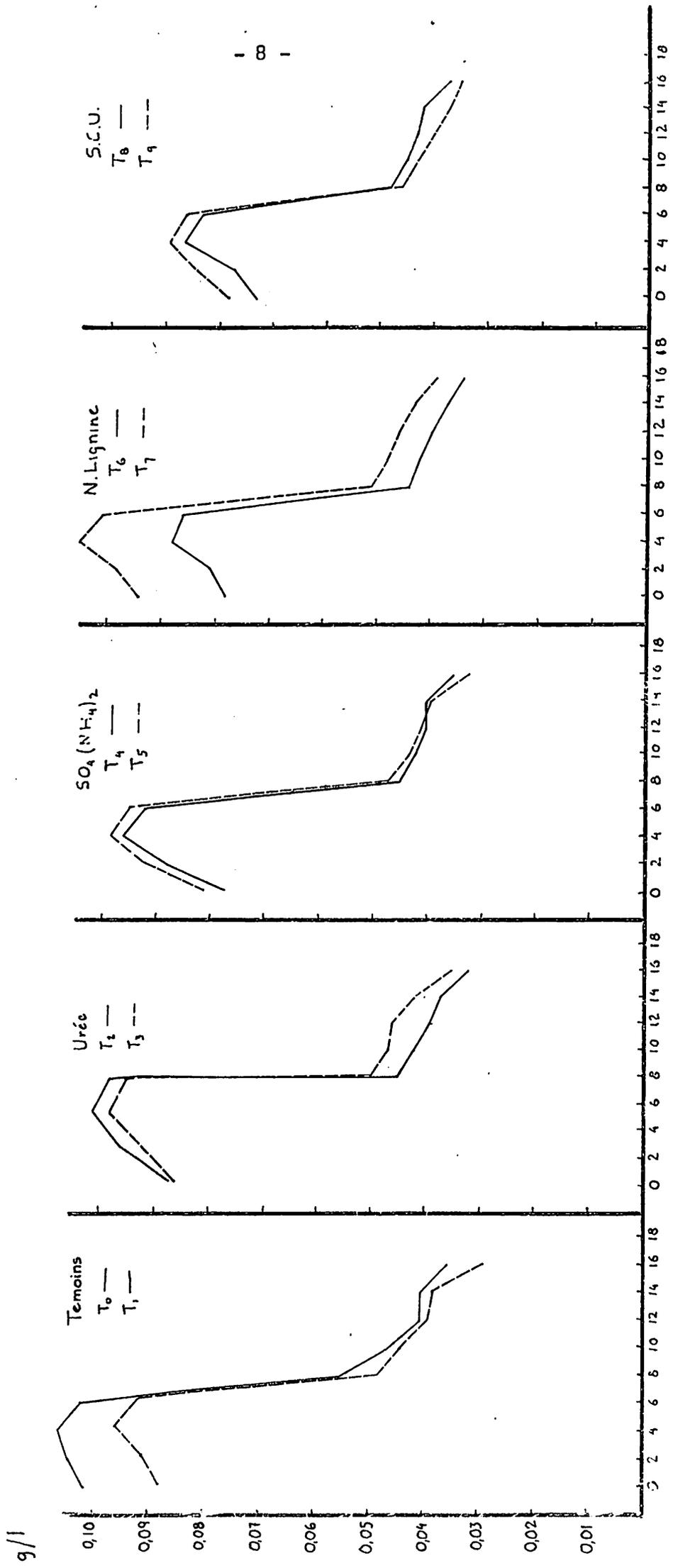
Les courbes d'évolution du K₂O sont identiques pour toutes les 4 sources d'azote avec, cependant, une contribution à la richesse en K₂O plus importante avec la dose de 120 unités de N dans les traitements urée, SO₄ (NH₄)₂ et N-lignine.

P₂O₅

Le phosphore présente une évolution semblable à celle du potassium avec, cependant, une vitesse d'appauvrissement plus grande. Ici également, le témoin absolu illustre la pauvreté du sol en P₂O₅ soluble. Dès la 2ème semaine de submersion, toutes les teneurs sont inférieures à 3 mg/litre. Mis à part le témoin absolu dont les teneurs sont restées extrêmement faibles durant tout l'essai, la courbe d'évolution du P₂O₅ présente la même allure pour tous les traitements.

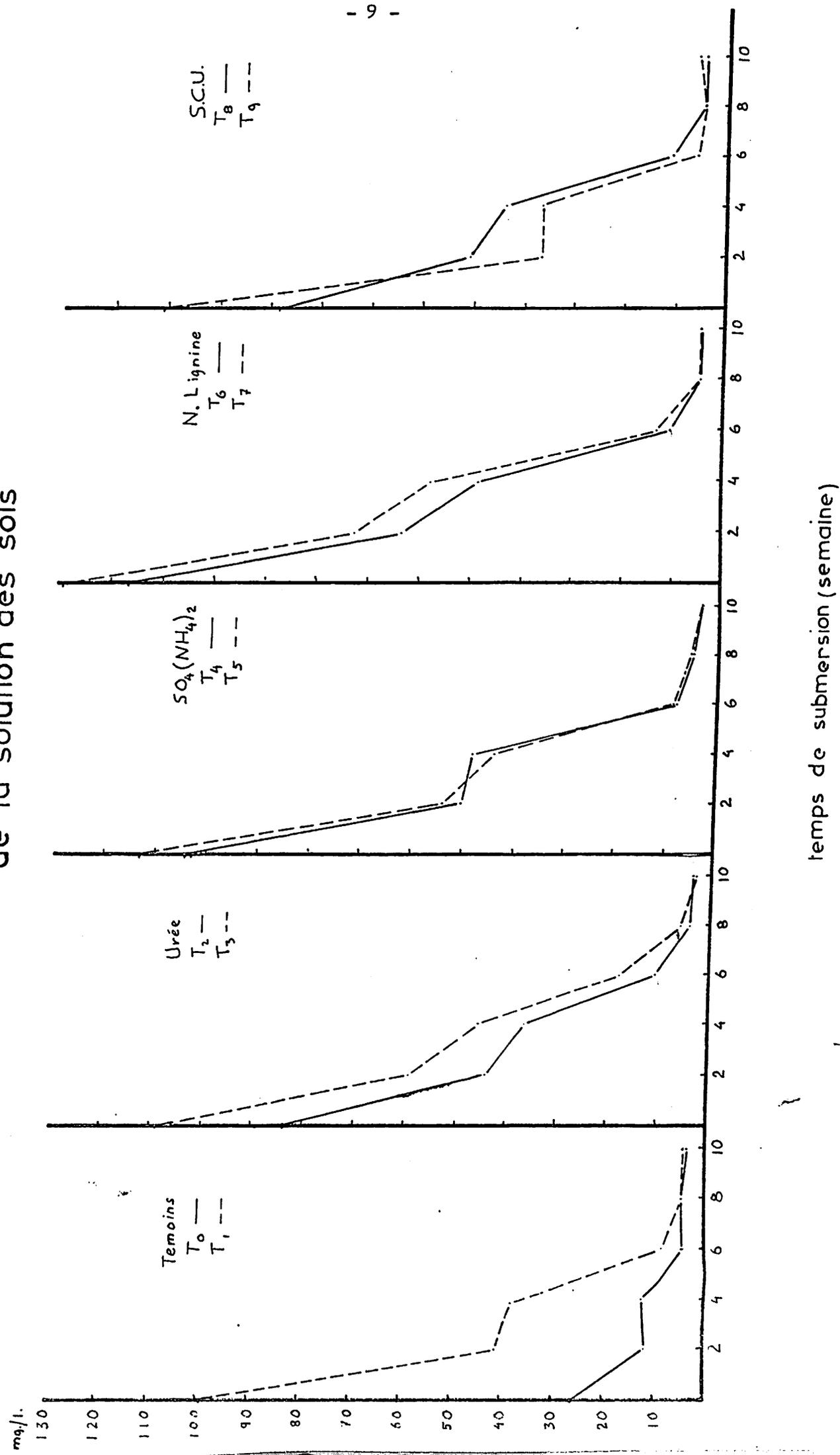
COMPARAISON DE FORMES D'ENGRAIS AZOTES FIG. 3

Evolution de
l'Azote minéral
de la solution des sols



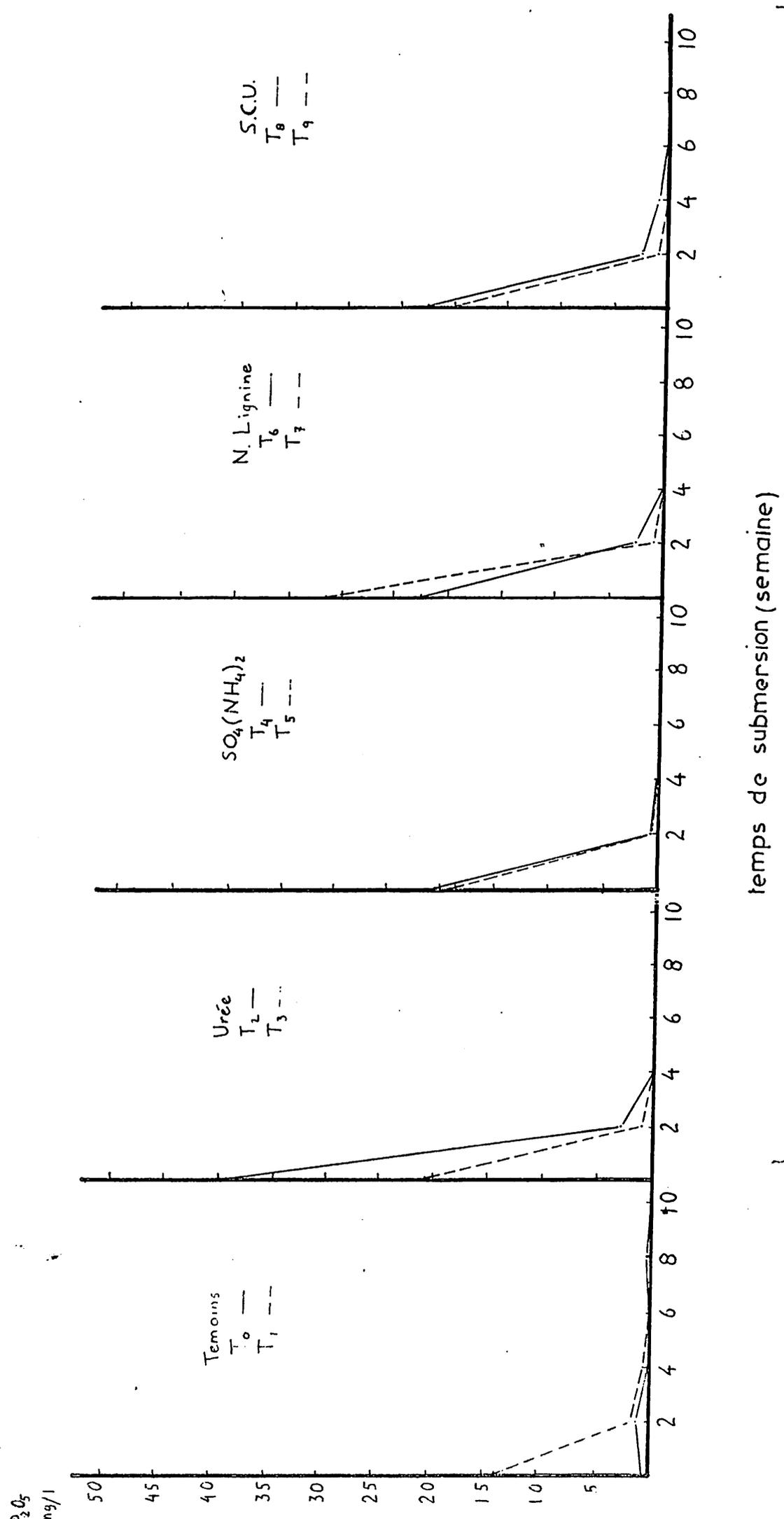
temps de submersion (semaine)

Evolution du K_2O de la solution des sols

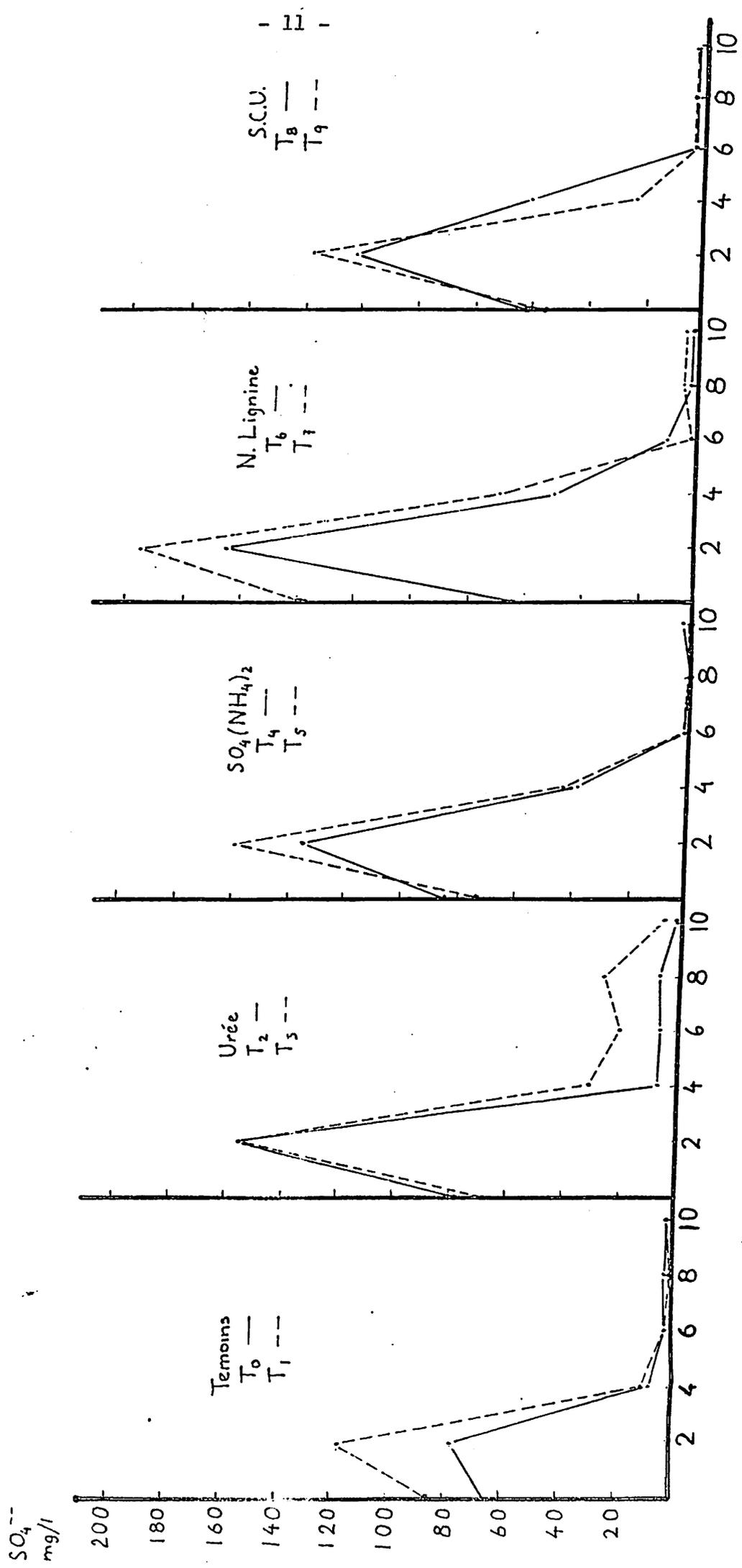


temps de submersion (semaine)

Evolution du P_2O_5
 de la solution des sols



Evolution du SO_4^{--} de la solution des sols



temps de submersion (semaine)

L'urée à 60 unités s'est détachée des autres traitements, dès le départ avec une teneur de l'ordre de 39mg/l mais très rapidement, les différences se sont estompées (2ème semaine). Il convient cependant de noter le relèvement général de niveaux de départ de P_{05} en présence de l'azote, quelle qu'en soit la forme.

SO_4^-

Les niveaux de sulfates sont généralement faibles dans la solution des sols. Ils connaissent un maximum de production qui se situe dans la 2ème semaine de submersion, pour tous les traitements. Les pics seront suivis par une baisse accentuée durant le reste de la submersion. L'azote, quelle que soit la forme sous laquelle il est apporté, a favorisé la production de SO_4^- dans la solution du sol, surtout au niveau de la dose de 120 unités. Cette contribution à l'enrichissement en SO_4^- a été moins apparente dans les traitements à base de S.C.U. où les teneurs ne diffèrent pas sensiblement de celle des témoins. La faible contribution du S.C.U. à la production de SO_4^- dans la solution du sol pourrait s'expliquer par une stimulation de la sulfato-réduction due, d'une part à l'apport de l'engrais soufré, et d'autre part au faible potentiel d'oxydo-réduction qui caractérise le milieu.

Fe^{++}

La concentration en fer ferreux, très faible au départ dans tous les traitements (entre 1 et 6 ppm), a connu un relèvement appréciable avec la durée de la submersion. Les courbes d'évolution montrent une tendance généralisée à la hausse jusqu'à la 12ème semaine de submersion qui correspond au maximum de la libération du Fe^{++} . Seul le traitement sulfate d'ammoniac à 120 unités/ha a connu son maximum de production 4 semaines plus tard, avec une valeur de 358 ppm représentant la plus forte concentration enregistrée dans cet essai.

Des 4 sources d'azote testées, l'urée est en moyenne la source ayant le moins favorisé la libération de Fe^{++} . Les différences entre doses d'azote sont surtout sensibles au niveau des traitements sulfate d'ammoniac et S.C.U où la forte dose contribue de manière plus effective à la richesse des solutions du sol en Fe^{++} (Fig.7).

Zinc, Aluminium, Silice :

Les teneurs, regroupées sous forme de moyenne sur toute la durée de la submersion, sont faibles dans l'ensemble et ne diffèrent pas sensiblement d'un traitement à l'autre. Elles sont de l'ordre de 0,5 , 1 et 6 ppm, respectivement pour Zn, Al et Si.

Ces éléments qu'on retrouve très peu sous forme soluble dans cet essai, ne semblent pas montrer une évolution liée à un effet forme d'azote quelconque.

Analyses d'extraits végétaux:

Les analyses effectuées sur feuilles, permettent d'identifier un effet positif de l'urée sur la nutrition azotée des plantes. Les traitements urée ont dosé les plus fortes teneurs en N

Analyse des feuilles (floraison)

	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Fe ppm	Mn ppm	SiO ₂ %
T0	2,5	0,5	2,9	620	190	3,2
T ₁	2,7	0,6	3,8	500	110	2,6
T ₂	4,3	0,6	3,2	780	90	1,7
T ₃	4,7	0,7	2,6	1254	130	2,1
T ₄	2,7	0,7	3,4	1148	110	2,6
T ₅	2,8	0,7	3,2	820	320	2,2
T ₆	2,0	0,6	3,5	484	170	2,4
T ₇	2,1	0,6	3,3	628	270	2,5
T ₈	1,9	0,6	3,3	612	350	2,4
T ₉	2,9	0,7	2,6	420	290	2,4

dans les feuilles, 4,3 et 4,7 % respectivement pour T₂ et T₃. Ceci est à rapprocher des rendements en grains pour lesquels, la supériorité de l'urée a été mise en évidence. Les teneurs élevées en fer du T₃ et du T₄ n'ont apparemment pas affecté les rendements. Les analyses effectuées sur les grains n'indiquent aucun effet particulier des traitements sur leur composition minérale.

Pour la paille, on note la faiblesse des teneurs en SiO_2 dans l'ensemble, ainsi que les faibles valeurs de K_2O du T0 et du T9. Les teneurs en fer sont partout élevées (supérieures à 1.200ppm dans tous les cas).

Analyse des grains :

	N %	P_{205}	K_{20}	Fe ppm	Mn ppm	SiO_2 %
T0	1,3	1	1	95	80	2,3
T1	1,4	1,1	1,1	93	110	2,2
T2	1,4	0,8	1,0	137	90	1,8
T3	1,6	0,7	1,2	99	140	1,2
T4	1,5	0,8	1,3	88	130	1,7
T5	1,8	0,8	1,3	93	160	1,2
T6	1,5	0,8	1,3	79	100	1,6
T7	1,5	0,6	1,2	82	70	1,4
T8	1,6	0,8	1,4	89	60	1,0
T9	1,7	0,8	1,2	122	50	1,5

Analyse de la paille:

	N %	P_{205}	K_{20}	Fe ppm	SiO_2 %	Zn ppm	Al %
T0	0,8	0,6	2,7	1580	7,5	75	1,0
T1	0,8	0,7	5,4	1240	6,6	85	0,7
T2	0,7	0,6	4,8	1690	4,8*	102	0,9
T3	0,9	0,8	4,3	1572	4,4*	94	0,7
T4	0,8	0,7	5,0	1635	4,1*	104	0,6
T5	0,8	0,6	5,2	1825	4,0*	93	1,0
T6	0,5	0,5	6,1	1225	7,0	52	0,7
T7	0,6	0,5	4,6	1520	6,0	56	0,9
T8	0,9	0,7	4,8	1290	6,4	36	0,8
T9	0,9	0,7	2,4	1915	6,1	78	1,2

CONCLUSION

L'étude comparative de 4 formes d'engrais azotés :

- l'urée
- l'urée enrobée de soufre (S.C.U),
- le sulfate d'ammonium,

- la N-lignine,
en sol sableux acide de plaine de la Casamance, a permis de dégager la supériorité de l'urée sur les trois autres sources. Cette supériorité s'est traduite par une augmentation significative des rendements pour les traitements urée. Au niveau de la dose, aucune différence significative n'a été notée entre l'urée apportée à 120 unités/ha et l'urée apportée à 60 unités/ha

Le suivi de l'évolution de certains paramètres chimiques et électrochimiques de la solution du sol n'indique aucune incidence majeure des formes dans l'évolution de ces paramètres. Seule une assez forte contribution du traitement N-lignine à 120/unités/ha à la richesse de la solution du sol en $N-NH_4$ a pu être établie. Cette richesse en $N-NH_4$ n'a toutefois pas été valorisée en production de grains.

Les analyses de parties végétales permettent d'avancer l'hypothèse d'une meilleure utilisation de l'azote de l'urée par les plantes. Les teneurs des feuilles des traitements urée étant nettement supérieures à celles des autres traitements. Les résultats confirment le peu d'avantages que présentent les sources d'azote à libération lente sur les sources conventionnelles (urée, sulfate d'ammonium), lorsqu'on se trouve en situation de submersion continue. Il en est tout autrement dans des conditions de submersion intermittente où l'ampleur des pertes en azote justifierait largement l'utilisation de ces sources à libération lente.

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

-:-:-:-:-

DE DATTA ET E.T. CRASWELL

Nitrogen fertility and fertilizer management in wetland rice soils.

Paper presented at the special international symposium 21-25 April 1980 on Rice Research strategies for the future celebrating the 20th anniversary of the International Rice Research Institute.

Los Baños, Philippines.

FLAIG W.

La matière organique du sol comme source de libération lente de l'azote pour les plantes.

Plant Research and development - Volume 8 (1978)

GARCIA J.L.

Etude de la dénitrification dans les sols de rizière du Sénégal.

Cah. O.R.S.T.O.M, ser. Biol. Vol. XIII n°2, 1978.

GAIKAWAD S.T, SAMANTARAY R.N ET PATNAIR S.

Efficiency of slow-release fertilizers for rice (*oryza sativa* L.)

Indian J. Agric. Sci. 42 (9) - September 1972.

INTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

Station Rizicole de Djibélor,

Rapports d'activités 1977, 1978, 1979.

PATRICK W.H, Jr and TUSNEEM M.E 1972

Nitrogen Loss From Flooded Soil

Ecology 53: 735-737 (1972).

PONNAMPERUMA, F.N., R.U. Castro, and C.M. Valencia 1969

Influence of redox potentiel and the partial pressure of carbon dioxide on the pH values and suspension effect of flooded soils.

Soil Sci. 101: 421-431.

.../...

RAJALE G.B and RAJENDRA P.

Nitrification inhibitors and slow-release nitrogen fertilizers for rice (oryza sativa).

J. Agric. Sci, Camb.

n° 80, p 479-487

(1973)

REDDY, R N S and Prasad, RAJENDRA 1977 :

Effect of variety, rates and sources of nitrogen on growth characters, yield components and yield of rice

IL RISO 26, 217-224.

TANAKA A, YOSHIDA S.

Nutritional disorders of the rice plant in Asia.

The International Rice Research Institute 1970

Los Baños, Laguna, Philippines.

WELLS B.R. and P.A. SHOCKLEY 1975

Conventional and Controlled-Release Nitrogen Sources for Rice.

Soil Science Society of America Proceedings.

Volume 59, n°3, May-June 1975.

WELLS B.R. (1977)

Nitrapyrin (2-chloro-6- (trichloromethyl) -pyridine) as a Nitrification Inhibitor for Paddy Rice .

Down to Earth, Vol 52

N° 4. SPRING 1977.