

A buried device to record a kinetic characteristic of ammonia feeding of wetland rice

Rémi Gaudin

► **To cite this version:**

Rémi Gaudin. A buried device to record a kinetic characteristic of ammonia feeding of wetland rice. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série III, Sciences de la vie, Elsevier, 1991, 313 (3), pp.221-225. <ird-00464499>

HAL Id: ird-00464499

<http://hal.ird.fr/ird-00464499>

Submitted on 30 Mar 2010

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.

Agronomie/Agronomy
(Physiologie végétale/Plant Physiology)

Un dispositif enterré pour caractériser l'alimentation ammoniacale du riz irrigué

Rémi GAUDIN

Résumé — Une petite bougie en céramique poreuse enfouie au contact d'un supergranule d'urée de 2 g est utilisée comme préleveur de solution du sol en vue d'étudier le devenir de la source ponctuelle d'azote et ses relations avec la plante. Dans le site de placement, l'évolution de l'ammoniaque dérivant du supergranule se fait en deux phases : une phase de diffusion qui dure environ 6 semaines, une phase d'absorption pendant laquelle l'ammoniaque est utilisée par les racines de façon proportionnelle à sa concentration. Ce mécanisme de premier ordre pourrait servir à définir la faculté de la plante à assimiler l'ammoniaque. Dans la pratique, sa mesure donne une indication globale de la fertilité de la rizière.

A buried device to record a kinetic characteristic of ammonia feeding of wetland rice

Abstract — A small ceramic filter candle used as a soil solution sampler is buried in contact with a 2 g urea supergranule to study the fate of the nitrogen source and its relation with the rice plant. In the placement site, the time course of ammonia concentration presents two phases: first, diffusion lasting around 6 weeks and then absorption with the particularity that roots are making use of ammonia at a rate proportional to its concentration. This first order mechanism could be employed to define ability of rice plant for ammonia assimilation. In practice, its measurement gives an index of fertility of the paddy soil.

Abridged English Version — A good practice in nitrogen fertilization of wetland rice is to bury urea or ammonia in the anaerobic layer of the soil to avoid nitrogen loss by the nitrification-denitrification process and to promote an ammonia feeding of roots ([1], [2]). With urea supergranules, the operation of deep placement can be done efficiently by hand during transplantation of rice, when the soil is still in a muddy state. This point-placement insures a good use of urea N by the aerial parts of rice ([4], [5]), except in soils presenting important drainage or low cation exchange capacity [3]. In favourable situations, ammonia deriving from fertilizer is fully intercepted by roots [6]. This view is specified by observations with a probe resting in the placement site of the supergranule: a kinetic characteristic of ammonia feeding of rice roots is thus put in evidence.

The probe is a little ceramic candle (length: 15 mm, diameter: 13 mm) commonly termed as a cup. Its extremity wall (thickness: 2 mm) is settled to touch a 2 g urea supergranule (diameter: 14 mm). The nitrogen fertilizer and the probe are facing each other. The whole set is placed at a depth of 10 cm near the center of four rice hills transplanted according to a 20 by 20 cm geometry.

5 to 8 ml of soil solution are drawn through the ceramic cup to a penicilline bottle with a vacuum pump. This operation is repeated nine times from transplantation to harvesting.

Analysis concerns ammonia (blue indophenol method, [7], [8]), nitrate (specific electrode method, [9], [10]) and pH.

The time course of ammonia concentration is compared to a situation without rice transplantation, which is described by a model of ammonia diffusion and exchange from the nitrogen fertilizer [8]. Recall that urea hydrolysis leads to important alcalinization in the placement site within a few days ([6], [8], [11]).

Note présentée par Alexis MOYSE.

The curve of the logarithm of ammonia concentration versus time (*Fig.*) is in two parts:

- the first part represents ammonia diffusion and exchange because the experimental data agree with the theoretical representation;
- the second part indicates a first order nitrogen absorption or metabolization mechanism because the experimental points are on a straight line dropping below the diffusion and exchange representation.

The curve of pH presents the same evolution : intensive acidification occurs at the same time as ammonia absorption. Nitrate stays in a range of low concentrations.

Ammonia feeding of rice roots is consequently almost exclusive. To understand its first order kinetics, it must be recalled that urea placement leads to spatial differentiation in rooting development [12]. With the conditions of spherical symmetry imposed by the deep placement of urea supergranule [8], it is evident that the placement site cannot be attained by roots before the bulb of ammonia diffusion has been colonized ([6], [12]). Because of its central position, the probe cannot record roots progression but only a temporal influence on mean ammonia concentration in the placement site.

If it is admitted that the subapical meristem drives root development, the first order mechanism could signify a direct link between kinetics of cellular division and external ammonia concentration. This property would be very similar to a conservation law because the absorbed ammonia is used to build proteins, which are the key molecules in elaboration of new root tissue. Beside regulations implicated in such a process, many agronomical trials have shown that the characteristic slope of ammonia feeding (*Fig.*) is directly related with the actual fertility of the rice field. For example, the slope is steeper in some fields which have received more P and K fertilization and this quicker assimilation is associated with an upper yield. Thus, the first order mechanism could be used to define ability of rice plant for ammonia assimilation. Practically, the slope measurement offers an index of fertility for studies on paddy soils productivity.

INTRODUCTION. — En fertilisation azotée du riz irrigué, l'enfouissement d'urée ou d'ammoniacale dans la couche anaérobie du sol conduit à privilégier une alimentation ammoniacale des racines tout en évitant une perte d'azote par le processus de nitrification-dénitrification ([1], [2]). Pour réaliser l'apport profond dans des conditions correctes, une solution originale consiste à employer des supergranules d'urée; ceux-ci sont placés à la main au moment du repiquage du riz, lorsque le sol de la rizière est encore boueux. Cette pratique donne de bons résultats agronomiques sauf dans des sols à drainage important ou à faible capacité d'échange [3]. Comparativement à une localisation en bande ou en plan, ce type d'apport assure une meilleure utilisation de l'azote de l'engrais par les parties aériennes de la plante, notamment les grains ([4], [5]). Dans les situations favorables, le placement ponctuel permet aux racines du riz d'intercepter toute l'ammoniacale qui dérive du supergranule [6]. Ce point de vue est confirmé par l'étude du devenir de l'engrais à l'aide d'une sonde placée à demeure. Les données obtenues dans ces conditions spécifiques conduisent à mettre en évidence une caractéristique de l'alimentation ammoniacale du riz.

MATÉRIEL ET MÉTHODES. — Le dispositif consiste en une petite bougie en céramique poreuse placée au contact d'un supergranule d'urée de 2 g, le tout enfoui à 10 cm de profondeur entre quatre touffes de riz repiquées selon une géométrie 20 cm sur 20 cm. La bougie est de forme cylindrique (longueur : 15 mm; diamètre : 13 mm) et présente au

supergranule un embout plat d'épaisseur 2 mm. Le supergranule est constitué d'urée compactée; son diamètre est de 14 mm.

Une dépression de 0,8 bar appliquée à la bougie permet de prélever la solution du sol. Cette opération, effectuée grâce à une pompe à vide manuelle, est répétée neuf fois au long du cycle. La solution est récupérée dans un flacon à pénicilline. Le volume recueilli, 5 à 8 ml, correspond aux besoins de dosage.

La solution est analysée le jour même en ammoniacque et nitrate; son pH est également mesuré. Le dosage de l'ammoniacque est effectué selon la méthode du bleu d'indophénol ([7], [8]). Le nitrate est dosé ionométriquement ([9], [10]) avec une électrode spécifique neuve associée à une électrode de référence (modèles 93-07 et 90-02 d'Orion), toutes deux branchées sur l'échelle potentiométrique d'un pH-mètre.

L'évolution de la concentration en ammoniacque est comparée à une situation de référence définie par un apport de supergranule en sol nu et décrite par un modèle de la diffusion de l'ammoniacque à partir de l'engrais [8]. Ce modèle indique notamment qu'après 1 mois de diffusion la concentration en ammoniacque varie peu du centre à la périphérie du volume de sol drainé lors du prélèvement (une sphère centrée sur le point d'apport du supergranule et ayant 2 cm de rayon) et que cette variation s'estompe avec le temps (14% à 1 mois; 9,6% à 2 mois).

Rappelons que l'hydrolyse de l'urée conduit en quelques jours à une forte alcalinisation du site de placement ([6], [8], [11]).

RÉSULTATS. — La courbe représentant l'évolution de la concentration en ammoniacque se décompose en deux parties (*fig.*) :

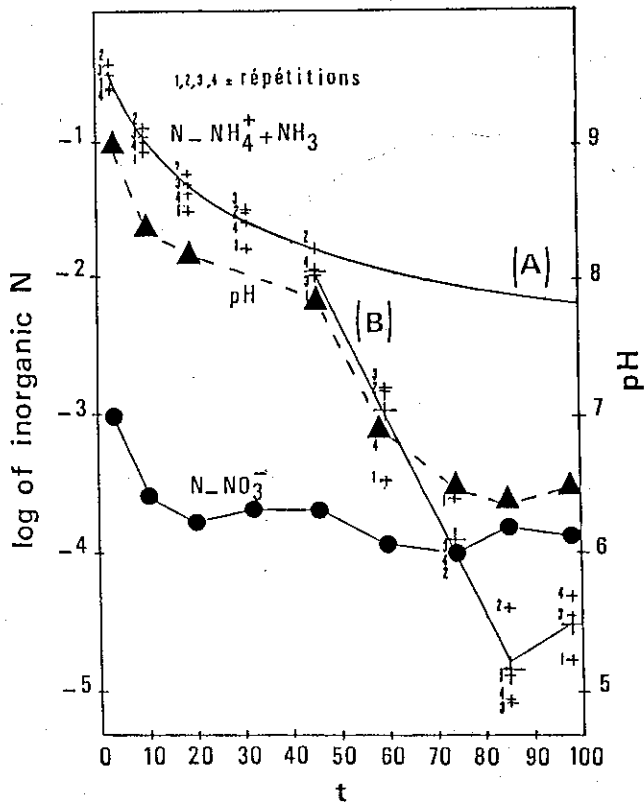
— la première correspond à la diffusion de l'ammoniacque puisqu'elle se confond avec la courbe du modèle;

— la deuxième résulte essentiellement de l'absorption de l'ammoniacque par les racines du riz, la diffusion devenant négligeable. Cette phase est gouvernée par un mécanisme du premier ordre puisque la représentation logarithmique de la concentration en fonction du temps est une droite.

La courbe retraçant l'évolution du pH présente la même évolution avec une acidification du sol très marquée au moment de l'absorption de l'ammoniacque.

Les concentrations en nitrates restent faibles.

DISCUSSION. — Ces résultats confirment la nette prédominance d'une alimentation ammoniacale de la plante et précisent que les racines utilisent l'ammoniacque de façon proportionnelle à sa concentration. Cette propriété remarquable est à mettre en rapport avec la différenciation spatiale de l'enracinement qui résulte du placement d'urée [12]. Dans le cas du supergranule, cette différenciation est assujettie à la géométrie sphérique de diffusion de l'ammoniacque [8]. La zone centrale ne peut être atteinte par les racines qu'une fois colonisé le bulbe de diffusion de l'azote ([6], [12]). De par sa position, la sonde placée au cœur du bulbe ne permet pas d'observer la composante spatiale du phénomène d'enracinement mais donne seulement accès à une composante temporelle revêtant la forme d'un mécanisme du premier ordre. Cette dernière composante semble donc combiner les deux facteurs qui constitueraient, si l'on voulait la définir, la faculté du riz à utiliser l'ammoniacque : l'un qualitatif, la rapidité d'assimilation de l'ammoniacque par une racine donnée; l'autre quantitatif, le nombre de racines dans un volume de sol donné. Au cœur du bulbe de diffusion de l'ammoniacque, la cinétique particulière de disparition de l'ammoniacque apparaît liée à l'influence de ces deux facteurs confondus.



Évolution du pH et du logarithme des concentrations en ammoniacque (+) et nitrate (mole.l^{-1}) de la solution du sol dans le site de placement d'un supergranule d'urée de 2 g. Le temps t (jours) est pris à compter de la date de repiquage du riz et du placement du supergranule d'urée. (A) Courbe théorique de diffusion et échange en l'absence de plante. (B) Courbe expérimentale en présence de plante.

Evolution of the pH and of the logarithm of ammonia (+) and nitrate concentrations (mole.l^{-1}) in the soil solution at the placement site of a 2 g urea supergranule. The time t (days) begins at transplanting of rice which is also the time of supergranule placement. (A) Theoretical curve representing the process of ammonia diffusion and exchange in a soil without plant. (B) Experimental curve with the presence of rice plants.

Du point de vue physiologique, si l'on admet que le méristème subapical commande le développement racinaire, ce mécanisme pourrait signifier une cinétique de division cellulaire directement dépendante de la concentration externe en ammoniacque. Cette propriété s'apparenterait à une loi de conservation puisque l'ammoniacque prélevée dans le sol sert à construire les molécules qui sont la clé de l'élaboration du nouveau tissu racinaire, à savoir les protéines.

En deçà des régulations impliquées dans un tel processus, différents essais agronomiques ont permis de constater que la pente qui caractérise le phénomène (*fig.*) est variable d'un site à un autre; de plus, pour un site donné, elle augmente en fonction du niveau de fertilisation phosphatée et potassique. Dans une certaine marge, une pente élevée significative d'une plus rapide assimilation de l'azote se traduit à la récolte par des rendements plus élevés; en deçà, elle indique l'inutilité de la fertilisation puisque le rendement ne diffère pas de celui du témoin; au-delà elle montre l'intérêt d'un complément d'azote. Cette pente exprime donc le niveau de fertilité de la rizière mais de façon instantanée puisque la mesure concerne la culture en cours et intègre des facteurs intrinsèques du sol et des facteurs externes, à savoir l'effet positif éventuel des apports de fertilisants ou de

fumure organique. Les études sur l'évolution à long terme de la productivité des sols de rizière pourraient donc l'utiliser comme indice de fertilité.

L'auteur remercie Le professeur P. Gadal et le personnel de l'U.A. n° 1128, pour les discussions fructueuses au cours de son stage.

Note remise le 29 octobre 1990, acceptée après révision le 25 juin 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] S. K. DE DATTA, *Principles and practices of rice production*, John Wiley and Sons, 1981.
- [2] N. K. SAVANT et S. K. DE DATTA, *Advances in Agronomy*, 35, 1982, p. 241-305.
- [3] N. K. SAVANT et P. J. STANGEL, *Fertilizer Research*, 25, 1990, p. 1-83.
- [4] Z. H. CAO, S. K. DE DATTA et I. R. P. FILLERY, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 1984, p. 203-208.
- [5] J. DUPUY, R. GAUDIN et G. D'ONOFRIO, *L'Agron. Trop.*, 45, 1990, p. 21-30.
- [6] N. K. SAVANT, E. T. CRASWELL et R. G. DIAMOND, *Fertilizer News*, 28, 1983, p. 27-35.
- [7] D. SCHEINER, *Water Research*, 10, 1976, p. 31-36.
- [8] R. GAUDIN, *Thèse de Doctorat Sciences agronomiques*, 1987, 147 p.
- [9] P. J. MILHAM, A. S. AWAD, R. E. PAULL et J. E. BULL, *Analyst*, 95, 1970, p. 751-757.
- [10] R. GAUDIN, J. DUPUY et J. RANAIVO, *L'Agron. Trop.*, 40, 1985, p. 33-39.
- [11] R. GAUDIN, *L'Agron. Trop.*, 43, 1988, p. 30-36.
- [12] J. B. PASSIOURA et W. WETSELAAR, *Plant Soil*, 36, 1972, p. 461-473.

Service de Radioagronomie,
Laboratoire des Radio-isotopes, Université de Tananarive, B.P. n° 3383, Tananarive 101, Madagascar.