

Sur la voie de vaincre l'acidité des sols en riziculture de plateau

L'ACIDITÉ DES sols est un problème majeur dans la plupart des plateaux de la zone forestière humide et elle a pour résultat une carence en phosphore pour la croissance des cultures. L'ADRAO est en train d'explorer la possibilité d'utiliser une combinaison de variétés de riz tolérantes avec des applications de phosphate naturel et d'azote en vue de permettre aux paysans d'améliorer leur production sur les plateaux.

En Afrique de l'Ouest et du Centre, près de 70 % du riz de plateau se cultive dans la zone forestière humide. Mais, la productivité du riz sur ces plateaux, tournant autour d'une tonne par hectare, est probablement la plus faible de tous les écosystèmes de production rizicole en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ces sols de plateau sont acides et l'infertilité due à cette acidité est le problème principal. Les composantes acides contenues dans le sol (aluminium et oxydes de fer) entrent en réaction avec le phosphore et les plantes en sont ainsi privées. Comme le phosphore est un élément vital pour la croissance des plantes, cette carence effective dans le sol a un impact direct sur le rendement de la culture.

Le chimiste des sols de l'ADRAO, Kanwar Sahrawat poursuit : « En examinant les sols d'Afrique de l'Ouest sur un axe Nord-Sud, on remarque que plus on va vers le Sud, plus la pluviométrie est forte et plus l'acidité des sols est importante. En même temps, on constate une réduction du phosphore dans le sol, à tel point que la carence en phosphore devient le problème d'élément nutritif le plus sérieux pour la croissance des cultures dans la zone forestière humide. » L'acidité est un problème en lui-même, parce qu'elle empêche les variétés non tolérantes d'avoir un quelconque rendement. Les variétés paysannes (connues sous le nom de races locales) sont tolérantes à l'acidité parce qu'elles ont été sélectionnées pendant plusieurs générations dans des sols acides. Les variétés améliorées de

plateau sont aussi tolérantes aux sols acides parce que les sélectionneurs ont capitalisé sur le travail des paysans et les plantes sont spécifiquement sélectionnées en sols de plateau acides. Il est reconnu dans la recherche agricole et beaucoup de milieux paysans que l'azote constitue presque toujours un facteur limitant dans la production agricole, mais dans la zone forestière humide d'Afrique de l'Ouest et du Centre, le niveau de phosphore du sol est si faible que les cultures ne peuvent pas répondre à une addition d'engrais azoté uniquement. Mais, une fois le problème de phosphore réglé, la culture a une bonne réponse à l'engrais azoté, que l'on doit donc toujours avoir à côté pour une bonne gestion des cultures.

« Déjà vers le début des années 1970, on savait que la carence en phosphore constituait un problème dans les sols tropicaux acides », explique Sahrawat. « Mais, les sols acides sont également souvent déficitaires en d'autres éléments nutritifs, calcium et magnésium. » Ainsi, dans une expérience précédente, l'ADRAO a exploré les effets de l'application de ces éléments nutritifs (en conjonction avec l'azote) dans différentes combinaisons pour voir quel rôle ils jouent dans la réduction de l'infertilité due à l'acidité du sol. Les résultats ont été concluants : l'addition de phosphore uniquement ou en combinaison avec le calcium, le magnésium ou les deux en même temps, a augmenté aussi bien le rendement en grains qu'en paille du riz de plateau. L'application de calcium, de magnésium, ou des deux, sans

phosphore, n'a pas augmenté les rendements (Tableau 1). En fait, l'addition de calcium et de magnésium aux autres engrais n'a pas eu plus grand effet sur les rendements que l'application unique de phosphore.

Cependant, d'autres problèmes d'éléments nutritifs peuvent survenir à long terme. Le physicien des sols de l'ADRAO, Sitapha Diatta, explique : « Depuis 1997, nous étudions les effets, à long terme, de la riziculture sur les réserves d'éléments nutritifs du sol. Ceci a confirmé que l'azote et le phosphore sont déficitaires dans les plateaux acides de la zone forestière humide. En plus, nos derniers résultats indiquent que le potassium pourrait aussi devenir déficitaire au cours de la troisième saison de culture. Dans la culture traditionnelle itinérante sur brûlis, ceci ne poserait pas de problème, mais comme les paysans sont obligés d'exploiter le même lopin de terre pendant plusieurs saisons et d'y revenir après des périodes de jachère de plus en plus courtes, le potassium pourrait devenir un facteur limitant sérieux. »

Il est important pour les agriculteurs de subsistance, de savoir s'ils ont besoin d'appliquer des engrais à leurs cultures, et si oui, dans quelle proportion. La prochaine étape a donc été d'évaluer la relation entre la disponibilité du phosphore dans le sol et le rendement du riz. L'expérience a été menée sur un sol ayant fait l'objet d'une fertilisation phosphatée (sous forme de



Comparaison entre une variété de riz recevant du phosphate naturel du Mali (à gauche) et le témoin de la même variété ne recevant pas d'engrais P (à droite), dans un sol de plateau acide. Notez la réduction du tallage (le sol est plus visible entre les plants) et le nombre moins important de panicules sur les plants non fertilisés

phosphate super triple disponible sur le marché) au cours de la saison précédente. Pour chaque parcelle expérimentale, le phosphore disponible a été déterminé en laboratoire. En raison des caprices des sols acides, les parcelles fertilisées au cours de la saison précédente avaient des niveaux très variés de phosphore disponible pour la croissance des plantes. Mais, ceci était positif

Tableau 1. Effets de la fertilisation au calcium, au magnésium et au phosphate sur le rendement (t/ha) de la variété de riz WAB 56-50, Ulfisol, Man, Côte d'Ivoire, 1994.

Traitement*	Rendement grains	Rendement paille
Contrôle**	2,02	2,14
P	3,14	2,99
Ca	2,11	2,43
Mg	2,28	2,86
P + Mg	2,87	2,72
P + Ca	2,79	2,79
Ca + Mg	2,12	2,28
P + Ca + Mg	2,98	2,81
LSD (0,05)	0,364	0,712

* Tous les traitements ont reçu 100 kg de N et 80 kg de K par hectare.

** Aucune application de P, Ca ou Mg.

et a permis de calibrer le rendement en grains (sous forme de rendement en grains relatif, un pourcentage du rendement maximal obtenu) comparativement au phosphore disponible. Les résultats ont établi un « seuil critique » de phosphore disponible (pour les variétés testées) de 12,5 à 15 mg de phosphore par kilogramme de sol. Lorsqu'un test de sol donne un niveau de phosphore disponible en dessous de ce seuil critique, le paysan doit appliquer de l'engrais phosphaté.

« La quantité de phosphore effectivement accumulée par les plants de riz est un autre indicateur potentiellement plus précis du rendement en grains, » explique Sahrawat. « Nous avons donc, conduit une série d'expériences pour mettre en relation la teneur en phosphore des plants et le rendement final en grains et pour mesurer le phosphore disponible dans le sol. » Pour le test des plants, les parties aériennes en entier (c'est-à-dire, toute la partie du plant au-dessus du sol) ont été collectées au stade de tallage maximal, c'est-à-dire au moment où les plantes sont au maximum de leur croissance végétative, juste avant la production des fleurs et des grains. Comme pour le sol, la teneur en phosphore des plants a été testée en laboratoire. Là encore, les résultats étaient positifs, démontrant une relation linéaire entre le phosphore absorbé par la culture (mesuré au stade de tallage maximal) et le rendement en grains final et également entre le prélèvement de phosphore de la plante et le phosphore disponible dans le sol

(Figure 3). Ainsi, une relation a été établie entre le phosphore disponible dans le sol et le rendement relatif, mais aussi (à travers la quantité absorbée par la plante) entre ce phosphore et le rendement en grains réel. Ceci veut dire que le test de sol peut servir d'indicateur direct du rendement potentiel de la culture et du besoin en engrais phosphaté.

Vers un prix abordable pour le phosphate

Un problème sérieux avec ce besoin en phosphore est le coût de l'engrais phosphaté commercial (phosphate super triple, TSP). L'expérience qui a confirmé le phosphore comme élément nutritif limitant, a utilisé 50 kg de phosphate par hectare et d'autres expériences ont même donné une meilleure réponse avec des taux de fertilisation plus élevés (par exemple 90 kg P/ha). L'engrais se vend par sac de 50 kg de TSP, mais le TSP ne représente que 20 % de phosphore, ainsi donc, 50 kg de phosphore sont équivalents à 5 sacs de TSP ! A 10.500 FCFA le sac de TSP est un investissement tout simplement hors de portée des agriculteurs de subsistance !

« Et pour compliquer le problème de coût, il faut ajouter que le TSP n'est réellement efficace dans le sol que pendant une ou deux saisons. Nos expériences de test du sol pour la disponibilité en phosphore ont montré une réponse significative de rendement au TSP appliqué en première année, par la culture de la deuxième

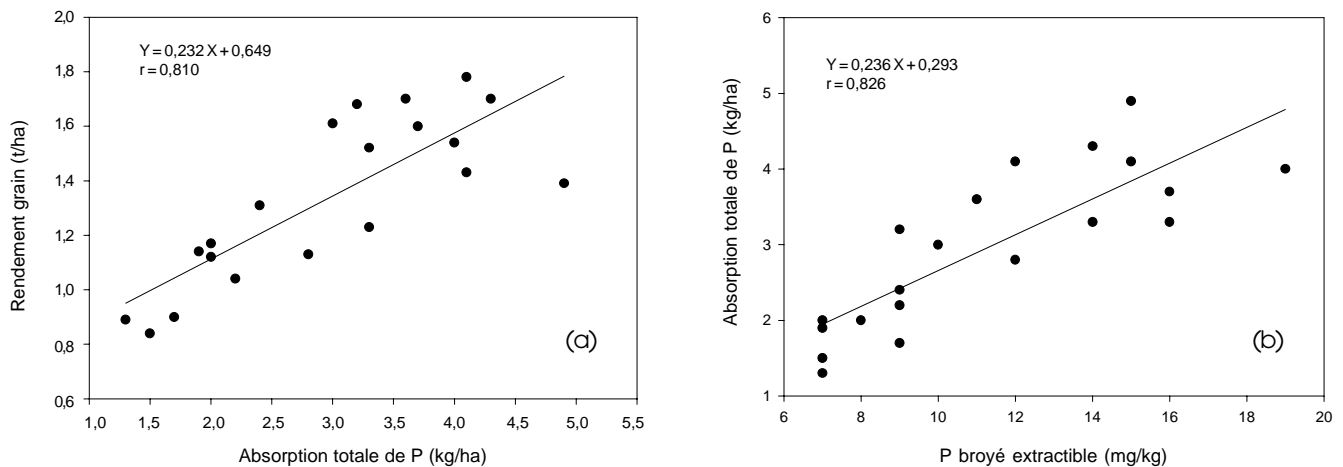


Figure 3. Relation entre le rendement en grains et l'absorption totale de P par la plante (a) et entre l'absorption totale de P par la plante et le P extractible du sol (b) pour quatre variétés de riz de plateau

année, mais seulement comme une fraction de la “réponse immédiate” », explique Sahrawat. Vers la quatrième année, l’effet résiduel du TSP appliqué est négligeable, sauf pour les parcelles ayant reçu des doses très élevées (Figure 4). « Avec ces faits à l’esprit, nous avons commencé à explorer des sources alternatives de phosphate potentiellement abordables pour la riziculture. »

Et c’est au tour de Diatta de prendre le relais : « Nous avons connaissance des travaux sur les cultures exigeantes en phosphore dans les zones de forêt humide, de savane et du Sahel : arachide, maïs, mil et sorgho, comportant l’utilisation du phosphate naturel local. Ces cultures ont eu une bonne réponse à l’application du phosphate naturel comme engrais. » Une bonne partie de ce travail prometteur a été menée par le Centre international de développement des engrais (IFDC), dont le siège est en Alabama, Etats-Unis, avec une division africaine basée à Lomé, Togo. Il existe des gisements de phosphate naturel dans les zones de savane sèche et du Sahel en Afrique de l’Ouest et l’IFDC a caractérisé beaucoup de ces gisements par rapport à leur réactivité et solubilité dans les sols acides. En 1997, l’ADRAO a initié des essais en vue de comparer les effets du TSP à ceux

du phosphate naturel sur le rendement du riz. Ce phosphate naturel provenait de six différentes sources : du Burkina Faso, du Mali, du Niger, du Sénégal (deux sources) et du Togo. « Le rendement des parcelles recevant du TSP a significativement dépassé celui des parcelles recevant du phosphate naturel. Cependant, le phosphate naturel du Mali a eu de bons résultats et a montré un bon potentiel comme substitut au TSP, qui est trop cher », explique Sahrawat. L’année suivante (1998), un essai a été initié à Man, Côte d’Ivoire, en vue de comparer les effets résiduels d’une application unique de phosphate naturel avec ceux d’une application annuelle de TSP. Cette année-là, le phosphate naturel du Mali a eu une aussi bonne performance que le TSP (Figure 5). Au cours de la seconde année (1999), tous les traitements de phosphate naturel ont donné des réponses en rendement de riz significativement plus élevées par rapport à la première année : une démonstration claire de l’effet résiduel.

Et Sitapha Diatta d’expliquer : « Le phosphate naturel est relativement insoluble, nous ne sommes donc pas surpris que, généralement, la première année, les rendements des parcelles fertilisées au phosphate naturel n’aient pas la même performance que celles fertilisées au TSP qui, lui, est soluble. Mais,

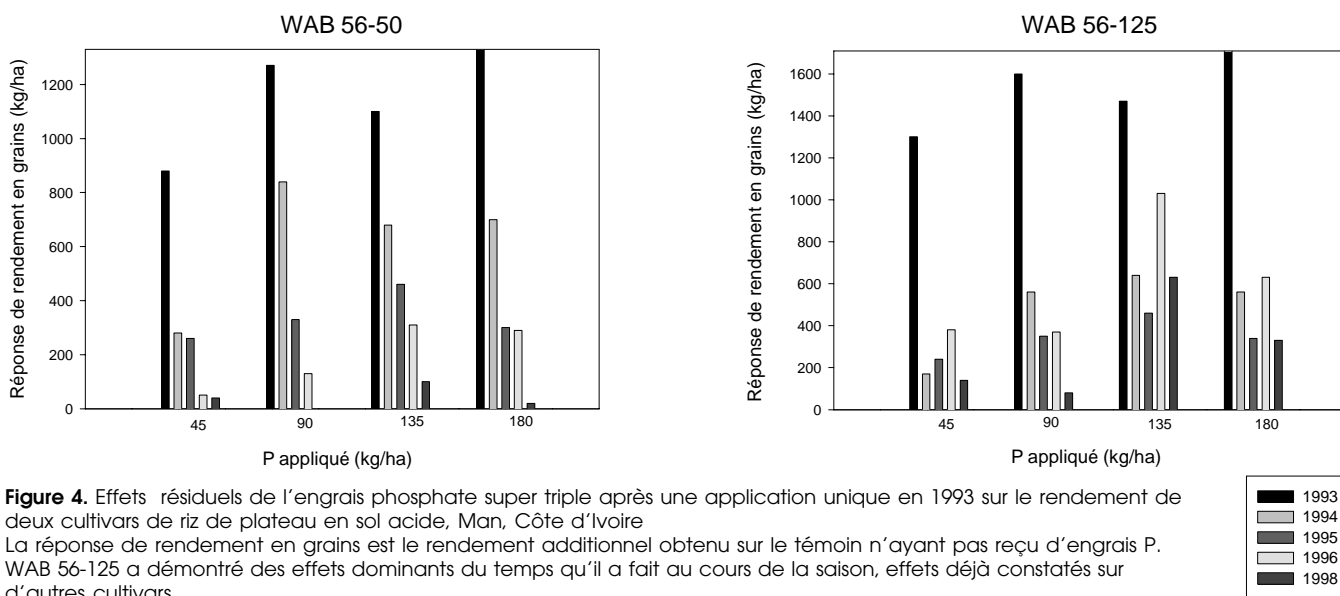


Figure 4. Effets résiduels de l’engrais phosphate super triple après une application unique en 1993 sur le rendement de deux cultivars de riz de plateau en sol acide, Man, Côte d’Ivoire. La réponse de rendement en grains est le rendement additionnel obtenu sur le témoin n’ayant pas reçu d’engrais P. WAB 56-125 a démontré des effets dominants du temps qu’il a fait au cours de la saison, effets déjà constatés sur d’autres cultivars

Le travail de l'IFDC sur lequel nous nous sommes basés

Le *International Fertilizer Development Corporation* (IFDC) a pour mandat d'entreprendre et de développer une recherche détaillée dans le domaine de la fertilité des sols. Son siège se trouve en Alabama, Etats-Unis et son Bureau pour l'Afrique est basé à Lomé (Togo).

L'IFDC possède une base de données comportant les caractéristiques des sources de phosphate naturel à travers le monde, y compris en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ce qui est particulièrement important avec le phosphate naturel c'est de savoir s'il entre facilement en réaction avec les sols acides et s'il est soluble dans ces sols. Ces critères sont utilisés comme mesures pour savoir si le phosphate naturel d'une source donnée est approprié comme engrais en application directe. Ces données ont déjà été utilisées dans des tests de l'IFDC sur l'utilisation du phosphate naturel comme engrais sur des cultures de zones plus sèches de l'Afrique de l'Ouest, comme l'arachide, le mil et le sorgho. Le phosphate naturel du Mali, qui semble prometteur dans les essais de l'ADRAO a une spécification IFDC « moyennement réactive » et, en tant que tel, il est potentiellement la source la plus utile de toutes celles testées. « Le travail de fond de l'IFDC nous a permis de mieux cibler notre recherche et nos ressources, » explique Sahrawat, « mais, nous travaillons sur une combinaison culture et environnement (riz de plateau dans la zone forestière humide) qui n'a pas été explorée par l'IFDC. Le riz réagit très différemment aux sols et à la fertilisation phosphatée que les cultures des zones sèches. Comparativement aux cultures des zones sèches testées par l'IFDC, le riz est tolérant aux sols acides et moins exigeant en engrais phosphaté, mais il répond encore bien à l'application de phosphate, particulièrement, en sols acides ».

cette solubilité du TSP annihile ses potentialités d'effet résiduel, puisqu'il peut être progressivement immobilisé par les oxydes de fer et d'aluminium si fréquents dans les sols acides. »

« Les réactions chimiques ne sont pas des événements à sens unique, ce sont plutôt des réactions qui ont lieu jusqu'à obtenir un certain équilibre. » Ainsi, en l'absence de phosphore soluble, les éléments acides sont libres pour entrer en réaction avec le phosphate naturel et dégager ainsi le phosphore, lentement mais de manière continue. Il y a donc du phosphore disponible pour la nutrition de la plante au cours des saisons qui suivent l'application du phosphate naturel. Le phosphate naturel semble être de plus en plus une alternative viable au TSP pour la fertilisation du riz dans les plateaux humides.

Amélioration de la tolérance des variétés de riz à l'acidité

Parallèlement aux essais de gestion de la fertilité, les sélectionneurs essaient d'améliorer la tolérance à l'acidité des variétés disponibles. Trois des quatre variétés utilisées pour les tests du sol et des plantes étaient des matériels de sélection de l'ADRAO plus tolérants à l'acidité que la variété locale traditionnelle, IDSA 6. Ces variétés améliorées ont servi de base pour l'évaluation de la performance des descendances d'hybrides interspécifiques de l'ADRAO (récemment dénommées NERICA, sigle du Nouveau

riz pour l'Afrique). « Le Projet PHI a été établi initialement en vue de développer de nouveaux types de plants pour les plateaux », explique le sélectionneur riz de plateau et responsable du programme riz pluvial, Monty Jones, « on ne devrait donc pas s'étonner de voir les NERICA avoir de bonnes performances dans les sols acides déficitaires en phosphore de la zone forestière humide ». Au site de sols acides de Man, en Côte d'Ivoire, 15 NERICA ont eu un rendement moyen de 1,16 t/ha sans engrais phosphaté, en comparaison avec 0,89 t/ha pour la meilleure variété *O. sativa*. En fait, le meilleur NERICA a eu un rendement surprenant de 2,9 t/ha *sans application de phosphore*. En 1999, deux NERICA ont eu un rendement supérieur à

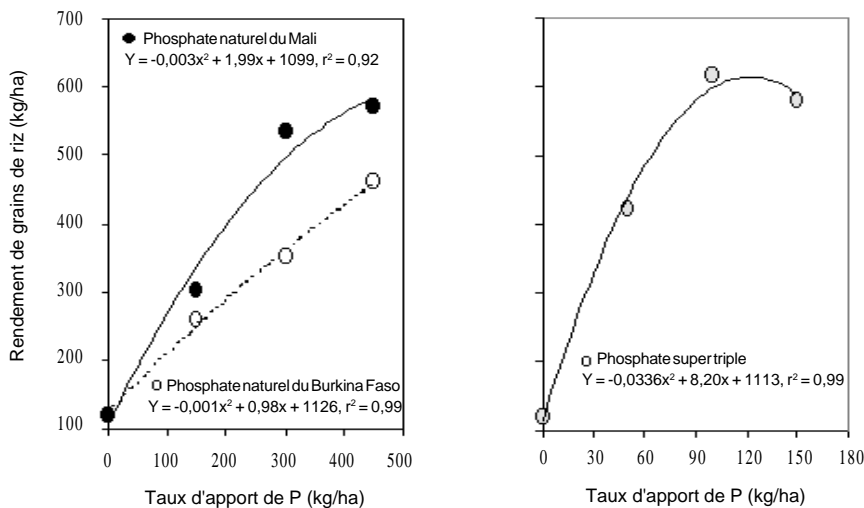


Figure 5. Réponse du riz au phosphate naturel du Mali et du Burkina Faso (à gauche) et au super triple (à droite) dans un uflisol acide

3 t/ha dans un sol non fertilisé, à Man. L'un de ceux-ci est programmé pour être le premier NERICA officiellement homologué dans la région : NERICA 1 [=WAB450-I-B-P-38-HB] en Côte d'Ivoire en 2000.

« Ce que nous voulons vraiment, c'est encourager les paysans sur la voie du développement », explique Monty Jones. « Tout d'abord, nous avons besoin d'une variété tolérante à l'acidité et à la carence en phosphore qui augmente les rendements des paysans et donc leurs revenus. Mais, après cela nous voulons les encourager vers l'étape suivante : l'application d'engrais. Ainsi, nous voulons des variétés qui donnent bien sans intrants, mais qui répondraient également bien aux intrants lorsque la situation financière des paysans peut le leur permettre. » En conséquence, l'ADRAO est aussi en train de tester la réponse à l'application de phosphore des NERICA tolérants à l'acidité. En 1999, toujours à Man, quatre NERICA ont été testés pour leur réponse à l'application de phosphore aussi bien sous forme de TSP que de phosphate naturel du Mali. Et voici la bonne nouvelle : tous les quatre NERICA ont une réponse positive à l'application du phosphate naturel et l'un d'entre eux a même donné une réponse linéaire à une application jusqu'à 450 kg P/ha (Figure 6). En plus, les rendements de ces NERICA étaient supérieurs à ceux du témoin traditionnel à tous les niveaux de 0 à 450 kg P/ha.

Questions en suspens

Il est clair que nous sommes en train de développer une approche à trois dimensions par rapport au problème d'infertilité inhérent à l'acidité du sol en riziculture de plateau dans la zone forestière humide. Nous développons des variétés tolérantes aussi bien à l'acidité du sol qu'à la carence en phosphore, mais qui seraient aussi en mesure de répondre à l'addition de phosphore une fois que les paysans pourraient se le permettre. Puis, nous travaillons vers une stratégie d'engrais phosphaté à long terme associant le phosphate naturel local, probablement avec l'utilisation du TSP au cours de la première année de culture du riz. Après cela, nous serions en position de raffiner les recommandations sur l'engrais azoté en vue d'améliorer encore le rapport bénéfice – coût de la riziculture de plateau.

« Nous sommes bien avancés », explique avec enthousiasme Sahrawat, « mais il nous reste encore du chemin à faire. Jusque là, tout ce travail a été un exercice académique pour explorer les

possibilités, mais il nous reste encore quelques années pour pouvoir faire des recommandations aux paysans ». Les résultats des essais en cours, qui pourraient être disponibles dès la fin 2000, devraient déterminer une fois pour toute la viabilité agronomique du phosphate naturel comme engrais de riziculture de plateau, puis nous devons explorer plus sérieusement les aspects socioéconomiques. Le phosphate naturel est disponible en grandes quantités dans le Nord du Sahel et les zones de savane sèche de la région, mais il en faut pour la zone forestière humide. A ce jour, le phosphate naturel du Mali n'a pas été exploité de manière commerciale comme engrais, il y a donc des questions de logistique en suspens. Le phosphate naturel peut-il être conditionné, à partir du gisement, en un produit facilement transportable et immédiatement utilisable aux champs ?

Le seul phosphate naturel disponible dans le commerce en Côte d'Ivoire vient du Sénégal et il est distribué par une société basée à Abidjan, heureusement un centre approprié pour la distribution en zone forestière humide. Les autres phosphates naturels utilisés dans les expériences de l'ADRAO ont été transportés à partir de leurs sources. « Dans nos expériences », explique Diatta, « nous avons utilisé du phosphate naturel en poudre. Mais, ceci a plusieurs désavantages. Il occupe beaucoup de place et est donc difficile à transporter. Et, peut-être le point le plus important : son application exige beaucoup de travail. Avec l'application manuelle, le paysan se retrouve tout couvert de poussière, il est donc peut-être mieux de mélanger d'abord la poudre avec de la terre humide. La fertilisation d'un hectare peut prendre toute une journée, et encore nous ne parlons pas d'un événement annuel ! Nous pensons qu'il est possible de formuler le phosphate naturel en granules ». Ainsi, son transport et son application seraient plus faciles. Une fois la formulation appropriée obtenue, c'est le coût du transport qui déterminera la viabilité de l'utilisation du produit telle que proposée. Si le coût de transport est trop élevé, les paysans de la zone forestière humide ne pourront pas se permettre le phosphate naturel et ne l'utiliseront donc pas. Nous pensons que l'engrais de phosphate naturel fabriqué et distribué dans la région coûtera moins cher que les engrais importés comme le TSP. Celui-ci coûte très cher et il faut chercher un mécanisme pour mettre le produit du phosphate naturel à la disposition des petits agriculteurs à un prix abordable.

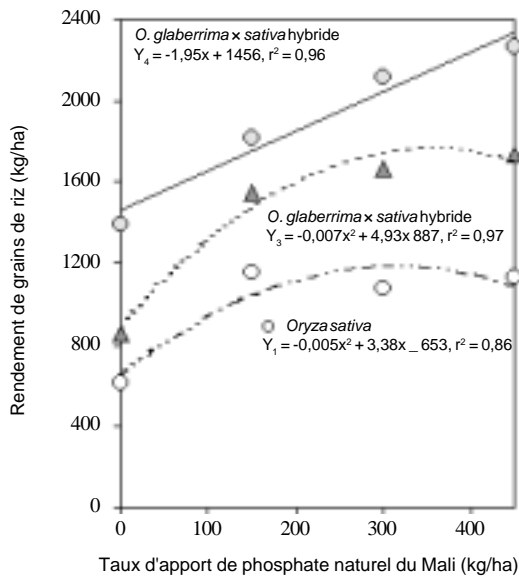


Figure 6. Réponse de deux NERICA et d'un témoin au phosphate naturel du Mali en sol acide de forêt humide

Perspectives d'avenir

« Nos études sont loin d'être terminées, il nous reste à examiner l'absorption par la plante du phosphore de l'engrais de phosphate naturel de la même manière que nous avons calibré le rendement par rapport à l'absorption de TSP par la plante. Une autre voie serait l'analyse par isotope P-32 pour déterminer le

taux d'immobilisation de la fixation du phosphore du sol par l'action de l'aluminium et des oxydes de fer », note Diatta. L'ADRAO n'a pas les infrastructures pour un tel travail, mais Diatta a des contacts en France et il espère collaborer avec eux à la réalisation de ce travail.

Les premiers essais aux champs avec le phosphate naturel auront lieu sur trois sites en Côte d'Ivoire (forêt humide et savane), en 2000. Ils viendront en appoint au programme d'amélioration variétale participative en cours (« Nouveau riz pour l'Afrique... avec le coup de pouce de nos amis » dans ce rapport) et impliqueront 25 paysans dans chaque site.

Une voie d'avenir potentielle serait d'adjoindre au « paquet » notre travail agronomique sur les jachères légumineuses. L'utilisation de légumineuses à la place de jachères traditionnelles a le double avantage de réduire les populations d'adventices et de ne pas épuiser les réserves d'azote du sol. En fait, lorsque des légumineuses sont utilisées comme culture de couverture et que toute la plante est retournée au sol à travers le labour, les légumineuses restituent effectivement l'azote du sol et réduisent le besoin d'engrais azoté (*Rapport annuel de l'ADRAO 1998*, pages 36-37). « Rien que l'azote, contenu dans les feuilles, peut améliorer le statut du sol en azote », explique Diatta. Il examine donc la possibilité de commencer au cours de la saison 2001, des essais de rotation avec le niébé dont les graines pourront être récoltées et servir de nourriture.