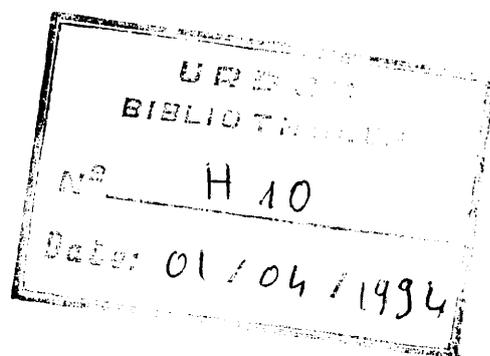


# L'UTILISATION PNT

Une analyse des problèmes et des possibilités d'adoption

Rapport de Recherche



DOCUMENT N°94/14  
AVRIL, 1994

KAMARA Abdoulaye  
JOLDERSMA Rita  
DEFOER Toon  
FOMBA Baba

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient Arnoud BUDELMAN pour ses critiques au Test/Démonstration, Willen STOOP pour ses remarques pertinentes, Boubacar TRAORE, pour avoir partagé avec nous ses expériences, David DAOU et Zana Jean Luc SANOGO pour leur apport scientifique et contribution technique. Les enquêteurs de l'ESPGRN de Sikasso pour la réalisation de la phase de terrain, ainsi que toute l'Equipe pour les observations et le soutien moral et matériel.

Que tous trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

## RESUME

Vingt (20) millions de tonnes contenant 27,5 % d'unité fertilisant, telles sont la réserve prouvée et la teneur du minerais de phosphate naturelle (PNT) contenu dans le gisement de Tilemsi au Nord-Est de Bourem (Mali). La teneur en  $P_2O_5$  de ce gisement dont l'exploitation est à ciel ouvert, peut passer à 31,5 % par simple trillage et tamisage à la main. L'exploitation d'un tel gisement devient alors très attrayant dans un pays comme le Mali où environ 50 % des besoins en phosphore de l'une des principales cultures de rente (le coton) peuvent être satisfaits par ce engrais. Plusieurs investigations ont démontrés l'avantage de sa forme pulvérulente directement utilisable en agriculture. La dose de 300 Kg de PNT/ha est actuellement en vulgarisation.

Malgré les résultats satisfaisants en station et sa subvention à plus de 50 %, le PNT ne connaît pas un succès en milieu paysan. Pour mieux approcher ces problèmes de non adoption, l'Equipe Systèmes de Production et Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN) a en plus des tests/démonstrations en 1990/1991, tenté de comprendre les raisons de ce refus, et analysé le contexte d'utilisation de cet engrais afin de dégager des pistes de solutions. Pour ce faire, une enquête semi-structurée a été effectuée auprès de deux groupes de paysans: ceux qui ont l'habitude de l'utiliser, et ceux qui ne l'ont jamais utilisé, et auprès des agents d'encadrement.

Il ressort clairement de cette étude que la non adoption de cet engrais n'est pas seulement liée à son état pulvérulent, mais que l'insuffisance d'effet immédiat fait que les paysans en sont sceptique. Aussi, la façon dont il a été introduit dans la zone ('contrainte douce') et surtout le manque d'argument de l'encadrement combiné à la non perception des effets sont des raisons non moins importantes. Une autre raison fondamentale est que l'utilisation du PNT n'a pas seulement diminué les doses d'engrais classiques mais a surtout contribué à grever les coûts sans aucune compensation. D'autre part l'outil de démonstration n'était pas fort pour ressortir les effets de cet engrais.

Après analyse du problème, des possibilités pour l'adoption du PNT sont étudiées. Des propositions concrètes sur la forme physique sont faites pour faciliter l'épandage et des recommandations pour une meilleure formation des agents vulgarisateurs sont données. Une analyse critique est faite sur différents régimes de fertilisations et une proposition est faite pour les formules d'engrais complexes à base de PNT.

Sur cette base des propositions sont faites pour des essais multilocaux et démonstrations efficaces tout en encourageant l'initiative propre du paysan à utiliser cet engrais.

## 1 INTRODUCTION

Les sols en zone Mali-Sud souffrent de carence en phosphore (Thibout et al, 1978; Veldkamp, 1991). Bien que des fertilisants contenant du phosphore comme le complexe coton et le complexe céréale soient utilisés, les doses employées par les paysans sont au-dessous de celles recommandées. Ceci est principalement dû au fait que la rentabilité des engrais minéraux est faible, surtout pour les céréales. Cependant les systèmes de culture sur base d'une rotation triennale avec le coton, qui reçoivent des doses importantes de complexe coton (22 unités de  $P_2O_5$ ) semble être en équilibre concernant le phosphore (Van der Pol, 1992).

Connue depuis 1927 (IFDC<sup>1</sup>, 1976) le gisement du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) a des réserves prouvées de 20 millions de tonnes contenant 27,5 % de  $P_2O_5$ . Ce gisement se situe dans la vallée de Tilemsi au Nord-Est de Bourem avec des affleurements près de Tamalgueilt (11,4 millions de tonnes à près 15 mètres de profondeur), Chanamaguel, Tin Hina, et Tin Belouki. Les restes d'ossements, de coprolithes, de sable et d'argile phosphate constituent le gisement. L'étude du gisement de Tamalgueilt par les industries Klockner en 1926 (IFDC, 1976) a montré que ces phosphates pouvaient être traités par de simples méthodes manuelles (tamisage et tri à la main) pour amener leur teneur de 27,5 % à 31,5 % de  $P_2O_5$ . C'est un engrais primaire à phosphate tricalcique (peu soluble dans l'eau) et a une teneur en CaO de l'ordre de 35%.

A partir de ses caractéristiques chimiques<sup>2</sup> et minéralogiques, le PNT se range dans la classe des phosphates tendres utilisables directement en agriculture (Thibout et al, 1978). L'utilisation de ce phosphate selon L'Institut d'Economie Rurale et le Fond Européen au Développement (IER/FED. 1986, cité par Samaké 1987) devra satisfaire 40% des besoins en engrais phosphaté du Mali. Le PNT est exploité par la Société d'Exploitation du Phosphate de Tilemsi: une Société Anonyme (SEPT-SA), dont la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT) est un des sociétaires.

Plusieurs essais et tests ont été faits par la recherche agronomique au Mali depuis 1969 concernant l'effet du PNT sur différentes cultures. Dans la zone Mali-Sud, sa vulgarisation à grande échelle est faite par la CMDT. Le constat général est sa faible adoption.

Pendant la campagne 1990/1991 l'Equipe Systèmes de production et Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN) a entrepris des tests/démonstrations de l'utilisation du PNT dans ses villages de recherche à Kadiolo, où les paysans avaient peu ou pas d'expérience avec cet engrais. Des démonstrations de la méthode

---

<sup>1</sup> International Fertilizer Development Center

<sup>2</sup> Solubilité dans l'acide formique supérieure à 55%, critère retenue par la commission des Communautés Européennes pour l'emploi direct des phosphates en agriculture

d'épandage ont été également faites sur l'arachide et le cotonnier. Le message technique étant déjà en vulgarisation, il s'agissait de déterminer, deux campagnes après ces tests et démonstrations le niveau d'adoption du PNT ainsi que d'appréhender les critères paysans pour l'adoption ou le refus afin de trouver les voies et moyens pour augmenter le degré d'adoption. Ainsi une enquête d'adoption du PNT a été effectuée auprès des paysans impliqués dans le test et ceux non-impliqués afin de répondre aux questions de recherche suivantes:

- 1) Quelle est la perception des paysans et de l'encadrement du PNT et de son rôle dans l'augmentation des rendements et le maintien de la fertilité du sol?
- 2) Quel est le degré d'adoption du PNT par les paysans?
- 3) Quelles sont les raisons d'adoption ou non-adoption?
- 4) Quels sont les arguments utilisés par l'encadrement pour la vulgarisation du PNT auprès des paysans, et sur quelle source d'information se basent ils?

On s'est rendu compte lors de cette étude que non seulement l'adoption du PNT par les paysans pose problème mais aussi que le 'message PNT' n'est pas encore très claire tant au niveau des paysans qu'au niveau du développement.

Ce rapport fait une analyse de la situation vécue à partir du cas de la zone de Kadiolo et discute des raisons fondamentales de la non adoption du PNT dans la zone Mali-Sud.

La méthodologie d'étude est décrite en détail dans le chapitre 2. Un aperçu des résultats de recherche et une description du programme de vulgarisation et les résultats obtenus jusqu'ici sont présentés dans le chapitre 3. Les résultats des enquêtes auprès des paysans et des agents d'encadrement à Kadiolo sont présentés dans le chapitre 4. Suite aux résultats de recherche et de vulgarisation, une analyse des problèmes de vulgarisation du PNT est faite en chapitre 5, suivie par une discussion des pistes de solution. Le document se termine avec des conclusions et recommandations.

## 2 METHODOLOGIE

Pour l'étude d'adoption, des enquêtes ont été faites auprès des paysans qui ont participé aux tests/démonstrations (durant la campagne 1990/1991) où on comparait les doses de 300 kg/ha de PNT en tête de rotation triennale, une dose annuelle de 100 kg/ha à un témoin sans PNT. La même enquête a été effectuée auprès d'un même nombre de paysans non-participants aux tests.

Egalement, un nombre d'agents d'encadrement et de responsables de la CMDT ont été interviewés. Des contacts avec la CMDT, des données bibliographiques et des données du programme Suivi-Evaluation Permanent (SEP) de l'ESPGRN ont permis d'avoir des informations additionnelles et le degré d'adoption. Ci-dessous la méthodologie de la collecte des données est décrite plus en détail.

### 2.1 Paysans impliqués et non-impliqués dans le programme

#### *Paramètres*

- le type d'exploitation
- l'appréciation des effets PNT lors du test/démonstration
- le type de sol et de culture qui répond le mieux au PNT, selon les paysans
- la quantité de PNT utilisée après le test (culture et superficie fumée)
- les raisons pour l'utilisation ou non-utilisation du PNT
- les arguments utilisés par l'encadrement pour appliquer le PNT et la perception paysanne de leur pertinence
- l'appréciation du PNT par rapport aux autres engrais
- les sources d'information concernant les tests/démonstrations du PNT
- les contacts avec les paysans impliqués dans le test
- la participation des paysans à la réunion de restitution
- l'adoption ou intentions d'adoption, et les raisons

#### *Méthodes de collecte des données*

Après un pré-test des enquêtes individuelles semi-structurées ont été faites à l'aide d'une fiche d'enquête auprès des 17 exploitations impliquées dans les tests/démonstrations. De préférence, l'enquête a été faite avec le chef d'exploitation (exploitation simple) et/ou avec le directeur de travaux (exploitation composée). S'agissant des paysans non-impliqués, les enquêtes individuelles semi-structurées ont été faites à l'aide d'une fiche d'enquête dans 20 exploitations non impliquées choisies au hasard.

## 2.2 Agents d'encadrement de la CMDT

### *Paramètres*

- la perception de l'agent de l'utilité de l'application du PNT
- la source sur laquelle l'agent se base pour la vulgarisation du message (fiche technique, module de formation, etc).
- les arguments utilisés par l'agent pour convaincre les paysans
- les activités de vulgarisation menées dans le cadre du PNT (réunion de sensibilisation, démonstrations, etc.)
- la définition du message 'utilisation du PNT'
- la politique CMDT en matière de vulgarisation du PNT (prix, conditions pour la culture du coton, autre)
- le matériel de vulgarisation mis à la disposition de l'encadrement et des paysans pour la vulgarisation du PNT

### *Méthode de collecte des données*

Des enquêtes individuelles semi-structurées ont été faites à l'aide d'une fiche d'enquête. L'échantillon comprenait les agents d'encadrement CMDT de la Zone d'animation et d'Expansion Rurale (ZAER) de Ouatiy et de Fourou et de la Zone d'Expansion Rurale (ZER) de Dioumaténé, dans lesquelles se trouvent les villages de recherche l'ESP/GRN. Aussi des informations ont été cherchées auprès des cadres CMDT. Un inventaire et une analyse des documents de recherche, de vulgarisation et de formation concernant le PNT a été faite.

Après un pré-test, les fiches d'enquêtes ont été adaptées. Les enquêtes ont été faites par le formateur de l'ESPGRN et des enquêteurs sur le terrain lors du mois du septembre 1992.

### 3 RESULTATS DE RECHERCHE ET DE VULGARISATION DU PNT

#### 3.1 Résultats de recherche

Le PNT a fait l'objet de plusieurs investigations dont l'une des motivations importantes était la possibilité de satisfaire 50 % des besoins en phosphore du coton par une application des phosphates naturels, réduisant du coup les pertes de devises par importation.

##### *Expérimentations agronomiques*

Les expérimentations sur le PNT ont été conduites par le projet SAFGRAD<sup>3</sup>, l'IFDC et la station de N'Tarla. Cependant force est de reconnaître qu'il existe peu de structure dans l'ensemble des expérimentation.

Les expérimentation menées par le projet SAFGRAD selon Diarra (1982) ont montré un effet positif du PNT sur les céréales et les légumineuses en première année d'application. Suivant les essais du projet SAFGRAD sur céréales de 1979 à 1981, pour l'ensemble des sites répartis à travers le Mali, l'augmentation moyenne de rendement a été de 156 kg/ha (soit 34%) par an. Le prix de la dose triennale des 300 kg/ha de phosphate (à la même période) était égal au prix de 212 kg de céréales (petit mil), soit une couverture des dépenses en PNT de 73 % par an (Diarra, 1982).

En utilisant le PNT comme source de phosphore sur arachide (N'Tarla, 1993), il a été obtenu un gain de 7 à 11% en terme d'efficacité agronomique. Selon Bationo (cité par Samaké 1990), le PNT est aussi effectif que le super phosphate simple à 74% sur maïs et augmente à 92% les rendements d'arachide. Sur le maïs, les deux arrières effets sont comparables.

L'IFDC (cité par Samaké 1990), indique que plus de 420 kg/ha de PNT peuvent être économiquement utilisés en fumure de fond et que l'application annuelle d'une faible dose (50-100 kg/ha) après fumure de fond servirait à maintenir le niveau de rendement. Aussi des arrières effets assez significatifs de cet engrais sur les rendements ont été observés les deuxièmes et troisièmes années consécutives. Par ailleurs, l'IFDC (cité par Tall 1992) indique que les arrières effets du PNT en deuxième année sont arithmétiquement meilleurs à ceux du complexe coton (culture non précisée). Aussi, N'Tarla (1993), et Traoré (1993, comm.pers) indiquent que l'effet cumulé des engrais complexes à base de PNT est identique à celui des engrais complexes vulgarisés.

En riziculture, un apport triennal de 500 kg/ha de PNT en fumure de fond, 100 kg/ha de sulfate de potassium et 100 kg/ha/an d'urée provoque une réduction de 33 000 FCFA du coût total des engrais sur riz en 3 ans (Ahmadi et al., 1992).

---

<sup>3</sup>

Avec ces multiples investigations, les meilleurs résultats sont obtenus avec la dose de 80 kg/ha d'élément fertilisant ( $P_2O_5$ ) du PNT. Cette dose s'est avérée meilleur aux doses supérieures. Dans les essais quinquennaux (IFDC, 1976) un rendement grain de 33,4 kg/kg de  $P_2O_5$  est obtenu avec la rotation céréales arachide avec un rapport valeur/coût de 7.74 à l'époque.

Comme recommandation, Thibout et al. (1978), conseille pour la vulgarisation la dose de 80 kg/ha de  $P_2O_5$  (300 kg de PNT/ha) sur jachère en tête de rotation (c'est à dire emploi du PNT en fin de saison pluvieuse sur la jachère qui sera mise en culture dès le début de la nouvelle campagne agricole) suivi d'un apport annuel de 20 - 40 kg/ha de  $P_2O_5$  soluble (supertriple) en fonction des cultures comme fumure d'entretien par an.

Encadré 3.1: Conclusion sur les expérimentations agronomiques

Le PNT est efficace sous la forme pulvérulente. Bien que les expérimentations agronomiques exécutées par différentes structures de recherche soient peu structurées et coordonnées quelques résultats ont été obtenus: l'effet sur le rendement des céréales et légumineuses est comparable à celui d'autres sources de phosphore dont le super phosphate simple, l'efficacité s'étend sur plusieurs années. La dose globale de 80 kg/ha de  $P_2O_5$  de PNT s'avère intéressant sur les plans agronomiques et économique et est donc conseillée en tête de rotation triennale. Aussi force est de reconnaître que les résultats de recherche jusqu'ici obtenus ne permettent pas de préciser les doses de PNT par type de sol et par zone agro-écologique.

*Expérimentations sur la forme physique*

Bien que d'intéressants résultats expérimentaux soient acquis, l'emploi du PNT en grande culture est confronté à des contraintes majeures:

- l'état pulvérulent qui complique son épandage,
- une insuffisance d'effet immédiat contrairement aux autres engrais phosphatés habituellement utilisés par les paysans.

Les expérimentations sur 'la solubilisation du PNT' en vue d'une meilleure utilisation ont été réalisées de 1969 à 1977 (Jenny, 1973; Poulain, 1976; cités par Thibout et al, 1978). Il ressort que l'acidité du sol favorise la solubilisation du PNT (Truong et al, 1977. cité par Samaké 1987).

Pour améliorer la solubilisation, les programmes IER/IFDC et IER/FED ont expérimenté plusieurs alternatives dont l'acidification partiel du PNT avec des acides minéraux sulfuriques et phosphoriques ( $H_2SO_4$  et  $H_3PO_4$ ) suivi de sa granulation et de sa solubilisation à l'aide de substrats organiques végétaux en compostage ou incorporés au sol. Il ressort de ces études que l'attaque partielle du PNT provoque l'apparition de phosphore soluble dans l'eau, permettant de donner un 'effet starter' important et que les attaques phosphoriques sont meilleures aux attaques sulfuriques qui, du moins, même partielles, ne semblent pas améliorer l'efficacité agronomique du PNT.

La granulation simple (réduction de surface de contact des particules) avec de l'eau ou à base d'autres adjuvants aussi bien que celle en mélange avec d'autres engrais provoque une diminution considérable de l'efficacité agronomique (de 1 à 98%) du PNT sur les cultures par rapport à sa forme pulvérulente (Samaké, 1987). Par contre, l'attaque partielle à l'aide de l'acide phosphorique permet d'avoir une efficacité agronomique au moins équivalente à celle du PNT pulvérulent selon le même auteur. Ainsi cette attaque peut donc compenser la perte d'efficacité due à la granulation.

Il semble qu'il y a peu de possibilités pour trouver une solution économiquement acceptable à la pulvérulence de cet engrais et à rendre sa solubilisation plus rapide (coût de l'acide, risque lié à la manipulation etc...). Face à cette situation, d'autres alternatives ont été essayées dont l'incorporation du PNT pulvérulent à de la matière organique.

Au cours du processus de décomposition, la matière organique libère dans le sol des charges électro-négatives mais aussi du phosphore provenant de la minéralisation, d'où l'efficacité des substrats organiques sur les sites d'adsorption du phosphore. En associant la matière organique et le phosphate naturel, l'amélioration du taux de phosphore assimilable peut s'expliquer par des phénomènes de compétition et de formation de complexes organométalliques phosphatés. Les anions organiques éliminent un certain nombre de sites de blocages. Ainsi, en présence de composés organiques la fixation de l'ion phosphore se déroule sur les sites de faibles énergies permettant de le déplacer à tout moment (Nagadaradjah et al. 1970., Earl et al. 1979., cités par Samaké, 1987). Les composés organiques agissent sur les phosphates naturels par des réactions d'acidolyse de complexolyse ou d'acido-complexolyse. L'effet de la matière organique est plus important si le sol est plus pauvre en phosphore assimilable. Cependant, Samaké (1987) indique que les investigations sur la dissolution du PNT par la matière organique sont peu nombreuses et se limitent généralement à l'évaluation agronomique de leur association. L'enfouissement direct du PNT avec un engrais vert ou avec les résidus de récolte ou son compostage avec ces résidus donne de bon résultat agronomiques.

Encadré 3.2: Conclusion des travaux sur la solubilisation.

Les possibilités économiquement rentable pour rendre le PNT plus soluble sont très limités pour le moment. Malgré les efforts de recherche sur la solubilisation par la voie organique, la forme pulvérulente demeure la meilleure alternative.

### 3.2 Vulgarisation du PNT

Dans la zone Mali-Sud, la CMDT, l'organisme principal de vulgarisation, a démarré la vulgarisation du PNT depuis la campagne 1983/1984 de façon 'timide'. Le programme de vulgarisation du PNT n'est pas formulé sous forme écrite, mais il est néanmoins un des thèmes prioritaires de vulgarisation de la CMDT. La description du programme de vulgarisation ci-dessous est donc basée sur les informations obtenues auprès des personnes ressources de cet organisme.

#### Objectif

Pour la CMDT l'objectif de l'utilisation du PNT en fumure de fond est de:

- améliorer la fertilité des sols et augmenter la productivité des cultures;
- diminuer la sortie de devise par l'emploi d'engrais phosphatés en mettant en valeur le phosphate naturel produit au Mali. Ceci aura l'avantage de diversifier les sources de revenu du pays.

Des objectifs quantitatifs de vulgarisation n'ont pas été définis.

#### Catégorie cible

La catégorie cible visée par la vulgarisation du PNT est composée de l'ensemble des paysans 'cotonnier' et de façon élargie tous les agriculteurs confrontés au problème de fertilité des sols.

#### Message de vulgarisation

La SEPT-SA a élaboré une fiche technique sur l'utilisation du PNT qui donne de façon brève le message PNT comme défini par la société. Selon cette fiche, la dose d'application est en moyenne 300 kg/ha en première année d'épandage et 50 kg/ha les années suivantes comme fumure d'entretien. Il est signalé que les doses supérieures ainsi que des doses inférieures peuvent être appliquées. L'intérêt des petites doses est l'étalement des dépenses dans le temps.

En dehors de la fiche SEPT-SA (moins détaillée), il n'existe pas de fiche technique proprement dite sur le PNT, s'adressant aux agents d'encadrement ou aux paysans alphabétisés. Le message théorique (qui se réfère à la fiche technique du SEPT-SA) généralement vulgarisé est d'appliquer une seule dose de PNT (300 kg/ha) en première année d'une rotation triennale. Le PNT est vulgarisé pour toutes les cultures et pour tous les types de sols. Deux périodes d'épandage sont conseillées: un épandage en fin d'hivernage sur jachère suivi de labour; et un épandage en début d'hivernage.

Dans la fiche technique 'La fosse fumièrè' il est question d'utiliser du PNT dans les fosses fumières (CMDT, 1992). Selon cette fiche, une quantité de 150-200 kg de PNT par 10 m<sup>3</sup> de fosse permet de compléter la valeur du fumier comme engrais organique. Il est conseillé d'épandre le PNT régulièrement sur le fumier dans la fosse pour obtenir un bon mélange.

### Méthodes et moyens de vulgarisation

Les méthodes de vulgarisation utilisées par les agents d'encadrement sont les réunions de sensibilisation, les stages de techniques d'épandage et des parcelles de démonstration. En 1992, des parcelles de démonstration d'un demi hectare ont été conduites par chaque chef Secteur de Base appuyé par la section formation et la section recherche d'accompagnement. Le choix de la culture est laissé au paysan concerné. A travers cette parcelle les paysans pourraient eux mêmes comparer l'effet du PNT sur la moitié de la parcelle par rapport à l'autre moitié servant de témoin. Une telle démonstration atteindra difficilement l'effet attendu si l'on sait que plusieurs facteurs peuvent l'influencer: type de sol, acidité, homogénéité parcellaire, l'interaction entre le phosphore et l'azote, etc...

Par manque d'approche participative adéquate, ces parcelles de démonstration ont servi de lieu de stage pour les agents de vulgarisation et non principalement de formation, d'animation et surtout d'échange d'expérience entre les paysans à travers des visites (inter-paysannes).

### Formation des agents

La formation des agents est un préalable à la vulgarisation d'un message. Lors des rencontres entre les cadres CMDT et la recherche thématique et/ou la recherche système les résultats saillants de la recherche sont communiqués à la CMDT sous forme de rapport de recherche, de fiche synthétique ou technique. Cette dernière se charge de la formation de ces agents à travers une méthode 'en cascade'. Cette formation s'effectue pratiquement au cours des réunions d'information et/ou, lors des stages de démonstration dans les champs. En ce qui concerne la vulgarisation du PNT, les agents de base n'ont pas reçu une formation assez fournie. Il n'existe pas de module de formation concernant le PNT. Bien que quelques fiches techniques soient disponibles (fiche SEPT-SA, fiche 'Fosse fumiére'), elles ne semblent pas être utilisées de façon systématique lors des séances de formation ou d'information.

### Conditions de vulgarisation

Un des motifs de la vulgarisation du PNT est le soucis de réduire les pertes de devises par l'utilisation des phosphates solubles en agriculture au Mali par l'emploi de cet engrais (IFDC, 1976). Le prix du produit à l'usine est de 29 070 FCFA/tonne. Les frais de transport de l'usine à Ségou, à la charge de la CMDT, sont de 30 000 FCFA/tonne, soit au total 59 470 FCFA/tonne contre 75.000 FCFA/tonne livrée à Bamako. Le prix du PNT à la livraison au paysan représente seulement les frais de transport de l'usine au quai de Ségou. Le PNT est donc subventionné à plus de 50% même livré à Ségou sachant qu'il est fourni dans l'ensemble de la zone CMDT à 30 000 FCFA/tonne. Les frais de transport du quai de Ségou à l'intérieur de la zone CMDT ne sont même pas pris en compte ici.

La stratégies utilisées pour 'faire passer' le message consistait à appliquer la 'contrainte douce' consistant à lier l'attribution des intrants des semences et mêmes des superficies du coton au prélèvement d'une quantité corespondante de PNT. C'est ainsi que certains paysans ont été 'socialement' forcés de le prendre sans pourtant l'utiliser (Samacké et al., 1993). Il a été signalé qu'il y a eu des différences dans la rigueur d'application de cette 'contrainte douce' selon les Régions CMDT.

Encadré 3.3: Conclusion à l'aspect vulgarisation du PNT.

Les agents de base disposent de peu d'informations pour faire la vulgarisation du PNT. Le message n'est pas bien ciblé en fonction des types de sol, des cultures et des types d'agriculteurs. La méthode et moyens de vulgarisations sont assez limités. Malgré la forte subvention de cet engrais et l'application de 'la contrainte douce', pour favoriser son adoption le PNT n'a pas encore eu un de succès considérable auprès des principaux utilisateurs: les paysans.

### 3.3 Adoption du PNT

Le niveau d'adoption du PNT n'a pas encore été déterminé de façon systématique. Un des indices pourrait être l'achat du PNT par les agriculteurs. L'importance de l'achat du PNT dans les différentes Régions CMDT est présentée dans le Tableau 3.1

Tableau 3.1: Placement (en Tonne) de PNT dans les Régions CMDT, campagne 1989/90-1991/92.

CAMPAGNE	Bougouni	Fana	Koutiala	San	Sikasso	Total
89/90	871	428	1394	171	1160	4024
90/91	1796	2318	3257	602	3754	11727
91/92	2180	1158	1764	308	6393	11806

Source: CMDT, Rapport bilan de 89/90 à 91/92

On constate une augmentation de l'achat du PNT en 1990/91, ce qui peut s'expliquer par l'application de la 'contrainte douce' qui a caractérisé l'introduction du PNT en zone CMDT. En 1991/92, il y a une baisse de l'achat du PNT dans les Régions CMDT de Fana, Koutiala et San. Par contre le niveau d'achat dans les Régions de Bougouni et Sikasso a connu une augmentation la même année. Ces chiffres doivent être traités cependant avec prudence du point de vue adoption. En effet il s'agissait pour ces régions d'une généralisation de l'utilisation du PNT en milieu paysan. La politique de 'la contrainte' douce soutenait cette action bien entendu à des degrés différents selon la Région et même le secteur de base, comme indiqué plus haut. Dans la Région CMDT de San le niveau d'achat du PNT est très faible. D'un côté, la superficie en coton y est très faible, de l'autre côté, l'utilisation du PNT poserait problème vu le niveau de la pluviométrie dans cette Région (550 -800 mm). A titre d'information, les données concernant l'achat du PNT pour les différentes cultures dans la Région CMDT de Sikasso sont présentées dans le Tableau 3.2.

Tableau 3.2: Pourcentage des superficies du coton, du maïs amélioré, du mil/sorgho et du riz pour lequel du PNT a été achetée dans la Région CMDT de Sikasso, campagne 1984/85 - 1991/92.

Campagne	Coton	Maïs amélioré	Mil/Sorgho	riz
84/85	1,16	2,85	0,60	n.d.
85/86	0,82	3,80	1,50	n.d.
86/87	1,45	4,10	1,17	n.d.
87/88	2,00	2,90	0,90	n.d.
88/89	7,03	11,00	5,36	n.d.
89/90	7,11	8,12	1,16	1,39
90/91	32,40	3,47	0,33	0,30
91/92	43,85	3,70	0,57	2,62

\* Il s'agit de la superficie pour laquelle le PNT a été acheté, il n'est pas connu si le PNT a été effectivement utilisé.  
Source: CMDT, Sikasso, 1993.

On constate que l'achat du PNT pour la culture de coton a légèrement augmenté entre 1986/87 et 1989/90. Pendant la campagne 1990/91 et 1991/92 l'achat du PNT a été plus important. Néanmoins le pourcentage du coton concerné par cet achat pour ces campagnes est en dessous de 50%.

Les chiffres concernant l'achat du PNT pour le maïs amélioré indiquent une augmentation entre 1984/85 et 1988/89, mais une baisse depuis 1988/89. Ce dernier phénomène peut être une conséquence de la politique de la CMDT 'd'inciter' l'utilisation du PNT sur coton. La pratique d'une utilisation du PNT en tête de rotation coton-maïs-sorgho/mil sans une fumure d'entretien annuel pourrait aussi expliquer le faible pourcentage du maïs concerné par le PNT.

Les superficies de mil/sorgho pour lesquelles le PNT est acheté sont très faibles. A part de l'achat en 1988/89, la superficie concernée ne dépasse pas 2% des superficies totales en mil/sorgho. De manière générale, le sorgho et le mil ne sont pas fertilisés et viennent le plus souvent en fin de rotation triennale après le maïs.

Les chiffres concernant l'achat du PNT pour le riz sont disponibles à partir de la campagne 1988/89 et montre une faible utilisation, alors que les résultats de la recherche sont très encourageants (Ahmadi et al., 1992).

Dans le cadre du programme SEP de l'ESPGRN, un certain nombre d'exploitations a été suivi pendant plusieurs années. L'utilisation effective des fertilisants, dont le PNT, sur les différentes cultures a été un des paramètres suivis.

De façon générale, le PNT est plus appliqué par les exploitations suivies à Fonsébougou que par celles de Koutiala. Les données des exploitations suivies à Fonsébougou (depuis 1989/89) à Koutiala et à Kadiolo (depuis 1990/91), montrent que le PNT est surtout appliqué sur coton et maïs. Le PNT n'est presque pas appliqué sur arachide, et la superficie en mil/sorgho fumée avec PNT est très minime. Différents paramètres de l'application du PNT sur coton et maïs à Koutiala, Fonsébougou, Kadiolo et Koutiala sont présentés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3: Application du PNT sur coton et maïs/maïs associé par les exploitations suivies à Fonsébougou (n = 30) Kadiolo (n = 38) et Koutiala (n = 30).

Zone et campagne	Total exploitation avec PNT	Coton				Maïs <sup>4</sup>			
		Nombre expl	Super en ha	Super <sup>5</sup> fum en %	Dose/super fum kg/ha	Nombre expl	Super en ha	Super fum en %	Dose/super fum kg/ha
<b>FONSEBOUGOU</b>									
1988/89	24	20	124	49	260	11	26	40	272
1989/90	7	1	2	1	354	5	12	18	181
1990/91	27	26	102	41	150	4	10	14	263
1991/92	4	4	12	6	179	1	2	3	105
1992/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>KADIOLO<sup>6</sup></b>									
1980/91	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991/92	35	35	55	93	259	3	4	2	163
1992/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>KOUTIALA</b>									
1990/91	1	1	4	3	71	-	-	-	-
1991/92	11	9	22	20	165	1	0.2	0	454
1992/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EA = exploitation agricole

Source: SEP-ESPGRN.

En 1990/91 et 1991/92, la région CMDT de Kadiolo a été théâtre d'une politique d'intensification de l'utilisation du PNT par la CMDT. L'application de la politique de 'la contrainte douce' s'est effectuée depuis la campagne 1988/89 à Fonsébougou où environ 82% des exploitations ayant pris le PNT l'ont utilisé sur moins de 50% des superficies. Par rapport aux chiffres concernant le pourcentage des superficies pour lequel le PNT a été acheté (Tableau 2), on constate que les superficies fumées en PNT sont inférieures à 50% des superficies totales en coton pour la Région CMDT de Sikasso depuis 1988/89 (Tableau 3). Lors de la campagne 1991/92 le nombre d'exploitations appliquant le PNT a chuté à Fonsébougou. A Koutiala, le nombre d'exploitations qui ont appliqué le PNT est le plus élevé pour la campagne 1991/92. Ceci montre probablement l'application différente de 'la contrainte douce' selon les Régions et Secteurs

La dose moyenne utilisée sur la superficie fumée du coton lors de la campagne 1990/91 est environ 50% de la dose recommandée à Fonsébougou et Koutiala, tandis que la dose moyenne appliquée à Kadiolo est proche de celle vulgarisée.

- 4 Maïs en pure et en association avec mil et sorgho
- 5 Pourcentage superficie fumée par rapport à superficies totales des exploitations suivies.
- 6 Sans les exploitations des tests/démonstrations

A Fonsébougou il y a quelques exploitations qui appliquent le PNT sur maïs. Ce nombre a diminué dès la campagne 1989/90. Dans les autres zones l'utilisation du PNT sur maïs est négligeable.

Lors de la campagne 1992/93 aucune exploitation suivie n'a utilisé le PNT. Lors de l'évaluation paysanne à Koutiala, dans certains villages ceci a été attribué au retard d'acquisition, et dans d'autres, l'efficacité même de l'engrais a été mise en cause. La distribution tardive (après semis) des intrants surtout du PNT par l'Association Villageoise (A.V) est une contrainte. En effet, le PNT distribué après le semis ne peut efficacement être utilisé par les paysans et par les cultures en première année. Selon Samacké et al. (1993), l'épandage du PNT en début d'hivernage est le plus dominant (88 % selon le même auteur), et des cas d'utilisation après même la levée des plants sont signalés.

Encadré 3.4: Conclusion sur la faible adoption du PNT

Malgré l'effort de la CMDT pour promouvoir le PNT en le subventionnant à plus de 50%, le PNT n'a pas eu l'effet souhaité auprès des paysans. La technique de la 'contrainte douce' a aussi suscité beaucoup de réactions négatives sur cet engrais en milieu paysan; d'où le constat d'une faible adoption en zone cotonnière.

## 4 RESULTATS D'ENQUETE

### 4.1 Paysans

Les résultats des enquêtes faites en 1992 auprès des paysans impliqués dans les tests/démonstrations en 1990/91 et ceux non-impliqués sont présentés ci-dessous.

#### 4.1.1 Perception du PNT comme un engrais

Selon les vulgarisateurs, la non-adoption du PNT est due au fait que les paysans ne considèrent pas le PNT comme un engrais mais plutôt comme de la poussière, comme son nom en Bambara 'Bogouri' l'indique. La majorité des paysans interviewés (71%) est d'opinion que le PNT est un engrais, surtout ceux qui ont participé aux tests-démonstrations Tableau 4.1.

Tableau 4.1: Perception du PNT comme un engrais (n=35)

Catégorie	oui	Non	Total
Paysans Test*	15	2	17
Paysans non Test	10	8	18
Total	25	10	35

\*les paysans-tests ont participé à un test-démonstration sur le PNT en 1990/91.

Les raisons pour lesquelles le PNT est considéré comme un engrais sont, par ordre d'importance:

- l'augmentation de la production;
- le bon développement végétatif des plants;
- l'amélioration du sol;
- la diminution de la présence du Striga.

Les paysans semblent surtout apprécier l'effet du PNT sur les sols pauvres (cf Encadré 4.1).

Encadré 4.1: Avis paysans du PNT sur sol pauvre.

<p>*Le PNT augmente la production de l'arachide, et si tu mets le PNT sur un sol pauvre, n'importe quelle culture que tu parvient à installer après va bien donner.*</p> <p>*J'ai utilisé le PNT sur les parcelles pauvres et j'ai cultivé pendant 3 à 4 ans*.</p>
--

Ceux qui ne considèrent pas le PNT comme un engrais n'ont pas vu ses effets positifs.

Les différences que les paysans notent entre le PNT et les autres engrais sont présentées dans le Tableau 4.2. On constate que la majorité des paysans non-test méconnaissent l'effet du PNT plus que les paysans-test.

Tableau 4.2: Perception paysanne du PNT par rapport aux autres engrais.

Argument PNT/autres engrais	Paysans Test (n = 17)	Paysans non test (n = 18)
Effet non-immédiat	6	7
PNT dure dans le sol	5	5
Diminution du striga	3	1
Verdure des plants	1	3
Épandage	0	3
Effet PNT méconnu	3	7

#### 4.1.2 Evaluation des tests/démonstrations en 1990/91

Lors de la campagne 1990/91, 17 paysans ont exécuté les tests/démonstrations. Selon ces paysans les arguments avancés par l'ESPGRN pour le faire étaient surtout de faire voir aux paysans l'effet du PNT, tout en précisant que l'effet se fait sentir surtout à partir de la deuxième année. Pour les participants au test/démonstration PNT, les appréciations des effets PNT lors de ces tests concernent l'augmentation de la production et le bon développement végétatif des plants et leur verdure. La plupart de ces paysans pensent que le PNT est surtout indiqué pour les sols gravillonnaires. Certains pensent que le PNT est indiqué pour toutes les cultures, à condition de semer tôt. Une majorité pense que le PNT est bien sur coton en première année avec un effet sur céréales (maïs, sorgho et petit mil) en deuxième année. Il peut être indiqué sur l'arachide en première année, mais aussi être profitable si l'arachide est cultivé l'année après épandage du PNT.

Sur les 18 paysans non-impliqués dans les tests/démonstrations 10 ont reçu des informations sur ce test. Plusieurs parmi eux étaient présents lors de la récolte du test, d'autres ont vu les champs des paysans impliqués dans les tests et quelques uns ont eu des contacts directs avec les paysans test.

Les autres qui n'ont pas eu de contacts avec les paysans test avancent comme raison qu'ils ne sont pas proches des paysans-test, que les relations dans le village 'ne sont pas aussi que ça', que les paysans-test n'informent pas les autres et que les autres à leur tour ne demandent pas de renseignements. Les exploitations suivies dans le cadre du programme SEP n'avaient pas plus de contact avec les paysans test que ceux non-suivis.

A la fin de la première campagne du test il y a eu une réunion villageoise lors de laquelle une évaluation des résultats a été faite par l'ESPGRN. Sur les 18 paysans non-test seulement 3 exploitations, dont une du SEP, étaient représentées. La plupart des interviewés (8) n'était pas au courant de cette réunion ou était en voyage (5). Les exploitations SEP n'étaient pas mieux informées que les autres.

#### 4.1.3 Vulgarisation du PNT

Les arguments les plus souvent avancés par les agents CMDT, selon les paysans, pour les convaincre à utiliser le PNT sont:

- l'enrichissement du sol et l'augmentation de la production.
- la lutte contre le striga; et dure dans le sol
- les effets du PNT qui s'étalent sur 3 ans; les effets ne sont visibles qu'après la 1ère année;

D'autres arguments cités étaient que le PNT maintient l'humidité dans le sol, qu'il lutte contre l'acidité du sol, et que c'est un engrais.

#### 4.1.4 Adoption du PNT

Un indicateur de l'adoption du PNT est son application lors des différentes campagnes agricoles. Le nombre de paysans qui ont appliqué le PNT, à part ceux des test/démonstrations en 1990/91, est présenté dans le Tableau 6.

Tableau 4.3: Application du PNT par les interviewés lors des campagnes 1988/89 au 1992/93 (n=35 non compris les paysans test de 1990/1991).

Catégorie	988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/1993
Paysan Test	1	0	17	17	4
Paysan non Test	1	0	1	17	4
Total	2	0	19	34	8

Lors de la campagne 1991/92, tous les paysans interviewés ont appliqué du PNT. Cependant force est de reconnaître que toute la quantité de PNT prise pour la superficie de coton n'a pas été utilisée par les paysans qui ont préféré l'utiliser sur de petites parcelles. Le stock restant a été utilisé lors de la campagne 1992/93. Il faut noter ici que les villages de recherche de l'ESP/GRN à l'instar des autres villages n'ont pas bénéficié de PNT en 1990/1991 pour la simple raison qu'il abritaient les tests/démonstrations.

Au total 8 exploitations ont appliqué le PNT en 1992/93. En général, il s'agit d'une application du stock restant.

Cependant d'autres paysans ont renoncé à l'utilisation de leur stock de PNT pour les raisons suivantes:

- inopportunité d'utiliser le PNT sur des parcelles assez riches.
- manque de temps pour épandre le PNT au champ.

Les raisons évoquées pour ne pas poursuivre l'achat du PNT sont présentées dans le Tableau 4.4.

Tableau 4.4: Raison d'interruption d'achat du PNT en 1992/93.

Raison de l'interruption	Paysans Test	Paysans non Test	Total
Non-disponibilité PNT au niveau village	3	5	8
Stock PNT	5	0	5
PNT n'a pas d'effet	4	4	8
Charge additif	3	4	7
Mauvaise concertation expl	3	2	5
Attendre résultats de cette campagne	0	3	3

A part ceux qui avaient encore du stock disponible, d'autres n'ont pas pu prendre du PNT pour raison de non-disponibilité au niveau du village, car certains villages avaient décidé, suite à l'imposition en 1991/92, de ne plus en acheter. Même ceux qui avaient la volonté de l'utiliser l'ont abandonnée pour des raisons plus ou moins précises (cf Encadré 4.2).

Encadré 4.2: Quelques raisons de renonciation à l'emploi du PNT

Eviter de contredire le village qui a déjà renoncé à la commande du PNT au risque de se voir indexer; renoncer à la commande de PNT pour des raisons financières; renoncer au PNT par manque d'intérêt et non perception de son effet.

On se rend compte que pour des raisons souvent pas clairement évoquées, la majorité des paysans de Kadiolo n'est plus prêt à utiliser cet engrais (66 %) à cause non seulement de la non perception de ses effets, mais aussi et surtout du fait qu'il a été 'imposé'.

Certaines des exploitations non-test veulent d'abord attendre les résultats de cette campagne avant de se décider sur l'application du PNT. Il faut noter ici que la plupart des exploitations non-test ont fait leur première application du PNT lors de la campagne 1990/91.

Pour résumer la perception paysanne de l'utilité du PNT il a été demandé aux interviewés s'ils sont convaincus des effets positifs du PNT. Les réponses sont présentées dans le Tableau 4.5.

Tableau 4.5: Degré de conviction des exploitations interviewées de l'effet positif du PNT (n = 35).

Catégorie	Oui	Non	Neutre	Total
Paysans Test	12	4	1	17
Paysans non Test	9	4	5	18
Total	21	8	6	35

Une petite majorité des interviewés (60%) est convaincue des effets positifs du PNT. Ceux qui ne sont pas convaincus de l'effet du PNT sont surtout ceux dont les sols étaient sablonneux, érodés, envahis de striga ou semés tardivement. La perception paysanne de la chance d'adoption du PNT est présentée dans le Tableau 4.6.

Tableau 4.6: Perception paysanne de la chance d'adoption du PNT.

Catégorie	Oui	Non	Neutre	Total
Paysans Test	9	8	0	17
Paysans non Test	11	5	2	18
Total	20	13	2	35

Pour 57% des interviewés le PNT aura une chance d'être adopté. Les paysans test semblent être un peu plus pessimistes que les paysans non-test. Les contraintes à l'adoption du PNT citées par l'ensemble des interviewés sont, par ordre d'importance :

- l'épandage difficile du PNT du à sa forme physique;
- le PNT est un charge additif aux charges du coton;
- la méconnaissance des effets positifs du PNT;
- la non-perception des effets positifs du PNT (surtout à court terme).

Ce sont surtout les paysans test qui citent comme contrainte l'épandage difficile du PNT, tandis que les paysans non-test citent plus souvent qu'on ne perçoit pas ses effets positifs.

Pour promouvoir l'adoption du PNT les interviewés ont fait des suggestions suivantes.

- Parcelles de démonstration du PNT sur des sols appropriés (pauvres, infestés par le striga etc...), et aussi sur des parcelles de riz.
- Visite inter-paysanne des parcelles de démonstration lors des différentes opérations sur la parcelle.
- Réduction partielle de la quantité d'autres engrais comme les complexes en cas d'utilisation du PNT.
- Diminution du prix du PNT et/ou des autres engrais.
- Favoriser l'échange entre les paysans. Les paysans qui ont eu de bons résultats peuvent les exposer aux voisins, car le voisin est plus apte à faire passer une technologie à son voisin.
- Changer la forme poussiéreuse.

## 4.2 Agents d'encadrement

Les agents d'encadrement ont un rôle important à jouer dans la vulgarisation du PNT. Cette vulgarisation a plus de chance de réussir si l'agent lui-même perçoit, comprend bien l'effet du PNT. Ainsi étant convaincu de son utilité il sera capable de donner des arguments pour soutenir son point de vue.

Cependant force est de constater que les agents maîtrisent peu le langage technique de cet engrais. On constate que les connaissances sur le PNT sont parfois confuses et qu'ils s'expriment peu en termes techniques, p.e. que le PNT est intéressant vu la carence en phosphore du sol qu'aucun agent n'a mentionné.

Les observations que les agents ont eu à faire sur le terrain concernant les effets PNT se recoupent avec leur perception de l'utilité du PNT. Un inventaire des effets constatés sont :

- Un bon développement des plants, une verdure des plants; le maïs se récolte avec des feuilles vertes et les graines pèsent plus lourdes, le PNT fait grossir les capsules du coton. Les plantes résistent à la verse en comparaison à d'autres parties qui n'ont pas reçu le PNT.
- Il y a une augmentation de la production du coton, ou des cultures en deuxième année après l'application.
- Le PNT diminue l'apparition du striga.
- Le PNT maintient aux céréales son goût naturel par rapport aux autres engrais.
- Certaines parcelles ayant reçues le PNT ne diffèrent pas des parcelles témoins sur l'aspect végétatif. Par contre, dans d'autres parcelles on a pu remarqué une différence d'effet. Des raisons pour cela n'ont pas pu être identifiées.
- Certains constatent un retard de développement au début après germination. Par contre, d'autres remarquent une bonne germination après semis.

Il faut noter que les effets constatés concernent surtout les aspects végétatifs des plants.

Pour tous les agents d'encadrement, la source d'information la plus importante pour vulgariser le PNT est le chef hiérarchique. Quelques uns s'inspirent des observations faites lors des démonstrations, et/ou utilisent le guide d'expérimentation de démonstration pour faire sa vulgarisation. Au niveau des chefs ZER/ZAER l'échange avec les collègues est aussi une source d'information.

Tous les agents d'encadrement ont organisé des réunions de sensibilisation et des démonstrations. Certains ont précisé qu'il s'agit des parcelles de démonstrations; dans d'autres cas il n'est pas clair s'il s'agit des parcelles de démonstrations ou des démonstrations d'épandage. Un agent a fait des visites individuelles auprès des paysans pour les encourager à utiliser du PNT.

Pour favoriser l'adoption du PNT les agents suggèrent, par ordre d'importance:

- un changement de la présentation du PNT, sous forme granulaire;
- des parcelles de démonstration; un agent suggère de faire les démonstrations au sein de chaque SB au niveau d'une exploitation et d'appliquer le PNT sur toutes les cultures et surtout sur les terres pauvres.
- une diminution de la quantité des autres engrais si on utilise le PNT; certains agents ont suggéré d'expérimenter le PNT seul sans le complexe ou d'apporter le PNT en additif aux autres engrais en première année et de réduire la dose du complexe sur les autres années (2 à 3 campagnes).
- des réunions de sensibilisation;
- l'amélioration de l'emballage, et la matérialisation du poids réel sur le sac, ainsi que les composants du PNT.

On constate que les suggestions des agents d'encadrement recourent celles des paysans, avec cette différence que les paysans mettent plus d'accent sur les démonstrations et les agents sur le changement de la présentation du PNT.

A la lumière des investigations auprès des paysans et des agents de développement, on constate que: (1) l'application du PNT avant le labour pour une meilleure incorporation au sol n'est pas rigoureusement conseillée aux paysans; (2) la période de distribution des intrants aux paysans (généralement après les semis), oeuvre de l'équipe technique du village ou de l'agent; dépasse la période optimale où le PNT doit être incorporé; (3) le manque de message technique pour l'utilisation du PNT, l'interaction entre phosphore et azote ainsi que sa réponse à l'humidité.

Encadré 4.3: Contrainte de diffusion du PNT.

Au stade actuel il ressort clairement que les agents de développement disposent d'une connaissance peu fournie sur cet engrais mais aussi et surtout que la solution technique utilisée (démonstration) pour montrer l'effet du PNT est inadéquate.

## 5 DISCUSSION

### 5.1 Analyse du problème de la non-adoption du PNT

Bien que certains paysans perçoivent l'utilité du PNT, il existe plusieurs blocages à son adoption. L'analyse du problème de la non-adoption du PNT est représentée en forme d'un arbre des causes-problème figure (5.1). Les causes ont été classées en 4 groupes.

Les résultats de la recherche agronomique porte principalement sur l'effet de différentes doses de PNT en comparaison avec la fumure vulgarisée et sur des doses d'engrais minéraux complémentaires au PNT, dans le but de proposer une dose à vulgariser. Bien que de la recherche ait été faite sur la possibilité de remplacer le phosphore, généralement vulgarisé sous la forme de complexe coton ou complexe céréale, par le PNT, ceci n'a pas (encore) abouti aux résultats vulgarisables. Ainsi le PNT est recommandé et vulgarisé comme fumure de fond en tête d'une rotation triennale et en additif à la dose d'engrais 'classique', recommandées sur coton et maïs. Par conséquent les coûts d'intrants ont augmenté. Le PNT étant appliqué sur le coton, constitue une charge additionnelle pour ce dernier. Vu que l'effet du PNT à court terme est dans bon nombre de cas négligeable surtout qu'il n'est souvent pas appliqué au moment opportun; le taux marginal de rentabilité du PNT est négatif. Le PNT étant un phosphate tricalcique se transforme lentement en forme assimilable ce qui met son efficacité à court terme en question. (Figure 1; groupe de causes N°I).

La stratégie de 'faire passer' le message, appelé 'contrainte douce', qui consistait à lier l'attribution des intrants comme les emences et l'engrais pour le coton au prélèvement d'une quantité de PNT, n'a pas été appréciée par la plupart des paysans. Cette approche, combiné avec la faible rentabilité (à court terme) du PNT, ont causé des sentiments négatifs chez bon nombre de paysans. (Figure 5.1; groupe de causes N°I).

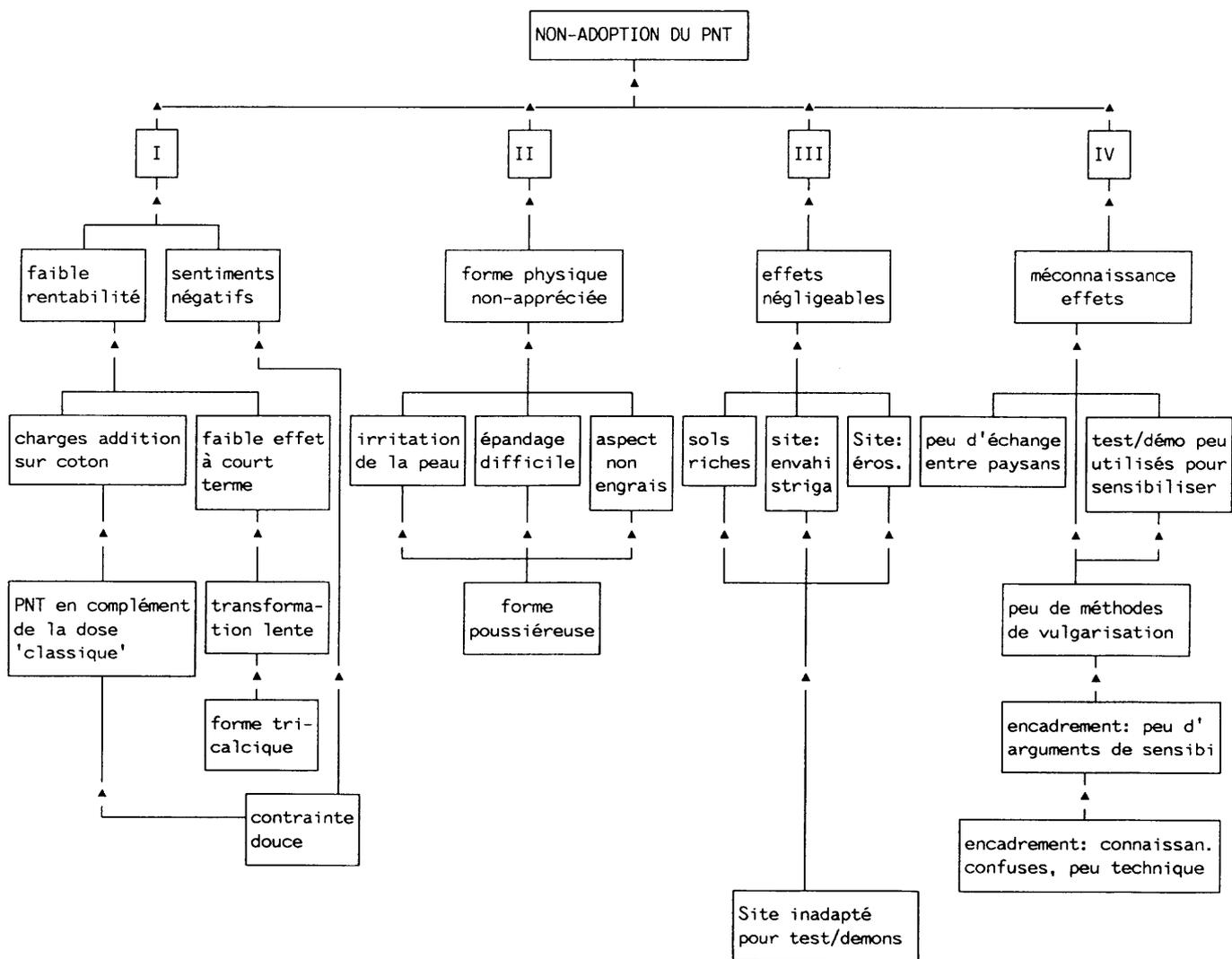
Les paysans se plaignent de la forme de poudre du PNT (52% des paysans selon Samacké et al., 1993), qui ne provoque pas seulement l'irritation de la peau et des organes de sens mais qui rend aussi difficile son épandage (transport par le vent). En plus, le PNT n'est pas toujours considéré comme un engrais minéral, mais plutôt comme de la poussière ensachée. Dans le but de lever cette contrainte d'importants travaux de recherche ont porté sur l'amélioration de la forme physique du PNT (notamment l'enrobage et la granulation). Néanmoins le PNT finement broyé s'est toujours montré le plus efficace point de vue agronomie, à cause de la grande surface de contact (Tall, 1992; Koumaré, 1986). (Figure 5.1; groupe de causes N°II).

Même à moyen terme, l'effet du PNT n'est pas toujours évident et dépend de plusieurs facteurs dont la présence d'autres fertilisants tels-que l'azote, le potassium ou le magnésium. Sur les sols riches l'effet du PNT semble être négligeable. Certains paysans n'ont pas bien perçu son effet à cause de l'envahissement de la parcelle par le striga, tandis que d'autres mettent la cause sur

l'érosion hydrique. Dans le cas d'un semis tardif, il semble que l'application du PNT est peu efficace. (Figure 5.1 ; groupe de causes N°III).

Les paysans qui ne sont pas impliqués dans les démonstrations ou tests semblent surtout être confrontés à une méconnaissance des effets du PNT. Le manque d'échange entre les paysans et le fait que les démonstrations ou tests ne sont pas suffisamment utilisés comme outil de vulgarisation sont les causes principales de cette méconnaissance. Il a été constaté lors des enquêtes que les agents d'encadrement ont une connaissance très confuse et peu technique du PNT; il n'existe pas de module de formation concernant le PNT. Ainsi les agents de base maîtrisent peu les arguments de sensibilisation et se contente souvent de la mise en place de quelques parcelles de démonstration de PNT. (Figure 5.1; groupe de causes N°IV).

Figure 5.1: Causes de la non adoption du PNT.



## 5.2 Proposition de solutions

Basé sur l'analyse du problème de la non-adoption du PNT, des solutions sont proposées pour les principales causes. Certaines propositions s'adressent à la vulgarisation tandis que d'autres nécessitent une recherche approfondie. Les propositions de solution ont été arrangées par groupe de causes correspondant.

### *1. Vers un régime de fertilisation sur base du PNT*

De façon générale, il existe peu de données sur l'effet du PNT par zone agro-écologique, type de sol et de rotation, en fonction des régimes de fertilisation. Il faut noter que jusqu'ici le message de vulgarisation du PNT est assez générale. Vu que la pluviométrie et le type de sol influencent la solubilité et l'efficacité du PNT il est important de déterminer les doses à vulgariser par rapport à ces facteurs. Cette recherche pourrait être réalisée par la recherche thématique à travers la mise en place des essais multi-locaux dans les principales zones agro-écologiques.

L'application du PNT, comme vulgarisée par la CMDT, se traduit par une charge additionnelle pour le coton, sans augmentation substantielle de rendement. Afin de rendre l'utilisation du PNT plus attirant, il sera nécessaire de proposer un régime de fertilisation dont les coûts ne dépassent pas ceux du régime 'classique' de l'engrais sur coton. Ainsi, l'utilisation du PNT devrait se combiner avec une réduction (ou changement) des doses d'engrais 'classique', sans diminution de rendement de coton. Néanmoins dans le contexte de la durabilité des systèmes de production, le nouveau régime de fertilisation devrait assurer un bilan équilibré d'éléments nutritif dans le sol.

Selon van der Pol (1990 et 1992) les bilans nutritifs pour une rotation triennale (coton-maïs-sorgho) au Mali-sud sont négatifs pour l'azote et la potasse, et plus ou moins en équilibre pour le phosphore. Le bilan négatif de l'azote est principalement dû au sorgho cultivées sans fertilisation, et au fait que les paysans n'appliquent pas les doses d'engrais vulgarisées sur maïs (DRSPR, 1993). L'exportation nette par épuisement de la réserve en potasse du sol est de 20 kg/ha. La part du mil et du sorgho se chiffre à environ 43% de cette exportation totale. La fertilisation potassique du coton et du maïs n'est pas suffisante pour soutenir les exportations par le sorgho. Le bilan de phosphore est à peu près en équilibre (-0.2 kg/ha), car la fertilisation du coton compense les exportations des céréales traditionnelles (Van der Pol 1990).

Cependant, en se basant sur le régime 'classique'<sup>7</sup> (en vulgarisation) de fertilisation pour la rotation coton-maïs-sorgho, les bilans nutritifs pour le Mali-Sud sont seulement légèrement négatif pour l'azote (-2 kg/ha), en équilibre pour le potasse

7

Le régime 'classique' de fertilisation recommandé par la CMDT pour la rotation principale ('coton-maïs-sorgho') dans la zone Mali-Sud est: 7 tonnes de fumure organique par hectare en tête de rotation, 150 kg de complexe coton (12-22-14) par hectare et 50 kg d'urée par hectare sur coton et 150 kg de complexe céréale (15-15-15) et 50 kg par hectare d'urée sur maïs.

et même positif pour le phosphore (7 kg/ha). Néanmoins, ces chiffres doivent être traités avec prudence. Les calculs ont été faits au niveau Mali-sud et masquent par conséquent la variabilité agro-écologique. Selon N'Tarla (1993) et Traoré (1993 comm.pers), l'acide phosphorique de la plupart des sols de la zone Mali-Sud est non seulement peu abondante mais aussi peu utilisable par les plantes. Le phosphore des engrais peut être énergiquement adsorbé par le complexe absorbant du sol qui peut le rendre alors inactif. A ce niveau, la réserve du sol en phosphore utilisable par les plantes peut être déficitaire.

Sur la base du régime 'classique' de fertilisation, qui semble représenter un relativement bon équilibre d'éléments nutritifs (van der Pol, 1992), et dans le souci de proposer un régime de fertilisation contenant une dose de 300 kg/ha de PNT en première année d'une rotation triennale (coton-maïs-sorgho), les apports additionnels d'engrais minéraux peuvent être calculés. La dose de 300 kg/ha de PNT en tête de rotation représente 175% de l'apport en phosphore du régime 'classique'. Si cette dose est enfouie en fin de cycle d'une rotation précédente, on peut supposer qu'il y aura suffisamment de phosphore disponible pour le coton et qu'une dose additionnelle de phosphore n'est pas nécessaire. Les engrais minéraux additionnels devront principalement compenser l'azote, la potasse le bore et le soufre. Bien qu'un tel régime alternatif pourrait être attirant du point de vue économie et assurer un bilan nutritif équilibré, l'application des différents types d'engrais poserait d'énormes problèmes aux paysans. La manipulation de ces engrais par les paysans ne serait pas très aisée. En plus, la gestion des stocks des engrais au niveau AV et au niveau paysan deviendrait assez compliqué. Aussi, la manipulation et le transport de ces différents engrais poseraient des frais additionnels pour la CMDT. Bien que le mélange de ces engrais au niveau usine pourrait être une solutions pour ces problèmes, des essais ont montrés que la manipulation (notamment le transport) des bulks d'engrais résulte en une ségrégation importante (Traoré, 1993 comm.pers); en effet, les granules de faible diamètre auront tendance à s'accumuler au fond du sac, tandis que les plus grosses granules se concentreront en surface.

Vue que ceci pourrait mener à abuser de la confiance des paysans et à une perte de crédibilité de l'organisme de développement, l'utilisation des bulks n'est pas à conseiller, tant qu'il n'est pas possible de garantir la régularité d'épandage. Par ailleurs, l'enfouissement de la dose de PNT au labour suivi de l'application des autres engrais serait souhaitable malgré qu'elle ne résout pas le problème d'épandage du PNT.

Une autre alternative semble être l'utilisation des engrais complexe fabriqués à base de PNT par compactage. En collaboration avec l'IFDC, la station de N'tarla a testé cinq différentes formules, dont deux semblent prometteuses dans le contexte du Mali-sud. Ces deux types d'engrais complexe seront prochainement testés en milieu paysan selon Traoré (1993 comm. pers.). Cependant, la formulation de ces complexes ne semble pas être choisie en fonction des besoins minéraux des principales cultures et rotations. D'un coté les formules sont très différentes du complexe coton, et de l'autre coté seulement une formule comporte du bore et du soufre (Tableau 5.1). Ainsi dans le cadre d'une rotation sur base de coton, la

formule F8 s'avère la plus intéressante.

Tableau 5.1: Formules complexes d'engrais à base de PNT, testées à N'Tarla (en collaboration avec l'IFDC) (1988-1992)

Index de la formule	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	B
F4 (1 1 1)	13.6	13.6	13.6	0.1	-
F5 (1 2 0)	10.9	21.6	-	0.2	-
F6 (1 3 0)	7.8	23.6	-	0.2	-
F7 (1 3 0)	6.5	19.6	-	1.7	-
F8 (1 1 1)	9.9	9.9	9.9	4.0	2,0

Les formules d'engrais complexes à base de PNT devrait être plus adaptées aux besoins nutritifs des cultures et tenir compte des principales rotations de culture. Ainsi basé sur des résultats des multiples années d'expérience de la recherche thématique en matière de fertilisation, combiné avec des études sur des bilans nutritifs (Gigou, 1985; Pieri, 1983; van der Pol, 1992, etc.), des recommandations en matière de besoin en apport d'éléments minéraux pour les principales cultures et rotations dans les principales conditions agro-écologiques devraient être faites. Ces recommandations pourrait ensuite être traduites en régimes de fertilisation en tenant compte des stratégies paysannes et des analyses économiques. Ceci veut dire que par exemple pour le régime de fertilisation pour la rotation coton-maïs-sorgho, la fertilisation du sorgho n'est pas une pratique paysanne et ne semble économiquement pas justifiée; d'où la nécessité d'un régime sur la culture de coton et du maïs couvrant les besoins totaux pour la rotation. Vue que les complexes à base de PNT ne seront pas en mesure d'apporter les besoins équilibrés en azote et potassium, les régimes de fertilisation comporteront aussi d'autres engrais comme l'urée et éventuellement le nitrate de potassium KNO<sub>3</sub>. Avant d'entamer la vulgarisation à grande échelle du PNT, il sera nécessaire de tester les différents régimes de fertilisation avec l'engrais complexe à base de PNT (par rapport au régime classique).

## II. La forme physique du PNT

Le changement de la forme de présentation du PNT ne semble pour le moment pas possible vu les coûts impliqués. En plus, le PNT, engrais tricalcique est plus efficace lorsqu'il est finement broyé (Koumaré, 1986; Stoop, 1993). Pour cette raison, la technique déjà connue qui consiste à mélanger le PNT à la terre humide et/ou de la fumure organique pour faciliter son épandage, semble la mieux indiquée. Des séances de démonstrations techniques pourrait être organisées à cet effet.

Une épandeuse du PNT à traction animale a été mis au point par l'atelier de Koutiala. Selon la section machinisme agricole de la CMDT cette épandeuse à un coût de 150000-200000 F CFA peut être amorti sur 1000 ha. Il convient alors de bien cibler le type ou groupe de paysans auquel est destiné cette épandeuse. L'acquisition et l'utilisation d'une épandeuse pourrait être organisée au niveau AV. Cependant, la question de l'opportunité d'un tel matériel peut être posée si son

usage se limite seulement à l'épandage du seul PNT. Dans ce contexte, la vulgarisation de l'épandage du PNT à traction animale ne semble pas une priorité à l'instant.

Une épandage adaptée à la charrue du tracteur 'Bouyer TE' a été mise au point par le même atelier. Ce matériel pourrait être intéressant pour les exploitations mécanisées.

Une autre épandage de PNT (semoir-épandage) cette fois-ci polyvalente, montée sur le châssis du multiculteur 'ARIANA' est en étude à l'Institut Polytechnique Rural (IPR) de Katibougou (Samaké, 1993. comm-pers). Cette version ne traiterait pas seulement le problème d'épandage du PNT mais aussi servirait de semoir. L'étude en soit mérite d'être encouragée. Cependant, une telle modification serait bienvenue sur le semoir '*Danikèwara*' adopté largement par les paysans.

L'utilisation du PNT dans les parcs et dans les fosses fumières, comme vulgarisée par la CMDT (voir fiche technique 'la fosse fumière') n'aide pas seulement à résoudre le problème de l'épandage de l'engrais mais augmente aussi la qualité de fumier (généralement pauvre en phosphore). Néanmoins, pour augmenter l'adoption de cette technique il est indiqué de convertir l'utilisation du PNT dans la fosse en quantité de phosphore utilisé par hectare et en conséquence déterminer la réduction du phosphore (en terme de dose d'engrais complexe actuellement vulgarisée) à épandre sur coton.

### *III. Vers des démonstrations efficaces*

Vue que l'effet du PNT n'est pas toujours évident et dépend de plusieurs facteurs, il est indispensable d'assurer les conditions optimales afin d'augmenter l'effet démonstratif du PNT.

Il s'agit tout d'abord de procéder à un choix judicieux du dispositif de démonstration qui doit obligatoirement tenir compte de l'interaction entre l'azote et le phosphore. En d'autres termes l'utilisation de la quantité de PNT sera en équilibre avec la dose d'urée à appliquer.

Dans le but de convaincre le paysan il est important qu'il puisse constater facilement les effets positifs du PNT. Pour cette raison les parcelles de démonstration seront de préférence mises sur des sols pauvres et acides, sans infection majeure de striga et avec peu de risque d'érosion hydrique. En plus, afin que la culture puisse profiter au maximum du PNT, il est recommandé de choisir une parcelle avec un semis précoce.

Étant donné que le processus de solubilisation est lent il est indiqué d'appliquer le PNT au plus tard au moment du labour en début de campagne. Le PNT doit être mis à la disposition de la plante au niveau des racines, ce qui nécessite un enfouissement efficace. Afin d'obtenir une meilleure efficacité, la période optimale d'utilisation du PNT est la fin de la saison pluvieuse. À cette période le PNT doit

être épandu et enfoui par les labours de fin de cycle. Ainsi, au bénéfice des dernières pluies et de l'humidité du sol, le PNT mettra à la disposition des plantes dès la campagne suivante une bonne proportion d'acide phosphorique suite à la minéralisation qu'il aura démarré dès son incorporation.

Le PNT peut aussi être appliqué sur d'autres cultures que le coton. Les résultats de recherche au niveau de l'Office du Niger et du Projet Riz à Sikasso montrent que le PNT peut être très bien appliqué sur le riz de bas-fonds (Tall, 1992; Ahmadi et al, 1992). Ceci pourrait d'ailleurs être intéressant pour les femmes qui ont de petites parcelles de riz de bas-fonds et qui ne peuvent pas se permettre de payer le complexe céréale.

Aussi le compostage du PNT et son utilisation dans les fosses fumières sont des solutions pratiques à sa difficulté d'épandage

#### *IV. Pour une meilleure formation/vulgarisation*

La première condition pour assurer une bonne diffusion du PNT est que l'encadrement soit formé et convaincu des effets, de l'utilité du PNT et capable de les expliquer (Samacké et al., 1993). Ainsi, le rôle des agents d'encadrement est capital dans la vulgarisation du PNT. Une première étape pour améliorer le niveau scientifique des agents de vulgarisation et par conséquent des paysan consiste à mettre au point une fiche synthétique d'information. Cette fiche devrait contenir toutes les informations utiles et utilisables par les agents pour leur argumentation.

Dans le but de résoudre le problème de la méconnaissance des effets du PNT, une stratégie de vulgarisation adaptée s'impose. La démonstration est certes un outil adaptée pour la vulgarisation du PNT, mais encore faudrait-il l'exploiter à juste titre.

L'effet attendu dépendant de plusieurs facteurs dont l'interaction entre le phosphore et l'azote, une simple démonstration (avec et sans PNT) est certainement moins forte pour prouver cet effet. La méthode de démonstration mérite d'être exploitée d'avantage.

Le champ de démonstration devrait être utilisé comme lieu de rencontre pour des visites inter-paysannes. Pour ce faire, le choix judicieux d'un site de démonstration s'avère indispensable afin de mieux percevoir l'aspect démonstratif. En vue d'une meilleure évaluation, des groupes de paysans pourraient être formés qui se rencontrent de temps à autre pour discuter le problème de fertilité du sol en général et l'effet du PNT en particulier. Ainsi la démonstration serait utilisé comme un outil de sensibilisation.

## 6 CONCLUSION

La recherche sur le PNT a abouti à des résultats agronomiques assez satisfaisants au Mali. Malgré la pertinence de ces résultats l'adoption de cet engrais par les paysans qui le considèrent comme un intrants imposé par la CMDT, reste toujours timide. Les principales causes de la non adoption du PNT en milieu rural se resument en 4 groupes distincts: socio-économique, phisique, techniques et de formation.

Afin de rendre l'utilisation du PNT plus attirant, il sera nécessaire de proposer un régime de fertilisation dont les coûts ne dépassent pas ceux du régime 'classique' de l'engrais sur coton. Ainsi, l'utilisation du PNT devrait se combiner avec une réduction (ou changement) des doses d'engrais 'classique', sans diminution de rendement de coton. Néanmoins dans le contexte de la durabilité des systèmes de production, le nouveau régime de fertilisation devrait assurer un bilan équilibré d'éléments nutritif dans le sol. Pour ce faire la préparation d'un engrais complexe à base de PNT sera largement utile.

Basé sur des résultats des multiples années d'expérience de la recherche thématique en matière de fertilisation, combiné avec des études sur des bilans nutritifs, des propositions de régimes de fertilisation devraient être faites pour les principales cultures et rotations dans les principales conditions agro-écologiques. Avant d'entamer la vulgarisation à grande échelle, il est nécessaire de tester les régimes alternatifs par rapport au régime classique. Entre-temps, la vulgarisation devrait se limiter à des démonstrations dont on est sure de pouvoir constater l'effet positif du PNT.

Vue que le changement de la forme poussiéreuse du PNT ne semble pour le moment pas fiable et que la vulgarisation de l'épandeuse du PNT ne semble pas une priorité à l'heure actuelle tant qu'elle restera monovalente. La techniques de mélanger le PNT à la terre humide et/ou de la fumure organique, semble la mieux indiquée pour l'instant. L'utilisation du PNT dans la fosse fumièr, comme vulgarisée par la CMDT n'aide pas seulement à résoudre le problème de l'épandage de l'engrais mais augmente aussi la qualité de fumier.

Jusqu'ici le message de vulgarisation du PNT est assez générale. Vue que la pluviométrie et le type de sol influencent la solubilité et l'efficacité du PNT il est important de déterminer les doses à vulgariser par rapport à ces facteurs. Pour cette raison, une des taches de la recherche thématique serait de mettre en place des essais multi-locaux qui couvrent par zone agro-écologique les principaux types de sol et de rotation de cultures en combinaison avec les régimes de fertilisation (recommandés) pour répondre à ce souci.

Vue que l'effet du PNT n'est pas toujours évident et dépend de plusieurs facteurs, il est indispensable de limiter les causes de variation afin d'augmenter l'effet démonstratif du PNT.

Dans le but de résoudre le problème de la méconnaissance des effets du PNT, une stratégie de vulgarisation adaptée s'impose. Il est nécessaire d'exploiter d'avantage les démonstrations qui devraient être plus utilisées comme un outil de sensibilisation. Etant donné le rôle capital des agents d'encadrement cette vulgarisation a plus de chance de réussir si l'agent lui même est convaincu de l'utilité du PNT comprend le mode d'action et est capable de donner des arguments pour soutenir son point de vue. Une première étape pour améliorer le niveau scientifique des agents de vulgarisation et par conséquent des paysan, consiste à mettre au point une fiche synthétique d'information.

En plus, afin que la culture puisse profiter au maximum du PNT, il est recommandé de choisir une parcelle avec un semis précoce. Afin d'obtenir une meilleure efficacité, la période optimale d'utilisation du PNT est la fin de la saison pluvieuse. Ainsi, le PNT mettra à la disposition des plantes dès la campagne suivante une bonne proportion d'acide phosphorique suite à la minéralisation qu'il aura démarré dès son incorporation.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahmadi N., Demay G., Traoré B., et Sidibé M., 1992.  
Commission technique SRCVO. Rapport analytique hivernage 1991. Première partie Agronomie - Système de culture. Bamako Avril 1992. Mali.
- Diarra, M. 1982.  
La liaison entre la recherche agronomique et la vulgarisation agricole au Mali, son impact potentiel sur la production des cultures vivrières Mémoire de fin d'étude IPR de Katibougou. Koulikoro. Mali.
- Diarra S. F, Fomba B., Van der Poel P., Bosma R. 1992.  
Introduction des soles fourragères de *Stylosanthes hamata* dans les exploitations agricoles au Mali-sud.  
Article présenté lors de l'atelier 'Stylosanthes as feed and fallow' tenu à Kaduna, Nigeria, du 26 au 31 Octobre 1992. DRSPR/Sikasso. Mali.
- DRSPR, 1986 à 1991.  
Commission technique sur les Systèmes de Production Rurale. Synthèse des résultats de la campagne 1990/1991. Volet Fonsébougou. Sikasso. Mali.
- DRSPR, 1993.  
Synthèse de la restitution des résultats de recherche de la campagne 1992-1993 aux paysans. Zone de Koutiala. DRSPR, Sikasso. Mali.
- IER/DRA. 1981.  
Rapport de la campagne. SRCVO projet SAFGRAD au Mali. Bamako. Mali
- IFDC, 1976.  
Etude sur les engrais en Afrique de l'Ouest.  
Technicalbulletin-T-5. Octobre 1976. MUSCLE SHOALS, ALABAMA 35660.
- Koumaré, S. 1986. Les engrais essentiels et le SYSTEME de fumure des cultures tropicales. IPR de Katibougou/Koulikoro. Mali.
- N'Tarla, 1989.  
Réunion de concertation IER/CMDT. Principaux résultats de l'expérimentation de la campagne 1988, Station de N'Tarla. IER/DRA/SRCFJ Bamako. Mali.
- N'Tarla, 1990.  
Exposé des résultats et et premières conclusion de l'expérimentation menée durant la campagne 1989. Cellule Agronomie et Expérimentation extérieure Station de N'Tarla. IER/DRA/SRCFJ Bamako. Mali.
- Samacké S., Niang M., et Giraud F., 1993.  
Connaissance et Utilisation du PNT. Enquête spécifique Koutiala CMDT/DPGC Koutiala. Mali.

Samaké F., 1987.

Contribution à la valorisation du Phosphate Naturel de Tilemsi (Mali) par l'action d'acides minéraux et de composés organiques humifiés. Thèse présentée à l'Institut National Polytechnique de Lorraine en vue de l'obtention du Grade de Docteur Ingénieur. France.

Samaké O., 1990.

Characterization and agronomic potential of Tilemsi (Mali) rock phosphate. A Thesis submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A & M University in partial Fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science. USA.

Tall A., 1992.

Rapport de fin de stage. DRA/CMDT/SEPT-SA Bamako, Mali.

Thibout, F., Traore, M. F., Piéri, C. C., et PICHOT. J. 1978.

L'utilisation des PNT au Mali. Synthèse des résultats de la recherche agronomique sur les cultures vivrières et oléagineuses. IER/DRA. Bamako Mali. IRAT Montpellier (France).

Veldkamp W, J et al. 1991.

Fertilité des sols du Mali. Mali-Sud/Office du Niger. Interprétation des données analytiques des sols et des plantes. Cellule agro-pédologie. Projet "assistance au laboratoire des sols/AGP";

## ANNEXES

Tableau 1. Utilisation du PNT dans la zone de Kadiolo

Campagne	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92
Superficies/ha	-	35.7	532	481	775	4315
Quantités en Tonnes	-	14.8	164	107	234	1280

Source: Secteur CMDT de Kadiolo

Tableau 2. Superficie du coton pour laquelle du PNT a été achetée dans la Région CMDT de Sikasso, campagne 1984/85 - 1991/92.

Campagne	Superficie Coton (ha)	Superficie achat PNT (ha)	Superficie PNT en % *
84/85	24164	281	1,16
85/86	29646	245	0,82
86/87	30868	448	1,45
87/88	32089	645	2,00
88/89	35976	2520	7,03
89/90	39690	2822	7,11
90/91	43370	14065	32,40
91/92	45670	20029	43,85

\* Il s'agit de la superficie pour laquelle le PNT a été acheté, il n'est pas connu si le PNT a été effectivement utilisé.

Source: CMDT, Sikasso.

Tableau 3. Superficie du maïs amélioré pour laquelle du PNT a été achetée dans la Région CMDT de Sikasso, campagne 1984/85 - 1991/92.

Campagne	Superficie Maïs amélioré (ha)	Superficie achat PNT (ha)	Superficie PNT en % *
84/85	10235	292	2,85
85/86	13102	497	3,80
86/87	15096	618	4,10
87/88	15186	440	2,90
88/89	18315	2016	11,00
89/90	22191	1803	8,12
90/91	24284	842	3,47
91/92	28555	1055	3,70

\* Il s'agit de la superficie pour laquelle le PNT a été acheté, il n'est pas connu si le PNT a été effectivement utilisé.

Source: CMDT, Sikasso.

Tableau 4. Superficie du mil/sorgho pour laquelle du PNT a été achetée dans la Région CMDT de Sikasso, campagne 1984/85 - 1991/92.

Campagne	Superficie Mil/Sorgho (ha)	Superficie achat PNT (ha)	Superficie PNT en % *
84/85	21030	185	0,60
85/86	27956	422	1,50
86/87	31751	372	1,17
87/88	31008	284	0,90
88/89	34524	1850	5,36
89/90	38552	448	1,16
90/91	41488	139	0,33
91/92	44750	254	0,57

\* Il s'agit de la superficie pour laquelle le PNT a été acheté, il n'est pas connu si le PNT a été effectivement utilisé.

Source: CMDT, Sikasso.

Tableau 5. Superficie du riz pour laquelle du PNT a été achetée dans la Région CMDT de Sikasso, campagne 1984/85 - 1991/92.

Campagne	Superficie Riz (ha)	Superficie achat PNT (ha)	Superficie PNT en %
88/89	6254	---	---
89/90	8462	118	1,39
90/91	9368	27,6	0,30
91/92	10590	277,25	2,62

\* Il s'agit de la superficie pour laquelle le PNT a été acheté, il n'est pas connu si le PNT a été effectivement utilisé.  
Source: CMDT, Sikasso.

## ANNEXE 2

- 1 Amélioration du Conseil Gestion de l'Exploitation. Rapport d'étape. Equipe SPGRN/Sikasso.  
Document ESPGRN N°94/01. Janvier 1994. 12p
- 2 Description et Analyse Systèmes de Production dans la Région de Sikasso. Document de Travail. Brons, Johan; Djouara, Hamadi; Defoer, Toon; Joldersma, Rita.  
Document ESPGRN N°94/02. Janvier 1994. 22p.
- 3 Stabulation saisonnière. Programme de Vulgarisation de Zura. Résultats de l'enquête de la campagne 1992-1993. Rapport d'étape. Diabaté, Diakaridia; Bosma, Roel; Kanté, Issa.  
Document ESPGRN N°94/03. Février 1994. 12p.
- 4 Progrès et Promesse. Bilan des Activités de la Recherche Système dans la zone de Tominian. Degrane, Ann; Samaké, Mansa.  
Document ESPGRN N°94/04. Février 1994. 99p.
- 5 Les Haies-vives en zone Mali-Sud: Etat Actuel des Connaissances Scientifiques et Traditionnelles. Rapport de recherche. Kaya, Bocary; Diarra, Souleymane; Coulibaly, Hamadi  
Document ESPGRN/N°94/05. Mars 1994. 21p.
- 6 Sous-Comité des programmes. Bilan des Activités du Programme Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles. Campagne 1993/1994. Equipe SPGRN/Sikasso.  
Document ESPGRN/N°94/06. Avril 1994. 169p
- 7 Sous-Comité des Programmes. Proposition de Programmes pour la Campagne 1994/1995. Equipe SPGRN/Sikasso.  
Document ESPGRN/N°94/07. Avril 1994. 67p.
- 8 Parcs Améliorés. Expériences de la Recherche Système et Faisabilité au Mali-Sud. Bosma, Roel; Kamara, Abdoulaye; Sanogo, Bakary.  
Document ESPGRN/N°94/08. Avril 1994. 24p.
- 9 Evaluation de la Démarche du Volet GTV, Cercle de Bougouni: Rapport pour la Commission Gestion de Terroir. Coulibaly, N'Golo; Fofana, Mamadou; Fomba, Baba; Hilhors, Thea.  
Document ESPGRN/N°94/09. Avril 1994. 10p.
- 10 Comité Technique Régional de la Recherche Agronomique. Synthèse des résultats de la campagne 1993/1994. Equipe ESPGRN/Sikasso.  
Document ESPGRN/N°94/10. Avril 1994. 107p.

- 11 Elevage dans le cercle de Kadiolo. Rôle, Importance et Utilisation des Terroirs par les différents systèmes. Mouhamadou, Siaka.  
Document ESPGRN/N°94/11. Avril 1994. 43p.
- 12 Etat Actuel des connaissances sur les striga. Fiche synthétique d'information. Bengaly, M'Piè; Dembélé, Ibrahim; Defoer, Toon.  
Document N°94/12. Avril 1994. 22p.
- 13 Le Maïs Dolique. Fiche Synthétique d'information. Bengaly, M'Piè; Dembélé, Ibrahim; Defoer, Toon.  
Document N°94/13. Avril 1994. 15p.
- 14 L'utilisation du PNT. Une analyse des problèmes et des possibilités d'adoption. Rapport de recherche. Kamara, Abdoulaye; Joldersma, Rita; Defoer, Toon; Fomba, Baba.  
Document N°94/14. Avril 1994. 22p.