

GROUPE AGRONOMIE GERDAT

ATP

DYNAMIQUE DES CATIONS

PREMIER BILAN

MONTPELLIER LE 20 DECEMBRE 1982



GROUPE AGRONOMIE GERDAT

ATP

DYNAMIQUE DES CATIONS

PREMIER BILAN

MONTPELLIER LE 20 DECEMBRE 1982



SOMMAIRE

- LES ACTIONS THÉMATIQUES PROGRAMMÉES
DU GERDAT 1
- ÉLABORATION DES THÈMES DE RECHERCHE
DE L'ATP. "DYNAMIQUE DES CATIONS DANS
LES SOLS TROPICAUX" 7
- FINANCEMENT 1982 DE L'ATP
"DYNAMIQUE DES CATIONS" 25
- QUE POUVONS-NOUS FAIRE POUR QUE
L'ATP AVANCE 39
- QUELQUES RÉSULTATS DE RECHERCHES DU
GERDAT SUR LA DYNAMIQUE DES CATIONS
EN SOLS TROPICAUX 46

LES
ACTIONS THEMATIQUES PROGRAMMÉES
DU
GERDAT

GERDAT

GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE

GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE RÉGÉ PAR L'ORDONNANCE DU 23 SEPTEMBRE 1967

42, RUE SCHEFFER - 75016 PARIS

TÉL. : 704-32-15

R. C. PARIS C 703001776
SIRET 703001776 00011

3151

NOTE DE TRAVAIL

SUR LES ATP 1982 DU G.E.R.D.A.T.

Cette note de travail a été rédigée après un premier entretien avec M. CARSLADE et TROUCHAUD. Elle comprend trois parties :

- 1°) quelques réflexions sur la programmation de la recherche agronomique,
- 2°) place des ATP dans la politique scientifique du G.E.R.D.A.T.,
- 3°) programme des ATP en 1982.

1°) Quelques réflexions sur la programmation de la recherche agronomique

La recherche agronomique moderne se caractérise par son objet, la nature de ses travaux ainsi que par le rôle éminent qu'y jouent les équipes de recherche, éléments que doit prendre en compte toute méthode de

programmation. Ce qui appelle les commentaires suivants - sans prétention - :

11 - Objet de la recherche agronomique

A la différence de la recherche universitaire, la recherche agronomique n'a pas pour objectif ultime d'approfondir les connaissances des sciences humaines, naturelles ou physiques, mais de répondre aux besoins des agriculteurs et plus généralement de tous les ruraux. Ainsi la recherche agronomique constitue-t-elle un véritable service public : même si certains thèmes scientifiques paraissent peu séduisants, il faut les assumer pour remplir cette mission (ex taxonomie). A partir du moment où il existe une activité agricole ou rurale substantielle, les recherches correspondantes doivent être poursuivies. Il y aura en FRANCE, par exemple, toujours une recherche sur le blé, même si les opérations de recherche qui le concerne, et sans doute leurs problématiques, sont en constant renouvellement. Cette continuité débouche nécessairement sur la constitution d'équipes permanentes qui, sans exercer aucun monopole, ont pour mission particulière de rassembler, conserver et synthétiser l'ensemble des connaissances acquises.

12 - Nature de la recherche agronomique : un acte agricole toujours extrêmement complexe qui intègre des connaissances provenant de disciplines d'autant plus diverses que leurs champs s'affinent continuellement

Ce qui explique que les approches par filières ou par systèmes sont beaucoup plus accessibles pour les

exploitants qu'une thématique disciplinaire. Autre conséquence : il faut que les différentes recherches progressent harmonieusement pour faciliter la confection des paquets technologiques qu'attendent les agriculteurs. Même si certains thèmes paraissent particulièrement prospectifs et utiles à l'élaboration d'une nouvelle agronomie, il serait dangereux qu'ils conduisent à négliger d'autres recherches moins brillantes mais tout aussi indispensables. Exemple : un groupe de recherches sur le palmier-dattier, centré sur l'exploitation des possibilités ouvertes par le microbouturage, est en voie de constitution. Ces travaux ne trouveront toutes leurs applications que si parallèlement la phytotechnie de cette espèce est renouvelée.

Lettre Tartou
100 000 F.
INRA - CNRS

13 - Rôle des équipes dans la recherche agronomique

La recherche agronomique devient si complexe qu'il n'y a plus d'agronomes universels mais des équipes d'agronomes en recherche. Par ailleurs, à la différence des autres grandes disciplines, chaque opération de recherche agronomique exige un certain temps (biologique, saisonnier ...). Cette contrainte temporelle renforce la stabilité - indispensable - des équipes. Or, de ce fait, chacune d'entre elles développe progressivement une Weiterschung particulière qui dépasse largement la simple thématique scientifique. L'animation de ces équipes exige donc de bien connaître ces microcosmes avec leurs qualités et leurs insuffisances pour repérer leurs domaines d'excellence et les voies permettant de les associer et de les épanouir. Par exemple, l'I.R.H.O. est plutôt apte à maîtriser les problèmes des grandes exploitations agro-industrielles, l'I.R.C.T. et l'I.R.A.T., les petites exploitations paysannes, tandis que l'I.R.F.A. est mieux préparé

à assister les exploitations de taille moyenne et d'un bon degré de technicité. Il serait inapproprié de demander brutalement à l'I.R.H.O. de s'intéresser aux petites exploitations comme de demander à l'I.R.C.T. d'aborder les problèmes des très grandes fermes. Il en résulte que les méthodes de programmation à promouvoir en recherche agronomique doivent s'attacher à dépasser le caractère individualiste de chaque recherche (qui fait quoi, où et jusqu'à quand) pour élaborer des méthodes permettant de prendre en compte ces réalités - l'équipe ou le réseau - de la recherche agronomique.

2°) Place des ATP dans la politique scientifique du G.E.R.D.A.T.

Les ATP peuvent avoir plusieurs fonctions :

- ✓ pilotage du Groupement,
- ✓ développement des approches autres que celles des filières,
- ✓ renforcement des liaisons scientifiques avec les organismes métropolitains,
- ✓ constitution des RAISAT.

21 - Pilotage du Groupement

Utiliser les ATP pour piloter le G.E.R.D.A.T. serait un aveu d'impuissance. La Direction Scientifique du Groupement doit progressivement pouvoir influencer sur l'orientation de l'ensemble des travaux des instituts. Aux moyens traditionnels que constituent la préparation et l'exécution du budget, on pourrait ajouter l'AUDIT tous les 5 ans de chacun des instituts et organismes qui le composent.

22 - Développement des approches autres que celles des filières

Ceci devrait constituer un des domaines privilégiés des ATP : compléter l'organisation traditionnelle en filière par des approches disciplinaires et systémiques. Pour respecter l'esprit des ATP, dès qu'une de ces nouvelles approches est correctement stabilisée, son budget de fonctionnement devrait être inclus dans celui des services communs ou apporté à l'institut à qui cette nouvelle fonction est confiée.

23 - Renforcement des liaisons scientifiques avec les laboratoires métropolitains

Même remarque qu'en 22. A partir du moment où ces liaisons se structurent, elles devraient sortir des ATP. Y resteraient :

- les participations aux ATP lancées par des centrales métropolitaines,
- le financement d'opérations scientifiques ponctuelles.

24 - Les RAISAT

Même remarque qu'en 22. Là aussi, il faudra ici sortir des ATP, ce qui devient permanent, pour ne conserver que ce qui expérimental ou ponctuel. Il est vraisemblable que de nombreux RAISAT auront une vie éphémère et relèveront de ce fait d'un financement type ATP.

En conclusion, on peut retenir les idées suivantes :

- les ATP ne doivent pas être utilisées principalement pour le pilotage du Groupement, mais elles peuvent y contribuer,

- elles doivent permettre de développer les approches par discipline et par filière et de tester les nouveaux programmes de recherche.

DES OBJECTIFS...

ÉLABORATION
DES THÈMES DE RECHERCHE
DE L'ATP

"DYNAMIQUE DES CATIONS
DANS LES SOLS TROPICAUX"

Une longue gestation.....

Sept 79 7

GROUPE AGRONOMIE

Le Groupe agronomie du Conseil Scientifique et Technique du G.E.R.D.A.T s'est réuni 42, rue Scheffer, le Vendredi 7 septembre 1979.

A cette réunion participaient les Directions Techniques des Instituts et des animateurs désignés des grands thèmes définis lors de la séance du 8 mai 1979.

Etaient présents :

M. CHAVANCY, SEBILLOTTE, LANFRANCHI, SIMON, PIERI, JACQUOT, DUMONT (IRAT), SERIER (IRCA), BELIN (IFCC), OCIS (IRIO) COBASSON (CIFT), SERRE (IEMT), CRETENET (IRCT).

Ordre du jour :

Examen des documents élaborés par les animateurs et concertation avec les Directions Techniques des Instituts, en vue de définir ensemble, la méthode de travail des sous-groupes à créer, leur domaine et leur calendrier.

I - Dynamique des sols cultivés

Animateurs : M. PIERI, CODEFROY

II - Elaboration du rendement d'un peuplement végétal

Animateurs : M. OCIS, PICHOT, JACQUOT

III - Adaptation à la sécheresse

Animateurs : M. DANIEL, GAILLARD, NICOU

... / ...

1 - Les discussions ont porté en premier lieu sur le rôle que pourront avoir ces sous-groupes. Ce rôle pourra semble-t-il présenter plusieurs aspects :

- . discussions en commun sur les méthodologies de façon à perfectionner les approches des problèmes.
- . convergence des efforts de plusieurs Instituts travaillant actuellement sur des sujets identiques dans une région donnée, éventuellement, par un infléchissement des différents programmes.
- . proposition d'actions nouvelles, communes, bien localisées.

L'accent a été mis par tous les participants sur la nécessité et l'urgence d'une nouvelle optique de travail où les instituts interviendraient ensemble. (*)

2 - Le travail des sous-groupes pourra être entrepris de façon efficace dès que :

- . les sujets proposés auront été décomposés en thèmes plus restreints, comme cela a été fait pour la dynamique des sols cultivés (évolution de la matière organique - mouvement des éléments minéraux nutritifs - évaluation et suivi de la fertilité dans le milieu réel de production).
- . auront été établies les listes exhaustives des chercheurs intéressés par les thèmes élémentaires.
- . des fiches inventaires auront été fournies pour chacun des trois sous-groupes. Ces fiches devraient comprendre outre les résultats récents acquis, les éléments suivants :

- a) objectif
- b) lieu de réalisation
- c) classe de sol et type de culture
- d) méthodologie
- e) nom des chercheurs responsables - publications
- f) commentaires sur résultats acquis et difficultés rencontrées.

(*) Les Directions Générales se rendent bien compte que, faute de faire prévaloir cette méthode d'action, notamment dans le domaine de la recherche-développement, les Sociétés de Développement pourraient être tentées de se doter de moyens de recherche propres en ne faisant appel aux Instituts que pour des problèmes ponctuels.

... / ...

3 - Calendrier

Les fiches inventaires devraient parvenir aux responsables de l'animation des sous-groupes, au plus tard, le 1er décembre.

Elles permettront, notamment aux sous-groupes II et III, de définir un certain nombre de thèmes.

Les listes exhaustives des chercheurs devraient pouvoir être dressées au cours des prochaines semaines.

Pour chacun des sous-groupes un représentant devra être désigné par chacun des instituts, travaillant à Montpellier, de préférence, pour les organismes regroupés au Centre, à Maisons-Alfort pour l'I.E.M.V.T., à Nogent pour le C.T.F.T..

Réunions, courant janvier, des sous-groupes, à l'initiative des animateurs après concertation avec le Conseiller Scientifique Permanent, en vue de la définition d'une ou plusieurs actions coordonnées présentées dans le détail jusqu'aux protocoles expérimentaux.

Réunion du groupe agronomie fin février début mars pour examen de ces projets et propositions.

4 - Observations

Sont membres des sous-groupes tous les chercheurs concernés où qu'ils soient. Les chercheurs d'outre mer participent aux discussions lorsqu'ils sont de passage à Montpellier ils sont tenus au courant par les compte-rendus des séances s'ils n'y assistent pas.

Des relations seront ultérieurement établies avec d'autres groupes du Conseil Scientifique.

Les participants à la réunion du 7 septembre estiment que le problème de l'Irrigation ne peut être traité dans le cadre du sous-groupe "Adaptation à la sécheresse".

PARIS, Le 10 septembre 1979

0
0 0 0
0 0 0 0 0

GERDAT

Paris, le 23 Janvier 1980

GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE

GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE RÉGI PAR L'ORDONNANCE DU 30 SEPTEMBRE 1967

42, RUE SCHEFFER - 75016 PARIS

TÉL. : 553-56-41

704-32-15

R. C. PARIS 70 C 117

n° A. 11984

Tous Directeurs Généraux

OBJET : Groupe de Travail Agronomie

**COPIE
POUR INFORMATION**

Monsieur le Directeur Général,

Les animateurs des trois sous-groupes définis en Mai 1979 :

- dynamique des sols cultivés, -
- élaboration du rendement d'un peuplement végétal,
- adaptation à la sécheresse

ont poursuivi leurs travaux au cours de ces derniers mois.

Le premier d'entre eux a réuni des fiches inventaires concernant trois thèmes principaux, dont je vous adresse, ci-joint, copies, et à la suite de réunions récentes, a envisagé la rédaction de synthèses. Les deux autres sous-groupes n'en sont pas encore arrivés à ce stade, quoique leur activité soit irréprochable.

Je pense que le moment est venu de faire le point, au cours d'une réunion de Directeurs Techniques d'Instituts, à laquelle seraient conviés un ou deux des animateurs de chacun des sous-groupes.

Il convient, en effet, qu'à tous les niveaux, on perçoive clairement les implications de l'action du groupe Agronomie de façon à juger du bien fondé de son orientation.

Je vous serais, en conséquence, reconnaissant d'autoriser le responsable technique de votre Institut à participer à la réunion organisée au G.E.R.D.A.T. le vendredi 15 Février 1980 à 9 H 30.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur Général, l'expression de mes sentiments dévoués et les meilleurs.

Jacques LANFRANCHI

copies : animateurs des groupes
MM. ROSSIN, SEBILLOTTE, CHAVANCY

GERDAT

Paris, le

26 JAN 1981

11

GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE

GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE RÉGI PAR L'ORDONNANCE DU 23 SEPTEMBRE 1967

42, RUE SCHEFFER - 75016 PARIS

TÉL. : 553-56-41
704-32-15

R. C. PARIS B 703001776
SIRET 703001776 00011

Monsieur le Directeur Général
de l'IRAT
110, rue de l'Université

75007 PARIS

N° : A 13542

Objet : Groupe de travail "Agronomie"
sous-groupe de travail "Dynamique
des sols cultivés".

p.J. : 2

IRAT - ARRIVÉE

27 JAN 1981

000747

Monsieur le Directeur Général,

Suite aux décisions du groupe de travail "Agronomie" du 7 septembre 1979, le sous-groupe de travail "Dynamique des sols cultivés" a lancé un inventaire qui a été exploité le 4 Janvier 1980 lors d'une réunion tenue à Montpellier.

Trois thèmes principaux sont ressortis de cette enquête :

- la matière organique
- le mouvement des éléments nouveaux
- l'évaluation et le suivi de la fertilité des sols.

Cette réflexion s'est poursuivie lors de la réunion du sous-groupe qui s'est tenue le 5 novembre 1980 pour évaluer le programme IMPHOS :

Compte tenu des travaux déjà poursuivis dans les Instituts, l'attention du sous-groupe s'est portée surtout vers les deux derniers thèmes. Il a finalement proposé de retenir pour un travail scientifique en commun un programme intitulé "Dynamique des cations dans le sol".

.../ 2

Cette action concertée devrait permettre de confronter des travaux de laboratoire réalisés en particulier dans le cadre du laboratoire commun d'analyse des sols et des eaux, avec les expérimentations des chercheurs en poste sur le terrain.

M. PIERI a bien voulu accepter d'étudier la mise en place de ce nouveau programme de recherches.

Le sous-groupe se propose de tenir en France plusieurs réunions scientifiques pour en préciser les thèmes et les modalités. Vous voudrez bien trouver, ci-joint, le compte-rendu de la première d'entre elles.

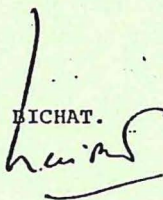
Il est envisagé de réunir tous les agronomes du GERDAT intéressés en septembre prochain pour achever l'élaboration de ce programme et en arrêter concrètement les modalités de réalisation.

Je vous serais reconnaissant de bien vouloir étudier ces propositions et de m'indiquer les réactions de votre Institut à cette initiative. Il serait très utile de pouvoir en informer les chercheurs travaillant sur le terrain et de connaître ceux qui souhaiteraient participer au séminaire qui est actuellement envisagé.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur Général, l'assurance de mes sentiments distingués.

Le Directeur Scientifique,

Hervé LICHAT.



13

GERDAT Paris, le 5 Oct 81

GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE

GROUPEMENT D'INTERÊT ÉCONOMIQUE NÉ PAR L'ORDONNANCE DU 23 SEPTEMBRE 1957

42, RUE SCHEFFER - 75016 PARIS

TÉL. : 553-56-41
704-32-15

R. C. PARIS B 703001776
SIRET 703001776 00011

N° : A 15077

Objet : Groupe de travail "AGRONOMIE"
Sous-groupe "Dynamique des sols cultivés"

Réf : Ma lettre N° A 13542 du 26 Janvier 1981

Monsieur le Directeur Général,

Je vous prie de trouver, ci-joint, 3 fiches
programmes de recherches qui pourront être réalisées
dans le cadre des activités du Sous-groupe "Dynamique
des sols cultivés".

Ces documents ont été établis comme suite
aux discussions de la dernière réunion du Sous-groupe
"Dynamique des sols cultivés".

Ils vous sont adressés pour examen et je vous
serais reconnaissant s'il vous était possible de me
faire part, avant le 15 Octobre prochain :

- des observations scientifiques et techniques
sur le contenu des programmes,
- des propositions sur l'organisation générale
du programme, la saisie et l'étude des données,
- des informations concernant le paragraphe
"Travaux déjà faits",
- des propositions complémentaires avec d'autres
Instituts de recherche,
- des premières propositions sur les expérimentations en place Outre-Mer qui serviront de base à ces programmes.

Une synthèse des réponses sera établie par les animateurs du sous-groupe en vue d'une réunion générale des chercheurs concernés qui devra se tenir fin Novembre à Montpellier.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur Général, l'expression de mes sentiments distingués.

Le Directeur Scientifique,

Hervé BICHAT.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Hervé Bichat', written over the printed name.

ATP " DYNAMIQUE DES CATIONS "

15

OBJET DE LA RECHERCHE

Elaboration d'un modèle explicatif des phénomènes d'échanges cationiques qui régissent l'alimentation des cultures et déterminent l'évolution de la fertilité minérale des sols tropicaux.

Application à l'étude de la dynamique du calcium et du potassium.

PROGRAMME DE LA RECHERCHE

1. Analyse des composantes de la capacité d'échange cationique des sols riches en colloïdes à charges variables.

2. L'acidité des sols tropicaux : analyse des effets induits sur les sols et les cultures. Etablissement des bases pratiques pour la mise en oeuvre de méthodes de correction.

3. Recherche d'un indice de fertilité potassique des sols tropicaux.

MOTS-CLES

Sols tropicaux
Capacité d'échange cationique
Acidité
Aluminium
Calcium
Potassium

SOUS-PROGRAMME 1

Analyse des composantes de la capacité d'échange cationique des sols riches en colloïdes à charges variables.

SITUATION ACTUELLE

Les sols tropicaux, à la différence des sols des régions tempérées caractérisent par une abondance de sesquioxydes de fer et d'aluminium et de kaolinite dans la fraction argileuse. Ces colloïdes ont une capacité d'échange largement dépendante de l'adsorption d'ions déterminant le potentiel de surface, tels que H+, OH-, HPO4--, etc...

Ces colloïdes à charges variables imposent un comportement agronomique particulier aux sols tropicaux et, notamment, une dynamique des échanges ioniques entre le sol et la solution du sol encore mal connue.

Les plantes s'alimentent essentiellement dans la solution du sol par leurs racines, il est important pour le développement de l'agronomie tropicale de mieux appréhender les mécanismes qui régissent la fourniture des éléments minéraux nutritifs aux plantes.

PLAN DE LA RECHERCHE

Objectif : déterminer les facteurs explicatifs de la composition de la solution de 40 sols tropicaux.

Programme

- 1) Choix par les participants au programme des échantillons de référence
- 2) Détermination des caractéristiques minéralogiques des constituants minéraux des sols, de leurs propriétés physico-chimiques et des caractéristiques de surface de leurs colloïdes :
 - détermination des constituants cristallisés et amorphes des fractions fines (Rayons X, ATD),

- dosages chimiques de la fraction amorphe,
- mesure des surfaces spécifiques des constituants,
- mesure de la capacité d'échange cationique effective par différentes méthodes (fraction minérale et fraction organique) et détermination du point de charge nulle. Etude de sa variation en fonction de l'adsorption d'ions déterminant le potentiel et de la concentration ionique de la solution du sol.

3) Etude expérimentale (sur colonnes de terre, à l'aide d'isothermes) de l'effet des caractéristiques précédentes sur la composition de la solution du sol (rétention ionique, lixiviation).

Conséquence attendue

Meilleure connaissance scientifique des phénomènes d'échange dans les sols tropicaux, débouchant sur une meilleure gestion agronomique de ceux-ci : amélioration de l'efficacité des engrais minéraux, réduction des pertes par lixiviation.

CONTACTS SCIENTIFIQUES

CEPE-CNRS Montpellier
CPB Nancy
INRA Versailles

IITA Ibadan
ISRA Sénégal
College of Tropic. Agric. Hawaii

SOUS-PROGRAMME 2

L'acidité des sols tropicaux : analyse des effets induits sur les sols et les cultures. Etablissement des bases pratiques pour la mise en oeuvre de méthodes de correction.

SITUATION ACTUELLE

Dans de nombreux cas la mise en culture des sols tropicaux entraine leur acidification. Ce phénomène connu prend une ampleur de plus en plus accusée au fur et à mesure que les techniques de culture et la fertilisation entraînent une intensification de l'agriculture.

Si cette acidification est très nette sous les tropiques humides, les agronomes constatent son apparition fréquente sous les tropiques semi-arides, avec pour conséquence des chutes de rendement dont l'origine n'est pas toujours bien élucidée.

En outre, pour des raisons économiques et techniques (surcharge), on constate qu'il n'est pas possible d'appliquer sans discernement les normes classiquement employées en zone tempérée pour relever par amendement le pH de ces sols.

Ainsi, une meilleure analyse des facteurs de l'acidité du sol, de ses conséquences sur les sols et les cultures est nécessaire dans le but d'établir des normes de calcul de "besoins en chaux" adaptées au milieu tropical.

A ce titre, un effort doit être entrepris pour promouvoir l'utilisation de produits locaux pouvant servir d'amendements (calcaire broyé, dolomies, coquillages et coraux broyés, phosphates tricalciques, résidus industriels, etc...).

PLAN DE LA RECHERCHE

Objectif : Mesure et origine de l'acidité totale et échangeable des sols tropicaux.

Programme

- 1) Collecte d'échantillons.
- 2) Méthodes de détermination des composantes de l'acidité du sol (H^+ , Al^{+++} , $Al(OH)_2^+$, etc...).
- 3) Origine de l'aluminium présent dans la solution du sol et évolution de sa concentration sous différentes conditions physico-chimiques (chaulage, apport de matière organique, apport de phosphates).
- 4) Contribution à l'analyse des causes de l'effet dépressif de l'acidité des sols sur les rendements de quelques cultures (toxicité aluminique notamment).
- 5) Etude des effets induits par les amendements sur la nutrition des plantes.
- 6) Choix d'un test rapide d'évaluation des besoins en chaux.
- 7) Utilisation de produits naturels pouvant servir d'amendements calcaires :
 - caractérisation minéralogique et chimique,
 - solubilité, efficacité des produits selon leur mode de préparation (broyage, finesse),
 - effets secondaires.

Conséquence attendue

Meilleure connaissance des causes et des effets de l'acidité des sols tropicaux. Contribution à l'élaboration des techniques de maintien de leur fertilité.

CONTACTS SCIENTIFIQUES

Université Paris VI (Géologie)

BRGM Orléans

ISRA Sénégal

IDESSA Côte d'Ivoire

IRAT Réunion

ORSTOM

SOUS-PROGRAMME 3

Recherche d'un indice de fertilité potassique des sols tropicaux.

SITUATION ACTUELLE

Une concertation préalable entre les Instituts du GERDAT a souligné l'importance nouvelle que revêt le déficit potassique et sa correction dans les sols tropicaux cultivés.

Que ce soit pour des cultures annuelles (mil, maïs, cotonnier, arachide, ...) ou des cultures pérennes (palmier à huile, cocotier, bananier), pour des sols ferrallitiques, des sols alluviaux ou des sols riches en allophane, il existe de nombreuses preuves expérimentales de la difficulté de redresser de façon satisfaisante le déficit potassique ou de corriger les déséquilibres cationiques en se basant sur les critères classiques d'analyses de sol et même de plante.

Il s'avère indispensable de mieux connaître le statut potassique des sols tropicaux et les mécanismes qui influent sur la mise à la disposition des plantes du potassium du sol.

En outre, une étude de ce type - basée sur un réseau expérimental au champ - prendra en compte les données bioclimatologiques et les régimes hydriques des sols étudiés.

PLAN DE LA RECHERCHE

Objectif

Proposer un indice (analyse ou test de laboratoire) permettant de connaître l'aptitude d'un sol à fournir du potassium aux plantes.

Programme de la recherche

- 1) Collecte d'échantillons de référence

2) Statut potassique des sols tropicaux

- origine et forme du potassium selon la composition minéralogique et granulométrique du sol. Caractérisation des minéraux potassiques (argiles, minéraux primaires - feldspaths). Tests de solubilité du potassium dans les différentes fractions mises en évidence : forme de réserve, forme mobile.

3) Influence de la composition de la solution du sol (calcium, salinité, pH) sur la disponibilité en potassium soluble :

- cycle adsorption-désorption de K
- extractions successives (ou cumulatives)

4) Modifications du statut potassique des sols induites par l'absorption racinaire et l'apport de potassium (minéral et organique) :

- tests chimiques
- tests biologiques (Stanford - de Ment)
- autres tests (électro-ultrafiltration, méthodes isotopiques)

Comparaison avec les évolutions observées au champ.

5) Influence du régime hydrique sur la diffusibilité du potassium dans le sol :

- alternance humectation-dessiccation et effet sur la rétrogradation
- étude du drainage sur colonne de sol (lixiviation).

6) Exploitation des données de laboratoire pour établir un modèle de prévision de la réponse de quelques cultures à la fertilisation potassique à l'aide des diverses techniques d'analyses des données.

Conséquence attendue

- Evaluation du potentiel de fourniture du potassium par le sol.
- Définition du seuil de réponse à la fumure potassique.
- Devenir et coefficient d'utilisation de la fumure potassique dans les sols.

CONTACTS SCIENTIFIQUES

SCPA Aspach

IIP Institut International de la Potasse

Institut für Pflanzenernährung, Giessen Dr. MENGEL

CEN Cadarache

PROJET DE PROGRAMME DE RECHERCHE DU GAG
sur l'ACIDITE DES SOLS TROPICAUX

I. LES SOLS ACIDES TROPICAUX

- 1.1. Les sols acides dans les tropiques : types de sol, localisation, extension géographique.
- 1.2. Acidification des sols tropicaux cultivés :
 - analyse des causes : lixiviation, agents météoriques, effets engrais, modes d'exploitation.

II. NATURE DE L'ACIDITE

- 2.1. Composantes de l'acidité des sols tropicaux
- 2.2. Méthodes de mesure

III. EFFETS DE L'ACIDITE SUR LES CARACTERISTIQUES DES SOLS

- 3.1. Acidité et propriétés d'échanges ioniques des sols : la CECE et les méthodes d'évaluation
- 3.2. Acidité des sols et évolution de la matière organique : formes d'azote dans les sols acides et aptitudes minéralisatrices de ceux-ci.
- 3.3. Acidité et activité microbologique des sols.

IV. COMPORTEMENT DES CULTURES EN SOLS ACIDES

- 4.1. La toxicité aluminique et ses effets sur la croissance et le développement des plantes.
- 4.2. Acidité et désordres nutritionnels des cultures.
- 4.3. Acidité et fixation symbiotique de N_2 par les légumineuses.
- 4.4. Acidité et état sanitaire des cultures

V. VALORISATION AGRICOLE DES SOLS ACIDES

5.1. Méthodes pratiques d'évaluation des besoins en chaux

5.2. Les amendements minéraux

- sources et qualités d'amendements locaux
- valeur alcalinisante des phosphates naturels
- utilisation des résidus industriels

5.3. Les amendements organiques

5.4. Espèces et variétés tolérantes à l'acidité des sols.

DES MOYENS...

FINANCEMENT 1982
DE
L'ATP
"DYNAMIQUE DES CATIONS"

MAINTENANT CA Y EST...

21 JAN. 1982

133 /DA

Monsieur le Directeur Scientifique
du GERDAT
42 rue Scheffer
75016 PARIS

OBJET : Programme group Agronomie GERDAT

Monsieur le Directeur,

Vous trouverez ci-joint, le compte rendu de la réunion du sous-groupe "Dynamique des Sols cultivés" du Groupe de travail Agronomie qui s'est tenue le 16 décembre 1981 à Montpellier.

Trois programmes Interinstituts ont été élaborés et des responsables scientifiques ont été désignés (M. PIERI, OLIVIER et FALLAVIER).

La mise en route de ces programmes nécessite les moyens suivants:

a) Moyens en personnel :

Il est nécessaire de secourir les responsables scientifiques par des chercheurs en année sabbatique et des boursiers DGRST. Pour 1982, on prévoit un chercheur en recyclage (agronome) et un boursier DGRST à partir du 2^e semestre 1982.

A

Le laboratoire commun d'analyses des sols sera à support analytique des programmes. Un schéma d'organisation a été retenu dans ses grandes lignes pour associer les chimistes, et techniciens à l'exécution des tâches de recherches.

b) Moyens financiers :

En première année :

1. Fonctionnement :

- envoi d'échantillons 60 000
- prestation de service 20 000
- frais généraux de labo 20 000
- déplacements 5 000

105 000

2. Investissement :

- spectrophotomètre	100 500
- photocolérimètre	20 000
- électro-ultra filtration	45 000

 165 500

Total 1^{ère} année

270 000

En seconde année :**1. Fonctionnement :**

- prestation de service	20 000
- frais généraux	20 000
- déplacements	5 000

 45 000

2. Investissement :

- table traçante :	50 000
--------------------	--------

Nous souhaitons avoir, sous bref délai, confirmation de l'accord verbal que vous nous avez donné sur les grandes lignes d'organisation de ce programme et sur les moyens à mettre en oeuvre.

Nous entrerons en effet, dans la phase active de ces recherches incessamment et il faut, dès à présent, que chaque responsable puisse organiser et lancer les premières études et expérimentations prévues. Parallèlement les chercheurs concernés des Instituts devront faire parvenir rapidement leurs propositions de participation et notamment la liste des échantillons de terre qui serviront de support à ces études (d'où des frais d'expédition à couvrir).

Pour conclure, on peut estimer que la réalisation de ce programme interinstituts est en bonne voie.

Il est important de souligner enfin que tous les participants à cette réunion du 15 décembre dernier ont convenus de l'intérêt de l'organisation par le GERDAT d'un Colloque International sur le thème de la Dynamique des cations dans les sols tropicaux à la fin de la période de 3 ans prévue pour la réalisation de ce programme (aux environs de juillet 1965).

Ch. PIERI

 Ampliation : M. le Président
 du Centre

G. E. R. D. A. T.

GROUPEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES
POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE

27

GROUPEMENT D'INTERET ECONOMIQUE
REGISTRE PAR L'ORDONNANCE DU 23 SEPTEMBRE 1967

42, RUE SCHEFFER - 75016 PARIS
TEL. : 704-32-15
R.C. PARIS C 703 001 776

006658

Monsieur BILLY
Secrétaire Général
GERDAT
B. P. 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX

PARIS, le 28 JUILLET 1982

Monsieur,

N° 8358312 Veuillez trouver, ci-dessous, un chèque de F 35.000,00 -

sur le CREDIT LYONNAIS AC 428 en règlement de :

- 1ère tranche ATP 1982 de 105.000 F., destinée au
groupe de travail "dynamique des cations", animé
par M. PIETRI.

Nous vous en souhaitons bonne réception et vous prions d'agréer,

Monsieur, nos salutations distinguées.

N° 8358312 AV

B.P.F. 35.000,00 F.

CREDIT LYONNAIS

PAIÉ CONTRE CE CHEQUE NON ENDOSSABLE

Montant en chiffres et en lettres de l'organe inscrit par la loi trent-cinq mille francs.

somme en toutes lettres

A GERDAT Montpellier

PARIS, le

PARIS, le 28 JUILLET 82.

PARIS AC 428
50, Rue de Paris 75016
Tél. (1) 504 52 33
COMPENSABLE A PARIS

CHEQUE
GERDAT
42, Rue Scheffer
75016 PARIS

Handwritten signature

CHEQUE A DETACHER

Impression en continu sur papier à 100 lignes

1105180211 000001 0000000000 0000000000

ET UNE ÉQUIPE...



OU AU MOINS UN INTÉRÊT PARTAGÉ.....

Groupe Agronomie GERDAT

Sous Groupe : Dynamique des Sols cultivés (D.S.C.)

COMpte RENDU DE LA REUNION
AVEC MONSIEUR LOUÉ DE LA SCPA
(le 20 Novembre 1980 à Montpellier)

I. OBJET DE LA REUNION

Première discussion technique entre spécialistes, en vue de définir les grands axes de recherche d'un programme "Dynamique des cations" intéressant les Instituts de Recherches présents à Montpellier et auquel sera associé le laboratoire central d'analyses des sols et des eaux.

II. PARTICIPANTS

M. LOUÉ
MM. FALLAVIER (GERDAT), GODEFROY (IRFA), OCHS (IRHO), PIERI (IRAT).

III. DISCUSSION

La discussion s'est faite en deux étapes :

- présentation par les chercheurs présents de cas agronomiques concrets justifiant un approfondissement des connaissances dans le domaine de la dynamique des cations,
- première ébauche du contenu de ce programme et des interventions souhaitées du laboratoire central.

Intérêt d'un programme sur la dynamique des cations

- IRCT : M. PIERI fait état d'une conversation récente qu'il a eu sur ce sujet avec M. RICHARD (lors du Séminaire Potassium d'Abidjan, 20 et 21 Octobre) qui est intéressé par des études complémentaires à celles de l'IRCT sur la dynamique des cations et notamment : sols pauvres en K et ne répondant pas à la fumure potassique, relation K éch. et taux de matière organique des sols, interaction K x Ca, acidification des sols. L'IRCT pourrait facilement fournir des échantillons de terre en provenance d'essais où se posent de tels problèmes.

- IRAT : M. PIERI rappelle que ce programme "Dynamique des cations" avait déjà été retenu comme prioritaire par les Instituts membres du GERDAT, lors des premières réunions du Groupe Agronomie. En ce qui concerne plus précisément l'IRAT, les problèmes essentiels sont :

- la mise au point d'un test plus fiable que celui de la mesure du K éch. pour rendre compte de la capacité des sols sableux à fournir du K aux cultures,
- l'étude des équilibres K et Ca dans les sols en fonction de leur nature minéralogique et de leur texture,
- la lutte contre l'acidification des sols grâce notamment à une meilleure connaissance des agents de la lixiviation des cations et à l'emploi d'amendements alcalins adaptés,
- l'étude de la solution du sol, d'une part pour améliorer la nutrition des plantes, d'autre part, pour réduire les pertes par lixiviation.

Des dispositifs d'étude existent Outre-Mer servant déjà de support à ces études au Sénégal, Côte d'Ivoire, Togo, Madagascar, etc... et aussi à Montpellier (Domaine de La Valette).

- IRFA : M. CODEFROY souligne que pour les cultures que l'IRFA a en charge, les problèmes d'acidification n'existent pas puisque l'on applique régulièrement des amendements. Par contre, ceux relatifs aux pertes par lixiviations ont une grande importance (apports d'engrais massifs).

Depuis 4 ans, sur une centaine de parcelles cultivées la dynamique des cations et des nitrates est suivie (Martinique et Côte d'Ivoire).

Des questions apparaissent, car dans certains sols K^+ se comporte comme NO_3^- (fortement lixivié) dans d'autres sols K^+ est fortement fixé. Certaines observations laisseraient supposer que les ions K provenant de l'engrais et ceux provenant du sol ont un comportement différent. Enfin, particulièrement dans des andosols la mesure de la CEC à l'acétate d'ammoniaque rend mal compte de la dynamique des cations. Pour l'IRFA, l'étude de la dynamique des cations comporte aussi le suivi des équilibres entre éléments, notamment K/Mg rapport qui a une grande importance pour l'alimentation minérale des cultures fruitières.

- IRHO : En ce qui concerne plus spécifiquement le palmier à huile et le cocotier, M. OCHS pense que si, grâce au DF l'IRHO n'a pas de difficultés majeures pour gérer les fumures de ces cultures, des problèmes nouveaux apparaissent dans certaines conditions de sol et de climat particulières : l'acidification et d'une façon plus générale la chute de fertilité dans les sols pauvres des savanes de Dabou en Côte d'Ivoire, en deuxième génération de palmiers.

- Si le K éch. rend bien compte de la nutrition potassique en sols ferrallitiques, il n'en va pas de même dans des sols alluviaux de Colombie. Donc il y a nécessité d'une meilleure connaissance du statut et de la dynamique de K dans certains sols,

- les équilibres K et Ca dans les sols sont modifiés dans certains cas (phosphatage de fond par application massive de phosphates naturels tricalciques) avec réduction de carence K difficile à corriger (Amérique Latine).

L'IRHO attache de l'importance aux problèmes, d'acidification, et d'éventuelle toxicité aluminique qui apparaîtrait dans certains cas, de sols très pauvres et de pertes minérales par lixiviation. Des études sont en cours sur la dynamique des cations en utilisant à Montpellier un dispositif simple de percolation sur colonnes de terre.

En conclusion, après avoir évoqué l'opportunité et l'intérêt scientifique d'un programme de recherche sur la "Dynamique des cations dans les sols cultivés", les différents participants à cette réunion ont relevé un certain nombre d'idées devant servir de base à l'élaboration de cette action concertée :

- il est absolument nécessaire de partir de problèmes agronomiques concrets, tels qu'ils sont manifestés par des essais au champ bien réalisés

- on mettra en oeuvre des recherches complémentaires sur la "Dynamique des cations" dans le but d'améliorer nos diagnostics de terrain et l'efficacité de nos interventions, sans prétendre aboutir à la mise au point d'une méthode d'appréciation universelle

- si la connaissance de certains mécanismes réglant les équilibres minéraux entre le sol (la solution) et la plante peut s'avérer nécessaire, ce n'est en aucun cas l'objet premier des recherches qui seront entreprises dont la finalité est le développement agricole

- les laboratoires centraux disposent de moyens humains et matériels importants permettant de valoriser l'acquis expérimental des Instituts du GERDAT.

M. LOUÉ constate, en définitive, que les problèmes qui viennent d'être soulevés couvrent à peu près l'ensemble des préoccupations que l'on peut avoir en matière de recherche appliquée sur la dynamique des cations dans les sols cultivés.

1°/ Discussion sur les analyses et mesures à réaliser à Montpellier

Il est tout d'abord nécessaire que chaque Institut concerné par ce programme réunisse un dossier sous forme d'échantillons de sols bien typés, prélevés dans des terrains d'essais dont les résultats posent des problèmes agronomiques précis.

Les laboratoires du GERDAT doivent dans ces conditions apporter une contribution importante à la solution de ces problèmes bien identifiés grâce à l'appui analytique qu'ils peuvent fournir.

En ce qui concerne la dynamique du potassium, il faudra évaluer :

- la capacité des sols à fournir K, dans la mesure où l'indicateur K éch. est insuffisant. Différentes méthodes d'extraction chimique existent, par Na TP, HCl, HNO₃ bouillant, etc... et pourront être appliquées. D'autres peuvent être explorées : utilisation de résine échangeuse d'ions.

- La voie biologique s'avère le plus souvent très intéressante (vase CHAMINADE, méthode Stanford et Mendt) et fournit des données servant de référence.

- les phénomènes de fixation et de libération : méthode VAN DER MAREL dans une première phase, et autre méthode à mettre au point éventuellement

- l'importance de la diffusion (qui est le mécanisme essentiel de la mise à la disposition des racines du K du sol et des engrais) : technique QUEMENER, utilisation du dispositif d'électro-ultra filtration...

D'une façon plus générale pour l'ensemble des cations étudiés, il sera le plus souvent nécessaire de bien caractériser les sols sur le plan minéralogique (nature des colloïdes, surface spécifique) et leurs propriétés d'échange. De ce point de vue, les mesures de CEC de la seule fraction minérale des sols apportent des informations souvent assez riches d'enseignement (M. LOUÉ). De même, on peut déterminer (M. PIERI) à l'aide de la méthode des courbes de titration potentiométrique la variation de la CEC effective des sols en fonction du pH et de la concentration de la solution du sol, ainsi que leur point de charge nulle (ZPC) dont la connaissance permet de mieux comprendre le comportement chimique (échange cationique et anionique) et physique (stabilité de la structure) de certains de ces sols.

Il semble enfin que l'on ait intérêt à employer, et peut être avant toute autre analyse, une méthode simple de caractérisation de la dynamique des cations des sols telle qu'elle est déjà pratiquée par un des Instituts du GERDAT (IRHO) qui a recours à des percolations de solutés sur colonnes de sol remanié.

IV. CONCLUSIONS


- Un approfondissement de nos connaissances dans le domaine de la dynamique des cations dans les sols cultivés est justifié par les problèmes agronomiques concrets que se posent plusieurs Instituts du GERDAT : IRHO, IRCT, IRFA, IRAT et vraisemblablement à l'IFCC, d'après les fiches précédemment établies pour le Groupe Agronomie GERDAT.

|| - L'esprit dans lequel on compte réaliser ces études a été
reprécisé en affirmant notamment que leur finalité est d'abord le
développement agricole.

|| - La participation du laboratoire central d'analyses des sols
et des eaux du Centre GERDAT de Montpellier est, possible et souhaitable,
dans les domaines qui lui sont propres : analyses physico-chimiques,
analyse minéralogique, tests biologiques en milieu contrôlé et d'une
façon générale mise au point méthodologique.

|| - Les Instituts intéressés du GERDAT doivent chacun constituer
un dossier sous la forme d'échantillons de sols relatifs à des essais
où se posent des questions agronomiques qui seront explicitées.

le 18.12.80
Le rapporteur,


Christian PIERI

REUNION DU SOUS-GROUPE "DYNAMIQUE DES SOLS CULTIVES"

du GAG du 16.12.81

Participants :

PIERI	IRAT	HUET	Président du Conseil
TRUONG Binh	IRAT		de Centre
EGOUMENIDES	IRAT	LEUMERS	IRCT
JADIN	IFCC	FALLAVIER	GERDAT
GODEFROY	IRFA	CHABALIER	IRAT
LOSSOIS	IRFA/GERDAT		
MARCHAL	IRFA		
OCHS	IRHO		

A la suite de précédentes réunions, trois propositions de programmes ont été envoyées aux Instituts du GERDAT sur le thème "dynamique des cations dans le sol".

L'objet de cette réunion est de :

- donner dans un premier temps une opinion générale sur ces propositions, préciser leurs intérêts respectifs, indiquer les expérimentations en cours sur lesquelles elles peuvent s'appuyer,
- préciser l'organisation des programmes, leurs implications financières, les relations avec les laboratoires communs, qui en découlent,
- indiquer les collaborations extérieures souhaitables et souhaitées.

Les trois programmes sont centrés sur :

- P 1 = Propriétés de surface et capacité d'échange des sols tropicaux
- P 2 = L'acidité des sols tropicaux
- P 3 = La fertilité potassique des sols tropicaux

1. IRFA

L'IRFA est intéressé essentiellement par le programme P1. Les méthodes d'analyses traditionnelles ne permettent pas d'expliquer les phénomènes de lessivage observés sur sols volcaniques (Martinique et Réunion). Des essais sont en place pour suivre la dynamique des ions et pourront servir de support pour cette étude. (6 sols).

Les problèmes de correction d'acidité ont été étudiés sur tourbe en Côte d'Ivoire depuis 1976, mais cet aspect du problème n'entre pas vraiment dans le cadre du programme P2. Des essais sur sols ferrallitiques ont été conduits depuis 1966 et arrêtés récemment. L'IRFA peut fournir des sols dont les pH sont étalés, mais n'est plus vraiment intéressé par ce sujet. L'établissement de seuils critiques pour l'aluminium pour différentes plantes serait cependant utile.

De même le programme P3 ne présente pas un intérêt pour l'IRFA où les problèmes de fertilisation ne sont pas prioritaires. On essaie simplement de faire quelques économies d'engrais. Les problèmes de lixiviation se posent sur les sols évoqués plus haut (Martinique).

M. GODEFROY a contacté MM. PEDRO et TESSIER de l'INRA Versailles qui pourraient participer au programme P1.

2. IRAT

L'IRAT travaille activement sur les sujets correspondants aux programmes P1 et P2 = deux DEA ont été récemment passés, une thèse est en cours. Les méthodes classiques de mesure de la CEC ne sont pas satisfaisantes comparées aux mesures de CEC effective déduite de la valeur du point de charge nulle (ZPC). Le service de Chimie des Sols pourra participer activement au programme P1, notamment grâce à l'utilisation du strontium radioactif, application de la méthode au cobaltihexamine etc...

Des essais de correction de l'acidité sont en cours en Haute-Volta (impact de l'apport de Matière Organique sur l'acidification) au Togo, au Sénégal et dans d'autres pays africains.

En Côte d'Ivoire l'IRAT et l'IRCT ont de nombreux essais et pourront fournir des sols représentant une échelle de pH intéressante.

Le problème de la toxicité aluminique a été abordé. Son origine ne semble pas toujours bien élucidée = phytotoxicité, blocage de P.

Des essais en vases avec du Ray-grass ont montré que des apports massifs d'aluminium n'ont pas d'effet sur le rendement de cette plante. Les variations des teneurs en Al des feuilles ne sont pas significatives. Une étude par micro sonde a montré dans ce cas particulier que l'aluminium n'est pas absorbé par les racines ni précipité sur les parois racinaires.

Par contre des variétés de riz cultivées sur brouillard ont manifesté des niveaux de tolérance variés à l'aluminium.

Un thésard continuera ce travail. Il le complètera par des apports d'amendements divers que l'on trouve dans les pays africains.

Le programme P3 semble moins prioritaire que les deux autres. Il apparaît cependant que les méthodes classiques de dosage du potassium "échangeable" ne renseignent pas sur la disponibilité du potassium par les plantes.

Le service de radioagronomie et chimie des sols peut participer aux études de lessivages du potassium à l'aide d'éléments marqués (K ou Rb).

3. IRCT

L'IRCT est intéressé par les programmes P2 et P3 : acidification des sols notamment en zone soudano-sahélienne, absence de réponse au potassium dans des sols apparemment très pauvres en cet élément.

L'IRCT peut fournir des échantillons prélevés dans des essais soustractifs.

4. IRHO

L'IRHO travaille essentiellement sur deux catégories de sols = sols kaolinitiques desaturés d'une part, sols d'origine volcanique d'autre part. Ces derniers posent des problèmes sur lesquels on trouve très peu d'études.

Les deux préoccupations principales sont :

- problème de lixiviation (grande partie des apports d'engrais perdus)
- comprendre les échanges entre le sol et la solution du sol pour les sols désaturés.

Sous les tropiques humiques, les problèmes se posent différemment au fait de la dilution du milieu chimique.

L'IRHO fournira des sols particuliers pour le programme P 1 : andosols, sols à allophane, pour lesquels on comprend mal les phénomènes d'échange.

L'acidité (programme P 2) est une préoccupation récente mais très grave : les désordres de la production (non expliqués par le diagnostic foliaire) apparus depuis peu en Côte d'Ivoire sont dus sans doute à l'acidification des sols.

Il existe des essais de chaulage (notamment avec des amendements locaux.)

En Amazonie, les sols sont encore peu connus mais très désaturés. Il est probable que le problème de l'acidification se posera dès le début de leur mise en culture.

Le programme P 3 présente un intérêt pour des sols particuliers pour lesquels on comprend mal la dynamique du potassium : sols d'origine volcanique, sols sur alluvions récentes à argile 2/1.

Pour l'ensemble des trois programmes, l'IRHO peut fournir une dizaine de sols.

5. IFCC

Le programme P 1 intéresse l'IFCC dans la mesure où les méthodes de détermination de la CEC proposées pourraient être utilisées dans son laboratoire de Côte d'Ivoire.

L'acidification des sols n'apparaît pas comme un problème important pour l'instant. Il faut cependant être prêt à intervenir en cas de nécessité.

Sur caféier, l'apport important d'azote est compensé du point de vue pH par des apports de chaux.

En ce qui concerne la fertilisation potassique sur caféier, il est apparu que les techniques utilisées pour suivre l'évolution du potassium dans le sol n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

(K échangeable, K extrait au TPBNa, essais en vases Stanford). Ces études faites notamment avec le concours de la SCPA ont été interrompues.

Il existe donc un problème potassium pour le caféier en Côte d'Ivoire et à un degré moindre au Cameroun et au Brésil.

Pour le cacao il n'y a pas de problème K. On maintient un équilibre entre K-Ca-Mg de 8/68/24 par rapport à S.

6. IEMVT

Cet institut a manifesté par écrit son intérêt pour le programme "Acidité des sols" et "Fertilité potassique" (problèmes rencontrés en Guinée notamment pour les cultures fourragères).

7. CONTACTS SCIENTIFIQUES

- INRA Versailles (M. PEDRO) pour les analyses minéralogiques (il s'agirait surtout de la formation complémentaire d'un chimiste sur ces questions).

- IIP = Institut International de la Potasse : Cet Institut se propose de financer pour moitié l'appareillage d'Electro-Ultra-Filtration EUF et de prendre en charge la formation d'un chercheur sur cette technique (à Hanovre RFA, Pr Mengel).

- CPB Nancy (Souhier, Rouyer) = cet organisme pourrait traiter l'aspect "complexe organo-minéral" du programme P1.

- BRGM, Géologie Paris VI : caractérisation des amendements calcaires

- CEPE, Montpellier - Programmes P₁ et P₂

- SCPA

- Université de Louvain (Pr LANDELOUT) = modélisations.

Ces contacts devront être précisés et formalisés par les responsables scientifiques des programmes.

8. MISE EN OEUVRE

Voir Lettre ci-jointe

9. ENVOI DES ÉCHANTILLONS

Les propositions d'envois de sols devront être centralisées selon un modèle unique afin que le groupe puisse faire un choix. On pourrait fournir une fiche contenant les renseignements suivants :

- Pays, lieu
- Type de sol
 - . granulométrie
 - . pH
- Problème posé
- Comportement agronomique
- Caractéristiques essentielles
- Proposition d'étude.

10. COLLOQUE

Tous les participants à cette réunion sont convenus de l'intérêt de l'organisation par le GERDAT d'un Colloque National sur le thème de la dynamique des cations dans les sols tropicaux à la fin de ce programme de recherche prévu dans 3 ans. (juillet 1985).

ET MAINTENANT...

QUE POUVONS-NOUS FAIRE

POUR

QUE L'ATP AVANCE.....

GROUPE AGRONOMIE GERDAT

RÉUNION DU 20/12/82

"ATP - DYNAMIQUE DES CATIONS"

PARTICIPANTS :

MM. BABRE	GERDAT
BICHAT	GERDAT
BILLAZ	GERDAT/IFARC
BRAUD	IRCT
BLANGUERNON	GERDAT
CALVEZ	IRHO
CORRADO	IRHO
DEREVIER	CEEMAT/GERDAT
DUFOUR	IRHO
EGOUMENIDES	IRAT
FALLAVIER	GERDAT/IRAT
GANNY	IRAT
GIGOU	IRAT
GODEFROY	IRFA
JADIN	IRCC
LASSOUDIÈRE	IRFA
LOTODE	IRCC
MALVOS	CTFT
MARCHAL	IRFA
OCHS	IRHO
OLIVIN	IRHO
OLLAGNIER	IRHO
PICHOT	IRAT
PIERI	IRAT
SEMENT	IRCT
TRUONG	IRAT

1°/ - Monsieur PIERI rappelle, en s'appuyant sur les fascicules remis aux participants, l'origine de l'ATP GERDAT "Dynamique des Cations".

Le groupe avait retenu trois thèmes d'études

1. Analyse des composantes de la capacité d'échange des sols tropicaux.

2. L'acidité des sols tropicaux.

3. Etudes des échanges ioniques dans le sol, notamment sous l'aspect "fertilité potassique".

2°/ - Monsieur FALLAVIER expose les premiers travaux méthodologiques effectués au laboratoire d'analyse des sols du GERDAT sur une série d'échantillons fournis par l'IRAT, l'IRFA et l'IRHO.

A) CATIONS ECHANGEABLES ET CAPACITE D'ECHANGE

I - Al^{3+} échangeable par KCl N et titrage potentiométrique. On peut connaître ainsi Al^{3+} échangeable et H^+ échangeable. Le mélange de plusieurs formes de l'aluminium, variant selon le pH, rend cette mesure assez délicate et sa mise au point doit être poursuivie.

II - Trois méthodes de mesure de la C.E.C. par échange d'ions ont été employées :

1 : méthode à l'acétate d'ammonium N à pH 7, puis $NaCl$

2 : méthode au chlorure de cobaltihexamine $Co(NH_3)_6 Cl_3$

3 : méthode au chlorure de baryum, puis au sulfate de magnésium.

Ces méthodes permettent également de mesurer les bases échangeables.

Si elles ne donnent pas de résultats discordants pour K, Ca, Mg, Na échangeables (sauf K pour la méthode 2), la CEC obtenue est variable selon chaque méthode. La méthode 3 semble la plus juste.

III - Calcul de la CEC en additionnant K, Ca, Mg, Na, Al et H échangeables. Cette somme est très proche des résultats obtenus par 3.

41

B) MESURE DES CARACTERISTIQUES DE SURFACE

- On détermine le point de charge nulle, puis on en tire la CEC due aux charges variables, la CEC due aux charges permanentes. La CEC totale semble voisine de la CEC effective et des résultats de la méthode 3.

- Surface spécifique : la méthode BET ne nous donne pas des résultats satisfaisants dans le cas de sols riches en amorphes. Une méthode déduite de la théorie de Grouy-Chapman sera testée.

- Une autre approche proposée par Herbillon sera également testée (isothermes d'adsorption de la silice) : elle permet de mesurer un indice de réactivité de la surface.

C) TECHNIQUES DIVERSES

I - Isothermes d'échanges de deux cations : ils permettent grâce à un traitement thermodynamique de connaître l'activité des ions échangeables.

II - Lessivage sur colonnes de terre : ce modèle permet de faire des bilans d'éléments minéraux.

III - Extractions successives pour mettre en évidence des formes différentes des éléments dans le sol.

IV - Analyses de la solution du sol.

De nombreuses autres analyses sont réalisables au GERDAT, notamment les analyses d'argile par diffraction de rayons X.

3°/ - La liste non exhaustive, des analyses qui peuvent être mises en œuvre dans les laboratoires communs de Montpellier, montre que nous disposons des outils nécessaires à une meilleure compréhension des mécanismes qui régissent les échanges ioniques dans les sols tropicaux. Il est indispensable que les résultats ainsi obtenus puissent être mis en relation et comparés avec ce qui se passe effectivement au champ : migration des éléments dans le profil, absorption minérale par les cultures.

Le suivi de la dynamique des cations au champ est possible grâce à :

+ des capteurs de la solution du sol et des mesures périodiques d'humidité du sol (sonde à neutrons, prélèvement à la tarière),

+ des lysimètres

+ des prélèvements et analyses réguliers d'échantillons de sol : dans le cas d'apports soignés d'engrais, le calcul de bilans d'après ces analyses peut être approché.

A partir de ces mesures et analyses on peut évaluer les pertes par lixiviation et tenter de calculer des bilans.

Un protocole commun sera élaboré pour l'utilisation des capteurs. Par ailleurs des aspects méthodologiques seront à préciser (échantillonnage notamment).

47 - Choix d'expérimentation de référence.

Huit expérimentations ont été retenues, ce qui ne signifie pas que d'autres sols ne seront pas étudiés dans le cadre de l'ATP.

LIEU	CHERCHEUR (S)	PLANTE	ESSAI	TRAVAUX REALISABLES - MOYENS.
<u>Côte d'Ivoire</u> Divo ferrallitique faiblement désaturé sur granit.	JADIN SNOECK	Café, cacao	Essais P, N	Disposent de tout le matériel nécessaire sur place (sonde à neutrons, tensiomètre) ainsi que du personnel qualifié pour assurer un suivi complet. Mettront en place les capteurs de solution. Il existe un laboratoire sur place.
<u>Côte d'Ivoire</u> Dabou ferrallitique désaturé sur sables tertiaires.	DUFOUR	Palmier	Divers essais d'équilibre K-Ca-Mg	- pH au cours de l'année - Prélèvement pour diagnostic foliaire - Humidité (ouverture des stomates) - Des échantillons de sols ont déjà été envoyés et analysés à Montpellier.
<u>Sénégal</u> Tilmakha sol dior	GANRY (CISSE/ISRA)	Arachide-mil	Chaulage x Matière organique	- Capteurs, sonde à neutrons - Prélèvements pour diagnostic foliaire. - Mesures de pH.
<u>Indonésie</u> Maryat Coopération MRS-PPK ferrallitique sur sédiments volcaniques.	ROGNON	Palmier Cocotier	A choisir.	Ses mesures des composantes du rendement et le diagnostic foliaire sont déjà faits. Il faut mettre en place les mesures in-situ de dynamique de l'eau et les capteurs de solution. Il y a un laboratoire d'analyses sur la station.
<u>Réunion</u> ferrallitique à caractère andique.	PICHOT	Canne à sucre	Test de divers amendements calcaires.	- Composantes du rendement - Diagnostic foliaire - Analyse de sols. Les mesures de dynamique de l'eau sont possibles. Un labo d'analyses commencera à fonctionner en 1983.
<u>Tchad</u> Bebedja Ferrugineux tropical	MARTIN	Coton-sorgho	Essais K	- Lysimètres en place - Diagnostic foliaire - Analyses de sol - Composantes du rendement Ne dispose pas de sonde à neutrons mais les lysimètres fonctionnent très bien.
<u>Cameroun</u> Ekona Andosol	LASSOUDIÈRE DELVAUX	Bananier	Equilibre K, Ca, Mg. Correction de l'acidité	- Composantes du rendement - Diagnostic foliaire - Analyses de sol (faite par le labo FAO de Ekona) - On peut envisager de suivre le pH! - Il existe une sonde à neutrons - Capteurs à installer.
<u>Haute-Volta</u> Saria Ferrugineux tropical	SEDOGO	Sorgho Coton Arachide	Entretien de la fertilité Correction de l'acidité Matière organique	- Analyses de sols - Suivi de l'azote et du pH - Exportations minérales Sonde à neutrons, capteurs : possible si le poste de M. SEDOGO est pérenne.

Les participants qui connaissent ces expérimentations décident d'établir une fiche indiquant les mesures et observations qui doivent être réalisées sur celles-ci. Elle devra faire ressortir les moyens matériels (éventuellement) complémentaires à mettre en oeuvre.

L'ensemble de ces fiches indiquera également les chercheurs intéressés par l'ATP afin de diffuser les documents élaborés. Elles sont annexées au présent compte-rendu.

Il apparaît aux participants que le succès de ce programme est lié à la présence d'un secrétaire permanent chargé de coordonner les activités, recueillir et diffuser l'information entre eux. Ce poste, indispensable pour assurer la communication entre tous les chercheurs concernés, pourrait être confié à un chercheur en année sabbatique.

5°/ - Mise en route de l'ATP - Planning

Une première réunion pourrait se tenir vers juillet 1983 pour faire le point sur ce qui a été effectivement réalisé Outre-mer et en France, sur les 8 expérimentations de référence. Ce délai semble suffisant, car il y aura sans doute déjà quelques résultats.

D'ici 1 an les chercheurs responsables (cf. tableau précédent) se rencontreront pour faire le point, soit en décembre 1983.

Compte tenu de la concurrence étrangère sur le thème "Dynamique des cations", le GERDAT doit se montrer ambitieux.

Cette rencontre fin 1983 pourrait se présenter sous la forme d'un atelier de travail où l'on inviterait des personnalités extérieures.

Les contacts déjà pris en dehors du GERDAT indiquent qu'une collaboration avec le CNRS (CPB Nancy et CEPE Montpellier) et l'IIP est tout à fait possible et doit être formalisée sous brève échéance.

Ces organismes attendent des propositions concrètes du GERDAT. Même si les chercheurs du GERDAT sont moins spécialisés que ceux de ces organismes, cela ne doit pas empêcher une collaboration avec ces centrales de recherches très intéressées par l'application pratique de leurs travaux.

Cela souligne une fois de plus la nécessité de personnel permanent pour assurer ces relations .

Un effort important devra être fait en matière de formation à l'occasion de l'ATP. L'accueil de stagiaires de bon niveau peut favoriser les contacts avec les organismes déjà cités à qui pourrait être confiée une partie de la formation de jeunes chercheurs.

L'attention est cependant attirée sur le fait que le GERDAT à Montpellier manque de moyens d'accueil et d'encadrement en la matière, alors qu'il faudrait être sûr de la qualité du travail effectué par ces stagiaires.

De même M. PICHOT d'un point de vue plus général que nos structures GERDAT à La Réunion sont très favorables à la constitution d'un noyau de formation de tels stagiaires pour autant que des crédits de formation soient dégagés (M. PICHOT en fera une évaluation rapide).

6°/ - Il faut envoyer 10 kg de terre correspondant à chaque expérimentation de référence. Cet échantillon sera prélevé sur une parcelle témoin cultivée de l'essai, ou dans une parcelle voisine sous culture traditionnelle.

7°/ - L'achat du matériel nécessaire à la confection des bougies poreuses pour capter les solutions du sol sera centralisé à Montpellier. Un protocole standardisé pour leur utilisation sera élaboré.

P. FALLAVIER

Le 21.12.82

QUELQUES RÉSULTATS DE
RECHERCHES DU GERDAT
SUR LA DYNAMIQUE DES CATIONS
EN SOLS TROPICAUX

Le lessivage du potassium et du magnésium en colonnes de terre

Premiers résultats expérimentaux

J. OLIVIN (1) et R. OCHS (1)

La capacité de rétention des sols vis-à-vis des ions, dépend de leur nature, de leur valence et de certaines caractéristiques physico-chimiques des sols eux-mêmes, telles que : teneur en matière organique, minéralogie des argiles, humidité. La fixation peut s'effectuer de façon plus ou moins importante, sous forme « échangeable » par le complexe absorbant constitué par la fraction colloïdale de la matière organique et des argiles (montmorillonite surtout) et pour certains ions sous forme « fixée », beaucoup plus difficilement utilisables par la plante (« rétrogradation » de K), par certaines argiles (illites, principalement).

L'apport d'engrais doit servir à enrichir le complexe absorbant en un élément déficitaire. Mais l'efficacité d'une fumure peut se trouver réduite non seulement à cause des pertes dues à la fixation sous forme peu échangeable, mais également du fait que la capacité d'absorption du complexe absorbant est elle-même limitée. Une partie de l'élément apporté reste alors dans la « solution externe » de sol et peut être perdue par lessivage. Il en résulte donc une perte sur le plan économique.

Le phénomène de lessivage du potassium a été étudié *in situ* par les auteurs et L. Stessels, en Côte-d'Ivoire et au Dahomey. Des parcelles de 25 m², groupées en blocs de Fisher avaient reçu du KCl uniformément réparti aux doses de 0-15-75-150 g/m², qui correspondaient à des apports par palmier d'environ 400 g (dose faible), 2 000 g (dose normale à forte), 4 000 g (dose très forte), pour un épandage réalisé soit sur un rond de 3 m de rayon (≈ 28 m²/palmier), soit sur une bande de 6 m de large (≈ 27 m²/palmier) dans un interligne sur deux. Le tableau I montre les

différences obtenues entre les quantités de K échangeable retenues par les deux sols dans une couche superficielle de 30 cm d'épaisseur.

Les terres de Barre du Dahomey (sols ferrallitiques moyennement désaturés) ont retenu, après six mois, la totalité du K apporté pour les doses de 75 et 150 g (pour la dose de 15 g, les différences entre les teneurs des parcelles ayant reçu du KCl et celles des parcelles témoins, sont voisines de la précision analytique 0,01 ou 0,02 mg/100 g). Pour les sables tertiaires de Côte-d'Ivoire (sols ferrallitiques fortement désaturés appauvris modaux), le lessivage a été, au contraire, très important dès le premier semestre. Durant cette période, la quantité maximale totale de K assimilable que les sols peuvent retenir (Fig. 1) semble comprise entre 700 et 750 mg (teneur moyenne de 0,20 mg/100 g) quelle que soit la quantité de potassium apportée.

Ces résultats prouvent que, dans certains types de sols, une trop forte concentration d'engrais accroît inutilement les pertes par lessivage. Ainsi, autrefois, on apportait généralement l'engrais sur une couronne de 50 cm de large au maximum et d'un rayon extérieur de 2 m. Pour cette surface d'épandage de 5,50 m², une fumure de 2 000 g/palme correspondait à une concentration de 363 g/m² qui était donc excessive pour les sols de Côte-d'Ivoire. Pour cette raison, les épandages d'engrais sont effectués maintenant soit manuellement sur la totalité de la surface du rond, soit mécaniquement dans l'interligne sur une large bande.

Les essais de lessivage aux champs peuvent donc donner des résultats intéressants, mais ils présentent un certain nombre d'inconvénients : longue durée et variations incontrôlables, dues au site et à la climatologie ; la comparaison d'un nombre important de sols nécessiterait la mise en place d'une expérimentation multicarale difficile, voire impossible à réaliser dans certains cas.

(1) Département Agronomique de l'Institut de Recherches pour les Hautes et Originales (I. R. H. O.), Paris. Article écrit avec la collaboration technique de M. HENRY du Laboratoire central de F. R. H. O.

TABLEAU I. — Essai de lessivage du potassium au champ après épandage de KCl

	Côte-d'Ivoire (CI) Sables tertiaires			Dahomey (Dy) Terre de Barre			Phytométrie cumulée (ton)		
	15 201 (100)	75 1 005 (100)	150 2 010 (100)	15 201 (100)	75 1 005 (100)	150 2 010 (100)	CI	Dy	
KCl apporté en g/m ²	15	75	150	15	75	150			
soit K en mg/m ²	201	1 005	2 010	201	1 005	2 010			
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)			
K (en mg) restant (2) dans les 30 cm superficiels après :	6 mois	40 (20)	408 (15)	663 (35)	117 (60)	1 014 (100)	2 115 (105) (1)	732	593
	10 mois	—	—	—	40 (20)	468 (15)	1 326 (65)		1 013
	19 mois	—	—	—	40 (20)	312 (30)	507 (25)		2 083
	21 mois	80 (40)	195 (20)	105 (10)	0 (0)	234 (25)	312 (15)	4 153	2 612

Entre () : pourcentages par rapport aux doses apportées.

(1) Différence de 5 p. 100 due à la précision des analyses.

(2) Calculé d'après les différences entre les teneurs des parcelles ayant reçu du KCl et les parcelles témoins.

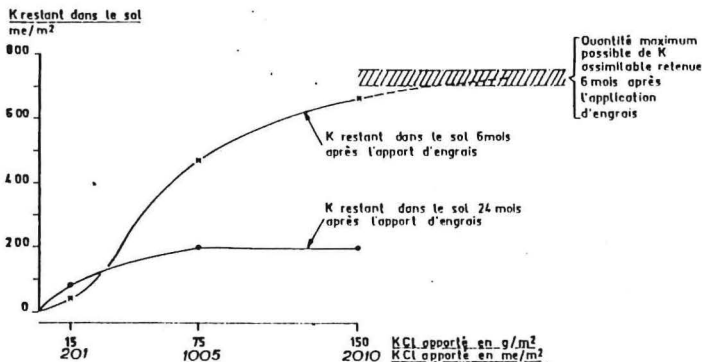


Fig. 1. — Essai aux champs du lessivage du potassium dans les sables fertiles de Côte d'Ivoire. Couche superficielle 0,30 cm.

Pour remédier à ces inconvénients et accélérer les phénomènes de lessivage et d'échange, l'I. R. H. O. a cherché à mettre au point une méthode de percolation

au travers de colonnes de terre en laboratoire. Le présent article rend compte de deux expériences qui avaient pour but de mettre cette technique à l'épreuve.

MÉTHODES EXPÉRIMENTALE ET ANALYTIQUE

1. — Conditionnement des échantillons de terre.

Les échantillons de terre ont été séchés, tamisés (maille 2 mm) et homogénéisés. Un échantillon représentatif a été constitué pour les analyses physico-chimiques standards.

2. — Matériel utilisé.

Pour la première expérience, on a utilisé des pots cylindriques en tôle étamée (hauteur 256 mm, diamètre intérieur 159,5 mm) pouvant contenir 5 kg de terre sèche. La partie inférieure du pot était percée en son centre d'un trou de 10 mm de diamètre. Pour faciliter le drainage et éviter le passage de terre par l'orifice inférieur du pot, on avait disposé dans le fond de celui-ci une couche de sable inerte isolée de la terre et du fond du pot par deux rondelles de toile épaisse.

Pour la deuxième expérience, on a utilisé des colonnes pouvant contenir 2,5 kg de terre, constituées par un cylindre de plastique (hauteur 250 mm, diamètre intérieur 116 mm) soudé sur un fond de même matière et percé en son centre d'un orifice de 10 mm de diamètre. Pour améliorer le drainage, la terre était séparée du fond de la colonne par une rondelle de toile surmontant une couche de billes de verre. Une rondelle de toile avait également été disposée à la surface supérieure de la terre pour éviter le choc direct des gouttes d'eau. Le dispositif a encore été amélioré pour les expériences ultérieures. Un petit robinet à biseau a été monté sur le fond de la colonne pour régler le débit et une petite coupelle perforée et crantée (hauteur 10 mm, diamètre 36 mm) a été placée au-dessus de l'orifice de drainage, pour éviter au maximum les risques de colmatage.

3. — Mise en place des colonnes.

La terre a été versée avec soin dans les colonnes pour obtenir un tassement régulier mais non excessif

(destruction de la micro-structure) afin d'éviter la présence de poches d'air. On avait particulièrement veillé à obtenir un bon contact entre la terre et les parois des colonnes. Les colonnes ont ensuite été immergées dans un cristalliseur pour humecter la terre de bas en haut de façon à éviter la destruction de la structure et la formation de poches d'air ; puis elles ont été mises à drainer jusqu'à la capacité au champ, avec recueil du filtrat (il sera possible pour les expériences ultérieures d'humecter la terre en utilisant un vase de Mariotte grâce au robinet fixé sur le fond des colonnes).

Une faible quantité du filtrat a servi à apporter les engrais en solution à la partie supérieure des colonnes (la répartition étant plus facile à faire à l'état liquide qu'à l'état solide) et le reliquat a été joint aux premières eaux d'arrosage. De cette façon, les éléments entraînés par le drainage lors de la mise à la capacité au champ, ont été restitués sans perte aux colonnes.

On a utilisé deux colonnes par objet afin de vérifier la reproductibilité des résultats.

4. — Les arrosages.

Des arrosages préliminaires à blanc, quatre pour la première expérience et un pour la deuxième, ont permis de vérifier le fonctionnement des colonnes. Une fois l'engrais apporté, chaque colonne a reçu une hauteur totale d'eau perméée de 1 000 mm fractionnée en 50 arrosages de 20 mm chacun pour la première expérience et pour la seconde en 25 arrosages de 40 mm, afin de réduire les manipulations et le nombre des analyses. Dans les deux cas, un nouvel arrosage était effectué dès que le drainage relatif au précédent était terminé.

Le lessivage à l'eau a été suivi par des arrosages successifs à l'acétate d'ammonium (pH 7, N) afin de déplacer les éléments assimilables restants et voir si la vitesse de déplacement variait avec les types de sol.

5. — Méthodes analytiques.

Les eaux de drainage recueillies après chaque arrosage ont été étendues à un volume constant et une aliquote a été prélevée pour analyse. On a tenté au début de doser directement les éléments dans les percolats aqueux, mais on s'est aperçu qu'il était préférable d'évaporer les aliquotes, de calciner les

résidus solides puis de les reprendre par l'acide chlorhydrique pour permettre une mise en solution complète des éléments.

Les techniques analytiques utilisées sont les suivantes :

- K et Na, par photométrie de flamme,
- Ca et Mg, par spectro-photométrie d'absorption atomique.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET DISCUSSION

EXPÉRIENCE N° 1

1. — But.

On désirait étudier, pour deux sols très différents, le lessivage du K⁺ apporté sous forme de chlorure de potasse (KCl) à la dose de 30 g/m² (correspondant à une fumure de 1 000 g/arbre épanché sur un cercle de 3,25 m de rayon).

Compte tenu de sa surface (200 cm²), chaque colonne (5 kg de terre) a reçu 600 mg de KCl, soit :

- K apporté par colonne : 315 mg ou 8,06 mé,
- K apporté par kg de terre : 63 mg ou 1,61 mé.

2. — Sols étudiés.

Il s'agissait des sols ferrallitiques très désaturés de La Mé en Côte-d'Ivoire (appelés communément sables tertiaires) développés sur les sédiments sableux tertiaires du Continental Terminal et des sols de San Alberto, en Colombie, développés sur des alluvions argileuses récentes. Les échantillons de terre ont été prélevés dans la couche superficielle de 20 cm d'épaisseur qui, pour les sables tertiaires, contient la presque totalité du complexe adsorbant constitué en grande partie par la matière organique.

Le tableau II montre les différences entre les deux types de sols. Les sols alluviaux se distinguent des sables tertiaires par :

- un taux d'éléments fins (argille + limon fin), 5,5 fois plus élevé ;
- des teneurs en N total et en matière organique

plus élevées, mais les teneurs en « humus » sont un peu plus faibles ;

— une somme de cations échangeables 5 fois plus élevée (5,01 mé contre 1,07), surtout du fait d'une teneur très élevée en Ca ;

— une teneur en P totale 5,6 fois plus élevée ;

— une réserve en éléments totaux 28 fois plus élevée (279,33 mé contre 10,07 mé).

La minéralogie des argiles diffère également. On sait que la fraction argileuse des sables tertiaires est constituée essentiellement de kaolinite et d'hydroxydes de fer. La nature des argiles n'a pas été déterminée pour les sols alluviaux, mais néanmoins, la forte capacité d'échange des cations (C. E. C.) fait penser que cette argile appartient au groupe des argiles gonflantes (montmorillonite et vermiculite) avec probablement une certaine proportion d'illite.

En effet, si on prend une valeur de la capacité d'échange de 2,6 mé/g pour le « complexe humique » [1], on obtient comme ordre de grandeur de la capacité de la fraction argileuse des sols alluviaux : $27 \frac{2,6 \times 0,68}{27,6} \approx 0,91$ mé/g, qui est à comparer à la capacité d'échange de 1 mé/g des montmorillonites. Il n'est donc pas exclu que les sols alluviaux aient la possibilité de « rétrograder » le K. Le même raisonnement appliqué aux sables tertiaires, en adoptant une C. E. C. de 0,1 mé/g de kaolinite, donne pour 100 g de terre $7,2 \times 0,1 + 0,84 \times 2,6 \approx 3$ mé/100 g, soit le même ordre de grandeur que la C. E. C. de 5,8 mé donnée par les analyses.

TABLEAU II. — Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

Sols	Granulométrie p. 100					pH		Matière organique p. 1 000			
	Argille fin	Limon fin	Limon grossier	Sables fins	Sables grossiers	pH H ₂ O	pH KCl	Carbone total	Azote humiques	Acides humiques	Acides fulviques
Sables tertiaires La Mé	7,2	3,3	2,3	17,6	69,6	1,70	3,85	11,6	0,91	3,30	5,13
Sols alluviaux San Alberto	27,6	31,2	17,5	19,2	4,5	7,90	6,75	22,1	2,11	2,62	1,21

Sols	Cations échangeables mé/100 g					P total ppm	Éléments totaux								
	K	Ca	Mg	Na	C. E. C.		p. 1 000				mé/100 g				
						100 S	T	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na
Sables tertiaires La Mé	0,22	0,36	0,22	0,27	5,80	18	200	0,36	1,12	0,30	0,25	0,02	5,59	2,47	1,00
Sols alluviaux San Alberto	0,32	1,12	0,40	0,17	27,00	41	1120	18,20	23,00	6,55	14,80	46,54	114,77	53,87	61,35

pratiquement négligeable et certainement voisine des erreurs expérimentales et analytiques.

Les sols alluviaux retiennent donc non seulement énergiquement le K dit « échangeable » mais en plus absorbent ou fixent K apporté. Ces résultats confirment ceux obtenus avec le test de Van Der Marel [2] qui avait mis en évidence, pour ces sols, un pouvoir de fixation élevé du K. Par contre, les résultats obtenus avec les sables tertulaires confirment les essais de lessivage au champ.

3.3. — Les autres cations.

L'apport de K a déplacé Mg, Ca et Na dans les deux sols puisque les quantités cédées par les colonnes « engrais » sont supérieures à celles cédées par les colonnes « témoins ». Cependant, ce déplacement a été relativement beaucoup plus important dans les sables tertulaires que dans les sols alluviaux, vis-à-vis à la fois des éléments échangeables initialement présents dans le sol, des quantités cédées par les colonnes témoins et également du K absorbé.

Éléments déplacés en p. 100 des quantités cédées par les colonnes témoins :

	Sables tertulaires	Sols alluviaux
Ca	41	8
Mg	50	4
Na	39	9

Comparaison entre cations échangeables initialement présents et cations déplacés (mg/kg) :

	Sables tertulaires		Sols alluviaux	
	cations échangeables	cations déplacés	cations échangeables	cations déplacés
Ca	3,6	1,35	11,2	3,03
Mg	2,2	0,68	4,0	0,50
Na	2,7	1,42	1,7	0,13
Total	8,5 (100)	3,45 (11)	16,9 (100)	3,66 (8)

Estimation du K absorbé (mg/kg) :

	Sables tertulaires	Sols alluviaux
K apporté	1,61	1,61
K récupéré	1,42	0,07
(colonne engrais - témoin)		
K absorbé	0,19	1,54

Pour les sables tertulaires, l'apport de KCl a donc entraîné une acidification nette du sol tandis que pour les sols alluviaux celle-ci a été beaucoup plus faible.

Les colonnes « témoins » des sols alluviaux ont libéré au total 8,5 fois plus de Mg, 12 fois plus de Ca et 2,5 fois moins de Na que les colonnes « témoins » des sables tertulaires.

3.4. — Discussion.

La dynamique des cations sous l'effet du lessivage à l'eau est donc totalement différente pour les 2 sols.

TABLEAU IV. — Sols alluviaux — Pertes par lessivage à l'eau (par kg de terre)

N° arrosages	Hauteur d'eau cumulée (mm)	K						Mg					
		KCl		T		KCl		T		KCl		T	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Arrosages à blanc													
1	80	5,17	10,11	4,03	6,80	19,79	18,19	15,19	12,11				
2	100	0,50	0,76	0,79	1,22	3,01	3,36	3,67	3,71				
3	120	0,89	0,61	0,88	0,73	1,69	3,43	3,82	3,08				
4	110	0,57	0,71	0,77	0,61	3,56	3,72	3,11	2,87				
5	160	0,68	0,73	0,72	0,91	3,10	3,23	3,30	2,60				
6	180	0,52	0,66	0,13	0,18	3,19	3,23	3,00	2,65				
7	200	0,56	0,17	0,17	0,52	3,00	3,31	3,03	2,51				
8	220	0,13	0,93	0,57	0,17	2,53	3,22	2,75	2,10				
9	240	0,59	0,57	0,54	0,61	2,53	2,63	2,51	2,21				
10	260	0,19	0,55	0,59	0,31	2,13	2,19	2,25	2,17				
11 à 20	280	0,59	0,61	0,17	0,51	2,22	2,19	2,16	1,91				
21 à 30	480	4,88	5,63	1,73	5,09	21,03	22,53	23,81	22,66				
31 à 40	680	3,26	3,69	3,19	3,76	26,59	26,22	28,81	25,62				
41 à 50	880	3,05	3,42	3,32	3,36	27,39	27,80	29,21	27,95				
41 à 50	1 080	2,85	3,07	2,81	3,06	18,39	20,52	19,11	20,23				
Totaux mg/colonne		25,33	32,61	21,31	28,50	116,81	116,10	115,98	131,71				
Moyenne mg		29,0		26,1		116,5		110,1					
p. 100		110		100		101		100					
Différ. Trait.-T mg		2,6		0,67		6,1		0,50					
Ca													
Na													
Totaux mg/colonne		869,15	827,12	801,61	773,53	38,00	35,70	36,01	31,58				
Moyenne mg		818,3		787,6		36,9		33,8					
p. 100		108		100		109		100					
Différ. Trait.-T mg		60,7		3,03		3,1		0,13					

Cette différence est due à la composition physico-chimique.

La faible C. E. C. des sables tertiaires (teneurs peu élevées en matière organique et en argile à faible capacité de rétention) permet d'expliquer la mobilité du K apporté par le KCl. D'autre part, dans des sols acides, comme les sables tertiaires, il serait possible que H⁺ déplace K⁺ du complexe absorbant, ce qui contribuerait à expliquer la perte élevée en K des colonnes « témoins ».

La C. E. C. des sols alluviaux est beaucoup plus élevée ; elle a donc un pouvoir d'absorption plus important. Cependant, les lessivages répétés en appauvrissant la solution libre du sol en K devraient théoriquement entraîner une libération compensatrice du K absorbé par le complexe absorbant pour rééquilibrer la concentration de la solution du sol. En réalité, les sols alluviaux libèrent moins de K échangeable que les sables tertiaires pourtant moins riches en cet élément et retiennent pratiquement tout le K apporté.

On peut voir, dans ce phénomène, une conséquence de la présence d'une forte concentration en Ca dans la solution du sol et du pH élevé qui, en présence de certaines argiles (Illites), favoriseraient la rétrogradation du K. Si on admet que les rapports entre les quantités totales lessivées sont représentatives des solutions de sol, on peut calculer les coefficients de sélectivité S pour chacun des sols [3].

$$S = \frac{K/Ca \text{ (phase solide)}}{K/Ca \text{ (phase liquide)}}$$

En exprimant K et Ca en mg/kg, la formule donne pour les colonnes « témoins » :

sables tertiaires : S =	$\frac{2,2/3,6}{2,23/3,27} = \frac{0,611}{0,682} = 0,9$
sols alluviaux : S =	$\frac{3,2/11,2}{0,67/39,30} = \frac{0,078}{0,017} = 4,59$

S, qui est plus élevé pour les sols alluviaux que pour les sables tertiaires, montre que K est plus fortement absorbé par les alluvions. Pour les sables tertiaires, les rapports cationiques sont pratiquement identiques, pour la solution de sol et les colloïdes.

La même formule appliquée à Mg et Ca, soit :

$$S = \frac{Mg/Ca \text{ (phase solide)}}{Mg/Ca \text{ (phase liquide)}}$$

donne, pour les colonnes témoins :

sables tertiaires : S = 1,47,
sols alluviaux : S = 0,34.

Elle montre que le complexe absorbant des sables tertiaires retient plus fortement Mg que celui des alluvions.

Les conclusions de cette étude concordent donc avec les connaissances acquises sur la nutrition du palmier à huile. Les sables tertiaires libèrent K facilement et il n'y a pas de déficience potassique aussi longtemps que les teneurs du complexe absorbant, enrichi momentanément par la décomposition des andalous, ne tombent pas au-dessous d'un minimum [2]. Il arrive fréquemment, en effet, que l'on puisse différer le premier apport d'engrais potassique jusqu'à l'âge de 6 ou 7 ans, pour les plantations de Côte-d'Ivoire. Les sols alluviaux, au contraire, malgré

des réserves importantes, mettent très lentement K à la disposition de la plante comme le confirment les teneurs des feuilles qui atteignent difficilement le niveau critique, même après une fertilisation potassique.

Seule une fumure extrêmement forte permettrait peut-être d'augmenter sensiblement les teneurs des feuilles. La forte concentration en Ca de la solution de sol pour les alluvions et l'antagonisme Ca-Mg expliquent probablement l'existence d'une déficience magnésienne fréquente sur ce type de sol malgré une libération assez élevée de Mg.

4. — Résultats des lessivages avec une solution d'acétate d'ammonium.

Vingt-deux arrosages, correspondant à une hauteur d'eau de 20 mm chacun (440 mm au total), ont été effectués avec une solution d'acétate d'ammonium, afin de déplacer les cations échangeables restant après le lessivage à l'eau. Les résultats obtenus confirment les conclusions précédentes.

Pour les sables tertiaires, les courbes cumulées (1) pour K et Mg, qui tendent asymptotiquement vers un maximum, montrent que le déplacement de ces cations est presque complet. Les colonnes « engrais » cèdent 20,3 mg (0,52 m³) de K de plus que les colonnes « témoins ». Pour l'Ion Ca (l'ion le moins mobile), la forme de la courbe cumulée indique que le déplacement n'est pas terminé après le 22^e arrosage. Le déplacement de Na n'est pas terminé non plus mais les quantités totales mises en jeu sont faibles (1,6 mg/kg).

Sables tertiaires. — Lessivage à l'acétate d'ammonium :

	Quantité moyenne recueillie par arrosage (mg/kg)		Quantité recueillie lors du dernier arrosage (mg/kg)	
	C. Engrais	C. Témoin	C. Engrais	C. Témoin
K	1,73	0,80	1,19	0,17
Ca	1,63	1,57	0,90	0,70
Mg	0,46	0,52	0,09	0,11
Na	0,08	0,07	0,06	0,02

Pour les sols alluviaux au contraire, la solution d'acétate d'ammonium n'a pu déplacer K en totalité et même les quantités recueillies augmentent avec les numéros d'ordre des arrosages. Le K échangeable, énergiquement fixé, n'est donc libéré que très progressivement ; et même les colonnes engrais ne cèdent que 3,7 mg (0,10 m³) de plus que les colonnes « témoins ». La forme des courbes cumulées montre que le déplacement du Ca et du Mg ne se ralentit pas sensiblement jusqu'au 22^e arrosage. Les quantités de Na récupérées sont faibles.

Sols alluviaux. — Lessivage à l'acétate d'ammonium :

	Quantité moyenne recueillie par arrosage (mg/kg)		Quantité recueillie lors du dernier arrosage (mg/kg)	
	C. Engrais	C. Témoin	C. Engrais	C. Témoin
K	0,87	0,70	1,67	1,25
Mg	7,11	6,96	7,66	7,12
Na	0,13	0,12	0,07	0,09
Ca	29,65	30,31	31,80	36,19

(1) Qui ne sont pas données dans cet article.

EXPÉRIENCE N° 2

1. — But.

On désirait étudier la dynamique de Mg dans les sols alluviaux de Colombie car la déficience magnésienne est fréquente dans la plantation de palmiers à huile de San Alberto. Comme ces sols induisent également une carence chlorée, on a comparé les deux formes : sulfate de magnésium SO_4Mg $7\text{H}_2\text{O}$ et chlorure de magnésium Cl_2Mg $6\text{H}_2\text{O}$, ce dernier type d'engrais ayant l'avantage d'apporter les deux ions déficients.

La concentration à l'unité de surface a été la même que celle utilisée en plantation (1 500 g de késérite à 19,3 p. 100 de Mg ou 2 300 g de Cl_2Mg à 12,7 p. 100 de Mg épanchés sur un rond de 2 m de rayon) qui apporte 23,13 g de Mg/m².

Compte tenu de leur surface, les colonnes qui contenaient 2,5 kg de terre ont reçu :

— 2,19 g de Cl_2Mg $6\text{H}_2\text{O}$, soit 105 mg de Mg/kg

de terre = 8,63 mé, ou

— 2,65 g de SO_4Mg $7\text{H}_2\text{O}$, soit 105 mg de Mg/kg de terre = 8,63 mé.

2. — Résultats des lessivages à l'eau et avec une solution d'acétate d'ammonium.

2.1. — Reproductibilité des résultats.

Le tableau V montre que les différences entre les quantités cédées par les deux colonnes du même trait-

tement sont encore supérieures à 10 p. 100, quatre fois sur douze. Comme l'a déjà montré l'expérience N° 1, il est préférable d'avoir deux colonnes par objet.

Malgré le changement de colonnes entre l'expérience N° 1 et l'expérience N° 2, on constate néanmoins une bonne similitude entre les quantités moyennes de Na (ion mobile) cédées par les colonnes « témoins ». Par contre, pour l'expérience N° 2, durant laquelle le drainage a été beaucoup plus rapide, les quantités de K, Mg et Ca cédées ont été plus faibles, de l'ordre de 15 p. 100. Pour obtenir des résultats comparables entre plusieurs séries d'expériences, il semble donc indispensable de standardiser au maximum le mode opératoire et en particulier le temps de contact sol-solution (contrôle du débit par un robinet placé à la base de la colonne). Pour comparer les résultats de deux séries différentes, il est préférable d'utiliser un témoin commun.

Quantités cédées par les colonnes témoins (mg/kg) :

	Expérience N° 1	Expérience N° 2
K	26,4 (100)	19,6 (71)
Ca	787,6 (100)	586,8 (75)
Mg	110,4 (100)	108,8 (77)
Na	33,8 (100)	31,7 (91)

2.2. — Le magnésium.

Il existe un pic de passage du Mg au 2^e arrosage pour les trois objets ; il est plus important pour les traitements ayant reçu du Mg. Ensuite, du 6^e au 16^e

TABLEAU V. — Sols alluviaux — Comparaisons SO_4Mg - Cl_2Mg — Pertes par lessivage à l'eau (par kg de terre)

N° Arrosages	Hauteur d'eau cumulée	K			Mg		
		SO_4Mg	Cl_2Mg	T	SO_4Mg	Cl_2Mg	T
Lessivage à blanc	40	0,19	0,62	0,19	1,83	1,88	2,39
1	80	1,99	2,15	1,58	8,19	8,63	5,98
2	120	2,40	2,96	1,86	11,79	16,41	10,26
3	160	1,53	2,33	1,49	12,17	13,81	7,93
4	200	1,71	1,58	1,33	8,99	8,93	6,02
5	240	2,22	1,28	1,21	7,33	7,81	5,92
6	280	1,56	1,19	1,11	5,99	6,22	5,91
7	320	1,00	0,86	0,83	4,86	4,85	4,26
8	360	0,79	0,66	0,71	4,57	4,09	3,80
9	400	0,71	0,71	0,83	4,11	3,89	3,68
10	440	1,49	1,27	1,39	5,17	4,91	4,58
11 à 15	610	3,33	3,15	3,21	21,12	18,13	17,98
16 à 20	810	2,73	2,81	1,76	20,90	15,98	15,98
21 à 25	1 010	2,33	1,75	1,79	26,38	11,18	15,05
Totaux mg/kg	1 ^{re} colonne	25,06	23,12	18,89	110,61	137,82	117,10
	2 ^e colonne	23,51	23,80	20,35	153,32	122,21	100,21
Moyenne	mg/kg	21,3	23,6	19,6	117,0	130,0	108,8
	mé	0,62	0,60	0,50	12,00	10,69	8,95
p. 100		121	120	100	135	119	100
Différence mg		1,7	1,0		38,2	21,2	
Tratt.-T	mé	0,12	0,10		3,11	1,71	
		Ca			Na		
		SO_4Mg	Cl_2Mg	T	SO_4Mg	Cl_2Mg	T
Totaux	1 ^{re} colonne	769,91	701,11	609,32	32,05	33,15	31,41
	2 ^e colonne	901,00	670,75	561,32	33,92	32,11	28,82
Moyenne	mg/kg	837,0	685,9	586,8	33,0	32,6	31,7
	mé	41,77	34,22	29,28	1,13	1,12	1,38
p. 100		113	117	100	101	103	100
Différence mg		250,2	99,1		1,3	0,9	
Tratt.-T	mé	12,19	1,91		0,05	0,01	

arrosage, les trois objets cèdent chaque fois à peu près les mêmes quantités de Mg; cette quantité augmente ensuite à nouveau pour l'objet SO₄Mg vers le 16^e arrosage, sans qu'il soit possible de l'expliquer. Les quantités différentielles totales recueillies pour les objets SO₄Mg et Cl₂Mg montrent que Mg est fixé par le sol puisqu'elles ne représentent respectivement que 36 p. 100 et 20 p. 100 du Mg apporté. Il semblerait que la rétention soit plus faible quand Mg est apporté sous forme de sulfate que lorsqu'il est apporté sous forme de chlorure.

Après 20 arrosages complémentaires à l'écacité d'ammonium (correspondant à une hauteur d'eau de 800 mm au lieu de 440 mm pour la première expérience), on obtient les résultats suivants.

Quantités recueillies de Mg, en mg/kg :

Objets	Après lessivage à l'eau	Après lessivage à l'écacité	Total	Différence avec T
SO ₄ Mg	117	410	557	120
Cl ₂ Mg	130	429	559	122
T ₂	109	328	437	

Il semblerait que les lessivages à l'eau et à l'écacité aient entraîné l'équivalent de tout le Mg apporté (105 mg) plus une certaine partie du Mg échangeable initial. Mg est donc beaucoup moins énergiquement retenu par les sols alluviaux de Colombie que K qui serait donc bien soumis à un phénomène de rétrogradation.

CONCLUSION

Pour pouvoir étudier la dynamique des éléments apportés aux sols sous forme d'engrais, sans avoir à supporter les contraintes matérielles de l'expérimentation au champ, F. L. R. H. O. s'est tourné vers la méthode de percolation en colonnes de terre au laboratoire. Après certains tâtonnements, on a pu mettre au point un dispositif expérimental satisfaisant qui permet d'évaluer l'intensité des phénomènes de lessivage et de fixation des éléments dans les sols. La méthode appliquée à deux sols de Côte-d'Ivoire et de Colombie a confirmé en quelques semaines les résultats d'études antérieures faites au champ sur le lessivage de la potasse, alors que celles-ci avaient duré deux ans.

Les résultats expérimentaux obtenus, variables selon la nature des sols, s'accordent assez bien avec les connaissances que l'on a acquises sur la nutrition minérale (potassique et magnésienne) des palmiers à huile et permettent même d'expliquer certaines contradictions constatées entre les résultats des analyses classiques de sols et le comportement des palmiers. Ainsi, l'expérience N° 1 a montré que, non seulement les sols alluviaux de Colombie libèrent le K échangeable très lentement, mais qu'en plus ils fixent énergiquement le K apporté sous forme d'en-

2.3. — Les autres cations.

Il existe également un pic de passage au 2^e arrosage qui est peu marqué pour K, mais très net pour Na. Pour Ca, il existe plusieurs pics successifs, le plus important se situant au 2^e, 3^e ou 4^e arrosage selon les traitements. Il semblerait que Mg déplace K et Ca du complexe absorbant, principalement quand il est apporté sous forme de sulfate. Na, qui est de toutes façons un cation très mobile, est moins influencé.

Comme pour l'expérience N° 1, et malgré une quantité utilisée plus importante, la solution d'écacité d'ammonium n'a pu épuiser le complexe absorbant en aucun des cations.

3. — Discussion.

Les deux expériences montrent que pour obtenir une reproductibilité satisfaisante des résultats entre deux séries d'essais, il est nécessaire de standardiser la méthode. D'autre part, il est préférable de mettre en jeu deux colonnes par traitement.

La deuxième expérience montre que le pouvoir de rétention des sols alluviaux de Colombie, pour Mg, est beaucoup plus faible que pour K (qui est retenu énergiquement dans les deux essais). Le passage de Mg en solution serait néanmoins relativement lent, surtout quand il est apporté sous la forme chlorure. Une expérience mise en place en 1970 à San Alberto n'a cependant pas encore montré de différence sur l'assimilation de Mg par les palmiers selon la forme de l'engrais magnésien.

grais. Ce résultat permet d'expliquer que les teneurs en K des feuilles soient relativement moyennes pour des palmiers plantés sur des sols cependant riches en K et que la fumure potassique ait peu d'effet.

On ne peut évidemment assimiler totalement et surtout sur le plan quantitatif les phénomènes observés en colonnes, où la terre est toujours saturée d'eau, à la dynamique réelle des éléments dans le sol en place où les modifications d'humidité interne amènent des cycles successifs de fixation et de mise en solution des éléments. Les premiers résultats expérimentaux montrent néanmoins que cette méthode peut être utilisée pour étudier les problèmes de concentration optimum d'engrais à l'unité de surface (rentabilisation des fumures), aider à comprendre certains aspects de la nutrition des plantes et peut-être même à prévoir quel sera leur comportement sur de nouveaux sols en se référant à quelques témoins bien connus.

Il serait de plus intéressant d'étudier si cette méthode ne peut être considérablement simplifiée en réduisant très sensiblement le volume de la colonne de terre et en utilisant des filtres en verre frité. Cette variante permettrait d'accélérer le lessivage mais les phénomènes de déplacement seraient peut-être par trop différents de ce qu'ils sont *in situ*.

BIBLIOGRAPHIE

[1] DUCHAUFOUR Ph. (1965). *Précis de Pédologie*, Paris, Masson et Cie, éd., p. 80.
 [2] OLIVIER J. et QUEMENER J. (1972). Application aux sols de palmier à huile de la technique Stubbard et de Ment pour l'extraction du potassium. *Oléagineux*, 27, 3, p. 127-138 (édition française-anglais).
 [3] HELLEBA R. (1969). *Biologie végétale, II. Nutrition et métabolisme*, Paris, Masson et Cie, éd., 578 p.

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

DIPLOME D'ÉTUDES APPROFONDIES D'AGRONOMIE

OPTION : PÉDOLOGIE

LES MODIFICATIONS DE LA CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC)
EFFECTIVE DE QUELQUES SOLS TROPICAUX INDUITES PAR L'APPLICATION
DE PHOSPHORE.

PAR

HAILE ABRIVA

Présenté devant la Commission d'examen en Octobre 1980.

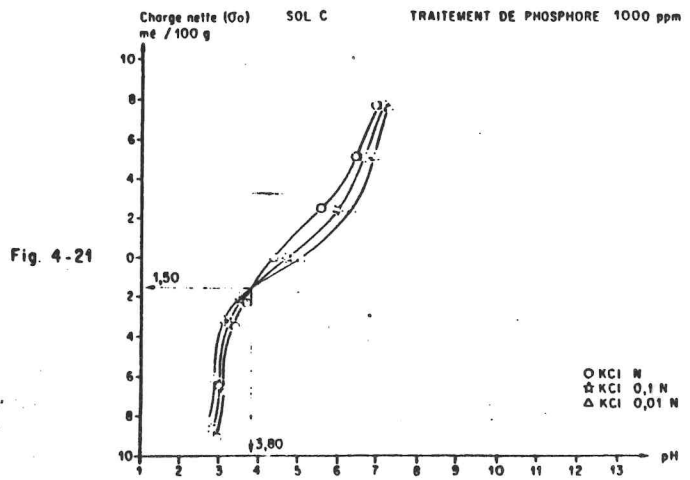
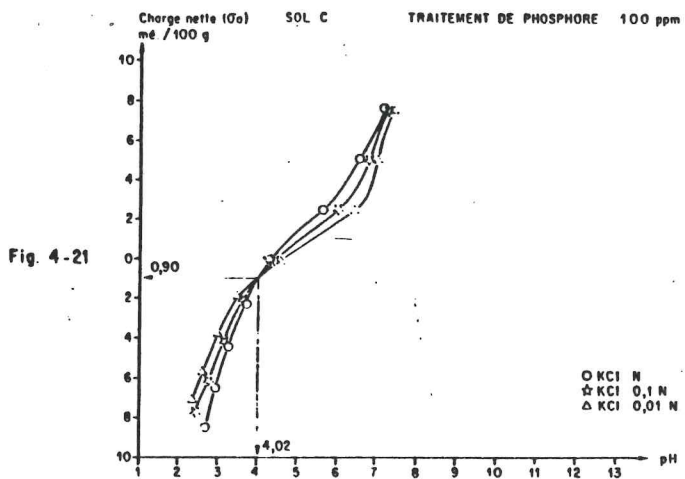
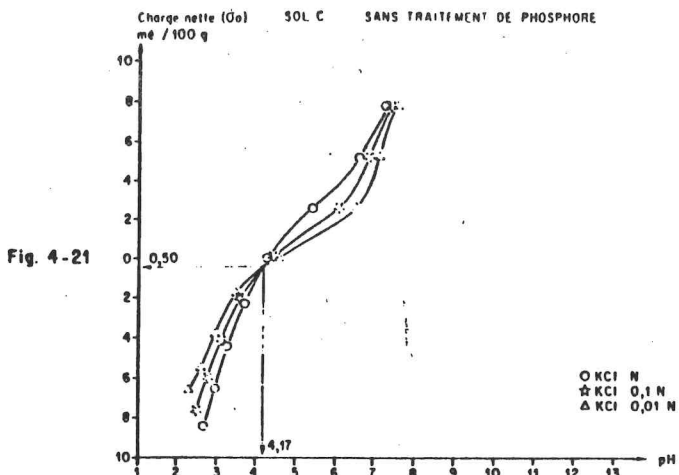
Jury : MM. E. SERVAT
J. MOINEREAU
C. PIERI

SOMMAIRE

--	AVANT PROPOS	
I	- INTRODUCTION	
II	- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
	2.1. Nature des colloïdes et origine de leur charges électriques	3
	2.1.1. Les colloïdes à charges constantes (permanentes)	3
	2.1.2. Les colloïdes à charges variables	3
	2.2. Caractéristiques des surfaces et phénomène d'adsorption	7
	2.2.1. Le potentiel et la distribution des charges dans la solution du sol selon la théorie de Gouy-Chapman	7
	2.2.2. La théorie de Stern	9
	2.2.3. L'équation de Gouy-Chapman et son application aux colloïdes des sols à charges variables et à charges constantes	10
	2.2.3.1. L'application de l'équation aux minéraux à charges permanentes	12
	2.2.3.2. L'application de l'équation aux minéraux à charges variables	12
	2.3. Méthodes agronomiques en vue de modifier la C.E.C.	14
	2.3.1. L'utilisation du chaulage et des engrais	15
	2.3.2. Application de matière organique et d'amendements inorganiques	16

4.3.3. Effet de l'adsorption du phosphore sur la modification de la C.E.C. effective	40
V - DISCUSSION DES RESULTATS	45
5.1. Comparaison des méthodes de mesure de la C.E.C.	45
5.2. Effet de la nature des minéraux argileux et amorphes sur la fixation du phosphore	47
5.3. Effet du phosphore sur l'accroissement de la capacité d'échange cationique effective	49
VI - CONCLUSION	51
- Bibliographie	
- Annexe	

III - CARACTERISATION DES SOLS ETUDIES	17
3.1. Analyse des caractères morphologiques et physico-chimiques	17
3.1.1. Sol A - Sol de Meridjonou (BENIN)	17
3.1.2. Sol B - Sol d'Ambohimandroso (MADAGASCAR)	19
3.1.3. Sol C - Sol d'Ampangabe (")	20
3.1.4. Sol D - Sol de Wondo-Guenet (ETHIOPIE)	22
3.1.5. Sol E - Sol d'Agre-Selam (")	23
3.1.6. Sol F - Sol de Shallo (")	25
IV - ETUDE EXPERIMENTALE	27
4.1. Conduite de l'expérimentation	27
4.2. Matériel et méthode	27
4.2.1. Isotherme d'adsorption du phosphore	27
4.2.2. Mesure de la surface spécifique par la méthode de Brunauer, Emmet et Teller (B.E.T.)	28
4.2.3. Etude minéralogique des argiles	33
4.2.3.1. Détermination des minéraux argileux à l'aide de rayons X	33
4.2.3.2. Extraction et dosage des amorphes	34
4.2.4. Incorporation du phosphore et mesure du phosphore fixé après séchage	35
4.2.5. Mesure de la C.E.C. par l'extraction de Kcl	36
4.2.6. Mesure de la C.E.C. par la méthode des courbes de titra- tion potentiométrique	36
4.3. Résultats et observations	37
4.3.1. Adsorption du phosphore	37
4.3.2. Caractérisation des argiles	38
4.3.2.1. Surface spécifique	38
4.3.2.2. Nature des minéraux argileux cristallisés	39
4.3.2.3. Nature des minéraux amorphes	40



Mesure de la C.E.C. par la méthode des courbes de
titration potentiométrique.

Sol	P-ajouté γ/g	P-adsorbé γ/g	pH au ZPC	pH Témoin	C.E.C. mé/100 g	Δ C.E.C. mé/100 g
A	0	-	3,05	6,52	2,90	-
	30	2,16	2,95	6,42	3,20	0,30
	150	106,00	2,80	6,29	3,35	0,45
B	0	-	4,00	4,42	1,42	-
	100	99,27	3,96	4,45	1,72	0,30
	1000	989,3	3,90	4,60	2,28	0,86
C	0	-	4,17	4,56	0,50	-
	100	98,74	4,02	4,64	0,90	0,40
	1000	966,40	3,80	5,08	1,50	1,00
D	0	-	3,80	4,23	2,65	-
	100	97,66	3,75	4,24	3,50	0,85
	1000	993,40	3,60	4,28	4,80	2,15
E	0	-	3,60	4,61	5,23	-
	100	99,64	3,55	4,60	5,80	0,57
	1000	983,80	3,30	4,64	7,20	1,97
F	0	-		7,33		
	50	42,95		7,18		
	500	405,5		7,02		

VI - CONCLUSION

Le nombre limité de sols que nous avons utilisés ne nous permet pas de généraliser nos résultats à l'ensemble des sols tropicaux, bien que les sols expérimentés soient des sols assez typiques. Donc l'ensemble de nos résultats ne peut donc aboutir qu'à l'approche d'une conclusion.

Du point de vue méthodologique, nous pensons que la méthode du KCl fournit des résultats corrects pour la mesure de la C.E.C. des sols à charges variables. Ce qui n'est pas le cas de la méthode à l'acétate d'ammonium.

La méthode graphique présente elle aussi un intérêt car elle aboutit à l'obtention de plusieurs paramètres (Z.p.c. - C.E.C. réelle en fonction du pH et de la concentration de la solution du sol). Cependant, cette méthode est plus longue à mettre en oeuvre et les résultats obtenus peuvent être affectés par des taux d'erreurs assez importants dans le cas des sols à faibles capacités d'échange.

Au point de vue des résultats obtenus, le pouvoir fixateur de ces sols est lié à leur teneur élevée en hydroxyde de fer et à leur surface spécifique importante plutôt qu'au type d'argile à feuillets existants.

On a mis en évidence une relation étroite entre surface spécifique et taux de fer extrait aux réactifs Tamm-Deb.

L'étude des caractéristiques de charge de surface de ces sols confirme que ces derniers sont dominés par des colloïdes à charges variables, avec des points de charge nulle, au Zpc, compris entre pH 3 et 4. Un sol originaire d'Ethiopie s'est comporté cependant comme un sol à charge constante. L'adsorption de phosphore s'est confirmée être un moyen d'accroître la densité de charge nette de surface des sols tropicaux étudiés, et donc leur capacité d'échange cationique effective.

Nos résultats expérimentaux confirment ceux qui ont été obtenus par d'autres chercheurs sur ce sujet.

Il y a cependant d'assez grande différence selon la nature des sols et le type d'adsorption des ions phosphates, qui selon les conditions produisent ou non des charges électronégatives de surface. L'accroissement maximum de capacité d'échange a été mesuré pour un sol ferrallitique sur ignimbrite d'Ethiopie où une adsorption de 993 μ P/g sol a entraîné un accroissement de C.E.C. effective de 2,15 mé/100g.

Il est évident que de tels apports de phosphore ne sont pas économiques dans de nombreux cas, encore que l'on puisse pour certains sols compter sur des accroissements de capacité d'échange significatifs liés à la pratique du phosphatage de fond puisqu'une adsorption de 217 P/g d'un sol rouge ferrallitique du Bénin s'est traduit par une augmentation de plus de 10% de la C.E.C. effective.

	<u>CLASSE</u>	<u>ORIGINE</u>
SOL -A-	<i>Sol rouge ferralitique sur continental Terminal</i>	BENIN
SOL -B-	<i>Sol brun ferralitique sur basalte</i>	MADAGASCAR
SOL -C-	<i>Sol ferralitique sur gneiss</i>	MADAGASCAR
SOL -D-	<i>Sol ferralitique sur ignimbrite</i>	ETHIOPIE
SOL -E-	<i>Sol ferralitique sur ignimbrite</i>	ETHIOPIE
SOL -F-	<i>Sol andique sur basalte récent</i>	ETHIOPIE

E. N. S. A. M.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

62
I. R. A. I.

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES

DIPLOME D'AGRONOMIE APPROFONDIE

OPTION : AGRONOMIE TROPICALE

BESOINS EN CHAUX
DE
SOLS ACIDES TROPICAUX

par

SILUE Tiohona

Mémoire soutenu
en octobre 1981

J U R Y
MM. P. GRIGIAC
C. PIERI
P. FALLAVIER

64

S O M M A I R E

	<u>PAGE</u>
I - <u>INTRODUCTION GENERALE</u>	2
II - <u>ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
II- 1 - <u>L'ACIDITE DU SOL</u>	3
A - <u>Causes de l'acidité du sol</u>	
1 - Roche mère	
2 - Matière organique	
3 - Acides solubles	
4 - Cultures	
B - <u>Caractérisation de l'acidité du sol</u>	
1 - Acidité libre	
2 - Acidité d'échange	
3 - Acidité échangeable	
4 - Acidité de surface	
II - 2 - <u>METHODES DE MESURE DE L'ACIDITE</u>	11
A - <u>Mesure des protons</u>	
1 - pH	
2 - Méthode du chlorure de baryum - triéthanolaminé (BaCl ₂ - TEA)	
3 - Méthode à l'acétate d'ammonium	
B - <u>Mesure de l'aluminium échangeable</u>	
C - <u>Mesure de l'acidité échangeable</u>	
D - <u>Méthode de SHOEMAKER et al - Méthode de MEHLICH</u>	
II - 3 - <u>INCIDENCES AGRONOMIQUES DE L'ACIDITE</u>	18
1 - Conséquences sur les propriétés du sol	
2 - Aluminium échangeable et physiologie des plantes	
3 - Appréciation des toxicités aluminiques	
II - 4 - <u>LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LES EFFETS DE L'ACIDITE</u>	24
A - <u>Correction de l'acidité</u>	
1 - Le brûlis de la végétation naturelle	
2 - Apport de phosphore	
3 - Les amendements calciques	
4 - Neutralisation de sols acides	
5 - La barrière chimique	
B - <u>Maintien d'une ambiance physico-chimique du sol favorable aux cultu</u>	
II - 5 - <u>DETERMINATION DES BESOINS EN CHAUX</u>	33
II - 6 - <u>CONCLUSION</u>	38

R E S U M E

Après un large tour bibliographique sur le sujet, une étude expérimentale est entreprise sur des sols acides tropicaux d'origine diverse.

Une comparaison est d'abord faite entre deux méthodes de mesure des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique (C E C) : la méthode à l'acétate d'ammonium et celle au chlorure de cobaltihexamine, puis entre ces deux méthodes et celle des courbes de titration potentiométrique, d'autre part.

Puis après avoir analysé les différentes composantes de l'acidité des sols étudiés, des incubations sont effectuées pendant 60 jours sur 4 de ces sols, dans le but de déterminer les besoins en chaux "effectifs" de ces derniers. Ces besoins en chaux sont comparés à ceux calculés, d'abord par deux méthodes (méthode SHOEMAKER et al. et méthode F.A.O.), puis par des formules basées sur la détermination de l'aluminium échangeable.

On observe que la méthode d'extraction au KCl, permet de doser les teneurs en aluminium échangeable (Al^{3+}), mais aussi l'acidité échangeable ($H^+ + Al^{3+}$), alors que la méthode au cobaltihexamine extrait uniquement Al^{3+} .

En définitive, la meilleure méthode de détermination de besoins en chaux est celle des formules basées sur la détermination de l'aluminium échangeable (Al^{3+}).

Enfin, une étude est faite sur l'effet induit du chaulage sur l'azote minéral et le phosphore assimilable (phosphore OLSEN).

	<u>PAGE</u>
III - <u>ETUDE EXPERIMENTALE</u>	
III - 1 - <u>INTRODUCTION</u>	
III - 2 - <u>MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL</u>	39
A - <u>Matériel</u>	40
B - <u>Méthodes analytiques</u>	
C - <u>Besoins en chaux de sols acides</u>	
1 - Méthode de SHOEMAKER et al	
2 - Méthode F.A.O.	
3 - Incubations	
III - 3 - <u>RESULTATS ET DISCUSSION</u>	
	47
<u>IV - CONCLUSIONS GENERALES</u>	
	66

SOLS ETUDIES

n°sol	ORIGINE	LOCALITE	ANNE DE 1ère PLANTATION:
1(D ₁):	COTE D'IVOIRE	DABOU	sol à planter en 1981
2	"	"	sol en plantation 1967
3	"	"	sol en replantation
4	"	"	1976
5	"	"	sol en replantation
6	"	"	1975
7	"	"	sol en replantation
8(D ₈):	"	"	1980
9	"	"	sol en replantation
10	"	"	1967
11	"	"	sol en replantation
12	"	"	1975
13 (R):	RWANDA		1980
14	GABON	BOUMANGO SIAEB	sol en plantation
15	"	"	1930
16	"	"	sol en replantation
17	"	"	1976
18	"	"	sol en plantation
19	"	"	1955
20 (G):	"	"	

ACADEMIE DE MONTPELLIER
 UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC
 ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE

THESE

Présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
 pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE EN SCIENCES AGRONOMIQUES
 Option : PEDOLOGIE

ETUDE DE L'EFFET d'AMENDEMENTS MINERAUX
 SUR LA REDUCTION DES PERTES MINERALES PAR LIXIVIATION
 DANS QUELQUES SOIS DOMINES PAR DES COLLOIDES
 A CHARGE VARIABLE

par

H A I L E Abraha

Ingénieur Agronome (Addis Abeba University)

Soutenue le 17 Décembre 1982 devant la Commission d'Examen

JURY :

M. E. SERVAT	Président
Mme H. PARIS	
M. J. MOINEREAU	Membres
M. C. PIERI	
M. Ch. EGouMENIDES	

- Dans les sols A, B et C, c'est pour la plus forte dose de dolomie que les pertes sont les moins importantes, viennent ensuite les traitements ayant une forte dose de chaux. Pour le sol D, il y a une faible différence entre la forte dose de chaux et la forte dose de dolomie.

Il existe une différence significative entre la forte dose et la faible dose de chaque amendement appliqué pour tous les sols.

L'effet des doses de chaux et de dolomie est significatif par rapport à l'effet des doses de phosphate naturel et de silicate de calcium.

Les pertes de cation indicateur sont systématiquement plus élevées dans le cas des échantillons sans amendement, quels que soient les sols.

S O L A

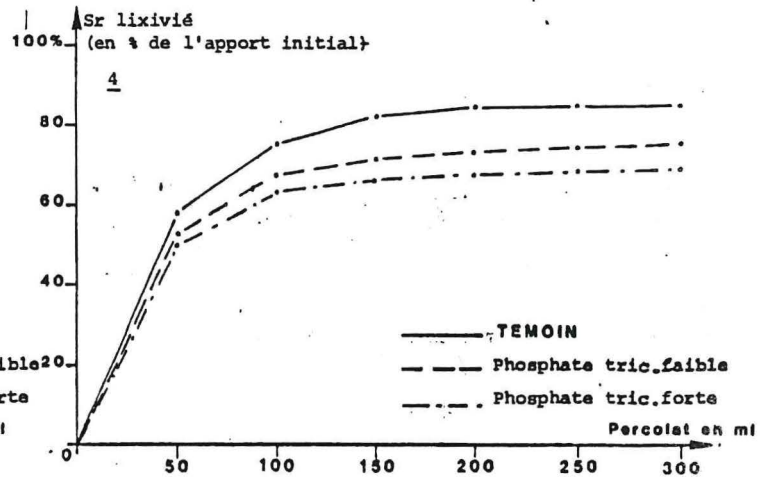
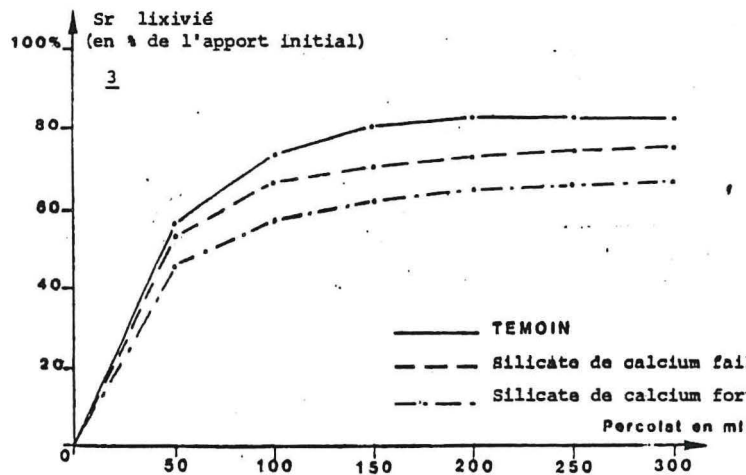
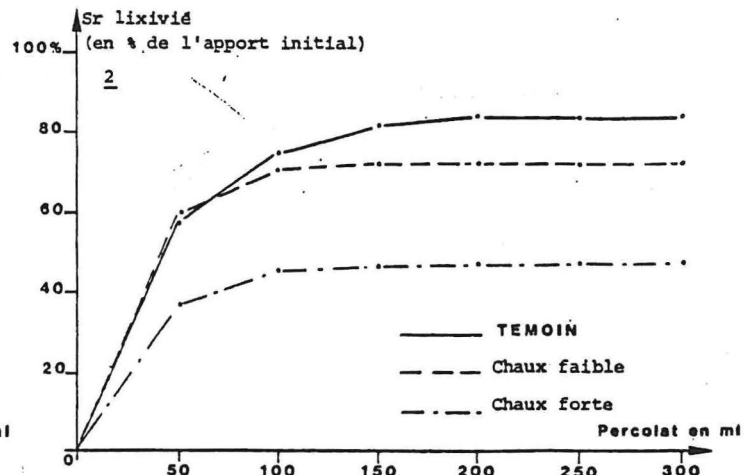
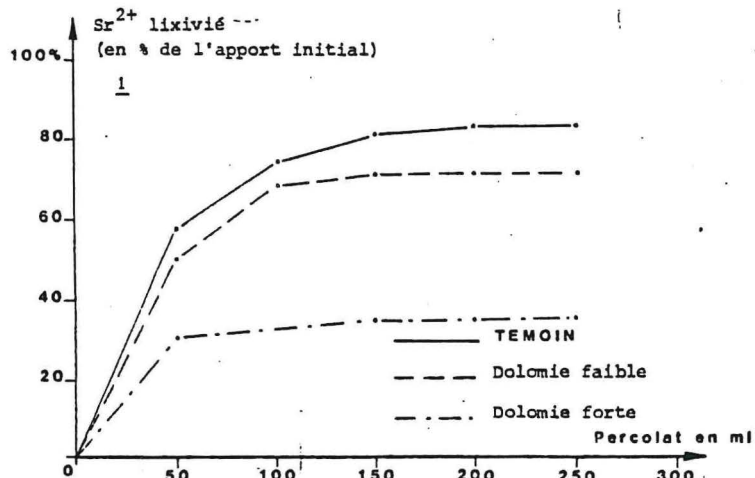
On observe que tous les traitements ont un effet significatif sur la réduction des pertes du cation indicateur. Les pertes de ce cation dues aux doses de dolomie sont moins importantes que celles dues aux doses de chaux (Tableau 12 et figure 16, annexe IV).

Par contre, il n'existe pas de différence de pertes entre les doses de phosphate naturel et les doses de silicate de calcium.

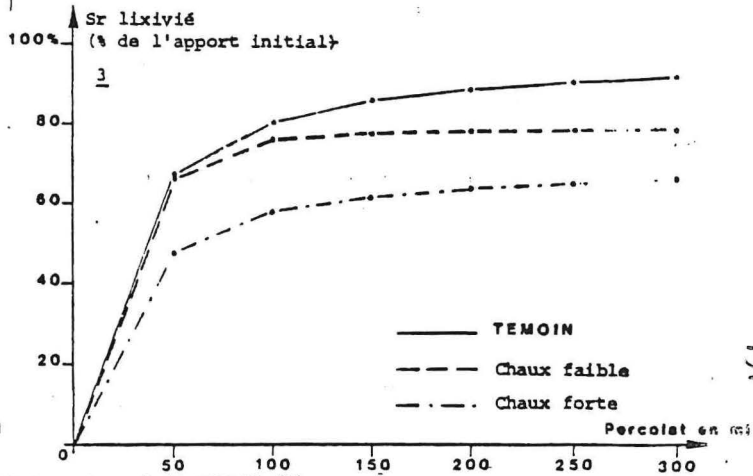
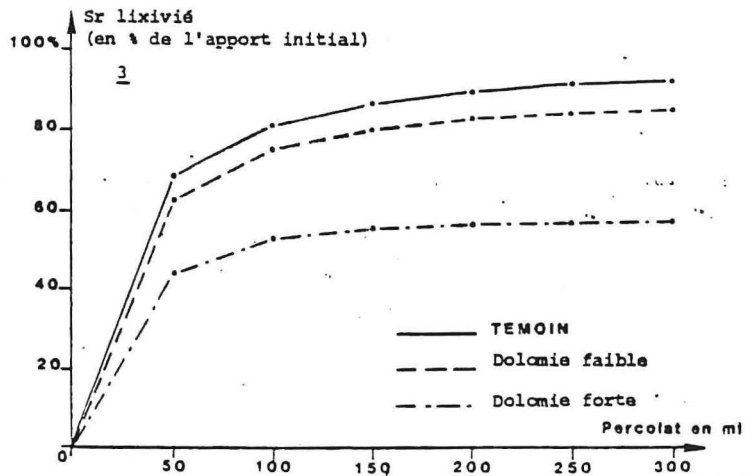
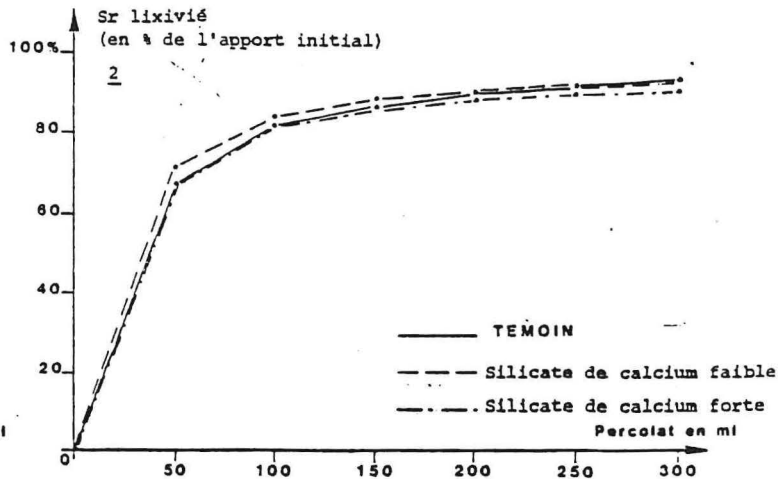
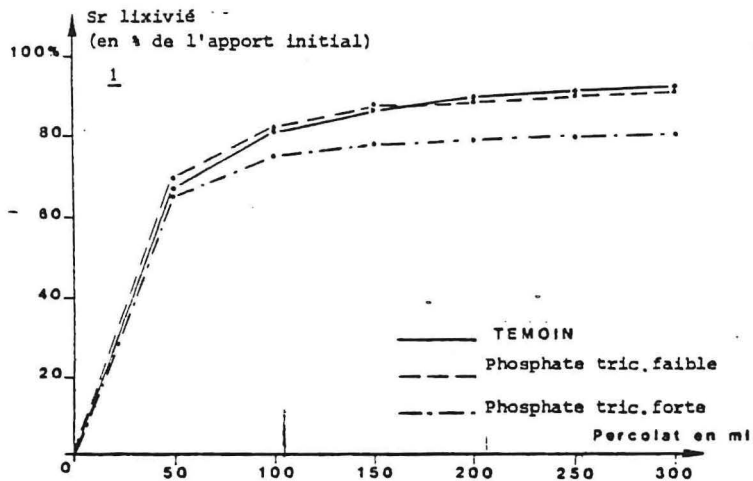
S O L B

Les pertes de cation indicateur sont plus importantes que dans le sol A (fig. 17, Tableau 12). Les traitements "faible dose" de phosphate et de silicate sont sans effets.

Tous les autres traitements réduisent de façon significative les pertes par lixiviation, principalement après apports massifs de chaux ou de dolomie.



Quantité de Sr²⁺ lixivié dans le sol de PETITE FRANCE (A)



Quantité de Sr 2+ lixivié dans le sol de SEDAEL (B)

V.L.

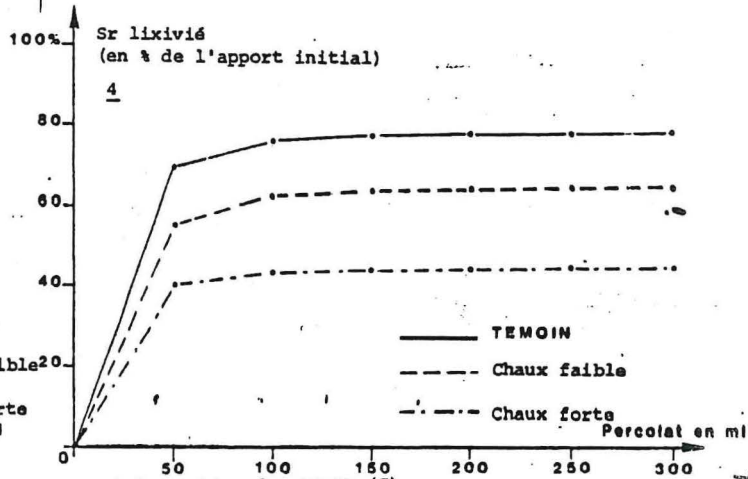
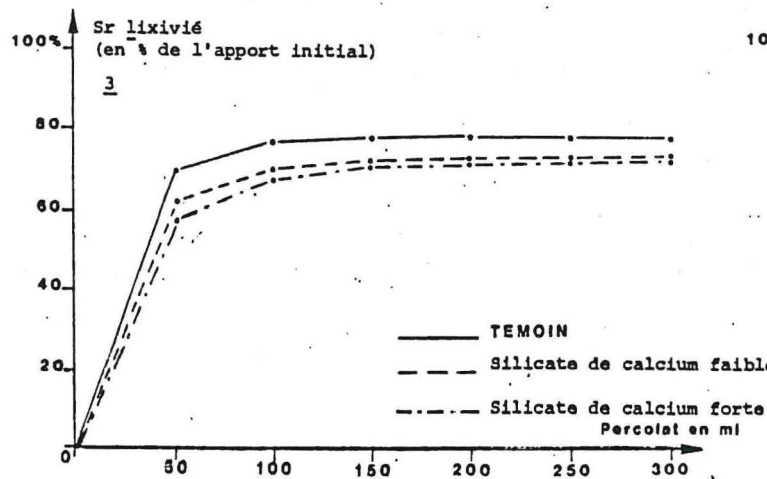
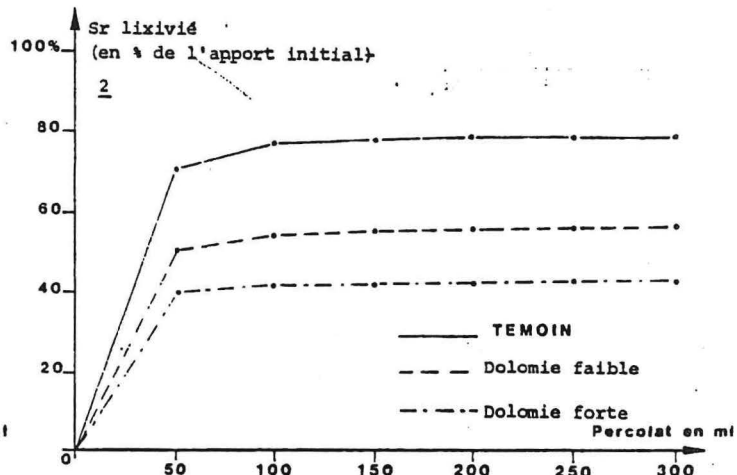
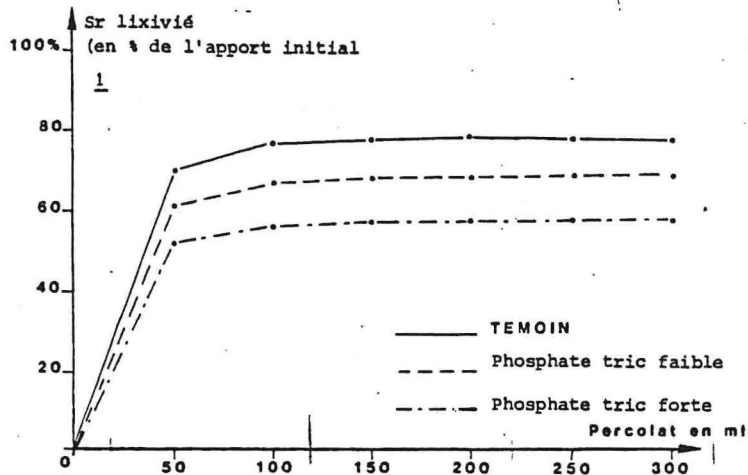
Pertes de cation indicateur (Sr^{2+}) par LIXIVIATION SUR COLONNE de TERRE

S O L		A		B		C		D				
		$\bar{X}=13,48; \sigma=6,24; C.V.=2,80$		$\bar{X} = 16,69; \sigma=5,26; C.V.=1,64$		$\bar{X} = 12,71; \sigma=5,32; C.V.=1,11$		$\bar{X} =17,62; \sigma=7,19; C.V.=2,54$				
N° traitement:	Test de: Moyenne : Dunett : de trait.:			Test de : Moyenne : Dunett : de trait.:			Test de : Moyenne : Dunett : de trait.:					
1 = témoins	a	17,08	82,83	a	18,94	91,85	a	16,08	77,98	a	20,56	99,71
2 = phosp. 1	b	15,11	73,33	a	18,90	91,66	b	14,15	68,62	a	20,00	96,99
3 = phosp. 2	b	13,82	67,02	b	16,31	79,10	b	11,92	57,76	b	18,73	90,83
4 = silicate1	b	15,53	75,32	a	19,09	92,58	b	14,86	72,07	a	20,06	97,28
5 = silicate2	b	13,81	66,97	b	18,31	88,80	b	15,12	73,33	a	19,69	95,49
6 = dolomie 1	b	14,73	71,48	b	17,45	84,63	b	11,32	54,90	b	18,86	91,46
7 = dolomie 2	b	7,15	34,68	b	11,70	56,74	b	8,63	41,80	b	11,61	56,30
8 = chaux 1	b	14,53	70,47	b	16,30	79,05	b	13,27	64,37	b	17,76	86,13
9 = chaux 2	b	9,56	46,41	b	13,35	64,26	b	9,08	44,09	b	11,30	54,80

a = non significatif par rapport au témoin
 b = différence significative positive par rapport au témoin.

Les mesures sont exprimées en mg/100 g

Trait. = traitement.



Quantité de Sr²⁺ lixivié dans le sol du Garbier des Joncs (C)

S O L C

La réduction des pertes dans ce sol est identique à celle observée dans le sol A.

L'application de la méthode d'analyse statistique des contrastes permet de préciser que les doses de dolomie ont un effet significatif sur la réduction des pertes par rapport aux doses de chaux. On remarque aussi le même effet pour les doses de phosphate par rapport aux doses de silicates (tableau 12 et fig. 18, Annexe IV).

Tous les traitements ont un effet améliorateur par rapport au témoin.

S O L D

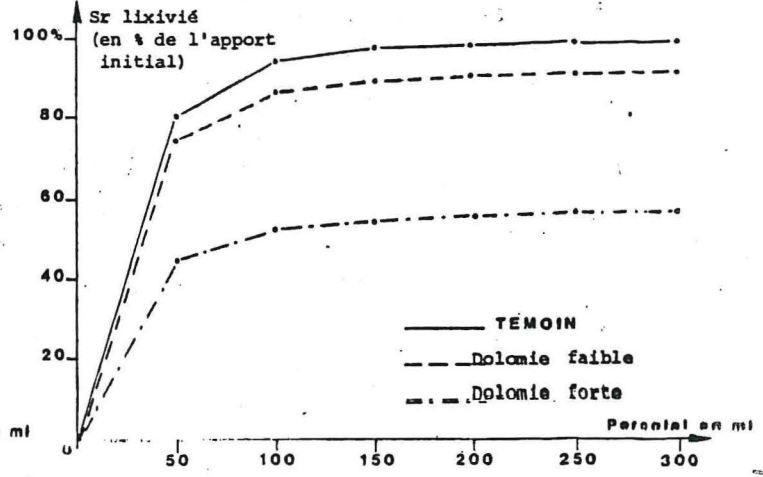
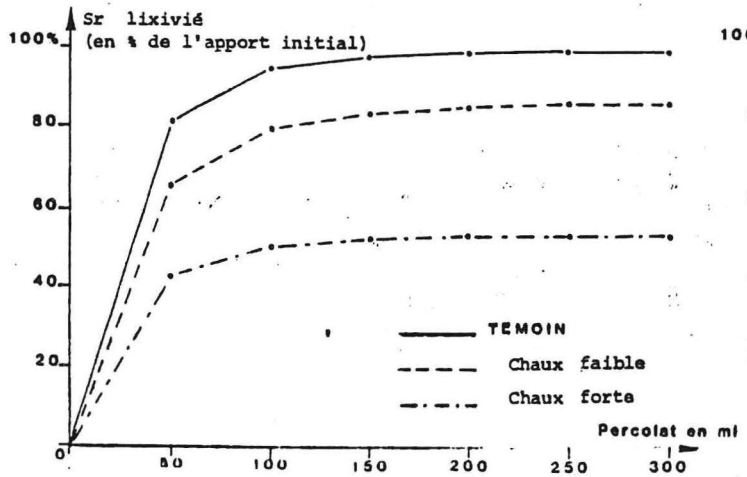
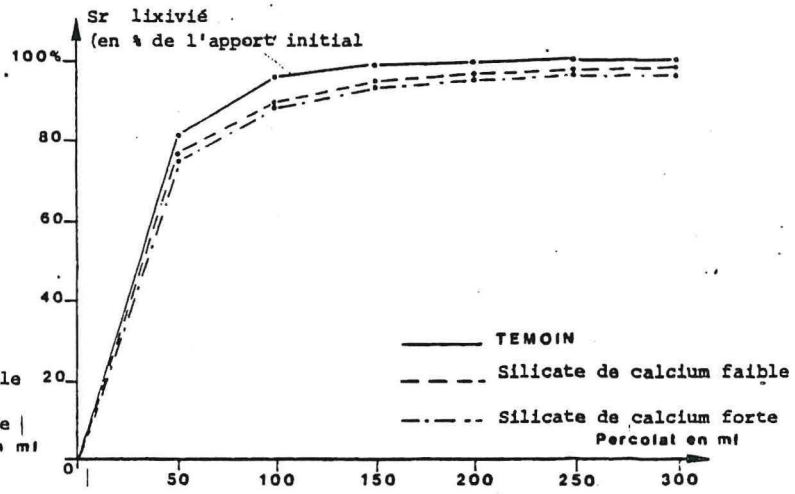
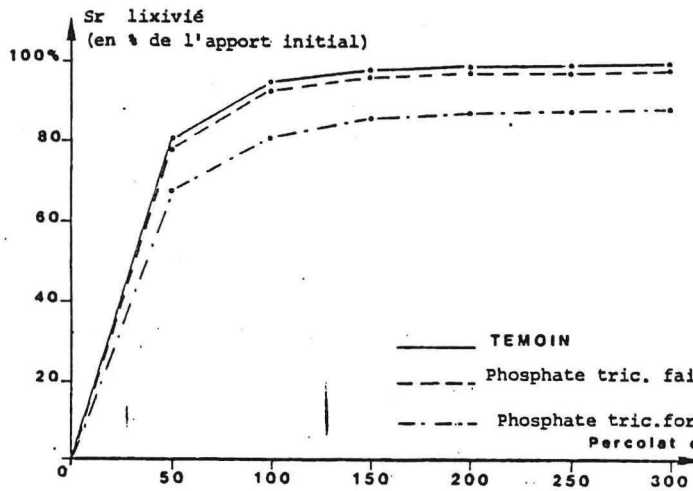
Les pertes par lixiviation sont plus importantes que pour les trois autres sols.

Dans le test de DUNNETT, il n'y a pas de différence entre les traitements silicate, le phosphate à dose faible et le témoin (Annexe IV).

Les doses de chaux ont un effet significatif par rapport aux doses de dolomie. Mais il n'y a pas de différence importante sur la réduction des pertes entre les doses de phosphate et les doses de silicate (tableau 12, fig. 19).

5.2.2. Effet des amendements sur la rétention du cation
indicateur (méthode par agitation)

Les résultats sont présentés dans le tableau 13. Dans ce tableau, pour tous les sols, à l'exception du sol C, on observe un coefficient de variation plus faible par rapport à la méthode utilisée précédemment.



Quantité de Sr²⁺ lixivié dans le sol d'AMBOHIMANDROSO (D)

Les essais sont tous hautement significatifs (F calculé $> T$ théorique. Voir Annexe III).

Dans tous les sols on remarque un effet significatif sur la réduction de pertes entre

- 1) Les fortes doses et les faibles doses à l'exception des doses de silicates dans le sol D.
- 2) L'ensemble de doses de chaux et de doses de dolomie par rapport à l'ensemble des doses de silicate et des doses de phosphate.
- 3) Les doses de dolomie et les doses de chaux.
- 4) Les doses de phosphate et les doses de silicate à l'exception du sol D où il n'y a pas de différence significative importante.
- 5) Les amendements et le témoin.

Dans les sols A, B et C tous les traitements ont un effet positif par rapport au témoin, à l'exception des doses de silicate dans le sol B où l'on observe un effet négatif.

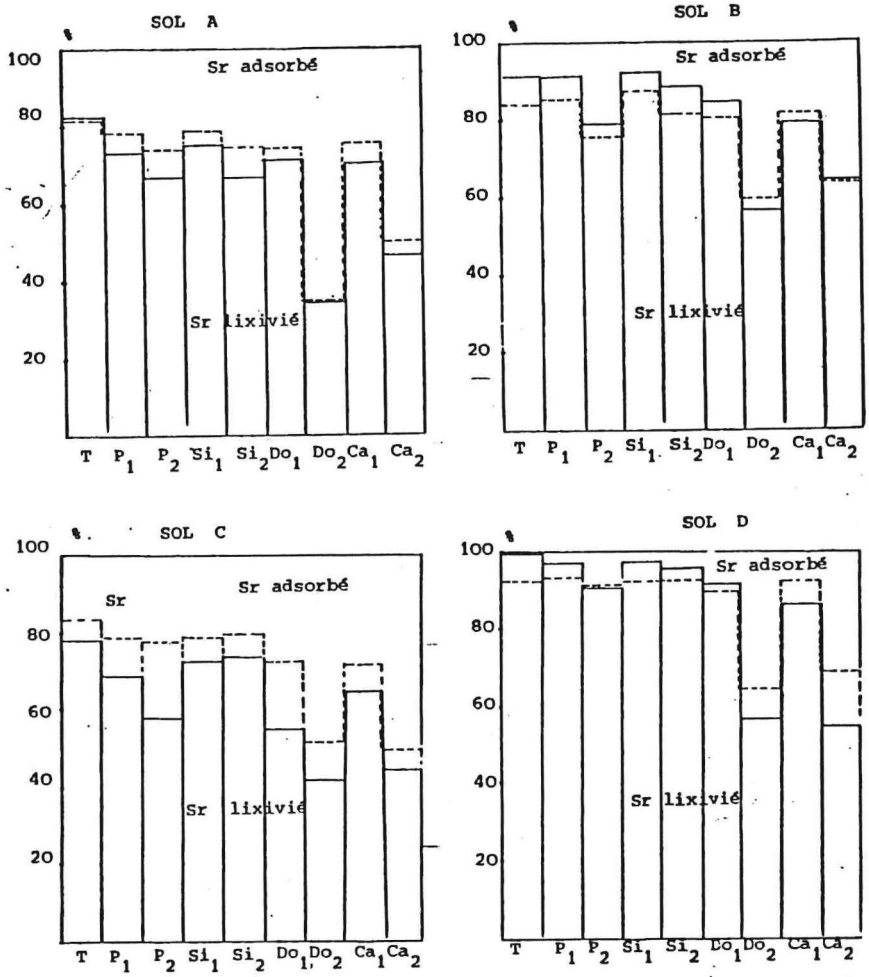
Par contre, dans le sol D, d'après le test de DUNNETT, l'effet des traitements est négatif par rapport au témoin, à l'exception des doses de dolomie et de la forte dose de chaux.

En général, on observe les mêmes effets avec les deux méthodes utilisées.

Conclusion Pour les deux méthodes, les résultats vont dans le même sens et sont hiérarchisés dans le même ordre.

Résultats comparés des deux méthodes d'appréciation de la rétention du Sr²⁺

- 1) Méthode par lixiviation sur colonne (——)
- 2) Méthode par agitation - centrifugation (-----)



T = Témoin P = Phosphate Si = Silicate Do = Dolomie Ca = Chaux
 1, 2 = faible, forte doses.

En conclusion, il est confirmé qu'une application massive d'amendements alcalins à des sols acides tropicaux et tempérés, riches en produits amorphes, a pour effet une réduction des pertes en cations par lixiviation par perte des nouvelles charges électro-négatives créées par ces amendements à la surface des colloïdes.

L'application massive des phosphates naturels solubles (type phosphates d'Afrique du Nord) peut avoir les mêmes effets, mais en général de moindre importance. Les silicates de calcium appliqués successivement dans les mêmes conditions s'avèrent par contre presque sans effet sur la lixiviation.

L'étude a montré en outre, que la nature des sols semble jouer un rôle majeur dans l'impact de ces amendements alcalins et phosphatés. Il sera nécessaire de mieux caractériser les sols pour lesquels de tels amendements s'avèrent justifiés dans la ligne de notre étude (réduction des pertes cationiques par lixiviation).

Quoiqu'il en soit, les résultats ici obtenus sont encourageants, particulièrement en zone tropicale où heureusement des gisements de chaux, dolomie et phosphates sont fréquents (Sénégal, Haute Volta, Niger, Togo, Cameroun, etc...).

