**Rapport de mission en Côte d'Ivoire du 5 au 15 juin 2000**

Ph. Marie, Juillet 2000

## A- Objectifs et déroulement de la mission

Cette mission avait pour objectif principal d'analyser l'état nutritionnel de la bananeraie en vue de proposer des améliorations. Trois points principaux étaient proposés :

- Tournée de terrain, situation agronomique et identification visuelle des carences.
- Analyse des données disponibles depuis 1995.
- Analyse de résultats d'essais.

En complément, était prévu une discussion sur les problèmes posés en préparation de sol, jachère et nutrition ananas, ainsi qu'une première approche des données disponibles sur la DVV.

Cette mission a débuté par une réunion préparatoire, destinée à la programmation des visites, au cours de laquelle il a été demandé de quantifier les enjeux de l'amélioration des plans de fumures : ce point sera abordé par une estimation des gains attendus en matière de poids moyens des régimes.

## B- Visites de plantations

### 1- Remarques préliminaires

#### 1.1- Différence entre la carence en calcium et la toxicité en chlore

Dans l'ensemble des plantations, on constate une confusion systématique entre les symptômes de toxicité en Chlore et les symptômes de carence en Calcium. On rappelle que la carence en calcium provoque des symptômes en bordure de limbes en dents de scie comportant une nécrose brune distale séparée de la partie verte par un liseré jaune. Le symptôme caractéristique qui est associé forme des nécroses en boutonnières qui peuvent se trouver au milieu des limbes. Dans le cas de la toxicité en chlore (et seulement dans le cas où elle n'est pas associée à une toxicité en sodium) on n'observe pas de liseré jaune en limite des zones nécrosées (qui sont plutôt en forme de ruban en bordure de limbe), les symptômes en boutonnières sont absents.

On remarque que les toxicité en chlorure de sodium (surtout par embruns marins) sont effectivement très proches au niveau des symptômes des carences en calcium. Seule la recherche de symptômes en formes de boutonnières permet éventuellement de trancher.

Les symptômes croisés de toxicité en chlore et de carence en calcium sont presque toujours impossibles à repérer sur le même bananier.

### 1.2- Déficience et carence

On appelle déficience une insuffisance en un élément de nature à provoquer une baisse de rendement. La carence provoque une baisse de rendement plus importante et est associée à des symptômes visibles. En champs, on ne peut observer que des carences.

De même l'excès en un élément n'est pas visible mais provoque une baisse (en général faible) de rendement. Par contre une toxicité en un élément provoque toujours des symptômes visibles mais n'est pas forcément associée à une baisse de rendement.

## 2- Plantation du Niéki

### 2-1. Etat nutritionnel de la bananeraie, approche visuelle

On n'observe qu'une très faible variabilité des symptômes de carences nutritionnelles. Le point essentiel à noter est la présence d'une forte carence généralisée (visible sur toutes les parcelles) en Calcium. Les discussions sur les plans de fumures, ont permis de montrer déjà à cette étape que ces carences sont induites par un excès de nutrition potassique.

Le deuxième point important à noter est une relative faiblesse de la nutrition azotée. Les essais réalisés de renforcement des apports d'azote au moment du démarrage des rejets donnent des résultats positifs nettement visibles.

Outre ces deux points on ne trouve en champs que de faibles symptômes épars (quelques bananiers concernés) concernant le magnésium, le soufre ou le manganèse.

### 2.2- Agronomie générale

Ces plantations sont remarquables par la précision du suivi des itinéraires agronomiques et la qualité de l'application des gestes techniques qui sont un gage de réussite.

Les éléments qui nous ont paru les plus intéressants sont les suivants :

- L'installation de plantes destinées à la stabilisation des parois des drains.

- Les problèmes de structure du sol, très mauvaise dans le cas des sols à kaolinite, et qui sont probablement en grande partie responsables du manque de durabilité des plantations. Dans ce domaine il sera particulièrement intéressant de réaliser des essais de reprise de structure à la machine à bêcher.

- Les problèmes de stabilité structurale : il est assez clair que les reprises de structure de sol seront inefficaces à moyen terme si elles ne sont par accompagnées d'une stratégie d'amélioration de la stabilité structurale. Deux voies non exclusives sont à creuser : augmentation des teneurs en matière organique par apports extérieurs suivis de mélanges et utilisation de plantes de couverture (apport de matière organique + labour biologique).

- Les niveaux d'infestation en nématodes sont très forts dans ces milieux. Les apports de nématodes par le système d'irrigation sont certains. Toutefois l'expérience montre que dans le cas général, ces infestations sont assez faibles pour pouvoir être dominées de façon raisonnée. Il est assez probable que l'assainissement des parcelles selon les techniques actuelles (même bien maîtrisées) soit insuffisant, et il est presque certain que les vitroplants soient déjà infestés en nématodes dès le stade grossissement en pépinière. La réalisation d'un essai 'assainissement parfait' suivi d'un avertissement précis et d'apports de nématicides à un seuil très bas (à déterminer à partir des données disponibles) pourrait ouvrir de nouvelles perspectives dans ce domaine au Niéky.

- Les procédures de désherbage des parcelles avant plantings sont insuffisantes : assurer la mortalité complète des adventices au moment du planting permettrait de garantir la qualité du désherbage et de minorer très nettement les proportions de plants touchés par le CMV (il est probable que la majorité des atteintes provienne d'une infestation secondaire en champ et non d'une infestation déjà présente en culture in vitro).

- Les problème liés aux apports de matière organique seront discutés plus loin.

## 3- Plantation de Tiassalé

### 3.1- Etat nutritionnel de la bananeraie, approche visuelle

La situation est très différente de celle des plantations du Niéky, avec une grande majorité de parcelles ne présentant aucun symptôme de déficience net. Les parcelles à problème concernent des zones implantées sur des bancs de sables où on retrouve des carences croisées en calcium, potassium et magnésium. Ces parcelles représentent une faible surface et pourraient être dans un premier temps simplement améliorées par une augmentation significative de la fréquence des apports.

L'ensemble de la plantation présente une couleur du feuillage un peu terne qui fait penser à une déficience en magnésium. Cette impression n'est pas confirmée par les quelques analyses dont nous disposons...

### 3.2- Agronomie générale

Cette plantation est spectaculaire par la réussite de l'industrialisation et de la systématisation de gestes techniques quasi-parfaits. L'expérience acquise en bananeraies montre que ces niveaux d'entretien peuvent rarement (cas du désherbage...) être considérés comme un luxe.

Malgré un niveau de productivité élevé on constate que le poids des régimes récoltés n'a rien d'extraordinaire, de même la vigueur du système rejetonnant peut probablement encore être renforcée.

Pour atteindre ces objectifs un travail de fond pourrait être réalisé lors d'une étude plus complète à réaliser dans le cadre des appuis techniques. Dans un premier temps, une approche nutritionnelle plus précise sera réalisée lors de la prochaine campagne d'échantillonnages sol/plante.

Des progrès indéniables pourraient être faits en matière de préparation des sols, toutefois on ignore pour l'instant si ces améliorations seraient de nature à permettre des gains de productivité...

## 4- Plantation de Banacomoé

### 4.1- Etat nutritionnel de la bananeraie, approche visuelle

Cette plantation pose des problèmes de compréhension du fonctionnement de la bananeraie : on rencontre à la fois des parcelles ne présentant aucun symptôme visible et quelques parcelles pour lesquelles il est net que la nutrition de la plante est le premier facteur limitant : ces parcelles représentent une surface suffisamment importante pour qu'il soit nécessaire de résoudre les problèmes.

Les types de carences observés concernent principalement et par ordre de fréquence le calcium, l'azote, le magnésium, et le potassium. Quelques symptômes de toxicité en chlore ont aussi pu être observés.

Dans quelques cas typiques, on a pu constater que certaines de ces carences étaient très probablement à l'origine de problèmes qualitatifs : difficulté de grossissement du fruit, risques d'éclatement...

Certaines parcelles de cette plantation ont probablement beaucoup souffert des impasses en dolomie qui ont été réalisées. La situation actuelle illustre d'ailleurs l'importance de la fragmentation des apports de fumure de fond qui doit être conservée (ou peut être augmentée).

Cette situation va permettre d'orienter la prochaine campagne d'échantillonnage vers un contrôle-diagnostic destiné à expliquer les problèmes de grossissement du fruit. Cette approche permettra de donner une priorité à cette plantation en matière de résolution des problèmes nutritionnels et d'acquérir des résultats fondamentaux utilisables sur les autres secteurs.

Deux points paraissent importants pour une meilleure compréhension du fonctionnement nutritionnel ce cette zone :

- Dans les analyses il sera important de situer les différentes parcelles par rapport aux sous-secteurs et aux différents types de sol.

- Il sera nécessaire de vérifier avec minutie le suivi rigoureux des itinéraires techniques en cours : respect des doses, de la technique d'application et des fréquences.

### 4.2- Agronomie générale

L'approche réalisée a été très orientée vers les problèmes de nutrition de la plante. Ainsi l'ensemble des visites et discussions ne permet pas d'autres commentaires intéressants à ce stade.

### 5- Plantation d'Anyama

### 5.1- Etat nutritionnel de la bananeraie, approche visuelle

On constate une forte hétérogénéité de croissance des bananiers en fonction des différents types de sol, il est donc assez probable que les travaux à conduire dans ce domaine devront aboutir à des itinéraires de fumures différenciés.

La situation nutritionnelle générale semble assez bonne, la seule carence quasi généralisée visible concerne le calcium ; dans ce domaine la situation est toutefois nettement moins grave qu'au Niéky. Les carences oligo-minérales ne sont pas clairement repérables en champs.

### 4.2- Agronomie générale

Cette plantation est originale par rapport à la situation générale de la Côte d'Ivoire. Les contraintes sur le rendement semblent ici être principalement liées au mauvais état sanitaire général (nématodes et charançon) et aux caractéristiques défavorables de certains des sols (entre autres défauts :forte charge graveleuse, pentes, instabilité structurale...).

Il n'y a pas de limitation dans les connaissances agronomiques actuelles qui permettent de supposer qu'on ne puisse pas limiter (de manière à les rendre comparables au cas des autres plantations) ou contourner ces contraintes et obtenir des gains de rendement très significatifs. La quantification par essais des gains de rendement espérés sera nécessaire pour valider l'intérêt économique (très probable) d'itinéraires techniques (certainement) plus coûteux.

## C-Etat nutritionnel des bananeraies, étude des résultats d'analyses réalisées entre 1995 et 1998. Propositions d'orientations en fonction des plantations.

### 1- Introduction

Sur les plantations de Côte d'Ivoire on dispose d'un assez faible nombre d'analyses : une campagne d'échantillonnages réalisée un an sur deux comporte à la fois des analyses foliaires associées aux analyses de sol ; tous les ans on dispose de quelques dizaines d'analyses foliaires.

Face à ces informations très peu nombreuses, il a été décidé de réaliser une interprétation globale de l'ensemble des résultats disponibles correspondants aux campagnes effectuées entre 1995 et 1998. Les histogrammes de classes de teneurs réalisés pour chaque année de prélèvement montrent que malgré certaines adaptations des plans de fumures, il n'y a pas eu de changement majeur dans le statut nutritif de la bananeraie au cours de ces années à quelques subtilités prés (comme par exemple une amélioration des teneurs en soufre).

On cherche dans un premier temps à caractériser les différents milieux en terme de nutrition de la plante de manière à proposer des orientations générales. On cherchera ensuite à répondre à la question de l'enjeu économique de l'amélioration de la qualité de la nutrition des bananiers par une estimation de l'impact sur le poids des régimes ; cela bien que souvent, les impacts connexes mais plus difficiles à quantifier qui touchent à l'amélioration de la qualité soient en réalité les plus payants.

## 2- Gestion des données disponibles

L'ensemble des données disponibles a été rassemblé dans un fichier comportant les résultats d'analyses foliaires et les poids des régimes (données réelles correspondant à la pesée d'une aliquote de régimes bruts tout au long de l'année ou estimées à partir des résultats de poids de cartons).

Le fichier comportait de nombreuses erreurs ou imprécisions qui ont amené après corrections à l'élimination d'un certain nombre de parcelles pour cause de données incohérentes ou incomplètes. L'étude suivante a donc été réalisée sur un fichier de 200 individus (en ce qui concerne les analyses foliaires). Le mode de gestion plus complexe, des analyses de sol sera détaillé par la suite.

## 3- Estimation du niveau nutritionnel global

Le bananier est une plante assez évoluée et donc relativement indépendante du milieu dans lequel elle est cultivée. Ainsi, l'interprétation des résultats d'analyses foliaires est indépendante du type de sol ou de climat. On bénéficie donc des expériences acquises dans d'autres milieux, valables pour juger des niveaux objectifs des teneurs foliaires.

A partir du moment où les teneurs foliaires sont en dehors des intervalles optimums connus, on s'attend à une diminution de rendement qui elle, sera très dépendante du milieu, d'autant plus qu'on a généralement affaire à des carences croisées, voire contradictoires (cas des problèmes d'équilibres physiologiques ou pédologiques).

Les normes d'interprétation utilisées en analyses foliaires découlent de nombreuses expériences et en particulier des enquêtes diagnostics. L'ensemble des limites de ces intervalles correspondent soit à des maximums de valeurs déjà rencontrées, soit plus souvent à des limites à partir desquelles on a pu montrer un effet négatif sur le rendement (beaucoup plus rarement sur la qualité : cas du manganèse ou de certains équilibres cationiques).

### 3.1- Les problèmes généralisés sur l'ensemble des plantations

L'ensemble des plantations présente des teneurs en azote et en phosphore un peu faibles. De même les carences en Zinc sont généralisées sur l'ensemble des plantations (plus des trois quarts des parcelles concernées). Les teneurs en fer sont faibles dans l'ensemble.

### 3.2- Les équilibres cationiques

Dans la plupart des cas on observe un excès d'alimentation potassique (sauf sur la plantation Tiassalé et une partie de Banacomoé), se traduisant par effet physiologique par des niveaux de teneurs très bas en calcium et en magnésium : la situation est la pire sur le Niéky.

Les excès de nutrition potassique ne provoquent aucun symptôme connu (la toxicité en potassium n'est pas connue sur bananier) ; par contre, les carences en Calcium sont très importantes et très nettes dans toutes les plantations concernées. Les carences en magnésium sont moins nettes et plus rarement observées (surtout clairement visibles sur Banacomoé).

Se sur-imposent parfois des déséquilibres entre le calcium et le magnésium (cas du Niéky, par défaut de calcium par rapport au magnésium).

### 3.3- Les oligo-éléments

Outre concernant le Zinc et le Fer, les problèmes de nutrition oligo-minérale sont variables suivant les éléments :

- Chlore : toxicité la plus importante sur Banacomoé

- Soufre : déficience sur Niéky et banacomoé (à vérifier aujourd'hui)

- Bore : déficience surtout sur Niéky (et Anyama)

- Cuivre : déficience sur Anyama

- Manganèse : déficience sur Niéky et Anyama

## 4- Estimation de l'impact sur la productivité

### 4.1- Considérations théoriques

Les courbes du poids en fonction des teneurs foliaires en un élément nutritif sont de manière générale des courbes enveloppes où les points en limite supérieure représentent la position du maximum de productivité (éventuellement en présence de la carence) ; les points situés en dessous de la courbe correspondent aux cas (les plus fréquents) où se sur-imposent d'autres facteurs limitant (nutritionnels, parasitaires ou autres).

Ces courbes montrent l'enjeu des améliorations des plans de fumures dans le cas où les autres facteurs influant sur le rendement sont correctement maîtrisés : dans le cas de la Côte d'Ivoire, on trouve des différentiels de productivité au maximum de 8 à 9 Kg par régime (cas du Calcium et du Magnésium).

Ces chiffres ne sont toutefois qu'une considération théorique, car ils ne concernent que peu de parcelles (les plus carencées en l'élément pour lesquelles cet élément est le seul facteur limitant original).

Pour obtenir une image plus réaliste de l'impact des facteurs nutritionnels sur la productivité on propose de réaliser des segmentations. Celles-ci permettent de séparer des groupes de parcelles en choisissant à chaque pas le facteur nutritionnel le plus discriminant pour la variable à expliquer (ici : le poids moyen des régimes). On obtient ainsi une hiérarchisation des facteurs limitant (en fonction de leur impact sur le rendement), et un calcul des productivités des groupes de parcelles et donc une estimation de l'impact des améliorations à réaliser sur la productivité tout itinéraire technique égal par ailleurs.

### 4.2- Remarque sur les interprétations

La hiérarchisation des facteurs limitant donne des indications sur les améliorations à apporter en priorité. Toutefois, il est important de remarquer que les effets attendus ne peuvent être obtenus que dans les cas où les apports réalisés ne dégradent pas d'autres aspects nutritionnels (ou autres!). Par exemple un rattrapage de l'alimentation en calcium par un chaulage massif est de nature à bloquer en partie l'alimentation oligo-minérale et donc éventuellement à avoir un effet sur le rendement inverse à celui attendu.

On propose d'utiliser les segmentations comme outil de quantification de l'impact de la nutrition sur le rendement mais il est important de noter que pour la construction des plans de fumure, les considérations pédologiques et physiologiques resteront les critères de décisions prioritaires.

### 4.3- Résultats des segmentations

#### 4.3.1- Remarques préliminaires

**- Opposition calcium/zinc**

Sur l'ensemble des données on observe une corrélation négative entre les teneurs en Calcium et en Zinc foliaire. Cela s'explique par la baisse de la disponibilité du Zinc du sol d'autant plus forte que les pH sont élevés donc que les teneurs en Calcium sont fortes.

Ainsi, de manière très générale une plante correctement alimentée en Calcium sera carencée en Zinc et l'inverse. D'après l'expérience acquise dans d'autres milieux on sait que le Calcium domine en matière d'impact sur le rendement ; toutefois son effet sera systématiquement minoré, et son importance relativisée dans les segmentations.

**- Nature des données disponibles**

Les données disponibles concernent des moyennes de poids de régimes sur l'année, alors que les analyses de sol sont ponctuelles ; de plus il ne s'agit pas comme en enquête diagnostic d'échantillonnages réalisés au pied des bananiers observés. L'ensemble de ces imprécisions conduit à un lissage des données et à une minoration des différences.

Le seul facteur du rendement disponible est le poids brut des régimes : on ne tient pas compte de la durée des cycles, ce qui est aussi un facteur de minoration des différences car il est toujours observé dans une plantation que plus les régimes sont gros, plus les parcelles ont un cycle court.

### 4.3.2- Analyse des résultats

Le logiciel utilisé (statitcf) ne permet pas de gérer toutes les variables simultanément, aussi a-t-on réalisé plusieurs segmentations successivement. Seuls les résultats de deux d'entre elles sont présentés en annexe.

Comme attendu, la première segmentation est toujours réalisée sur le potassium ou sur l'équilibre cationique du potassium (qui a été calculé en méq). L'alimentation potassique est généralement trop forte, ce qui se traduit par des différentiels de poids de régimes en moyenne de 2,3 kg (cette perte ou ce gain escompté ! concerne environ 60% des parcelles).

Les facteurs les plus importants sont les équilibres cationiques (y compris parfois Ca/Mg), et les alimentations oligo-minérales en manganèse et en fer, puis en bore et en cuivre dans une moindre mesure. Comme attendu, le zinc malgré son importance supposée n'apparaît pas dans les segmentations.

Un calcul rapide montre que l'amélioration des équilibres cationiques et un travail sur les oligo-éléments les plus importants permettrait une augmentation du rendement globale de l'ordre de 10%.

## 5- Stratégies générales en fonction des plantations

Nous ne disposons pas dans les données disponibles des références des différents types de sol qui auraient permis d'augmenter la précision de cette étude (éventuellement par rassemblement de parcelles de zones différentes, ou au contraire par séparations des sites en plusieurs unités de comportement vis à vis de la nutrition) aussi il a été décidé de proposer une stratégie par site (on favorise le critère analyse foliaire par rapport au critère analyse de sol).

Les grands axes proposés ici ne tiennent compte comme point de départ que des fertilisations réalisées à l'époque des ces analyses. Les améliorations allant dans le bon sens devront être conservées, et leurs performances seront estimées lors de la prochaine campagne d'analyses.

### 5.1- Objectifs pour le Niéky

- Rattrapage de l'équilibre du potassium par rapport aux autres cations par une baisse significative de la nutrition potassique.
- Renforcement de la nutrition en azote et en phosphore
- Rattrapage de l'équilibre Calcium/Magnésium si possible par apport supplémentaire de Calcium (en dose ou en fréquence)
- Apport de Zinc et de Manganèse
- Essai sur l'effet d'un apport de Fe et de Bore
- Surveillance de la nutrition en soufre

### 5.2- Objectif pour Tiassalé

- Ne pas toucher aux équilibres cationiques (tout renforcement des niveaux de fertilité devra passer par la majoration simultanée des trois éléments seulement possible sur les CEC non saturées).
- Renforcement de la nutrition en azote et en phosphore
- Apport de Zinc
- Essai d'estimation de l'effet d'un apport de Fer

### 5.3- Objectifs pour Banacomoé

- Rattrapage de l'équilibre du potassium par rapport aux autres cations par une baisse significative de la nutrition potassique, sur de certaines parcelles.
- Renforcement de la nutrition en azote et en phosphore
- Apports de Zinc
- Surveillance de la nutrition en soufre
- Surveillance des toxicités en chlore
- Essai d'estimation de l'effet d'un apport de Fer

### 5.4- Objectifs pour Anyama

- Rattrapage de l'équilibre du potassium par rapport aux autres cations par une baisse significative de la nutrition potassique et une augmentation des apports en Calcium
- Augmentation des apports en magnésium (si remontée du calcium)
- Apports de Zinc
- Apport de Manganèse, d'autant plus importants que depuis ces analyses on réalise des apports massifs de matière organique qui ont pour effet de bloquer le manganèse
- Apport de Cuivre (à réfléchir pour la forme)

Une stratégie lourde d'amélioration de l'état sanitaire de cette plantation (nématodes et charançon) permettrait très probablement d'améliorer nettement le volume de sol exploré et de diminuer l'impact des nutritions déficientes en phosphore et en oligo-éléments. Peut être y a-t-il aussi quelque chose à faire en matière de travail du sol.

## 6- Problème de la gestion des équilibres cationiques

### 6.1- Méthode utilisée

On travail sur une série de diagrammes binaires (facteurs sol en abscisses, facteurs plantes en ordonnées) sur lesquels on fait apparaître les parcelles les plus productives (le tiers des parcelles ayant les poids moyens de régimes les plus élevés). Les facteurs utilisés concernent les teneurs en cations et les équilibres cationiques en calculés en milli-équivalents)

### 6.2- Cas du Niéky

Dans le cas du Niéky on ne dispose d'aucune parcelle ayant les équilibres foliaires objectifs, ce qui pose des problèmes de réalisme des objectifs des plans de fumure (on ne peut pas être certain que les équilibres proposés vont permettre d'atteindre les objectifs -> on est par contre certain de s'en rapprocher).

On observe une bonne adéquation entre les équilibres cationiques du sol et ceux du limbe interne, mais aussi entre les équilibres du sol et les teneurs des limbes.

On peut en déduire facilement les équilibres cationiques objectifs pour le sol :

- Ca / (somme des cations) > 65%
- Mg / (somme des cations) >> 25%
- K / (somme des cations) << 10%

Les apports déjà réalisés en Calcium et Magnésium sont déjà relativement importants, il ne semble pas souhaitable de les augmenter encore ; l'objectif sera donc de diminuer la nutrition potassique

On observe que le potassium est très bien absorbé à des seuils très bas (dynamique de relargage par le sol extrêmement rapide), et comme il est en corrélation négative forte avec le calcium l'idéal serait de pouvoir maintenir son poids sur la somme des cations à un seuil de l'ordre de 5%.

Dans ces conditions on risque de se retrouver périodiquement (après des pluies, ou juste avant les passages d'engrais) avec des teneurs du sol susceptibles d'engendrer des carences (on diminue très fortement la réserve du sol et donc son effet tampon).

Les enjeux des rattrapages d'équilibres cationiques sont suffisamment forts (2,3 kg / régime et sans doute des effets forts sur la croissances des rejets (cf. Essai Martinique) et donc la durée des cycles) pour qu'on tente de gérer cette contrainte ; plusieurs voies sont envisageables :

- On peut maintenir les teneurs en potassium dans un intervalle faible de variations par une augmentation significative de la fréquence des apports (la quantité totale étant nettement diminuée). On devra alors maintenir les apports spécifiques avant floraison sur les premiers cycles.

- On peut envisager l'utilisation d'apports potassiques beaucoup plus difficiles à mobiliser par la plante (type feldspath potassique) associés ou non aux types d'apports habituels : dans ce cas des essais assez longs seraient à réaliser.

- On peut envisager d'utiliser les parches (riches en potasse) comme tampon/réserve. Les essais envisagés sur l'utilisation de la matière organique devraient nous permettre d'estimer la faisabilité de cette voie qui de toute façon obligera aussi à une fragmentation des apports.

Remarque : Les options qui consistent à laisser tels quels les équilibres cationiques du sol et à trouver des formes d'apports de cations bivalents plus faciles à absorber par la plante nous semblent peu prometteuses pour des raisons physiologiques.

### 6.2- Cas de Tiassalé

Sur cette plantation on ne dispose que de très peu d'analyses, il n'a donc pas été possible d'observer le comportement de la plante en fonction de la variabilité des équilibres du sol.

Toutefois cette plantation est globalement équilibrée au niveau cationique, les stratégies d'apports ne doivent donc pas être changées pour l'instant. Les teneurs et équilibres actuels peuvent être considérés comme objectifs pour l'instant.

### 6.3- Cas de Banacomoé et Anyama

Les relations entre les équilibres cationiques du sol et de la plante sont beaucoup moins nettes que dans le cas du Niéky ; aussi s'est-on plutôt basé sur l'analyse des courbes enveloppes des liens entre équilibres et sur la position des points correspondant au tiers des poids de régimes les plus élevés. On en déduit les intervalles suivants :

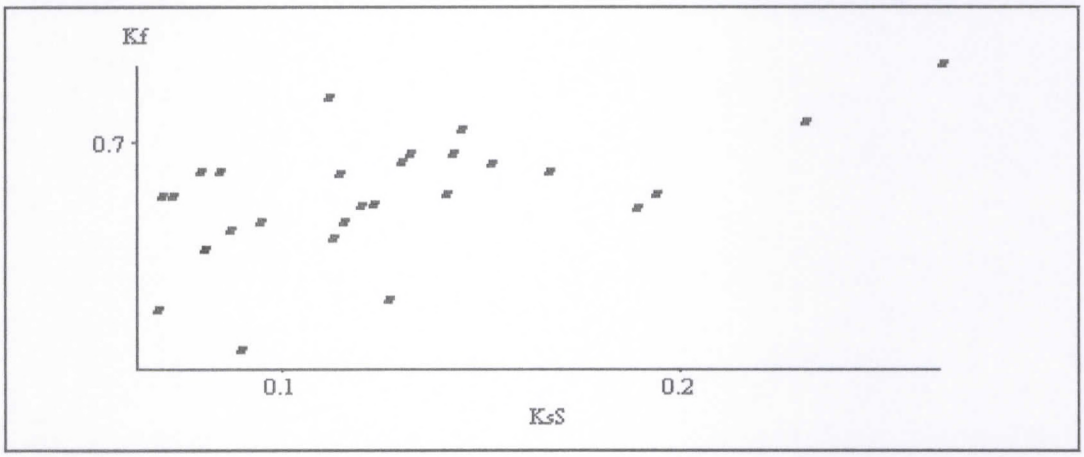
- Ca / (somme des cations) > 55%
- Mg / (somme des cations) > 25%
- K / (somme des cations) < 17%, idéalement < 10%

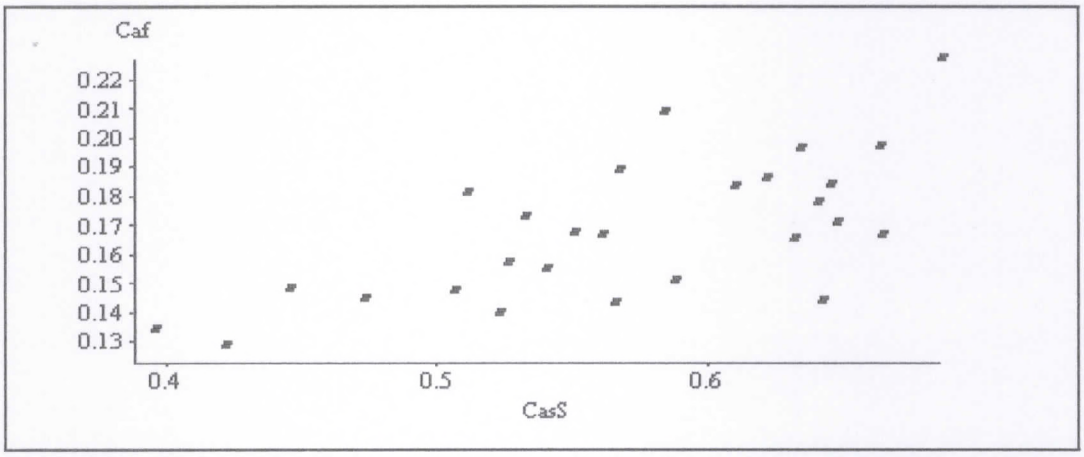
Dans le cas de Banacomoé il aurait vraisemblablement été préférable de séparer la plantation en (deux ?) zones correspondant à différents types de sol, ce que nous n'avons pas pu vérifier par manque de données et les types de sol n'étant pas référencés.

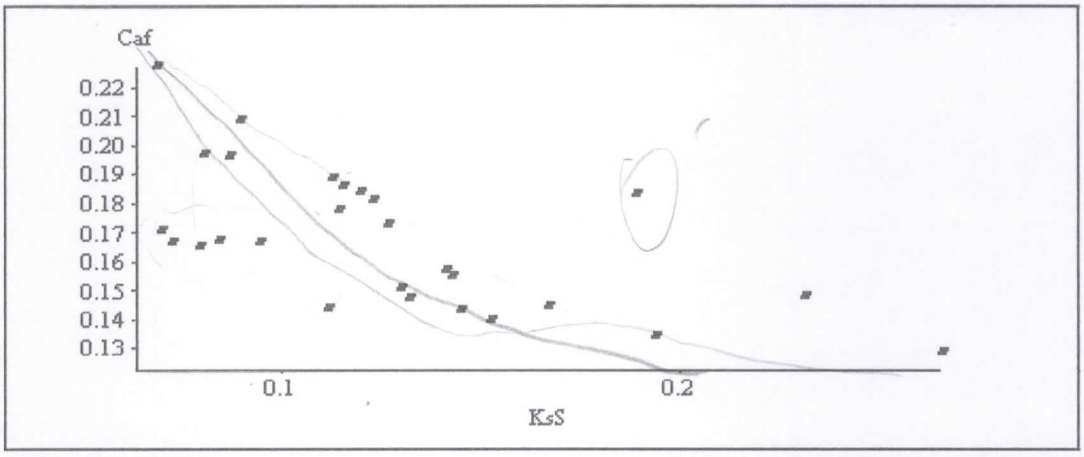
Sur ces plantations il aurait été vraisemblablement possible d'établir les normes d'interprétation des analyses de sol. Cela n'a pas été fait pour deux raisons essentielles :

- Le méthode de prélèvement des échantillons de sol utilise des portions de carottes (entre 10 et 20 cm), or si les équilibres cationiques changent peu avec la profondeur, les teneurs sont susceptibles de varier considérablement. Les teneurs servent à calculer les fumures de rattrapage et il est donc indispensable pour les calculs de disposer de carottes qui partent de la surface du sol : cet élément sera pris en compte lors de la prochaine campagne d'échantillonnage.

Relation entre les équilibres cationiques du sol et des feuilles sur anyama



- Un grand nombre d'incertitudes persistent sur la validité des données : confusions de noms de parcelles, nombre d'échantillons insuffisants (échantillons de sol et de feuilles non réalisés la même année, ou réalisés sur des parcelles différentes)...etc. Ces points devront aussi être traités avec le maximum de rigueur lors des prochaines campagnes d'échantillonnages.

### 6.4- Conséquences sur les plans de fumure

Ce travail de base pourra être utilisé pour la modification des équilibres cationiques après la prochaine campagne d'échantillonnages sol/plantes. Il permettra le calcul des plans de redressement en Ca et Mg.

Concernant le potassium, le risque de la diminution de la nutrition potassique est de descendre (périodiquement ou en permanence) en dessous du seuil limite de nutrition correcte. Cette voie devra donc être suivie de manière modérée et avec des procédures de surveillance. Ce risque est le plus important dans le cas du Niéky.

Les travaux réalisés avec J. Marchal sur l'analyse de la plante entière sont de nature à permettre un calcul précis des besoins au cours des cycles, et donc de permettre de contrôler ces risques. Ces données brutes nécessitent toutefois un gros travail d'interprétation et de contrôle de cohérence, et devraient nous être communiquées au plus vite.

## 7- Nutrition azotée

L'analyse de ces résultats montre que la nutrition azotée est bien souvent un peu limite. Toutefois l'orientation récente vers des itinéraires comportant périodiquement des apports massifs de matière organique remet complètement en cause les conclusions qui pourraient être déduites de ces analyses.

Ce point sera donc davantage abordé lors de la prochaine campagne d'analyses au cours de laquelle il sera important de préciser les natures, quantités et dates des apports effectués sur chacune des parcelles.

## 8- Nutrition phosphatée

Les données disponibles ne permettent de proposer un seuil en teneur du sol que dans le cas de la plantation Anyama (200ppm ). A partir des prochaines analyses on pourra donc directement calculer les besoins en fumure de rattrapage, après avoir apporté des corrections nécessaires dues au mode d'échantillonnage.

Pour les autres plantations il n'a pas été possible de définir de seuil au niveau du sol. L'intégration des données de la prochaine campagne d'échantillonnage est susceptible de le permettre. Dans le cas contraire, le calcul des apports à réaliser sera fait à partir des données concernant les analyses de plante entière et de l'expérience d'Anyama.

### 9- Nutrition oligo-minérale

Des dispositions doivent être prises concernant l'alimentation en Zinc (cas le plus urgent) et en manganèse.

L'amélioration des équilibres cationiques et de l'alimentation azotée est de nature à régler les problèmes d'alimentation en Bore (sans qu'il soit nécessaire de réaliser d'apport, ce qui devra être suivi). Dans le cas du Cuivre, des essais seront à réaliser (sur des parcelles où les autres problèmes auront été réglés).

Pour les oligo-éléments, comme pour le phosphore on doit considérer les améliorations de volume de sol exploré par les racines comme un progrès très efficace en matière de nutrition.

## D- Procédures de prélèvements de sols et feuilles pour le contrôle agronomique de nutrition sur les plantations

### 1- Procédure de choix des parcelles à diagnostiquer

Les procédures de choix des parcelles à diagnostiquer sont identiques pour toutes les plantations sauf celle de Banancomoé où on réalise un contrôle-diagnoqtic destiné à mettre en évidence le lien entre les facteurs nutritionnels et les difficultés de grossissement des fruits.

#### 1.1- Procédure générale

Les parcelles sont choisies de manière à être représentatives de la situation générale de la bananeraie, c'est à dire régulièrement réparties en fonction de l'espace dans les plantations (surfaces et ages des parcelles).

On s'arrangera pour que ces parcelles soient réparties en fonction des différents types de sol (cf. Carte des sols) de manière à ce que pour un sol à diagnostiquer, on dispose de 10 échantillons environ.

Les parcelles de référence des années précédentes pourront être conservées dans cette série de contrôle, mais cette procédure n'est pas prioritaire face aux contraintes précédentes.

#### 1.2- Procédure spécifique sur banacomoé

Sur cette plantation on réalise un contrôle diagnostic : pour chaque type de sol on dresse la liste des pourcentages moyens de soldes par parcelle. Ils sont ensuite segmentés en 4 classes (du cas le pire (%élevés) au cas me meilleur (% faibles)), et cela pour chaque date de plantation.

On choisit pour chaque type de sol et chaque age de plantation une série de 4 parcelle appartenant aux classes 1 à 4.

On note pour chaque série : le n° de la série (attribué à priori) , la classe de référence à laquelle la parcelle appartient, le pourcentage de solde correspondant.

Cette plantation ne diffère des autres que par le choix des parcelles à diagnostiquer, toutes les autres procédures sont rigoureusement identiques au cas des autres plantations.

Toutes les parcelles choisies doivent correspondre à des plantations en Grande Naine.

**2- Renseignements à apporter pour chaque prélèvement**

Tous les renseignements parcellaires seront présenté sous forme d'un fichier compatible avec les logiciels de traitement de données, tel que convenu avec B. Trabi.

Les renseignements à lister et/ou à observer par parcelle sont les suivants :

NO : Numéro de l'échantillon (établis selon l'ordre d'échantillonnage).
PLT : plantation concernée
CAR : carré ou bloc
AGE : date de planting
TS : type de sol (présenté sous forme de n° ou de code à 3 lettre, avec une légende séparée)
Lar : Largeur moyenne du limbe III
CIR : circonférence moyenne à 1 m
NBM: Nombre moyen de mains vraies avant ablations
POI : poids moyens bruts des régimes
NBF : nombre moyen de feuilles vivantes au moment du prélèvement
RAD : Nombre de Radopholus s. Par 100g de racines (prélèvement précédent le présent échantillonnage).
NEC : note de nécroses
DEC : Pourcentage de pieds infectés par le charançon à la campagne d'observations précédent le présent échantillonnage
COE : Coefficient d'infestation en charançons à la même date
NP: référence du plan de fumure utilisé (N,K ou N,P,K)
DNP : date du dernier épandage
NF : référence de la fumure de fond utilisée
DNF : date du dernier épandage

**3- Procédure de prélèvement de Feuilles**

Les bananiers sont choisis au stade 0 à 3 coussinets libres (présence de 0 à 3 mains mâles derrière la dernière fausse main). Ils doivent être moyens par rapport à l'ensemble de la parcelle.

La procédure de prélèvement des limbes internes correspond à la norme internationale d'échantillonnage décrite dans le rapport de J. Marchal : 'La fertilisation du bananier, méthode d'échantillonnage foliaire'.

La largeur de limbe doit être rigoureusement la même pour tous les bananiers (prendre 5 cm par exemple).

Les feuilles sont essuyées avec un papier absorbant humide pour enlever la poussière avant séchage. Toutes mesures doivent être prises pour éviter les contaminations des échantillons.

### 4- Procédures de prélèvement de sols

Les procédures de sondages sont modifiées : on choisira des prélèvements sous forme de carottes complètes de 0 à -25 cm. (Ce qui permettra par la suite de faire les calculs d'éléments à apporter). Des sondes dont le schéma a été transmis pourront être fabriquées pour faciliter ces prélèvements.

On réalise deux carottes pour chacun des 20 bananiers échantillonnés soit 40 carottes par parcelle. L'ensemble de ces prélèvements élémentaires est conditionné dans un même sac.

Les sols sont ensuite tamisés à 2 mm (à l'état frais). On pèse le poids du refus au tamis, et le poids de terre fine.

Après séchage à l'air on réalise un bon brassage manuel. On dispose ensuite l'échantillon en tas régulier sur une surface plane, l'aliquote est réalisée en séparant le tas en deux par le milieu (demi-camembert!). On recommence l'opération jusqu'à obtenir une aliquote d'un poids de 2 à 300 grammes.

### 5- Remarque générale

Les étiquetages doivent être réalisés en double ou en triple (par exemple une étiquette dans le sachet, une accrochée à l'extérieur (écrites au crayon à papier gras), un marquage au feutre indélébile sur le sac). Il est plus simple de ne noter que le numéro de l'échantillon (dans l'ordre des prélèvements), cette procédure permet par ailleurs d'éviter bon nombre d'erreurs d'identification.

## E- Interprétation de l'essai fertigation / doses

### 1- Descriptif sommaire de l'essai

Cet essai a été conduit sur la plantation Mathys. Il concernait une comparaison entre des témoins fertilisés manuellement à 230 g de complet par pied face à des doses croissantes distribuées en fertigation : équivalent 170, 200 et 230 g / pied.

Les résultats dont nous disposons sont :

- Une analyse foliaire pour 4 témoins et trois répétitions dans l'espace (parcelles différentes) de chaque traitement.

- Une série de mesures effectuées pendant 3 mois sur des lots de 10 à 25 bananier sur 2 répétitions (une répétition étant ici un couple temoin/parcelle fertiguée à une dose donnée)

**2- Résultats des analyses foliaires**

On constate que l'ensemble des parcelles concernées sont : - un peu faibles en P, - très fortement alimentées en K, - très carencées en Ca, carencées en Mg, en limite de toxicité en Cl, et faiblement carencées à carencées en Zn. Les autres éléments sont corrects.

Il n'y a aucune différence entre les différents traitements.

**3- Résultats des mesures effectuées**

On s'intéresse prioritairement à l'effet sur le rendement, le nombre de doigts est donc la donnée prioritairement exploitée. Face au très faible nombre de données acquises à chaque coupe , on a calculé le nombre de doigts moyen pour chaque traitement en Janvier, Février et mars 2000 qui correspondent respectivement à chacune des colonnes du tableau suivant.

| | | | |
|---|---|---|---|
| F170 | 156.85 | 144.95 | 164.45 |
| **Témoin** | **150.75** | **136.56** | **162.50** |
| F170 | 175.91 | 165.40 | 158.50 |
| **Témoin** | **158.58** | **146.50** | **152.00** |
| F200 | 152.63 | 146.96 | 162.60 |
| **Témoin** | **165.30** | **158.76** | **170.80** |
| F200 | 164.55 | 152.03 | 160.80 |
| **Témoin** | **167.00** | **149.53** | **149.21** |
| F230 | 159.57 | 161.81 | 166.60 |
| **Témoin** | **150.39** | **148.69** | **170.00** |
| F230 | 172.24 | 146.26 | 119.10 |
| **Témoin** | **175.11** | **156.26** | **136.70** |

Malgré cette agrégation des données on constate une variabilité importante des différents résultats avec dans le cas des traitements 200 et 230 g des résultats étant variablement en faveur du traitement ou du témoin. Il est impossible de corriger ces données en fonction de l'hétérogénéité de départ qui n'a pas été observée.

Dans le cas du traitement 170g on observe à chaque mesure un effet favorable du traitement par rapport au témoin. Toutefois à l'échelle de ces données il n'y a pas de cohérence dans les différences (accroissement ou diminution des différences dans le temps). On ne peut donc pas savoir si ces différences sont dues au traitement ou au hasard.

Toutefois, si l'on veut se convaincre de ces résultats on doit considérer corrélativement à ce qui a été dit précédemment qu'une diminution forte de la fertilisation induit un ré-équilibrage entre le potassium et le calcium ; ainsi on s'attend à une augmentation significative du rendement (en même temps qu'on réalise des économies significatives)et cela tant que le Phosphore et l'azote ne deviennent trop pas limitant.

Dans ce type d'essais, l'acquisition des autres données sert à démontrer que les résultats obtenus sur le facteur explicatif du rendement (elles lui sont corrélées) sont statistiquement significatives. Vu les incohérences relevées sur la données majeure, il est inutile de traiter les autres.

## F- Proposition de protocole expérimental pour l'essai fertigation Tiassalé

### 1- Objectifs

L'objectif de cet essai est de déterminer l'impact d'une fertilisation renforcée sur le potentiel de production de bananeraies à haut rendement (environ 70t/ha), et de contrôler parallèlement l'impact de ces apports supplémentaires sur l'environnement (analyse des effluents)

L'ensemble des différents types de traitements ainsi que la parcelle et le dispositif ont été proposés par A. François.

### 2- Traitements envisagés

On dispose d'une parcelle (bloc 10) séparée en 4 vannes d'irrigation (tous les bananiers ont été plantés à la même date), cette parcelle semble homogène. Chaque vanne correspond à environ 1000 bananiers.

Les 4 traitements envisagés sont les suivants :

T1 : Traitement témoin fertilisation actuelle (sans modification)

T2 : Fertilisation T1 + 50 g KNO3 par bananier et par mois

T3 : Fertiliastion T1 + 50 g MAP par bananier et par mois

T4 : Fertilisation équivalente à T1 mais potassium apporté sous forme sulfate

### 3- Contrôle d'homogénéité au départ de l'essai

On réalise les observations suivantes :

#### 3.1- Homogénéité des sols et de la nutrition

Analyse de sol et de feuilles dans chaque parcelle (une parcelle = un traitement) selon les procédures décrites pour le contrôle agronomique de nutrition.

On réalise les observations des effluents du système de drainage selon les procédures utilisée par B. Ouatara, sur une période de 1 mois avant mise en place des différentes fumures.

#### 3.2- Homogénéité des populations de bananiers

Observation de 50 bananiers minimum à floraison régulièrement répartis sur la surface de chaque parcelle : hauteur, circonférence à 1 m, hauteur du rejet, nombre de feuilles vivantes, nombre de mains, nombre de doigts par main (cette observation ne sera réalisée qu'une fois au départ de l'essai), poids des régimes (on les marque pour récupérer les poids au moment de la récolte).

### 4- Procédure de suivi de l'essai

Sur ce type de dispositif, on ne peut utiliser de support statistique lourd (type analyse de variance), aussi l'étude sera conduite par analyse de l'évolution de la nutrition et des rendements des bananiers au cours du temps.

#### 4.1- Observations permanentes

Le suivi des effluents est réalisé en permanence, selon les dispositions du protocole suivi par B. Ouatara.

Dose d'irrigation (dates, quantités)

Doses d'engrais (dates, quantités)

#### 4.2- Observations mensuelles

Un prélèvement de sol est réalisé chaque mois sur 20 bananiers de stade moyen par rapport à la parcelle, une aliquote de 200 g est préparée et stockée (référence date et N° du traitement).

Pour chaque mois où au moins 20 bananiers par parcelle sont au stade floraison, on réalise simultanément un prélèvement de limbe interne selon les normes habituelles (à stocker au sec).

Les observations des bananiers sont réalisées mensuellement sur 50 bananiers marqués disposés dans une micro-parcelle au centre de chaque traitement.

Hauteur du pied futur porteur
Circonférence à 1 m
Date floraison
Date récolte
Nombre de mains avant ablation
Hauteur du rejet successeur...ect

### 4.3- Observations ponctuelles

Au moment des pics de récolte on choisit 20 régimes moyens par parcelle, sur lesquels on réalise un prélèvement destiné à la mesure de la DVV, et une mesure de courbure (indice de courbure observé à partir de la correspondance de la courbure interne d'un doigt externe central de la deuxième main avec des arcs de cercles de rayon croissant (la courbure étant la mesure du rayon du cercle).

Au cours de l'essai on réalisera au minimum 4 séries de mesures de ce type, situées au moins 6 mois après la mise en oeuvre des fertilisation différenciées.

Pour quantifier l'intérêt économique de l'essai il faut pouvoir disposer des évolutions de poids de régimes au cours des cycles. Pour chaque cycle il faudrait acquérir le poids de 100 régimes par traitement : par exemple en pesant 20 régimes par traitement chaque semaine pendant 5 semaines. Le repérage en champs des bananiers dont les régimes sont issus est inutile. L'idéal serait bien sur de pouvoir peser l'ensemble des régimes sortis de chaque parcelle.

## 5- Remarque importante

Suite à ce qui a été dit précédemment concernant les équilibres cationiques, il sera important en cours d'essai de se donner les moyens de les maintenir dans un intervalle favorable ; des mesures devront donc être prises dans ce sens suite à la réalisation des premiers échantillonnages.

## 6- Gestion des données

L'ensemble des données sera présenté sous forme d'un tableau présenté selon les normes habituelles et dans lequel n'apparaîtront que les moyennes par parcelles.

Les informations à la base des calculs des moyennes seront conservées sur des fichiers séparés comportant les n° identificateurs des bananiers observés.

Selon les résultats obtenus en matière de croissance des bananiers et de rendements, l'intérêt de l'essai sera estimé et les décisions du nombre de séquences d'échantillons à analyser seront prises.

Une attention particulière sera portée au contrôle du parasitisme tellurique lors des contrôles agronomiques (une observation à réaliser par parcelle à chaque fois).

### G- Problématique DVV

Les données disponibles concernent l'origine, la semaine de comptage, la date de récolte, la parcelle d'origine et la DVV obtenue pour environ 35 000 mains de bananes issues de 3 sites sur une période de trois ans.

Les données disponibles ne mentionnent pas la somme des températures à seuil 14°C correspondant à chacune de ces données. Toutefois cette donnée pouvant être retrouvée, il a été décider de compléter le fichier en vue de permettre une interprétation lors de la prochaine mission prévue pour juillet 2000.

### H- Commentaires sur la partie Ananas

#### 1- Rappel des problématiques et objectifs généraux

Conformément aux orientations prises lors de l'élaboration du programme de R&D, il a été décidé de tenter une refonte importante des itinéraires techniques de culture de l'ananas basée sur la séparation de la production de fruits et de rejets, sur la sélection massale et la qualité horticole du matériel végétal de plantation, ainsi que sur la réalisation de jachères vraies (c'est à dire de période de repos en l'absence de tout plant d'ananas résiduel).

#### 2- Vitroplants

Une visite des dispositifs de sevrage et de grossissement des vitroplants a permis de montrer que les problèmes de qualité horticole du matériel végétal de base sont aujourd'hui réglés sur l'ensemble de la chaîne : on dispose de vitroplants de qualité horticole luxueuse en sortie laboratoire ; par ailleurs les travaux réalisés en particulier en matière de fertilisation en pépinière permettent d'aboutir sans mortalité à des plants d'excellente qualité.

Le problème de la multiplication secondaire des plants pour l'obtention de matériel végétal de plantation n'a pas été abordé.

### 3- Problèmes liés à la mise en jachère

On ne dispose pas aujourd'hui de moyen de mise en jachère efficace, en particulier à cause du très fort taux de repousses résiduelles qu'on retrouve de nombreux mois après l'abandon de la culture.

Les discussions sur la mise en oeuvre d'un itinéraire technique permettant d'atteindre cet objectif ont concerné les points suivants :

* Recherche d'un herbicide si possible systémique efficace sur ananas.

* Destruction mécanique par retour aux broyeurs à couteaux à axes horizontaux.

* Etouffement des repousses résiduelles par implantation d'une plante de couverture ayant des caractéristiques spécifiques :

- Facile à implanter et à multiplier
- Suffisamment envahissante pour permettre une couverture complète des parcelles créant un couvert végétal de nature à éliminer les repousses d'ananas
- Suffisamment fragile pour que ses propres repousses ou graines ne compromettent pas le cycle suivant
- Non hôte des principaux parasites inféodés à l'ananas
- Améliorante en matière de structure du sol et par apport de matière organique

Un certain nombre de plantes candidate sont en parcelles de pré-multiplication à partir de lots de graines envoyés du Cameroun (lots issus des essais mise en jachère des bananeraies). Dans ce contexte les plants de Mucuna semblent assez prometteurs, sous réserve de résoudre les problèmes de multiplication par graines.

Une des priorités devrait être leur sreening en fonction de leurs qualités hôte/non hôte, multiplication/maintien/mortalité des nématodes et des symphiles.

Certaines de ces plantes, comme Arachis pintoï seront testées comme plantes de couverture sous ananas.

### 4- Travaux de sol

Les cahiers des charges qualitatifs en matière de travaux de sol restent à définir, ce qui ne représente qu'un travail de quelques jours, d'autant plus qu'il existe déjà des références sur le sujet.

La conception d'un travail en une seule étape comprenant le travail du sol, la réalisation des buttes et la pose des plastiques s'impose pour des raisons qualitatives et économiques. Les choix des machines pourront être faits avec l'appuis de S. Bertaux.

### 5- Nutrition

Les tournées en champs montrent qu'il n'y a pas de moyen efficace d'estimer visuellement l'impact des éventuelles carences ou déficiences sur le rendement des parcelles, on ne dispose donc pas de moyen de quantifier à priori l'impact de progrès éventuels concernant la nutrition.

Il a été proposé de réaliser un travail analogue à celui fait en bananeraie à partir de la création d'un fichiers regroupant les données d'archives concernant les analyses foliaires et les résultats agronomiques des différentes parcelles échantillonnées ces dernières années.

Concernant la nutrition des nouvelles variétés : African queen, RL41 et éventuellement à l'avenir des sélections massales, il a été décidé dans un premier temps de réaliser un bilan minéral complet sur 10 répétitions par variété (plantes entières au stade récolte). Un protocole sera proposé en collaboration avec A. Pinon pour mener à bien ces travaux.

### 6- Création d'une garantie qualitative

CFI souhaite mettre sur le marché des lots qui seraient garantis en matière de bricks et d'acidité, de stade de maturité et de taches noires. Une première étape du travail sera de proposer une garantie sur le Brix.

Pour permettre de connaître les quantités à échantillonner, une première étude a été réalisée par A. Pinon sur plusieurs lots : analyse du tiers inférieur et du fruit entier.

Les premières études d'échantillonnages réalisées à partir de ces résultats montrent qu'il existe une variabilité inter-lots assez importante. Par ailleurs, la proposition d'une estimation de la moyenne du brix du lot à 0,1 point près que nous avions imaginée nécessiterait dans tous les cas un échantillonnage supérieur à 300 fruits et n'est donc pas réaliste. Une garantie sur la moyenne à 0,5 points près ne poserait par contre aucun problème d'échantillonnage.

Cependant ce type de garantie sur les produits alimentaires fait l'objet d'une norme européenne assortie d'un certain nombre de procédures d'échantillonnages et de traitement des données. C. Dubois (service biométrie du Cirad-flhor) s'est proposée de décortiquer ces normes en vue d'une application à l'ananas.

En vue de permettre la réalisation de ce travail dans de bonnes conditions, il sera souhaitable de communiquer les résultats d'analyses de chaque lot, effectuées dans le cadre des essais préliminaires prévus à partir du mois de septembre.

# ANNEXES

Segmentation sur les teneurs en éléments majeurs et en oligo-éléments

Segmentation sur les équilibres cationiques et les oligo-éléments

***** SEGMENTATION *****
variable expliquée quantitative

CARACTERISTIQUES DU FICHIER : cifert3
TITRE : Fichier des poids et teneurs foliaires

NOMBRE D'OBSERVATIONS : 200 NOMBRE DE VARIABLES : 19

Nombre de variables explicatives retenues pour la segmentation : 11

Variable 1 Nc
Variable 2 Pc
Variable 3 Kc
Variable 4 Cac
Variable 5 Mgc
Variable 6 Znc
Variable 7 Clc
Variable 8 Bc
Variable 9 Fec
Variable10 Cuc
Variable11 Mnc

Variable 1: Nc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Nc de 2.35 à 2.595
Mod 2 Nc > 2.595
Mod 3 Nc > 2.685
Mod 4 Nc > 2.745
Mod 5 Nc > 2.825

Variable 2: Pc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Pc de 0.14 à 0.155
Mod 2 Pc > 0.155
Mod 3 Pc > 0.165
Mod 4 Pc > 0.175
Mod 5 Pc > 0.195

Variable 3: Kc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Kc de 3.18 à 3.835
Mod 2 Kc > 3.835
Mod 3 Kc > 4.005
Mod 4 Kc > 4.155
Mod 5 Kc > 4.295

Variable 4: Cac , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Cac de 0.24 à 0.385
Mod 2 Cac > 0.385
Mod 3 Cac > 0.445
Mod 4 Cac > 0.505
Mod 5 Cac > 0.565

Variable 5: Mgc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Mgc de 0.2 à 0.255
Mod 2 Mgc > 0.255
Mod 3 Mgc > 0.275
Mod 4 Mgc > 0.295
Mod 5 Mgc > 0.325

Variable 6: Znc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Znc de 12.6 à 16.25
Mod 2 Znc > 16.25
Mod 3 Znc > 17.65
Mod 4 Znc > 18.75
Mod 5 Znc > 19.85

Variable 7: Clc , 5 modalités ordonnées

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mod 1 | Clc | de | 1.03 à 1.375 |
| Mod 2 | Clc | > | 1.375 |
| Mod 3 | Clc | > | 1.485 |
| Mod 4 | Clc | > | 1.585 |
| Mod 5 | Clc | > | 1.695 |

Variable 8: Bc , 5 modalités ordonnées

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mod 1 | Bc | de | 7.3 à 8.75 |
| Mod 2 | Bc | > | 8.75 |
| Mod 3 | Bc | > | 9.15 |
| Mod 4 | Bc | > | 9.65 |
| Mod 5 | Bc | > | 10.35 |

Variable 9: Fec , 5 modalités ordonnées

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mod 1 | Fec | de | 67.1 à 89.3 |
| Mod 2 | Fec | > | 89.3 |
| Mod 3 | Fec | > | 105.65 |
| Mod 4 | Fec | > | 115.85 |
| Mod 5 | Fec | > | 136.75 |

Variable 10: Cuc , 5 modalités ordonnées

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mod 1 | Cuc | de | 2.7 à 6.65 |
| Mod 2 | Cuc | > | 6.65 |
| Mod 3 | Cuc | > | 7.95 |
| Mod 4 | Cuc | > | 8.95 |
| Mod 5 | Cuc | > | 9.75 |

Variable 11: Mnc , 5 modalités ordonnées

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mod 1 | Mnc | de | 33.5 à 93.35 |
| Mod 2 | Mnc | > | 93.35 |
| Mod 3 | Mnc | > | 147.95 |
| Mod 4 | Mnc | > | 222.45 |
| Mod 5 | Mnc | > | 418.85 |

La variable QUANTITATIVE … expliquer est :POIDS

Effectif minimum d'un groupe : 20

Seuil de probabilit, : 5.0%

```
********************
* Groupe No  7     *
* Effectif : 39    *
* Moy.: 22.85359   *******
********************     *
                         *
               ********************
               * Groupe No  3     *
               * Effectif : 60    *
               * Moy.: 23.21466   *
               * Dicho sur :  Clc *
               * I =  14.5222     *
               * Modalit,s basses *
               * 3  4  5          *******
               * Modalit,s hautes *     *
               * 1  2             *     *
               ********************     *
                         *              *
********************     *              *
* Groupe No  8     *     *              *
* Effectif : 21    *     *              *
* Moy.: 23.88524   *******              *
********************                   *
                                        *
                             ********************
                             * Groupe No  1     *
                             * Effectif : 119   *
                             * Moy.: 24.04529   *
                             * Dicho sur :  Cac *
                             * I =  83.49524    *
                             * Modalit,s basses *
                             * 1  2             *******
                             * Modalit,s hautes *     *
                             * 3  4  5         *     *
                             ********************     *
                                        *             *
********************                   *             *
* Groupe No  9     *                   *             *
* Effectif : 36    *                   *             *
* Moy.: 24.16722   *******              *             *
********************     *             *             *
                         *             *             *
               ********************    *             *
               * Groupe No  4     *    *             *
               * Effectif : 59    *    *             *
               * Moy.: 24.89      *    *             *
               * Dicho sur :   Kc *    *             *
               * I =  48.25456    *    *             *
               * Modalit,s basses *    *             *
               * 4  5             *******             *
               * Modalit,s hautes *                  *
               * 1  2  3          *                  *
               ********************                  *
                         *                           *
********************     *                           *
* Groupe No  10    *     *                           *
* Effectif : 23    *     *                           *
* Moy.: 26.0213    *******                           *
********************                                *
                                             ********************
                                             * Groupe No  0     *
                                             * Effectif : 200   *
                                             * Moy.: 25.03935   *
                                             * Dicho sur :   Kc *
                                             * I =  290.3385    *
                                             * Modalit,s basses *
                                             * 3  4  5          *
                                             * Modalit,s hautes *
                                             * 1  2             *
                                             ********************
                                                      *
                                                      *
                                                      *
                                                      *
```

```
                                        *

********************                    *
* Groupe No  5      *                   *
* Effectif : 46     *                   *
* Moy.: 25.50174    *******             *
********************      *             *
                          *             *
                          *             *
                 ********************   *
                 * Groupe No  2     *   *
                 * Effectif : 81    *   *
                 * Moy.: 26.49975   *   *
                 * Dicho sur :  Mnc *   *
                 * I =  106.026     *   *
                 * Modalit,s basses *   *
                 * 1  2  3          *******
                 * Modalit,s hautes *
                 * 4  5             *
                 ********************
                          *
********************      *
* Groupe No  6      *     *
* Effectif : 35     *     *
* Moy.: 27.81143    *******
*                   *
*                   *
********************
```

***** SEGMENTATION *****

variable expliquée quantitative

CARACTERISTIQUES DU FICHIER : cifert3
TITRE : Fichier des poids, équilibres et oligo-éléments foliaires

NOMBRE D'OBSERVATIONS : 200 NOMBRE DE VARIABLES : 19

Nombre de variables explicatives retenues pour la segmentation : 11

Variable 1 Cafc
Variable 2 Znc
Variable 3 Clc
Variable 4 Sc
Variable 5 Bc
Variable 6 Fec
Variable 7 Cuc
Variable 8 Mnc
Variable 9 Mgfc
Variable10 Kfc
Variable11 CMfc

Variable 1: Cafc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Cafc de 0.0827 à 0.130
Mod 2 Cafc > 0.130
Mod 3 Cafc > 0.147
Mod 4 Cafc > 0.165
Mod 5 Cafc > 0.184

Variable 2: Znc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Znc de 12.6 à 16.25
Mod 2 Znc > 16.25
Mod 3 Znc > 17.65
Mod 4 Znc > 18.75
Mod 5 Znc > 19.85

Variable 3: Clc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Clc de 1.03 à 1.375
Mod 2 Clc > 1.375
Mod 3 Clc > 1.485
Mod 4 Clc > 1.585
Mod 5 Clc > 1.695

Variable 4: Sc , 5 modalit,s ordonn,es

Mod 1 Sc de 0.14 à 0.165
Mod 2 Sc > 0.165
Mod 3 Sc > 0.175
Mod 4 Sc > 0.185
Mod 5 Sc > 0.215

Variable 5: Bc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Bc de 7.3 à 8.75
Mod 2 Bc > 8.75
Mod 3 Bc > 9.15
Mod 4 Bc > 9.65
Mod 5 Bc > 10.35

Variable 6: Fec , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Fec de 67.1 à 89.3
Mod 2 Fec > 89.3
Mod 3 Fec > 105.65
Mod 4 Fec > 115.85
Mod 5 Fec > 136.75

Variable 7: Cuc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Cuc de 2.7 à 6.65
Mod 2 Cuc > 6.65
Mod 3 Cuc > 7.95
Mod 4 Cuc > 8.95
Mod 5 Cuc > 9.75

Variable 8: Mnc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Mnc de 33.5 à 93.35
Mod 2 Mnc > 93.35
Mod 3 Mnc > 147.95
Mod 4 Mnc > 222.45
Mod 5 Mnc > 418.85

Variable 9: Mgfc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Mgfc de 0.113 à 0.140
Mod 2 Mgfc > 0.140
Mod 3 Mgfc > 0.148
Mod 4 Mgfc > 0.157
Mod 5 Mgfc > 0.164

Variable 10: Kfc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 Kfc de 0.551 à 0.658
Mod 2 Kfc > 0.658
Mod 3 Kfc > 0.687
Mod 4 Kfc > 0.703
Mod 5 Kfc > 0.723

Variable 11: CMfc , 5 modalités ordonnées

Mod 1 CMfc de 1.592 à 2.347
Mod 2 CMfc > 2.347
Mod 3 CMfc > 2.638
Mod 4 CMfc > 2.919
Mod 5 CMfc > 3.240

La variable QUANTITATIVE … expliquer est :POIDS

Effectif minimum d'un groupe : 20

Seuil de probabilit, : 5.0%

```
                    ********************
                    * Groupe No  3     *
                    * Effectif : 38    *
                    * Moy.: 22.84105   *******
                    ********************     *
                                         *
                                 ********************
                                 * Groupe No  1     *
                                 * Effectif : 119   *
                                 * Moy.: 24.09185   *
                                 * Dicho sur :  Fec *
                                 * I =  87.3429     *
                                 * Modalités basses *
                                 * 1  2             *******
                                 * Modalités hautes *     *
                                 * 3  4  5          *     *
                                 ********************     *
********************                     *             *
* Groupe No  9     *                     *             *
* Effectif : 58    *                     *             *
* Moy.: 24.26931   *******                *             *
********************     *              *             *
                         *              *             *
                    ********************  *             *
                    * Groupe No  4     *  *             *
                    * Effectif : 81    *  *             *
                    * Moy.: 24.67864   *  *             *
                    * Dicho sur : Cafc *  *             *
                    * I =  34.24131    *  *             *
                    * Modalités basses *  *             *
                    * 1  2             *******           *
                    * Modalités hautes *                 *
                    * 3  4  5          *                 *
                    ********************                 *
                         *                               *
********************     *                               *
* Groupe No  10    *     *                               *
* Effectif : 23    *     *                               *
* Moy.: 25.71087   *******                               *
********************                                    *
                                                        *
                                                 ********************
                                                 * Groupe No  0     *
                                                 * Effectif : 200   *
                                                 * Moy.: 25.03935   *
                                                 * Dicho sur :  Kfc *
                                                 * I =  263.8099    *
                                                 * Modalités basses *
                                                 * 3  4  5          *
                                                 * Modalités hautes *
                                                 * 1  2             *
                                                 ********************
                                                           *
                                                           *
                                                           *
                                                           *
********************                                       *
* Groupe No  11    *                                       *
* Effectif : 26    *                                       *
* Moy.: 24.62615   *******                                 *
********************     *                                 *
                         *                                 *
                    ********************                   *
                    * Groupe No  5     *                   *
                    * Effectif : 54    *                   *
                    * Moy.: 25.38055   *                   *
                    * Dicho sur : Cafc *                   *
                    * I =  28.53693    *                   *
                    * Modalités basses *                   *
                    * 1  2  3  4       *******             *
                    * Modalités hautes *     *             *
                    * 5                *     *             *
                    ********************     *             *
                         *                   *             *
```

```
                          *              *              *
                          *              *              *
                          *              *              *
                          *              *              *
                          *              *              *
                          *              *              *
********************      *              *              *
* Groupe No  12     *     *              *              *
* Effectif : 28     *     *              *              *
* Moy.: 26.08107    *******              *              *
********************                     *              *
                                         *              *
                                         *              *
                                 ********************   *
                                 * Groupe No  2     *   *
                                 * Effectif : 81    *   *
                                 * Moy.: 26.43136   *   *
                                 * Dicho sur :  Mnc *   *
                                 * I =  178.8877    *   *
                                 * Modalités basses *   *
                                 * 1  2  3  4       *******
                                 * Modalités hautes *
                                 * 5                 *
                                 ********************
                                          *
                                          *
                                          *
********************                     *
* Groupe No  6      *     *              *
* Effectif : 27     *     *              *
* Moy.: 28.53296    *******              *
*                   *
*                   *
********************
```