

CN880047

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL



INSTITUT SENEGALAIS
DE
RECHERCHES AGRICOLES

PROGRAMME D'AGROPHYSIOLOGIE

DU RIZ

par THEAKA DIOUF

Sommaire

	<u>Pages</u>
1. <u>INTRODUCTION</u>	1
- Objectif.....	1
2. <u>JUSTIFICATIONS DES PRIORITES DE RECHERCHES : LE MILIEU ECOLOGIQUE REGIONAL</u>	1
2.1. <u>Le climat</u>	1
2.2. <u>Le milieu édaphique</u>	2
3. <u>ETUDE DE LA TOLERANCE A LA SECHERESSE</u>».....	3
3.1. <u>Influence de la sécheresse sur la croissance et le métabolisme de la plante</u>	3
3.2. <u>Acquis</u>	4
3.3. <u>Propositions d'actions de recherche</u>	5
4. <u>ETUDE DE LA TOLERANCE A LA SALINITE</u>	8
4.1. <u>Influence de la salinité sur le métabolisme de la plante</u>	8
4.2. <u>Acquis</u>	9
4.3. <u>Propositions d'actions de recherches</u>	10
5. <u>ETUDE DE LA TOLERANCE A LA TOXICITE FERREUSE</u>	13
5.1 <u>Rôle physiologique du fer</u>	13
5.2, <u>Influence de l'excés de fer sur le métabolisme de la plante</u>	14
5.3. <u>Acquis</u>	15
5.4. <u>Propositions d'actions de recherche</u>	18
6. <u>ETUDE DE LA TOLERANCE AU FROID</u>	22
6.1. <u>Influence du froid sur le métabolisme de la plante</u>	22
6.2. <u>Acquis</u>	22
6.3. <u>Propositions d'actions de recherche</u>	23
7. <u>ETUDE DE LA NUTRITION MINERALE DU RIZ</u>	25
7.1. <u>Rôle physiologique des différents éléments minéraux</u>	25
7.2. <u>Acquis</u>	29
7.3. <u>Propositions d'actions de recherche</u>	30
8. <u>PERSONNEL</u>	32
9. <u>EQUIPEMENT ET APPAREILLAGE</u>	32
10. <u>PRODUITS CHIMIQUES</u>	32

1. INTRODUCTION

Le riz est une céréale dont les caractéristiques physiologiques générales sont encore mal connues alors que l'extension de cette culture dans le monde est importante. L'amélioration de cette plante nécessite une bonne connaissance de l'ensemble des facteurs de l'environnement notamment l'air, la lumière, l'énergie solaire, l'eau et les sels minéraux. Ces différents facteurs sont étroitement liés entre eux et ont une incidence considérable sur les rendements. L'interdépendance de ces facteurs de nature souvent biologique et difficilement contrôlable en milieu naturel, confère aux recherches dans ce domaine une complexité particulière. L'objectif de recherche visé est de trouver des plantes possédant les caractéristiques morphophysiologiques et biochimiques suivantes :

- tolérance à la sécheresse
- tolérance à la toxicité du fer
- tolérance à la salinité
- tolérance au froid
- une forte capacité d'absorption des substances minérales du sol
- une haute productivité de la photosynthèse
- une capacité accrue de transfert des produits de la photosynthèse des feuilles aux grains.

2. JUSTIFICATION DES PRIORITES DE RECHERCHE - LE MILIEU ECOLOGIQUE REGIONAL

Le milieu peut être caractérisé par trois principaux facteurs limitants :

- 1°) Les contraintes climatiques liées à la sécheresse
- 2°) Les contraintes édaphiques liées à la salinité, à l'acidité, aux carences d'éléments nutritifs assimilables par les plantes et de toxicité d'éléments en excès
- 3°) Les contraintes biotiques liées aux parasites, maladies, adventices.

2.1. Le climat :

Il est de type **tropical** chaud et sec (Soudano-guinéen en Haute Casamance, Guinéen en Basse Casamance).

Les principales caractéristiques météorologiques de la région sont :

- Une saison des pluies de **4 mois** en moyenne avec déplacement de Juillet à Novembre depuis ces dernières années. Déplacement du mois modal . Le mois de septembre devient plus pluvieux que le mois d'**Août**. Les précipitations sont irrégulières et mal réparties.

Un régime de température caractérisé par des maxima en Mai-Juin (35°C) et des minima en Décembre-Janvier (15°C) soit une moyenne **thermique de 26.7°C**.

Dans les 15 dernières années, les précipitations ont été d'une manière continue inférieure aux moyennes. La pluviométrie totale est réduite, et de plus longues périodes de sécheresse se produisent plus fréquemment.

La production du riz est fortement affectée par la sécheresse.

2.2. Le milieu édaphique :

Si les sols sont issus de la même roche-mère, leurs conditions d'altération ont beaucoup joué sur leur évolution. En effet, les sols de Casamance pour une même zone présentent une grande hétérogénéité.

Du point de vue contraintes, on peut les classer en deux groupes.

1. Les zones dépressionnaires qui comprennent :

- les vallées intérieures du plateau du continental occupant les surfaces les plus importantes
- la ceinture des terrasses moyennes sous palmier à huile
- les zones d'affaissement situées sur le plateau.

En raison de leur liaison avec le bras de mer, les sols de la partie avale présentent le même caractère de filiation avec les sols d'origine fluviomarine au niveau de l'acidification et l'état d'oxydo-réduction ; Ils se comportent comme des sols de tannes (Pli inférieur à 5 ; Eh supérieur à 400 mv ; salinité de 0,7 à 40 g/l de sels. Ils sont très pauvres en éléments nutritifs majeurs.

Dans la partie amont, ces sols présentent un bas potentiel rédox qui cause la libération en excès de fer soluble, d'acides organiques et de matières oxydables, affectant ainsi le rendement du riz.

2. Les zones de plaines fluviomarines :

Ces zones sont dominées par les sols de mangrove, le complexe de tannes et les sols de bordure de plateau.

Ces sols sulfatés acides, sont caractérisés par une forte salinité (C.E \geq 15 mmhos).

- un bas PH et un Eh compris entre 400 et 500 mv.

Ils sont très pauvres en éléments nutritifs majeures.

La mise en valeur de ces sols nécessite :

L'application d'amendements raisonnée partout où les teneurs en fer et en aluminium dépassent respectivement 70 ppm et 300 ppm.

Les aménagements hydroagricoles permettent l'évacuation des eaux de surface à PH trop bas et à très haute conductivité électrique.

3. ETUDE DE LA TOLERANCE A LA SECHERESSE

3.1. Influence de la sécheresse sur le métabolisme de la plante :

La sécheresse agit d'une façon complexe sur la plante, provoquant une blessure à cause de l'échauffement et de la deshydratation des tissus cellulaires. Pendant la sécheresse **atmosphérique**, la température augmente fortement et l'humidité relative de l'air diminue. La transpiration de la plante augmente tellement que le système **racinaire** ne parvient pas à puiser la quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement de la plante à cause de l'**évapotranspiration** de la feuille. L'échauffement provoque une blessure appelée pousse. La pousse en général s'observe quelques temps après sur la feuille sous forme de tâches colorées (jaunes, rouges, brunes, rouges-brunes). Sous l'influence de la **sécheresse atmosphérique**, il peut se passer une montée de la température jusqu'à 40°C et plus, ce qui provoque la dénaturation et la coagulation des **protéines** du cytoplasme. En ce moment là, le degré de dispersion des **colloïdes** change l'imperméabilité du cytoplasme et la capacité de rétention des composés absorbés augmenté. Il se produit ainsi une perturbation de l'organisation du cytoplasme affectant le **métabolisme** de la plante toute entière.

Selon Cissakian (1940), en cas de stress hydrique, les processus d'hydrolyse des protéines s'intensifient, ce qui provoque une décomposition du cytoplasme et la mort de la plante.

D'après Stocker (1947), la sécheresse diminue la viscosité du cytoplasme. Il a été mis en évidence par Satarova et Tvarus (1965, 1966, 1967) que la **deshydratation** et l'**échauffement** provoquent une chute de la teneur de l'acide ribonucléique de 10 à 15 % et une diminution de la synthèse protéique de 50 à 70 %. Il s'est avéré que la sécheresse entraîne une augmentation de l'activité de la **ribonucléase**, à la suite de cela, il se produit une dislocation des **polysomes** situés sur les filaments de l'ARN informatrice et sur d'autres ribosomes provoquant ainsi une diminution de la **synthèse** de la protéine.

La deshydratation des **plantes**, influe sur le système des pigments. Les plantes tolérantes à la **sécheresse** ont une liaison chlorophylle-protéine **plus** consistante que les moins tolérantes. Les substances protéiques du **strome** des **chloroplastes** conditionnent la **circulation** de l'eau et occasionnent le **déroulement** normal de la photosynthèse pendant la **deshydratation**.

La sécheresse a une action **nuisible** sur le transfert des produits d'assimilation des feuilles vers les **autres** organes (Wardlaw, 1968). L'accumulation de ces produits pourrait donc **réduire** l'assimilation du carbone.

L'**abscission** des feuilles comme résultat de l'action de la sécheresse a des **conséquences** immédiates sur la photosynthèse totale de la **plante**, et Ta

réduction de la surface foliaire due au ralentissement de la croissance diminue aussi les possibilités d'assimilation. D'après Saad (1954 a, b) la diminution de la photosynthèse est due à la diminution de l'hydratation de la feuille.

La sécheresse ralentit la croissance en hauteur et diminue le poids sec total de la plante ainsi que le nombre total de feuilles produites. Il faut noter que l'effet de la sécheresse dépend du stade de développement et de la durée de l'agression.

A la fin du 19^e siècle début 20^e siècle, Pullman (1922), puis Brownov (1912) ont mis en évidence une haute sensibilité des céréales à l'égard des stress hydriques pendant la période de formation des organes générateurs, c'est-à-dire à partir de la phase (montaison phénophase) jusqu'à la fin de la floraison ; cette période dans la vie de la plante fut appelée période critique. La sensibilité des plantes à cette période se traduit par une mauvaise formation des organes de reproduction. La diminution du rendement est due à l'attaque des organes floraux et la perturbation du processus sexuel ceci à cause de la stérilité et du non remplissage de l'épi.

Skaskine et Shepilena (1947), de même que Babluda (1948) notent que la diminution du rendement pendant la sécheresse notamment en période critique se produit à cause des dommages causés aux organes floraux et aux pollens. En 1915 Stébut trouve que dans les fleurs dénudées, on peut observer une anthère développée et un filament non développé de cette anthère. L'anthère même peut ne pas contenir de pollens. Il a été démontré que les céréales pendant un stress hydrique dans le sol au moment de la formation des pollens, des cellules mères des fleurs de la partie supérieure et inférieure de l'épi, les anthères sont courtes et leur pollen avorté. Le pollen dans les fleurs de la partie moyenne de l'épi est stérile sur 50-60 % des cas (Zavadskaïa 1959 b).

Pétrovskaïa (1956) ; Anukiév (1959) ; Uglov (1959) ont montré qu'en période de sécheresse à la fin de la floraison, les grains de pollen en développement se déforment. L'activité vitale des grains de pollen chute brusquement. Le pollen perd sa capacité de féconder les fleurs des plantes se trouvant même dans les conditions normales.

3.2. Acquis : Sur la base des résultats obtenus par différents chercheurs, il a été proposé une classification des formes de résistance à la sécheresse (Vieira da Silva, 1970).

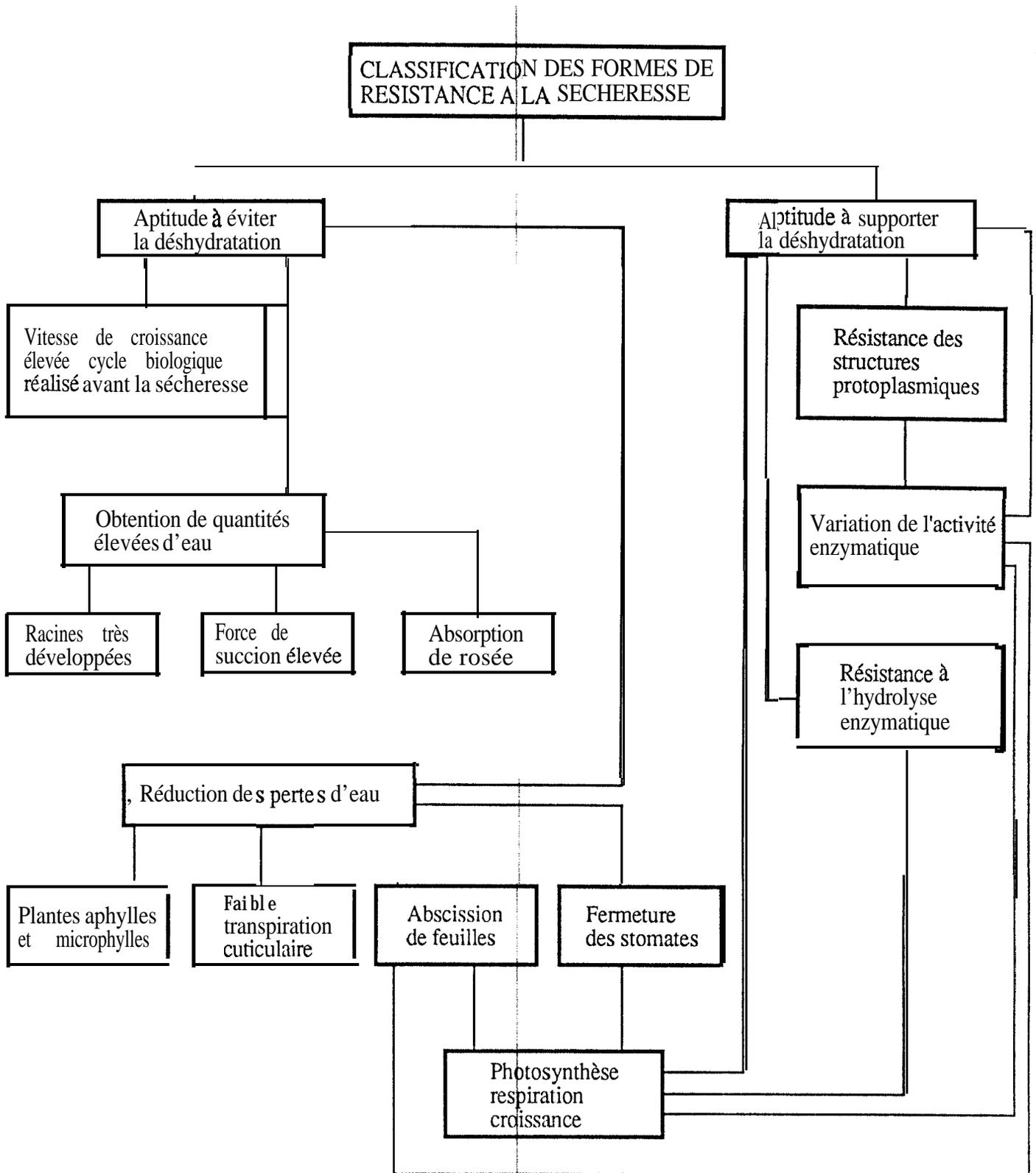


Figure : 1

Ici à Djibélor les études qui ont été menées, consistaient à faire un criblage variétal. Les résultats portent sur une année et leurs appréciations sont basées sur des caractères morphoagronomiques. Sur 15 variétés testées, le tri a permis de retenir 6 variétés considérées tolérantes à la sécheresse : IRAT112, Dj8.341, IRAT133, Dj11.509, IREM195, Barafita.

3.3. Propositions d'actions de recherche :

Action 1 : Evaluation et détermination du matériel végétal tolérant à la sécheresse (par un screening en collaboration avec le sélectionneur ; le phytopathologiste ; l'entomologiste).

Produits chimiques pour préparation de solutions nutritives

Kaolin, charbon, **saccharose**, mannitol etc...

Résultats attendus : obtention de **variétés** tolérantes à la sécheresse et à la chaleur.

Action 2 : Etude écologique de l'adaptabilité :

En collaboration avec la **sélection**, la phytopathologie et l'entomologie.

Il s'agira : de comparer **les** variétés tolérantes obtenues du criblage à des variétés locales de la zone où doit se conduire l'essai.

Il s'agira :

Pour le physiologiste de **faire** des notations phénologiques sur le comportement des variétés et le cycle **végétatif**.

Recueil de toutes les **données** du milieu d'expérimentation.

Evaluation des rendements.

Pour le sélectionneur, **observations** sur le comportement des variétés.

Pour le phytopathologiste : **suivre** les maladies.

Pour l'entomologiste : **suivre** les attaques d'insectes.

Méthodologie : Implantation de **l'essai** dans différentes zones à conditions pédoclimatiques différentes/

Appareillage : Pluviomètres dans **les** endroits où il n'y a pas de service de météorologie.

Résultats attendus : Définition de **critères** agronomiques d'adaptation permettant de faire une zonation.

Action 3 : Etude morphophysologique et biochimique des paramètres liés à la tolérance à la sécheresse :

Cette étude fait appel à la **détermination** des caractéristiques suivantes :

- 1) La vitesse et le mode d'enracinement des jeunes plantules
- 2) La capacité de reprise de la croissance après une période de sécheresse
- 3) Mesures de paramètres **physiologiques** de résistance à la sécheresse et à la chaleur -t(**température** foliaire, transpiration, conductance stomatique, **potentiel hydrique** des **feuilles**, potentiel osmotique).
- 4) **Teneur** en pigments et **détermination** de la liaison consistante chlorophylle-protéine.

- 5) Balance de l'eau - eau liée/eau libre. Déficit hydrique.
- 6) Capacité de migrations des substances nutritives des parties végétatives vers les grains par le rapport grain/paille.
- 7) Activité enzymatique (ATPase, Ribonuléase).

Méthodologie : En serre et en champ en conditions d'irrigation contrôlée avec deux variétés l'une tolérante, l'autre sensible.

Appareillage : Sonde à neutron, chambre à pression, poromètre, osmomètre, thermomètre infra rouspectrophotomètre Quantum/Photomètre/Radiornètre, Réfractomètre, Conductimètre, tubes à essais, Lyophilisateur, Réfrigérateur. Boîtes de pétri, verrerie.

Produits chimiques pour solutions nutritives et analyses

Résultats attendus : Obtention de données expliquant le mécanisme de la tolérance à la sécheresse.

4. ETUDE DE LA TOLERANCE A LA SALINITE

4.1. Influence de la salinité sur le métabolisme de la plante :

L'effet toxique de la salinité repose sur le fait que les sels absorbés s'unissent avec le protoplasme et diminuent sa perméabilité. - En plus dans le sol, Le potentiel osmotique qui est une composante du Ψ sol ($\Psi_{osm} + \Psi_w$) peut empêcher l'entrée d'eau. Cette imperméabilité du protoplasme, diminue l'absorption de l'oxygène et de l'eau. Il en résulte, un blocage de la respiration dans les mitochondries, organoïdes qui participent activement à l'assimilation de NH_4 , PO_4 , K. Il en découle que la salinité perturbe la nutrition minérale du riz à la suite du blocage de la synthèse des substances fournissant de l'énergie (ATP etc...). Cette insuffisance d'énergie bloque le tallage, un des principaux processus de croissance pendant cette période de végétation. La salinité affaiblit la phosphorylation, ce qui conduit en même temps au blocage de l'assimilation du phosphore et du potassium (Roubine, 1969). Les sels en fonction du type de sol perturbent l'entrée de l'eau dans la plante et dégradent les propriétés physiques et colloïdales de ce dernier. - Les sels de sodium sont généralement les plus "toxiques".

Par degré d'importance, la toxicité des anions décroît comme suit :
 $Cl^- > CO_3^{2-} > SO_4^{2-}$

4.2. Acquis :

Les études qui ont été menées à Djibélor (1967 - 1979) ont abouti aux résultats suivants :

Le dessalement est absolu pour tous les systèmes de drainage

A) drainage peu profond : humidité maintenue toute l'année

B) drainage peu profond asséché pendant la saison sèche

H) témoin endiguement circulaire

C) 5 sous casiers C-G avec pompage différent pour l'écartement et la profondeur des drains.

Le dessalement par pompage est le plus efficace. Le dessalement du système B s'avère également intéressant. La mise en valeur nécessite de grands aménagements de génie civil.

En ce qui concerne les différentes techniques culturales : le paillage, maintient le dessalement. Le mulch et le labour léger provoquent une accumulation de sels en saison sèche. La propriété du mulch est de conserver l'humidité du sol, si cette propriété est requise il ne peut pas y avoir de remontée de sels. L'acidité diminue dans l'ensemble, mais augmente en hivernage.

L'utilisation de chaux, gypse et phosphate de Taïba sur sols de tanne (Medina A, Djibélor P34) n'a aucun effet sur les rendements. On note une nette action de la chaux sur le PH. L'apport de chaux agricole - gypse sur sol sulfaté acide (Djibélor P18) a un effet dépressif sur les rendements.

D'une façon générale, la chaux en tant que telle n'est jamais dépressive et agit positivement sur les rendements en sols acides en élevant le PH. L'effet de la date d'apport est significatif (apport à 3 semaines avant repiquage).

Le gypse a un effet supérieur à celui de la chaux agricole sur les rendements.

Une étude de L. Mme DIANGAR et M. KHOUMA (1980) sur la résistance du riz à la salinité a permis de conclure que :

1) le degré de résistance du riz à la salinité est fonction des ions Na⁺ et Cl⁻ contenus dans les feuilles et les racines,

2) les variétés sensibles absorbent plus de sels dans leur organes que les variétés résistantes,

3) la méthode pour la détermination du degré de résistance à la salinité par la longueur des plantules n'est pas appropriée,

4) pour la détermination du degré de résistance à la salinité pour le riz, la méthode de germination dans la solution de NaCl à 2 % est convenable.

M. Guèye (1984) en criblant plusieurs variétés de riz, a combiné plusieurs techniques culturales : date de repiquage, âge du plant et travail du sol.

Les résultats de cette étude montrent que la valorisation des sols sulfatés acides nécessite un renforcement des aménagements par la pratique de techniques culturales adaptées à l'évolution des conditions climatiques actuelles.

Sur la base de beaucoup d'études (Grodzinsky, 1973) classe les formes de tolérance à la salinité comme suit :

1) Forte absorption de sels et création d'un haut potentiel osmotique dans les tissus et une force de succion permettant d'utiliser normalement l'eau de la solution,

2) Elevation d'un potentiel osmotique dans les tissus grâce à l'accumulation d'acides organiques et d'hydrates de carbone,

3) Les sels absorbés sont secrétés à la surface des feuilles pour être lessivés par le vent et les pluies:

4. 3. Propositions d'actions de recherche :

Action 1 : Evaluation et criblage du matériel végétal pour retenir les variétés les plus performantes en tenant compte de la précocité :

En collaboration avec l'équipe "Bolong", la sélection, la pathologie et l'entomologie.

Il s'agira :

Pour la physiologie : de suivre sur deux témoins, l'une tolérante et l'autre sensible, les variables suivantes : vigueur végétative, le Pli du suc cellulaire, la dynamique des éléments minéraux Na, Mg, Ca, K; Cl^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} dans les racines, dans les tiges et les feuilles aux stades : tallage, montaison, floraison, maturation.

Cycle végétatif, productivité du tallage, déficit hydrique, système racinaire. Le rendement et sa structure.

Pour la sélection : d'évaluer tout le matériel devant passer au criblage, de choisir au moment de la récolte les individus sains présentant une bonne exsertion paniculaire. Ces individus seront reconduits sur le même terrain, récolte après récolte afin d'obtenir à long terme des variétés tolérantes aux sels.

Pour l'équipe "Bolong" - les paramètres chimiques du sol a différentes profondeurs et de l'eau. La conductivité électrique. Le cumul mensuel des pluies.

Pour la phytopathologie - les maladies

Pour l'entomologie - les attaques d'insectes.

Méthodologie :

- 1) En champ sur des sols salins
- 2) En serre - en pots de végétation remplis de sols salins.
L'apport de gypse ou du phosphogypse sera fonction des types de sols.
- 3) En laboratoire avec des tests de germination dans des solutions de sels provoquant la toxicité.

Appareillage et équipement :

Serre, conductimètre, PH mètre, spectrophotomètre, réfrigérateur, pots de végétation, boîtes de pétri, boîtes à tare, pèles, sacherie, verrierie, osmomètre.

Produits chimiques : pour analyses et gypse.

Résultats attendus : Obtention de variétés tolérantes à la salinité.

Action 2 : Etude de l'adaptabilité du riz à la salinité :

En collaboration avec la sélection, l'équipe "Bolong", la phytopathologie et l'entomologie.

Il s'agira :

Pour la physiologie : de tester les variétés tolérantes obtenues des 3 criblages dans plusieurs localités où les sols salins existent, de suivre leur comportement, effectuer des prélèvements d'échantillons de plantes pour analyses minérales.

Evaluer le rendement et sa structure.

Pour la sélection - observations sur les caractères morphoagronomiques
Pour l'équipe "Bolong" - suivi de la pluviométrie, de la zone, paramètres chimiques du sol et de l'eau. Conductivité électrique.

Pour la pathologie - les maladies

Pour l'entomologie - les attaques d'insectes.

Méthodologie : Implantation de l'essai dans différents sites où existe la salinité.

Appareillage et équipement : Pluviomètres, PH mètre, spectrophotomètre, réfrigérateur, conductimètre, sacherie, boîtes à tare, boîtes de pétri, verrerie.

Produits chimiques : pour analyses [sols et plantes.

Résultats attendus - Obtention de variétés adaptées à des zones bien déterminées (zonation).

Action 3 : Etude des paramètres morphophysiologiques et biochimiques liés à la tolérance à la salinité :

En collaboration avec la pédologie

Il s'agira :

Pour la physiologie de suivre la dynamique de la croissance, la vigueur végétative, le déficit hydrique, la teneur en pigments, la balance de l'eau (eau liée, eau libre)

l'acidité du suc cellulaire { potentiel osmotique

La teneur en azote soluble et en azote protéique

La teneur en hydrates de carbone

L'activité enzymatique du sol et de la plante (catalase, peroxydase)

Teneur des différentes formes de phosphore.

ATPase, conductivité électrique, Système racinaire

Dynamique des éléments Na, K, Mg, Ca, NH_4 , P et des anions Cl^- , CO_3^{--} , SO_4 , dans les racines, les tiges et les feuilles aux stades : tallage, montaison, floraison, maturation.

Productivité du tallage ; Rendement et sa structure

Pour la pédologie : les paramètres chimiques et électrochimiques du sol.

Méthodologie : En serre - en pots de végétation remplis de sols salins, avec phosphogypse et sans phosphogypse (en fonction des types de sols).
Expérimentation sur deux variétés dont l'une tolérante et l'autre sensible à la salinité.

Appareillage et équipement : Serre, pots de végétation, PH mètre, osmomètre, conductimètre, réfractomètre, réfrigérateur, Centrifugeuse, étuve de séchage, chambre de pression, boîtes de pétri, boîtes à tare, verrerie, sacherie.

Produits chimiques - pour analyses.

Résultats attendus : Obtention de données expliquant le mécanisme de la tolérance à la salinité.

Action 4 : Amélioration de la tolérance à la salinité par un trempage des semences ou des plantules dans des solutions de sels de : CaCl_2 , NaCl , MgSO_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ etc...).. En collaboration avec la pédologie.

Il s'agira :

Pour la physiologie : de suivre la dynamique de la croissance

La vigueur végétative, Je déficit hydrique, Je potentiel osmotique

Le système racinaire

Conductivité électrique

La dynamique des cations (P, K, Ca, Mg, NH_4) et des anions (Cl^- , CO_3^{--} , SO_4^{--}) dans les racines, les tiges et les feuilles aux stades : tallage, montaison, floraison, maturation.

Productivité du tallage. Rendement et structure

Pour la pédologie : les paramètres chimiques et électrochimiques aux stades de développement prédits.

Méthodologie : En un premier temps l'essai sera conduit en serre en pots de végétation avec des sols salins.

S'il est concluant, il sera conduit en milieu réel.

Le matériel végétal comportera deux variétés ; l'une tolérante et l'autre sensible à la salinité.

Appareillage et équipement : Serre, pots de végétation, conductimètre, osmomètre, chambre de pression, spectrophotomètre, réfrigérateur, boîtes de pétri, boîtes à tare, verrerie, sacherie.

Produits chimiques : pour solutions nutritives et analyses.

Résultats attendus : meilleure tolérance du riz à la salinité.

5. ETUDE DE LA TOLERANCE A LA TOXICITE FERREUSE

5.1. Rôle physiologique du fer :

Le mécanisme de la participation du fer dans les processus oxydoréducteurs qui se passent dans les cellules des organismes vivants est basé sur sa possibilité de passer facilement de l'état divalent (Fe^{++}) à l'état trivalent (Fe^{+++}). Le fer entre dans la composition des porphyrines qui sont des métalloporphyrines (hémoglobine, cytochromes, cytochromes-oxydases, peroxydases, cata-

.../

lases) où il est substitué aux deux hydrogènes des noyaux et chélaté à l'intérieur de la molécule. Le fer active beaucoup de ferments et de processus enzymatiques : la respiration, les réactions oxydo-réductrices, les synthèses des hydrates de carbone, des acides gras, des nucléotides, des molécules protéiques, des acides nucléiques etc... La ferredoxine intervient dans la photosynthèse en transportant des électrons et dans la fixation de l'azote atmosphérique, dans la nitrite-réductase etc... Les cytochromes participant à la respiration sont des ferroprotéides. Ils se présentent sous la forme réductrice et oxydante en participant au transport d'électrons des pyridines nucléotides et des flavoprotéides à la cytochrome oxydase et ensuite à la molécule d'oxygène. Le transport des électrons est catalysé par la cytochrome oxydase. Le système de cytochrome des plantes fonctionne en étroite liaison avec le système du polyphénole oxydase.

5.2. Influence de l'excès de fer soluble (Fe^{++} sur le métabolisme de la plante :

Le fer est en excès et devient toxique quand sa teneur dans les feuilles atteint 300 ppm au stade ^{tallage} / (étude en conditions contrôlées) (Tanaka et Yoshida, 1979 ; Mikkelsen, 1970),

Mais, une teneur critique affecte la levée des graines de riz, bloque l'absorption par les plantes de riz, du potassium, du phosphore, de la silice et du manganèse à la suite de la perturbation de l'activité du système cytochromique dans les racines. Le rapport entre l'azote soluble et l'azote protéique augmente ; la teneur des hydrates de carbone et l'activité de la cytochrome oxydase diminuent ; La formation de la chlorophylle des feuilles de riz est bloquée. L'intensité de la respiration des plantes de riz s'accroît. Ainsi, à la suite de la perturbation du métabolisme, les plantes sont exposées aux maladies telles que la pyriculariose et l'helminthosporiose (V.N. Kyraév, 1966).

La cause principale de la baisse des rendements du riz en monoculture dans les conditions de submersion est l'appauvrissement du sol en oxygène.

L'oxygène indispensable pour le maintien du potentiel rédox à la partie active des racines entre à partir des organes aériens. Des études sur les changements biochimiques dans le cône de végétation de la tige de la plante de riz portant sur la dynamique de l'activité des enzymes : deshydrogénase, cytochrome oxydase et le potentiel rédox, ont montré que les propriétés du protoplasme et l'orientation des réactions qui s'y passent, dépendent de la présence et de la concentration des ions. Les mouvements de ces ions créent des phénomènes électriques. Dans différents points du protoplasme, les ions sont qualitativement différents et ont un niveau de potentiel différent, ce qui conduit à l'apparition

de forces électromotrices (Roubine, 1969). Les ions participent activement à la **création** et au maintien d'un milieu physico-chimique en l'**occurrence** le **déroulement** du processus de la **respiration**. Les ions sont attaqués par les acides organiques qui, en s'unissant avec les complexes de fer, créent un potentiel rédox (Eh) proche du potentiel **rédox** physiologique. De petites valeurs de Eh indiquent la **prédominance** des processus réducteurs à la suite de l'augmentation de la concentration en hydrogène dans la cellule.: en premier lieu l'hydrogène agit sur les protéines et leur **consistance** - les liaisons de valence. Si la pression partielle d'hydrogène n'est pas grande, les liaisons protéiques **s'affaiblissent**, mais, une pression **excessive** d'hydrogène détruit entièrement ces liaisons. Non seulement la structure **protoplasmique** est affectée, mais l'activité des enzymes d'oxydation est **diminuée**. Ainsi, le cytochrome en **présence** de l'**hydrogène** reste inactif. L'accumulation de l'hydrogène qui est appréciée par la mesure de Eh conduit à des changements **notables** dans les transformations des substances. Un suivi de la dynamique du **potentiel** rédox dans le **cône** de végétation (Roubine, 1969) a permis démontrer que Eh atteint la plus petite valeur au stade 5 feuilles avant la **différenciation** du cône. A cette période, les deshydrogénases atteignent la plus grande valeur de leur **activité**, à cause de la libération de l'hydrogène, déplaçant ainsi le potentiel rédox **Eh** du côté des valeurs négatives. Dans ces conditions, l'action de la cytochrome-oxydase s'arrête, moment favorable pour la **déamination** des acides **aminés** conduisant à la formation des acides organiques et de l'ammoniaque. Ainsi donc, les changements de Eh et PH caractérisant la situation physico-chimique dans les **cellules**, sont étroitement liés au remplacement du système cytochrome-oxydase par le système deshydrogénase.

5.3. Acquis :

Les investigations qui ont été entreprises au Centre de Recherches Agricoles de Djibélor par G. **Bèye (1967 à 1974)**, M. **Touré (1973-1983)**, pour améliorer les sols sulfatés **acides riches** en produits toxiques (sels, excès en fer soluble, acides organiques, **sulfures**, matières organiques oxydables) **résultant** d'une forte acidité et d'un **bas** potentiel rédox portaient sur :

Des amendements minéraux : (chaux agricole, coquillage broyé, cendre de bois, bioxyde de manganèse).

Des amendements organiques : (fumier, paille, compost, engrais vert...).

Les faits marquants des **résultats** obtenus sont les suivants :

• Effet **bénéfique** du lessivage **combiné** aux amendements pour l'**élimination** des produits toxiques et l'amélioration du PH.

• La chaux, le coquillage **broyé**, la cendre de bois et le bioxyde de manganèse ont tous **isolément** une action positive sur l'assainissement

du milieu et la productivité du riz, lorsque les conditions d'acidité initiales ($\text{PH} \leq 3,5$) ne sont pas excessives ($\text{PH} > 3,5$).

- Les matières organiques évoluées (fumier et compost à des doses de 5 à 10 t/ha en présence de fumure minérale ont un effet améliorant sur la fertilité du sol (N, P, K, Si) et sur la nutrition des plantes.

M. Guèye (1984), en étudiant l'effet de la date de repiquage sur la toxicité du fer, est arrivé à la conclusion que cette question mérite une étude approfondie sur le système racinaire, la cinétique d'absorption du fer par la plante et les sites d'accumulation préférentielle, les formes sous lesquelles le fer est accumulé, etc..., car les résultats obtenus basés sur des observations visuelles appellent à la prudence et ne peuvent pas être utilisés dans un schéma de sélection et de création variétale.

Les études de M. Sylla (1987) sur l'amélioration des rizières acides non salées provoquant la toxicité ferreuse étaient conduites à Djibélor et à Affignam. Ces études portaient sur :

- 1) L'influence du temps de submersion sur la toxicité du fer en rizières acides non salées.
- 2) l'influence du billonnage en présence ou en absence de chaux sur la toxicité du fer en sols acides.

Les faits saillants des résultats sont les suivants :

Djibélor : La pression du fer a été continue, due à un écoulement épidermique très chargé en Fe^{++} , bien que les PH soient remontés au voisinage de la neutralité, le "bronzing" a été néfaste.

Affignam : Le billonnage, le chaulage et la présubmersion ont un effet positif.

Les travaux de Klaus Prade (1982, 1983) à l'ORSTOM de Dakar et à Djibélor consistant à démontrer dans quelle mesure les déficiences nutritionnelles du riz peuvent expliquer l'intensité de la toxicité ferreuse vis-à-vis du riz inondé ont mis en évidence que :

Le PH, généralement bas, des sols sulfatés acides, ne constitue un facteur limitant à la survie et/ou la croissance du riz, car, après les apports d'eaux, ce PH in situ, se rétablit assez rapidement, à des valeurs comprises entre 5,5 et 7,0. Par contre, les concentrations en fer ferreuse, qui sont soupçonnées de contrôler l'intensité de la toxicité ferreuse, varient, dans de tels sols, de façon importante, tant entre sols voisins que pendant la période de culture. A partir d'analyses des sols et de la biomasse foliaire, il a été montré que, dans presque tous les cas, le riz concerne est déficient en P et/ou K

(sur certains sols également en Mg) et possède de teneurs élevées en fer (parfois aussi en Al).

Il n'existe aucune corrélation significative entre les concentrations en fer ferreux dans la solution du sol (ou les PH et les potentiels rédox mesurés in situ) et les teneurs en fer dans les feuilles. L'explication de cette absence de corrélation peut être donnée par une propriété autorégulatrice de la racine, qui posséderait le pouvoir, quand elle est saine, de limiter, à sa surface, les concentrations en fer assimilable et à l'inverse, perdrait cette possibilité quand elle est perturbée, ce qui, dans ce cas, augmente fortement l'assimilation du fer. Les concentrations en fer (⁺⁺) dans la solution du sol rhizosphérique sont, en général de façon nette, supérieure à celles de la solution du sol non rhizosphérique.

Pendant quelques phases végétatives précises, les teneurs en fer dans les feuilles des plantes carencées en P et K s'avèrent supérieures à celles des plantes non carencées : Ces stades coïncident, généralement avec ceux pendant lesquels s'intensifient les symptômes foliaires de la toxicité ferreuse visualisés sous les signes du "bronzing" dans les plantes. L'effet le plus significatif des traitements destinés à diminuer les teneurs en fer ferreux dans les feuilles est obtenu en améliorant la nutrition des plantes en potassium.

En conclusion l'auteur recommande les interventions suivantes :

- a) Avant le repiquage du riz, une préinondation d'une durée de 4 à 8 semaines (cette intervention demande une maîtrise de l'eau, car nos conditions climatiques aléatoires ne permettent pas d'attendre aussi longtemps).
- b) L'application, en début de cycle et aussi souvent que possible, d'engrais peu solubles, et de nature organique (compost, fumier, etc...). L'application surtout de compost après décomposition peut faire courir le risque de rabaisser le Eh sol à des valeurs tel qu'il y aura une production de mercaptan, de H₂S et d'acides organiques qui entravent la culture.
- c) La submersion des parcelles en permanence pendant toute la durée du cycle végétatif.
- d) Le choix de variétés de riz résistantes à la toxicité.

D'après Somers ; Shive et al. (1942), l'augmentation de la concentration en manganèse dans le milieu nutritif, dans certaines limites, active l'entrée du fer dans les plantes et augmente la teneur des formes solubles de ce dernier. Cependant, l'augmentation de la concentration en fer bloque l'entrée du

fer et provoque des symptômes de chlorose (Roubine et Tchervina, 1959). Le manganèse régularise les processus d'oxydation et de réduction du fer. Le rapport optimal entre le manganèse et le fer (Mn/Fe) est compris entre 1/2 - 1/3. Dans un milieu nutritif contenant du fer, l'apport de quantités croissantes de manganèse (Mn) augmente l'activité de tous les ferments : la teneur des chlorophylles et des pigments jaunes ainsi que l'activité photochimique de la chlorophylle, changent dans la même direction que les enzymes contenant du fer, exceptés les cytochromes oxydases (Roubine, Tchervina, 1959). Les métaux antagonistes concourent avec le fer à la formation de complexe avec le phosphore, empêchant ainsi la formation de phosphate de fer.

Brown, Holmes (1955) ont constaté qu'une forte teneur en phosphore dans le milieu nutritif entraîne une diminution de l'entrée du fer et une augmentation de la teneur en cuivre dans les tissus des plantes. D'après P.A. Vlassouk, l'apport de carbonate de calcium dans le milieu nutritif, arrête le transport du fer des racines vers les points de croissance, ce qui est lié à la perturbation des rapports entre le phosphore et le fer, le potassium et le calcium.

Des études menées au Nigéria (M. Yamouchi, 1986) ont montré que la toxicité ferreuse est due à une déficience en potassium et que l'apport de ce dernier diminue la concentration du fer et décroît sa toxicité.

Ottow et collaborateurs (1982, 1983) sur la base de l'analyse de plusieurs sols provoquant la toxicité ferreuse sont arrivés à la conclusion que la toxicité ferreuse n'est tout autre qu'un déséquilibre nutritionnel multiple du riz ayant pour cause majeure la déficience en P, K, Ca et Mg (éventuellement Zn) avec comme conséquences, d'une part, l'augmentation de l'exsudation racinaire organique et, en retour l'augmentation de la consommation d'oxygène et le renforcement des activités microbiennes réductrices de Fe^{+++} et, d'autre part, de permettre, au niveau racinaire, une assimilation accrue d'ions Fe^{++} .

Propositions d'actions de recherches avant action :

Action 1 : Evaluation et screening du matériel végétal tolérant à la toxicité du fer. En collaboration avec la sélection, la pédologie, la phytopathologie et l'entomologie. Il s'agira :

Pour le physiologiste : de suivre sur deux variétés témoins l'une tolérante Dj684 D et l'autre sensible IR26, les paramètres électrochimiques du suc cellulaire. La dynamique des éléments minéraux (Fe^{++} , Fe^{+++} , P, K, Ca, Mg, S, Zn, Al, Mn) dans les racines, dans les tiges, dans les feuilles aux stades : tallage, montaison, floraison; maturation, vigueur végétative, productivité du tallage, taux de viabilité, le rendement

et sa structure

Pour la sélection de suivre le cycle de l'épiaison, la maturation, l'exertion paniculaire, le choix pour chaque variété des pieds sains pour la reconduction

Pour la pédologie - les paramètres chimiques et électrochimique du sol en relation avec les stades : tallage, montaison, floraison, maturation

Pour la phytopathologie - les maladies

Pour l'entomologie - les attaques d'insectes.

Méthodologie : En champ sur des sols provoquant la toxicité ferreuse. En serre avec des pots de végétation remplis de ces sols toxiques. Avec et sans amendement calcique.

Appareillage et équipement : Serre, vases de végétation, pH mètre, spectrophotomètre, sacherie.

Produits chimiques : Pour analyses..

Résultats attendus : Obtention de variétés tolérantes à la toxicité ferreuse.

Action 2 : Etude d'adaptabilité à la toxicité ferreuse des variétés de riz tolérantes obtenues à partir des criblages en serre et en champ :

En collaboration avec la pédologie, la phytopathologie et l'entomologie. Il s'agira :

Pour le physiologiste : de suivre le comportement des variétés par des notations sur les symptômes de toxicité et la mortalité des jeunes plantes. Prélèvements d'échantillons de feuilles pour analyses minérales

- Evaluation rendement

Pour la pédologie de suivre les paramètres chimiques et électrochimiques du sol (PH, Eh, Fe^{++} , Fe^{+++} , P, K, Ca, Mg, Na)

Pour la pathologie - les maladies

Pour l'entomologie - les attaques d'insectes.

Méthodologie : L'essai sera implanté dans différents sites où existe la toxicité du fer.

Appareillage et équipement : Pluviomètre, PH mètre, spectrophotomètre, réfrigérateur, sacherie.

Produits chimiques : Pour analyses sols et plantes.

Résultats attendus : Obtention de variétés adaptées à des zones bien déterminées (zonation).

Action 3 : Etude de l'action des éléments P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn :

Sur la toxicité ferreuse sur deux variétés témoins l'une tolérante, l'autre sensible (en collaboration avec la pédologie, la phytopathologie, l'entomologie).

Il s'agira :

Pour la physiologie - de suivre les paramètres électrochimiques du suc cellulaire, la dynamique des éléments minéraux dans les racines, dans les tiges, dans les feuilles aux stades - tallage, montaison, floraison.

dynamique des formes de fer Fe^{++} et Fe^{+++} et du soufre dans les organes précités. La croissance de la matière sèche, la vigueur végétative. Pigments, système racinaire, productivité du tallage, le rendement et sa structure+

Pour la pédologie - de suivre les paramètres chimiques et électrochimiques du sol aux stades de développement précités.

Pour la phytopathologie - les maladies

Pour l'entomologie - les attaques d'insectes.

Méthodologie :

- 1) En serre avec un type de sol provoquant la toxicité ferreuse avec les doses croissantes des éléments P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn. Témoin absolu sans élément.
- 2) En champ - pour confirmer les résultats obtenus en serre.

.../

Appareillage et équipement - serre, pots de végétation, PH mètre, spectrophotomètre, sacherie, réfrigérateur.

Produits chimiques - pour solutions nutritives et analyses.

Résultats attendus - Amélioration de la tolérance à la toxicité ferreuse par apport d'éléments minéraux efficaces et bénéfiques.

Action 4 : Etude morphophysiologique et biochimique des paramètres liés à la tolérance à la toxicité ferreuse :

En collaboration avec la pédologie pour les données chimiques et électrochimiques du sol.

Pour la physiologie il s'agira de suivre :

- la dynamique de la croissance
- la vigueur végétative
- le système racinaire
- l'activité photochimique
- la teneur en chlorophylle et en carotinoïdes
- l'activité enzymatique plante (Cytochromeoxydase, déshydrogénase)
- Activité enzymatique du sol - (catalase, peroxydase, ferréréductase)
- Paramètres électrochimiques du suc cellulaire
- Dosage de l'azote soluble et de l'azote protéique
- Dosage des différentes formes de phosphore
- Dynamique des éléments (P, K, Ca, Mg, Si, Zn, S, Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺,) dans les racines, les tiges, les feuilles, aux stades - tallage - montaison - floraison - maturation.

Méthodologie : En serre avec des pots de végétation

Type de sol provoquant la toxicité ferreuse

Avec chaulage et sans chaulage

Deux variétés dont l'une tolérante, l'autre sensible.

Appareillage et équipement : Serre, pots de végétation, PH mètre, spectrophotomètre, centrifugeuse, oxymètre de terrain, Réfrigérateur, sacherie.

Produits chimiques - pour analyses

Résultats attendus : Explication du mécanisme de la tolérance à la toxicité ferreuse.

6. ETUDE DE LA TOLERANCE AU FROID

6.1. Influence des basses températures sur le métabolisme des plantes de riz :

Les basses températures perturbent le métabolisme des plantes non tolérantes au froid. Les propriétés colloïdales et chimiques du protoplasme changent, l'augmentation de l'intensité de la respiration ne se justifie plus du fait de l'affectation du transport d'énergie, les processus d'hydrolyse augmentent.

Les chloroplastes se dénaturent et se décomposent conduisant à la libération de beaucoup de ferments, grâce auxquels certains processus enzymatiques allant d'habitude dans les plastides, commencent à se réaliser directement dans le protoplasme. La viscosité du protoplasme augmente, parce que pour le maintien de la structure submicroscopique du protoplasme à un niveau bien déterminé, l'énergie est nécessaire mais le processus de transport de cette énergie est perturbé ; Ainsi, l'augmentation de la viscosité avec une déshydratation constante des cellules conduit à la compacité et à la coagulation du protoplasme. Il en ressort donc que, quand la viscosité du protoplasme diminue, la tolérance des cellules aux basses températures augmente parce que, la perturbation de l'organisme de la plante se produit tardivement. Les effets néfastes des basses températures se traduisent par un blocage des processus de croissance la réduction de la hauteur, le retard à la levée, la lenteur de la vigueur végétative, la décoloration foliaire, le retard à la floraison, une grande stérilité de l'épillet, une maturité irrégulière et une exsertion paniculaire incomplète. Il en résulte une baisse considérable des rendements.

6.2. Acquis :

Les études portant sur la tolérance du riz au froid ont été menées au fleuve et les résultats obtenus ont permis de faire une classification des types de tolérance :

Tolérance I : Elle confère à la variété une croissance quasi normale en saison froide comparativement au cycle végétatif de saison humide chaude.

Tolérance II : Cette catégorie de tolérance concerne les variétés dont le cycle végétatif accuse tout au plus 15 à 20 jours de retard par rapport au cycle de saison humide.

Tolérance III : Concerne les variétés dont le cycle végétatif accuse tout au plus 30 jours de retard comparativement au cycle de saison sèche humide.

Ces études ont permis de montrer l'effet du froid sur la réduction de la hauteur (jusqu'à 40 à 50 % de la hauteur normale) et de faire un choix de ha-

de riz comprises entre 110 et 120 cm en hivernage permettent d'obtenir du riz de 70-80 cm de hauteur en saison froide (2) les plants de riz ayant 120 à 140 cm de hauteur en hivernage et dont l'effet froid ramènerait à 80-100 cm de hauteur.

6.3. Propositions d'actions de recherche :

Action 1 - Evaluation et screening du matériel végétal tolérant au froid : (en collaboration avec le sélectionneur, le phytopathologiste et l'entomologiste). Il s'agira :

Pour le physiologiste de : noter la durée de la levée, la vigueur **végétative**, la coloration foliaire, la surface foliaire des 2 premières feuilles sous épi, la hauteur des plantes. La productivité du tallage. Le cycle de l'épiaison et de la floraison. La régularité de la maturité. Longueur panicule. Le rendement et sa structure. Rapport grain/paille. Les données des températures ambiantes journalières, du sol et de l'eau.

Pour le sélectionneur : la fourniture de tout le matériel végétal en vulgarisation ou pré vulgarisation et observations de caractères génétiques .

Pour le pathologiste - les maladies.

Pour l'entomologiste - les attaques d'insectes.

Méthodologie : En contre-saison au bassin d'Anambé.

En serre avec des pots de végétation dès le commencement du froid.

Appareillage et équipement : Serre, dispositif météorologique à Anambé, thermomètre électronique, règles métalliques de 2 m, pots de végétation, tuyaux d'irrigation.

Résultats attendus : Obtention de variétés tolérantes au froid.

Action 2 : - Tests de tolérance au froid en laboratoire :

Il s'agira : d'évaluer le pourcentage de germination de différentes variétés placées dans des conditions de basses températures (15°, 10°, 5°C) par rapport à la température 25°C.

Méthodologie :

En laboratoire :

Appareillage et équipement : Etuve de germination, chambres à essais climatiques, boîtes de pétri, réfrigérateur.

Résultats attendus : Obtention de variétés tolérantes au froid confirmation des tests en champ.

Action 3 - Amélioration de la tolérance au froid :

3.1. Traitement à froid des plantules ou des semences par trempage à la température 15-20°C (jour) pendant 6 h et à 0°C la nuit pendant 18 h au bout de 15 à 30 jours ou pendant 15 jours par intervalle de 12 h avec alternance 18-20°C (le jour) - 0,-10°C (nuit).

3.2. Traitements chimiques : des plantules ou des grains gonflés dans des solutions de : NH_4NO_3 à 0,25 % ou d'oligoéléments à faibles concentrations.

Trempage dans une solution de saccharose à 5 % pendant 2-3 jours dans l'obscurité ensuite à 10 % en 5-6 jours à la température de 5°C.

Methodologie :

En serre : faire d'abord jusqu'au stade plantule ensuite déterrer, laver et mettre dans des pots en verre de capacité 50 cm³. remplis de solution au 1/3. Les introduire ensuite dans des chambres à essais climatiques.

Appareillage et équipement : Serre, étuve de germination, réfrigérateur, chambres à essais climatiques, pots de végétation, verrerie.

Produits chimiques pour préparations solutions

Résultats attendus - Amélioration de la tolérance au froid.

Action 4 - Etude morphophysiological et biochimique des paramètres liés à la tolérance au froid :

Il s'agira de suivre sur deux variétés témoins l'une tolérante et l'autre sensible.

- la vigueur végétative
- la dynamique de la croissance
- la balance de l'eau (eau liée, eau libre, dans les feuilles)
- la teneur chlorophyllienne
- la teneur en azote soluble et en azote protéique (feuilles, racines)
- la teneur en sucres (feuilles, racines)
- la teneur en acides nucléiques (feuilles, racines)
- la activités enzymatique ATPase (feuilles)
- la absorption des éléments N, P, K, Ca, Mg (feuilles, racines)

- hauteur de la plante
- système racinaire
- surface foliaire des 2 premières feuilles sous épi
- productivité du tallage
- Je rendement et sa structure
- rapport grain/pai JJe
- suivi des températures diurnes et nocturnes.

Méthodologie : En serre en période froide.

Les prélèvements seront effectués aux stades tallage, montaison, floraison, récolte.

Appareillage et équipement : Lyophilisateur, réfrigérateur, réfractomètre, centrifugeuse, verrerie, boîtes à tare, boîtes de pétri, spectrophotomètre, filtre en verre.

Produits chimiques : pour analyses.

Résultats attendus : Obtention de données expliquant le mécanisme de la tolérance au froid.

7. ETUDE DE LA NUTRITION MINERALE DU RIZ

7.1. Rôle physiologique des éléments minéraux :

Les plantes ont besoin de macroéléments : azote, phosphore, soufre, potassium, calcium, magnésium, et de microéléments : fer, manganèse, zinc, cuivre, molybdène, bore etc...

Les différentes plantes ont des exigences différentes en éléments minéraux et réagissent en conséquence différemment selon les conditions du milieu et leurs particularités biologiques.

L'azote :

L'azote est un constituant principal des protéines.

Absorbé par la plante sous forme nitrique ou ammoniacal, l'azote s'unit dans les feuilles et les racines aux acides dérivés des glucides avec lesquels il forme les acides aminés, éléments constructifs des protéines. Constituant essentiel du cytoplasme et de ses inclusions, l'azote favorise donc :

- la multiplication cellulaire, donc la croissance des tissus végétaux,
- la multiplication des chloroplastes, puisque la chlorophylle est une substance azotée, d'où la couleur vert foncé des plantes après un apport d'azote.
- la synthèse des glucides par les chloroplastes plus abondants,
- la constitution de réserves azotées dans les graines.

L'azote est un C-J--

par exemple il augmente la teneur en azote des céréales.

Carence en azote :

La déficience en azote est caractérisée par un changement de la coloration des feuilles. En début de végétation, elle se manifeste par une mauvaise croissance : plantes naines, feuilles-petites, verdâtres ou vert-jaunes. La formation de la chlorophylle s'affaiblit et les feuilles ont une coloration verdâtre.

Une longue période de carence en azote conduit à une destruction partielle de la chlorophylle des feuilles du bas et l'azote libéré émigre vers les points de croissance. Au fur et à mesure de la décomposition de la chlorophylle, les pigments jaunes qui étaient avant masqués par la chlorophylle, apparaissent visiblement. et les feuilles peuvent avoir différentes colorations : jaune, orange et rouge en fonction du type de plantes. Le jaunissement des feuilles s'accompagne d'un desséchage et de la mort de tissus. Chez beaucoup de plantes on observe la chute des feuilles.

Phosphore : constituant cellulaire et transporteur d'énergie.

- c'est avec l'azote le constituant des protéines phosphorées : nucléoprotéines, phosphoprotéines, lécithines, phytine etc...
- il participe à de nombreuses réactions biochimiques. Le métabolisme des glucides par exemple se fait par l'intermédiaire de composés phosphorylés, combinaisons sucres-acide phosphorique
- les ions phosphoriques servent, dans les cellules, de transporteurs d'énergie. Dans la photosynthèse par exemple, l'énergie solaire est stockée momentanément sur des molécules de phosphates (ATP, ADP) qui peuvent les libérer instantanément, permettant les réactions biochimiques.

Carence en phosphore :

Elle est caractérisée par une coloration vert-sombre des feuilles, une faible croissance. La teneur en sucres dans les feuilles augmentent, car ces sucres sont réservés pour la formation des composés organophosphorés et de l'amidon. L'accumulation de ces sucres favorise une plus grande intensification de l'accumulation des pigments anthocyanés. La coloration rouge, violette de ce pigment anthocyané ensemble avec la coloration verte de la chlorophylle donnent aux feuilles une coloration bleuâtre, mais une prédominance des anthocyanés donne une coloration violette.

En début de cycle la croissance est ralentie. Les feuilles du bas deviennent vert-olives, avec des bords violets.

Le soufre : constituant des acides aminés soufrés (la méthionine et la cystine) particulièrement indispensables aux animaux, a un rôle parallèle à celui de l'azote bien qu'il soit absorbé en quantités moins abondantes.

Le potassium : Il agit comme régulateur des fonctions de croissance de la plante, ce qui explique son abondance dans les tissus jeunes, et même son départ des racines vers le sol en fin de croissance :

- Nécessaire à la photosynthèse, il favorise la synthèse des glucides et leur migration vers les organes de réserve ;
- Nécessaire à la synthèse des protéines, son absorption est parallèle à celle de l'azote, du moins en début de végétation ;
- Il augmenterait aussi la résistance des végétaux à la sécheresse en limitant la transpiration et à la verse des céréales en augmentant, avec le phosphore, la rigidité des tiges ;
- Sa carence comme son excès augmentent la sensibilité des plantes aux parasitismes.

Carence en potassium : Le premier symptôme de déficience en potassium est caractérisé par une coloration vert-sombre des feuilles avec une teinte bleuâtre des feuilles. Dans ces feuilles, s'accumule beaucoup d'azote ammoniacal qui favorise une plus grande formation de la chlorophylle, ce qui explique cette coloration vert foncée. L'accumulation de l'ammoniaque a un effet toxique sur les plantes et entraîne la mort des tissus à la suite de leur déshydratation. Le jaunissement et la mort des tissus commencent du haut de la feuille et se répand en dessous par les bords, ensuite entre les nervures.

Le magnésium : constituant de la chlorophylle, dont il favorise la synthèse, comme celle de la xanthophylle et du carotène.

- il favorise en outre l'absorption du phosphore et son transport dans les graines, où il favorise la synthèse de la phytine et celle des lipides
- il est pour l'animal qui ingère les fourrages un élément de résistance de l'organisme.

Carence en magnésium : La chlorose entre nervures est un symptôme de déficience en magnésium. Cette chlorose des tissus des feuilles entre nervures peut avoir différentes colorations en fonction des espèces et des variétés : jaune, orange, rouge, violette etc... La perturbation du métabolisme due à une déficience en Mg conduit à une nécrose des feuilles et une mort des tissus entre nervures. La mort des tissus commence par les bords de la feuille et ensuite au milieu de la feuille chez certaines plantes.

Le calcium : Constituant des parois cellulaires et sel dissous dans la

plante. Présent dans les membranes pectiques, le calcium donne la résistance aux tissus et favorise la formation et la maturation des fruits et des graines. C'est un sel dissous dans les sucres cellulaires où il neutralise les acides organiques et minéraux.

- il joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre ionique comme cation en affaiblissant l'effet toxique des ions d'hydrogène, d'aluminium, de manganèse, de fer, etc...

Carence en calcium : La déficience se manifeste sous forme de blanchiment de la pointe de la pousse et des jeunes feuilles. Les feuilles sont petites, gondolées avec une déformation des bords. Chez les céréales, les jeunes feuilles s'enroulent et dessèchent. Plus tard, on observe un dessèchement du sommet de la feuille et des vieilles feuilles.

Le fer : sans être un constituant de la chlorophylle, est indispensable à sa formation. Son absence provoque la chlorose, jaunissement dû à la disparition ou à la non formation de la chlorophylle. C'est en outre le constituant d'un grand nombre d'enzymes d'oxydation.

Carence en fer : Elle se manifeste avant tout sur les parties en croissance de la plante. Le symptôme est caractérisé par une perte de la coloration verte "chlorose" chez les feuilles du haut. Une longue période de déficience en fer entraîne la mort des pousses du haut.

Le cuivre : Comme le fer, entre dans la constitution d'un grand nombre d'enzymes d'oxydation.

- il participe aux processus d'oxydation et de réduction dans les cellules des plantes.

Carence en cuivre : La déficience en cuivre provoque la chlorose des feuilles, la perte de leur turgescence, le flétrissement, le blocage du tallage et la faible formation des graines. Les symptômes s'observent sur les parties les plus jeunes des plantes. L'épiaison est retardée. L'épi est peu développé et mal rempli. L'extrémité des feuilles se blanchit et se dessèche.

Le zinc : constituant d'enzymes d'oxydation. Il aurait aussi un rôle protecteur des auxines de croissance.

- il augmenterait la résistance des végétaux : à la sécheresse et à la chaleur.

Carence en zinc : provoque la formation sur les jeunes pousses la chlorose - tâches blanches qui s'observent quelques jours après la levée. Entre les nervures, on observe des bandes jaunes claires, et les tâches blanches augmentent. Sur la feuille, on observe des parties sans chlorophylle.

Le molybdène : nécessaire au métabolisme de l'azote. C'est un constituant de l'enzyme réduisant les nitrates pour les transformer en acides aminés. Il est également nécessaire aux bactéries fixatrices d'azote.

Carence en molybdène : Elle affaiblit la verte coloration des plantes qui devient vert-jaune à la suite de la perturbation du métabolisme de l'azote. Sur les feuilles, on observe des tâches claires. Les bords des vieilles feuilles sont ondulés et progressivement deviennent rouge-bruns. Les tissus chlorotiques meurent. Les feuilles restent retombantes.

Le manganèse : Il joue un grand rôle dans les processus oxydoréducteurs, dans la respiration des plantes et dans les processus liés à la photosynthèse.

Carence en manganèse : Elle provoque la chlorose entre les nervures de la feuille. Même les nervures les plus petites restent vertes et la feuille prend un aspect bigarré - blanchiment de la chlorophylle. Les parties chlorotiques des tissus de la feuille entre les nervures ont souvent une couleur jaunâtre et pâle. La seconde étape est la mort des tissus chlorotiques avec l'apparition de tâches dans des endroits bien déterminés : chez les feuilles ayant une structure en faisceaux les tâches sont arrondies et chez les feuilles avec des nervures parallèles, les tâches sont allongées. La fructification est perturbée et le développement des épillets ralenti ou arrêté.

7.2. Acquis :

Les travaux menés par divers chercheurs (BEYE, 1972 ; BEYE et al., 1973 ; MARINS, 1979 ; TOURE et KHOUMA, 1980) ont montré que les carences en éléments minéraux les plus marquées sont celles en azote et en phosphore.

Maintien de la fertilité des sols après le lessivage intervenu lors du dessalement par l'apport d'une fumure minérale et organique adéquate.

Courbe de réponse à l'azote :

Le site de Polder de Médina a été choisi. L'essai a eu lieu dans le casier H (endiguement circulaire - témoin local) et B (drainage peu profond, asséché pendant la saison sèche (BEYE, 1973)).

Les doses apportées sont 0, 40, 80, 120 et 160 unités d'azote.

Variétés utilisées IR8 et 100 kg de P_2O_5 sous forme de phosphate de Taïba.

- il y a eu fractionnement en 3 doses d'azote sous forme d'urée
- les cultures ont été disposées en blocs.

Les résultats obtenus montrent que :

- la réponse à l'azote fut ni consistante, ni importante,

- les rendements dans le casier B fut supérieur à ceux de H.

Station de Djibélor - (M. TOURE ; M. KHOUMA, 1980).

Comparaison de 4 formes d'azote : urée, sulfate d'ammonium, SCU et lignine.

Les résultats ont montré que sur sol sulfaté-acide de Djibélor :

- l'urée est significativement supérieure aux 3 autres formes (surtout en rendement grain).
- il n'y a pas eu de différences significatives entre 60 et 120 unités d'azote (c'est-à-dire 100 et 300 kgN).

b. Courbe de réponse phosphore :

L'essai a été mené sur le polder de Médina - Casier B (G. BEYE, 1973) :

Niveau de P_2O_5 apporté (0, 200, 400, 600 et 1200 P. Taïba).

Variétés de riz utilisées : ébandoulaye (locale).

Culture faite sur billon.

Les résultats ont montré que :

- Les réponses du phosphore sont hautement significatives
- Il n'y a pas eu d'effets dose sur 4 ans. En 5^e année, la dose de 1200 kg/ha a été inférieure aux autres doses de P.
- Il y a eu une action positive/^{de}P sur les rendements et les teneurs en P_2O_5 du sol et de la plante.

Un autre essai a été implanté à Simbandi et à Djibélor par (M. KHOUMA, M. TOURE, 1981).

Niveau de P_2O_5 apporté 0 et 50 kg P/ha de supertriple

Variété IRRI 1529, et 2 locales "Bikiassa" et "Etoual"

Etude fut menée en serre.

Les résultats obtenus ont montré :

- Les réponses hautement significatives du P en rendement grains
- Les variétés locales ont réagi favorablement aux traitements.

7.3. Propositions d'actions de recherche :

Action 1 : Diagnostic des carences en éléments minéraux (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo) sur la croissance et la productivité du riz.

en collaboration avec la pédologie. Il s'agira :

Pour le physiologiste - de suivre la dynamique des éléments minéraux dans les plantes à différents stades de développement de la plante.

La dynamique de la croissance.

Les observations phénologiques.

Le rendement et sa structure.

Pour la pédologie : les caractéristiques agrochimiques du sol. La dynamique des éléments minéraux dans le sol à différents stades de développement de la plante.

élément de l'ajouter ou de l'exclure de la solution nutritive.

Equipement et appareillage : Serre, pot de végétation, boîtes à tare, boîtes de pétri, réfrigérateur, spectrophotomètre, verrerie, sacherie.

Produits chimiques : Pour solutions nutritives et analyses.

Action 2 : Etude de l'action des différents éléments minéraux (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo) sur la croissance et la productivité du riz.

Cette étude est la suite logique de l'action 1 qui a pour but de corriger sur le terrain les carences observées en serre et qui ont une incidence sur les rendements. En collaboration avec la pédologie. Il s'agira :

Pour le physiologiste de suivre les observations phénologiques
De voir les éléments qui ont une influence quelconque sur la croissance et la productivité du riz.

Dynamique de la croissance et des éléments minéraux à différents stades de développement de la plante.

Rendement et sa structure.

Pour la pédologie - les paramètres chimiques et la dynamique des éléments du sol.

Méthodologie : En serre et au champ dans les conditions naturelles.

Equipement et appareillage : Serre, pots de végétation, boîtes de pétri, boîtes à tare, réfrigérateur, spectrophotomètre, verrerie, sacherie.

Produits chimiques : Pour solutions nutritives et analyses.

Action 3 : Etude des équilibres entre différents éléments minéraux dans le but d'optimiser les doses d'engrais. En collaboration avec la pédologie ils'agira :

D'étudier différentes proportions.

De suivre la dynamique de la croissance

La dynamique des éléments minéraux dans la plante par stade de développement.

Le rendement et sa structure.

Pour la pédologie - les paramètres chimiques et la dynamique des éléments minéraux du sol.

Méthodologie - En serre ensuite au champ pour confirmation.

Equipement et appareillage : Serre, pots de végétation, boîtes à tare, boîtes de pétri, réfrigérateur, spectrophotomètre, verrerie, sacherie.

Action 4 : Etude de l'action des éléments minéraux sur les changements morphophysiologiques, biochimiques et la productivité des plantes de riz. En collaboration avec la pédologie. Il s'agira :

Pour la physiologie de suivre la dynamique de la croissance, la dynamique des éléments minéraux par stade de développement
l'activité photochimique des feuilles.

La teneur chlorophyllienne et en carotène
L'activité enzymatique ATPase.
La teneur en sucres
La teneur en azote protéique, azote total et azote soluble
Les différentes formes de phosphore
La productivité de la photosynthèse
Le système racinaire
Le rendement et sa structure
Pour la pédologie - les paramètres chimiques et la dynamique des
éléments minéraux du sol par stade de développement.

Méthodologie : En serre avec un type de sol.

Equipement et appareillage : Serre, pots de végétation, boîtes de pétri, boîtes
à tare, réfrigérateur, spectrophotomètre, verrerie, sacherie.

Produits chimiques : Pour solutions nutritives et analyses.

8. PERSONNEL

Pour son exécution l'opération "agrophysiologie" du riz a besoin de :

- 1 Chercheur
- 1 DUT chimiste
- 2 Techniciens ordinaires
- 1 Ouvrier agricole.

9. EQUIPEMENT ET APPAREILLAGE

Réfection de la serre existante

· Réaménagement du laboratoire réservé pour la physiologie

· Réparation de la pompe d'irrigation pour les essais en contre-saison

Achat de matériels d'irrigation

Appareils de mesures et matériels de laboratoire (voir liste en
annexe).

10. **PRODUITS CHIMIQUES** à acheter pour solutions nutritives et analyses.

OBSERVATIONS

Ce projet est conçu dans l'espoir d'avoir tous les moyens nécessaires pour sa réalisation. Pour chaque contrainte, des actions de recherche ont été proposées par priorité. Pour chaque action les paramètres à mesurer sont listés, ainsi que les moyens en équipement et les produits chimiques. Ainsi, pour une action donnée, si les moyens ne suivent pas, seules seront mesurées les variables qui sont, à notre portée. Dans notre démarche les actions ont été hiérarchisées et priorité a été donnée aux actions devant déboucher sur une application immédiate des résultats c'est-à-dire les études de criblage et d'adaptabilité. Viennent ensuite les actions cherchant à améliorer la tolérance de la variété aux contraintes du milieu et celles visant à donner une explication des mécanismes de tolérance,

Les besoins en personnel ont été exprimés au chapitre 8 de ce document et il convient de souligner que l'opération "agrophysiologie" du riz n'a qu'un chercheur et un technicien ordinaire. Ce manque de personnel d'exécution risque de compromettre l'exécution de ce projet, car pour le suivi des expérimentations et les mesures de certaines variables, il faut un personnel d'exécution qualifié concerné et motivé et non des temporaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Cissakian N.M., 1940. Caractéristique biochimique de la résistance des plantes à la sécheresse. Moscou-Leningrad-édition Académie des Sciences URSS 1940.
- Satarova N. A. ; Tvarus E. K., 1965. Influence des hautes températures et de la sécheresse sur la teneur en ARN et la synthèse de la protéine dans les plantes. *Isvestia académie des Sciences - Série biologie* 1. 66.
- Wardlaw, I.F., 1968. The control and patterne of movement of carbohydrates in plants. Bot Rev. , 34, 79-105.
- Saad, S.I., 1954 a - Studies on the physiology of the cotton plant. IV. Photosynthesis of cotton leaves under natural condition. *Proc. Egyptian Acad. Sc.*, 10, 73-88.
- Saad, S.I., 1954 b - Studies on the physiology of the cotton plant. VI. The effect of shading, debudding and watering upon the rate of photosynthesis of cotton leaves. Proc Egyptian Acad. Sci, 10, 94-106.

- Pullman I.A., 1922. Bilan de 40 ans d'expérimentation en conditions arides. Vesnik. Janvier-Décembre. Acad. Sci. URSS.
- Brownov, P.I., 1912. Les cultures et le climat. Acad. Sci. URSS.
- Scaskine, F.D. ; Shepilenia, S.E., 1947. Influence de la sécheresse du sol sur la teneur en eau des parties végétatives et reproductrices des plantes d'avoine au stade floraison. Les écrits scientifiques. Institut D'Etat de Pédagogie AI Guerséna Tome 46. Léninegrad.
- Stébut, A.K., 1915. Rapport du service de sélection. Travaux de la Station de recherches de Saratove, vol 5.
- Pétrovskaja, A.V. 1955. Influence de la sécheresse du sol sur le développement des points de croissance des fleurs de la moutarde blanche. Les écrits scientifiques. Institut d'Etat de Pédagogie AI. Guerséna, Tome 109. Leningrad.
- Anukiév, V.V. 1959. Quelques particularités pathologiques de la microsporogénèse du blé en conditions de déficience hydrique dans le sol. Les écrits scientifiques. Institut d'Etat de Pédagogie, A.I. Guerséna, Tome 178, Léninegrad.
- Uglov P.D. 1959 a. Influence de la nutrition azotée sur la vitalité des pollens et quelques processus physiologiques sous différents régimes hydriques du sol, des plantes de concombre. Les écrits scientifiques. Institut d'Etat de Pédagogie, AI. Guerséna, Tome 192. Léninegrad.
- Jorge Bravo Vieira da Silva. 1970. Recherches sur diverses manifestations de la résistance à la sécheresse chez les cotonniers. Thèse de Doctorat es Sciences Naturelles. Faculté des Sciences d'Orsay Université de Paris.
- M. GUEYE. 1984. Physiologie du riz. Recherches pluridisciplinaires sur le riz pluvial et submergé. Principaux résultats de la campagne 1984.
- Roubine, B.A., 1969. Physiologie des cultures vivrières, Tome 5. Physiologie du maïs et du riz.

- G. Bèye, 1972. L'acidification des sols de mangrove de Basse Casamance après leur mise en polder, effet du type d'aménagement. IRAT, multigr. 10 p. Symposium sols sulfatés acides Wageningen.
- G. Bèye, 1973. Une méthode simple de dessalement des sols de tanne en Basse Casamance : Le paillage. Agron. Trop. vol XXVIII- N° 5.
- G. Bèye, 1973. La chaux et le bioxyde de manganèse, remèdes contre la toxicité en fer au Sénégal. IRAT, multigr. 8 p. Séminaire ADRAO 22-27 Janvier 1973.
- G. Bèye, 1973. La fertilisation phosphatée et azotée du riz sur sols sulfatés acides du polder de Médina. Agron. Trop. Vol. XXVIII n° 8.
- Bèye G., 1973. Bilan de cinq années d'études du dessalement des sols du polder de Médina (Basse Casamance). IRAT, multigr, 10 p. Station de Djibélor Mai 1983.
- Bèye G. 1974. Etude comparative de différents engrais phosphatés pour la fumure phosphatée du riz en sol de rizière très acide de Basse Casamance. Agron. trop. vol. WXXIX - n° 8.
- Bèye G. 1974. Etude de l'action de doses croissantes d'azote en présence ou absence de paille de riz enfouis sur le développement et les rendements de riz sur sol argileux de Basse Casamance. IRAT, multigr. 20 p. Station de Djibélor Mars 1979.
- Bèye G. 1974. Bilan de 7 ans de recherches rizicoles à la station de Djibélor. Station de recherches rizicoles de Djibélor. ISRA.
- Touré, M 1974. Rapport d'activité agropédologie 1973-74. Station de recherches rizicoles de Djibélor.
- Touré M 1975. Etude et amélioration des sols de rizière submergées. Rapport d'activité du service de pédologie.
- Touré M 1980. Improvement of acid sulfate soils : effects of lime, wood ash green manure and preflooding : In Dost H. and Van Breemen (cd) 1982. ILRI publication 31. Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulfate

- Khouma M. and Touré M. 1981, Lime and phosphorus effects on the growth and yield of rice in Casamance Acid sulfate soils. Paper presented and the 2nd Int. Symposium on acid sulfate soils, Bangkok, Taïland, January 1981.
- Bèye G. ; Touré M. 1979. Bilan de 12 années de recherches rizicoles en Basse Casamance 1967-1979.
Station de recherches rizicoles de Djibélor.
- Mme Diangar ; Khouma, M. 1980. Etude de la tolérance au sel de quelques variétés de riz. Centre de recherches rizicoles de Djibélor.
- Grodzinsky, D.M. 1973. Aide mémoire en physiologie des plantes : édit.
"Naukova doumka" Kiév.
- Tanaka A. ; and Yoshida, S. 1970. Nutritional disorders of rice in Asia. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull 10.
- Mikkelsen, D.S. 1970. Recent advances in rice plant tissue analysis. Rice Journal 73 : 2-5.
- Kyraév, V. N. 1966. Influence de différentes concentrations en Fe^{++} dans une culture sans sol sur la croissance et le développement des cultures vivrières : Agrochimie 12.
- Sylla M. 1987. Rapport d'activité technique. ISRA Djibélor.
- Vlassouk, P.A. 1969. Les éléments biologiques dans l'activité vitale des plantes. "Nauka Doumka" Kiév.
- Khomenko, A.D. 1976. La nutrition minérale de la racine et la productivité des plantes "Nauka Doumka" Kiév.
- Somers, S. ; Shive, D. ; wallev ; De Kock P. ; 1942. Plant physiology 17, 4.
- Roubine, B. A. ; Tchernavina, I.A. ; 1959. "Vesnik". Université d'Etat de Moscou Série biologie 1.
- Brown, S. ; Holmes R. 1955. Soil Sci. 79, 5.

Ottow, J.C.G. ; Benckiser, G. ; Watanabe I.. 1982. Iron toxicity of rice as multiple nutritional soil stress. Trop. Agric. Res. Ser. (Japan) 15, p. 167-179.

Ottow, J.C.G. ; Benckiser, G. ; Watanabe, I. ; Santiago, S.. 1983. Multiple nutritional stress as a prerequisite for iron toxicity of Wetland rice (oryza sativa L.) Trop. Agric. (Trinidad) 60, 102-106.

Coly, A. et al., 1984. ADRAO. Amélioration variétale. Problème de tolérance aux basses températures. Actes de la réunion de bilan orientation des programmes riz de l'ISRA. p. 100 - Ziguinchor les 28 et 29 Mars 1984.

Mme BADIANE, A. N. - 1985. Bilan de 15 années de recherches agronomiques sur sols sulfatés acides de Basse Casamance (SENEGAL).

Communication à présenter au IIIème Symposium International sur les sols sulfatés acides.

Dakar, 6-11 Janvier 1985.

LISTE D'APPAREILS ET DE MATERIELS NECESSAIRES

- . Conductivimètre +(accessoires à commander)
- . Spectrophotomètre +(accessoires à commander)
- . Qsmomètre +(accessoires à commander)
- . Etuve de séchage plante et sol
- . Etuve de germination
- . Thermomètre infrarouge
- . Centrifugeuse + accessoires
- . Poromètre + accessoires
- . Quantum / Radiometer / Photometer +(accessoires)
- . **Thermomètres électroniques**
- . F'rigidaire
- . Balance de précision
- . Machines à calculer
- . Chambre de pression +(accessoires)
- . Verreries de laboratoire
- . Pots de végétation
- . ph mètre + accessoires
- . Planimètre + accessoires
- . Lyophilisateur
- . Réfractomètre automatique + accessoires
- . Microscope + accessoires
- . Compresseur pour solvants + accessoires
- . Chambres à essais climatiques
- . Verrerie
- . Congélateur
- . Broyeur plantes
- . Agitateur rotatif
- . Plaques chauffantes de précision
- . Bain-marie rectangulaire à 8 postes à température réglable de 20 à 90" C
- . Hotte
- . Rampes Kjeldahl
- . Matériel d'irrigation
- . Serre
- . Bâtiment
- 1 Bureau pour chef de service
- 1 Bureau pour technicien supérieur
- 1 Bureau pour 2 Observateurs
- 1 Laboratoire pour les manipulations

. Mobilier de Bureau

- Trois (3) Bureaux
- Un (1) fauteuil
- Six (6) chaises
- Deux (2) armoires
- Trois (3) climatiseurs

. Matériel - Mobilier de Labo

- Armoires à plusieurs étages pour échantillons
- Placards
- Tabourets
- Climatiseurs
- Paillasses
- Etc.

. Produits chimiques (pour analyses).

PLANNING D'EXECUTION DU PROGRAMME D'AG RDPH SYNOLOGIE

Actions de recherche

Nature	Date/Durée	Lieu/Chercheur
<u>Sécheresse</u>		
évaluation et détermination du matériel végétal tolérant à la sécheresse par criblage	1988-1989	Djibélor
étude écologique de l'adaptabilité du riz à la sécheresse	1990-1993	Régions Ziguinchor, Kolda
étude morphophysique et biochimique des paramètres liés à la tolérance à la sécheresse	2002-2003	Djibélor
<u>Salinité</u>		
évaluation et criblage du matériel végétal tolérant à la salinité	1988-1989	Région Ziguinchor
étude de l'adaptabilité du riz à la salinité	1990-1993	Région de Ziguinchor
amélioration de la tolérance à la salinité par un traitement des semences ou des plantules dans des solutions de sels	1990-1993	Djibélor
étude des paramètres morphophysiques et biochimiques liés à la tolérance à la salinité	1990-1999	Djibélor
<u>Toxicité ferreuse</u>		
évaluation et screening du matériel végétal tolérant à la toxicité du fer	1988-1989	Région Ziguinchor
étude d'adaptabilité à la toxicité du fer	1990-1993	Région Ziguinchor
étude de l'action des éléments P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn sur la toxicité du fer	1994-1995	Djibélor
étude morphophysique et biochimique des paramètres de tolérance à la toxicité du fer	1996-1997	Djibélor
<u>FROID</u>		
évaluation et screening du matériel végétal tolérant au froid	1988-1993	Anambé
tests de tolérance au froid en laboratoire	1989-1990	Djibélor
amélioration de la tolérance au froid	1989-1991	Djibélor
étude morphophysique et biochimique des paramètres liés à la tolérance au froid	2004-2005	Djibélor
<u>Nutrition minérale</u>		
diagnostic des carences en éléments minéraux	1989-1990	Djibélor
étude de l'action des différents éléments minéraux sur la croissance et la productivité du riz	1990-1991	Djibélor
étude des équilibres entre différents éléments minéraux	1992-1993	Djibélor
étude de l'action des éléments minéraux sur les changements morphophysiques, biochimiques et la productivité des plantes de riz	2000-2001	Djibélor