

DIRECTION NATIONALE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT POLYTECHNIQUE
RURAL DE KATIBOUGOU

742

H 12

Depeud sols
ON



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

THEME :

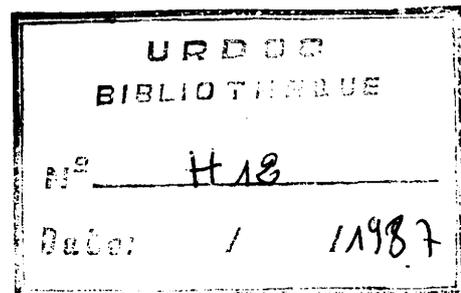
Lutte contre la sodisation et l'alcalinisation des sols à
l'Office du Niger

Présenté pour :

l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Sciences Appliquées
Spécialité: AGRICULTURE

Par: DEDE COULIBALY

C60
075



Directeur de stage

M^r MAMADOU KALE SANOGO
Chef D.R.D - O N NIONO-

Date de soutenance

Décembre 1987

SOMMAIRE

Pages

Dedicaces
Remerciements
Avant propos
Resumé
Introduction

CHAP. I Généralités sur l'Office du Niger

1. Introduction	1
2. Les sols de l'office du Niger	2
2.1. Texture	2
2.2. Structure	4
2.3. Analyse chimique	4
3. Objectifs actuelles de l'ON en matière de riziculture	4
3.1. consolidation	5
3.2. Réhabilitation	5
3.3. Extension	6
3.4. Organigramme de l'ON	7
II- Problème de sodisation/alcalinisation des sols	7
1.- Définitions	9
2.- classification	10
2.2. - Mécanisme de la saturation du complexe en sodium	11
2.3. Effets de la sodicite , de l'alcalinite , de la salinite	11
3. Cas de l'Office du Niger	12
3.1. Causes de la Sodisation/alcalinisation à l'ON	13
3.2. Caractère des sols affectés par le sel à l'ON	14

CHAP. II CADRE DE L'ETUDE

1. Présentation de la ferme de multiplication des semences	14
2. Localisation	15
3. Milieu pédologique	15
3.1. Danga	15
3.1.1. caractéristique physiques	15
3.1.1. Texture	16
3.1.2. Structure	16
3.1.3. Parasite	16
3.1.4. Permeabilité	16
3.1.2. Caractéristiques chimiques	16

CHAP. III Matériels et méthodes

1. Protocole expérimental	17
1.2. Site de réalisation	17
1.3. Dispositif expérimental	17
1.4. Conditions de réalisation	19
1.5. Analyses et observations	20
2. Processus du choix des 3 parcelles	20
3. Calendrier des travaux de mise en place	20
4. Suivi analytique de l'expérimentation	21
4.1. Prélèvement d'échantillon	21
4.1.1. Echantillon de sol	21
4.1.2. Echantillon d'eau	21
5. Méthodes d'analyses	22
5.1. Analyse de sol	22
5.1.1. Préparation générale du sol à l'analyse	22
5.1.3. Préparation de l'extrait 1/2,5	22
5.1.4 Agitation	22
5.1.5. Mesure	22

5.2. Analyse des eaux	23
CHAP. IV <u>Résultats et discussions</u>	24
1. Résultats des analyses de sol et d'eau	25
2. Effet des différents traitements sur le PH, la CE et l'aspect phénologique des plantes	26
- Commentaire et conclusions	26
3. Essai d'un Bilan des sels	34
3.1. Bilan hydrique	34
3.2. Bilan des sels	35
3.3. Commentaires et conclusions	35
CHAP. IV <u>Conclusions générales</u>	40
1. Remarques relatives à l'étude	41
2. Suggestions	
V/ Bibliographie	
Annexe	

Liste des tableaux

1. Classification vernaculaire des sols de l'ON	3
2. Répartition des superficies des sols à l'ON	3
3. Résultats des analyses de sol pour le choix des 3 parcelles -annexe III	
4. Tableau récapitulatif des analyses pour le choix des parcelles --annexeIV	
5. Calendrier d'exécution des travaux pour le choix des 3 parcelles-annexe V	
7. Calendrier d'exécution des travaux de mise en place de l'expérimentation Dispositif I annexe VI	
8. Calendrier d'exécution des travaux de mise en place-Dispositif II-annexe VII	
9. Calendrier d'exécution des travaux de mise en place-Dispositif III-annex.VIII	
10 - Résultats des analyses d'eau d'irrigation -Dispositif I-annex.XIX	
11. Résultats des analyses d'eaux d'irrigation -Dispositif II - annexe X	
12. Résultats des analyses d'eau d'irrigation Dispositif III-annexe XI	
13. Résultats des analyses chimiques des sols	24
14. Tableau de comparaison d'eau d'irrigation (moyenne) et de drainage (après Puddlage)	25
15. Résultats : comptage des talles	27
16. Comparaison entre début et fin campagne (Dispositif II)	28
17. Comparaison inter traitements = C.E à 25°C surface	29
18. Comparaison -"- profondeur	29
19. -"- PH eau surface	29
20. -"- -"- Profondeur	30
21. -"- PHK cl Surface	30
22. -"- -"- Profondeur	30
23. Comparaison entre début et fin campagne (dispositif III)	31
24. Comparaison inter traitement : CE à 25°C surface	31
25. Comparaison -"- -"- profondeur	31
26. -"- Ph eau Surface	31
27. -"- -"- Profondeur	32
28. -"- PHK cl surface	32
29. -"- -"- Profondeur	32
30. Bilan des sels à partir de la C.E à 25°C (Dispositif I)	36
31. -"- -"- des cations (dispositif I)	36
32. Bilan des sels à partir de la CE à 25°C (dispositif II)	36
33. -"- -"- des cations (dispositif II)	37
34. -"- -"- de CE à 25°C (dispositif III)	37
35. -"- des cations (dispositif III)	38

LISTE DES FIGURES

1. Plan de la ferme de multiplication des semences --annexe I
2. Plan des 3 dispositifs annexe II

DEDICACE

Je dédie ce présent document à :

- Mon très cher oncle Feu Baba Haidara ex-dépanneur radio Niono dont la mort nous arracha le 3.03.1986 lorsque j'étais en 3è Année IPR .

Que son âme repose en paix .

- Mon père et ma mère pour m'avoir tout chérie et leur patience

- Mes amis Souleymane Traoré (Commerçant à Niono) et Mlle Molobaly Diarra 4è Année TEF IPR Katibougou .

REMERCIEMENTS

Je remercie très sincèrement

- Le Directeur Général de l'Office du Niger
- Le Chef du Service Agricole A.DAMA
- Mr. Bréhima Diarra FIDA Ségou

pour toutes les facilités qui m'ont été accordées pour la réalisation de ce document .

Je ne passerai sous silence sans dédier mes remerciements à la Direction Générale de l'IPR de Katibougou et à tous le corps professoral qui ont bien voulu organisé ces stages de grande importance et pour la qualité des cours .

Je suis particulièrement reconnaissant à =

- Mon Directeur de Stage Mr. Mamadou Kalé Sanogo (Chef de la D.R.D.) pour sa très franche collaboration , son respect , très honorer .
- Mon maître de Stage -Mr. Wim Scheurman, expert néerlandais (Volet production de semences à la DRD) pour son entière disponibilité et participation dans mon encadrement .
- Mr. Bokary Timbo , Oumarou Béréte, Wareha Maïga respectivement chef section expérimentation (DRD) , Formateur DPA Sahel , et Chef de la ferme de multiplication des semences (DRD) ;
d'avoir bien voulu me guider et m'orienter , leur expérience et leur érudition ont été pour moi le meilleur soutien dans une recherche parfois aride et marginale.

Qu'il me soit permis d'adresser mes très vifs et sincères remerciements à :

- Mr. Mamadou Samaké Laboratoire DRD
- La famille Haïdara à Markala et Bamako
- La famille Fofana Koulikoro
- La famille Gakou à Niono
- tous le personnel de la DRD
- tous ceux qui de près ou de loint ont contribué à la réalisation de ce travail.

Ma gratitude ira enfin à tous les paysans de l'Office du Niger qui assurent la pérenité de cette tâche qu'est l'agriculture ;

REMERCIEMENTS

Je remercie très sincèrement

- Le Directeur Général de l'Office du Niger
- Le Chef du Service Agricole A.DAMA
- Mr. Bréhima Diarra FIDA Ségou

pour toutes les facilités qui m'ont été accordées pour la réalisation de ce document .

Je ne passerai sous silence sans dédier mes remerciements à la Direction Générale de l'IPR de Katibougou et à tous le corps professoral qui ont bien voulu organisé ces stages de grande importance et pour la qualité des cours .

Je suis particulièrement reconnaissant à =

- Mon Directeur de Stage Mr. **Mamadou Kalé Sanogo** (Chef de la D.R.D.)

pour sa très franche collaboration , son respect , très honorer .

- Mon maître de Stage -Mr. Wim Scheurman, expert néerlandais (Volet production de semences à la DRD) pour son entière disponibilité et participation dans mon encadrement .

- Mr. Bokary Timbo , Oumarou Béréte, Wareha Maïga respectivement chef section expérimentation (DRD) , Formateur DPA Sahel , et Chef de la ferme de multiplication des semences (DRD) ;

d'avoir bien voulu me guider et m'orienter , leur expérience et leur érudition ont été pour moi le meilleur soutien dans une recherche parfois aride et marginale.

Qu'il me soit permis d'adresser mes très vifs et sincères remerciements à :

- Mr. Mamadou Samaké Laboratoire DRD
- La famille Haïdara à Markala et Bamako
- La famille Fofana Koulikoro
- La famille Gakou à Niono
- tous le personnel de la DRD

- tous ceux qui de près ou de loint ont contribué à la réalisation de ce travail.

Ma gratitude ira enfin à tous les paysans de l'Office du Niger qui assurent la pérennité de cette tâche qu'est l'agriculture ;

AVANT PROPOS :

Si dans les pays développés les paysans considèrent l'agronome comme un spécialiste très compétant qui peut répondre à n'importe quelle question relative à l'agriculture , ce concept reste différent dans les pays en voie de développement et notamment au Mali (dont l'objectif est l'autosuffisance alimentaire).

C'est pourquoi celui qui a opté pour la profession d'agronome doit étudier avec persévérance et perspicacité pour acquérir des connaissances profondes et multiples .

C'est dans ce souci de parfaire les connaissances qu'à l'Institut Polytechnique rural (I.P.R.) de Katibougou où l'on forme des spécialistes de haute qualification pour le secteur agraire (agriculture, élevage , eaux et forêts et génie rural) la formation a la particularité d'associer la théorie à la pratique. Les connaissances théoriques (académiques) reçues lors de cette formation seront complétées par la pratique lors des stages dans les exploitations ou dans les centres de recherches .

C'est dans ce cadre que j'ai eu à effectuer mon stage de fin de cycle (durant 6 mois) dans la zone de production rizicole de Niono à l'Office du Niger et plus précisément au niveau de la division recherche développement (DRD)

L'importance de cet événement n'est plus à dire de nos jours dans la mesure où il constitue une mise au point des faits étudiés théoriquement en classe mais qui n'ont pu être concrétisés sur le terrain pour diverses raisons .

Bien entendu ce présent document intitulé " lutte contre la sodisation et l'alcalinisation des sols à l'ON " réalisé en 6 mois est loin d'être complet et comporte certainement des imperfections.

Nous nous empressons toutefois de préciser que si nous avons cherché à ne rien omettre d'essentiel , nous n'avons aucunement la prétention d'avoir épuisé ce thème .

D'autre part les lecteurs peuvent buter sur des fautes et incorrections indépendantes de notre volonté ou par méconnaissance , qu'ils tiennent compte de ce travail pour ce qu'il est .

R E S U M E :

Les études nous précédents ont signalé qu'importants est pour les sols de l'Office du Niger la tendance à la sodisation et à l'alcalinisation caractérisée par une montée du pourcentage de sodium échangeable (ESP) accompagnée d'une montée du PH.

Certes ces phénomènes ont des effets néfastes non seulement sur le milieu cultural (dégradation du sol, baisse des rendements) mais aussi sur l'environnement socio-économique. Cela risquerait à la longue de compromettre la riziculture à l'Office du Niger. L'enjeu du problème est très clair si nous savons que les réaménagements en cours à l'ON sont très chers : Exemple cas du Projet Rétail à 2.400.000/ha).

Dans la recherche de solutions contre ce fléau nous avons mené des essais au niveau de la ferme de multiplication des semences de la DRD et précisément sur l'arroseur 1D du partiteur KL4 bis.

En effet 2 principales méthodes ont été testées cette première année.
- méthode chimique = amendement de gypse (2T300/ha) et phosphate naturel du Tilemsi (4T/ha).

-méthode culturale = 3 puddlages successifs suivi de drainage.

Des échantillons de sol ont été prélevés puis analysés en début de campagne (pour le choix de 3 parcelles) et en fin de campagne (comparer l'efficacité des traitements) ces analyses ont porté sur la CE à 25°C et le PH au Laboratoire de la DRD et sur l'analyse des cations (Na+, Ca++, Mg++, K+) au laboratoire des sols de la S.R.S.V.O à Sotuba.

Parallèlement des échantillons d'eau ont été prélevés à chaque opération d'irrigation et drainage ; les mêmes analyses ont été faites par mesure de la hauteur d'eau par échelles et les résultats d'analyses nous avons essayé un bilan des sels une part à partir des cations (bilan partiel) et d'autres part à partir des sels solubles .

Ensuite nous avons fait des observations sur l'aspect phénologique des plantes mais principalement sur le tallage (nbre talles/m²).

Bien que l'impératif de temps tous les résultats escomptés ayant pas été acquis , ceux préliminaires nous donnent des tendances importantes.

D'une part les résultats d'analyse de sols ont révélé des sols alcalins sodiques (PH =8,05 à 8,77 avec ESP 15%; d'autre part le bilan des sels est négatif pour le Na+ ce qui présume qu'avec un drainage adéquat l'eau d'irrigation ne serait pas probablement la cause de ce phénomène. En plus globalement les traitements ont eu des effets sur le PHeau, PNKcl , CE à 25°C aussi bien en surface qu'en profondeur.

Enfin nous n'avons observé de différence de talle/m² aussi importante que sur le traitement non puddlé qui l'emporte sur le puddlé.

INTRODUCTION :

Les milieux naturel et humain d'une région déterminée conditionnent sa production agricole .

Le milieu cultural ou milieu naturel est défini comme le trinôme : sol plante, climat . C'est donc un problème à 3 inconnus et son étude en est très complexe. Se sentant esclave de ce " milieu " , le paysan doit se libérer de son emprise en cherchant à la connaître en s'adaptant à lui et en le modifiant si faire se peut en effet , il ne faut pas oublier que l'homme , penché depuis les premiers âges sur la terre qui l'a vu naître à toujours tenté de l'amender, de l'améliorer .

Mais jusqu'à ce jour , opérant par tâtonnement , tout en observant , l'agriculteur a mis des siècles pour posséder de ses champs une connaissance, qui , pour être et parfois confuse , n'en constitue pas moins le fondement de son art.

En principe , le climat et la morphologie sont peu modifiables par l'homme.

Pourtant à l'Office du Niger les effets néfastes de certains facteurs climatiques tels que la sécheresse , la désertification ont pu être sensiblement atténués par l'irrigation , le drainage .

La nature de certains sols improdictifs a pu être modifiée par le réaménagement, les fertilisants organiques et minéraux .

Les 3 facteurs de base du milieu naturel restant donc le sol , le climat et la plante , leur importance sur la production agricole d'une région bien déterminée comme celle de l'Office du Niger est très grande .

En effet la connaissance du milieu naturel et des facteurs réglant l'évolution et la répartition des cultures ne peut être acquise qu'après avoir fréquemment parcouru la région étudiée , en observant avec perspicacité, en comparant les faits , en les contrôlant et en sachant les critiquer parfois.

D'autre part , signalons que certaines cultures intensives comme le riz peuvent, après des répétitions trop nombreuses vu les énormes quantités d'eau utilisées, être une des causes rapides de dégradation intense du sol .(cas du phénomène de sodisation et l'alcalinisation des sols de l'ON où le riz constitue la principale culture) .

Signalons que d'autres chercheurs avaient attiré l'attention sur ce phénomène à l'ON . Nous ne citerons en passant que le rapport de R.Bertrand (Novembre 1985) sur la " sodisation et alcalinisation des sols de l'Office du Niger " .

Vu que les conséquences (au niveau de l'ON) peuvent se répercuter non seulement sur le milieu cultural mais aussi sur l'environnement socio-économique la nécessité d'une "lutte" appropriée apparaît ; d'où le thème " Lutte contre la sodisation " et l'alcalinisation des sols à l'Office du Niger " .

Nous rappelons d'autre part que le thème est à sa première phase d'exécution.

Enfin nous pensons qu'il est bon au début d'une expérience , de laisser la plus grande liberté pour les modalités d'exécution des travaux .

Ainsi les diverses méthodes (parmi tant d'autres) pourront être essayées et comparées .

Nous souhaitons qu'à la longue lorsqu'une ou plusieurs méthodes auront fait leurs preuves (après d'autres recherches nous suivant) les services chargés de les mettre en oeuvre aient enfin les moyens nécessaires d'une exécution active et efficace .

CHAPITRE I :GénéralitésA. Présentation de l'Office du Niger:1. Introduction :

L'ON fut créée le 5 Janvier 1932 pour la mise en valeur du delta central nigerien. En 1961, une année après l'indépendance elle devient un établissement à caractère public de l'état malien .

L'ON est située dans le delta central nigerien et plus précisément dans le delta mort du fleuve Niger.

La remise en eau des anciens défluent du fleuve Niger (Fala de molodo et de Boky-wéré) pouvant permettre l'irrigation par gravite du delta mort rendait la construction du barrage de Markala plus que nécessaire. Ce barrage relève la côte en amont d'environ 5,00 m . Un canal adducteur reliant à partir du barrage les canaux du sahel et du Macina qui communiquent respectivement avec le fala de Molodo et celui de Boky-wéré .

Initialement il était prévu un aménagement de 960.000 ha dont 500.000 ha de coton et 460.000 ha de riz mais dans l'exécution les ~~gros~~ ouvrages ont été dimensionnés et prévus pour irriguer une superficie totale de 150.000 ha .

En réalité , la superficie totale aménagée n'a été que 50.000 ha surface supérieure à celle exploitée actuellement .

Au début , le coton était la culture principale dans le but de satisfaire les besoins de l'industrie textile française.

Le riz était une culture secondaire et devrait satisfaire les besoins alimentaires des exploitations et autres nécessiteux .

A partir de 1970 , pour des raisons techniques (difficultés de drainage et autres) et économiques (rentabilité , insuffisance de riz au Mali...) la culture du coton a été abandonnée par l'ON . Par contre la culture de canne à sucre a démarré en 1966 à Dougabougou et plus tard à Siribala- Les 2 exploitations étaient en regie par l'ON car actuellement la production de canne à sucre est le fruit de la coogestion entre la république de chine et celle du Mali.

Quant à la population de l'ON elle est très hétéroclite (une parfaite mosaïque de population) on y rencontre plusieurs ethnies sur un même terroir mais leurs objectifs restent semblables : produire suffisamment de riz pour satisfaire les besoins vitaux (alimentaires, économiques ...)

Parmi ces ethnies on peut citer = bambaras, mossis, miniankas, sarakolés, samogos, peulhs, dogons .

Il ya un contrat entre cette population et l'ON qui régleme la répartition de la terre et des intrants .

A propos de sols il faut souligner qu'il existe plusieurs types à l'ON et puisque sa connaissance nous est indispensable , nous en ferons un bref aperçu dans ce même chapitre .

2. Les sols de l'ON :

Le programme général des études de 1920 pour l'ON a exprimé une distinction initiale des sols en :

- terre à riz
- terre à coton

Mais les études ultérieures à 1929 ont fortement modifié cette conception de classification sommaire .

Les terres du delta central nigerien sont des alluvions provenant de la désagregation des roches cristallines du bassin supérieur et des roches du bassin moyen du Niger mais très fréquemment par l'intermédiaire des nappes d'alluvions plus anciennement remaniées par le fleuve leur épaisseur varie suivant l'âge et le site de 2 m à 5 m .

L'ingénieur pédologue B. DABIN qui a étudié en détail ces sols à partir de 1948 a démontré qu'ils avaient subit une évolution très lente et peu marquée sous une végétation steppique ou de savane épaisse dans un milieu climatique semi-aride depuis l'exondation définitive.

2.1 Texture = L'analyse texturale montre une grande diversité de composition granulométrique de ces sols alluviaux . On note d'importantes variations non seulement entre les divers types de sol mais aussi entre les parcelles très voisines à l'intérieur d'un même type vernaculaire.

Les divers types de sol sont imbriqués en une véritable mosaïque et il devient alors difficile de localiser les cultures en fonction de la vocation mutuelle des sols .

On ne peut dans ce cas procéder que par type pédologique dominant dans un périmètre donné .

2.2 Structure = Il ya parmi les différents types de sols de cette région de vaste superficies de sols à structure physique defectueux (terre battantes sans agrégats) .

Selon DABIN en 1951 , les sols danga , dian , bois , sont compacts , très durs en saison sèche . Ils ne peuvent être labourés qu'après une pré-irrigation ou une pluie . Ils sont peu perméables - les sols seno et moursi sont très friables en surface et plus faciles à labourer à sec en vue de la préparation du lit de semis- les caractéristiques structurales ont permis l'établissement du présent tableau suivant les noms vernaculaires avec les indications (rapport

B. eau) . Tableau 1

<u>Noms vernaculaires</u>	<u>Caractéristiques</u>
Seno	- Formation dunaire sableuse réservée pour la culture du mil et l'arachide PH
Danga	- sablo limoneux , battant en saison des pluies et dure en saison sèche PH = 5,5 - 8
Danga-blé	- sol ocre rouge plus ou moins foncé ,limono - argileux généralement fiable en surface sauf dans les zones très érodées où il peut être couvert de gravillons ferrugineux . Il est très pauvre en matière organique , ne peut donner de bons rendements qu'après amendement .
Danga fing	- sol beige noirâtre analogue au danga mais plus riche en limon et matière organique , c'est un excellent sol pour la riziculture qui peut donner aussi de bon rendements en culture de coton et peut être travaillé à sec .
Moursi	- sol noir , très riche en argile noire gonflant (montmorillonite) à structure fiable en surface contenant de nombreux nodules calcaires et largement crevassé , sol à coton , mais médiocre pour la riziculture PH = 7, 7,5
Dian	- sol brun argilo- limoneux , très compact présentant fréquemment des fentes de retrait, sol marécageux donnant de bon rendement en riz , PH 6-7
Dian pere	- sol dian très argileux , largement crevassé
Boi	- sol gris ardoisé limoneux , compact PH
Boi fing	- sol noir , le mono-argileux généralement fiable en surface, riche en humus , non crevassé.

 Selon le rapport du projet B. eau voici un classement des types de sol suivant l'importance de la surface qu'ils occupent .

Tableau 2

<u>Types de sols</u>	<u>Surface occupée</u>	<u>Pourcentage</u>
Danga	24 847	56 %
Dian	10 809	25 %
Moursi	4 527	10 %
Seno	2 611	6 %
Boi	656	1 %
Dian moursi	551	1 %
	4 4001 ha	

2.3 Analyse chimique

Cette technique effectuée par le laboratoire de sol de Sotuba révèle les résultats suivants :

Dans les premiers 20 cm , la teneur en carbone se situe entre 0,3 à 0,7% donc pauvre .

- Le taux de matière organique correspond est de 0,5 %
- La teneur en azote est moyenne et varie entre 0,02 à 0,07% .

Ces sols ont une teneur en phosphate assimilable faible variant entre 5,25 à 11 %

La richesse de ces sols en potassium assimilable est élevée elle se situe entre 4 à 11 % , une des raisons pour laquelle aucune déficience en cet élément n'a été constatée par la recherche agronomique .

La capacité d'échange cationique est bonne : 5,0 à 10 m.e.q/100 g de sol .

- Le taux de sodium est très élevé 3 - 32 % de la capacité d'échange cationique ce qui entraîne des phénomènes de sodisation / alcalinisation localisés mais qui atteind souvent des dimensions importantes et risque à la longue de devenir un facteur limitant pour la riziculture à l'ON (d'où le but de notre étude).

Malgré cette disponibilité en terre de culture la production de riz à l'ON est souvent compromise (compte tenu de plusieurs facteurs d'ordre technique et socio-économique) - C'est dans ce cadre que la desection générale de l'ON en vue d'une relance de la production s'est fixé des objectifs que nous allons énumérés en passant .

3. Objectifs actuels de l'ON en matière de riziculture

La réhabilitation de l'entreprise demeurant une tâche primordiale ; elle se fera en 3 phases

- Consolidation 1983 - 1986
- Rehabilitation 1986 - 1990
- Extension après 1990

3.1 Consolidation : Elle se portera sur 1/3 de la surface des producteurs qui les occupent et toutes actions de relance seront dirigées vers cette tâche

Elle tiendra en compte les thèmes techniques suivants :

- + curage de gros réseaux et réparation de certains ouvrages defectueux.
- + confection de diguettes suivant les courbes de niveaux
- + utilisation de semences selectionnées
- + application du semis en ligne

3.2. Rehabilitation

Elle consiste en la remise à l'état neuf des réseaux d'irrigation et de drainage avec possibilités de modernisation des ouvrages de contrôle des débits en vue d'améliorer les conditions d'alimentation et de drainage des parcelles.

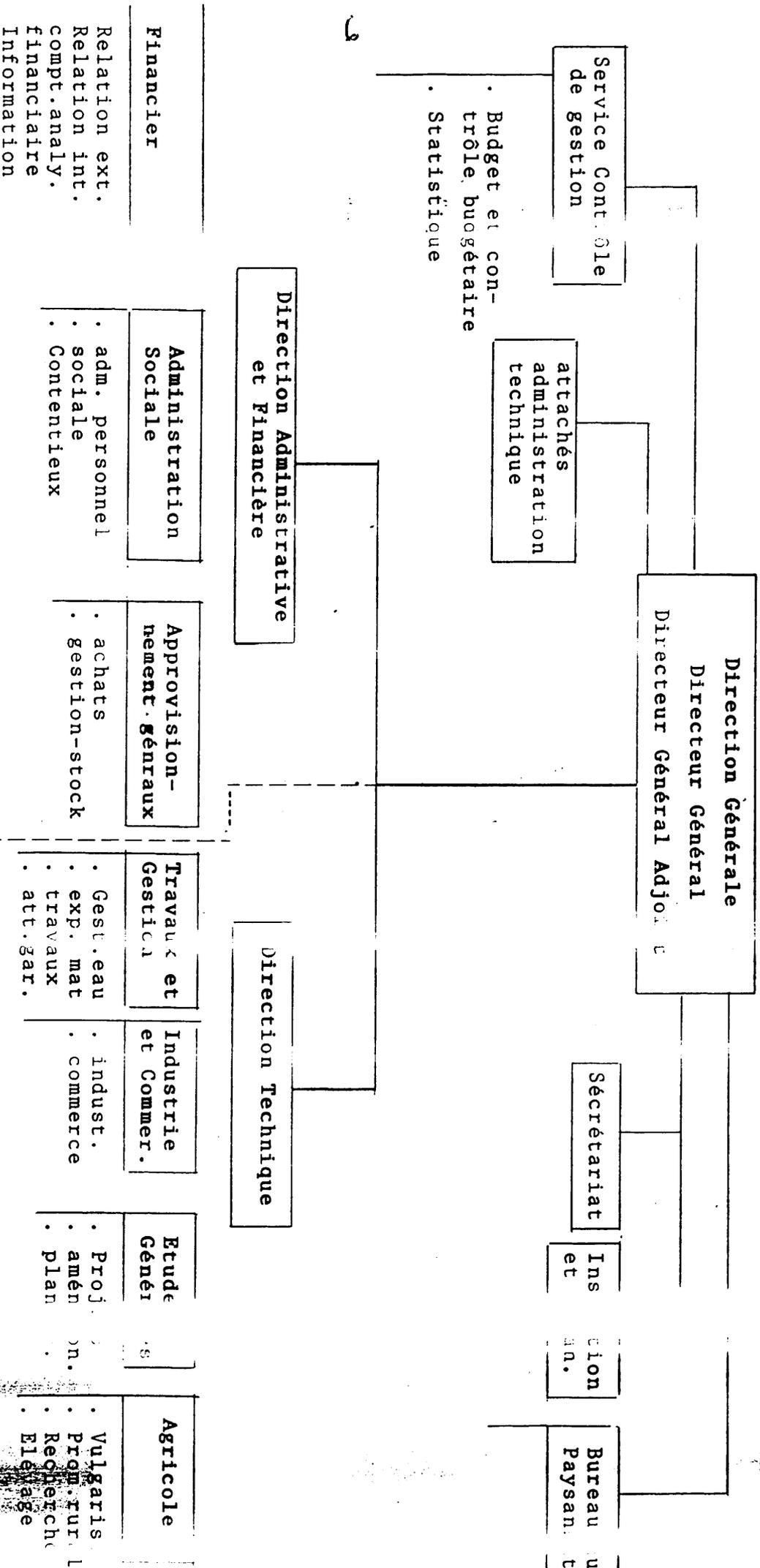
La mise en place d'une structure de gestion adaptée et l'intensification de la riziculture .

Pour cela , il est nécessaire de résoudre certains problèmes d'ordre technique, économique , financière agronomique et humain (vulgarisation des thèmes techniques mal appliqués , manque d'équipement adapté , cheptel vif et mort , perte pré- et post récolte dues aux oiseaux , photo-sensibilité variétale, longueur de la paille et du cycle végétatif du matériel végétal disponible etc...)

3.3 Extension :

Elle dépendra du taux de réalisation des phases précédentes . La réalisation de ce programme permettra une augmentation des superficies cultivables.

ORGANIGRAMME OFFICE DU NIGER



MACINA

NIONO

5 ZONES
MOLODO

N'DEBOUGOU

KOU

PARI

La supervision des zones est assurée par le Directeur Général.

B. Problème de Sodisation/alcalinisation des sols :

1. Définitions = Nous commencerons cette partie en définissant certaines terminologies relatives non seulement aux sols sodiques , alcalins mais aussi salés.

. La salinisation proprement dite , c'est l'accumulation des sels solubles dans la solution du sol .

. la salinisation sodique ou alcalinisation est l'accumulation du sodium (Na^+) échangeable dans le complexe absorbant du sol (CAS)

Quant à la sodicité , elle est caractérisée par le pourcentage de sodium échangeable (ESP) dans le sol qui est lié au SAR (sodium absorption ratio ou taux d'absorption de sodium) =

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Daas cette formule Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} teneur en milliéquivalent /100 g de la solution du sol ; SAR est lié à ESP par la rélation suivante :

$$ESP = \frac{100 (-0,0126 + 0,01475 SAR)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 SAR)}$$

. La réaction du sol (acide ou basique) est caractérisée par le PH (le PH étant la mesure de la quantité d'ion H^+ libres dans la solution du sol). La lecture du PH complète normalement la caractéristique des sols affectés par le sel.

Par convension :

- Un sol est salé lorsque la CE à 25°C (conductivité électrique) est supérieure à 4 mmhos/cm de l'extrait de la pate saturée
- Un sol sodique est caractérisé par un $ESP > 10$
- Un sol à alcali est caractérisée par un $ESP > 15 \%$
- Un sol alcalin est caractérisée par une réaction basique avec PH situé dans le trajet entre 7,2 (très légèrement alcalin) et 10,5 (très fortement alcalins)

On peut rencontrer toutes sortes de combinaisons de CE , ESP, et PH même un sol à al calis acide .

Par ailleurs d'autres auteurs = Belkhodja (1979) et servant (1975) ont établi une approximation entre ESP et SAR qui est la suivante :

- . Si $SAR = 10$; ESP est voisin de 12
- . Si $SAR = 20$; ESP est voisin de 22
- . Si $SAR = 30$; ESP est voisin de 30

Outre les définitions , nous étudierons aussi les caractères généraux des sols salés, sodiques et alcalins .

2. Caractère généraux des sols salins , sodiques et alcalins.

L'ion sodium , lorsqu'il est suffisamment abondant dans le sol, lui confère des propriétés particulières , ce qui a depuis longtemps incité les classificateurs d'Europe occidentale à regrouper en une classe particulière l'ensemble des sols affectés par la présence de cet ion .

Mais il est important de souligner qu'il peut exister sous 2 formes de propriétés différentes = la forme saline généralement chlorure de sodium (également sulfate de sodium) qui n'a pas de propriétés alcalinisante et la forme échangeable liée au complexe absorbant du sol , qui au contraire alcalinise les solutions du sol.

En présence de Na^+ échangeable celles-ci s'enrichissent en effet sels alcalins de type carbonate ou bicarbonate de sodium qui élèvent fortement le PH.

L'existence de ces 2 formes de l'ion sodium justifie le terme de ((salsodique)) proposé par servant (1975) pour désigner la classe .

Le sodium échangeable peut lui même provenir de 2 sources .

1) - chlorure de sodium (et sulfate de sodium) d'une nappe salée saturant progressivement le complexe par échange avec les ions alcalino terreux (Ca^{++} et Mg^{++});

2) Saturation directe du complexe par alteration de roches contenant des minéraux sodiques .

Or en climat humide quelle que soient l'origine et la formation de l'ion sodium dans la solution du sol , tous les sels de sodium étant très solubles sont rapidement exportés du profil dans les eaux de drainage = l'ion sodium ne peut subsister dans le profil qu'en climat sec lorsque la forte évapotranspiration potentielle empêche tout drainage climatique .

Sur le plan climatique , 2 conditions sont nécessaires à la formations de ces sols.

*Une condition climatique = les sols salsodiques ne peuvent se rencontrer que dans les régions stépiques à semi désertiques ou tropicales sèches.

*Une condition de station , concernant la présence obligatoire d'une "source" de sodium (présence de sel ou matériaux sodique)

Il existe toutefois une exception importante = il s'agit des sols salsodiques de climats humides mais situés dans les zones cotières .

La " source " est alors une nappe salée, peu profonde d'origine marine . C'est le cas des polders en climat tempéré des mangroves en climat tropical humide. Même si la nappe est plus ou moins fortement diluée par la pluie en période humide, la réserve en sodium de la nappe est telle qu'elle ne peut être éliminée par les conditions climatiques et qu'elle continue à agir sur l'évolution du sol en période plus sèche .

Comme nous le verrons , les propriétés des sols salsodiques diffèrent fortement suivant que le sodium est présent dans les solutions du sols sous forme de sel neutre (NaCl, Na₂ sou) ou s'il sature plus ou moins complètement le complexe absorbant du sol sous la forme échangeable. Ceci a conduit plusieurs classifications.

2.1. Classification

D'après la plupart des classificateurs on distingue :

a. sous -classe des sols salins = dont les solutions sont riches en sels neutres de sodium et dont le PH ne s'élève pas au dessus de 8,5 .

b. sous-classe des sols alcalins : (où à alcalis) qui sont caractérisés par la prédominance de Na⁺ échangeable dont le PH au moins dans certains horizons et à certaines saisons dépasse 8,5 (processus dit alcalinisation que nous verrons) selon s zablocs (1974) et la Fao les sous-classes se définissent de la façon suivante :

- sous -classe des sols salins = C.E à 25°C 4mm hos/cm dans les horizons de surface; 15 mm hos/cm dans les horizons inférieurs (25 à 75 cm ou 125 cm suivant la texture), profil AC (parfois début de formation d'un (B) structural) PH < 8,5 .

Dans cette même sous-classe nous distinguons :

. sols salins à complexe calcique (solont chack calcique) rapport Na⁺/capacité d'échange toujours < 15 %

. sols salins à complexe sodique (solont chack sodique) rapport Na⁺/capacité d'échange toujours > 15 %

. sols salins à sulfato-réduction (polders et magrônes^u)

- sous-classe des sols alcalins (à alcalis) = salinite faible (parfois nulle), rapport Na⁺ / capacité d'échange toujours > 15 % profil A(B)C ou ABC; alcalinisation marquée se traduisant par un PH > 8,5 suivant le degré de différenciation du profil on distingue les sols alcalins à (B) structural, des sols à profil peu différencié, à B structural = solonetz ou soloth.

En effet il est important de souligner que dans l'étude du profil des sols salsodiques quelque soit la position adoptée par les classificateurs , ceux-ci s'accordent à distinguer 4 grands groupes (comme nous l'avons vu plus haut) : sols salins à complexe sodique , sols alcalins à profil plus ou moins marqué , sols salins à complexe calcique , sols salins à sulfato-réduction .

En ce qui nous concerne , nous étudierons en détails les 2 premiers groupes cités suivant l'écologie , la morphologie et la géochimie.

* Sols salins à complexe sodique :

Ces sols sont encore caractérisés par la présence d'une nappe salée mais cette fois-ci l'ion Na^+ l'emporte fortement en concentration sur les alcalins -terreux Ca^{++} et Mg^{++} le profil présente le double caractère de la forte salinité et de l'existence d'un complexe partiellement sodique (saturation en sodium 15 % pouvant même atteindre 30 %)

* Sols alcalins : La teneur en sel est plus faible que dans les sols salins proprement dits (dans certains type, la nappe salée est complètement absente) , en revanche l'alcalinité est plus marquée , le PH dépasse 8,5 le rapport Na^+ /capacité d'échange s'élève et atteint souvent 50% parfois plus . Dans ce type de sol peu ou non salé, le PH reflète rigoureusement le taux de saturation du complexe en sodium . (PH=9 pour 30 % , PH=10 pour 50% et plus , EL Nahal et Whitling 1973).

D'autres parts l'alcalinisation par l'ion Na^+ (libération de Na_2O_3) déclenche certains processus géochimiques = dissolution de la matière organique, dégradation et dispersion des argiles Dans ce cas certaines structures particulières apparaissent et caractérisent les différentes phases de l'évolution des sols alcalins:

- . sols alcalins non lessives
- . sols alcalins lessivés
- . sols alcalins dégradé

Dans la formation des sols alcalins et sodiques , les équilibres ioniques jouent un rôle non négligeable . Nous allons étudier brièvement l'importance de ces équilibres dans le mécanisme de la sodisation .

2.2. Mécanisme de la saturation du complexe en sodium (sodisation , servant 1975)

L'échange des ions bivalents surtout Ca^{++} du complexe absorbant contre l'ion Na^+ n'est possible que dans la mesure où la concentration contre l'ion Na^+ l'emporte de beaucoup sur celle de l'ion Ca^{++} dans la solution du sol.

Selon Durand (1954) si la concentration de l'ion Na^+ est la même que celles des ions bivalents dans la solution du sol le taux de saturation en Na^+ du complexe ne dépasse pas 10% c'est à dire il n'ya ni sodisation , ni alcalinisation .

D'autres auteurs (Kotin 1962, Kelley 1962) ont donné des précisions analogues: la concentration des solutions en Na^+ doit dépasser la valeur limitée de l'ordre de 70 % de la somme des rations pour que l'influence de l'ion sodium puisse se manifester , ce qui correspond sensiblement au seuil définit précédemment (Na^+ /capacité d'échange = 15%)

Nous venons de définir et de classer les sols salins , alcalins et sodiques mais il reste à rappeler que ce phénomène cause des effets très néfastes non seulement sur le sol mais aussi sur les plantes cultivées dont nous allons essayé d'aborder.

2.3. Effets de la sodicite , de l'alcalinite , de la salinite

Le sodium échangeable a pour effet une dispersion des agrégats ce qui conduit à une réduction de la perméabilité et un tassement des sols. A 15 % ES₆, la stabilité structurale disparaît complètement pour la plupart des sols .

En sus, la sodium engendre aux sols des mauvaises propriétés physiques = humides, ils gonflent et fondent et quand ils se dessèchent , ils se durcissent, forme une croûte , se fendent en mottes ; leur travail devient difficile .

Le sodium peut aussi devenir toxique pour les plantes .

Une réaction basique du sol (PH > 7,5) peut créer des problèmes de fertilité= une diminution de la disponibilité de phosphore , dissolution de la matière organique, plus fortes pertes par volatilisation d'azote appliquée comme l'urée et l'apparition éventuelle de déficience en micronutriments notamment en Zn, mais aussi en Mn, CU? Co et Fe .

La basicité des sols sodiques nuit aux plantes cultivées ; l'horizon sodique compact (nous l'avons dit) empêche le système racinaire de pénétrer en profondeur. En général sur de tels sols le rendement est très faible.

3. Cas de l'Office du Niger

Dans l'immense histoire des sols de l'ON , il eu des travaux de géologues (FURON, CHUDEAU, URVOY puis ~~URVOY~~) et de pédologues (KILLIAW et SCAETA) puis ceux de H. EHRART (1942) et G. AUBERT (1945) . Mais ces travaux effectués avant 1948 furent peu poussés ou purement descriptives ou primaires (aspect écologique, sociologique , carte vernaculaire) .

Ce n'est qu'entre 1945 et 1951 que J. AUBERT et B. DABIN ont remarqué le caractère sodique de certains sols .

Ainsi en 1952 des sols " à salant noir " avaient été signalés près de Kokry et près de Niono .

Par ailleurs B. DABIN avait ensuite montré que la mauvaise structure des horizons superficiels de certains danga était due a un rapport Na/Ca élevé et des teneurs en argile faibles pour les DIAN , il remarquait que la dispersion augmente en profondeur avec l'augmentation du rapport Na/ca .

Cependant les travaux de sols à l'ON ne se limitent guère à ces derniers car M. Toujan (1980) en comparant les résultats des analyses des sols sur les mêmes sites que B. Dabin , 30 années plutôt mais en utilisant si faire se pouvait les mêmes méthodes analytiques à remarquer qu'en moyenne il ya eu non seulement que le Na⁺ échangeable a été multiplié par 2 mais aussi que le PH a augmenté d'une unité et dépasse parfois 9 . Il s'en suit une dispersion des argiles qui conduit a un effondrement de la structure des sols (4 fois moins d'agrégats stable à l'eau) se traduisant par une diminution de 300% de la perméabilité et de la porosité.

Non loin de ces travaux le rapport soviétique " Conditions hydrogéologiques et pédologiques et d'amélioration des terres des nouveaux aménagements du Kala inférieur et du Kouroumari " .

Montre que :

+ les résidus secs (0,054 g/l) et le SAR (0,3 de l'eau d'irrigation des canaux primaires se dégradent déjà dans le secondaire (RS=0,264; SAR =1,2)

+ l'eau des nappes est à la fois chargée RS = 0,604 et plus sodique SAR =3,1.

Nous voyons à travers ces données non exhaustives qu'à l'ON le phénomène de " sodisation et d'alcalinisation " est un fait réel .

De nos jours outre la recherche agronomique , les paysans s'imprègnent de plus en plus de ce phénomène (présence d'efflorescence à "salant noir " ou " salant blanc " dans les rizières) .

A l'ON bien que d'autres problèmes d'ordre techniques et socio-économiques restent à résoudre la sodisation et alcalinisation demeure inquiétant car elles prennent souvent de dimension considérables voire même l'abandon de certaines parcelles (cas du secteur sahel dans la zone de Niéno)

Actuellement l'ON constitue une " terre de refuge " car la population ne cesse de s'accroître considérablement du fait que la sécheresse s'évit dans le pays. Or les surfaces cultivables diminuent de plus en plus du fait de la sodisation et de l'alcalinisation (nous l'avons démontré plus haut) . Cela se soldera non seulement par un déséquilibre entre les besoins en terre et celle de la disponibilité, une baisse des revenus des paysans (mauvaises récoltes) mais aussi des conflits sociaux lors de la répartition des terres . C'est dans ce cadre que la nécessité de chercher des voies et moyens s'est imposée afin de palier ce fléau d'où notre thème luttés contre la sodisation et l'alcalinisation des sols à l'ON .

Cependant avant d'entamer toute forme de lutte il est important de faire un diagnostic des causes de la sodisation et l'alcalinisation de sols en vue de nous orienter sur le problème à résoudre .

3.1. Causes de la sodisation/alcalinisation à l'ON

De nos jours 2 hypothèses sont proposées pour expliquer la sidification et l'alcalinisation des sols à l'ON .

+ La dégradation de l'eau dans le système d'irrigation (dont nous avons souligné plus haut d'après M. Toujan) incite à prendre comme lère hypothèse que la sodisation et l'alcalinisation des sols est due à l'eau d'irrigation c'est à dire l'eau du Niger .

+ Un autre point de vue serait que la sodisation et l'alcalinisation des sols proviendraient des nappes phréatiques qui on l'a vu (Toujan 1980) sont plus nettement minéralisées et sont passablement sodiques .

Des études sérieuses doivent être menées pour la vérification des deux hypothèses. Parallèlement d'autres études doivent chercher à voir l'évolution du phénomène dans le temps et dans l'espace .

Rappelons que le cas de l'ON présente des caractères particuliers que nous verrons./

3.2. Caractères des sols affectés par le sel à l'ON :

Important pour les sols de l'Office du Niger est la tendance à l'alcalinité par l'eau bicarbonatée contenant du sodium . Cette alcalinisation est caractérisée par une montée du pourcentage du sodium échangeable (ESP) accompagnée par une montée du PH sous l'effet du NaHCO_3 en solution relativement concentrée.

Vu que la plupart des sols semblent être affectés par l'alcalinisation on peut distinguer 2 stades d'évolution de l'alcalinité parmi ces sols d'après leur textures .

+ Les sols sablonneux, fortement alcalins (PH 9 à 10) , diminution en profondeur, ESP très élevés, salés en surface communément recouvert d'un salant d'humus dispensé .

Il s'agit d'un " balck alkali soil (U.S. Sal. Lab. staff 1954) .

+ sols argileux , modérément alcalins (PH 8,5) ESP entre 3 et 10% pas de salant noirs .

CHAPITRE II

CADRE DE L'ETUDE

Avant d'entamer toute forme de lutte , il est important pour nous de décrire le milieu dans lequel nous avons conduit notre essai . Il s'agit de la ferme de multiplication des semences installée au KIL⁴ .

Dans ce chapitre nous la présenterons tout en la localisant et en donnant des précisions sur son milieu pédologique .

1. Présentation de la ferme de multiplication des semences

Nous rappelons d'abord que la ferme de multiplication des semences est une partie de la section de multiplication des semences qui elle même est sous la tutelle de la Division de recherche développement (DRD où j'ai effectué mon stage).

En effet la section de multiplication des semences a pour tâches :

- de conduire la production semencière au niveau de la ferme (et superviser le laboratoire et la banque de semence);
- d'établir des programmes de multiplications des semences (variétés et quantités).
- de définir les normes techniques de production de semences auprès des exploitants et d'apporter un appui dans la production , le contrôle de la quantité , le conditionnement et le stockage des semences au niveau de l'ON et dans les magasins des collectivités .

C'est en 1985 que l'ON , dans le cadre son programme semencier a installé une ferme au KL⁴ avec le concours technique et financier du Projet Arpon (amélioration de la riziculture paysannale à l'Office du Niger) .

L'objectif de cette ferme reste de multiplier divers variétés de riz de semence R1 sur la base des normes minimales portant sur la faculté germinative, l'état sanitaire , la pureté variétale et le taux d'humidité.

La superficie brute de la ferme est de 50 hectares et la superficie nette s'élève à 42,5 hectares dont 10 hectares sont réservés pour les cultures fourragères.

Cette superficie labourable est divisée en compartiments d'un demi hectare (1/2 ha) irrigable et drainable indépendamment . Le reste de la surface est occupée par la construction en bâtiments et matériels. Nous citerons entre autre :

- magasin du gardien , bureau du personnel, magasin petits matériels, hangar fourrage , magasin de semence , magasin produits , hangars pour matériels agricoles, bacs à melasse et bacs pour ameublement paille , étable de dressage pour 5 paires de boeufs , une étable d'isolement , parc à boeuf pour abreuvoir, une pompe à eau .

Nous distinguons 2 grands groupes de matériels .

- matériels de préparation de sol : charrue, herse (puddler que nous avons utilisé à la méthode culturale) , boeufs scrappers /niveulleuses, et petits outillages divers (houes, faucilles.....)

- matériel de transport : charettes pour transport engrais, plantes, récoltes et divers travaux ; brouettes .

A côté de ces matériels nous signalons l'existence d'une trieuse.

En ce qui concerne les autres infrastructures il faut dire qu'il ya la création d'un réseau hydro agricole : un partiteur KL4 avec prises sur le distributeur Grüber et un partiteur KL4 bis (également branché sur le Grüber) c'est justement sur ce dernier que nous avons mené notre essai. Il ya aussi des déversoirs, bouches de drainage , drains , diguettes, de compartimentage des passages busés.

Enfin disons que la ferme est dirigée par un chef de ferme assisté actuellement) et notons surtout la présence d'un gardien et des manoeuvres temporaires . Le plan de la ferme figure en annexe 1....

2. Localisation :

La ferme est située dans la zone de Niono et à proximité du canal Grüber à environ 3 km de la ville de Niono (également proche du village de Niégué) .

Elle est à cheval sur l'arroiseur 1 d du KL4 bis .
C'est précisément sur le partiteur KL4 bis que nous avons mené notre essai (nous l'avons dit plus haut) . Sur le premier arroseur à droite (1D) il ya 14 parcelles d'un demi-hectare (conférer plan en annexe) .
En plus des détails que nous avons donné sur les sols de l'ON nous spécifierons les particularités des sols de la ferme.

3. Milieu pédologique

Nous avons vu au chapitre I les sols de l'ON , nous étudierons ici les particularités des sols de la ferme de multiplication des semences .

D'autre part nous soulignons que jusqu'à nos jours il n'a été menée aucune étude aussi profonde sur la nature des sols de l'Office du Niger . C'est pour cette raison que nous nous limiterons aux données essentielles de la classification vernaculaire mais la longue il serait mieux de les compléter dans les détails par des études de laboratoire .

En effet d'après la carte des sols , 2 types de sols prédominent à la ferme de multiplication des semences . Il s'agit des sols danga et séno.

Pour ce qui concerne le danga , nous l'étudierons ici du point de vue physique et chimique .

3.1 Danga

Nous l'avons dit plus haut , il occupe 56% des sols de l'Office du Niger soit une superficie totale de 24847 ha .

3.1. Caractéristiques physiques

- Texture : Le danga est un sol évolué qui a conduit à une individualisation du fer . Il est soit de couleur beige ou ôcre ; dans ce cas il ya decapage de l'horizon superficiel . Il forme souvent une croûte mal perméable dès la première irrigation qui influe défavorablement la levée et la croissance des plantes .C'est un sol limoneux sableux où le pourcentage d'argile est inférieur ou égale à 20%, celui du sable supérieur à 52% et le limon de pourcentage nettement supérieur à 50%.
A titre de complément nous avons le résumé de la texture du danga.

Danga	Argile	Limon	Sable	Texture
%	≤ 20%	≥ 50	> 52	LS

- Structure = selon DABIN (1951) le danga est un sol compact et très dur en saison sèche, difficile à labourer si ce n'est qu'après une préirrigation ou une pluie.

- Porosité = c'est un sol à porosité élevée . En effet la densité apparente varie de 1,70 à 1,52 g/cm³ , sa densité réelle à 2,65 g/cm³ et sa porosité totale se situant autour de 35% .

- Perméabilité

La perméabilité du danga est peu élevée . Cette perméabilité reste inférieure à celle du seno .

3.1.2 Caractéristiques chimiques :

Le danga est un sol pauvre en éléments fertilisants en raison de sa situation topographique surtout en humus; le pourcentage d'azote 0,03% (Rapport B.eau), est moyen , PH=5,5 à 8 . Il a une faible teneur en carbone.

3.2 Séno :

C'est une formation dunaise très sableuse. Les seno n'occupent que 6% des sols de l'Office du Niger soit une superficie de 2611 ha - c'est un sol perméable, ce qui fait qu'il n'est pas conseillé pour la culture du riz. Dans ce chapitre nous l'étudierons que très sommairement car il existe peu de données sur les seno .

Nous rappelons que le type de sol est essentiellement utilisés par les populations autochtones pour la culture du petit mil . Le profil se présente de la manière suivante :

0,50 cm = horizon beige ocre clair , très sablonneux très friable. PH = 5,75, Porosité 36% , perméabilité 2,8 10⁻³ M/S
 - 50 - 100 cm = horizon ocre foncé , sablonneux , griable PH = 4,5 , Porosité 38,5 % , perméabilité 1,9.10⁻³ M/S

Séno	sable grossier	Sable fin	Limon	Argile	Texture
0-50cm %	35,1	55,2	7	2	S
50-100 cm %	34,35	54	6	5	S

Dans tous les cas bien que du point de vue agronomique les seno, sont abandonnés pour la culture rizicole ou nous retenons comme propriétés essentielles :

- ce sont des sols très pauvres en argile , qu'ils soient ou non dispersés, la teneur globale des éléments en suspension est très faible.
- Ils sont riches en sable grossier et les éléments de sable fine sont plus ou moins sondés par les oxydes de fer. La teneur en agrégats grossiers est élevée.
- Ce sont des sols très perméables , leur structure est très stable .

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

Nous avons décrit dans le chapitre I l'effet du sodium échangeable sur le sol et sur la plante, nous remarquons d'autre part que si sa présence dans le sol est un problème, la lutte en est aussi un autre très complexe.

Il ya lieu préalablement de débarasser le sol de cet ion ou si son absorption est empêchée par une concentration suffisante d'ions calcium apportés par les amendements. Dans tous les cas l'objectif recherché est l'élimination de la teneur NA échangeable ou tout au moins son abaissement à un seuil tel que sa présence ne soit ni nuisible aux plantes cultivées et non plus aux propriétés physico-chimiques des sols. En d'autres termes il s'agit de la suppression de la réaction alcaline, l'amélioration des propriétés physiques, physico-chimique et biologiques des sols, l'augmentation de la fertilité. Heureusement l'ion Na^+ est très mobile et facile à remplacer par le calcium.

Parmi un amalgame de méthodes, nous avons en cette première année d'étude choisi les 2 principales méthodes suivantes :

- méthode chimique : il s'agit de l'utilisation de produit contenant du calcium (ces produits sont utilisés essentiellement comme source de calcium). Parmi ce groupe, 2 produits ont été testés il s'agit précisément :

+ Gypse : ca sou (96,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

+ Phosphate naturel du Tilemsi (PNT) 42% cao

- méthode culturale = Puddlages successifs, ce puddlage étant une méthode de préparation du sol dans le cadre du repiquage.

Les doses des produits, leurs modes d'application ainsi que la fréquence des opérations de puddlage seront détaillés dans le protocole.

3.1. Protocole expérimental

Titre : Etude sur les méthodes de lutte contre la sodification et l'alcalinisation des sols à l'ON

I- Objectif = Comparer l'effet de différentes méthodes de lutte pour abaisser le pourcentage en sodium échangeable dans les rizières.

II Site de réalisation : Ferme de multiplication des semences ; Niégue, partiteur KL4 bis, premier arroseur à droite (1d)

III Dispositif expérimental = (Voire plan des parcelles)

Traitements :

1. Au gypse : [96,5% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$]
2. Au phosphate naturel du Tilemsi : PNT (42% cao)
3. Méthode culturale : Puddlages successifs

IV. Conditions de réalisation

1. Prise d'échantillons de sol et analyse du PH et C.E à 25°C pour le choix de 3 parcelles.

- 2- PNT et gype à enfouir par labour
- 3- Faire 3 puddlages successifs suivit de drainage
- 4- Faire des diguettes de séparation , sous arroseurs, sous drains (si disponible) afin d'avoir des parcelles indépendantes .

Destination des 3 parcelles

a. Première parcelle : Diviser longitudinalement en 3

- une partie servira de témoin (T1)
 - sur la seconde on effectuera 3 puddlages successifs (T2)
- (T1 et T2 correspondent respectivement aux 2 traitements cités)

a1 Dimensions = L = 104 m , l = 45,16 soit 0,5 ha
chaque sous parcelles aura comme dipensions =

L = 104 m , l = 22,5 m soit 2340 m²

a2 - on repiquera la variété BG - 90-2 sur toute la parcelle et on suivra l'aspect phénologique des plants à différents stades.

* Soit la 1ère parcelle le dispositif I , T1 et T2 = les traitements non puddlés et puddlés dans l'ordre .

NB - on respectera les principales de la fertilisation à l'ON

b- Deuxième parcelles : Diviser longitudinalement en 3 et transversalement en 2 façons à avoir 2 blocs de 6 traitements . Ces 2 blocs seront séparés par un sous-arroseur et un sous-drain .

- 1er bloc (côté arroseur) recevra (3 sous parcelles) respectivement du Gypse , PNT et le dernier servira de témoin

- 2è bloc (côté drain) sera comme la précédente mais on y effectuera en plus 3 puddlages successifs sur les 3 sous-parcelles soit les 6 traitements suivants :

T1 = gypse non puddlé	T4 Gypse puddlé
T2 = PNT non puddlé	T5 = PNT puddlé
T3 = Témoin non puddlé	T6 = Témoin puddlé

* Appelons la 2è parcelle dispositif II (voire plan)

b1- Dimensions = L = 104 m , l = 47,5 m soit 0,5 ha

Chaque sous-parcelles (au nombre de 6) aura comme dimension
L = 51 m , l = 15,5 m soit 790,5 m²

b2 . Doses des produits

- PNT : 4T/ha soit 632 kg pour les 2 sous-parcelles (T2) et (T5) à raison de 316 kg par sous parcelles .
- Gypse = 2T300/ha soit 364 kg pour les 2 sous-parcelles (T1) et (T4) à raison de 182 kg par sous-parcelles

b3 - une variété (Habigang boro II) sera repiquée dans toute la parcelle et on suivra l'aspect phénologique des plants à différents stades .

NB : on respectera les principes de fertilisation de l'ON :

- 100 kg phosphate d'ammonium au repiquage
- 150 kg urée en 2 fractions = au début tallage et à l'initiation paniculaire.

c. Troisième parcelle : soit dispositif III

Diviser seulement longitudinalement en 3 parties (voire 2) soit 3 bandes (parcelles):
Enfouir du gypse sur la 1ère sous-parcelle : T1

- Enfouir du PNT sur la seconde sous-parcelles : T2
- la 3^e servira de témoin : T3

c1 - Dimensions = L = 104 m, l = 47,5 m 0,5 ha
chaque sous-parcelle aura comme dimensions
L = 104 m , l = 15,5 , = 1612 m² avec diguette de séparation

c2 - Dose des produits :

- Gypse 2T300 /ha soit 370 kg pour le traitement
- PNT = 4T/ha soit 645 kg pour le traitement

c3 - La parcelle sera mise en eau , mais ne recevra pas de culture , on effectuera des irrigations d'appoint dès que le besoin se fera sentir et simuler à la culture du riz .

V. Analyses et observations :

1. Prise d'échantillons de sol et analyse du PH et CE à 25°c pour le choix de 3 parcelles (voire VI 1) au labo DR/D .

2. Prise d'échantillons d'eau avant chaque opération de puddlage et avant chaque vidange et analyse du PH et CE .

3. Prise d'échantillons d'eau à chaque mouvement de l'eau (irrigation ,vidange) dans la parcelle .

4. Relevé des hauteurs d'eau avant et après irrigation et drainage

5. Dernier échantillonnage de sol (par traitement) en fin de campagne (après le dernier drainage)

6. Analyse chimique du sol et d'eau = cations et anions (sotub.)

7. Bilan hydrique

7.1 mesure des échelles dans chaque traitement

7.2 Calculs

- Stock initial ca⁺⁺ , Na⁺ Mg ⁺⁺, K⁺
- apport par irrigation
- évacuation par drainage
- Stock final dans le sol

8. Suivi de l'aspect phénologique des plants à différents stades de végétation

8.1 Nombre de talles /m² au tallage maximum

8.2 Taille des plants à la récolte

8.3 Nbre de panicules /m² à la récolte

8.4 Nombre de graines par panicule

8.5 Pourcentage de balles vides

8.6 Poids de 1000 graines

3.2 Procédus du choix des parcelles :

Pour la mise en place des 3 dispositifs de l'essai il y avait lieu de choisir 3 parcelles parmi 9 .

Le site de réalisation étant bien précisé (Ferme de multiplication des semences) et principalement sur le premier arroseur à droite du partiteur KL4 bis (1D), les 9 parcelles disponibles étaient de 1D6 à 1D14 (ADA à 1D5 étant occupé pour les pépinières de diverses variétés de riz).

Afin d'effectuer judicieusement ce choix parmi les 9 parcelles précitées , les données précises de sol se faisant défaut , nous avons fait un échantillonnage de sol dans chacune des parcelles et les analyses de PH et CE à 25 ° ont été faites au laboratoire de la DRD . La technique d'échantillonnage et la méthode d'analyse seront détaillées dans ce même chapitre .

Après la prise d'échantillons de sol et analyse le choix des 3 parcelles a été fait en considération des 2 données suivantes .

- PH : l'analyse étant faite sur le PH eau et PHKO nous avons effectué une moyenne du PH de surface et celui de la profondeur chaque parcelle prise indépendamment.

- CE à 25 ° c en mmhos/cm : La même procédure (moyenne des surfaces et profondeurs) a été exécutée pour la C.E

L'objectif étant de choisir les parcelles à PH et CE élevés les 3 parcelles suivantes ont été prises de données respectives.

- * Parcelle 1D14 : PHeau = 8,77, PHKcl = 7,26 , CE = 0,32 mmhos/cm
- * Parcelle 1D10 = PH eau = 8,40, PHKcl = 7,02, CE = 0,34 mmhos/cm
- * Parcelle 1D6 : PH eau = 8,07, PH cl = 6,86 , CE = 0,37 mmhos/cm

D'autre part si le choix des 3 parcelles a été fonction du PH et CE celui de la répartition de ces même parcelles entre les dispositifs a été de ce même sens c'est pourquoi :

- * 1D14 a été choisi pour le test puddlage (dispositif I)
- * 1D10 a été choisi pour le test Amendement /puddlage (dispositif II)
- * 1D6 a été choisi pour le test Amendement (dispositif III)

Nous rappelons que les résultats des analyses de sol figurent (en annexe tableau Page) . Parallèlement un calendrier d'exécution des travaux d'échantillonnage pour le choix des parcelles a été établi (voire tableau No Page) .

3.3 Calendrier des travaux de mise en place =

Pour donner plus d'éclaircissement à ce calendrier nous l'avons formulé en tableau indépendamment pour chaque dispositif . (Voir tableau No 1,5 Page 10). En ce qui concerne le plan du test , il a été détaillé dans le protocole .

3.4 Suivi analytique de l'expérimentation :

Dans la pratique courante , il ya plusieurs indices permettant de juger l'état de la salinité d'un sol . Nous en citerons entre autres sans donner assez de détails .

- L'état du sol = la teneur élevée en sels provoque la formation d'une croûte blanchâtre ("salut blanc") ou noirâtre ("salut noir"). D'autre part, une structure poudreuse est observable dans les premiers centimètres.

- La végétation = elle est colonisée par une végétation particulière. Cette dernière est composée d'espèces de plantes halophytes plus ou moins adaptées à la présence de sels dans le sol on peut aussi faire une première approximation du degré de salinité par cette méthode à partir d'associations végétales existantes (présence de plantes peu, moyennes ou très tolérantes au sel permettant d'établir un gradient de salinité à l'intérieur d'une région bien déterminée).

Bien que ces indices aient une importance non négligeable dans l'étude des sols salés, ils ne sont qu'une présomption de salinité. En plus ils ne peuvent ni préciser la nature des sels, ni leurs différentes proportions dans le complexe absorbant du sol - c'est de là que découle la nécessité de faire un diagnostic approprié c'est à dire l'analyse au laboratoire avant de décider de toute forme de lutte.

Au laboratoire, 3 mesures essentielles permettent d'identifier les sols sodiques et alcalins =

- la conductivité électrique (CE) à 25°c en mmhos/cm

- le PH du sol

- la teneur au sodium échangeable par rapport à la CEC.

Nous avons effectués les 2 premières mesures et les analyses chimiques ont été effectuées en collaboration avec le laboratoire de la SRCVD (Sotuba)

Parallèlement des échantillons d'eau d'irrigation ont été prises et les mêmes analyses ont été faits.

La technique d'échantillonnage de sol et d'eau et la méthode d'analyse seront étudiées en détail.

3.4.1 Prélèvement d'échantillons

3.4.1.1 Echantillon de sol = l'hétérogénéité du sol en zone ON est très élevée; pour la réduire nous avons effectué un grand nombre de prises afin d'obtenir un échantillon composite représentant l'ensemble des parties d'une parcelle considérée.

A la ferme de multiplication de semences, précisément sur l'arroseur 1D les prises ont été faites au total sur 9 parcelles. Sur chaque parcelle rectangulaire (toutes identiques de 0,5 ha soit 104 m x 47,5 m) 20 prises ponctuelles ont été faites en zigzag soit 5 prises en 4 lignes.

Le schéma ci-joint illustre mieux la technique avec des précisions sur les lignes de prise et les points de prises.

Au champ juste après le prélèvement on mélange l'ensemble des prises d'une parcelle (en ne mélangeant pas les échantillons d'origines différentes) dans le but de constituer un échantillon moyen de la parcelle considérée. En d'autres termes 20 échantillons élémentaires constituent 1 échantillon composite.

En fait 2 horizons de prélèvement ont été choisis, horizon de surface (0-20cm) et celle de profondeur /50-70 cm).

Lors du prélèvement chaque échantillon est accompagné d'une étiquette de référence permettant par la suite de le retrouver aussi bien au champ qu'au laboratoire.

Les éléments de référence étaient les suivants :

- Localisations = Exple KL4 bis

- Numérotation = elle est conventionnelle, exple 1D6, 1D9.

Dans ce même ordre, 2 parcelles 1D7 et 1D8 ont été échantillonnées dans le sens contraire pour voir l'efficacité de la méthode c'est pourquoi dans la numérotation l'on retrouve 1D 7 Is, 1D8 I, 1D7 II, 1D7 I P...

- Date de prélèvement : elle nous situe dans le temps

- Horizons de prélèvement : surface ou profondeur (S ou P)

3.4.1.2 Echantillons d'eau

Comme pour les échantillons de sol, nous avons fait des prises d'échantillons d'eau à chaque mouvement de l'eau dans la parcelle (irrigation ou drainage).

Les prises d'échantillons étaient toutes en double dont une servait pour la mesure du PH et CE à 25°c (au laboratoire de la DRD) et l'autre pour les analyses chimiques (au laboratoire de la SRCVD)

Une prise moyenne était faite dans un flacon numérotée à l'avance et étiquetée soit dans différents points dans la parcelle ou à l'arrosoir au beau milieu de l'irrigation .

. Les prises dans la parcelle = elles se faisaient soit avant la vidange (après puddlage ou pour fertilisation) soit avant les rajouts .

- Les prises à l'arrosoir = elles concernent les irrigations (avant puddlage , mise en eau, au moment des rajouts

Les mesures du PH et CE ont effectuées à la DRD et l'analyse chimique à Sotuba (SRCVD).

5. Méthodes d'analyse

5.1. Analyse de sol

5.1.1 Préparation générale du sol à l'analyse

On juge des qualités du sol étudié d'après les résultats de l'analyse.

De la manière qu'il est important de prélever convenablement les échantillons de sol dans le champ , il en est de même pour sa préparation à l'analyse. Nos analyses ont portée sur le PH et la conductivité électrique à 25°c.

Un échantillon de sol de 500 g à 1000 g est établi (après prélèvement au champ) en couche mince sur un sac étalé ou sur un plaquet à l'étagère dans l'enceinte du laboratoire . Les gros grummeaux de sol sont écrasés entre les doigts. On retire soigneusement toutes les racines , les inclusions et néogotmations (on fait sur le sol ainsi préparé une prise moyenne).

Une fois séché , le sol après être intimement mélangé est concassé dans un mortier de porcelaine avec un pilon et l'on tamise à travers un tamis à trou de 2 mm (terre fine) .

Le sol restant est de nouveau concassé dans un mortier et passé à travers le même tamis - on continue à le concasser jusqu'à ce qu'il ne reste sur le tamis que la partie caillouteuse du sol .

On égalise le sol ainsi préparé dans un emballage plastique convenablement étiqueté- Un exemplaire de l'étiquette de l'échantillon est placé dans le plastique et la même référence est écrite dessus avec un bic feutre indelebile

c'est sur cette terre fine ainsi préparée que s'est portée nos analyses de sol.

5.1.2 Marche à suivre pour l'analyse

Nos analyses de PH et CE à 25° c ont porté sur l'extrait 1/2,5 .

En ce qui concerne le PH, nous avons effectué le PH eau et le PHKCl. La CE à 25°c et le PHeau ont été mesurés en double .

5.1.3 Préparation de l'extrait 1/2,5

On pèse sur une balance technique 20 g de sol préparé (terre fine) on le met dans un flacon numéroté , ensuite on y ajoute 50 ml d'eau distillée (pour le PH eau) ou 50 ml de KCl (pour le PHKCl)

5.1.4 Agirtation

L'extrait ainsi préparé est soumis à l'agitation (par un appareil spécial l'agita- teur) pendant 2 heures .

5.1.5 Mesure

Le PH (PHeau , PHCl) et la CE à 25°c ont été mesurés respectivement à l'aide du PH mètre et du conductimètre .

Le principe et le fonctionnement de ces appareils seront détaillés dans la présen- tation des matériels utilisés.

5.2. Analyse des eaux :

En ce qui concerne les eaux, nous avons mesuré aussi bien le PH que la CE .Mais à la différence des sols , il n'ya pas de préparation préliminaire , la mesure est directement faite après la prise dans le flacon. Les même matériels (PH mètre et conductimètre) ont été utilisés .

Les résultats de la mesure de PH et CE aussi bien pour le sol et les eaux figurent dans les tableaux en annexe IX , X , XI .

CHAPITRE IV/ Résultats et Discussions

1. Résultats des analyses de sols et d'eaux

1.1. Résultats des analyses de sol

1.1.1. Résultats des analyses de sol pour le choix des parcelles

L'échantillonnage des sols (en debut de campagne) n'ayant pas été fait à temps opportun , le choix des 3 parcelles a été fonction du PH et de la CE à 25°C . Ces résultats préliminaires figurant en annexe. ~~ix~~. nous permettent d'identifier nos échantillons .

Vu le PH , nos échantillons se situent à PH = 8,05 (moyenne surface/profondeur) à PH = 8,77 (S/P).

D'après la "classification plus adoptée aux sols de l'Office du Niger"(Soma Dembélé -mémoire de fin de cycle décembre 1986) nous nous situons dans la classe des sols alcalins.

Quant à la CE à 25°C en mmhos /cm (S/P). D'après la même classification citée plus haut nos échantillons ne sont pas salés , mais il y a un risque d'alcalinisation " . En résumant nous dirons tout simplement que nos échantillons de référence (début de campagne) sont alcalins non salés

D'autre part nous remarquons (d'après les résultats de l'analyse) que la différence de PH (DPH = PHeau -PHcl) est supérieure à l'unité et précisément d'une moyenne de 1,58 ce, qui nous permet de dire que nos échantillons analysés ont une acidité potentielle forte et sont instables .

Notre objectif étant d'abaisser l'ESP (voire protocole) les résultats d'analyses nous donnera plus de renseignements sur le degré de sodicité, facilitera la classification et nous orientera sur la méthode de la lutte.

Nous signalons que les analyses chimiques de sols n'ont porté que sur les 3 parcelles choisies (au lieu de 9) ; il s'agit de la AD6, 1D10 et 1D14 (surfaces et profondeurs)

Le tableau ci-dessous illustre ces résultats. T-13

Nature	1D6S	AD6P	1D10S	1D10P	1D14S	1D14P
CEC.meq/100g (acetats d'ammonium)	12,5	14,7	14,5	15,2	11,7	13,6
Na+ --	2,69	2,41	2,69	2,13	2,93	3,13
K+ --	0,64	0,36	0,36	0,26	0,36	0,17
Ca ++ --	6,33	8,33	8,20	9,14	9,31	9,87
Mg++ --	1,14	3,50	2,90	3,16	2,90	3,05
% satural (Base/CeC)x100	86	99,9	98	97	SAT	SAT
ESP %	21,52	16,39	18,55	14,01	25,04	23,01

Ces résultats confirment que le Na^+ échangeable occupe un pourcentage élevé dans ces sols . Sauf en 1D10 (P) les chiffres de ESP 15% .

Selon la classification indiquée au chapitre I; ESP 15 est un sol sodique ce qui revient à récapituler en disant que selon les analyses effectuées nous nous situons dans la classe des sols alcalins sodiques .
Ces résultats confirment que le choix des parcelles a été judicieux .

1.1.2 Résultats des analyses de sol enfin de campagne

Son objectif étant de pouvoir ressortir l'effet des différents traitements pour la période considérée , l'échantillonnage a été fait pour chaque traitement aussi bien en surface qu'en profondeur.

Nous pensons que sa classification s'avère ici peu d'importance car nous la retrouverons en comparaison avec les échantillons de référence dans ce même chapitre .

Compte tenu du temps imparti les analyses du dernier échantillonnage n'ont porté que sur le PH et la CE à 25 ° C, nous regrettons de ne pas pouvoir mentionner ici les analyses chimiques qui d'ailleurs ont une importance particulière dans notre étude .

1.2 Résultats des analyses des eaux d'irrigation .

Les échantillons d'eau prélevés à chaque opération d'irrigation et drainage (voire chap. III : échantillonnage) ont été analysés .

Les analyses ont porté d'une part sur le PH et la CE à 25°C au Laboratoire de la DR/D de l'ON d'autre part sur les cations (Na^+ , K^+ , Ca^{++} ; Mg^{++}) au laboratoire des sols de la S.R.CVO à Sotuba .

Ces résultats figurant en annexe nous permettent d'établir un bilan des sels et de voir les proportions des différents éléments sous plusieurs états : irrigation , drainage (après puddlage) - Pour ce faire nous avons jugé faire un échantillon moyen de ces données dans le tableau ci-dessous.

T 14

Nature	Eaux d'irrigation		Eaux de drainage , après puddlage					
			Témoïn		Gypse		PNT	
	meq/l	%	meq/l	%	meq/l	%	meq/l	%
Na^+	0,11	16,4	3,6	68,44	4,16	69,21	2,55	63,11
K^+	0,04	6,0	0,15	2,85	0,11	1,83	0,22	5,44
Ca^{++}	0,39	58,2	1,09	20,72	1,37	22,89	0,63	15,6
Mg^{++}	0,13	19,4	0,42	8	0,37	6,15	0,64	15,84
Total...	0,67	100	5,26	100	6,01	100	4,04	100

De part la composition des eaux d'irrigation nous observons une proportion élevée du Na^+ et Ca^{++} par rapport au autre cations . D'autre part la composition des eaux d'irrigation (répartition des cations par pourcentage) se rapproche à celle du sol (moyenne des analyses effectuées) qui sont sodiques. Ce qui nous permet de dire que les eaux d'irrigation pourraient , avec les phénomènes de remontées, être à l'origine de la sodisation et alcalinisation des sols à l'ON dans la mesure où le drainage n'est pas correct de façon générale.

2. Effet des différents traitement sur le PH, la CE à 25°C et l'aspect phénologique des plantes :

Nous nous empressons toute fois de rappeler que notre objectif étant d'abaisser l'ESP , nous comparerons chaque traitement enfin de campagne au résultat d'analyse de référence (début campagne) .Mais les résultats d'analyse chimique (fin campagne) nous nous limiterons ici à une comparaison simple -D'autre part les observations sur la végétation restent actuellement pour nous un complément d'information mais pourraient servir à nous n'avons ici nullement la prétension de décrire la physiologie du riz à différents Stades mais seulement quelques remarques (observations) nous servant d'éléments d'appréciations dans la suite de notre étude . Pour donner plus d'éclaircissement à cette analyse nous emprocederons par dispositif .

2.1. Dispositif I (Essai, Puddlage)

2.1.1. Observations sur la végétation

Nous l'avons dit dans le protocole , la variété utilisée est la BG-90-2, Cycle court : 125 jours , paille courte, non photosensible .

Nous rappelons qu'elle a été repiquée le 21/22/09 nos observations ont été les suivantes :

- reprise normale dans les 2 traitements (T1 et T2)
- coloration jaune-verdâtre en certains points mais plus accentuées en T2
- végétation en T1 plus luxuriente et plus homogène en T1 qu'en T2
- Tallage en T2 : 253 talles/m2 soit 10 brins/poquets; T1 : 337 talles/m2 soit 14 brins/poquet.

- dessèchement du bout des feuilles (premiers feuilles) du côté drain en T1 et T2 puis disparition de ces symptômes
- épiaison

NB : Compte tenu du cycle de la végétation et de notre stage nous n'avons pas reucenser ici les autres données (tailles des plantes ,rendements....).

2.1.2. Effet des différents traitement sur le PH et la C.E à 25°C :

Nous avons évoqué dans les lignes précédantes (observations sur la végétation) que la végétation est en cours-or il serait plus interessant de comparer les traitements en début et fin de campagne . Le dernier échantillonnage de sol n'a pas pu être effectué du fait que la maturité n'est pas atteinte mais nous pouvons avoir une évolution des sels dans le bilan des sels que nous évoquerons plutard .

2.2 Dispositif II (Essai amendement /Puddlage)

2.2.1 Observations sur la végétation

La variété repiquée ici est Habigan (boro II), paille courte, non photosensible, cycle 90-100 j les observations ont été les suivantes :

- reprise bon normale dans tous les traitements
- coloration jaunâtre par ponction mais plus accentuée en T3 (3^e bande), T1 (3^e, 4^e et 5^e bande)
- tallage : données (moyenne de 5 échantillons) T-15

T1 = 449 Talles/m²
 T2 = 472 talles/m²
 T3 = 450 Talles/m²
 T4 = 448 Talles/m²
 T5 = 436 Talles/m²
 T6 = 500 Talles/m²

Non puddlé	Gypse	T1	449 talles/M ²
	PNT	T2	472 -"-
	Temoin	T3	450 -"-
Puddle	Gypse	T4	448 -"-
	PNT	T5	436
	Temoin	T6	500 -"-

- pertes de certains plants signalés en T3 par dessèchement
- mauvaise épiaison des parties signalées en T3 (3^e bandes) T1 (3^e, 4^e et 5^e bande) , coloration ~~bonne~~ pourpre
- Nous regrettons de ne pas pouvoir récolter cette variété qui d'ailleurs est presque à maturité en fin de stage.

Ces données pourraient concernées = rendement brut, taille des plantes à la récolte , poids 1000 graines , pourcentage de balles vides.

2.2.2 Effets des différents traitements sur la CE à 25°C et le PH

Cette comparaison ne pourra se faire bien entendu que sur le PH et la CE à 25° C car les analyses chimiques du dernier échantillonnage n'ont pas été faites au courant de ce stage . Cette comparaison par profondeur de prélèvement (surface et profondeur) ce fait en 2 étapes .

- comparaison entre le début et fin de campagne
- comparaison inter-traitements

2.2.2.1 Comparaison entre debut et fin de campagne :

D'après les résultats de l'analyse de PH et CE à 25 des échantillons de référence et dernier échantillonnage il suit le tableau suivant :

T-16

		Traitements CE $\Delta 25^\circ \text{C}$ mmhos/cm			PHeau			PHKCl			
		Début	fin	D	DÉBUT	fin	D	Début	fin	D	
Non puddlé	T1	Gypse -S	0,36	0,34	0,02	8,57	8,35	0,22	7,09	7,33	0,23*
		-----P	0,32	0,31	0,01	8,23	8,14	0,09	6,96	7,03	0,07 *
	T2	PNT-S	0,36	0,22	0,14	8,57	7,99	0,58	7,09	6,9	0,19
		PNT-P	0,32	0,28	0,04	8,23	8,49	0,26	6,96	8,22	1,26 *
	T3	Témoïn S	0,36	0,30	0,16	8,57	7,95	0,62	7,09	7,03	0,06
		Témoïn-P	0,32	0,17	0,15	8,23	7,89	0,34	6,96	7,62	0,66*
Puddlé	T4	Gypse-S	0,36	0,32	0,04	8,57	8,00	0,57	7,09	7,08	0,01
		Gypse-P	0,32	0,40	0,08	8,23	8,17	0,06	6,96	6,95	0,01
	T5	PNT-S	0,36	0,16	0,16	8,57	7,43	1,14	7,09	6,61	0,48
		PNT-P	0,32	0,36	0,04	8,23	7,79	0,44	6,96	6,65	0,31
	T6	Témoïn-S	0,36	0,17	0,19	8,57	7,18	1,39	7,09	6,66	0,43
		Témoïn -P	0,32	0,29	0,03	8,23	7,8	0,43	6,96	6,73	0,23

NB : L'échantillon de référence est unique (un échantillon composite a été prelevé) pour chaque dispositif.

- Le signe "*" signifie qu'il ya une élévation.

2.2.2.2. Comparaison inter-traitements :Conductivité électrique 0 25°C = Surface

Puisque l'échantillon de départ est uniforme , nous avons jugé utile de simplifier la comparaison en ne mentionnant pas la différence.

T-17

	Témoin	Gypse	PNT	Effet Gyp _{se}	Effet PNT
Non puddlé	0,20	0,34	0,22	+ 0,14	+ 0,2
Puudlé	0,17	0,32	0,16	+ 0,15	- 0,01
Effet puddlage	+ 0,03	- 0,02	- 0,06	-	-

Effet moyen Gypse = + 0,145

Effet moyen PNT = + 0,005

Effet moyen Puudlage = - 0,037

C.E. à 25°C = Profondeur T-18

	Témoin	Gypse	PNT	Effet Gyp _{se}	Effet PNT
Non puddlé	0,17	0,31	0,28	+ 0,14	+ 0,11
Puudlé	0,29	0,40	0,36	+ 0,11	+ 0,07
Effet puddlage	+ 0,12	+ 0,09	+ 0,08	-	-

Effet moyen gypse = + 0,125

Effet moyen PNT = + 0,09

Effet moyen puudlage = + 0,097

* PH eau : Surface T-19

	Témoin	Gypse	PNT	Effet Gyp _{se}	Effet PNT
Non puddlé	7,95	8,35	7,99	+ 0,40	+ 0,04
Puudlé	7,18	8,00	7,43	+ 0,82	+ 0,25
Effet Puudlage	- 0,77	- 0,35	- 0,56		

Effet moyen gypse = + 0,61

Effet moyen PNT = + 0,14

Effet moyen Puudlage = - 0,56

* Pheau Profondeur T-20

	Témoin	Gypse	PNT	Effet Gypse	Effet PNT
Non Puddlé	7,89	8,14	8,49	+ 0,25	+ 0,60
Puddlé	7,8	8,17	7,79	+ 0,37	- 0,01
Effet Puddlage	- 0,09	+ 0,03	- 0,7		

Effet moyen Gypse = + 0,31
 Effet moyen PNT = + 0,295
 Effet moyen Puddlage = - 0,253

* PH K cl = surface T-21

	Témoin	Gypse	PNT	Effet Gypse	Effet PNT
Non Puddlé	7,03	7,33	6,9	+ 0,30	- 0,13
Puddlé	6,66	7,08	6,61	+ 0,42	- 0,05
Effet Puddlage	- 0,37	- 0,25	- 0,29		

Effet moyen Gypse = + 0,36
 Effet moyen PNT = - 0,09
 Effet moyen Puddlage = - 0,30

* PH K cl : Profondeur T-22

	* Témoin	* Gypse	PNT	Effet Gypse	Effet PNT
Non puddlé	7,62	7,03	8,22	- 0,59	+ 0,60
Puddlé	6,73	6,95	6,65	+ 0,22	- 0,08
Effet Puddlage	- 0,89	- 0,08	- 1,57		

Effet moyen gypse = - 0,18
 Effet moyen PNT = + 0,26
 Effet moyen Puddlage = - 0,84

2.3. Dispositif III (Essai amendement)2.3.1 Observations sur la végétation

Etant mise dans les conditions normales de culture la parcelle n'a pas été ensemencée . Cependant nous avons remarqué quelques herbes de la famille des cyperacées qui se regroupent en quelques endroits laissant d'autres vides .

3.2.2 Effets des différents traitements sur le PH et CE à 25°C

- 3.2.2.1 Comparaison début et fin de campagne (d'après les résultats du dernier échantillonnage) : tableau 23

Traitement		C.E à 25 mmhos/cm			Pheau			PH K cl		
		Début	Fin	D	Début	Fin	D	Début	Fin	D
T1	Gypse S	0,43	0,27	0,16	8,20	8,00	0,20	7,02	7,16	0,14*
	Gypse P	0,31	0,25	0,06	7,95	7,82	0,13	6,64	6,78	0,14
T2	PNT S	0,43	0,26	0,17	8,20	8,20	0	7,02	7,25	0,23 *
	PNT P	0,31	0,21	0,10	7,95	7,63	0,32	6,64	6,45	0,19
T3	Témoin S	0,43	0,39	0,04	8,20	8,50	0,30*	7,02,	7,46	0,44*
	Témoin P	0,31	0,34	0,03 *	7,95	8,06	0,11*	6,64	6,80	0,16*

NB * élévation de fin par rapport au début

3.2.2.2 Comparaison inter-traitements T - 24

* Conductivité électrique à 25°C : Surface

	Gypse	PNT
Témoin	0,39	0,39
Traitement	0,27	0,26
Effet Traitement	- 0,12	- 0,13

* Conductivité électrique à 25°C : Profondeur T 25

	Gypse	PNT
Témoin	0,34	0,34
Traitement	0,27	0,26
Effet traitement	- 0,12	- 0,13

* PH eau = Surface T - 26

	Gypse	PNT
Témoin	8,50	8,50
Traitement	8,00	8,20
Effet traitement	- 0,50	- 0,30

* PHeau = Profondeur T. 27

	Gypse	PNT
Témoin	8,06	8,06
Traitement	7,82	7,63
Effet traitement	- 0,24	- 0,43

* PHKcl surface T - 28

	Gypse	PNT
Témoin	7,46	7,46
Traitement	7,16	7,25
Effet traitement	-0,30	- 0,21

* PHK cl = Profondeur T - 29

	Gypse	PNT
Témoin	6,80	6,80
Traitement	6,78	6,45
Effet Traitement	- 0,02	- 0,35

2.4 Commentaires et Conclusions

Dispositif I-

Nous remarquons une augmentation notable du nombre de talles/m du témoin (337 talles/m²) par rapport au traitement puddlé (253 talles/m²). Cette observation bien qu'apparente présume que le puddlage a eu un effet sur la végétation mais dans le sens d'une diminution du nombre de talles - Notons cependant que ce résultat ne reste qu'une simple observation car il serait prudent de le vérifier les années à venir .

Dispositif II :

Nous n'avons pas remarqué une différence aussi notable sur le nombre de talles - Retenons cependant la mauvaise végétation d'une partie (3°, 4° et 5 bande) du gypse non puddlé et du témoin non puddlé (3° bande). Sur ces endroits le tallage a été médiocre , les plants sont rabougrés et l'épiaison très mauvaise .

Conductivité électrique à 25°C = CE à 25°C

Globalement les traitements ont eu un effet sur la CE à 25°C que ce soit en surface ou en profondeur.

En surface le gypse semble avoir eu plus d'effet dans l'augmentation de la CE à 25°C en présence ou non de puddlage alors que le PNT semble avoir eu plus d'effet dans l'abaissement (léger abaissement) quand il est associé au puddlage.

En profondeur, l'effet des différents amendements reste marqué par rapport au témoin mais nous remarquons une élévation de la CE à 25°C en profondeur dans les traitements puddlés par rapport aux non puddlés.
ya-t-il eu lixiviation des sels libérés ?

PH eau :

Comme dans le cas de la C.E à 25°C les différents traitements ont eu un effet notable en surface et en profondeur avec une action plus marquée du gypse sur le PH que le PNT qui l'abaisse (très peu) en surface comme en profondeur par rapport au témoin. Le puddle contribue à accroître probablement son action.

PHK cl :

Nous avons les mêmes tendances - L'effet du PNT se solde par un abaissement du PHCl. En surface comme en profondeur le puddlage a permis un abaissement du PHCl pour l'ensemble des traitements. Mais DPH en moyenne devient inférieur à 1 en surface alors qu'il était de 1,58

Dispositif III :

Seule l'apparition de cyperacées (cyperus rotundus) a été notable sur les 3 traitements avec regroupement sur certaine partie que d'autres.

Pour la CE à 25°C le gypse et le PNT semble avoir le même genre d'effet d'abaissement, mais avec un effet plus marqué sur le PNT surtout en profondeur.

Pour le PHeau et le PHKCl on note la même tendance. On note également pour les 2 amendements DPH 1 en surface alors que pour le témoin il reste 1. Mais en profondeur DPH est supérieur à 1

Conclusions :

Le gypse semble avoir plus d'effet sur la C.E à 25°C et le PH que le PNT et cela reste à des valeurs extrêmement fortes même après puddlage. De ce point de vue son effet vaut en moyenne 4 fois celui du PNT (en surface) ce dernier contribue même à l'efficacité du puddlage. Ce qui revient à revoir la solubilité du gypse par rapport au PNT.

Les aspects ainsi évoqués pourraient être en partie confirmés par le bilan des sels que nous allons établir de part les sels solubles et les cotions.

3. Essai d'un bilan des sels

Toute eau: même l'eau " douce " contient des sels dissous. Les plus importants sont les chlorures , les sulfates et carbonates de calcium de sodium et même de magnésium .

Par conséquent on admet que l'irrigation apporte au sol une certaine quantité de sels (suivant la qualité de l'eau)- Le danger de ce Phénomène est réel et il est important de faire un bilan des sels.

L'analyse du sol étant faite (stock initial en sels connu) ce bilan s'établit par le calcul de la quantité de sels apportée au sol par l'eau d'irrigation et celui de ce qui est emportée par les eaux de drainage. Il permet de constater non seulement le mouvement des sels par l'intermédiaire de l'eau, mais aussi d'estimer le stock final en sels (après analyse en fin de campagne.

Il nous importe pour l'établissement de ce bilan de connaître la quantité globale de sels apportée par l'eau d'irrigation et celle la quantité d'eau qui traverse le sol de conductivité électrique mesurée .

Pour ce faire nous supposons 2 hypothèses préalables :

1. Il ne se produit aucune précipitation de sels solubles dans le sol (sols irrigables . J.H Durand P.198)

2. La concentration des sels dans toute la masse d'eau retenue dans le sol se fait uniformément (J.H. Durand -les sols irrigables-P.101)

Nous estimons alors par des calculs mathématiques obtenir une solution approchée du problème cependant à propos de la quantité d'eau d'irrigation et de drainage il nous importe d'établir un bilan hydrique dont les données de base resteront le volume des arrosages et vidange de conductivité électrique mesurée

3.1 Bilan hydrique

3.1.1. Elements du bilan

Pour une période fixée le bilan hydrique d'un champ s'exprime comme suit(mm):

$$P + I + DR + DH = ET + D + F + E \text{ où}$$

P = précipitation

I. Irrigation du champ

DR = Variation du stock dans le profil

DH = variation de la lame d'eau dans le champ

ET = évapotranspiration du riz

D = drainage

F = percolation

E = écoulement

Les éléments ci-après cités fournissent des données très intéressantes sur le bilan hydrique et notamment sur le mouvement de l'eau dans le sol.

Mais s'ils ont tous une influence certaine sur le bilan hydrique ils n'en ont pas tous assez sur le bilan des sels. C'est pourquoi dans notre étude du bilan des sels nous avons fait les considérations suivantes .

Précipitation :

Elle constitue certe un important gain d'eau mais dans le bilan des sels (nous négligerons la quantité de sels apportée par les eaux de pluie) elle contribue à une augmentation du volume d'eau par conséquent une baisse de la concentration mais la quantité de sels dans la parcelle reste pratiquement la même .

- Variation du stock dans le profil : elle constitue au changement de la quantité d'eau stockée dans le profil c'est à dire essentiellement la quantité d'eau nécessaire à ramener la nappe phréatique au niveau de la surface. Par les préirrigations elle ne modifie que peu notre étude.

- Evapotranspiration : elle est une perte d'eau par conséquent une diminution de la quantité d'eau dans la parcelle se soldant par une augmentation de la concentration en sels mais la quantité de sels dans la parcelles reste pratiquement la même . Ensuite il ne se produit aucune précipitation où volatilisation solubles (voir hypothèse 1) .

- Percolation et écoulement latérale.

La pluviométrie et les irrigations de la période préparatoire dans les champs ramènent la nappe phréatique au niveau de la parcelle . Dès ce moment on peut admettre .

. La percolation si elle existe dans les sols de l'Office du Niger reste négligeable : (rapport B.eau P.13)

. les pertes par écoulement d'une parcelle à l'autre ou de la parcelle dans l'arroiseur ou drains , sont également négligeables.(Rapport B.eau P.13).

En considérant les phythèses préétablies notre bilan se resume en gain par irrigation et en perte par drainage.

Pour la mesure du volume d'eau , nous avons installé des échelles de mesure de la hauteur (lame) d'eau .La surface étant connue on calcule aisement ce volume . Pour ce qui nous concerne , les échelles étant fixes nous avons installés une échelle par traitement (soit au total 11 échelles pour les 3 dispositifs.)

3.2. Bilan des sels :

La quantité d'eau étant mesurée à chaque opération (avant et après), un échantillon d'eau est pris pour la mesure du PH , CE à 25°C au laboratoire de la DRD et les analyses chimiques à Sotuba.
La technique d'échantillonnage et la mesure du PH, CE à 25°C des eaux ont été décrit dans le chapitre III.

D'autre part, la hauteur de la lame d'eau, les résultats de la mesure du PH , CE à 25 ° C pour chaque opération , et les résultats des analyses chimiques pour chaque opération (Les 3 dispositifs) figurent en annexe
.....page.....

Dans ces conditions , le bilan des sels se resume par la différence de la quantité de sels apportée par les eaux d'irrigation (total des irrigations) estimée en kg/ha à celle de la quantité de sels emportée par drainage (total des drainages).

Les tableaux suivants recapitulent le bilan des sels par dispositif en fonction de la CE à 25 °C et en fonctions des cotions toutes les analyses chimiques n'ayant pas été faites le bilan des sels à partir des cotions reste partiel).
Dispositif I (Essai puddlage)

A partir de la CE à 25°C (quantité en kg/ha) T-30

Traitements	Non puddlé	Puudlé
Apports	199,48	287,79
Pertes	89,53	679,00
Différence	+ 109,95	- 391,22

* A partir des cotions (Bilan partiel) T31

Apport	Na+			K+			Ca++			Mg+		
	Perte	Bilan	Apport	perte	Bilan	Apport	Perte	Bilan	Apport	Per- te	Bilan	
Non-puudlé	10,21	15,21	-5,00	7,56	2,60	+4,95	13,84	+17,30	13,37	5,94	+7,43	
Puudlé	15,64	185,94	170,3	13,12	22,78	9,64	37,73	52,13	-24,40	39,36	-18,55	

Bilan des sels :

Dispositif II : A partir de la CE à 25°C (Quantité en kg/ha) T-32

Traitements	Non puudlé			Puudlé		
	Gypse	PNT	Témoin	Gypse	PNT	Témoin
Apport irrigation	139,53	137,63	133,71	211,26	212,14	218,59
Perte par drainage	129,58	105,75	133,08	864,39	552,05	755,34
Différence	+9,95	+31,87	+0,63	-653,13	-339,91	- 536,75

A partir des cotions (Bilan partiel en kg/ha) T-33

Traitements Eléments		Non puddlé			Puddledé		
		Gypse	PNT	Témoin	Gypse	PNT	Témoin
Na+	Apport	5,19	5,31	5,44	9,61	10,25	11,00
	Perte	19,10	23,15	23,90	223,78	142,44	192,78
	Différence	- 13,91	-17,84	-18,46	-214,17	-132,19	- 181,78
K+	Apport	3,92	4,12	4,17	8,98	9,61	9,36
	Perte	1,26	1,52	2,15	11,13	18,84	13,53
	Différence	+ 2,65	+ 2,60	+ 2,01	+ 2,015	- 9,23	-4,17
Ca++	Apport	17,08	17,45	17,7	35,92	31,24	37,32
	Perte	2,78	5,56	5,31	60,97	32,89	53,00
	Différence	+14,29	+11,88	+12,38	-24,05	-1,65	-15,68
Mg++	Apport	7,08	8,33	7,59	14,80	11,38	15,05
	Perte	2,15	3,41	5,44	23,65	35,8	24,16
	Différence	+ 4,93	+3,91	+2,15	-8,85	-24,42	-9,11

Dispositif III : A partir de la CE à 25°C (kg/ha) T-34

Traitements	Gypse	PNT	Témoin
Apport	67,06	64,08	63,40
Perte	92,24	117,74	105,58
Différence	-25,18	53,66	42,18

A partir des cations (bilan partiel en kg/ha)

T-35

Traitement		Gypse	PNT	Témoin
Eléments				
Na+	Apport	5,52	5,35	5,71
	Perte	24,00	31,88	17,00
	Différence	18,48	26,53	12,59
K+	Apport	3,28	3,28	3,16
	Perte	3,16	3,28	2,23
	Différence	+0,11	0	+0,93
Ca++	Apport	17,24	16,31	15,94
	Perte	9,05	9,92	4,77
	Différence	+8,18	-6,38	+11,15
Mg+	Apport	5,77	5,52	5,39
	Perte	7,32	8,12	4,96
	Différence	+1,55	-2,60	+0,43

Commentaires et conclusions :

Dans le cas du Dispositif I, le puddlage semble avoir en un effet déterminant dans le lavage des sels. Avec puddlage le bilan est négatif et les pertes de sels sont de 8 fois supérieures au cas sans puddlage.

A partir des cations, d'une manière générale le bilan est négatif pour le traitement avec puddlage - Seul pour le Na+ le bilan est négatif pour le témoin.

Pour le dispositif II le puddlage semble être encore l'élément moteur. Pour tous les traitements avec puddlage le bilan est négatif et les quantités globale de sels évacués sont environ 6 fois supérieures.

Pour les cations le bilan Na+ est négatif avec ou sans amendement associé ou non au puddlage pour les autres éléments K+ Mg++; Ca++ le bilan n'est négatif qu'en présence d'un amendement associé au puddlage.

Dans le cas du dispositif III nous observons la même tendance quant à effet des différents amendement.

En conclusion le puddlage semble avoir été l'élément déterminant dans le processus de lavage des sels. En effet le bilan est négatif qu'il y ai amendement ou pas, mais avec un effet plus marqué dans le cas du PNT.

On constate également que le bilan Na+ est négatif qu'il y ai amendement ou pas ceci permet de dire que les eaux d'irrigation ne sont probablement pas à l'origine de phénomène de sodisation et d'alcalinisation des sols à l'Office du Niger si le drainage est adéquat.

Le phénomène semble lié à une remontée de la nappe (2^e hypothèse de R. Bertrand Novembre 1983)
Par ailleurs les eaux de drainage étant très chargées en sels solubles (Na⁺) un mauvais drainage contribuerai à un dépôt ce qui a pour effet de transposer le problème d'un endroit à un autre .(Certains paysans irriguent à la limite par le drain)

L'enrichissement par les eaux d'irrigation en ca⁺⁺ (58%) par rapport aux autres cations (Na⁺, K⁺ et Mg ⁺⁺) pourrait expliquer ce lavage continuél du Na⁺ .

Il suffirait alors d'avoir un bon drainage pour probablement atténuer le problème de sodisation et d'alcalinisation des sols à l'Office du Niger .

D'autres part nous signalons le mauvais planage des sols qui pourrait accentuér le phénomène car il contribue à une mauvaise distribution de l'eau d'irrigation (présence permanente de buttes et bafonds).

V. Conclusion générales

1. Remarques relatives à l'étude

Pour une période d'expérimentation aussi courte que la notre, il serait prématuré de tirer des conclusions généralisables. C'est pour ces raisons que nous nous contenterons d'évoquer les grandes tendances de phénomènes observés qui, à la longue, pourraient être confirmés cependant si courte qu'elle l'a été cette étude confirme en partie les résultats des travaux de B-DABIN (1951) et M-TOUJAN (1980). Une trentaine d'année après DABIN, TOUJAN a prouvé que le PH des sols de l'ON avait augmenté d'une unité d'où leur tendance à l'alcalinité.

Nos résultats d'analyses de sols ont été de ce sens avec des sols alcalins de PH 8,05 à 8,77.

D'autre part cette même étude confirme en partie les hypothèses de R-BERTRAND (1983) selon lesquelles les sols de l'ON seraient en cours de sodisation et d'alcalinisation. Nos résultats d'analyses de sols nous révèlent des sols alcalins sodiques (ESP 15%). Ensuite R-BETRAN avait proposé 2 Hypothèses comme causes de ce phénomène : la qualité de l'eau du Niger et la remontée de la nappe phréatique. Le bilan des sels est généralement négatif ce qui revient à dire que la quantité de sels apportée par irrigation est inférieure à celle emportée par drainage. Nos résultats d'analyses d'eaux d'irrigation (16,4% Na⁺ par rapport aux autres cations) ainsi que le bilan des sels nous font penser que l'origine du phénomène de sodisation et alcalinisation à l'Office du Niger serait dû à l'eau d'irrigation par le concours du temps et du mauvais drainage.

Cette étude a aussi relevé la différence de solubilité entre le gypse et le PNT (le premier l'emportant sur le second).

A travers cette étude nous pouvons déjà dire que l'efficacité de toute forme de lutte contre la sodisation et l'alcalinisation dépend pour une grande part du réseau de drainage et tout spécialement pour l'amendement gypseux.

Si nous n'avons pas pu donner de conclusions généralisables de part le temps et le dispositif utilisé (du fait qu'il n'est pas statistique) nous rappelons cependant qu'à la longue les amendements ne doivent être employés dans le simple espoir qu'ils feront quelque bien -Coûtant très chers, ils doivent être testés soigneusement afin d'en évaluer l'efficacité et d'en déterminer les avantages par rapport aux coûts.

Il faudrait aussi signaler que la quantité de sels apportée par irrigation à condition d'adjoindre des engrais restituants le Mg⁺⁺ et K⁺ lessivés en plus du Na⁺ (engrais complexe contenant et/ou le Mg⁺⁺ et K⁺).

Enfin nous pensons qu'il serait logique de rappeler certains aspects de cette étude qui s'ils n'ont pas en assez d'issues sur la réalisation de nos travaux, pourraient l'avoir sur nos résultats.

Il s'agirait entre autre :

- l'échantillonnage de début de campagne (référence) n'a pas été prélevé que de l'erreur commise ($\pm 0,5$ cm) ; des erreurs de ce même sens seraient imputables à celle de la mesure de la surface (± 10 cm sur une parcelle de 10⁴ m X 47,5 m). Il faudrait aussi adjoindre l'état du terrain qui n'est pas parfaitement homogène.

- Les comparaisons d'une part entre les traitements n'ont pas tenu compte de la différence du volume d'eau , possibilité d'un gradient de salinité et d'autre part entre les produits du point de la différence de solubilité et de leur composition chimique (gypse et PNT)
- par faute de temps , les analyses chimiques de certains échantillons de sols et d'eau n'ont pas été faites si bien que le bilan des sels (surtout des cotions) reste partiel et l'objectif étant d'abaisser l'ESP n'a pas été cerné .
- au début de l'expérience les premiers échantillons d'eau (puddlage) ont été prelevés dans la parcelle . Cela n'étant pas correcte , nous l'avons corrigé en prenant un échantillon moyen d'eau d'irrigation.
- Le dispositif utilisé n'est pas statistique (test de comparaison).

2. Suggestions :

La lutte contre la sodisation et alcalinisation étant un problème complexe et une année d'étude ne le cernant pas nous recommandons ce qui suit :

- suivi de nos travaux pour au moins 3 ans (plein effet des produits) afin d'en dégager un bilan global.
- mesurer la hauteur de la lame d'eau à partir des échelles adaptées (échelles inclinées au millimètre près)
- Les analyses chimiques de nos échantillons de sol et d'eau doivent être complétées et si possible celles des anions (bilan global)
- faire les amendements plutôt en début de campagne et les 3 opérations de puddlages pourraient être décalées d'au moins une semaines soit les 3 semaines du riz en pépinière (cela pourrait intensifier l'interaction entre le Ca++ et le Na+ mais aussi donner la faciliter d'autres travaux (reprise du labour) pour reconstituer la structure du sol .
- établir un réseau de drainage adéquat à l'ON avec un bon planage des parcelles .
- éviter les assecs pour la culture en cours sur ces sols et effectuer des arrosages fréquents avec des volumes d'eau abondants, d'autres part adopter le repiquage au lieu du semis direct.
- mener des recherches sur les origines profondes de la sodisation et alcalinisation (vérification des hypothèses de BERTRAND) et voire à priori l'évolution de ce phénomène dans le temps et dans l'espace (pour les eaux d'irrigation , il serait mieux de voire son évolution depuis le fala jusqu'aux drains parcellaires , et la profondeur de la nappe phréatique pour les sols),
- parallèlement d'autres essais pourraient être menés entre autres : matière organique , gypse + matière organique, balle de riz , essai de différentes doses de gypse et PNT ,
- recherche de variétés tolérantes aux conditions alcalines de l'ON- Notons déjà des variétés qui donnent de bon rendements aux conditions de PH élevé que 9 en Inde (Metita, 1983)
- des enquêtes pourraient être aussi menées auprès des paysans pour les méthodes de lutte traditionnelle .

CHAPITRE IV Bibliographie

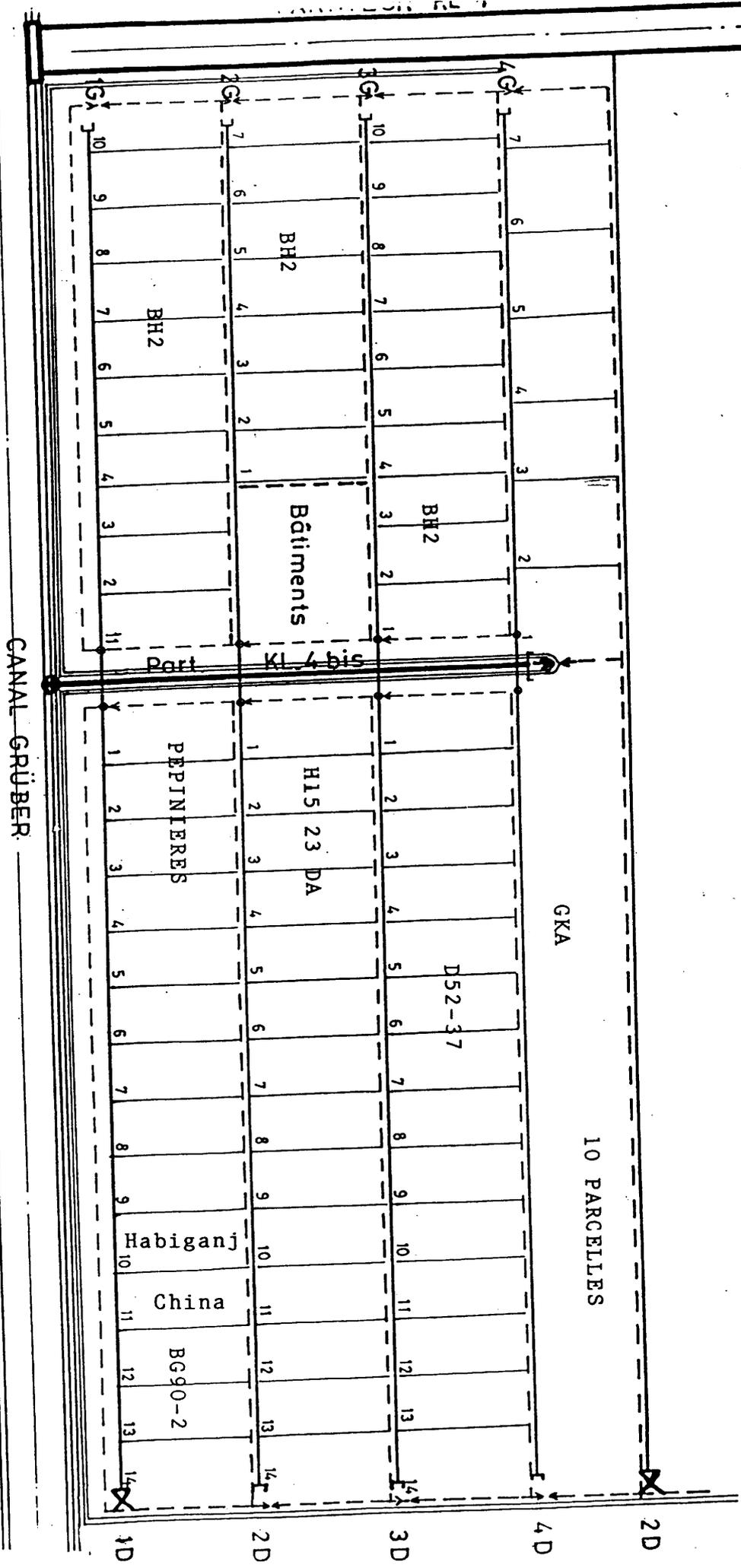
- Ayers.R.S La qualité de l'eau en agriculture - Bulletin FAO d'irrigation et drainage no 29 -Rome
- B.DABIN - Contribution à l'étude des sols du delta central Nigérien (Mali) - Novembre -Décembre 1951
- B. eau Besoin en eau au niveau arroseur -riz-canne- rapport d'études -projet Geau (1981)-ON-Université agricole Wageningen
- Bertrand - R (1983) Sodisation et alcalinisation des sols à l'Office du Niger (Mali), rapport d'une mission d'appui au stage de M.kabirou N'Diaye
- Dembélé Soma L'impact des remontées salines sur le programme et la production rizicole à l'Office du Niger : cas de la zone de Niono ; mémoire de fin d'étude Décembre 1986
- Du chauffour - PH (1977) 1. Pédogène et classification . Masson Belgique
- Soltner -Dominique - Les bases de la production végétale : T1 -Le sol le climat - la plante -13° édition-1985
- J. Bordas - Observations d'une économie locale : comment étudier le milieu local. Bulletin d'association française d'étude du sol Mars 1954.
- J.H. Durand (1983)- Les sols irrigables -Boudin -Paris
- J.P. Dobelman - Riziculture pratique .1 Riz irrigué
2° Edition (1976) . A.C.C. P France
- Kaouritchev et al (1983) -Manuel pratique de Pédologie-Mir.Moscou
- Dr. Koumaré Sékou - Cours d'agrochimie IPR Katibougou
- P.S. Mirnov et all L'agrochimie - Mir-Moscou (1981)
- Samaké -Ténéma Activités agricoles : contre saison et saison froide
rapport de titularisation à l'Office du Niger-1985
- V. DIEPEN - C.A. Les sols irrigués des casiers rizicoles de l'Office du Niger au Mali - rapport de mission (1984)

Annexes

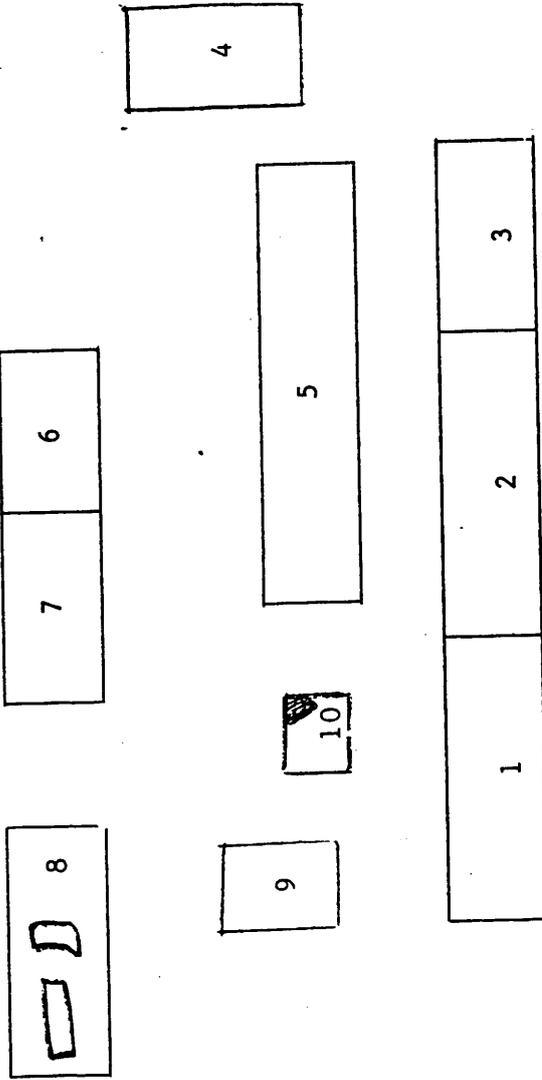
FERME MULTIPLICATION DE SEMENCES

KL-4

ECH: 1/5000



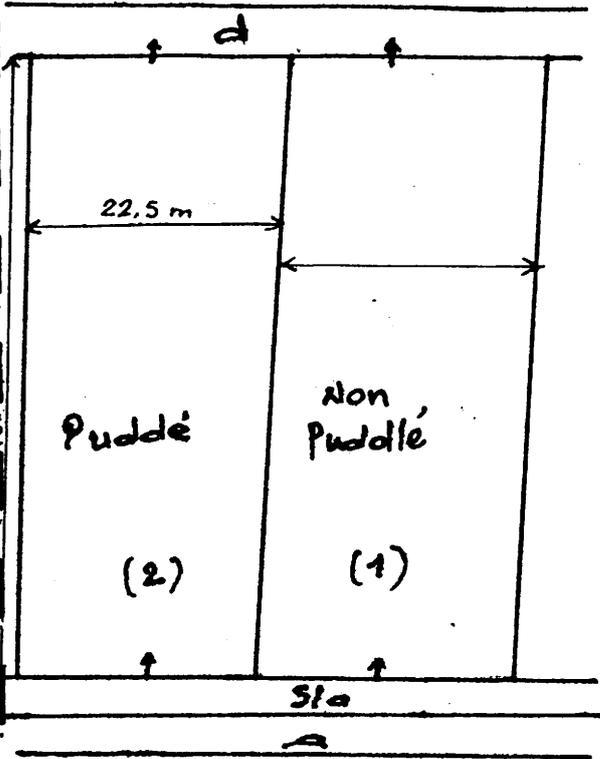
- 1 magasin semences
- 2 magasin matériels
- 3 bureau
- 4 maison du gardien
- 5 étable de dressage de boeufs
- 6 hangard matériels agricoles
- 7 hangard paille
- 8 parc
- 9 étable d'isolement
- 10 pompe à eau



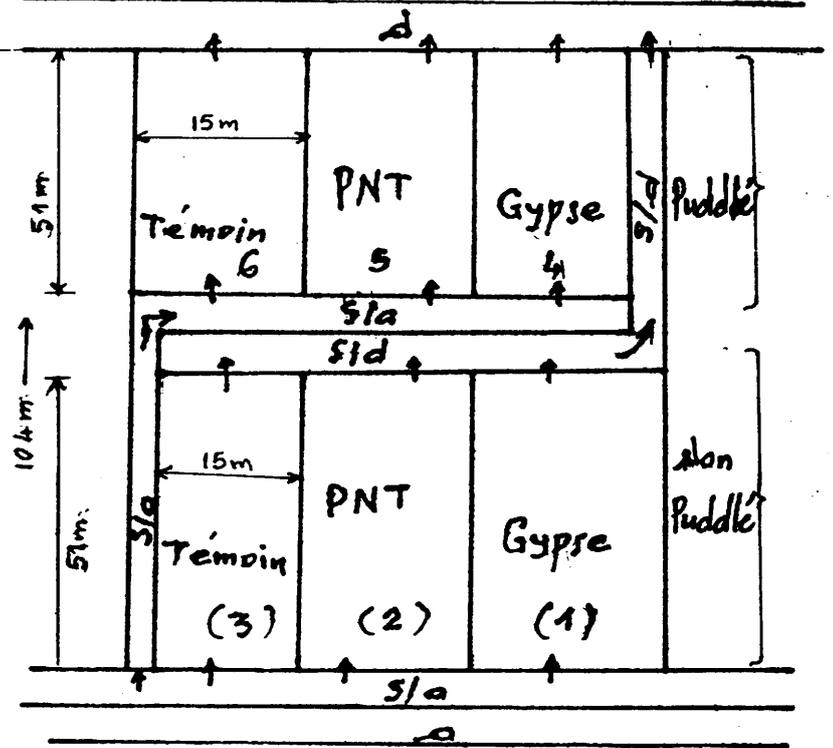
Plan des parcelles

II

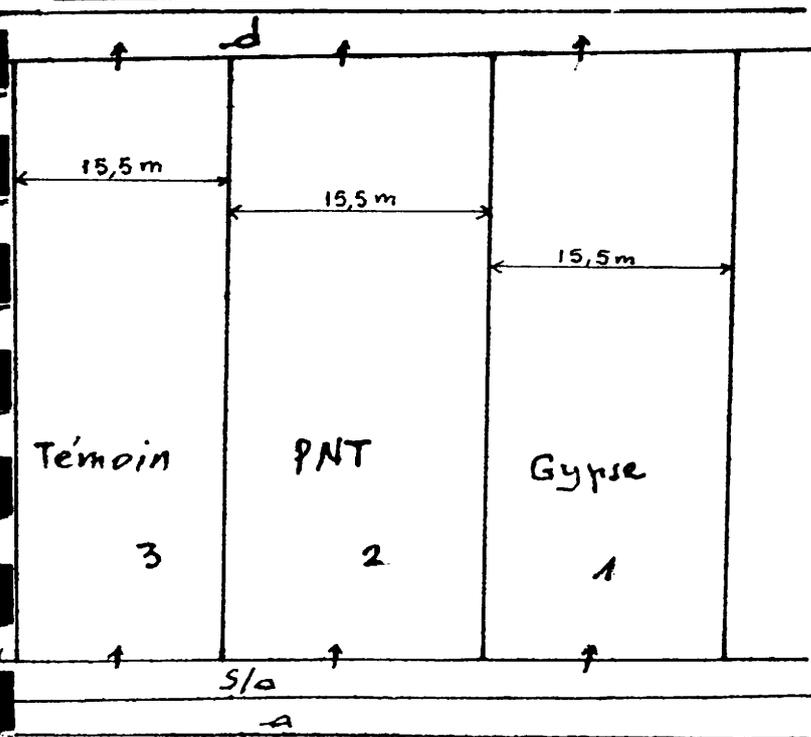
DISPOSITIF I



DISPOSITIF II



DISPOSITIF III



NB: S/a = Sous arroseur

S/d: Sous drain

a: arroseur

d: drain

P: puddlage

SP: Sans puddlage

ANNEXE III

Résultats des analyses de sol pour le choix des 3 parcelles

no échantillon et date	Localisation	S/P	PHeau	PHkil	CE à 25°C mmhos /cm
1. 3/06/87	1D6	S	8,20	7,02	0,43
2. 3/06/87	1D6	P	7,95	6,63	0,31
3. 4/06	1D7 I	S	8,18	6,72	0,25
4. 4/06	1D7 I	P	7,94	6,01	0,13
5. 9/06	1D7 II	S	8,11	6,53	0,31
6. 9/06	1D7 II	P	8,00	6,1	0,20
7. 10/06	1D8 I	S	8,00	6,5	0,24
8. 10/06	1D8 I	P	7,90	6,00	0,17
9. 11/06	1D8 II	S	8,36	6,70	0,27
10. 11/06	1D8 II	P	8,22	6,9	0,38
11. 15/06	1D9	S	8,32	6,9	0,28
12. 15/06	1D9	P	8,09	6,46	0,25
13. 16/06	1D 10	S	8,57	7,09	0,36
14. 16/06	1D10	P	8,23	6,96	0,32
15. 17/06	1D11	S	8,50	6,91	0,22
16. 17/06	1D11	P	8,01	6,48	0,18
17. 18/06	1D12	S	8,24	6,91	0,28
18. 18/06	1D12	P	8,35	6,76	0,28
19. 19/06	1D13	S	8,14	6,89	0,33
20. 19/06	1D13	P	8,03	6,43	0,21
21. 20/06	1D14	S	9,08	7,48	0,37
22. 20/06	1D14	P	8,47	7,05	0,28

Tableau récapitulatif des analyses pour le choix de 3 parcelles :

Localisation	PHeau moyen	PHK cl moyen	DPH (PHeau-PHK cl)
1D6	8,07	6,83	1,24
1D7 XX I	8,06	6,36	1,7
1D7 II	8,05	6,31	1,74
1D8 I	7,95	6,25	1,7
1D8 II	8,29	6,80	1,49
1D9	8,20	6,66	1,54
1D10	8,40	7,02	1,38
1D11	8,25	6,96	1,29
1D12	8,29	6,83	1,46
1D13	8,08	6,66	1,42
1D14	8,77	7,26	1,51

Calendrier d'exécution des travaux pour le choix des 3 parcelles :

DATE	OPERATIONS	LOCALISATION
29/05/87	Piquetage	1 D6 à 1D 10
30/05/87	"-	1 D11 à 1D 14
3/06	Echantillonnage de sol	1D6 S/P
4/06	"- "-	1D7 I S/P
9/06	"- "-	1D7 II S/P
10/06	"- "-	1D8 I S/P
11/06	"- "-	1D8 II S/P
15/06	"- "-	1D9 SP
16/06	"- "-	1D10 S/P
17/06	"- "-	1D11 S/P
18/06		1D12 S/P
19/06	--" "-	1D13 S/P
20/06	"- "-	1D14 S/P

Calendrier d'exécution des travaux de mise en place de l'expérimentation . Dispositif I

DATE	OPERATIONS	LOCALISATION
23/07/87	Semis BG -90-2	pépinière
30/07	Confection diguettes de séparation	1D14
3/08	Labour	1D14 T1 et T2
6/08	Irrigation	1D14 -" -"
7/08	Confection diguettes	1D14 -" -"
12/08	2è labour	1D14 T2
12/08	Irrigation	-" -"
13/08	Prise d'échantillon d'eau et 1er puddlage	-" -"
13/08	Confection sous/arroseur	1D14 T1 et T2
14/08	Irrigation	1D14 T2
14/08	Prise d'échantillon d'eau et vidange	-" -"
16/08	Irrigation	-" -"
17/08	Prise d'échantillon d'eau et 2è puddlage	-" -"
18/08	-" -" "t 2è vidange	-" -"
18/18	Irrigation et 2è labour	1D14 T1
18/08	Nivellage	1D14 T2
19/08	Prise d'échantillon d'eau et 3è puddlage	-" -"
20/08	-" -" -" et 3è vidange	-" -"
20/08	Irrigation (fine lame d'eau)	1D14 T1 et T2
21/08	Fertilisation (100 kg phosphate d'ammonium)	-" -"
21/08	repiquage	1D14 T1
22/08	repiquage	1D14 T2
24/08	mise en eau	T1 et T2

VII

Calendrier d'exécution des travaux de mise en place de l'expérimentationDispositif II

DATE	Opérations	Localisation
29/07	Confection diguettes de séparation	1D10
30/07	Semis habiganboro II	pépinière
31/07	confection sous:arroseur	1D10 Bloc I et II
8 1/08	confection sous/drains	1D10 Bloc I
3/08	Labour temoins	1D10 T3 et T6
6/08		
6/08	Enfouissement gypse (par labour)	1D10 T1 et T4
7/08	"- PMT ("-)	1D10 T2 et T5
10/08	Irrigation	1D10 T1.....T6
12/08	Prise d'échantillon d'eau, 1er puddlage	1D10 T4,T5,T6
13/08	"- "- "- vidange	"- "- "-
14/08	Nivellage	1D10 T1,T2,T3
14/08	Irrigation	1D10 T4,T5 , T6
15/08	Prise d'échantillon d'eau , 2è puddlage	"- "- "-
16/08	"- "- 2è vidange	"- "- "-
17/08	Irrigation	"- "- "-
24/08	Prise d'échantillon et 3è puddlage	"- "- "-
25/08	"- "- 3è drainage	"- "- "-
1/09	Repiquage Habigangboro II	1D10 T1, T5, T6
2/09	Repiquage Habiganboro II	1D10 T1, T2, T3
3/09	mise en eau	1D10 T1....T6

VIII

Calendrier d'exécution des travaux de mise en place de l'expérimentationDispositif III

DATE	Opérations	Localisation
28/07/87	Confection diguette de séparation	1D6
29/07	"- " " " " " " "	1D6
3/08	Labour témoin	1D6 T3
4/08	Confection diguette	1D6
6/08	Enfouissement gypse (par labour)	1D6 T1
7/08	"- ONT (par labour)	1D6 T2
13/08	Confection sous/arroseur	1D6 T1, T2, T3
14/08	Irrigation	1D6
15/08	Confection diguettes	1D6
17/08	2è Labour	1D6 T1, T2, et T3
18/08	Irrigation	"- "-
20/08	Nivellage	1D6 T1 et T2
21/08	"- "	1D6 T3
22/08	Irrigation (mise en eau)	1D6 T1, T2, T3

Résultats d'analyse des eaux d'irrigation

Essai Puddlage . Dispositif I - 1D14

Date	Traitement	Opération	no flacons		CE à 25°C		PH	Na+	K+	ca++	Mg++	SAR
					µmhos/cm	remhos/cm						
13/08/87	2	AV1	30	6	0,16	150	6,98	1	0,29	0,60	0,68	0,93
15/08	2	AP1	4	22	0,28	269	7,12	2,28	0,24	0,55	0,58	0,47
17/08	2	AV2	14	16	0,18	170	7,02	1,16	0,19	0,59	0,42	1,16
18/08	2	AP2	89	66	0,32	307	7,13	2,68	0,17	0,55	0,37	3,79
19/08	2	AV3	99	65	0,10	96	6,94	0,40	0,09	0,48	0,24	0,44
20/08	2	AP3	91	64	0,36	350	7,17	3,06	0,20	0,71	0,43	2,87
23/08	1,2	irrigation	7	51	0,06	52	6,86	0,011	0,05	0,34	0,14	0,16
3/09	1	Drainage	47	46	0,19	189	9,21	1,09	0,08	0,73	0,36	1,05
3/09	2	"-	19	10	0,20	189	7,61	0,87	0,06	1,03	0,37	0,74
4/09	1,2	Irrigation	82	90	0,05	43	6,32	0,09	0,08	0,30	0,11	0,14
17/09	1	Prise d'eau	44	37	0,39	344	9,27	2,84	0,08	0,43	0,37	3,19
"-	1	rajout.	88	87	0,06	59	8,06	0,14	0,06	0,36	0,16	0,20
28/09	1	prise	76	81	0,41	401	8,20	2,79	0,02	1,41	0,77	1,88
28/09	2	"-	79	72	0,38	374	8,13	2,37	0,06	1,31	0,73	1,66
"-	1,2	rajout	95	96	0,06	50	8,39	0,11	0,05	0,32	0,14	0,16
3/10	1	"	98	98	0,20	196	7,62	0,87	0,02	0,90	0,42	0,76
"-	2	"	27	1	0,22	210	7,28	0,87	0,05	1,10	0,41	0,71
"-	1,2	"	78	73	0,05	50	7,10	0,11	0,05	0,32	0,14	0,16
6/10	1	drainage	67	14	0,10	96	7,16	0,26	0,06	0,73	0,23	0,27
"-	2	"-	71	74	0,26	254	7,31	1,31	0,03	1,11	0,54	1,02
6/10	1,2	irrigation	4	82	0,05	42	6,32	0,09	0,03	1,50	0,12	0,12
19/10			20	19	0,06	59	7,02	-	-	-	-	-
24/10			44	76	0,04	49	6,93	-	-	-	-	-
4/11			42	31	0,05	50	6,89	-	-	-	-	-

X

Résultats d'analyse des eaux d'irrigation
Essai Amendement /Puddlage

Dispositif II - 1D10

Date	Traitement	Opération	no flacon	CE à 25°C			Na+	K+	Ca++	Mg++	SR
				mmhos/an	remhos/an	PH					
12/08/	4	AV	3 11	0,17	168	7,11	1,16	0,15	0,97	1,22	0,78
87	5	AV1	2 17	0,18	177	7,11	1,31	0,18	0,71	0,61	1,14
	6	AV1	7 21	0,22	218	7,11	1,9	0,19	0,66	0,72	1,62
13/08	4	AP1	12 26	0,54	523	7,43	4,59	0,13	1,41	0,41	3,41
"-	5	AP1	25 8	0,35	341	7,21	3,00	0,23	0,65	0,65	2,58
"-	6	AP1	13 23	0,43	416	7,25	3,97	0,16	0,73	0,38	3,79
15/08	4	AV2	78 54	0,21	203	7,02	1,64	0,13	0,71	0,35	1,60
"-	5	AV2	68 55	0,10	96	6,84	0,58	0,11	0,55	0,35	0,61
"-	6	AV2	51 53	0,12	119	6,95	0,68	0,11	0,48	0,38	0,74
16/08	4	AP2	73 56	0,43	421	7,41	3,47	0,11	1,43	0,36	2,6
"-	5	AP2	69 63	0,29	285	7,21	2,08	0,24	0,59	0,81	1,76
"-	6	AP2	75 61	0,36	349	7,29	3,06	0,15	1,69	0,36	2,99
17/08	4	AV3	80 59	0,28	277	7,34	2,18	0,10	0,80	0,24	2,14
"-	5	AV3	77 60	0,14	231	7,24	0,07	0,11	0,55	0,31	0,34
"-	6	AV3	67 51	0,26	250	7,29	2,08	0,11	0,62	0,31	2,16
24/08	4	AP3	70 58	0,52	510	7,54	4,44	0,11	1,27	0,35	3,49
"-	5	AP3	71 62	0,28	279	7,40	2,58	0,19	0,62	0,46	2,48
"-	6	AP3	74 52	0,44	428	7,50	3,78	0,15	0,87	0,45	3,35
2/09	1,2,6 irrigation		83 85	0,04	40	7,06	0,09	0,03	0,38	0,13	0,13
16/09	1	Drainage	49 38	0,37	357	7,59	3,35	0,13	0,57	0,37	3,46
"-	2	"-	36 39	0,40	390	7,47	3,35	0,13	0,92	0,47	2,85
"-	3	"-	42 32	0,45	434	9,18	3,47	0,19	0,89	0,76	2,71
"-	4	"-	48 33	0,85	824	8,24	4,04	0,17	0,80	0,76	3,25
"-	5	"-	35 40	0,38	368	7,53	2,79	0,11	1,04	0,52	2,23
"-	6	"-	41 34	0,46	449	7,95	3,35	0,12	1,34	0,69	2,36
18/09	1,2..6 irrigation		86 83	0,06	541	7,23	0,11	0,06	0,34	0,15	0,16
29/09	1	Prise	97 94	0,73	710	8,36	3,78	0,09	1,41	0,5	2,74
"-	2	"-	28 15	0,59	575	7,13	4,24	0,10	1,46	0,81	2,81
"-	3	"-	92 93	0,60	576	7,68	3,84	0,12	1,83	1,03	2,27
"-	4	"-	86 49	0,60	589	7,92	4,31	0,05	1,84	0,91	2,6
"-	5	"-	67 41	0,23	225	7,60	1,20	0,02	1,96	0,49	1,00
"-	6	"-	35 13	0,17	162	7,18	0,58	0,01	0,82	0,39	0,53
29/09	1,2..6 irrigation		20 9	0,05	48	7,12	0,11	0,05	0,46	0,13	0,14
9/10	1-2..6 rajout.		44 20	0,06	59	7,08	-	-	-	-	-
19/10	"-	"-	18 42	0,04	40	6,98	-	-	-	-	-
26/10	"- irrigation		76 44	0,05	49	7,02	-	-	-	-	-

Résultats d'analyse des eaux d'irrigation
Essai Amendement - Dispositif III - 1D6

Date	Traitem.	Opérat°	no Flaçon		C.E. à 25°C		PH	Na+	K+	ca++	Mg++	SAR
					mmhos/cm	ren/mos/cm						
29/08	1,2,3 irrigation		31	90	64	0,06	7,23	0,14	0,06	0,36	0,11	0,21
19/09	1	Prise	85	43	513	0,54	7,26	3,53	0,17	1,55	1,77	2,32
"-	2	"-	82	50	269	0,28	7,27	1,64	0,15	1,01	0,52	1,33
"-	3	"-	83	84	586	0,60	8,08	4,88	0,18	1,24	0,80	3,42
19/09	1,2,3	Rajout	75	75	39	0,04	6,66	0,09	0,02	0,32	0,10	0,14
29/09	1	Prise	30	2	371	0,38	8,12	2,32	0,13	1,41	0,68	1,61
"-	2	"-	4	12	521	0,54	8,26	4,04	0,23	1,22	1,01	2,71
"-	3	"-	24	89	1038	1,06	8,31	3,59	0,24	1,25	1,12	9,33
29/09	1,2,3	rajout	3	25	41	0,04	8,17	0,09	0,03	0,50	0,12	0,12
12/10	1	Drainage	8	86	305	0,32	8,39	2,32	0,18	1,01	0,68	1,79
"-	2	"-		97	453	0,46	8,34	3,47	0,21	1,24	0,85	2,40
"-	3	"-		35	542	0,55	8,21	2,58	0,19	0,80	0,69	2,12

Bilan des sels : ID14

Titre : Essai Puddlage - Dispositif - T1 2340 m²

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++		
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	
23/08/87	7	51	irrig.	80	87,5	+ 7,5	175,5	0,06	0,038	6,69	0,11	0,444	0,05	0,342	0,34	1,193	0,14	0,590
31/09/	82	90	"	80	89	+ 9	210,6	0,05	0,032	6,73	0,09	0,436	0,08	0,657	0,30	1,264	0,11	0,556
17/09	88	87	rajout	84,5	89,5	+ 5	117	0,06	0,038	4,44	0,14	0,377	0,06	0,274	0,36	0,842	0,16	0,449
28/09	95	96	"	84	89	+ 5	117	0,06	0,038	4,44	0,11	0,296	0,05	0,228	0,32	0,749	0,14	0,393
3/10	78	73	"	84,5	90,5	+ 6	140,4	0,05	0,032	4,49	0,11	0,355	0,05	0,274	0,32	0,899	0,14	0,472
6/10	4	82	irrig.	80	90	+10	234	0,05	0,032	7,48	0,09	0,484	0,03	0,274	0,50	2,34	0,12	0,674
19/10	20	19	rajout	85	91	+ 6	140,4	0,06	0,038	5,33								
24/10	44	76	"	86	91,5	+ 5,5	128,7	0,04	0,026	3,34								
4/11	42	31	"	85,5	91,5	+ 5	117	0,05	0,032	3,74								
			TOTAL				1380,6			46,68		2,392		1,775		7,287		3,134
3/09	47	46	drainage	85	80	- 5	117	0,19	0,122	14,22	1,09	2,933	0,08	0,365	0,73	1,708	0,36	1,011
6/10	67	14	"	84,5	80	- 4,5	105,3	0,10	0,064	6,73	0,26	0,63	0,06	0,246	0,73	1,537	0,23	0,381
			TOTAL				222,3			20,95		3,56		0,611		3,245		1,392
			BILAN							+ 25,73		- 1,17		- 1,16		+ 4,04		+ 1,74

Bilan des sels : ID14

Titre : Essai Puddlage - Dispositif I - T2 - 2340 m²

Dates	N° flacons	Opération	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concentration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
13/08/87	30	Irrig.	75	84	+ 9	210,6	0,06*	0,038	8,00	0,11*	0,533	0,05*	0,411	0,34*	1,43	0,14*	0,708
17/08/	14	"	75	83,5	+ 8,5	198,9	0,06*	0,038	7,55	0,11*	0,503	0,05*	0,388	0,34*	1,35	0,14*	0,67
19/08	90	"	75	84	+ 9	210,6	0,06*	0,038	8,00	0,11*	0,533	0,05*	0,411	0,34*	1,43	0,14*	0,708
23/08	7	"	75	84	+ 9	210,6	0,06	0,038	8,00	0,11	0,533	0,05	0,411	0,34	1,43	0,14	0,708
3/09	82	"	75	84,5	+ 9,5	222,3	0,05	0,032	7,11	0,09	0,460	0,08	0,694	0,30	1,33	0,11	0,58
28/09	95	rajout	79	85	+ 6	140,4	0,06	0,038	5,33	0,11	0,355	0,05	0,274	0,32	0,89	0,14	0,47
13/10/	78	"	80	85	+ 5	117	0,05	0,032	3,74	0,11	0,296	0,05	0,228	0,32	0,75	0,14	0,39
16/10	4	Irrigat.	75	84,5	+ 9,5	222,3	0,05	0,032	7,11	0,09	0,46	0,03	0,26	0,50	0,222	0,12	0,64
19/10/	20	rajout	80	85	+ 5	1117	0,06	0,038	4,44								
24/10/	44	"	79	85,5	+ 6,5	152,1	0,04	0,026	3,95								
4/11/	42	"	79,5	85	+ 5,5	128,7	0,05	0,032	4,11								
	TOTAL					1930,5			67,34		3,66		3,07		8,23		4,87
15/08	4	drainage	84	75	- 9	210,6	0,28	0,179	37,69	2,28	11,04	2,24	1,97	0,55	2,31	0,58	2,93
18/08	89	"	83,5	75	- 8,5	198,9	0,32	0,205	40,77	2,68	12,26	0,17	1,31	0,55	2,18	0,37	1,76
20/08	91	"	84	75	- 9	210,6	0,36	0,23	48,43	3,06	14,82	0,20	1,64	0,71	2,99	0,43	2,17
15/09	19	"	80,5	75	- 5,5	128,7	0,20	0,128	16,47	0,87	2,57	0,06	0,30	1,03	2,65	0,37	1,14
6/10	71	"	79	75	- 4	93,6	0,26	0,166	15,53	1,31	2,82	0,03	0,11	1,11	2,07	0,54	1,21
	TOTAL					842,4			158,89		43,51		5,33		12,20		9,21
	BILAN'								- 91,55		- 39,85		- 2,26		- 3,37		- 4,34

N.B * - Correction erreur d'échantillonnage

Bilan des sels : ID10

Titre : Essai Amendement/Pudlage - Dispositif II - 790,5 m² - T1

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
2/09/87	83 85	Irrigat.	73	82,5	+ 7,5	59,28	0,04	0,026	1,54	0,09	0,123	0,09	0,069	0,38	0,45	0,13	0,18
18/09	86 43	"	75	83	+ 8	63,24	0,06	0,038	2,4	0,11	0,16	0,06	0,14	0,34	0,43	0,15	0,22
29/09	20 9	Rajout.	77,5	84	+ 6,5	51,38	0,05	0,032	1,64	0,11	0,13	0,05	0,10	0,46	0,47	0,13	0,16
9/10	44 20	"	78	85	+ 7	55,33	0,06	0,038	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
19/10	18 42	"	78,5	85	+ 6,5	51,33	0,04	0,026	1,33	-	-	-	-	-	-	-	-
26/10	76 44	irrigat.	75	82	+ 8	63,24	0,05	0,032	2,02	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				343,7			11,03		0,41		0,309		1,35		0,56
16/09	49 38	Drainage	77,5	75	- 2,5	19,76	0,37	0,237	4,68	3,35	1,51	0,13	0,10	0,57	0,22	0,37	0,17
25/10	42	"	77,5	75	- 2,5	19,76	0,44	0,282	5,56	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				39,52			10,24		1,51		0,10		0,22		0,17
		BILAN							+ 0,79		- 1,2		0,20		+ 1,13		+ 0,39

Bilan des sels : ID10

Titre : Essai Amendement/Puddlage - ID10 - Dispositif II 790,5 m² T2

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
2/09/87	83	irrigat.	80	87,5	+ 7,5	59,28	0,04	0,026	1,54	0,09	0,123	0,03	0,069	0,38	0,451	0,13	0,185
8/09/87	86	irrig.	80	88,5	+ 8,5	67,19	0,06	0,038	2,55	0,11	0,17	0,06	0,157	0,341	0,457	0,15	0,24
9/09/87	20	rajout	84	90,5	+ 6,5	51,38	0,05	0,032	1,64	0,11	0,13	0,05	0,100	0,46	0,473	0,13	0,16
9/10/87	44	"	85,5	91	+ 5,5	43,47	0,06	0,038	1,65								
9/10/87	18	"	85	91	+ 6	47,43	0,04	0,026	1,23								
16/10/87	76	irrig.	80	89	+ 9	71,14	0,05	0,032	2,27								
		TOTAL				239,8			10,88		0,423		0,326		1,38		0,58
16/09/87	36	Drainage	83	80	- 3	23,71	0,40	0,256	6,07	3,35	1,827	0,13	0,120	0,92	0,436	0,47	0,267
25/10/87	18	"	83,5	80	- 3	27,66	0,13	0,083	2,296						0,436		0,267
		TOTAL				51,37			8,36		1,827		0,20		0,436		0,267
		BILAN							+ 2,51		- 1,404		0,126		+ 0,94		+ 0,31

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
2/09/87	83 86	irrigat.	75	82,5	+ 7,5	59,28	0,04	0,026	1,54	0,09	0,123	0,03	0,069	0,38	0,451	0,13	0,185
18/09/87	86 43	irrigat.	75	84	+ 9	71,14	0,06	0,038	2,7	0,11	0,180	0,06	0,166	0,34	0,484	0,15	0,256
29/09/87	20 9	rajout	78,5	85	+ 6,5	51,38	0,05	0,032	1,64	0,11	0,130	0,05	0,100	0,46	0,473	0,13	0,16
9/09	44 20	"	80	85,5	+ 5,5	43,47	0,06	0,038	1,65								
19/09	18 42	"	79	84	+ 5	39,52	0,04	0,026	1,02								
26/09	76 44	irrig.	75	83	+ 8	63,24	0,05	0,032	2,02								
		TOTAL				328			10,57		0,433		0,33		1,40		0,60
16/09	42 32	drainage	78	75	- 3	23,71	0,45	0,288	6,82	3,47	1,89	0,19	0,176	0,89	0,422	0,76	0,432
25/10	27	"	78,5	75	- 3,5	27,66	0,21	0,134	3,7								
		TOTAL				51,37			10,52		1,89		0,176		0,422		0,432
		BILAN							+ 0,05		- 1,45		+ 0,15		+ 0,98		+0,16

Bilan des sels : ID10

Titre : Essai Amendement/Puddlage - Dispositif - T4 - 790,5 m²

Dates	N° échantillon	Opération	lecture échelle		h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concentration sels g/l	quantité sel globale	Na +		Ka +		ca ++		Mg ++		
			Avant	Après						meq/l	poinds total kg	meq/l	poinds total kg	meq/l	poinds total kg	meq/l	poinds total kg	
2/08/87	3	11	irrigat.	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038*	2,10	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,50	0,15*	0,199
5/08	78	54	"	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038*	2,10	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,50	0,15*	0,199
7/08	80	59	"	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038*	2,10	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,50	0,15*	0,199
2/09	83	85	"	75	81,5	+ 6,5	51,38	0,04	0,026	1,33	0,09	0,035	0,03	0,06	0,38	0,39	0,13	0,16
8/09	86	43	"	75	83,5	+ 8,5	67,19	0,06	0,038	2,55	0,11	0,17	0,06	0,157	0,34	0,45	0,15	0,24
9/09	20	9	rejour	77,5	84	+ 7	55,33	0,05	0,032	1,77	0,11	0,14	0,05	0,108	0,46	0,50	0,13	0,173
9/10	44	20	"	79	84	+ 5	39,52	0,06	0,038	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-
9/10	18	42	"	80	85,5	+ 5,5	43,47	0,04	0,026	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-
16/10	76	44	irrigat.	75	83,5	+ 8,5	67,19	0,05	0,032	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-
			TOTAL				490			16,7		0,76		0,71		2,84		1,17
3/08	12	26	Drainage	82	75	+ 7	55,33	0,54	0,34	18,8	4,59	5,84	0,13	0,28	1,41	1,56	0,41	0,54
6/08	73	56	"	82	75	+ 7	55,33	0,43	0,27	14,9	3,47	4,41	0,11	0,25	1,43	1,58	0,36	0,47
14/08	70	58	"	81,5	75	- 6,5	51,38	0,52	0,33	17,09	4,44	2,42	0,11	0,22	1,27	1,5	0,35	0,43
6/09	48	33	"	78	75	- 3	23,71	0,85	0,54	12,8	4,04	2,20	0,17	0,157	0,80	0,38	0,76	0,43
15/10	76		"	79	75	- 4	31,62	0,24	0,15	4,74	-	-	-	-	-	-	-	-
			TOTAL				217,4			68,33		14,87		0,88		4,82		1,87
			BILAN							- 51,63		- 14,1		- 0,17		- 1,98		- 0,7

N.B. : * Correction erreur d'échantillonnage.

Bilan des sels : ID10

Titre : Essai Amendement/Puddlage - Dispositif II - T5 - 790,5 m²

Dates	N°	Opération	lecture échelle		h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concentration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg						
2/08/87	2	17 Irrigat.	80	87	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46	0,5	0,15*	0,199
3/08	68	55 "	80	87	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46	0,5	0,15*	0,199
1/08	77	60 "	80	87	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46	0,5	0,15*	0,199
2/09	83	85 "	80	87,5	+ 7,5	59,28	0,04	0,026	1,55	0,09	1,106	0,03	0,06	0,38	0,39	0,13	0,17
3/09	86	43 "	80	88	+ 8,5	67,19	0,16	0,038	2,55	0,11	0,17	0,06	0,15	0,34	0,45	0,15	0,24
2/09	20	9 rajout	85	90,5	5,5	43,47	0,05	0,032	1,39	0,11	0,11	0,05	0,18	0,46	0,40	0,13	0,136
2/10	44	20 "	85,5	91	+ 5,5	43,47	0,06	0,038	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-
2/10	18	42 "	86	92	+ 6	47,43	0,04	0,026	1,23	-	-	-	-	-	-	-	-
3/10	76	44 irrigat.	80	88,5	+ 8,5	67,19	0,05	0,032	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				494			16,77		0,81		0,76		2,47		0,9
3/08	25	8 Drainage	87	80	- 7	55,33	0,35	0,224	12,39	3,00	3,81	0,23	0,49	0,69	0,76	0,65	0,86
3/08	69	63 "	87	80	- 7	55,33	0,29	0,186	10,29	2,08	2,64	0,24	0,51	0,59	0,65	0,81	1,07
1/08	71	62 "	86,5	80	- 6,5	51,38	0,28	0,179	9,19	2,58	3,04	0,19	0,38	0,62	0,63	0,46	0,56
3/09	35	40 "	83,5	80	- 3,5	27,66	0,38	0,243	6,72	2,79	1,77	0,11	0,118	1,04	0,57	0,52	0,34
3/10	44	"	85	80	- 5	39,52	0,20	0,128	5,05	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				229,2			43,64		11,26		1,49		2,6		2,83
		BILAN							-26,87		-10,81		-0,73		-0,14		-1,93

N.B : * Correction erreur d'échantillonnage

Bilan des sels : ID10

Titre : Essai Amendement/Puddlage - Dispositif - T6 - 790,5 m²

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poide total kg	meq/l	poide total kg	meq/l	poide total kg	meq/l	poide total kg
12/08/87	7 21	irrigat	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,5	0,15*	0,19
15/08	51 53	"	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,5	0,15*	0,19
17/08	67 57	"	75	82	+ 7	55,33	0,06*	0,038	2,1	0,11*	0,14	0,06*	0,129	0,46*	0,5	0,15*	0,19
2/09	83 85	"	75	82,5	+ 7,5	59,28	0,04	0,026	1,54	0,09	0,12	0,03	0,069	0,38	0,45	0,13	0,18
18/09	86 43	"	75	84,5	+ 9,5	79,09	0,06	0,038	3,00	0,11	0,20	0,06	0,18	0,34	0,53	0,15	0,28
19/09	20 9	rajout	79,5	86	+ 6,5	51,38	0,05	0,032	1,64	0,11	0,13	0,05	0,10	0,46	0,47	0,13	0,16
9/10	44 20	"	80	85,5	+ 5,5	43,47	0,06	0,038	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-
19/10	18 42	"	75	85	+ 6	47,43	0,04	0,026	1,23	-	-	-	-	-	-	-	-
26/10	76 44	irrigat.	75	83	+ 8	63,24	0,05	0,032	2,02	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				580,1			17,28		0,87		0,736		2,95		1,19
13/08	13 23	Drainage	82	75	+ 7	55,33	0,43	0,275	15,22	3,97	5,05	0,16	0,34	0,73	0,8	0,38	0,5
16/08	75 61	"	82	75	+ 7	55,33	0,36	0,23	12,74	3,06	3,89	0,15	0,32	1,69	1,87	0,36	0,47
24/08	74 52	"	81,5	75	- 7,5	51,38	0,44	0,28	14,46	3,78	4,46	0,15	0,3	0,87	0,89	0,45	0,55
16/09	41 34	"	78	75	- 3	23,71	0,46	0,29	6,98	3,38	1,84	0,12	0,11	1,34	0,63	0,69	0,39
25/10	31	"	79,5	75	- 4,5	35,57	0,46	0,29	10,31	-	-	-	-	-	-	-	-
		TOTAL				221,3			59,71		15,24		1,07		4,19		1,91
		BILAN							- 39,43		- 14,37		- 0,33		- 1,24		- 0,79

N.B : * Correction erreur d'échantillonnage.

Bilan des sels : ID 6

Titre : Essai Amendement - Dispositif III T1 - 1612 m²

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
29/08	31	99 irrigat.	75	83,5	+ 8,5	137,02	0,06	0,038	5,2	0,14	0,441	0,06	0,321	0,36	0,987	0,11	0,362
19/09	5	75 rajout	78,5	85	+ 6,5	104,78	0,04	0,026	2,68	0,09	0,217	0,02	0,082	0,32	0,67	0,10	0,25
29/09	3	25 rajout	78	85	+ 7	112,84	0,04	0,026	2,93	0,09	0,234	0,03	0,132	0,50	1,128	0,12	0,325
	TOTAL				22	354,64	-	-	10,81	-	0,89	-	0,535	-	2,785	-	0,937
12/10	42	86 drainage	79,5	79	- 4,5	72,54	0,32	0,205	14,87	2,32	3,87	0,18	0,509	1,01	1,46	0,68	1,18
	TOTAL								14,87	-	3,87	-	0,509	-	1,46	-	1,184
	<u>BILAN</u>								- 4,06		- 2,98		+ 0,026		+1,325		-0,24

Dates	N° flacons	Opération	Lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
9/08	31	irrigat.	75	84	+ 9	145	0,06	0,038	5,51	0,14	0,467	0,06	0,339	0,36	1,044	0,11	0,383
9/09	5	rajout	79	85	+ 6	96,72	0,04	0,026	2,51	0,09	0,20	0,02	0,075	0,32	0,619	0,10	0,232
9/09	3	rajout	78	84	+ 6	96,72	0,04	0,026	2,51	0,09	0,20	0,03	0,113	0,50	0,967	0,12	0,279
	TOTAL				21	338,4	-	-	10,53	-	0,867	-	0,527	-	2,63	-	0,894
2/10	96	drainage	79	75	- 4	64,48	0,46	0,2994	18,98	3,47	5,146	0,21	0,528	1,24	1,599	0,85	1,315
	TOTAL	-	-	-	4	64,48	-	-	18,98	-	5,146	-	0,528	-	1,599	-	1,315
	BILAN								- 8,45	-	- 4,279	-	- 0,001	-	+ 1,031	-	- 0,421

Bilan des sels : 1D6

Titre : Essai Amendement - Dispositif III T3 - 1612 m²

Dates	N° flacons	Opéra- tion	lecture échelle		Δ h	Volume d'eau m ³	C.E. à 25° C mmhos/cm	Concen- tration sels g/l	quantité sel globale	Na +		K +		Ca ++		Mg ++	
			Avant	Après						meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg	meq/l	poids total kg
29/08	31	Irrig.	80	88,5	+ 9,5	137,02	0,06	0,038	5,2	0,14	0,441	0,06	0,321	0,36	0,987	0,11	0,362
19/09	5	rajout	83	89	+ 6	96,72	0,04	0,026	2,51	0,09	0,2	0,02	0,075	0,32	0,619	0,10	0,232
29/09	3	rajout	83,5	89,5	+ 6	96,72	0,04	0,026	2,51	0,09	0,22	0,03	0,113	0,50	0,967	0,12	0,279
	TOTAL				+ 20,5	330,46	-	-	10,22	-	0,841	-	0,509	-	2,57	-	0,873
12/10	44	drainage	78	75	- 3	48,36	0,55	0,352	17,02	2,58	2,87	0,19	0,358	0,8	0,774	0,69	0,801
	TOTAL				- 3	48,36			17,02	-	2,87	-	0,358	-	0,774	-	0,801
BILAN									- 6,80		- 2,029		+ 0,15		+ 1,779		+ 0,07

Présentation du matériel de travail

Le PH-mètre : PH 91 "WTW"

Mode d'emploi pour PH-91

Fonctions : - mesure des PH , mv et de la température -gamme de mesure : 0 à 14 PH

Etalonnage des electrodes de PH :

Deux solutions tampons sont nécessaires : l'une à PH 7 et la 2^e dans le domaine acide ou alcalin - En principe elle doit se faire dans le domaine des mesures qui vont être faites l'influence de la 1^e est directement compensée par l'appareil

Marche à suivre :

- enlever le capuchon d'eau à l'électrode
- brancher l'électrode et la soude à température
- correction de l'asymétrie : rincer l'électrode dans l'eau distiller et plonger en même temps que la sonde de température dans la solution PH6,9. Mettre le commutateur à PH .

Détermination du PH

- porter le commutateur à "PH "
- rincer l'électrode et la sonde de température dans l'eau distillée et plonger dans la solution à mesurer
- attendre que le résultat soit stable et faire la lecture reactifs.

- chlorures de potassium : 1M = 74,5 g Kcl/litre .

Mode opératoire :

- préparer la solution à mesurer
- agiter les flacons à mesurer
- mettre les électrodes dans la suspension et faire la lecture lorsque la valeur s'est stabilisée (glissement 0,01/10)

XXIV

Conductimètre : LF .91 "WTW"

Mode d'emploi LF 91

Mesure = brancher l'électrode KLE
- plonger l'électrode dans le milieu à mesurer

NB : le résultat affiché est toujours donné corrigé par rapport à la température de référence à 25°C .

Après chaque mesure , nétoyer l'électrode avec de l'eau distillée entre 2 mesures l'électrode peut être conserver à sec .

Mode opératoire :

- préparer la solution à mesurer
- agiter mécaniquement pendant 2 heures
- mesurer la conductivité et la température de la suspension.

Remarque :

La suspension 1/2,5 , préparée pour l'analyse du PH.eau peut servir pour l'analyse de la conductivité électrique , de préférence avant la mesure du PH.

Matériel de prélèvement :

Ce matériel comprend :

- une tarière dont l'extrémité à la forme d'un vis sans fin permettant ainsi d'obtenir une quantité moyenne de terre ;
- deux petites bassines dont l'une sert pour l'échantillon de suurface et l'autre de profondeur
- des étiquettes portant le nom des échantillons
- des sachets plastiques dans lesquels les échantillons sont placés.

Matériel de mesure :

- échelles de mesure + de la hauteur d'eau (au nombre de 11)
- mètre carré pour le comptage des plants au tallage.