

**MINISTERE DE L'EDUCATION
NATIONALE**

**REPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI**

**DIRECTION NATIONALE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**INSTITUT POLYTECHNIQUE RURAL DE
KATIBOUGOU**

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE
DE QUELQUES ESPECES FOURRAGERES
AUX PHENOMENES DE
SALINISATION / ALCALINISATION**

Par : Lassana DIARRA

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES :

**Présenté pour l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur des Sciences Appliquées
de l'IPR de Katibougou**

Spécialité Agriculture

Directeur de Mémoire

Date de Soutenance

**Mamadou Kabirou N'DIAYE
Docteur - Ingénieur Agronome
SRCVO - Sotuba - B A M A K O -**

Décembre 1991

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
1.1 Situation géographique	2
1.2 Le climat	2
1.2.1 La température	2
1.2.2 L'insolation	3
1.2.3 Les vents	3
1.2.4 L'évapotranspiration	3
1.2.5 La pluviométrie	4
1.3 La végétation	6
1.4 Les sols	6
1.4.1 Répartition des sols	7
1.4.2 Evolution	8
1.5 Les aménagements actuels	8
1.5.1 Le réseau d'irrigation	9
1.5.2 Le réseau de drainage	9
GENERALITE SUR LA SALINISATION-SODISATION- ALCALINISATION	12
2.1 Définition	12
2.1.1 La salinisation	12
2.1.2 La sodisation	12
2.1.3 Sol sodique	13
2.1.4 L'alcalinisation	13
2.1.5 Sols à alcalis	13
2.2 Le processus de salinisation et d'alcalinisation des sols	14
2.3 Classifications	14
2.4 Impact de la salinité, de la sodicité, et de l'alcalinité sur les sols	16

2.5	Les causes de la salinisation et/ou de l'alcalinisation des sols de l'Office du Niger	17
III.	BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA TOLERANCE DES PLANTES AUX SELS	18
3.1	L'effet osmotique	18
3.2	Effets spécifiques des ions	19
3.3	Tolérance des cultures à la salinité	19
3.3.1	Tolérance à la salure totale	19
3.3.2	Tolérance aux ions spécifiques	21
IV.	ETUDES EXPERIMENTALES	23
4.1	Présentation du site	23
4.2	Matériel et méthode	23
4.2.1	Matériel végétal	23
4.2.2	Méthode	23
4.2.2.1	Dispositif	23
4.2.2.2	Critères de choix	23
4.3	Conditions d'exécution des travaux	24
4.3.1	Chimie du sol et des eaux	24
4.3.2	Mise en place des cultures	24
4.3.3	Le suivi agronomique	25
4.4	Résultats et Discussions	25
4.4.1	Chimie du sol et des eaux	25
4.4.2	Le suivi agronomique	36
4.4.3	Interprétation des Résultats	39
4.4.4	Conclusion	40
4.5	Conclusion générale	41
	LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	42
	A N N E X E S	vi

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 :	Températures moyennes mensuelles de Niono (Station de Niono 1951-1985 N'DIAYE 1987)	3
Tableau n°2 :	ETP de références et évaporation Bac Niono 1982-1983 (N'DIAYE 1987 FAO. G.EAU)	4
Tableau n°3 :	Répartition des superficies par type de sol Projet B. EAU 1981	7
Tableau n°4 :	Répartition des échantillons suivant les différentes classes de salinité (CE1:2,5 en mmhos/cm)	25
Tableau n°5 :	Répartition des échantillons suivant les classes d'alcalinité (ph eau)	26
Tableau n°6 :	Proportion des différents éléments du sol exprimée en pourcentage	26
Tableau n°7 :	Répartition dans le temps des échantillons en fonction des classes de salinité (CE1:2,5 en mmhos/cm)	27
Tableau n°8 :	Répartition dans le temps des échantillons en fonction des différentes classes d'alcalinité (ph eau)	28
Tableau n°9 :	Répartition des échantillons d'eau suivant la salinité	34
Tableau n°10 :	Répartition des échantillons d'eau suivant l'alcalinité	34
Tableau n°11 :	Levée par espèces suivant les classes de salinité	36
Tableau n°12 :	Levée par espèces suivant les classes d'alcalinité	36
Tableau n°13 :	Rendements moyens en KG/ha de matière verte (MV) et matière sèche (MS) suivant la salinité	38
Tableau n°14 :	Rendements moyens en KG/ha de matière verte (MV) et de matière sèche (MS) suivant les classes d'alcalinisation	38

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Pluviométrie annuelle à Niono (1939 - 1990).	5
Figure N°2 : Toposéquence des principaux types de sol	11
Figure N°3 : Représentation de la croissance des plantes.	22
Figure N°4 : Evolution du pH et de la CE du Carré Rd4-2	30
Figure N°5 : Evolution du pH et de la CE du Carré Rd5-1	31
Figure N°6 : Evolution du pH et de la CE du Carré Rd5-3	32
Figure N°7 : Evolution du pH et de la CE du Carré Rd6-1	33
Figure N°8 : Evolution du pH et de la CE dans la nappe phréatique	35

Liste des abréviations

A.G.p	:	Agropédologie.
A.R.P.O.N	:	Amélioration de la Riziculture Paysanne à l'Office du Niger.
B. eau (Projet)	:	Besoin en Eau.
C. E.	:	Conductivité Electrique.
C.E.C	:	Capacité d'Echange des Cations.
D.R.A.	:	Division Recherche Agronomique.
D.R.D	:	Division Recherche Développement.
E.S.P	:	Echangable Sodium Percentage.
E.T	:	Evapotranspiration.
E.T.P.	:	Evapotranspiration Potentielle.
F.A.O	:	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
G. Eau (Projet)	:	Gestion Eau.
I.E.R	:	Institut d'Economie Rurale.
I.R.A.T	:	Institut de Recherches Agronomiques Tropicales.
O.N.	:	Office du Niger.
S.A.R.	:	Sodium Absorption Ratio.
S.E.R.Z	:	Station d'Elevage et de Recherches Zootechniques du Sahel.
S.R.C.V.O	:	Section de Recherches sur les Cultures Vivrières et des Oléagineux.
U.S.A.	:	Etats Unis d'Amérique

DEDICACE

JE DEDIE CE MEMOIRE à

Mon regretté père feu Moussa Diarra dit Bamoussa que son âme repose
en paix

Ma mère Mah TRAORE dite "Mablé" pour toute son affection

Mes frères, Soeurs, Cousins et Cousines.

Ma Femme et mes enfants pour les privations dont ils ont souffert durant
les années de formation, et en témoignage de leur affection.

R E M E R C I E M E N T S

Je ne saurais commencer le présent mémoire sans adresser mes sincères remerciements et ma reconnaissance :

- A la Direction de l'IPR de Katibougou
- Au corps professoral pour leur apport inconditionnel à ma formation
- Au Directeur de la SERZ/S de Niono, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail, et son entière disponibilité
- A Mamadou Kabirou N'DIAYE, mon directeur de stage, qui malgré ses multiples occupations, n'a ménagé ni son temps, ni ses moyens pour le bon déroulement de ce travail
- A Mémé TOGOLA et sa famille dont le soutien moral et matériel n'a jamais fait défaut
- A Mamadou DIARRA et sa famille pour notre amitié sincère
- A Souleymane TRAORE pour les sacrifices consentis durant ces années de formation
- Messaoud Labib. Isac DEMBELE, Fansery BOUARE, Gaoussou TOURE, Moussa KEITA, Nianamatié SANOGO, Doro KONATE, Bandjougou KEITA, Flamory DIABATE, Zan DIARRA et leur famille pour les services rendus
- A mes collègues de classe : Bréhima KAMISSOKO, Mamadou DEMBELE, Ali Baba DIALLO, N'Djerallar Méankéole, Soumaïla DOUMBIA pour les durs moments que nous avons passés ensemble
- Mamadou SAMAKE DU Laboratoire de la DR/D/ON
- A Ousmane M. TRAORE, Dramane COULIBALY, Mohamed K. DICKO du Volet salinisation, et agent de Recherche AGP pour leur franche collaboration, et leur entière disponibilité
- A Amadi TRAORE dit Yé pour les sacrifices qu'il a consenti pour la réussite de ce travail
- A tout le personnel de la Station du Sahel pour leur franche collaboration et leur entière disponibilité
- A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué de façon efficace à la réussite de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

RESUME

La présente étude est une contribution à l'étude de la résistance des cultures fourragères aux phénomènes de salinisation et/ou alcalinisation.

Le choix de ce sujet se justifie par le souci d'apporter quelques éléments sur le comportement de ces plantes vis à vis des phénomènes de salinisation et/ou alcalinisation, et de dégager des recommandations pour leur production en station, et dans l'optique de leur introduction en milieu paysan.

L'étude a porté sur quatre légumineuse fourragères qui sont: *Dolichos lab-lab*, *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroïdes*, et *Vigna sinensis* IAR 1696.

Pour préciser les effets de la salinisation et/ou de l'alcalinisation, afin d'identifier la ou les espèces résistante(s) nous avons adopté le suivi agronomique avec un dispositif non statistique.

Les observations ont porté sur la détermination périodique du pH et de la conductivité électrique à 25°C du sol, des eaux du réseau d'irrigation, et de la nappe souterraine.

Au niveau des plantes, elles ont porté sur la levée, les mesures périodiques de la taille, de l'estimation du recouvrement, de la détermination, de la production et de la productivité.

A la lumière des observations, on retient que toutes les espèces étudiées sont sensibles à la salinité et/ou à l'alcalinité.

Cependant *Macroptilium lathyroïdes* présente une relative résistance aux phénomènes étudiés par rapport aux autres espèces. Nous signalons que les résultats ainsi obtenus ne constituent qu'une ébauche qu'il convient de vérifier.

INTRODUCTION

Le Mali est un pays Sahélien dont l'économie repose sur les ressources agro-pastorales.

Pour un accroissement de la production agricole et animale, l'accent a été mis sur la création des Opérations de Développement, et des Stations spécialisées pour la recherche appliquée, comme la Station d'Elevage et de Recherches Zootechniques du Sahel de Niono en Zone Office du Niger.

L'un des objectifs de la SERZ est l'étude de la production des plantes fourragères sous irrigation et les possibilités de leur introduction en milieu paysan.

Pour atteindre ses objectifs, la station se trouve confrontée à des obstacles de taille, parmi lesquels le mauvais comportement constaté des cultures, et la baisse de la production fourragère de plus en plus croissante, due à la dégradation de la fertilité des sols base de la production végétale.

En effet l'évolution des sols sous irrigation a conduit au fil des années à leur dégradation progressive par la salinisation et/ou de l'alcalinisation.

Cette situation a été signalée par DABIN en 1951. TOUJAN (1980) et BERTRAND (1986), N'DIAYE en étudiant les origines probables dans le Kouroumari en 1987 ont confirmé les faits. La Recherche agronomique, soucieuse de ce problème a initié depuis 1989 un volet d'études sur le phénomène salinisation et/ou alcalinisation des sols de l'Office du Niger.

Ce mémoire vise le comportement des légumineuses fourragères vis à vis de la salinisation et/ou alcalinisation, afin d'identifier la ou les espèce(s) peu ou pas sensible(s) par le suivi agronomique. Il comprend quatre chapitres.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude.

Le second concerne l'étude théorique des phénomènes de salinisation et alcalinisation.

Le troisième chapitre aborde l'aspect théorique de la tolérance des plantes aux sels.

Le dernier chapitre est réservé aux études expérimentales effectuées sur le terrain.

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1 Situation géographique

L'Office du Niger est situé dans la partie Occidentale du delta intérieur nigérien. Le Niger qui coulait entre 13° degrés et 18° degrés latitude nord, et 4°, 6° degré longitude Ouest, a donné naissance à une vaste plaine alluvionnaire (d'environ 2 000 000 ha) dans la direction nord-est à partir de Sansanding. Ce delta est limité au sud-est par l'actuel cours du fleuve, à l'Ouest par le marigot de Molodo, au Nord du Kouroumari par la banquette gréseuse qui détourne le cours du marigot et à l'Ouest du Kouroumari par les ergs de Sokolo.

La zone de Niono est située au Nord du delta dans le Kala inférieur. Le delta se divise en 2 zones distinctes par leur état hydrologique.

"Le delta intérieur vif" représente la zone actuellement soumise à une inondation pendant 3 à 4 mois.

"Le delta mort" à l'Ouest est constitué par les plaines asséchées du Kala, du Kouroumari et du Mema.

1.2 Le climat

Le climat est du type soudano-sahélien, avec une courte saison humide, d'une longue et pénible saison sèche. On distingue trois périodes climatiques importantes :

- l'hivernage de Juillet à Octobre
- une saison sèche froide de Novembre à Février
- une saison sèche chaude de Mars à Juin

1.2.1 La température

Il existe une très grande variation de la température aussi bien journalière que saisonnière. Mais les variations inter-annuelles sont faibles (moins de 10%). Les températures minimales varient entre 13,20°C en Janvier, 24,3°C en Mai. Tandis que les maximales varient de 34,70°C en Décembre et 39,8°C en Mai avec une moyenne de 35,28°C (N'DIAYE M.K 1987)

Tableau n°1 : Températures moyennes mensuelles de Niono (Station de Niono 1951-1985 N'DIAYE 1987)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ma.	32,6	35,3	37,6	39,3	39,7	37,5	33,7	31,9	32,8	35,2	35,1	32,0
Moyenne	35,24											
Mi.	12,6	15,4	18,4	22,1	24,7	24,1	22,4	21,9	22,0	20,9	17,4	13,6
Moyenne	19,63											
Moy.	22,6	25,3	28,0	30,7	32,3	38,8	25,0	26,9	27,4	28,5	26,5	22,8
Moyennes	27,47											

1.2.2 L'insolation

La durée de l'insolation, toute l'année se situe autour de 9 heures/jour. Elle influence considérablement les variations journalières et saisonnières de la température.

1.2.3 Les vents

Les vents dominants dans la zone sont l'harmattan et la mousson. L'harmattan, vent chaud et sec soufflant de Mars à Juin, il a une action érosive. La mousson est un vent humide soufflant de Juin à Septembre apporte la pluie.

1.2.4 L'évapotranspiration

Les besoins en eau des cultures dépendent en grande partie de la quantité d'eau perdue dans l'atmosphère. Elle est constituée de deux phénomènes, l'un physique : l'évaporation de l'eau à partir de la surface du sol ; l'autre biologique : transpiration des végétaux en place. Comme références, on se sert de l'ETP (évapotranspiration potentielle) qui peut se définir comme l'ET au niveau d'un couvert végétal sous des conditions optimales de croissance.

Le degré de l'ET est largement contrôlé par les caractéristiques climatiques susmentionnées. Il est élevé pour la zone de Niono et est partout supérieur à la pluviométrie, sauf en Août où il existe un bilan pluvio.ETP positif.

Le projet G.EAU a fait une estimation de l'ETP et de l'évaporation Bac pour Niono. Selon ses estimations, l'ETP varie de 7 à 8 mm/jour en saison chaude, et de 5 à 6 mm/jour en saison froide. Quant à l'évaporation Bac A, elle varie de 6 à 11 mm.jour au maximum en saison chaude .

Tableau n°2 : ETP de références et évaporation Bac Niono 1982-1983
(N'DIAYE 1987 FAO. G.EAU)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP ref	5,6	6,4	7,5	7,7	7,4	6,9	5,7	5,8	6,1	5,6	6,2	5,4
Evap.8 Bac	9,4	11,4	11,4	8,9	8,7	6,8	6,2	6,5	6,7	7,9	7,3	

Nous remarquons de manière générale un déficit en eau qui s'accroît en saison chaude et le régime des irrigations qui en résulte "contrôle le mouvement des sels dans le sol" (N'DIAYE 1987)

1.2.5 La pluviométrie

La pluviométrie journalière présente une grande variabilité dans le temps et dans l'espace, même si la moyenne annuelle est environ 540 mm. L'intensité des pluies peut être très élevée (plus de 50 mm/heure). La majorité des précipitations tombent en hivernage avec les plus fortes pluies en Juillet-Août.

Conclusion

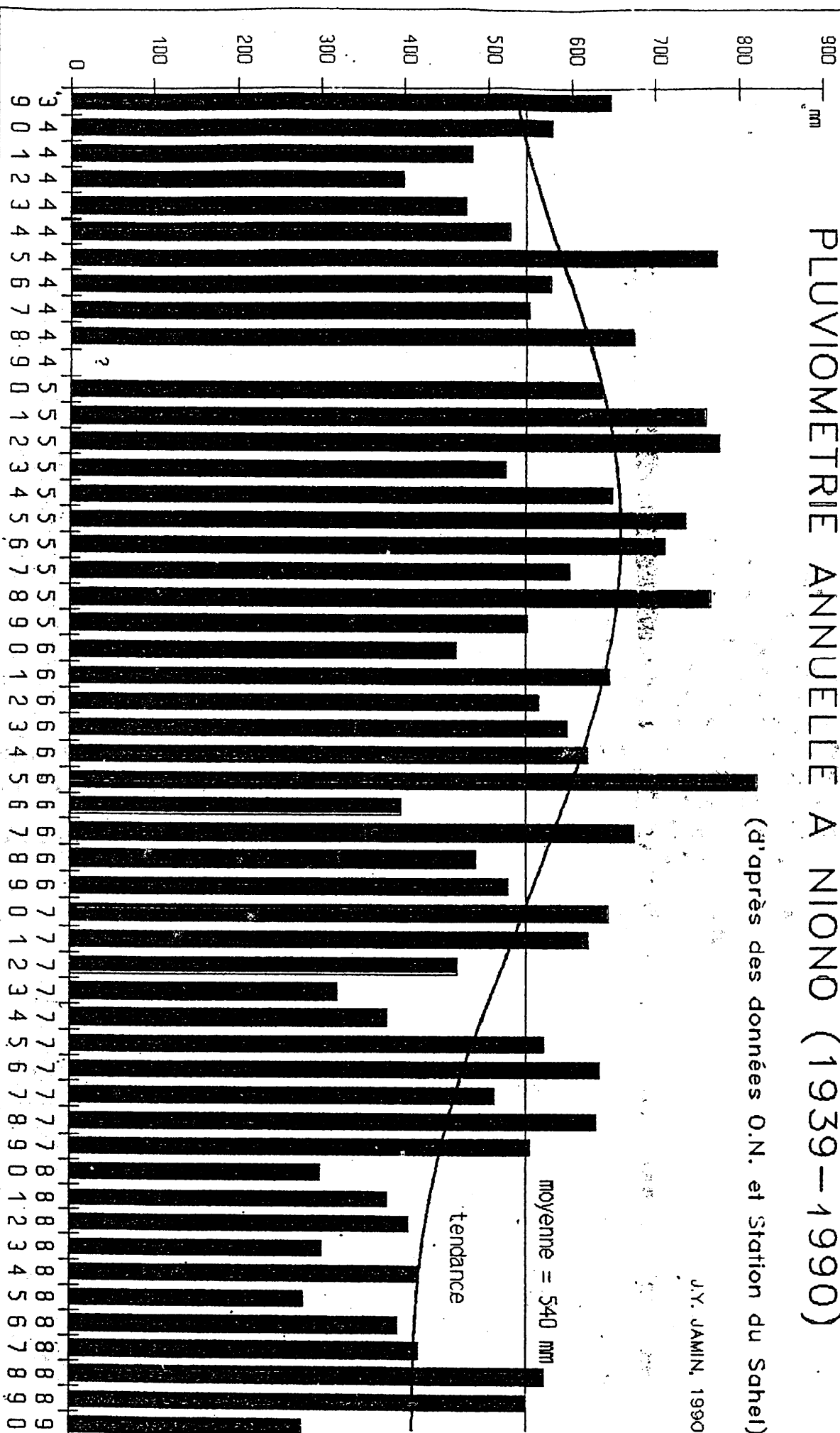
Ces facteurs climatiques nous permettent de définir la source d'alimentation de la nappe souterraine, les quantités importantes de pluie n'étant pas fréquentes avant la deuxième décennie de Juillet.

La forte évaporation (influencé par les vents, les températures et l'insolation) pourrait agir positivement sur le mouvement des éléments solubles dans le sol, ce qui peut être une voie de l'évolution éventuelle des sols vers leur salinisation et/ou alcalinisation.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A NIONO (1939-1990)

(d'après des données O.N. et Station du Sahel)

J.Y. JAMIN, 1990



1.3 La végétation

La végétation naturelle dans les zones non aménagées est une savane à épineux, relativement claire, composée essentiellement d'*Acacia nilotica*, *A. seyal*, *A. Sénégal*, avec localement *Guiera senegalensis* dans les sols les plus sableux, ou à l'horizon superficiel sableux.

1.4 Les sols

L'Office du Niger se trouve dans une plaine alluviale créée par le fleuve Niger pendant le quaternaire, le cours du fleuve a été influencé par les systèmes dunaires éoliens. Dans le temps le cours du fleuve a beaucoup changé, raison pour laquelle la plaine alluviale est assez vaste. L'épaisseur des couches alluviales varie entre 20 à 50 m (N'DIAYE 1987). Au moment des inondations, la crue apportait un dépôt de sédiments alluviaux. Ces alluviaux ont créé des sols d'une composition granulométrique très variable.

Les sédiments les plus lourds comme le (gravier et le sable) se déposaient les premiers, tandis que les alluvions plus légères (les argiles) étaient entraînés plus loin.

En 1951, ces sols ont été décrits et classés par DABIN en langue Bamana. C'est une dénomination qui est essentiellement fondée sur la texture (au toucher) et sur l'aspect structural de la surface du sol.

Des zones hautes vers les zones basses, DABIN a distingué :

- SENO : matériaux d'origine généralement dunaire, très sableux, les sols Seno sont pauvres en éléments fertilisants.
- DANGA : sols beiges sablo-limoneux, jamais fissurés, présentant souvent des gravillons ferrugineux, ils sont pauvres en matière organique avec un pH légèrement acide : 6,2 - 6,8.
- DANGA-BLE: sol ocre rougeâtre, limono-sableux, passant à limono-argileux, généralement friable, mais peu structuré en surface, il peut être couvert de gravillons ferrugineux, ils sont pauvres en matière organique, avec un pH acide
- DANGA-FING : sol brun foncé en surface, analogue au danga, mais plus riche en limon, relativement compacts, un peu plus humifères et un peu plus acide (pH 5,8 à 6,3).
- MOURSI : il désigne les sols noirs, 40 à 60% d'argile, légèrement fissurés, noirâtre, mais relativement pauvre en matière organique 0,3 à 0,5%, sa réaction est basique (pH 7 à 7,8), les nodules calcaires y sont nombreux.

- DIAN : sols bruns argileux, limoneux, 25 à 50% d'argile, très compact, présentant généralement des fentes de retrait, il présente quelques nodules calcaires, sa réaction est acide (ph 6, à 6,8)
- DIAN-PERE : sols analogues aux DIAN, mais très argileux et très crevassés par des fentes de retrait. Ils apparaissent ainsi comme des intermédiaires entre ces deux pôles (Moursi et DIAN)
- BOI : sols gris limoneux; argileux très compacts à teneur moyenne en matière organique, sa réaction est moyennement acide (ph 5 à 5,6). On y distingue :
 - BOI-BLE : sols de type Boi, mais avec des nombreuses tâches jaunâtres et des panachures rougeâtres, ferrugineux, on les trouve dans les fonds de mares.
 - BOI-FING: sols analogues aux Boi, mais limoneux argileux, et riches en matière organique.

1.4.1 Répartition des sols

Tableau n°3 : Répartition des superficies par type de sol Projet B. EAU 1981

Types de sols	!	Superficies en ha
DANGA	!	24 847
DIAN	!	10 809
MOURSI	!	4 527
SENO	!	2 611
BOI	!	656
DIAN MOURSI	!	551

Selon le rapport du Projet B.EAU, les danga, dian, moursi, seno sont dans cet ordre les plus importantes dans la zone de l'Office du Niger.

1.4.2 Evolution

La mission d'étude conduite par TOUJAN en 1980 a étudié l'évolution de sols de l'Office du Niger, sous irrigation sur une trentaine d'années. Ses remarques ont été les suivantes :

- l'augmentation du ph d'une unité
- un taux de dispersion de près de 50%
- un blocage du calcium échangeable
- une affection de la perméabilité de près de 300 %
- une augmentation du sodium échangeable de 200 %

Il a fait 17 profils prélevés aussi près que possible des points où DABIN avait pris des échantillons en 1951. Ses remarques donnent évidemment des indications sur l'état évolutif des sols vers une sodisation poussée.

Conclusion

Il existe une très grande diversité de composition granulométrique, et une perméabilité beaucoup moindre. Cette diversification existe non seulement entre différents types, mais également à l'intérieur d'un même type vernaculaire.

Le danga-blé par exemple, a une teneur en argile de 11 à 35 % (DABIN 1951), mais ses propriétés morphologiques sont très voisines.

Les études ont confirmés qu'en riziculture les sols DANGA et SENO sont très affectés, et dans le maraîchage les MOURSI sont sérieusement affectés.

Les sols du delta central par leur caractère alluvionnaire, sont de structure instable, pauvre en matière organique. Ils présentent un coefficient de dispersion Na/ca ou Na/CEC élevé, et cela donne des indications sur les risques de dégradation par sodisation aux quels ils s'opposent. Cette situation est d'autant plus importante que les types de sols les plus sensibles (danga et seno en riziculture, et moursi en maraîchage) occupent des superficies assez importantes dans la zone.

1.5 Les aménagements actuels

Le principe de mise en valeur de l'Office du Niger dans le "delta mort" est de profiter de la pente générale vers le nord, et de l'ancien réseau de défluent pour irriguer les vastes étendues de terres alluviales peu productives à l'état naturel en raison du climat semi-aride.

Pour cela un barrage a été édifié sur le Niger près de Markala en 1947 (un peu en amont de l'ancien village traditionnel de SANSANDING). Ce barrage permet d'élever le niveau du Niger jusqu'à la côte 300,5 m d'altitude.

En amont du barrage une prise d'eau a été aménagée et un canal adducteur a été creusé (8 km), puis subdivisé en deux branches dont l'une le canal du sahel (25 km) rejoint l'ancien défluent de Molodo qui est endigué jusqu'à Niono (63 km) en traversant la zone dite de Kala supérieur, puis jusqu'à Kourouma (64 km) en traversant la zone dite de Kala inférieur pour accéder enfin à la zone dite du Kouroumari.

L'autre canal du Macina (20 km) rejoint le marigot de Boky-wéré qui est endigué sur 47 km jusqu'à Kolongotomo.

1.5.1 Le réseau d'irrigation

Partant des canaux adducteurs, le réseau d'irrigation proprement dit comprend :

- des distributeurs : plus ou moins situés sur les tracés des anciens défluents (des falas de Molodo) ou plutôt sur leurs levées de berges, qui par conséquent dominent les anciennes plaines d'inondation asséchées.
- des partiteurs : (1 à 2 km de long) qui perpendiculairement aux distributeurs traversent les plaines jusque vers les points bas.
- des arroseurs : (600 à 800 m de long) disposé en principe de part et d'autre des partiteurs, c'est à dire suivant grossièrement les courbes de niveau.

En général chaque arroseur permet l'irrigation d'un quartier de 600 à 800 m le long de l'arroseur) et de 200 à 400 m de large, soit une superficie de 12, 18, à 24 ha pour les quartiers.

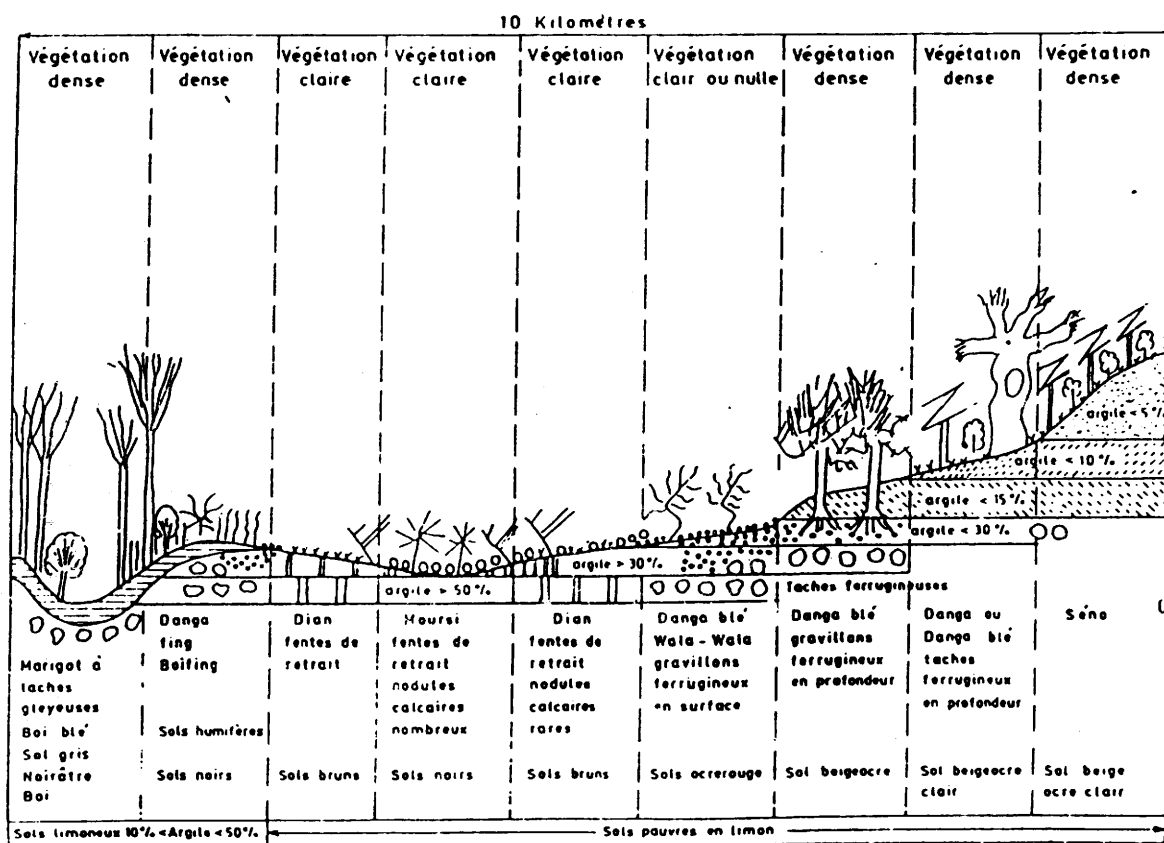
1.5.2 Le réseau de drainage

Au réseau d'irrigation vient se juxtaposer un réseau de "drainage" destiné à évacuer des excès d'eau de pluies ou d'irrigation, et à assurer le vidange des repères au moment de la récolte (GUILLAUME 1960, p 277). Il ne s'agit donc que d'un réseau d'assainissement ou d'évacuation des eaux libres superficielles, qui par drain d'arroseur, drain de partiteur et drains principaux évacuent les eaux excédentaires vers les cuvettes profondes en dehors de l'aménagement. Les drains principaux sont généralement connectés à d'anciens défluents qui seraient susceptibles d'évacuer les eaux loin en l'aval, vers le nord.

Conclusion

Le remplissage du Fala de Molodo, et le début de l'irrigation dans les casiers, il y a eu un approvisionnement continue de la nappe qui se trouve entre 0 et 3 m de profondeur, permettant presque partout une remontée capillaire des eaux souterraines.

L'irrigation peut par ses effets rendre salés des sols précédemment non salés, soit par le mauvais choix des sols à irriguer, ou par la mauvaise qualité de l'eau (présence des sels). Aussi l'absence d'un drainage souterrain, les difficultés d'évacuation des eaux superficielles et l'aridité du climat favoriseraient les phénomènes de salinisation.



SOURCE DABIN. 1951

Figure 1 Toposéquence des principaux types de sol

II. GENERALITE SUR LA SALINISATION-SODISATION-ALCALINISATION

2.1 Définition

Pour une bonne compréhension des phénomènes, il faut distinguer :

- la salinisation
- la sodisation
- sol sodique
- l'alcalinisation
- sol à alcalis

2.1.1 La salinisation

La salinisation proprement dite est l'accumulation des sels solubles dans la solution du sol. La teneur d'une solution de sol en sels solubles est déterminée par sa conductivité électrique à 25°C en mm hos/cm.

On a prescrit une procédure d'analyse standardisée: mesure de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol (CEe). La détermination de la CEe étant une analyse laborieuse, on a recours en cas d'analyses de routine, ou d'analyses comparatives à la détermination de la CE (conductivité électrique) des solutions plus diluées (CE 1 :1, CE 1: 2,5, CE 1:5) dont le rapport sol-eau est exprimé en terme de poids.

2.1.2 La sodisation

La sodisation ou l'alcalisation est caractérisée par une fixation abondante de sodium échangeable sur le complexe absorbant du sol. On détermine la sodisation par le pourcentage de sodium échangeable ESP (exchangeable sodium percentage) par rapport à la capacité d'échange des cations (CEC).

ESP : $100 \text{ Na. échangeable (en meq/l) / CEC (en meq/l)}$. Si cette valeur est supérieure à 15%, on parle d'un sol sodique. ce pourcentage est en étroite relation avec un paramètre utilisé par l'école de Riverside, USA (1969) qui est le SAR (sodium absorption ratio) de l'extrait de la pâte saturée.

Le SAR est défini par l'expression

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

dans laquelle Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} sont les teneurs en meq/l de la solution. Selon Servant (1975) si

$$\begin{aligned} \text{SAR} = 10 & \text{ ----- ESP} = 12 \\ = 20 & \text{ ----- ESP} = 22 \\ = 30 & \text{ ----- ESP} = 30 \end{aligned}$$

2.1.3 Sols sodiques

Un sol est dit sodique, lorsque son chimisme se trouve sous la dominance de l'ion sodium, soit sous forme de chlorure de sodium dans la solution du sol, soit sous la forme d'ion sodium échangeable.

2.1.4 L'alcalinisation

L'alcalinisation est l'augmentation du pH sous l'influence des sels alcalins, tel que Na_2CO_3 , ou NaHCO_3 en solution relativement élevés. Pour estimer le degré d'alcalinisation, on mesure le pH eau.

Dans les grandes lignes, selon son pH, la réaction du sol est :

- acide si $\text{pH} < 6,5$
- neutre si $\text{pH} = 7,0$
- alcalin si $\text{pH} > 7,0$

2.1.5 Sols à alcalis

Ce sont des sols caractérisés par une teneur élevée en sels alcalins (principalement les carbonates) un $\text{pH} > 8,8$, l'ESP représente au moins 15%. Des inflorescences d'humates alcalins peuvent se former en surface d'où l'appellation de sols salins noirs.

2.2 Le processus de salinisation et d'alcalinisation des sols

L'abondance de l'ion sodium dans le sol confère à ce dernier des caractères particuliers. Mais cet ion peut exister sous deux formes distinctes :

- la forme saline (NaCl , Na_2SO_4) l'ion sodium reste sous forme neutre.
- la forme alcalinisante (échangeable) liée au complexe absorbant. En présence de cette dernière forme les solutions du sol s'enrichissent en sels alcalins (carbonate ou bicarbonate de sodium) qui confère au sol un pH fortement élevé.

Servant (1975) en fonction de ces deux formes de l'ion sodium proposa le terme de "sols salsodiques" pour désigner la classe des sols sujets. l'ion sodium peut provenir de différentes sources : présence d'une nappe salée dont les éléments saturer le complexe absorbant par échange avec les ions alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}) on parle de saturation indirecte (Duchaufour 1977).

Une saturation directe du complexe par altération des roches contenant des minéraux sodiques.

Toutefois selon BERTRAND (1986) la nappe souterraine en traversant des lentilles ou des couches d'alluvions sodiques, transporte des éléments alcalinisant dont elle s'est chargée.

Selon RICHARD et AL (1954) et Duchaufour (1977), l'ion sodium ne peut subsister qu'en climat sec où le drainage naturel est empêché par la forte évaporation qui sévit.

En climat humide, tous les sels de sodium étant très solubles, sont rapidement transportés du profil par les eaux de drainage. Une exception subsiste cependant, il s'agit du cas où les eaux maritimes affectent les deltas situés à côté des mers (Richard et AL 1954).

- Alors deux conditions sont nécessaires à la formation des sols salsodiques:
- . Une condition climatique (ces sols sont quasi inexistantes dans les régions humides)
 - . Une condition de station qui nécessite la présence d'une source de sodium.

2.3 Classifications

A différentes époques, les auteurs ont proposé des classifications pour la différenciation des sols salsodiques.

- La classification de Richard et AL (1954) comprend :

Les sols salins = qui se caractérisent par une conductivité électrique supérieure à 4 mmhos/cm à 25°C, un ESP inf à 15%, le pH inf. à 8,5.

Le sols salins-sodiques qui ont une conductivité électrique supérieur à 4 mmhos/cm à 25°C, un ESP > 15 et un pH rarement supérieur à 8,5 (il est d'ailleurs proche de la neutralité).

Les sols non salins-sodiques = avec une conductivité électrique inférieure à 4 mmhos/cm à 25°C, un ESP sup à 15, le pH peut atteindre ou dépasser 10. Ce sont des sols à structure très mauvaise à cause de la prédominance de Na⁺.

- La classification de Duchaufour : elle comprend 2 sous classes :

La sous-classe des sols salins :

- = CE sup. à 4mmhos de 0 à 25 cm
- = CE sup. à 15mmhos de 25 à 75 ou 125 cm
- = pH < à 8,5

Cette sous-classe comprend les sols salins à complexe calcique (qui ont un rapport Na⁺/CEC inf à 15 %, des sols à complexe sodiques Na⁺/CEC sup à 15 % ; et les sols salins à sulfato réducteurs

- La sous-classe des sols alcalins (à alcalis) de salinité faible à nulle avec un rapport Na⁺/CEC sup à 15 %, et un pH sup à 8,5.

La classification du Laboratoire de Sotuba

D'une façon préliminaire, le laboratoire des sols de Sotuba en collaboration avec la DRD/ARPON a proposé une classification de la salinité et de l'alcalinité pour les sols de l'Office du Niger.

de la salinité : elle comprend 4 classes

1. non salin ou neutre = CE 1 : 2,5 / inf. à 0,1
2. peu salin = CE 1 : 2,5 : 0,1 à 0,4
3. salin = CE 1 : 2,5 : 0,4 à 1
4. très salin = CE 1 : 2,5 / sup. à 1

de l'alcalinité : elle comprend 4 classes

1. non alcalin ou neutre = ~~pH~~ < 6
2. en début alcalinisation = ~~pH~~ 6 à 7
3. alcalin = ~~pH~~ 7 - 8,3
4. très alcalin = ~~pH~~ > 8,3

La classification combinée de la salinité et de l'alcalinité

	Ph eau	CE 1: 2,5
1. sols neutres non salins et non alcalins	6,5	0,1
2. sols en cours d'alcalinisation, mais non salés	6,5 - 8,1	0,1
3. sols en cours d'alcalinisation en début de salinisation	6,5 - 8,1	0,1 - 0,4
4. sols alcalins en début de salinisation	8,1 - 9	0,1 - 0,4
5. sols très alcalins et salés	> 9	> 0,4

Selon le laboratoire, cette classification suit les stades consécutifs du processus de salinisation et/ou d'alcalinisation. Aussi elle révèle la salinisation avant la manifestation des problèmes agronomiques. Son insuffisance est due au fait qu'elle est basée sur le ph et ne couvre pas beaucoup de valeurs de la salinité.

Pour notre étude nous avons adopté la classification de la salinité et de l'alcalinité de Sotuba pour l'étude des sols et des eaux (ph eau, CE 1 : 2,5).

2.4 Impact de la salinité, de la sodicité, et de l'alcalinité sur les sols

Pour satisfaire ses besoins hydriques, la plante s'adresse au sol en prenant de l'eau ; mais l'accumulation des sels dans le sol a pour conséquence immédiate une élévation de la pression osmotique de la solution du sol; ce qui ralentit ou freine l'absorption de l'eau par la plante, provoquant ainsi son flétrissement "sécheresse physiologique".

Un taux de sodium "échangeable élevé a pour effet une dispersion des agrégats, ce qui conduit à une réduction de la perméabilité, de la porosité et un tassement des sols. Pour la plupart des sols, la stabilité structurale disparaît complètement à un ESP 15 %. Du point de vue agricole, cela se traduit d'une part par la prise en masse du sol qui devient très compact, dur, difficile à labourer, et d'autre part, par des difficultés de germination, et d'enracinement des plantes. Par ailleurs le sol devient totalement asphyxiant, ce qui s'accompagne d'une atrophie du système racinaire, de son développement de plus en plus superficiel, avec des conséquences défavorables sur la nutrition minérale des plantes, et la baisse considérable des rendements.

Une élévation du pH peut créer des problèmes de fertilité par :

- Le blocage du phosphore sous des formes non ou peu assimilables
- Une évolution de l'azote tout à fait particulière (volatilisation)
- Des carences induites de certains éléments minéraux (zinc, Mn, Fe; Cu)
- La dispersion de la matière organique

Cette matière organique ainsi dissoute en milieux alcalins est ramenée en surface par le processus de remontée capillaire et l'évaporation colorant en noir la croûte superficielle (salants noirs).

2.5 Les causes de la salinisation et/ou de l'alcalinisation des sols de l'Office du Niger

Plusieurs auteurs ont signalé le caractère sodique de certains sols de l'Office du Niger. Mais les études d'identification des facteurs d'influence ont commencé avec R. BERTRAND (1986) qui a émis deux hypothèses pour expliquer cette alcalinisation des sols: l'effet de l'eau du Niger, et d'une remontée de la nappe phréatique : (N'DIAYE (1987) a exclu l'hypothèse d'une origine géologique du sel par l'étude géochimique des eaux en démontrant que toute eau dérive du Niger par concentration.

Dans le cadre de l'identification des problèmes de salinisation/alcalinisation des sols de l'Office du Niger, l'équipe encadrée par Mamadou Kabirou N'DIAYE (1989/90) conclut que :

- La nappe: au niveau des casiers est proche de la surface du sol (0 à 3 m de profondeur) cette proximité permet presque partout une remontée capillaire des eaux souterraines.
- Les sols : certains types de sol (seno et danga) en riziculture (moursi) en maraîchage, à cause de leur coefficient de dispersion élevé étaient les plus sensibles.
- Les eaux d'irrigation : à cause de leurs taux de carbonate et bicarbonate généralement élevés présentaient des risques de dégradation.
- Le mauvais drainage : contribue à la montée de la nappe et crée des conditions d'asphyxie dans le sol
- Le mauvais planage des parcelles: crée des dénivelées importantes, contribue à favoriser le dépôt des sels sur les buttes.

Ces facteurs ont été identifiés comme ayant une influence déterminante dans le processus de salinisation/alcalinisation.

III. BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA TOLERANCE DES PLANTES AUX SELS

Les cultures sont plus ou moins tolérantes à la teneur en sels solubles dans la solution du sol, les plantes les plus tolérantes sont appelées halophytes.

Par contre de nombreuses plantes sont sensibles aux sels, et leur croissance est affectée par le niveau de salinité du sol.

En culture irriguée avec les eaux salines, la salure de la solution du sol s'établit en fonction de la quantité des sels apportées par l'irrigation, et de la quantité de sels, sortant de la tranche de sol considérée (en solution dans l'eau de drainage).

Deux facteurs peuvent avoir des effets défavorables sur la croissance de cultures:

- a) La concentration totale des sels détermine une baisse du gradient de potentiel osmotique entre le milieu et la plante. "C'est l'effet osmotique" qui se traduit par des symptômes semblables à ceux causés par la sécheresse (sécheresse physiologique)
- b) "L'effet spécifique des ions" est due essentiellement à la toxicité directe de certains ions : c'est ainsi que lors que la réduction de croissance est corrélée à la concentration d'ions spécifiques, et qu'elle est plus forte que celle qui était prévisible par la concentration équivalente en autres électrolytes, on dit qu'on a un effet spécifique des ions ".

3.1 L'effet osmotique

Il a été mis en évidence par cultures in vitro sur différentes solutions iso-osmotiques ou isotoniques dans les sols.

L'augmentation de la salure dans le milieu de culture produit une augmentation du potentiel osmotique de ce milieu. Si la solution interne des plantes reste constante, il s'ensuit une diminution du gradient de potentiel osmotique entre le milieu et la plante; d'où une réduction de la disponibilité en eau. En réalité dans une certaine mesure, la plante ajuste la concentration de sa solution interne, quoi que avec un certain retard. Mais cet ajustement, ne peut évidemment pas compenser totalement l'effet de la salinité d'où une réduction de la turgescence des cellules et un retard de croissance. Dans certains cas on a préconisé d'augmenter le gradient osmotique par des fumures potassiques élevées : les ions K^+ seraient rapidement assimilés par la plante et augmenteraient sa pression osmotique interne, sans provoquer des désordres physiologiques secondaires importants.

Les retards de croissance ne sont pas nécessairement suivis d'une réduction de la transpiration. Celle-ci dépend des plantes et des types de salinité, mais les phénomènes n'ont pas été très bien élucidés.

3.2 Effets spécifiques des ions

La concentration de certains ions peut produire des toxicités directes provoquant la mort des cellules, la nécrose des tissus, la modification des chloroplastes et des mitochondries des feuilles.

Mais la concentration des ions peut aussi avoir des effets indirects tels que la modification de l'équilibre hormonal, accumulation rapide des produits de métabolismes toxiques, déséquilibres nutritifs, détérioration des conditions physiques des sols.

3.3 Tolérance des cultures à la salinité

De nombreux travaux ont été réalisés pour établir quantitativement la réponse des diverses cultures à la salinité et à la concentration d'ions spécifiques. ces informations sont indispensables lorsqu'un problème de salinité du sol ou de l'eau d'irrigation se manifeste.

Il convient d'avoir toujours présent à l'esprit :

- que les effets de la salinité sur les récoltes dépendent des plantes et de la partie des plantes qui est récoltée.

Par exemple : les plantes comme le blé, l'orge peuvent avoir une végétation très réduite par la salinité bien que les rendements en graines soient peu ou pas affectés; c'est l'inverse pour le riz. Par ailleurs la valeur nutritive des fourrages peut être réduite au point même de devenir toxique, sans pour autant que la production soit modifiée.

En fin la qualité de certaines cultures peut être améliorée par la salinité (melon, carotte, betterave à sucre etc....)

- que lors que diverses cultures se succèdent sur le même terrain, la salinité maximum admissible est celle qui convient pour la plante la moins tolérante, à moins d'adapter au coup par coup la salinité du sol à la culture.

3.3.1 Tolérance à la salure totale

Les courbes de réponse à la salinité totale de divers types de plantes montrent que la réduction de rendement est graduelle sans coupure franche, ni seuil. Cependant en pratique, la Tolérance des cultures à la salinité est comparée à des valeurs arbitraires de chute de rendement par rapport à une culture menée en condition non saline, et à un niveau de satisfaction des besoins optimales. Les valeurs guides retenues sont de 25% (Pays-Bas) 20 % en Afrique du Nord, et 50% (USA). Ces valeurs sont corrélées aux conductivités électriques à 25°C de l'extrait aqueux de la pâte saturée du sol exprimée en mmhos/cm.

Par ailleurs il faut savoir que la salinité et ses effets varient dans l'espace et dans le temps en fonction.

- a) du stade phénologique
- b) de la durée d'exposition à la salinité
- c) du niveau absolu de la salinisation
- d) des oscillations dans le temps de la salinité
- e) des variations horizontales et verticales de la salinité dans le sol

En général, la chute de rendement augmente avec le temps d'exposition à la salure. Lorsque le sol s'assèche, sa solution se concentre, et il peut y avoir des effets très marqués sur les cultures. Aussi l'intervalle entre l'irrigation a-t-il parfois un grand effet et ceci d'autant que L_c sera plus élevée.

D'autre part les plantes réagissent différemment à des variations locales de la salinité dans la zone racinaire : exemple le sorgho, l'orge se comportent comme si l'ensemble du sol avait une salure moyenne, le Maïs réagit comme si la totalité de la zone racinaire n'était pas plus salée que la partie la moins salée du sol. En général, les racines se développent dans les parties les moins salées. Ceci est important pour les systèmes d'irrigation localisée ou à la raie.

Ces exemples montrent qu'il est difficile d'intégrer le régime de salinité pour prévoir le rendement. C'est pour cette raison que l'on retient une valeur arbitraire de chute de rendement pour fixer la Tolérance des plantes à la salinité.

Une deuxième remarque concerne l'effet relatif de la salinité. Il est beaucoup plus fort en conditions favorables qu'en conditions limitantes. Aussi les réponses à la salinité obtenue sous conditions de faible productivité montrent parfois des tolérances qui n'existent pas réellement. Le rendement absolu doit donc être pris en compte au tant que le rendement relatif.

3.3.2 Tolérance aux ions spécifiques

Les toxicités en chlorure, sodium et bore sont les plus communes. Les niveaux de toxicité de ces ions diffèrent considérablement suivant les plantes. Ils sont généralement élevés pour les chlorures et le sodium et faibles pour le bore et l'aluminium, le manganèse, le magnésium, le cuivre. Les critères d'appréciation de ces toxicités diffèrent. Pour les chlorures, on considère la concentration de cl dans la solution du sol, pour le sodium c'est le pourcentage de sodium échangeable (ESP). Pour le bore, c'est sa concentration dans les eaux d'irrigation. La toxicité par le chlore se manifeste par des brûlures des feuilles sur leurs bordures. La concentration critique dans les feuilles est très variables de 0,5 % à 4% cl. Les arbres fruitiers y sont particulièrement sensibles, mais les tolérances varient beaucoup en fonction des variétés d'une même espèce. La toxicité spécifique du sodium est très marquée pour les arbres fruitiers (concentration critique dans les feuilles 0,3 à 0,5%).

Le sodium y détermine des déséquilibres nutritionnels en particuliers des déficiences induites en calcium. Par ailleurs l'effet du sodium se fait sentir indirectement en déterminant des conditions de sol défavorables (compacité, abaissement de l'aération de la circulation et la disponibilité de l'eau) Le bore est très difficile à lessiver, aussi il faut éviter d'irriguer avec des eaux trop chargées.

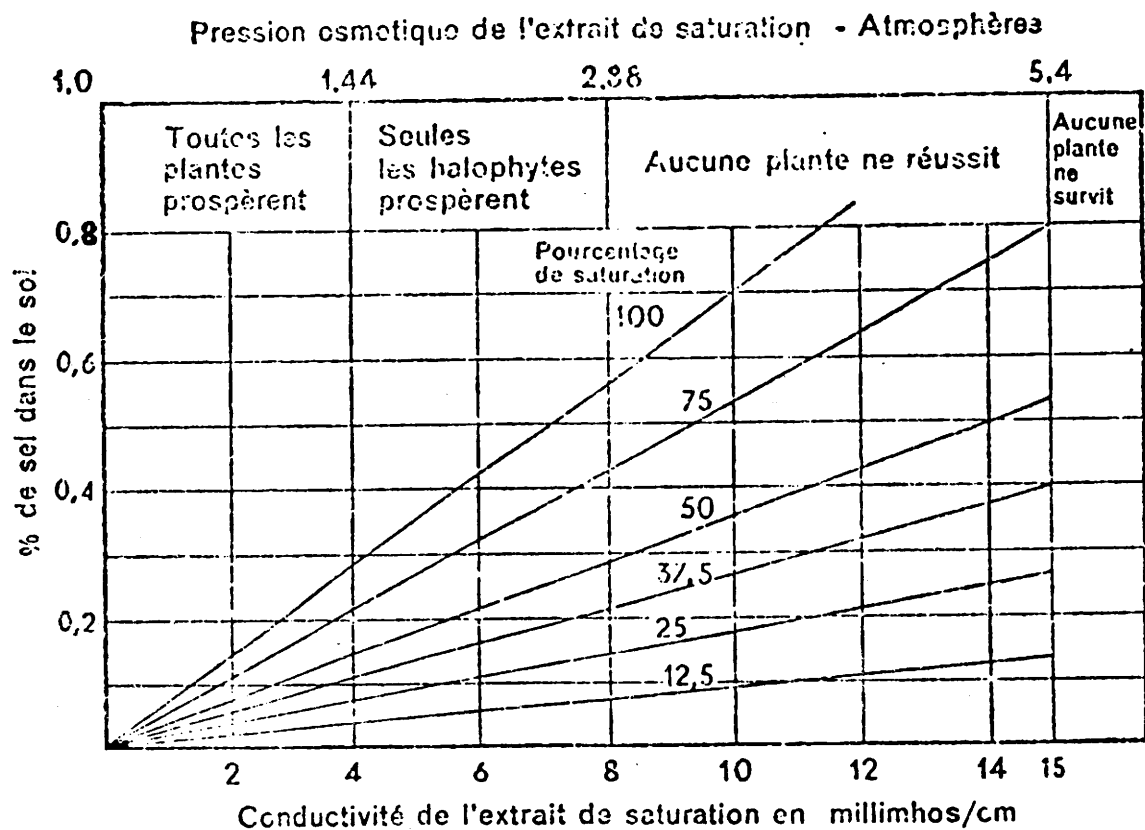
La toxicité des sulfates est connue pour les citrus. Un niveau de 1% de SO_4 favorise l'absorption du calcium, aussi on peut observer des effets indirects en fonctions de substrat, déficience en calcium, et toxicité en sodium.

Les ions bicarbonatés provoquent des chloroses. En précipitant le calcium, ils induisent une augmentation de l'ESP avec détérioration de la structure du sol.

Le magnésium réduit l'absorption du calcium, mais n'a pas d'effet spécifique marqué, lorsqu'il y a en même temps de fortes concentrations en calcium".

Extrait de : Sols salsodiques et cultures irriguées avec des eaux salines page 16 à 21. Synthèse réalisée par R. BERTRAND - Juillet 1981. IRAT

Figure N°3



Représentation graphique de la croissance des plantes en fonction de la conductivité ou de la pression osmotique de l'extrait de saturation, et du pourcentage de sel dans un sol salin (d'après le U.S. Regional Salinity Laboratory) (En - HAYWARD - 1954)

IV. ETUDES EXPERIMENTALES

La présente étude a pour objectif l'identification de la ou des espèce(s) fourragère(s) peu ou pas sensible(s), en vue de leur production en station et leur introduction en milieu paysan.

Les travaux ont été exécutés sur les terres irriguées de la Station d'Elevage et de Recherches Zootechniques dans le Secteur Sahel de l'OFFICE DU NIGER.

4.1 Présentation du site

La parcelle irriguée par l'arroseur 1g du partiteur N2 habituellement réservée aux cultures fourragères a été retenue comme site. Il arrose une superficie totale de 27 ha, et environ 9 ha sont sous culture. Pour rendre l'irrigation aisée, la superficie cultivée est divisée en bandes de 20 à 97 ares par des rigoles d'arrosage. Chaque rigole porte un numéro : exemple Rd4 = rigole n°4 à droite. Le sol est un danga léger, pauvre en matière organique, à ph légèrement acide.

4.2 Matériel et méthode

4.2.1 Matériel végétal

L'étude a porté sur quatre légumineuses fourragères qui sont: Dolichos lab-lab, Macroptilium atropurpureum, Macroptilium lathyroïdes et Vigna sinensis IAR 1696. La biologie de toutes ces espèces est consignée en annexes.

4.2.2 Méthode

Le suivi agronomique a été la méthode adoptée pour étudier le comportement de ces plantes vis à vis de la salinité et/ou de l'alcalinité.

4.2.2.1 Dispositif

Il a été utilisé un dispositif non statistique. Nous avons installé des carrés, mais compte tenu du caractère dispersé des tâches dans l'espace, les carrés ont été répartis pour bien se situer par rapport à la dégradation.

4.2.2.2 Critères de choix

La présence ou l'absence de tâches (salants noirs) fut le critère retenu pour l'installation des carrés d'observation.

4.3 Conditions d'exécution des travaux

Par échantillonnage, 40 carrés de 3 m x 3 m ont été installés, dont 32 carrés en surfaces affectées, 8 carrés en surfaces non affectées comme témoins. A la suite d'une pluie diluvienne le lendemain du semis, 3 carrés affectés ont été mis hors d'observation. Le nombre de carrés a été réduit à 37 dont 29 sur les surfaces affectées, et 8 en surfaces non affectées comme témoins.

4.3.1 Chimie du sol et des eaux

a) Le sol : des échantillons de sol à 0-20 cm ont été prélevés dans les carrés d'observation. L'analyse a porté sur la détermination du ph et la conductivité électrique à 25°C. Elle a été réalisée au Laboratoire de la DRD/ON à Niono (CE1 : 2,5).

Au cours de la période végétative, des prélèvements mensuels de sols au niveau de la zone racinaire (0-20 et 20-40 cm) ont été réalisés dans les carrés d'observations.

b) Les eaux d'irrigation et la nappe souterraine

Des prélèvements d'eau du réseau d'irrigation (distributeur, partiteur, Arroseur) ont été effectués. Pour suivre l'évolution de la nappe souterraine (profondeur, ph et CE à 25°C), un piézomètre a été installé dans le sol à une profondeur de 2,50m. Les mesures ont été effectuées 2 fois par mois, la détermination du ph et de la conductivité électrique à 25°C a été effectuée au Laboratoire de la DRD/ON à Niono, aussitôt après les prélèvements pour éviter une évolution des paramètres à mesurer.

4.3.2 Mise en place des cultures

Après un labour moyen à plat à la charrue, suivi d'une préparation manuelle du lit de semences, un semis en lignes et en poquets aux écartements de 0,30 m x 0,30 m a été fait pour *Dolichos lab-lab*, *Macroptilium atropurpureum*, *Vigna sinensis* IAR 1696, respectivement à la dose de 15 kg, 11 kg et 25 kg de semences par ha. *Macroptilium lathyroides* a été semé en ligne continue, à 0,30 m entre les lignes, à la dose de 11 kg de semences/ha.

Les travaux d'entretien ont porté sur la fumure de fond, le sarclo-binage, et l'irrigation. Nous avons utilisé 50 kg^{100g} de Diammonium phosphate à 46% de P2O5 et 18% de N comme fumure de fond. Le sarclo-binage et l'irrigation ont été faits à la demande.

4.3.3 Le suivi agronomique

Ce suivi vise à apprécier le comportement des plantes en général, et des cultures fourragères en particulier vis à vis des phénomènes de salinisation et/ou d'alcalinisation.

Pour se faire des observations phénologiques ont été faits du semis à la coupe définitive des plantes.

a) La levée

Un comptage systématique des poquets pour le semis en poquet, et du nombre de lignes pour le semis en ligne continue, afin de déterminer le nombre de poquets et de lignes germés.

b) La croissance et le développement

Par la mesure de taille chez l'espèce érigée (*Macroptilium lathyroides*) ; le comptage des ramifications et la mesure des longueurs respectives (chez *Dolichos lab-lab*, *Macroptilium atropurpureum* et *Vigna sinensis* IAR 1696). Ainsi 10 plants par carré d'observation (affectés et témoins) ont été choisis au hasard et matérialisés sur lesquels les mesures ont été faites deux fois par mois. L'estimation du taux de recouvrement des plants a été faite sur l'ensemble du carré.

c) La production primaire

Par la coupe des plants, et la pesée, on a déterminé la production primaire en matière verte et sèche.

4.4 Résultats et Discussions

4.4.1 Chimie du sol et des eaux

a) Sol

Tableau n°4 : Répartition des échantillons suivant les différentes classes de salinité (CE1:2,5 en mmhos/cm)

Horizon en. cm	Nbre d'échan. tillons	<0,1.	0,1-0,4.	0,4 -1 .	> 1
0 -20	37	22%	38%	35%	5%

Tableau n°5 : Répartition des échantillons suivant les classes d'alcalinité (ph eau)

Horizon en cm	Nbre d'échantillons	<6	6-7	7-8,3	>8,3
0-20	37	14%	11%	5%	70%

- Salinité : selon le tableau n°4 : 22 % des échantillons sont neutres, 38% peu salins, 35% salins, 5% très salins. Les sols très salins se trouvent sur les surfaces très affectées. Les pourcentages élevés se trouvent dans la classe peu salin et salin, ce qui peut être préjudiciable pour les superficies à cultiver.

- Alcalinité : selon le tableau n°5 : 14% des échantillons sont neutres, 11 % en début alcalinisation, 5% alcalin et 70% très alcalin. Nous remarquons que l'alcalinité est très importante :

Lors de l'installation du piézomètre, un profil a été décrit. Des échantillons des sols à 0-20 cm, 20-40 cm et à 140 cm ont été prélevés. Par échantillon 90 g de sol ont été pesés et tamisés aux diamètres suivants : 200 mm, 0,250 mm, 0,125 mm et 0,063 mm. Après tamisage et analyse les valeurs suivantes ont été obtenues.

Au plan physique

Tableau n°6 : Proportion des différents éléments du sol exprimée en pourcentage

Horizon en cm	Sable	Limon	Argile
0-20	46%	42%	12%
20-40	53%	31%	16%
140	42%	41%	17%

A partir de ces différentes proportions, on a déterminé de façon indicative la texture en nous référant au = Guide pour un classement textural: du 1er Mai 1950 (source US Department Of Agriculture. Bureau de l'Industrie des plantes, terre et "Agriculral Engineering").

Ainsi suivant les horizons on a les textures suivantes :

0-20 cm = texture glaise
 20-40 cm = texture glaise sablonneuse
 -140 cm = texture glaise

Au plan chimique

Après la détermination du ph et de la CE à 25°C, les résultats suivants ont été obtenus suivant les horizons

0-20 cm = ph = 10 ; CE1 : 2,5 = 0,69 mmhos/cm
 20-40 cm = ph = 9 ; CE1 : 2,5 = 0,54 mmhos/cm
 -140 = ph = 7,5 ; CE1 : 2,5 = 0,14 mmhos/cm

Tableau n°7 : Répartition dans le temps des échantillons en fonction des classes de salinité (CE1:2,5 en mmhos/cm)

Horizons en cm	Nbre d'échan- tillons	classes de salinité <0,1 . 0,1-0,4 .0,4-1 .>1			
AOUT					
0-20	37	16,21%	51,35%	29,72%	2,70%
20-40	37	27,02%	45,94%	21,62%	5,40%
SEPTEMBRE					
0-20	37	24,32%	56,75%	13,51%	5,40%
20-40	37	32,43%	51,35%	16,21%	-
OCTOBRE					
0-20	37	24,32%	51,35%	18,91%	5,40%
20-40	37	27,02%	45,94%	24,32%	2,70%-

Tableau n°8 : Répartition dans le temps des échantillons en fonction des différentes classes d'alcalinité (ph eau)

Horizons en cm	Nbre d'échan- tillons	classes d'alcalinité			
		<6	. 6-7	.7-8,3	>8,3

AOUT					
0-20	37	13,5%	10,81%	8,10%	64,86%
20-40	37	10,81%	10,81%	32,43%	45,94%

SEPTEMBRE					
0-20	37	24,32%	-	24,32%	51,35%
20-40	37	21,62%	5,40%	37,83%	35,13%

OCTOBRE					
0-20	37	21,62%	2,70%	27,02%	48,64%
20-40	37	24,32%	2,70%	37,83%	35,13%

Selon les résultats des tableaux n°7 et 8, nous retenons que :

- Salinité : la baisse du taux de salinité dans le temps oscille, de même que l'augmentation ou la baisse de ce taux dans le temps avec la profondeur n'apparaît pas très nette.
- Alcalinité : on pourrait dire que la baisse du ph dans le temps oscille aussi.

D'une manière générale, on remarque que la salinité et l'alcalinité évoluent indépendamment.

La figure N°4 donne l'évolution dans le temps du ph et de la CE d'un carré non salin et non alcalin. On remarque que la salinité et l'alcalinité évoluent indépendamment. L'augmentation de la CE en début Août serait liée à l'exposition du sol au soleil qui était auparavant couvert par une végétation ; la baisse pourrait se justifier par l'abondance des pluies dans la période du mois d'Août. La baisse de la CE du mois de Septembre serait due au rôle protecteur du sol par le couvert végétal.

La figure N°5 donne l'évolution dans le temps d'un carré en cours d'alcalinisation et en début de salinisation. Les deux phénomènes évoluent dans le même sens, mais cette évolution n'implique pas une corrélation.

La figure N°6 représente celle d'un carré alcalin en début de salinisation. La salinité baisse alors que le ph reste stable dans le même intervalle et vis-versa dans la période suivante pour se stabiliser ensuite . Cette stabilité de la salinité peut s'expliquer par la protection du sol par les plantes.

La figure N°7 représente l'évolution d'un carré très alcalin et salé. Le ph baisse tandis que la CE reste stable, pour enfin baisser ensemble dans la même période. La baisse de la salinité atteint la maximale en Octobre, cela peut être dû à la protection du sol par les plantes. D'une manière générale l'évolution du ph pourrait être liée à une augmentation ou une baisse des carbonates dans le sol.

Figure N°4

Evolution du pH et de la CE Carré Rd4-2

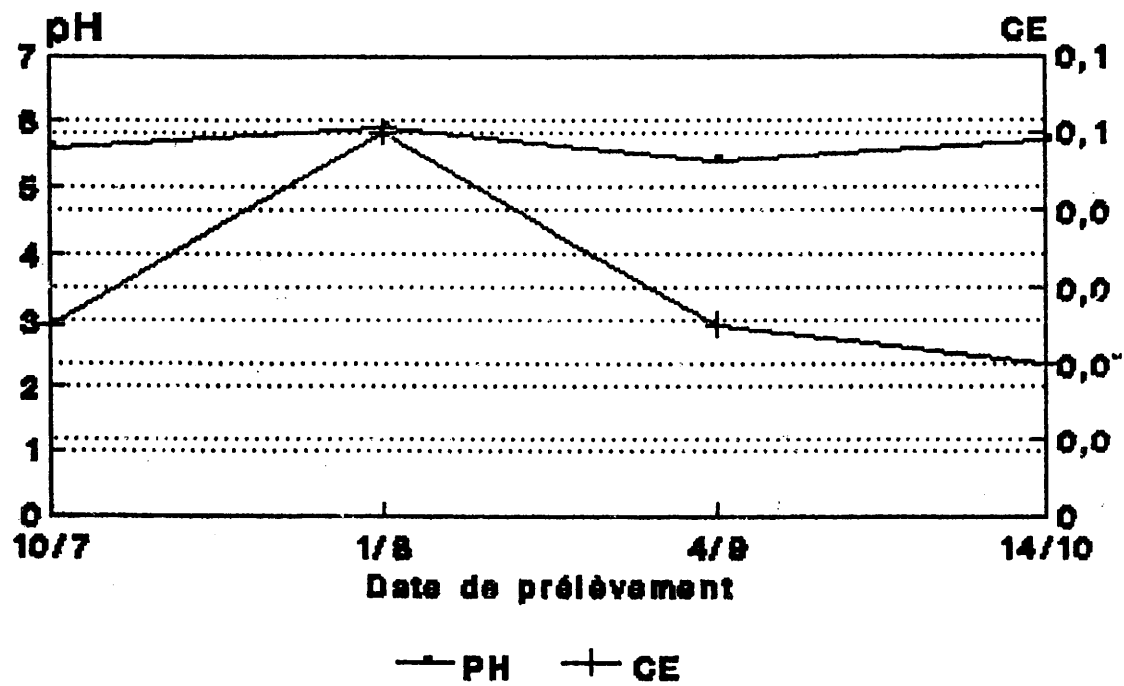


Fig 4

Evolution du pH et de la CE Carré Rd5-1

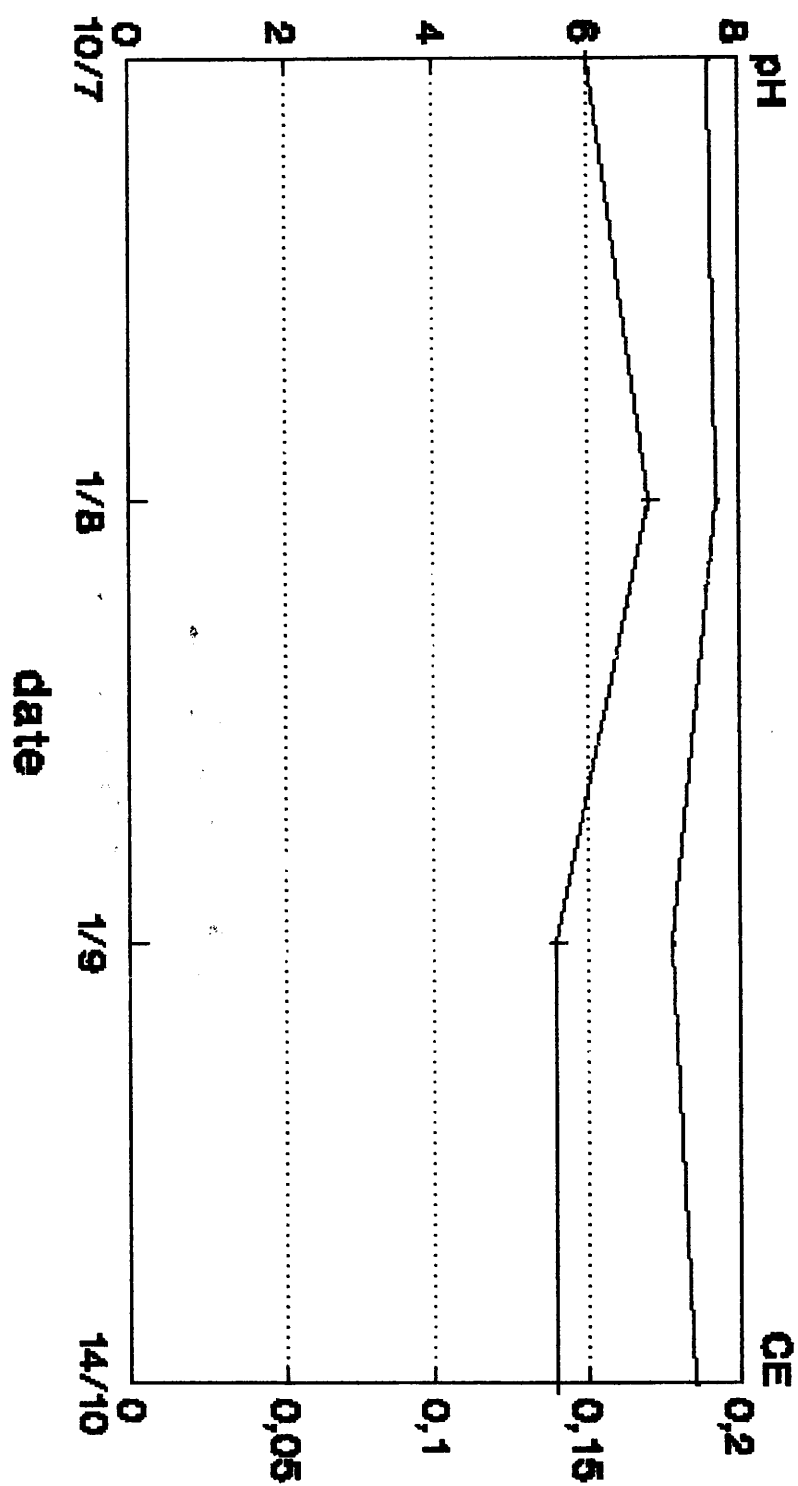


Figure N°5

Fig 5

Evolution du pH et de la CE Carré Rd5-3

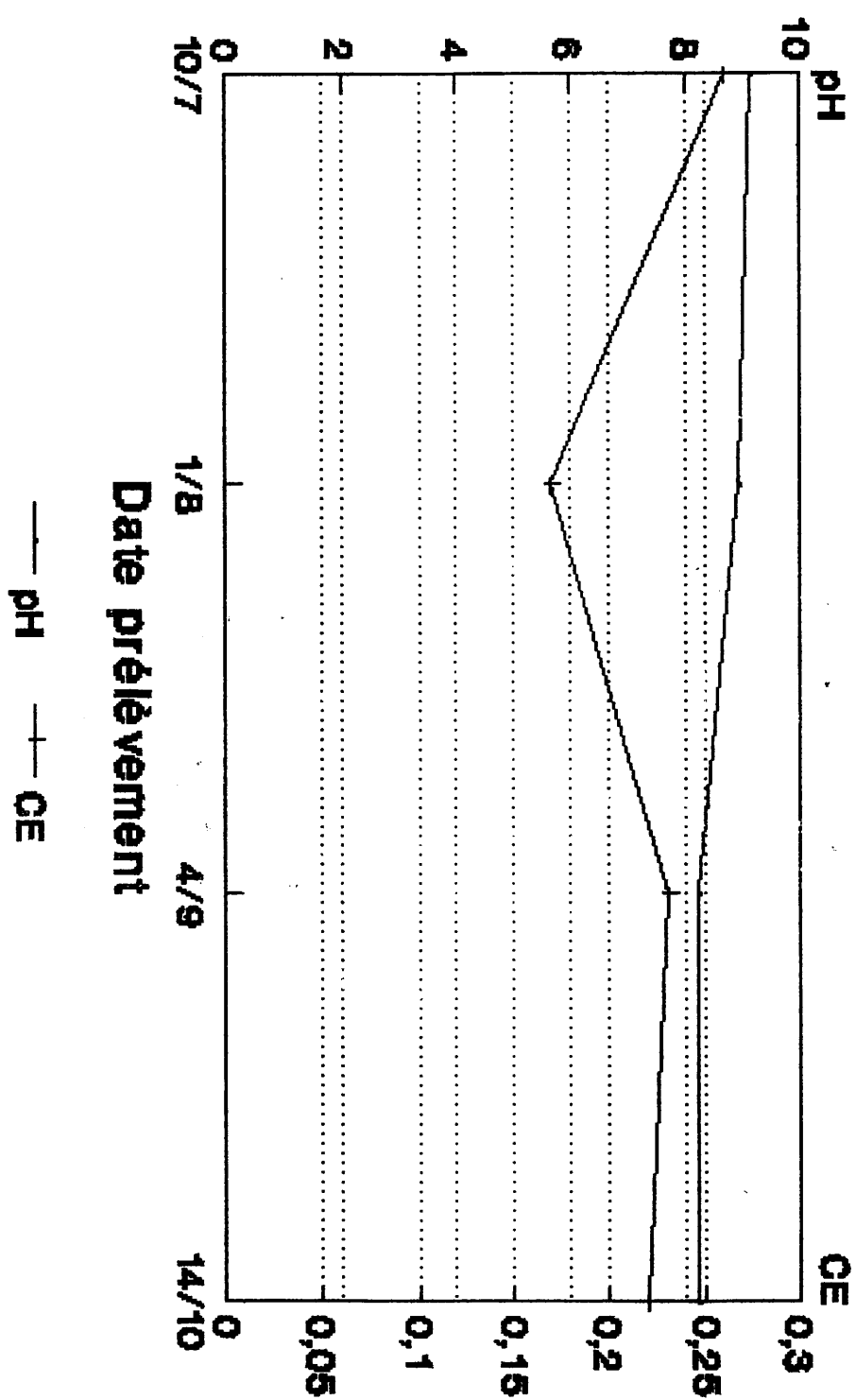
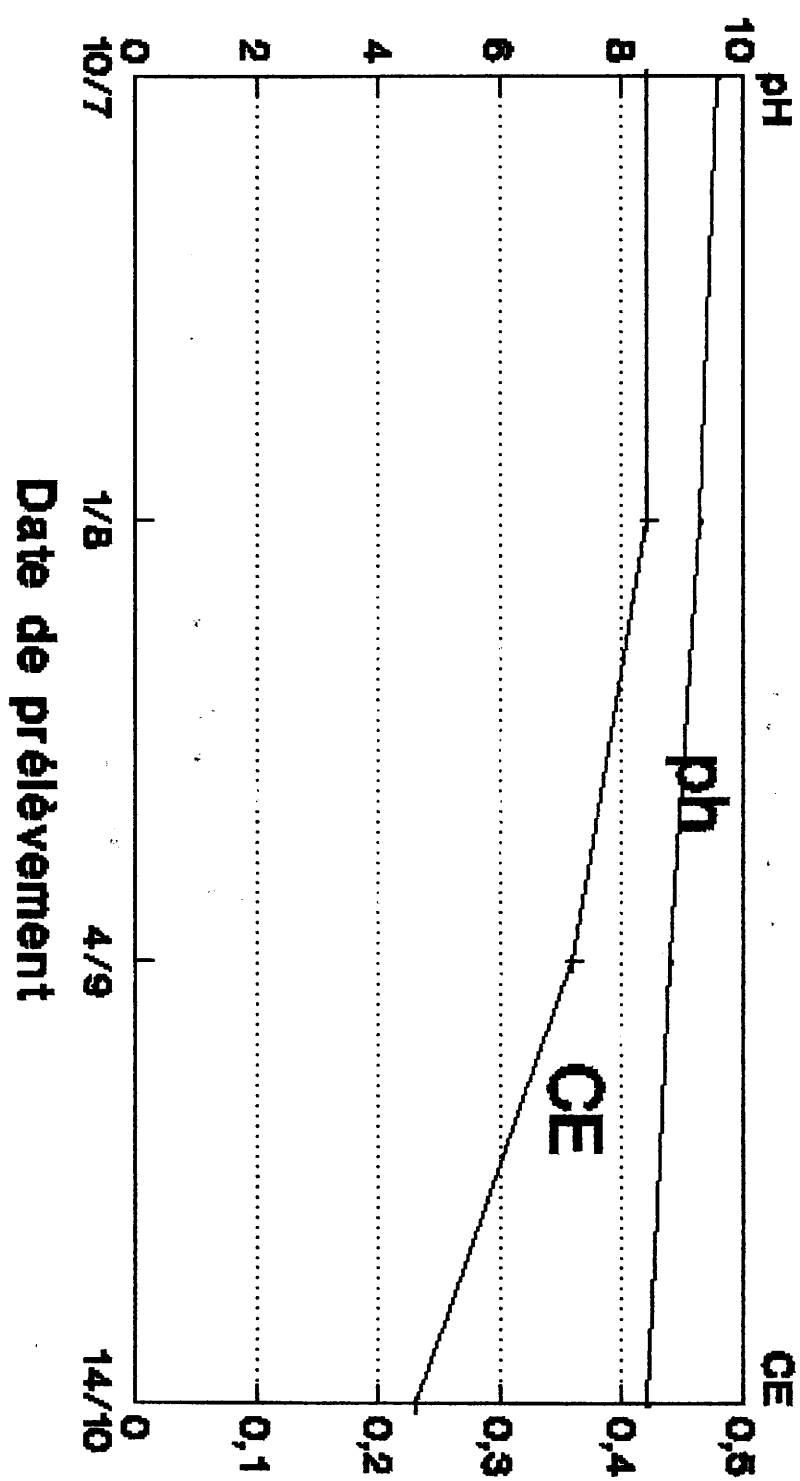


Figure N°6

Fig 6

Evolution du pH et de la CE Rd6-1



— pH — CE

Date de prélèvement

Figure N°7

fig 7

b) Les eaux du réseau et la nappe

Tableau n°9 : Répartition des échantillons d'eau suivant la salinité

	Nbre d'échan- tillons	<0,1	0,1-0,4	0,4-1	>1
Distributeur	6	8%	17%	-	-
Partiteur	6	67%	33%	-	-
Arroseur	6	83%	17%	-	-
Piézomètre	6	17%	66%	17%	-

Tableau n°10 : Répartition des échantillons d'eau suivant l'alcalinité

	Nbre d'échan- tillons	<6	6-7	7-8,3	>8,3
Distributeur	6	83%	17%	-	-
Partiteur	6	67%	33%	-	-
Arroseur	6	83%	17%	-	-
Piézomètre	6	17%	66%	17%	-

Selon les résultats des tableaux n°9 et 10, on retient sur:

- Salinité : que l'eau d'irrigation est apparemment de bonne qualité, et celle de la nappe peu salée.
- Alcalinité : que la proportion d'eau du réseau en cours d'alcalinisation est faible, apparemment les eaux sont de bonne qualité.

Evolution du pH et de la CE dans la nappe phréatique

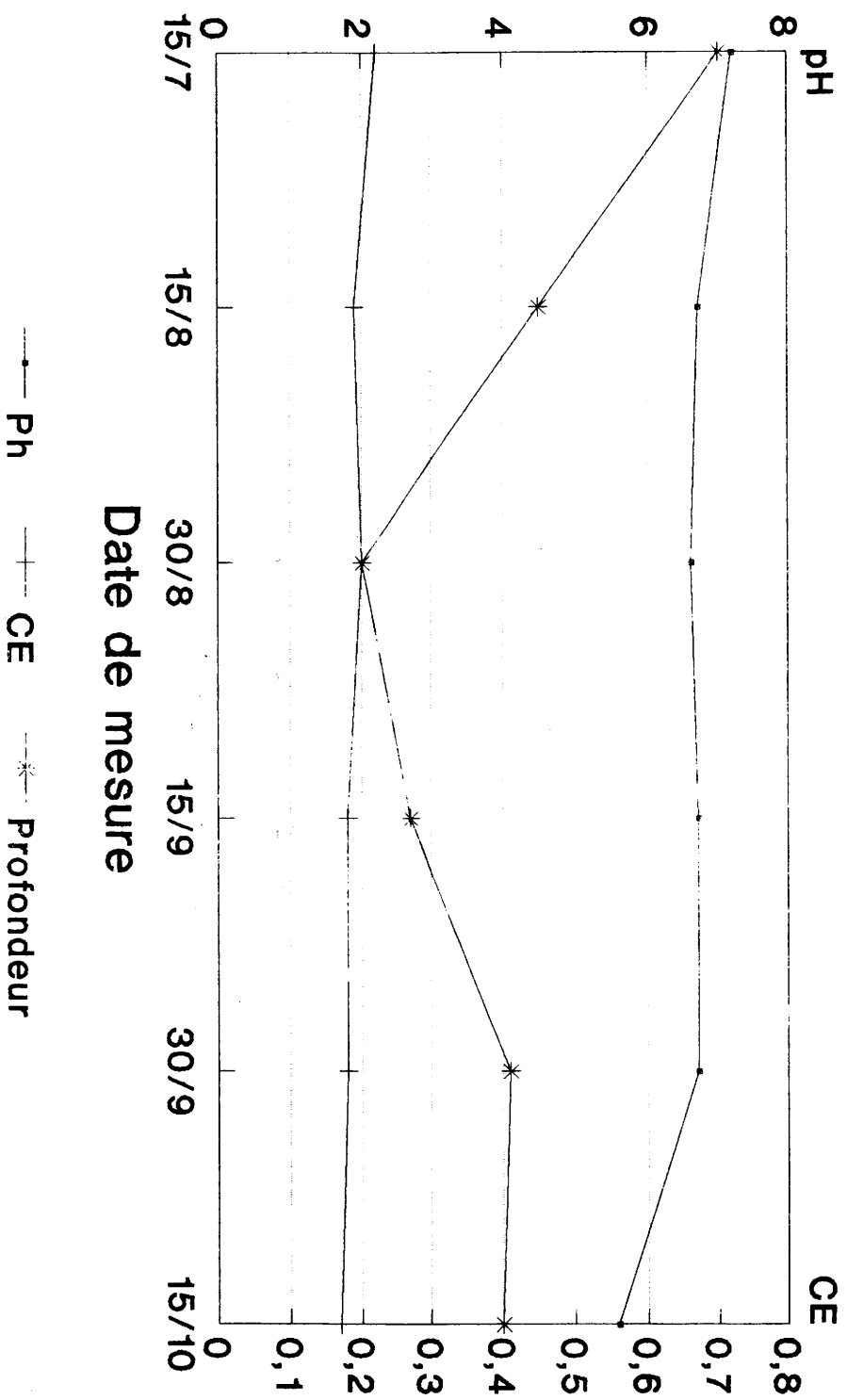


FIG 8

Le ph et la CE évoluent séparément, et dans la période concernée pour les mesures, la baisse ou l'augmentation du niveau de la nappe ne joue pas sur le ph et la CE à 25°C (fig. n°8).

4.4.2 Le suivi agronomique

a) Levée

Tableau n°11 : Levée par espèces suivant les classes de salinité

ESPECES	Classes de salinité			
	<0,1	. 0,1-04	. 0,4-1	. < 1
Dolichos lab-lab	95,5%	63,33%	40%	10%
Macroptilium atropurpureum	96 %	77,66%	20%	-
Macroptilium lathyroïdes	100%	100%	100%	30%
Vigna sinensis IAR 1696	55,5%	27,66%	1%	-

Tableau n°12 : Levée par espèces suivant les classes d'alcalinité

ESPECES	<6	. 6 - 7	. 7 - 8,3	>8,3
Dolichos lab-lab	95,52%	-	97%	36,2%
Macroptilium atropurpureum	100%	92%	-	45,8%
Macroptilium lathyroïdes	100%	100%	100%	82,5%
Vigna sinensis IAR 1696	77%	43,5%	-	9%

Suivant les résultats des tableaux n°11 et 12, on peut noter :

- Salinité : la levée a été en général assez bonne chez les témoins, sauf vigna sinensis IAR 1696 (55,5%) faible par rapport aux autres. Chez Macroptilium lathyroïdes on note une bonne levée dans les témoins et les carrés affectés, sauf dans les carrés très salins (30%). On remarque une baisse du taux de levée avec le degré de salinité chez les 3 autres espèces.

On a observé : 7 carrés affectés non germés : dont 2 carrés pour *Dolichos lab-lab*, 2 carrés pour *Macroptilium atropurpureum*, et 3 carrés de *Vigna sinensis*.

- Alcalinité : la levée a été bonne dans les carrés témoins. Dans les carrés affectés on observe une baisse du taux de levée en fonction du degré d'alcalinité. On note une sensibilité chez toutes les espèces, mais *Macroptilium lathyroïdes* enregistre le taux élevé (83%) par rapport aux autres en milieu très alcalin. Nous avons observé 7 carrés affectés non germés, dont *Dolichos lab-lab* : 2 carrés, *Macroptilium atropurpureum* : 2 carrés et *Vigna sinensis* : 3 carrés.

Conclusion : Nous avons observé une sensibilité des espèces en fonction du degré de salinité et/ou d'alcalinité, par une baisse du taux de levée. Néanmoins nous avons remarqué un bon taux de levée chez *Macroptilium lathyroïdes* dans les carrés salins et très alcalins par rapport aux autres espèces.

b) Croissance et Développement

Au cours de la période végétative, trois mensurations à intervalles de 15 jours ont été faites. La première a eu lieu 30 jours après le semis. A la lumière des observations, il semblerait que :

Dans les mêmes intervalles de temps, la croissance dans les carrés affectés est plus lente que dans les témoins. Les plants des carrés témoins paraissaient plus vigoureux que ceux des carrés affectés.

- Le recouvrement dans les carrés affectés était resté très faible, les plants sont restés rabougris, chétifs. Il est à préciser que dans les carrés très salins et très alcalins toutes les espèces ont péri avant 30 jours de végétation. Pendant la croissance et le développement, on a enregistré des morts de plants, mais les proportions nous ont échappés.

L'induction à la floraison a été observée au même moment chez *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroïdes* et *Vigna sinensis* IAR 1696 dans certains carrés affectés et les témoins.

Aussi des attaques de chenilles, et de sautériaux (*Zonocerus variegatus*) ont été très souvent notées sur le *Vigna sinensis*.

75 jours après le semis, les plants ont été coupés sur une superficie utile de 2,70 m x 2,70 m soit (5,76 m²) *Macroptilium lathyroides* a été coupé à 15 cm du sol, les 3 autres espèces ont été coupées à ras du sol. Après la pesée de la matière verte, un échantillon de 400 à 50 g a été prélevé par carré et mis à l'étuve à la température de 60 à 65°C pendant 72 heures pour déterminer la matière sèche.

Tableau n°13 : Rendements moyens en KG/ha de matière verte (MV) et matière sèche (MS) suivant la salinité

Classe de salinité								
	<0,1		.0,1-0,4		.0,4-1		.> 1	
ESPECES	MV	MS	MV	MS	MV	MS	MV	MS
D. lab-lab	12995	3344	25625	5125	1086	271		
M.atropurp.	13125	3216	5208	1354	60	11		
M.lathyroi.	30833	6012	18689	3551	13889	2917		
V.sinensis	12274	2639	7304	1436	69	14		

Tableau n° 14 : Rendements moyens en KG/ha de matière verte (MV) et de matière sèche (MS) suivant les classes d'alcalinisation

Classe d'alcalinité								
	<6		. 6 - 7		. 7 -8,3		> 8,3	
ESPECES	MV	MS	MV	MS	MV	MS	MV	MS
D. lab-lab	12925	3444	-	-	25625	5381	903	292
M.atropurp.	12622	3535	13628	2869	-	-	3135	815
M.lathyroi.	31823	6046	29844	5969	29184	5545	11892	2417
V.sinensis	11858	2609	17135	3256	-	-	134	28

Selon ces tableaux (n°13 et 14). On note une bonne production chez tous les témoins.

- Salinité : comme dans les remarques précédentes, on observe une diminution de la production avec le niveau de salinité sauf chez *Dolichos lab-lab*, où le témoin a accusé une baisse par rapport au carré faiblement salin.

On note aussi une bonne production de *Macroptilium lathyroïdes* par rapport aux autres espèces.

- Alcalinité : à ce niveau on observe une baisse chez *Macroptilium atropurpureum* (témoin) par rapport aux carrés faiblement affectés.

4.4.3 Interprétation des Résultats

Selon les résultats des analyses de sol (tableaux n°4 et 5), les zones racinaires sont salées et très alcalines. Ces phénomènes modifient les propriétés physiques et chimiques du sol. Dans l'ensemble les carrés ont bénéficiés des mêmes techniques d'entretien. Les différences apparues entre les carrés affectés et leurs témoins, d'une part, et d'autre part entre les carrés affectés en fonction du degré de salinité et/ou d'alcalinité, pourraient être en grande partie liées à l'état chimique du sol, qui engendre des conditions physiques particulières.

Le faible taux de levée observé dans les carrés affectés par rapport aux témoins (tableaux n°11) pourrait être lié à l'action du sel. En effet la graine pour germer absorbe de l'eau pour déclencher les réactions enzymatiques qui conduisent à la germination, si elle ne dispose pas suffisamment d'eau à cause de la concentration, ou de l'imperméabilité (croûte superficielle) cela peut entraîner des difficultés de germination, des lenteurs de germination, et finalement la pourriture s'ensuit.

Les différences de croissance et de développement observées dans les carrés affectés par rapport aux témoins seraient probablement liées aux difficultés nutritionnelles.

Lorsque la réserve nutritive de la graine est épuisée, la plantule par l'intermédiaire de ses racines puise ses aliments du sol par le phénomène d'osmose.

La présence de sels dans le sol concentre la solution et crée, ainsi un phénomène osmotique. Le milieu interne de la plante se trouve à un moment donné, en équilibre avec celui du sol (externe), en conséquence les racines ne peuvent plus tirer l'eau du sol dans laquelle les éléments nutritifs se trouvent solubilisés. Ce processus conduit à la plasmolyse des cellules de la plante, d'où un flétrissement des plantes, et le séchage si une dilution du milieu n'intervient pas. Ces difficultés d'alimentation freinent certaines fonctions (photosynthèse), d'où l'aspect jaune des plants, chétifs, avec des productions faibles (tableau n°13).

Les ph élevés causent la carence de certains éléments nutritifs (Van Driel 1989 : cité par Mohamed K. DICKO mémoire IPR 1989). Il en résulte le blocage du zinc, des pertes d'azote par volatilisation, la matière organique se trouve dispersée, et le phosphore est rendu peu à très peu assimilable.

Les mauvaises propriétés physiques du sol qui en découlent, et les difficultés de mobilisation des éléments nutritifs, mettent la plante en péril, dont les conséquences immédiates sont les productions et productivités très faibles (tableau n°14).

Cependant d'autres facteurs comme les maladies, les attaques parasitaires que nous n'avons pas considérés pourraient avoir leurs influences. Une chlorose due à une carence de fer a été observée sur *Dolichos lab-lab*, *Macroptilium lathyroïdes* et *Vigna sinensis* IAR 1696 dans une zone dégradée au cours du 1er mois de végétation (communication verbale W. Veld Kamp).

4.4.4 Conclusion

A la lumière des différentes observations, nous pourrions dire que les 4 espèces étudiées : *Dolichos lab-lab*, *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroïdes*, et *Vigna sinensis* IAR 1696 présentent des sensibilités vis à vis des phénomènes étudiés (mort systématique de toutes les espèces dans les carrés très salés et alcalins).

A un certain niveau : faiblement affecté, la production n'est pas compromise, parce que nous avons enregistré des baisses au niveau des témoins par rapport aux carrés faiblement affectés.

Malgré cet état de fait, on observe tout de même une relative résistance de *Macroptilium lathyroïdes* à cause de son bon comportement par rapport aux autres espèces.

Vigna sinensis IAR 1696 paraîtrait être la plus sensible parmi ces quatre espèces.

4.5 Conclusion générale

Les terres de l'Office du Niger en général ont évolué vers une alcalinisation et une salinisation poussée, et les phénomènes continuent de gagner du terrain si des mesures sérieuses ne sont pas prises pour endiguer le fléau. Mais d'or et déjà certaines dispositions comme la recherche de plantes résistantes ou tolérantes la salinité et/ou l'alcalinité méritent d'être envisagées et essayées.

C'est dans ce cadre que se situe la présente étude, dont l'objectif est l'identification de la ou des espèces fourragères peu ou pas sensibles, en vue de leur production en station, et des possibilités de leur introduction en milieu paysans. Cette première étude a permis d'identifier une espèce relativement résistante, même si tous les aspects (détermination la valeur nutritive en exemple) n'a pas été faite.

Le manque de moyens matériels a empêché certaines analyses, capitales comme la détermination de la capacité d'échange des cations et des bases échangeables, des carbonates du sol et de la valeur nutritive des espèces étudiées pouvant nous aider à comprendre certains mécanismes, et expliquer d'autres phénomènes.

Les analyses effectuées ont porté sur la détermination du pH et de la conductivité électrique à 25°C ; dont on connaît les limites.

Malgré ces difficultés nous pouvons noter une légère satisfaction par rapport aux objectifs fixés. Les premiers résultats obtenus constituent une ébauche qui méritent d'être poursuivis et vérifiés sous tous les aspects par des expérimentations statistiques.

Entre autre il serait souhaitable que certaines actions comme :

- Le curage du réseau d'irrigation et de drainage
- Le planage des parcelles de cultures fourragères
- L'utilisation de la matière organique (fumier de ferme) pour améliorer les propriétés physico-chimiques des sols

soient engagées à la SERZ pour lutter contre les phénomènes de dégradation qui sont la salinisation/alcalinisation.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Beau (1980) : Rapport d'étude. Université agricole de Wageningen, ON-Ségou-Mali
- BERTRAND R : "Sols salsodiques et culctures irriguées avec les eaux salines "IRAT Juillet 1981 - 33 p
- COULIBALY D : Lutte contre la sodisation et l'alcalinisation des sols à l'Office du Niger. Memoire de fin d'Etudes IPR - Katibougou (1989)
- COULIBALY M : Etude de la fertilité des sols du Projet Retail : Mémoire de fin d'Etudes ENSUP - Bamako (1988)
- COULIBALY M (1989): Etude sur l'alcalinité et la sodicité des sols du Projet Retail - Office du Niger 19 p
- Dabin B. (1951) : Contribution à l'étude des sols du delta central nigérien (Mali). Agronomie Tropicale, volume VI n° 11-12.
- DICKO M.K : Etude agro-pédologique et hydrodynamique des phénomènes de salinisation et d'alcalinisation des terres de l'Office du Niger : Cas de la Zone de production Rizicole de Niono . Mémoire de fin d'Etudes IPR Katibougou (1989)
- Donahue ROY L. (1965) : Nature des sols et croissance vegetale 362 p - les éditions d'organisation - Paris - France
- DUCHAUFOUR ph (1983): 1 Pedogenèse et classification. Masson 2è édition - Paris -France 491 p, pp 208, 483, 6
- Geau (1984) 1. Rapport principal
 2. Gestion de l'eau, ON-Ségou-Mali.
- IER/DRA/SRCVO (1988) : Laboratoire des sols : méthodes d'analyse des sols-plantes-eaux.
- IER/SRCVO/AGP (1989) : Etude morphopédologique de reconnaissance du Kala inférieur au 1/50 000 : Rapport provisoire 86 p.
- I.Kaouritchev (1983) : Manuel pratique de pédologie Moscou édition MIR - URSS
- N'DIAYE Mamadou K. (1987) : Evaluation de la fertilité des sols à l'ON (Mali). Contribution à la recherche des causes et origines de la dégradation des sols dans le Kouroumari. Thèse de doctorat INPT, 134p.

- N'DIAYE Mamadou K. et AL : (1990) : Identification des problèmes de l'alcalinisation/salinisation des sols de l'Office du Niger, Zone de Niono 29p.
- Richard A et AL (1954) : Diagnosis and improvement of saline and alkalin soils. US handbook n°60, US D.A 160 p.
- SANOGO M.K : " Les problèmes d'alcalinisation et de salinisation des terres de l'Office du Niger" Centre de Formation O.N- Mai 1990 - 14 p
- SERZ/S (1974) : Rapport annuel d'activités
- Skerman P.J (1982) : Les légumineuses fourragères tropicales. Collection FAO - Production végétale et production des plantes n°2 - Rome - 666 p, PP 355-365-384-465-470.
- TRAORE O.M : Impact de l'alcalinisation et de la salinisation sur la production rizicole à Niono : Mémoire de fin d'Etudes IPR Katibougou (1989)
- TREA Christoffers (1989)
ESTHER El Kharbotly-Rill : Identification de salinisation d'alcalinisation et de sodisation des terres de l'Office du Niger : Recherche dans le cadre de fin d'Etudes en Genie Rural à l'Université Agricole de Wageningen-Pays-Bas.
- TOUJAN M. (1980) : Aménagement hydro-agricole dépendant du canal du sahel. Evolution des sols irrigués. ON, rapport 320546 r29, SOGREAH, Ingénieurs Conseils, Grenoble (16p.).
- Van Driel WL (1989) : Salinisation/alcalinisation et sodisation des terres de l'Office du Niger - (Mali) - Institut d'Economie Rural - Cellule Agropédologie - Bamako . Institut Royal des Tropiques (KIT) Amsterdam 49 p
- Vincent P. & S. Darleguy (1982) : Biologie - Géologie : 1ère scientifique 272 p - édition VUIBERT, 63 Boulevard Saint Germain 75005 Paris France.

ANNEXES

GENERALITE SUR LA BIOLOGIE DES ESPECES ETUDIEES

DOLICHOS lab-lab: 2 n = 22

Noms vulgaires : lab-lab bean (Australie), lubia (Soudan), dolich d'Egypte (France)

Origine et répartition : Le cultivar Rongaï lab-lab est originaire du Kenya. Dolichos lab-lab est répandu sous les tropiques, surtout en Afrique.

Description botanique : C'est une plante pérenne, rampante, très volubile, bisannuelle ou pérenne temporaire. Tiges robustes à feuilles trifoliolées. Folioles larges, ovales ou allongées de 7,5 à 15 cm de long, minces, pointues au sommet, presque glabre à la face supérieure, et à duvets courts en dessous. Pétioles longs et fins. Inflorescence lâche, fasciculée composé de racèmes à fleurs nombreuses sur des pédoncules allongées. Fleurs de couleur blanche, brun clair, et pourpre, portée par des pédicelles courts. Les fruits en gousses de 4 à 5 cm de long, en forme générale de cimenterre, lisse sur laquelle le style persistant forme le bec. Les graines sont ovoïdes à hile saillant, de couleur clair ou brun pâle à noir.

Exigences thermiques : La chaleur est nécessaire pour une bonne croissance, la température minimale de croissance est de 3°C environ, avec un optimum de 30°C, un maximum de plus de 30°C.

Réaction à la photopériode et à l'éclairement : Il est sensible à la longueur du jour, la plante a une floraison optimale en journée de moins de 11 heures mais demande beaucoup d'éclairement.

Exigences pluviométriques : Préfère une pluviométrie supérieure à 750 mm mais ne dépassant pas 2500 mm. Elle peut aussi être exploitée en été sous une pluviométrie de 400 mm en sols profonds .

Tolérance à la sécheresse et à l'excès d'eau : Assez tolérante à la sécheresse une fois établie, ne pousse pas en sols gorgés d'eau.

Exigences en matière de sol : Très tolérante en ce qui concerne la texture, vit dans les sols de sable profonds à argiles lourdes, pourvu qu'ils soient bien drainés, supporte une gamme de ph étendue de 5,0 à 7,5. La salinité diminue la densité de la culture et provoque la chlorose des feuilles.

Préparation du sol pour l'implantation : un labour moyen suivi d'un hersage, et même un labour en billons convient à la plante.

Le semis : On sème habituellement en lignes, en poquets, les lignes sont espacées de 0,30, 0,50 à 1 m. La dose de semences varie de 12 à 15 kg/ha.

La fumure : Dans les sols fertiles il n'est pas nécessaire de fumer. Dans les sols sableux pauvres, un apport d'engrais phosphatés et potassiques est nécessaire.

Aptitudes à fixer l'azote : Selon le rendement, outre l'azote fixé par les nodosités, la décomposition de ses feuilles en donne beaucoup. A São Paulo (Bresil) on estime qu'elle fournit 220 kg de N/ha.

Aptitudes à rivaliser les adventices : excellente une fois bien établi ,mais étant donné la lenteur de sa croissance au début, la concurrence avec les mauvaises herbes est à éviter à ce stade.

Compatibilité avec les graminées : en raison de son début de croissance assez lente et de son cycle court la dolique se sème habituellement seule ou en rangées alternées très espacées avec du Maïs et du Sorgho.

Réaction à la défoliation : ne supporte pas le broutage intensif des tiges.

Conduite sur pâturage : faire pâturer pour la première fois dix semaines après le semis, ne laisser brouter que les feuilles, et retirer le bétail pour permettre au feuillage de pousser.

Mode de reproduction : les fleurs sont essentiellement allogames, nombre chromosomique $2n = 22$.

Rendement en matière verte et sèche : en Colombie on a obtenu 25 T. de matière verte/ha en 4 à 6 mois de végétation. En culture pure on a obtenu 40 T./ha de matière verte au Bresil et 13T. à la Station du Sahel de Niono (Mali).

Rendement en graines : en moyenne 500 kg/ha.

Qualités principales : la maturité tardive de cette légumineuse lui permet de pousser très en avant dans l'automne, et ainsi de donner du fourrage de soudure. Ces grosses graines en facilitent l'établissement. Elle produit beaucoup de matière verte et sèche, et supporte la sécheresse.

Défauts principaux : existence éphémère, faible appetibilité de la plante à l'état vert, des tiges à l'état sec, et provoque le météorisme chez les bovins nourris uniquement de lab-lab vert.

Aptitude à la fenaïson et à l'ensilage : il donne un excellent fourrage si on préserve les feuilles. Les tiges étant difficiles à sécher ,il faut les hacher mécaniquement pour faciliter le séchage.

Appétibilité : à l'état vert *Dolichos* est boudé par le bétail, et très peu consommé ; sous forme de fanes , on ne constate aucun refus, le fourrage est très apprécié.

MACROPTILIUM atropurpureum : 2 n = 22

Nom vulgaire : Siratro

Origine et répartition : Siratro a été créée par E.M Hutton (Queensland) à partir de deux écotypes de *macroptilium atropurpureum* du Mexique, l'un originaire de la côte de Veracruz, et l'autre des environs de Matlopa à San Luis Potosi. *Macroptilium atropurpureum* est spontané en Amérique Centrale et en Amérique du Nord.

Description botanique : plante pérenne à enracinement profond, à tiges rampantes pubescentes, susceptibles de s'enraciner sur toute leur longueur particulièrement en sols argileux humides, mais rarement en sols sableux secs.

Feuilles à 3 folioles pennées, vert foncé légèrement velues à la face inférieur. Folioles latérales obtuses de 4 à 6 cm à lobes souvent asymétriques.

Les inflorescences à racèmes, pédoncules de 10 à 30 cm avec 6 à 10 fleurs groupées à l'extrémité, pourpres, soutenues, rougeâtres à la base des pétales. Gousses droites d'environ 7,5 cm à nombreuses graines. Déhiscence rapide des gousses à maturité. Graines brun clair à noir de forme ovoïde aplatie.

Exigences thermiques : la température optimale est de 26,5°C, à 30°C . La température journalière minimale moyenne est 21°C .

Réaction à la photopériode et à l'éclairement : la floraison a lieu en jours courts et en jours longs avec un optimum pour des températures de 24°C, 27°C et 30°C. Il est capable de pousser sous un ombrage modéré, mais préfère le plein soleil.

Exigences pluviométriques : pour son développement la plante demande 615 mm de pluie au moins, et de préférence plus de 850 mm environ. Ne se plaît pas dans les zones de pluviométrie supérieure à 1800 mm.

Tolérance à la sécheresse et à l'excès d'eau : très tolérante à la sécheresse grâce à son enracinement profond, ne tolère pas l'excès d'eau.

Exigences en matière de sols : prospère sur des sols très divers, sauf sur ceux qui sont mal drainés ; des sables profonds aux argiles légères en passant par les limons (podzols, sols ferralitiques profonds, et sols alluviaux). S'accommode le ph allant de 4,5 à 8,0 . C'est l'une des légumineuses tropicales qui donnent les meilleurs résultats en sol modérément salé.

Préparation du sol pour l'implantation : vient bien sur un terrain finement préparé, mais prend aussi quoi que moins rapidement sur une préparation grossière.

Le semis : il est préférable de semer en lignes, en poquets sur un terrain bien travaillé, ou sur billons si le sol n'est pas bien drainé, le semis peut être effectué à la volée . La quantité de semences varie de 6 à 11 kg/ha.

La fumure : en sols fertiles aucun engrais n'est nécessaire pendant plusieurs années. A la Station du Sahel à Niono, on utilise 50 à 100 kg/ha d'un engrais phosphaté.

Aptitudes à fixer l'azote : Siratro fixe beaucoup d'azote environ 100 à 175 kg de N/ha et/an.

Aptitudes à rivaliser les adventices : Siratro se défend bien contre les adventices si on le laisse se développer suffisamment pour les dominer.

Compatibilité avec les graminées : il est compatible avec les graminées.

Réaction à la défoliation : Siratro ne persiste pas s'il est coupé très bas.

Conduite sur pâturage : il doit toujours être peu intensif. Le bétail broute les stolons jusqu'au collet, ce qu'il faut éviter.

Mode de reproduction : autogame, nombre chromosomique $2n = 22$.

Rendement en matière verte et sèche : Roe et Jones (1966) ont obtenu 3394 Kg/ha de Siratro en mélange avec Setaria (Nandi), le mélange ayant donné 12200 kg/ha à Gympie (Queensland). En Zambie Van Rensburg (1967) a récolté en deux ans une moyenne de 7960 kg/ha de matière sèche.

Rendement en graines : une bonne floraison peut donner plus de 1000 kg de graines/ha, mais dépasse rarement 200 kg/ha pour les raisons que la fructification n'est pas groupée, et la Déhiscence des fruits.

Qualités principales : productif sur des sols très divers, facile à planter, résistant à la sécheresse, s'associe bien avec de nombreuses graminées, levée très vigoureuse.

Défauts principaux : faible rendement en graines.

Aptitudes à la fenaison et à l'ensilage: il est très difficile d'en faire du foin à cause de sa propension à perdre ses feuilles. L'ensilage sans addition de mélasse à 5% ne réussit jamais.

Appétibilité : très apprécié, consommé volontiers par le bétail à l'état vert.

MACROPTILIUM lathyroïdes

Nom vulgaire : Phasey bean (Australie) frigol démonté (Venezuela)

Origine et Répartition : Originaire de l'Amérique tropicale, cette légumineuse est actuellement très rependue et naturalisée sous les tropiques notamment aux Caraïbes, en Colombie, au Venezuela, au Brésil et en Australie.

Description botanique : plante annuelle ou pérenne de courte durée, à tige érigée normalement de 0,5 à 1 m de haut ou plus quelque peu ligneuse à sa partie inférieure. Cultivé en association avec les graminées de haute taille elle devient volubile, et peut dépasser 1,20 m. Les folioles ovales ou lancéolées de 3,5 à 7,5 cm de long. L'inflorescence est un racème semi-érigé d'environ 15 cm de long porté par un pédoncule axillaire pouvant atteindre 25 cm, les pédicelles sont courts. Les fleurs sont rouges ou pourpres. Les gousses presque cylindriques de 7,5 à 10 cm de long et 3 mm de large, légèrement courbes contenant une vingtaine de graines. Les graines oblongues ou rhomboïdales, légèrement comprimées, de 3 mm de long environ.

Exigences thermiques : la température optimale se situe à 30°C.

Réaction à la photopériode et à l'éclairement : plante indifférente à la longueur du jour.

Exigences pluviométriques : s'adapte à des climats très divers ayant une pluviométrie de 475 à 3 000 mm.

Tolérance à la sécheresse et à l'excès d'eau : elle résiste à la sécheresse grâce à sa faculté de resemis naturel, tolère assez bien l'engorgement du sol, et pousse fréquemment dans les drains.

Exigences en matière de sol : croît dans les sols très divers des sables profonds aux argiles lourdes, y compris les sols latéritiques, supporte bien les sols acides que alcalins.

Préparation du sol pour l'implantation : la plante est très sensible à une mauvaise préparation du sol.

Semis : on peut semer en lignes continue ou à la volée, le semis peut être fait au sommet des billons de 15 cm de haut, et espacés de 0,30 à 1 m. Selon le mode de semis la quantité de semence varie de 6 à 11 kg/ha.

Fumure : "Phasey bean" répond aux engrais en sols pauvres. Sur les alluvions fertiles ou sur les argiles lourdes il ne nécessite pas de fumure. La plante répond bien à la fumure organique et phosphatée.

Aptitude à fixer l'azote : l'introduction de "Phasey bean" dans le *Panicum commersoni* équivaut à une fumure de 800 kg de sulfate d'ammoniaque à l'ha.

Aptitude à rivaliser les adventices : se défend bien en milieu humide et fertile.

Compatibilité avec les graminées : s'associe parfaitement avec les graminées.

Réaction à la défoliation : la plante ne survit pas en régime de pâturage continu. Le pâturage intensif surtout s'il touche les parties ligneuses en réduit beaucoup la vitalité.

Mode de reproduction : c'est une plante strictement autogame.

Rendement en matière verte et sèche : en culture pure à la Station du Sahel de Niono, on a obtenu un rendement de 7120 kg de matière verte/ha. Le rendement en matière sèche peut atteindre 1324 kg/ha (Paltridge 1955). En Colombie Crowder (1960) a enregistré une production de 15 T/ha de MV par une coupe de 1,25-1,50 m de haut.

La production grainière : la perte spontanée des graines rend la récolte difficile, un rendement de 250 kg de graines/ha peut être obtenu.

Qualités principales : excellente espèce à croissance rapide commence très tôt à fixer l'azote, en mélange fourragers, produit l'année même de son installation.

Défauts principaux : elle n'est qu'annuelle ou bisannuelle, son égrainage spontané empêche de récolter toutes les graines.

Aptitude à la fénaison : donne un foin d'assez bonne qualité si on prend soin de préserver les feuilles.

Appétibilité : très apprécié et consommé volontiers par le bétail à l'état vert.

VIGNA unguiculata (variété sinensis)

Nom vulgaire : Niébé (Afrique francophone)

Originaire et Répartition : il y a une incertitude sur le pays d'origine. D'après Vavilov (1951) ce pourrait être l'Inde, avec des centres secondaires en Chine et en Ethiopie. Le Niébé est largement répandu sous les tropiques.

Description botanique : légumineuse annuelle herbacée , à tige volubiles plus ou moins dressées ou buissonnantes. Feuilles à trois folioles, pétiole de 2,5 à 12,5 cm de long. Folioles centrales bilobées de 2,5 à 12 cm de long. Fleurs en racèmes axillaires de 15 à 30 cm de long. Gousses pendantes lisses de 10 à 23 cm de long avec un bec épais, repliés vers le bas, portant 10 à 15 graines. Les graines de 4 à 8 mm de long, 3 à 4 mm de large, de taille et de couleur variable.

Exigences thermiques : la température moyenne pendant le cycle végétatif varie de 25 à 28°C . Les basses températures peuvent rallonger le cycle.

Réaction à la photopériode et à l'éclairement : le Niébé est en général une plante de jours courts, ou indifférente à la durée de l'éclairement en ce qui concerne la floraison. La date de semis a peu d'effets sur la croissance .

Exigences pluviométriques : le Niébé est surtout cultivé en zone sèche soudano-sahélienne, à pluviométrie comprise entre 300 - 800 mm et plus. Pour la culture fourragère une pluviométrie de 750 à 1100 mm est souhaitable.

Tolérance à la sécheresse et à l'excès d'eau : c'est l'une des légumineuses fourragères les plus résistantes à la sécheresse. L'inondation est le plus souvent fatal au Niébé.

Exigences en matière de sol : s'accommode d'une large gamme de texture, depuis les sables jusqu'aux argiles lourdes bien drainés. Le Niébé s'adapte à une gamme étendue de pH, mais préfère les sols légèrement alcalins. Il ne tolère pas la salinité.

Préparation du sol pour l'implantation : il se comporte au mieux, si on le cultive sur un sol bien travaillé.

Semis : est fait en lignes, en poquets ou sur billons à la dose de 25 kg de semence/ha. Sur un terrain bien préparé et suivant les objectifs l'espace entre les lignes varie de 0,30 à 1 m et de 0,30 à 0,50 entre les poquets.

Fumure : le Niébé répond assez bien à la fumure organique et minérale. Cette dernière serait surtout phosphatée et potassique. Il peut demander jusqu'à 10 kg d'azote/ha et 40-70 kg de phosphate et de potasse/ha.

Aptitude à fixer l'azote : le Niébé peut fixer 60 à 84 kg/ha si les rhizobiums sont efficaces.

Aptitude à rivaliser les adventices : se défend bien contre les adventices à croissance lente, mais pas contre celles de grande taille. En cas de semis en lignes, il est préférable de sarcler une ou deux fois.

Compatibilité avec les graminées : il est habituellement cultivé seul comme fourrage, ou en association avec le Mil, Sorgho, Maïs pour faire du fourrage haché ou de l'ensilage.

Réaction à la défoliation : doit être pâturé légèrement de façon à ce que seules les feuilles soient broutées.

Mode de reproduction : par graines, normalement autogame en climat sec, mais il peut avoir une certaine allogamie proportionnelle à l'humidité de l'air.

Rendement en matière verte et sèche : en culture fourragère pure, le Niébé peut produire plus de 10T./ha de matière verte.

Production grainière : lorsque les gousses arrivent à maturité elles sont récoltées, battues pour obtenir les graines. Le rendement peut atteindre 200 kg/ha.

Qualités principales : légumineuse à croissance rapide, donnant beaucoup de matière verte, riche en protéines ; en culture dérobée utile entre deux campagnes qui enrichit le sol dans une rotation. Elle supporte la sécheresse et s'adapte à une large gamme de sols.

Défauts principaux : plante annuelle très sensible au parasitisme.

Aptitude à la fénaison et à l'ensilage : le Niébé donne un très bon foin, mais il faut prendre soin de ne pas perdre les feuilles. Les tiges mettent un certain temps à sécher, et il faut le faner. Il donne un bon ensilage si on ajoute 30 à 40 kg de mélasse/tonne de Niébé pur. Il vaut mieux mélanger avec les graminées qui fournissent les sucres nécessaires à la fermentation.

Appétibilité : à l'état vert, le bétail boude ce fourrage, mais il consomme volontiers lorsqu'il s'y habitue, à l'état sec sous forme de fanes il est bien apprécié.

DETERMINATION DU PH.

Principe :

Le ph est généralement déterminé par une méthode potentiométrique dans une suspension de terre . La méthode consiste à mesurer la tension électrique d'un système constitué par deux demi-piles : l'une comportant la solution de ph inconnu dans laquelle plonge une électrode indicatrice, l'autre le système de référence, comporte une électrode dont le potentiel est pratiquement invariable. Dans ces conditions, la tension électrique du système ne dépend que du ph de la solution inconnue.

Mode opératoire :

On prend 20 g de sol sur un échantillon séché à l'air libre et tamisé à un diamètre de 2 mm. On le transfère dans un flacon et on y ajoute 50 ml d'eau distillée ; les flacons sont ensuite mis en agitation mécanique pendant 2 heures. Juste avant de mesure le ph agiter le flacon à la main. Mettre les électrodes dans la suspension et faire la lecture lorsque la valeur s'est stabilisée. Au cas où le ph (H₂O) ou le ph (KCl) doivent être déterminés on pourrait ajouter la mesure du ph (H₂O) 3,72 g de KCl à la suspension, et agiter de nouveau pendant 2 heures, puis faire la lecture du ph (KCl) au ph -mètre. Pour nos analyses nous avons utilisé un ph-mètre à pile (ph-mètre MARTON).

DETERMINATION DE LA CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE (CE 1:2,5)

Principe :

La conductibilité électrique est déterminée avec une cellule à deux électrodes plongées dans la suspension de terre à 1:2,5 . La mesure dans laquelle la suspension laisse passer le courant électrique dépend de la concentration en sels solubles dans l'échantillon.

Mode opératoire :

On pèse 20 g de sol d'un échantillon séché à l'air libre et tamisé à un diamètre de 2 mm . On le transfère dans un flacon et on y ajoute 50 ml d'eau distillée, les flacons sont ensuite mis en agitation mécanique pendant 2 heures.

Après on mesure la conductibilité des suspensions. On rince l'électrode avant chaque mesure .

Remarques : la suspension 1:2,5, préparée pour l'analyse du ph eau, peut servir pour l'analyse de la conductibilité électrique, de préférence avant la détermination du ph.

Certains appareils n'ont pas de correction pour la température ; dans ce cas multiplier les résultats avec un facteur de correction (ft) pour obtenir des valeurs à 25°C. Le ph et la CE de l'eau sont déterminés directement sans autre préparation spéciale. Pour nos analyses nous avons utilisé un conductimètre de marque L + 91 WTW. Pour chaque échantillon le ph et la CE ont été mesurés deux fois.