



MICROFICHE IS

01571

Microfiche Title
RECHERCHES DE MICROFICHE
RECHERCHES MICROFILM, CMI
RECHERCHES MICROFILM, CMI
RECHERCHES MICROFILM, CMI
TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة
المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

Direction des Ressources en Eau et du Sol

DIVISION DES SOLS

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

SECTEUR DE RECHERCHE AGRICOLE

15 AVR. 1978

NOSE EN VALEUR DES SOLS SALINS DE L'IRAQ

RECHERCHES & EXPERIMENTATIONS

DRAINAGE & IRRIGATION

RAPPORT DE STAGE EN IRAQ

Par MOUJIB Tahar et EL-AMMI Med. Zaki Ingénieurs Principaux Pédologues
à la Division des Sols (Novembre 1977)

ES 100

MISE EN VALEUR DES SOLS SALINS DE L'IRAQ

**Recherches & Expérimentations
Drainage & Irrigation**

RAPPORT DE STAGE EN IRAQ

Novembre 1977

**Par : ALOUI Tahar et EL-AMANI Ned.Zaki
Ingénieurs Principaux Pédologues
à la Division des Sols.**

- PLAN SONNAIRE -

	Pages
1.- INTRODUCTION	1
1.1.- But du Stage.....	1
1.2.- Justification du Stage.....	1
2.- PRINCIPAUX THEMES ETUDIES.....	3
2.1. Recherches.....	3
2.1.1.- Les sols gypseux.....	4
2.1.2.- Fertilité et fertilisation des sols.....	6
2.1.3.- Microbiologie des sols.....	8
2.1.4.- Amélioration des vitesses d'in- filtration des eaux de drainage	13
2.2.- Réalisation des projets.....	14
2.2.1.- Etudes de base.....	15
2.2.2.- Planification des travaux.....	19
2.2.3.- Visites de certains projets.....	21
3.- CONCLUSION.....	27
BIBLIOGRAPHIE.....	29

1.- Introduction

1.1.- But du Stage

Le stage que nous avons effectué en IRAQ du 9/11 au 4/12/1977 est l'une des applications du procès-verbal de la séance de travail tuniso-iraquienne signé à Bagdad le 28 Avril 1977.

L'une des rubriques de cet accord consistait à ce que les institutions iraquiennes spécialisées initient un groupe de techniciens tunisiens et lui montrent les méthodes de mise en valeur des terres salines, employées en IRAQ.

Il est à noter dès maintenant que le plus grand problème agricole de l'IRAQ est la salinisation des terres puisque 4 millions d'ha, soit 80 % de la superficie agricole sont affectées par des sels.

L'effort entrepris par les autorités du pays pour corriger ces terres, dont la fertilité était telle que les plus grandes civilisations y sont nées et s'y sont succédées, est considérable : ces terres constituent maintenant un chantier gigantesque où l'expérimentation scientifique la plus avancée en matière de dessalage, d'irrigation et de drainage est appliquée moyennant un matériel diversifié.

1.2.- Justification du stage :

L'expérience qu'entreprend l'IRAQ en matière de mise en valeur des terres salines, compte tenu des considérations mentionnées ci-haut, constitue une opération pilote. Ainsi, rien que sur le plan purement scientifique le fait de se rendre compte de ce travail serait sûrement très enrichissant. Mais si à ceci, s'ajoute les grands problèmes de salinisation dont souffrent (basse vallée de la Hadjardah) ou pourraient en souffrir (Projet Sou-Hourtas) de nombreux périmètres irrigués ou destinés à l'irrigation, l'étude de l'exemple iraquien prend encore plus d'importance.

Enfin il est peut être important de rappeler dès maintenant un fait évident mais souvent ignoré : c'est qu'à tout projet d'irrigation, les possibilités de drainage doivent être étudiées parallèlement. Ceci demande sûrement un effort supplémentaire au départ mais empêche l'apparition future de certains problèmes qui pourraient être très graves : ex. la salinisation des sols.

Nous allons, dans ce qui suit, en évoquant les principaux thèmes étudiés lors du stage, essayer de montrer l'intérêt et la justesse de ce que nous avons avancé.

2.- Principaux thèmes étudiés :

Dur le mois de stage, nous avons été amenés à visiter un certain nombre de projets et un certain nombre de stations expérimentales en cours de réalisation ou ayant déjà commencé à fonctionner.

En plus des explications et commentaires, qui nous ont été donnés sur le terrain ou dans les locaux de ces stations, certaines autres journées ont été réservées exclusivement à des études et discussions dans les uns ou les autres des locaux de l'Organisation Générale de Mise en Valeur des terres, ou à des visites de certains de ses laboratoires.

Ainsi à la lumière de ce que nous avons pu voir et étudier, nous pouvons distinguer deux thèmes principaux : un premier thème qui peut s'intituler " recherches " et un deuxième thème de plus grande importance qui peut s'intituler " réalisation des projets ".

2.1.- Recherches :

La recherche au sein de l'organisation générale des sols et de mise en valeur des terres de l'IRAO est orientée surtout vers les applications intéressant directement le pays. Ce dernier étant encore en voie de développement, ne se permet pas encore de se lancer dans les recherches fondamentales.

Parmi les sujets entrain d'être analysés, nous retenir :

- Les sols gypseux;
- La fertilité et la fertilisation des terres;
- La microbiologie des sols;
- et l'amélioration de la vitesse d'infiltration des eaux de drainage.

Le fait de passer en revue ces quatre sujets dans le présent rapport se trouve justifié parce que ils intéressent, peut être à des degrés différents, mais aussi bien l'IRAO que la Tunisie.

3.1.1.- Les sols gypseux :

Les sols, où le sulfate de calcium ($\text{SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) occupe une grande proportion des minéraux du sol, couvrent de grandes étendues dans les pays à climat aride : ainsi, vu le caractère très aride du climat en IRAQ, ces sols se trouvent très répandus. Nous rappelons également l'existence de ces sols en Tunisie, particulièrement au Sud : il serait intéressant, à ce propos, de consulter les études spéciales n°70 et 98 écrites respectivement par Pouzet (1969) et Vieillefon (1976) et particulièrement la bibliographie faite par ce dernier.

La connaissance approfondie de ces sols reste, malgré tout, à faire. C'est ainsi que seule la thèse du Dr. Abdelaziz Fath El-Barsinji (1973) constitue, à l'heure actuelle, un document utilisable en IRAQ.

De cette thèse nous notons les principaux points suivants :

- l'augmentation du taux de sulfate de calcium dans le sol influe sur sa capacité de rétention,
- le taux de gypse élevé provoque la néogenèse d'une sorte d'argile (Atapulgite) d'une capacité d'échange faible, donc se prêtant difficilement aux amendements,
- L'existence du gypse dans la zone racinaire gêne le développement des racines et par conséquent le développement végétatif d'une façon générale,
- le taux élevé de gypse intervient aussi physiquement car, suite à l'irrigation, une partie non négligeable du gypse se dissout, ce qui crée des vides dans le sol. De tels phénomènes interviennent dans l'instabilité des canaux d'irrigation (entre autres) et ceci en plus de la perte de quantités non négligeables des eaux d'irrigation par infiltration en profondeur,
- enfin, les sols gypseux sont caractérisés par leur faible structuration et ceci en raison de l'absence de la matière organique en quantité très faible parce que le couvert végétal est lui-même très insuffisant. Tout ceci provoque la formation d'une croûte superficielle de battance lors de l'irri-

gation, ce qui gêne physiquement (dureté) et biologiquement (respiration) la germination ou la pousse des différentes espèces agricoles.

L'amélioration en cours :

Les terres de la région d'Ed-Dour sont considérées parmi les plus gypseuses de l'IRAQ puisque le taux du gypse peut atteindre jusqu'à 90 %. En plus, les sols sont généralement peu évolués (la partie arable reposant sur le gypse est de 10 à 40 cm d'épaisseur). Ces terres forment la 6^e catégorie des sols de la région c'est à dire la dernière catégorie et sont considérées comme incultes.

La superficie réservée à la recherche sur les terres gypseuses, et qui se trouve située sur la haute terrasse du Tigre, couvre 165 ha.

Les principales activités faites, ou qui sont en train de se faire sont :

- une prospection pédologique détaillée et une prospection très détaillée des terres;

- observation sommaire des différentes spéculations agricoles qui pourraient réussir sur ces sols en vue de les mieux étudier dans le futur;

- réalisation de la méthode expérimentale proposée par l'organisation.

Ces activités, comme d'ailleurs toutes les autres activités de l'organisation n'ont débuté que récemment. Ainsi seules quelques indications générales peuvent être dégagées :

- du point de vue maraîchère, la plupart des légumes pourraient réussir et surtout la tomate et la pomme de terre;

- quant aux grandes cultures on peut citer le tournesol, le coton, le blé, l'orge, le sésame et les fourrages;

- comme arbres (brise-vent ou fruitiers), le quassier, certains eucalyptus, le mûrier, le figuier, le grenadier etc., peuvent également pousser sur ce type de sol;

- pour ce qui est de l'irrigation, les méthodes classiques sont déconseillées, seules l'aspersion (cultures annuelles) et la méthode "goutte à goutte" (plantations arboricoles) sont possibles;

- les engrais sulfatés sont également déconseillés car l'anion SO_4^{2-} en se combinant avec le calcium risque d'augmenter le taux de gypse;

- les engrais verts et les matières organiques d'une façon plus générale sont très bénéfiques pour ce type de sols car ils interviennent, entre autres, dans la structuration des terres et l'augmentation de leur capacité de rétention.

2.1.2.- Fertilité et fertilisation des sols :

L'intérêt de la fertilisation des sols étant connu de tous et ne demande plus d'argumentation pour être confirmé. Les modalités de fertilisation des sols restent, par contre, un domaine peu connu, surtout dans les pays peu développés.

En IR40, ce problème de très grande importance n'a pu être pris en considération que depuis une époque récente - depuis que ce pays s'est rendu compte que le seul capital durable et par conséquent les seules ressources durables sont les sols et les produits agricoles.

Ainsi au sein de l'Organisation Générale des Sols et de Mise en Valeur des Terres, un centre de recherche en matière de fertilisation et d'engrais s'est créé.

Ce centre s'occupe de trois activités essentielles :

- Prospection des terres en vue de connaître leurs degrés de fertilité,
- Modalités de fertilisation minérale,
- Cartographie des terres des points de vue fertilités et modalités de fumure.

* Concernant le premier point le but était de connaître les différentes réactions des différentes cultures aux différentes doses et catégories d'engrais et ceci pour toutes les terres du pays, moyennant 18 stations de recherches réparties dans tout le territoire.

* Les recherches concernant les modalités de fertilisations minérales se font dans deux stations. Bien entendu, cette action est en relation étroite avec la précédente. Mais ici les recherches sont plus poussées et plus variées.

A titre d'exemple, nous donnerons ci-dessous un " Résumé d'une expérience de fertilisation du riz à Miseen, campagne agricole 1976 " (Dr. Abdelkrim Khaled Rached & Zequi Sedok Jacem, 1977).

Ce résumé est le suivant :

Compte tenu de l'importance de la culture du riz dans la région de Miseen et du manque d'information concernant cette culture, deux stations de recherches ont été implantées dans la région en vue de l'expérimentation de la fertilisation du riz.

L'expérience consistait à connaître les taux d'azote et de phosphore nécessaires pour cette culture ainsi que les périodes et les types d'engrais azotés à conseiller.

L'expérience a eu lieu durant la campagne agricole 1976 et la variété de riz utilisée était la variété locale "Aber 33". Les engrais utilisés sont le superphosphate tricalcique (46 %), l'urée (46 %) et le sulfate d'ammonium (21 %). Quant aux doses, elles étaient de 40 ou 60 kg de P_2O_5 /ha et 60, 80, 100 ou 120 kg d'azote/ha.

Pour la station de Tityeb, on a remarqué que le couche superficielle n'est pas saline (2 mmol/cm) et que son taux en phosphore échangeable est loin d'être négligeable (15 ppm). La capacité d'échange, le taux de calcium échangeable et le taux de matière organique sont également assez suffisants. Ainsi dans les parcelles témoins, le riz se développe mieux dans cette station que dans celle de Ousselt où les différents paramètres déjà cités sont insuffisants.

Le meilleur rendement économique a été atteint en utilisant 100 kg d'azote à Tityab et 80 kg d'azote à Ouassita. Dans les deux cas, le phosphore doit être donné lors de la préparation du sol et à raison de 40 kg de P_2O_5/ha et l'azote doit être donné en deux fois : la première moitié avec le phosphore et l'autre moitié un mois après et ceci pour les deux stations.

Les rendements étaient de 4.036 kg/ha à Ouassita et 3.204 kg/ha à Tityab. Ainsi on voit que l'influence de la fumure minérale a été meilleure pour la première station que pour la deuxième.

Le fractionnement de la fumure azotée, 1/3 de la fumure avant les semailles, 1/3 un mois après les semailles et 1/3 deux mois après les semailles, constitue le meilleur procédé pour la station de Ouassita.

À Tityab, le fractionnement en deux parties : une moitié pendant les semailles et la deuxième moitié deux mois après, est préférable.

Quant à l'utilisation des engrais azotés, si l'emploi de l'urée s'est avéré meilleur que celui de l'ammonium et ceci à Tityab; à Ouassita il n'y a pas eu de différences significatives.

* La troisième activité du centre de recherches, étant l'élaboration des cartes de fertilité des sols.

Cette activité est la plus importante pour les responsables du centre parce qu'une fois bien implantée, elle permet de se passer de l'expérimentation en matière de fertilisation.

Cependant, on remarque que cette activité n'a pas encore atteint ses objectifs car durant ses trois années d'existence, seulement trois régions de superficies limitées ont été cartographiées en vue de connaître les taux d'éléments nutritifs essentiels (N,P,K) et les taux et qualités des matières organiques.

2.1.3.- Microbiologie des sols

Comme pour toutes les autres activités, le rôle attendu de l'étude microbiologique des sols est de répondre à certains

besoins spécifiques du pays. D'ailleurs, étant un pays à climat chaud et sec, présente des sols très pauvres en matières organiques ; c'est à dire en azote, d'autre part, on sait que certains microorganismes ont la faculté de fixer l'azote de l'air et qu'un tel climat est favorable à la perte de l'urée qui est un engrais azoté souvent utilisé dans la fertilisation des sols.

Les activités principales du laboratoire de microbiologie vont, donc, être :

- l'étude des microorganismes fixateurs d'azote,
- l'étude des moyens de protection de l'urée
- et l'étude de la matière organique.

• Etude des microorganismes fixateurs d'azote :

Concernant ce sujet, un certain nombre de publications faites simultanément en arabe et en anglais sont à notre disposition ; ce sont :

- " fixation de l'azote de l'air et ses relations avec l'agriculture moderne " (Dr. Youssef Ali Handi, 1975) ;
- " densité de certains microorganismes fixateurs de l'azote de l'air dans les terres du Haro de l'Iraq " (Dr. Youssef Ali Handi et Collaborateurs, 1976) ;
- " les bactéries fixatrices de l'azote dans la zone racinaire de certaines plantes fourragères " (Dr. Youssef Ali Handi et Collaborateurs, 1976) ;
- " les types d'algues vert-bleues fixatrices de l'azote de l'air, répandues dans les terres irakiennes " (Dr. Youssef Ali Handi et Collaborateurs, 1976).

Le fait de faire figurer les résumés de ces travaux dans ce rapport pourrait être intéressant. Ainsi le travail intitulé " fixation de l'azote de l'air et ses relations, avec l'agriculture moderne " a consisté en un dénombrement des microorganismes capables de fixer l'azote de l'air d'une façon symbiotique ou non symbiotique ainsi que des études préliminaires des processus de formation des nodules et la symbiose entre le rhizobium et les cellules végétales.

Le travail s'est également intéressé au côté pratique telle que la technologie des inoculations des semences des plantes avec les cellules des microorganismes fixateurs d'azote. L'inoculation a été étudiée en tenant compte de la densité des microorganismes, des points de vue de ses modalités d'utilisation et des résultats obtenus.

La principale conclusion qu'on peut tirer de ce travail est la mise en évidence de l'intérêt de la fixation biologique de l'azote de l'air et son utilisation bénéfique pour les cultures, et ceci en produisant les inoculants d'une façon industrielle et en généralisant son utilisation.

Pour ce qui est de " la densité de certains microorganismes fixateurs de l'azote de l'air dans les terres du Nord de l'Iraq ", 12 échantillons de terre ont été utilisés pour déterminer la densité du Rhizobium Meliloti (R₂ du Melilot), du Rhizobium Trifolii (R₂ du bœsein), de l'azotobactère et des algues vert-bleues. R. Meliloti et R. Trifolii ont une distribution très limitée et ils étaient respectivement absents dans 4 et 19 échantillons et leur densité était égale à Log 1,83 pour le premier et Log 1,2 pour le second.

La densité moyenne de l'azotobactère était relativement élevée : Log 4,53; celle de l'algue vert-bleue était égale à Log 2,20. Compte-tenu de ces données, il a été recommandé d'inoculer les semences du Melilot et du bœsein avec les bactéries des nodules racinaires, si on compte les cultiver dans de tels sols.

Concernant " les bactéries fixatrices de l'azote dans la zone racinaire de certaines plantes fourragères ", six espèces de plantes fourragères désertiques (Ouest de l'Iraq) : Achillea, Aristida plumosa, Artemisia herba alba, Haloxylon aegyptiacum, Haloxylon aegyptiacum, Heliotropium curassavicum ont été choisies.

Une estimation des nombres totaux d'azotobactères et bactéries a été faite à la fois dans la rhizosphère et dans le sol sans racines.

La biomasse et l'azote total de ces plantes ont été également déterminés en vue d'établir les corrélations nécessaires. Ainsi on a pu se rendre compte que le nombre d'azotobactères dans la rhizosphère par rapport à leur nombre dans le sol varie de 1 à 19,5 avec une moyenne de 4,96. Dans la rhizosphère ce nombre varie d'un minimum de $6,8 \times 10^3$ pour *Artichaut* et un maximum de 47×10^3 cellules/g pour *Aristida plumosa*, alors que dans la zone non racinaire ce nombre n'est que de 2×10^3 à 21×10^3 .

Quant aux bactéries, leur nombre total dans la rhizosphère varie entre $17,8 \times 10^6$ cellules/g et 97×10^6 cellules/g dans le sol sans racines, ce nombre varie entre $1,5 \times 10^6$ et 18×10^6 . Le rapport entre les deux cas est de 2,03 à 22,5 avec une moyenne de 7,28.

Enfin, la contribution de l'azotobactère dans l'économie de l'azote pour les plantes a été également discutée.

Pour ce qui est " des types d'algues vert - bleues fixatrices de l'azote de l'air répandues dans les terres iraquiennes " nous notons qu'à partir de 138 échantillons de terre, les types suivants d'algues ont pu être isolés : *Nostoc* : 23,2 %, *Microcystis* : 19,6 %, *Oscillatoria* : 19,6 %, *Anabaena* : 13,8 %, *Chroococcus* : 19,6 %, *Synechocystis* : 3,6 et *Gloeotrichia* : 0,72 %. Le poids sec et l'azote total des algues se trouvent dans des milieux non azotés ont été utilisés pour prouver les aptitudes de celles-ci dans la fixation de l'azote atmosphérique.

Enfin, nous notons qu'il n'a pas été possible de connaître, celle parmi les caractéristiques des sols (pH, conductivité électrique, capacité d'échange, taux de matière organique) qui constitue le facteur limitant du développement et de dispersion de ce type d'algues.

*** Etude des moyens de protection de l'orge :**
ou " Réduction des pertes de l'orge par addition d'une matière protectrice " (Jalil S. Al-Ahidi & Yousef A. Nandi et collaborateurs, 1976).

Compte tenu des conditions climatiques (chaleur et sécheresse) de l'Iraq, où seule les cultures irriguées sont possibles, l'urée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ qui est un engrais azoté fréquemment utilisé dans ce pays, se perd très facilement dans l'air (chaleur) et en profondeur dans les sols (irrigation). Les pertes peuvent atteindre 50 % de la masse d'engrais mise à la disposition des plantes.

Ainsi des recherches, pour trouver des solutions à ce problème, ont été entreprises. Le fait de synthétiser des produits organiques de compositions chimiques proches de l'urée, ou de couvrir celle-ci par des matières protectrices, s'est avéré intéressant puisque, ainsi, on peut garantir une source continue d'engrais azoté tout en diminuant ses pertes et en évitant ses concentrations élevées dans le sol.

Les principales matières enrobantes utilisées sont le soufre et la résine.

Quant à la formation des complexes organiques résultant du mélange de l'urée avec d'autres produits tels que le formaldéhyde, l'acide oxalique etc., les essais sont en cours.

Nous citons ici quelques exemples de produits utilisés et leur taux d'azote correspondant :

- urée couverte de résine..... N = 36 %
- urée couverte de soufre..... N = 36,8 %
- urée de méthylène..... N = 38,5 %
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ N = 40 %
- $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CO}-\text{NH}_2$ N = 31,8 %
- $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_2$ N = 39,4 %

Tous ces types d'engrais ont donné de bons résultats. L'étude de la production de l'orge semée avec de l'urée couverte de soufre à différents pourcentages, sous verre, et la comparaison des effets de cette urée avec d'autres types d'engrais azotés, ont été tentées avec succès. Le but recherché étant, bien entendu, la généralisation de l'utilisation des engrais ainsi protégés.

• Autres activités.

Par souci de simplification de ce rapport, il nous est pas possible de passer en revue toutes les expériences faites en microbiologie des sols ; mais vu l'intérêt de ces études, nous nous contentons de les mentionner ici et nous attirons l'attention des intéressés que la plupart des thèmes évoqués sont à notre disposition :

- "Distribution des rhizobium du Haïlot et du Dorsin dans les terres irakiennes" (Dr. Youssef Ali Handi et collaborateurs, 1975)

- "Tolérance des Rhizobium du Haïlot et du Dorsin aux chlorures de sodium, calcium et magnésium" (Dr. Youssef Ali Handi et collaborateurs, 1976)

- "Interaction entre les engrais et la formation naturelle des nodules racinaires de la fève (Youssef Ali Handi et collaborateurs, 1977)

- "La maladie des rayures rouges de la canne à sucre en Iraq (Ibrahim Mansour & Youssef Ali Handi, 1976)

Enfin, nous signalons certains travaux qui sont en cours de réalisations et qui sont principalement l'étude de la nature, de la dispersion et des taux de matières organiques dans les sols de l'Iraq et la purification des eaux résiduaires et leur utilisation en agriculture.

2.1.4. : Amélioration des vitesses d'infiltration des eaux de drainage.

Concernant la dynamique de l'eau dans les sols et les applications pratiques qu'on peut en tirer, plusieurs études ont été faites. Nous en citons :

- "Détermination de la conductivité hydraulique des sols en se basant sur les eaux évacuées par les drains et sur les variations du niveau de la nappe" (Dr. Gennady V. Erovenko & Dr. Vladimir P. Orlov & Dr. Safa El-Dine Al-Jalal & Salim M. Joud, 1977).

- "Guide de l'irrigation de certaines cultures en Iraq (Dr. Gazi Najid Amin & Dr. Safa Eddine Abdelaster & Dr. S.P. Ray, 1977).

- "Guide des recherches concernant l'utilisation de l'eau par les cultures en Iraq (Dr. Gazi Najid Amin & Dr. Safa Eddine Abdelaster & Dr. S.P. Ray, 1977).

Parmi les expériences en cours, et à titre d'exemple, nous avons pu en visiter une qui s'intéresse aux essais des différents types de drains et de filtres. Les drains en essais sont soit en poterie, soit en ciment soit en plastique. Les filtres sont soit des mélanges de graviers et de sables soit des "Lifs" de palmiers. La variation de l'épaisseur des filtres est également une variable étudiée. Moyennant des piézomètres, on arrive à connaître la combinaison - distance entre les drains, types de drains, types et épaisseur des filtres - qui serait économiquement la meilleure.

2.2.- Réalisation des projets :

Les dépenses énormes, qui nécessitent la mise en valeur des grandes étendues de terre s'ajoutant à la grande précision que demande la réalisation des travaux d'irrigation et de drainage - impliquent une méthodologie rationnelle, seule garante de la réussite des projets. De ce fait, un certain nombre d'actions sont nécessairement à entreprendre l'une après l'autre.

Ces opérations consistent essentiellement en :

- la planification des travaux
- des études de bases qui sont principalement des études pédologiques, hydrologiques et topographiques
- l'exécution et les contrôles.

(1)- Terme arabe désignant la partie fibreuse du palmier, qui couvre la base des palmes.

Dans ce qui suit, nous allons passer en revue ces différentes actions telles qu'elles nous ont été présentées durant le stage.

2.2.1.- Etudes de base :

Nous avons déjà signalé que la pédologie, l'hydrologie et la topographie constituent les principales études de base effectivement et systématiquement faites avant la réalisation de tout projet de mise en valeur. Dans ce chapitre et compte-tenu de l'objet du stage, seul le côté pédologique sera développé.

Dans ce qui suit, nous allons, dans un premier stade passer en revue la méthodologie suivie en Iraq dans la réalisation des cartes des sols. Dans une deuxième étape, nous discuterons cette méthodologie.

Selon les buts recherchés, la prospection se fait à des échelles différentes :

- Carte soignée très détaillée :

La prospection se fait, dans ce cas, à des échelles supérieures ou égales au $1/5.000^e$. De tels travaux sont utilisés pour la réalisation des projets localisés et pour les parcelles de recherches et d'expérimentation. Pour ce qui est de la densité des points d'observation, elle varie énormément suivant qu'il s'agit des sols de la grande plaine alluviale formée par les alluvions du Tigre et de l'Euphrate ou qu'il s'agit des sols formés sur place. Dans ce qui suit, nous désignerons par sols non alluviaux tous les sols qui ne font pas partie de la plaine.

Dans la plaine : on fait :

4 trous à la tarière de 3 à 3 m de profondeur/ha.

1 profil pédologique de 2 m approfondi à la tarière jusqu'à 5 m/ha.

Pour les sols non alluviaux : on fait :

2 trous à la terre/ha

1 profil pédologique/25 ha.

- Cartographie détaillée :

La prospection est faite au 1/10,000^e et les cartes sont utilisées pour la réalisation des projets localisés, les projets pilotes et pour les stations de recherches.

Dans la plaine on fait :

1 trou de terre de 2 à 3 m de profondeur/ha

1 trou de 5 m/50 ha

1 profil de 2 m approfondi à la terre jusqu'à 5 m/50 ha.

Pour les sols non alluviaux :

1 trou / 3 ha

1 profil / 100 ha.

- Cartographie détaillée à semi-détaillée :

Les documents de travail utilisés sont au 1/10,000^e et les cartes définitives sont au 1/20,000^e. Ces cartes peuvent être utilisées dans la recherche et pour la réalisation de certains projets.

Dans la plaine on fait :

1 trou de 2 à 3 m / 4 ha

1 trou de 5 m / 50 ha

1 profil de 2 m approfondi jusqu'à 5 m / 250 ha

Pour les sols non alluviaux on fait :

1 trou / 13,5 ha

1 profil / 300 ha.

- Cartographie semi-détaillée :

Elle s'intéresse essentiellement à la détermination des facteurs limitants intervenant dans la réalisation des projets agricoles. Les documents de travail utilisés sont au 1/20,000 ou au 1/25,000^e et le travail définitif est au 1/30,000^e.

Dans la plaine on fait :

1 trou de 2 à 3 m / 7,5 à 9 ha,

1 trou de 5 m / 100 ha

1 profil de 2 m approfondi jusqu'à 5 m / 500 ha

Dans les sols non alluviaux on fait :

1 trou / 12,5 à 25 ha

1 profil / 1000 ha.

- Cartographie de reconnaissance :

Ce travail, dont l'échelle définitive est au 1/40,000^e ou au 1/100,000^e et dont les documents de travail sont respectivement au 1/20,000^e et au 1/30,000^e, a pour but la connaissance préliminaire des types des sols et leurs aptitudes aux cultures.

Dans la plaine on fait :

1 trou de 2 à 3 m / 25 ou 50 ha

1 profil / 1,250 ha.

Dans les sols non alluviaux on fait :

1 trou / 50 ou 75 ha

1 profil / 2,500 ha.

- Cartographie à petite échelle :

Son objet est d'obtenir des cartes au 1/400,000^e ou au 1/300,000^e permettant d'avoir des connaissances préliminaires concernant les sols.

- Cartographie à très petite échelle

Son but est d'avoir des connaissances générales concernant les sols de tout le pays. L'échelle définitive est le 1/1,000,000^e.

- Matériels utilisés et documents obtenus

Les documents de travail sont les fonds topographiques et les photographies aériennes. Les résultats d'analyse sont utilisés pour préciser les données recueillies sur le terrain. D'une façon générale, la proposition est faite avec rigueur et précision et elle concerne à la fois tous les paramètres pédologiques et hydrologiques.

De ce fait un certain nombre de cartes sont nécessairement publiées surtout pour les échelles moyennes et grandes, nécessaires à la réalisation des projets ; ce sont :

- + Carte pédologique (classification des sols d'après la 7^{ème} approximation américaine);
- + Cartes des unités de sols pour le mètre supérieur des sols;
- + Carte des unités de sols entre un mètre et deux mètres de profondeur;
- + Carte de salinité;
- + Carte des aptitudes aux cultures, les terres sans mise en valeur;
- + Carte des aptitudes après mise en valeur (aptitudes futures);
- + Carte d'aptitude des terres aux cultures spécifiques des régions étudiées.

Deux points concernant la méthodologie précédente qui nous a été exposée par le pédologue cartographe Hasser-Frazi, ont attiré notre attention :

- Le premier point c'est le nombre d'observations très important dans les sols de plaine par rapport à celui effectué dans les zones non alluviales. Nous croyions que l'hétérogénéité des sols alluviaux était au contraire moins importante et qu'il fallait, par conséquent, moins de points d'observation. Le contraire nous a été prouvé. Car la plaine, résultant pendant des millénaires, des dépôts du Tigre et de l'Euphrate (compte tenu de leur régimes et par conséquent de leur pouvoir de transport et de dépôts des sédiments, très variables dans le temps et dans l'espace) est très complexe. Les sols varient ainsi énormément d'un point à l'autre, ce qui nécessite une prospection relativement dense.

- Le second point c'est le nombre de cartes publiées, relativement élevé par rapport à ce qu'il est d'usage en Tunisie. En effet, le fait que 7 ou 8 types de cartes soient publiées après chaque prospection nous a paru comme étant un gaspillage

de temps et d'énergie. Mais le contraire nous a été démontré puisque le premier souci d'un tel procédé est d'éviter la publication de cartes surchargées donc difficilement utilisables. Le second but vise la diversification des utilisateurs : Ainsi, pour l'agronome qui ne s'intéresse en général qu'au sùtre supérieur de sol, les données concernant les couches profondes ne présentent pas de grands avantages et diminuant la précision du document de travail en le surchargeant.

Le même raisonnement reste valable pour les ingénieurs du Génie-rural s'occupant du drainage et ceci vis-à-vis des cartes intéressant la couche comprise entre 1 m et 2 m de profondeur : la profondeur moyenne des drains est de 1,70 m à 1,80 m.

L'existence de deux types de cartes d'aptitudes aux cultures, l'une avant mise en valeur, et l'autre après mise en valeur, s'explique par le fait qu'il est impossible de mettre en valeur toutes les terres prospectées, en même temps, et que certaines terres doivent être cultivées telles qu'elles sont.

Ainsi, et après une longue discussion, toutes les cartes nous ont paru justifiées. D'ailleurs, le fait que, à la Division des sols, l'option de diversification des travaux en vue de toucher un plus grand nombre d'utilisateurs soit à l'ordre du jour, appuie le point de vue exposé ci-dessus.

2.2.2.- Planification des travaux

L'une des Directions de l'Organisation Générale des Sols et de Mise en Valeur des Terres est la Direction de planification qui s'occupe des études préliminaires nécessaires à la réalisation des projets. Elle comprend trois services :

- le service topographique ;
- le service de l'irrigation et du drainage ;
- le service de dessin.

Certaines conditions sont nécessaires avant d'entamer l'étude d'un projet : ce sont :

- la présence de sole
- la présence de l'eau d'irrigation en quantité suffisante,
- la possibilité de prévoir une production convenable.

Après l'examen des différents types de sole, on étudie de près les disponibilités en eau, paramètre dont il faut tenir compte lors de l'établissement du réseau d'irrigation.

A l'heure actuelle, on conçoit un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour 3,000 ha et on pense atteindre un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour 1000 ha.

Quant au système de cultures, c'est l'intensif qu'on compte réaliser. Le débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour 3,000 ha vise une couverture du sol égale à 120 % (80 % pour les cultures hivernales et 40 % pour les cultures estivales). Le débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour 1,000 ha correspondrait à une couverture annuelle égale à 200 % (100 % en été et 100 % en hiver). Mais l'optimum correspond seulement à 160 %.

Disposant de toutes les données nécessaires, le planificateur pourra ainsi :

- déterminer la quantité réelle d'eau nécessaire à l'irrigation des terres du projet en prévoyant les moyens de limiter l'infiltration dans les canaux d'irrigation si plus de 20 % des eaux canalisées sont susceptibles d'être perdues. Le débit théorique est en général majoré de 25 % à titre de précaution en vue de prévoir toute insuffisance possible.

- déterminer les emplacements des canaux principaux et secondaires d'irrigation en tenant compte des emplacements des drains.

- Enfin, déterminer la quantité d'eau à drainer. Les données suivantes sont prises en compte lors de l'établissement du réseau de drainage : 75 % des eaux sont utilisées par les plantes (évapotranspiration) et 25 % s'infiltrent et drainent en grande partie. D'une façon plus générale, on estime qu'il faut drainer 2,5 à 3,5 mm/jour suivant les régions.

Quelques données concernant le drainage :

Le drainage consiste à évacuer le surplus d'eau pouvant stagner dans les sols.

Les eaux de Tigre et de l'Euphrate ne contiennent que 600 à 800 ppm de sels. Mais l'évaporation intense provoque l'accumulation de ces sels et les irrigations répétées provoquent la remontée des nappes devenues salines. Donc l'utilisation des terres ne redevient possible qu'après leur dessalage. Les débits évacués correspondant à 3,5 m/j sont adoptés quand, justement, la nappe est proche de la surface.

Quand des sables existent, les drains doivent constituer la séparation entre celles-ci et les terres cultivées.

La profondeur moyenne des " drains du champ " ou drains couverts est de 1,70 à 1,80. Ce qui permet de lutter contre la capillarité pour un double but : primo, pour éviter la remontée en surface des eaux plus salines des profondeurs; second, en vue d'économiser l'eau. La longueur de ce type de drains est de 250m et leur pente est de 15 ‰. Si la pente du terrain est importante, la longueur doit être diminuée.

À partir d'un canal principal d'irrigation partent, de part et d'autre et perpendiculairement à ce canal, les drains couverts qui se débouchent dans un drain collecteur. La distance séparant deux drains collecteurs est, donc, de 500 m. La profondeur de ces derniers est naturellement plus importante, et ainsi de suite jusqu'à l'évacuateur général qu'on appelle aussi " le troisième fleuve " et qui se situe entre le Tigre et l'Euphrate et se débouche dans le chott El-Arab. Ce troisième fleuve est navigable.

La distance entre deux drains couverts dépend de la texture des sols : 50 m pour les sols argileux et 150 m pour les sols sableux. Ces drains, lors de leur installation, doivent être couverts jusqu'à 30 cm en-dessous du niveau du sol en vue d'éviter l'infiltration importante des eaux d'irrigation dans ces zones relativement plus meubles et d'éviter le risque d'endommager l'installation.

2.2.3.- Visites de certains projets :

Le mise en valeur des sols de l'Iraq n'a commencé, d'une façon rationnelle, qu'au début des années 1972-1973. Plusieurs dizaines de projets ont été projetés pour la décennie 1973 - 1981.

Les études de base se font continuellement et une série de travaux ont déjà été effectués. D'autres sont, encore, en cours de réalisation. Chaque projet se fait par étapes tout en s'aidant, au point de vue technique et expérimental, des connaissances acquises dans les stations pilotes, les centres de recherche et dans d'autres pays.

Au cours de ce stage, il nous a été possible de visiter quelques projets, de voir et de discuter les travaux et les résultats que les techniciens irakiens ont fait et acquis.

Projets des hauteurs d'El-Ehles.

Couvrant une superficie de 7.500 ha, ce projet dont les travaux n'ont commencé qu'au début de 1976 a été planifié en vue d'être réalisé en trois années :

- 1976..... 3.000 ha
- 1977..... 3.000 ha
- 1978..... 1.500 ha.

Les travaux se déroulent comme suit :

Après avoir fait les études de base (pédologie, hydrologie et topographie), on procède à l'exécution des travaux de nivellement, puis à ceux des installations des réseaux d'irrigation et de drainage.

Tous ces travaux sont mécanisés à l'extrême : par exemple, pour l'installation des drains couverts, la même machine creuse le fossé, met les canaux de drainage ainsi que le filtre tout en respectant le pente voulu. Ce sont des machines hollandaises qu'on utilise actuellement parce qu'elles sont plus rapides et travaillent plus en profondeur que les anciennes machines russes utilisées pour les premiers projets.

Une fois, les drains et canaux d'irrigation mis en place, on procède au lavage des sols en vue d'éliminer leur salinité (les sols alcalins sont très peu répandus en Iraq parce que la plupart de ces sols sont riches en calcaire). Le lavage consiste à submerger les parcelles pendant une période de trois semaines à un mois avec une lame d'eau de 15 cm. Cette opération répétée 2 ou 3 fois suffit en général à laver les horizons supérieurs.

Après cela, on procède à la mise en culture des parcelles ainsi lavées en utilisant les espèces résistantes à la salure et aux excès d'eau, car les quantités d'eau apportées restent importantes en vue de parfaire le lessivage des sols.

Quand, par les analyses continues, on s'assure que les 60 cm supérieurs du sol sont devenus sains et que les taux de sels décroissent en profondeur, on cède la zone aux utilisateurs.

A cette occasion, nous avons soulevé la question des pertes énormes en eau d'irrigation dues au fait que, partout et pour la grande majorité des cas, les canaux d'irrigation sont de simples fossés creusés dans le sol après tassement. En effet si, à l'heure actuelle, les pertes ne constituent pas un problème majeur parce que les superficies irriguées sont encore relativement peu importantes devant celles qu'en compte mettre en valeur, elles risquent de constituer le plus grand obstacle empêchant la récupération des terres agricoles quand l'eau d'irrigation deviendra insuffisante. A notre avis, l'utilisation de canaux en ciment s'impose. Les Irakiens partagent notre avis quant à l'existence et à la gravité du problème. Mais quant aux remèdes, vu leur expérience limitée dans ce domaine, ils sont encore au stade d'essai. Les premiers essais qui consistent à bétonner les canaux creusés sur place n'ont pas donné de résultats : Chose que nous avons présentée et qui a été vérifiée dans d'autres projets parce que, compte tenu des textures souvent lourdes et des variations climatiques, la couche de béton éclate et son efficacité se trouve très réduite voire nulle.

Projet d'Abou - Hlaisir :

Situé dans la région d'Abou-Okrib à 30 kms de Bagdad, ce projet couvre une superficie de 285 ha.

Caractéristiques des sols de la zone :

Les sols de la zone sont parmi les plus mauvais de l'Iraq. Ce sont des sols de dépression où l'accumulation des chlorures de sodium a atteint un degré tel qu'il était possible de les exploiter.

Buts recherchés

- Etant donné qu'il s'agit de très mauvais sols situés dans des dépressions, donc difficilement drainables, l'un des buts recherchés est de prouver l'efficacité des techniques d'irrigation et de drainage.

- un autre but est l'utilisation des résultats obtenus lors de la mise en valeur d'autres sols qui seraient, dans les pires des cas, semblables à ceux d'Abou-Hlaisir.

- le dernier but recherché est que le projet soit considéré comme un projet pilote où les responsables de mise en valeur viennent se rendre compte des progrès qu'il est possible d'accomplir.

Travaux effectués :

- Du point de vue paysage, les sols qui sont tous des sols alluviaux sont répartis en :

- Sols des anciens canaux d'irrigation (très limités);
- Sols des "bassins des rivières" (les plus répandus);
- Sols des dépressions (les plus mauvais).

- L'eau d'irrigation est prise sur l'Euphrate et le débit utilisé est de 0,3 m³/s.

- Le réseau de drainage est constitué par des drains couverts distants de 40 à 60 m pour les sols à textures fines et de 100 à 150 m quand la texture est assez grossière. Les drains secondaires ou collecteurs sont ouverts et distants de 300 à 600 m avec une pente qui varie entre 30 et 60 cm/km.

Ces derniers se déversent dans le collecteur principal qui, à son tour, se déverse dans l'Euphrate parce que le collecteur général (trouée fleuve) n'a pas encore atteint la région.

Evolution de la salure des sols du projet :

Les sols de la zone sont à la fois, salins et alcalins :

- entre 0 et 30 cm, la moyenne de la salure est de 84 mhos/cm;
- entre 30 - 60 cm, la moyenne de la salure est de 67,6 mhos/cm;
- le rapport Na^+/T varie entre 15,9 et 87,2 %.

La perméabilité oscille entre 4 cm/h et 2 cm/h. La moyenne de la salure a évolué avec le temps comme suit :

Années	1974	1975	1976
Salures moyennes en mhos/cm	84	49	30

En 1977 le dessalage de certaines parcelles a atteint un niveau tel que certaines espèces tolérantes ont pu être cultivées ; nous avons vu une rizière qui se comportait presque normalement.

Projet d'Er-Rachmanie :

Ce projet qui couvre une superficie de 9,400 ha est situé dans la région de Bagdad. Il est limité par l'Euphrate à l'Ouest et El Yousseoufia (affluent de l'Euphrate) au Nord.

La moyenne pluviométrique (les pluies sont essentiellement d'hiver) est de 150 mm/an.

L'eau d'irrigation est assurée par des stations de pompage installées sur les deux rivières précédemment citées. Cette eau est de bonne qualité (400 μ Siemens/cm).

Le projet a été planifié en vue d'être effectué en trois phases :

- La première phase correspond à la mise en valeur de 6,500 ha dont 2,800 ha ont été complètement corrigée et 1,600 ha sont en cours de lavage et se prêtent déjà aux cultures résistantes aux sels en vue d'être milliers d'avantage. Mais les travaux ont subi un arrêt provisoire dû à un manque d'eau dans l'Euphrate. Ceci confirme la remarque que nous avons déjà formulée concernant les insuffisances d'eau d'irrigation dues aux pertes par infiltration dans les canaux d'irrigation. Les travaux ont cependant repris en 1977.

- la deuxième phase couvre une superficie de 1,625 ha. Cette zone se trouvant à proximité des stations de pompage, a été rapidement mise en valeur.

Les analyses continues ont montré que 68 % de la superficie totale ont été dessalées et 6,7 % seulement ont une salure supérieure à 16 mhos/cm.

- La troisième phase couvre une superficie de 1,500 ha. Les travaux de lavage et mise en culture y ont commencé en 1976. Les cultures améliorantes utilisées sont l'orge, le sorgho, le maïs et le Haricot. Cette dernière est programmée pour être complètement mise en valeur vers le début de l'année 1978.

3.- CONCLUSION :

Les stations de recherches, les projets pilotes et les projets de mise en valeur que nous avons eu l'occasion de visiter sont plus nombreux que ceux que nous avons déjà cités. A titre d'exemple, nous mentionnons ici la station de recherche d'El Ouehda où on s'intéresse aux études de bilan d'eau; la station de recherche concernant la fixation des dunes de Elji; le projet de mise en valeur de Kaiba, qui couvre une superficie de 17,000 ha etc...

Mais l'effort déployé dans la mise en valeur des sols de ce pays est de loin plus important puisque tout ce que nous avons cité ne concerne qu'une partie de la région de Bagdad.

D'ailleurs, le budget gigantesque et le nombre très important de techniciens irakiens et étrangers dont dispose l'Organisation Générale des Sols et de Mise en Valeur des Terres, confirme l'intérêt qu'accordent les responsables de ce pays au développement agricole et les progrès déjà accomplis dans ce domaine. En effet, en plus de ses propres activités, une dizaine de sociétés étrangères travaillent sous le contrôle de cette organisation : Ces sociétés sont essentiellement anglaise, égyptienne, hollandaise, hongroise et russe...

Mais ce qui est à l'origine de la réussite, ce n'est pas seulement l'effort matériel que nous avons déjà mentionné, mais c'est également l'effort scientifique et technique considérable : en effet, en plus des promotions annuelles presque entières d'ingénieurs pédologues, hydrologues, topographes etc..., sortant des écoles irakiennes et intégrant l'organisation de mise en valeur, des technicités de haut niveau sont apportées par les irakiens formés un peu partout dans le monde ainsi que par le recrutement continu d'experts étrangers.

Cet effort ne concerne pas uniquement les cadres scientifiques et administratifs mais aussi le main d'œuvre agricole et les exploitants : on a ainsi fait appel à des familles égyptiennes entières auxquelles on a distribué des terres mises en valeur, donné des subventions et construit des logements,

Enfin, c'est surtout la conception de " l'Organisation Générale des Soins et de Mise en Valeur des Terres " en tant qu'organisme autonome ayant pour attributions à la fois de faire les études et de les réaliser conformément à la planification agricole générale du pays, qui, nous croyons, est à l'origine de la réussite actuelle et future de la transformation des ressources pétrolières en ressources agricoles.

- BIBLIOGRAPHIE -

- ABDELAZIZ FATH EL-BARZINJI** : Thèse de Doctorat concernant les sols gypseux en Iraq.
- ABDELKERIM KHALED RACHED et ZAQUI SADOQ JACIN** : Résultats des recherches de fertilisation du riz à Nissen - Campagne agricole 1976 - Iraq.
- GAZI MAJID AMIN & SAFA ED-DINE ABDELSATTAR & S.P. RAY** : Guide de l'irrigation de certaines cultures en Iraq - Bulletin technique (10)-Juin, 1977.
- GENNADY V. ERONENKO & VLADIMIR P. GVOZDEV & SAFA ED-DINE ABDELSATTAR & SALIM N. JAWAD** : Détermination de la conductivité hydraulique des sols en se basant sur les variations du niveau de la nappe - Bulletin technique (47)-Août, 1977 - IRAQ.
- HASSEN FANZI** : Communication orale concernant la cartographie des sols en Iraq.
- IBRAHIM MANDOUR & YOUSSEF ALI HANDI** : La maladie des " Rayures rouges " de la canne à sucre en Iraq - :: Bulletin technique (5)- Août, 1976.
- JALIL S. AL-AHIDI & YOUSSEF A. HANDI & Collaborateurs** : Réduction des pertes de l'urée par addition d'une matière protectrice - Bulletin technique (1) - Novembre, 1976.
- POUGET M.** : Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le Sud Tunisien. ES-70-Division des Sols, 1976- Tunisie.
- YOUSSEF ALI HANDI** : Fixation de l'azote de l'air et ses relations avec les cultures - Bulletin technique (8), Avril, 1975.
- YOUSSEF ALI HANDI & Collaborateurs** :
- Densité de certains microorganismes fixateurs de l'azote de l'air dans les terres du Nord de l'Iraq - Bulletin technique (2), Décembre 1976.

- Les bactéries fixatrices de l'azote dans la zone racinaire de certaines plantes fourragères - Bulletin technique (4). Novembre, 1976.
- Les types d'algues vert-bleues fixatrices de l'azote de l'air, répandues dans les terres irakiennes - Bulletin technique (10). Décembre, 1976.
- Distribution des Rhizobium du Melilot et du Bersin dans les terres irakiennes - Bulletin technique (1). Décembre, 1975.
- Tolérance des Rhizobium du Melilot et du Bersin aux chlorures de sodium, calcium et magnésium - Bulletin technique (9). Octobre, 1976.
- Interaction entre les engrais et la formation naturelle des nodules racinaires de la fève - Bulletin technique (28). Janvier 1977.

VIEILLEFON, J. : Inventaire critique des sols gypseux en Tunisie ; Etude préliminaire. ES.98 -Division des Sols, 1976, Tunisie.

Guide des recherches concernant les besoins en eau des cultures en Iraq - Bulletin technique (14). Septembre, 1977.

N.B. : A quelques exceptions près, les travaux ci-haut mentionnés sont publiés par " l'Organisation Générale des Sols et de Nise en Valeur des Terres de l'Iraq " .



33

