

SECRETARIAT D'ETAT
A L'AGRICULTURE

H. E. R.

Subdivision
d'Etudes Pédologiques

COMPTE RENDU DE MISSION AUX PAYS BAS ET EN PROVENCE

Par J. P. COINTEPAS, Pédologue - ORSTOM (Sept. Oct. 1962)

E-S 47

COMPTE - RENDU DE MISSION AU PAYS BAS

ET EN PROVENCE

Par

J.P. COINTEPAS - Pédologue - O.R.S.T.O.M.

(Septembre - Octobre 1962)

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>COMPTE-RENDU DE MISSION</u>	1
I) <u>CONFERENCE REGIONALE D'UTRECHT</u>	2
A) <u>MISE EN VALEUR DES TERRES</u>	2
1 - <u>Cartographie pédologique</u> :	
2 - <u>Mise en valeur des polders dans les vallées</u> <u>des grands fleuves</u> :	
3 - <u>Mise en valeur des nouveaux polders (Zwiderzee)</u>	
B) <u>VISITE DE LABORATOIRE</u>	12
1 - <u>Laboratoire d'analyses des sols et des</u> <u>végétaux (Osterbeck)</u>	
2 - <u>Laboratoire du service de la mise en valeur</u> <u>des Polders de l'Ijseel.</u>	
3 - <u>Laboratoire de Pédologie.</u>	
ii) <u>JOURNEES D'ETUDES DE LA C.I.G.R.</u>	19
A) <u>LES REUNIONS</u>	19
B) <u>LES EXCURSIONS</u>	20
I) <u>PRESENCE D'UNE NAPPE D'EAU DOUCE</u>	21
II) <u>INFLUENCE D'UNE NAPPE PHREATIQUE SALEE</u>	22
III) <u>INFLUENCE SUR LES CULTURES ANNUELLES</u>	24
<u>C O N C L U S I O N</u>	25
<u>R E F E R E N C E S</u>	27

II COMPTE RENDU DE MISSION

- Première conférence régionale de l'Association Internationale pour l'Etude de l'Irrigation et du Drainage (Utrecht 24-28 Septembre 1962).
 - Journées d'Etudes de la Commission Internationale du Génie Rural - Section I (Avignon 2-5 Octobre 1962).
-

EMPLOI DU TEMPS

Arrivé à AMSTERDAM le 19 Septembre à 14 h. je me suis rendu à WAGENINGEN où j'ai passé 4 jours du 20 au 23 Septembre visitant instituts de recherches et champs d'expérience (1).

- Le 20 Septembre visite du Laboratoire d'analyse de sol d'OSTERBEEK suivie dans l'après-midi d'une tournée dans les polders de NEDER BETUWE et MAAS en WALL.
- Le 21 Septembre visite du laboratoire de Pédologie de l'Office de la Mise en Valeur des polders de l'IJSSELMEER (Zuyderzee).
- Le 24 Septembre visite du Service Pédologique à BENNEKOM près de Wageningen et départ pour UTRECHT.
- Les 25 et 26 Septembre participation aux réunions de l'Association Internationale pour l'Etude de l'Irrigation et du Drainage (I.C.I.D).
- Les 27 et 28 participation aux excursions organisées par la Hollande pour les membres de l'I.C.I.D.

(1) Mon guide était Monsieur J.W. VAN HOORN de l'Institut de Recherches sur la Mise en Valeur des terres et l'Hydraulique Agricoles (I.C.W).

- Le 29 Septembre retour en France.
- Le 1er Octobre après une visite à l'O.R.S.T.O.M. départ pour AVIGNON.
- Les 2 et 3 Octobre participation aux journées d'études de la Commission Internationale du Génie-Rural (C.I.G.R).
- Les 4 et 5 Octobre participation aux tournées organisées pour les membres du C.I.G.R. visite du Bas-Rhône Languedoc et des canaux de Provence.
- Le 6 Octobre départ d'AVIGNON.

I) CONFERENCE REGIONALE D'UTRECHT

DEROULEMENT DU PROGRAMME : Pour éviter une énumération chronologique des renseignements recueillis, ce qui pourrait amener des redites fastidieuses, j'adopterai un plan plus général.

A) MISE EN VALEUR DES TERRES.

1 - Cartographie pédologique :

Il existe à BENNEKOM près de WAGENINGEN un Institut de Cartographie des sols fondé en 1945. Cet institut comporte :

- Une section de cartographie proprement dite avec 16 cartographes;
- Une section de recherche formée par des géologues, un hydrologue, un spécialiste des sols de forêt, un spécialiste de l'horticulture et un mécropédologue.
- Une section de dessin pour l'édition des cartes .
- Au total une trentaine de personnes : Ingénieurs Agronomes plus des Ingénieurs Agricoles.

.../...

La couverture des Pays-Bas est très avancée. Il existe une carte au 1/400.000° éditée en 1953 par le Dr. Edelman à l'occasion du Congrès de Pédologie d'Amsterdam et accompagnée d'une notice "Soils of Netherlands". La couverture au 1/200.000° est terminée ou presque. La notice est en préparation.

Les pédologues cartographes s'attachent maintenant à dresser des cartes plus détaillées généralement au 1/20.000° ou 1/10.000°. La carte de base est la carte pédologique. Il s'y ajoute souvent une carte de nappe, une carte de texture ou de profondeur des différentes couches. Les pédologues Hollandais à l'inverse de ce que nous faisons, ont tendance à multiplier les cartes pour ne pas les surcharger. Les cartes d'aptitude existent. Celles que j'ai vues étaient assez étroitement spécialisées : carte d'aptitude du sol pour la betterave ou pour les pâturages, pour la culture du Pin Laricio).

Une carte de la nappe phréatique indique par une gamme de couleurs variées à la fois la profondeur de la nappe et l'amplitude de ses battements. Ces cartes sont dressées par l'hydrologue qui s'appuie sur les mesures de nappes et aussi sur l'observation des profils détermination de la profondeur minimum des taches de gley, qui indiquent la hauteur maximum de la frange capillaire. En utilisant une corrélation : hauteur de frange capillaire X texture, on arrive à localiser les hauteurs maximum de la nappe.

Les cartes ainsi dressées sont dessinées à l'Institut par la Section de dessin. On prépare une maquette en couleur teinté à la main. Cette maquette est reproduite en 7 ou 8 exemplaires soit à la main, soit par photo en couleur (coût équivalent). La section dispose d'un gros matériel - appareil Klimsch, cuve de développement à grande capacité avec passage d'un courant d'azote toutes les 10 secondes pour homogénéiser le bain. Le procédé est l'Ektachrome type C (feuilles de 50 x 60).

Pour les grands tirages on passe à l'impression. L'atelier de dessin prépare toutes les cartes jusqu'au zinc non compris. Les procédés sont identifiés à ceux de Tunis. On utilise 4 couleurs fondamentales (bleu, jaune, rouge, blanc) et un jeu de trames ce qui permet 330 combinaisons.

2) Mise en valeur des polders dans les vallées des grands fleuves :

Ces polders sont très anciens. J'ai pu visiter les polders de Betuwe et de Maas en Waal le long du Rhin. La tournée générale m'a également permis de traverser les polders de Rijnland près de la HAYE et de visiter une grosse station de pompage à Katwijk sur Mer.

Il s'agit de deltas fossiles du Rhin. Ce sont des zones planes où les fleuves débordaient largement par suite de l'exhaussement de leur lit. Actuellement elles sont protégées par une double digue : la digue d'été petite située le long de fleuve, la digue d'hiver plus élevée, et située en retrait. Entre les 2 digues se trouvent des prairies où des cultures d'été puisque cette zone est inondée une partie de l'hiver. Derrière la digue d'hiver se trouvent les cultures permanentes. Les sols sont variables. Il y a généralement en profondeur un banc de sable qui peut avoir plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

Sur ce sable on trouve soit un horizon plus lourd mais de texture variable, soit un horizon de tourbe, soit un horizon tourbeux lui-même recouvert d'un horizon de texture variable. La nappe est souvent très proche de la surface.

La méthode de mise en valeur varie suivant la texture du sol :

a) Sols à tourbe superficielle :

Cette tourbe a été exploitée au Moyen Age comme combustible. Ce qui a provoqué un abaissement du niveau du sol donnant naissance ainsi à des zones basses qui ont été depuis converties en polder. L'exploitation de la tourbe a cessé de nos jours. Ces sols sont laissés en pâturage ou, lorsqu'il y a un léger recouvrement de terre, sont utilisés pour la culture en serre. Le drainage se fait par fossés ouverts. La nappe est maintenue à faible profondeur (0,40 m.) pour éviter un tassement trop irrégulier du sol.

b) Sols avec horizon tourbeux en profondeur :

Il ne s'agit pas d'une tourbe véritable mais de lits de matière organique mal décomposée (on y retrouve des troncs d'arbres) apportés par les fleuves.

Ces sols sont plus faciles à mettre en valeur mais ils sont toujours drainés par fossé ouvert et le plus souvent mis en prairie.

c) Sols à horizon superficiel lourd et à couches de sable en profondeur :

On s'efforce de placer les drains dans la couche de sable lorsqu'elle n'est pas trop profonde (0 m,80 à 1 m).

Dans la BETUWE et le MAAS en Waal le sable est très profond et la zone a été longtemps considérée comme difficile à drainer. Le drainage jusqu'à ces dernières années était un drainage par fossés et rigoles espacés de 10 à 15 m., peu efficace par suite de la mauvaise structure du sol (probablement très limoneux) et de sa faible perméabilité 5 cm./jour. Les cultures étaient limitées à des pâturages de mauvaise qualité. On s'est aperçu récemment, à l'examen des profils pédologiques, qu'il existait souvent à partir de 0 m,70 ou 0 m,80 un horizon mieux structuré (probablement un ancien horizon de culture enterré). On a donc rénové le réseau de drainage en recreusant les fossés secondaires et en plaçant des drains de poterie, à 1 m. de profondeur avec un écartement de 25 m. La pose des drains à laquelle j'ai pu assister se fait à la machine.

Il en résulte une amélioration considérable. Le dispositif des parcelles est amélioré par suppression des rigoles et d'une partie des fossés. La structure du sol est améliorée en surface. On y installe en première année des prairies artificielles de bonne qualité avant de passer aux cultures annuelles.

Le problème de la profondeur optimum de drainage a fait l'objet de nombreuses études. J'ai pu visiter la ferme expérimentale "de Vlierd" (1). Dans une parcelle de 6 ha,25 où on cultive

(1) Le dispositif de cette parcelle est indiqué dans "Assainissement Agricole et Drainage" de M. POIRÉE et C. OLLIER à la page 173-175 de l'édition 1962.

A S S A I N I S S E M E N T A G R I C O L E

CHAMP D'ESSAI CONCERNANT LE NIVEAU DE LA NAPPE SOUTERRAINE (PLAN)

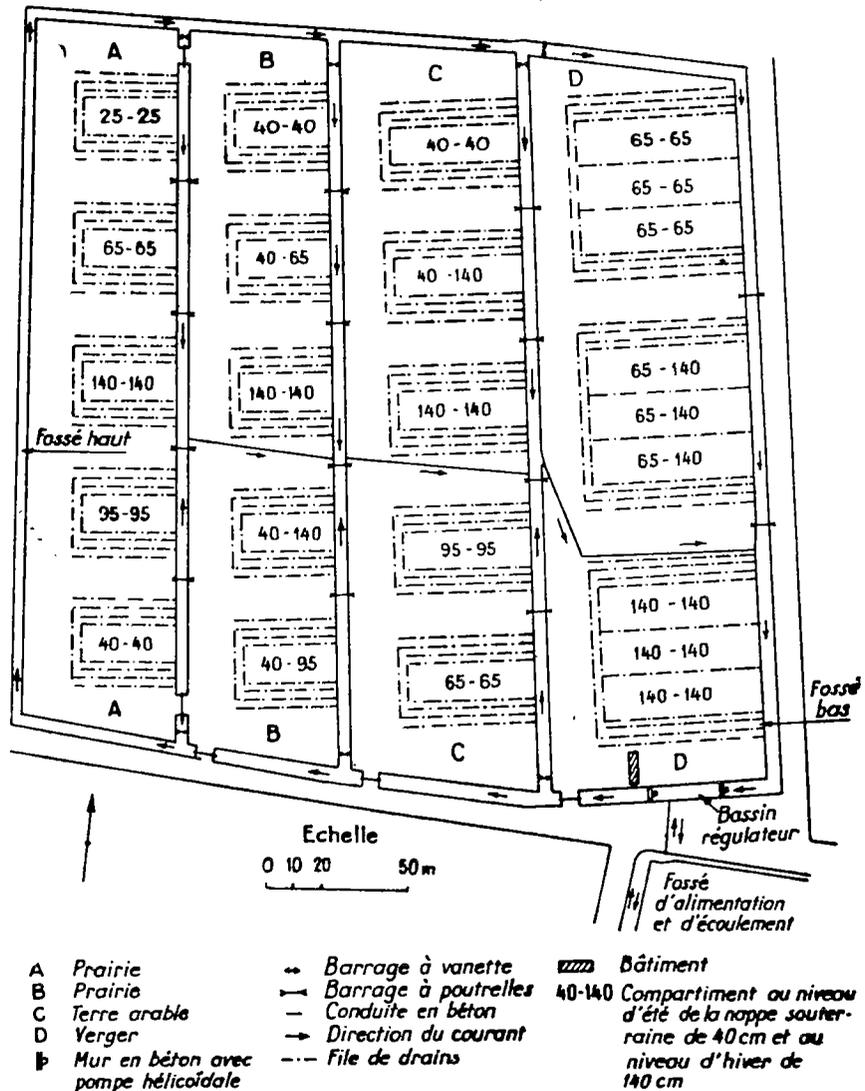


FIG. 1. — Aménagement d'un champ d'essai pour l'étude du niveau de la nappe (ferme De Vlierd, Pays-Bas).

des arbres fruitiers et des pâturages on a testé l'influence de nappes maintenues à 0 m,25 - 0 m,40 - 0 m,65 - 0 m,95 et 1 m,40 et de nappes de profondeur variable avec remontée en été pour faciliter l'alimentation en eau des plantes. On a constaté que pour une prairie la profondeur de la nappe importait peu à condition de maintenir celle-ci entre 0 m,60 et 0 m,80 sous peine d'une diminution de rendement en année sèche. Pour les arbres fruitiers il n'y a pas de différence entre les effets d'une nappe à 0 m,40 et à 1 m,40. Par contre, il est très important que cette nappe reste stable. Une remontée en été provoque l'asphyxie des jeunes racines.

d) Sols sur sable profonds :

Ces sols sont considérés comme très défavorables. Ils sont plantés en forêt ou même laissés en eau. Ils constituent à la fois les réservoirs d'eau de la région et des zones de plaisance pour la pêche et le yachting.

ORGANISATION DES POLDERS :

L'organisation technique et administrative des polders faisait l'objet à la réunion d'Utrecht d'une conférence intitulée "Aménagement des eaux dans les régions des polders" par H. de Groot.

Un polder correspond à une unité hydraulique : ensemble des terres de même niveau ou reliées à la même station de pompage. L'unité administrative est calquée sur l'unité hydraulique. Les propriétaires d'un polder constituent un syndicat. L'ensemble des syndicats d'une région est regroupé en un syndicat plus important. Exemple : 206 associations syndicales constituent le syndicat du Rijnland (Centre à Leiden) qui couvre 4.000 ha. Ce syndicat a pour rôle de :

- maintenir en état, digues, canaux, et lacs.
- contrôler le niveau de la nappe dans le polder.
- contrôler la qualité de l'eau dans le polder.
- surveiller les dunes côtières, les digues le long des rivières et à l'intérieur du polder.

.../...

Les membres du syndicat paient chaque année une cotisation. Le syndicat a un rôle de police dans l'intérêt général. L'entretien des canaux et rigoles dans une propriété est à la charge du propriétaire. Le syndicat contrôle chaque année l'état des canaux et rigoles de chaque propriétaire. Si le travail n'est pas fait le propriétaire reçoit un avertissement, puis s'il n'obéit pas une amende et le syndicat peut exécuter les travaux aux frais du propriétaire.

3) Mise en valeur des nouveaux polders (Zwiderzee).

J'ai pu suivre les phases de la mise en valeur des polders de Zuiderzee depuis la construction des digues jusqu'à la mise en culture au cours de deux visites dans le Flevoland oriental; l'une seul, l'autre avec les membres du congrès.

La mise en valeur du Zwiderzee a commencé par la fermeture du golfe par une digue de 30 km. terminée en 1932. Derrière cette digue se trouve maintenant un lac d'eau douce appelé Ijsselmeer. On a prévu de récupérer dans ce lac 220.000 ha. en 5 polders d'environ 50.000 ha.

a) Assèchement :

En plein lac on construit une digue de ceinture et des canaux primaires et secondaires. Sur la digue on établit des stations de pompes (3 pour le Flevoland oriental) calculées pour évacuer l'équivalent de 12 à 13 mm/jour (10 mm. d'eau de pluie et 3 mm. pour les infiltrations latérales sous les digues). Et on assèche par pompage.

b) Mise en valeur :

Le sol étant encore trempé on sème à la volée (par hélicoptère souvent) des roseaux : ceux-ci par leur croissance rapide étouffent les autres plantes et contribuent à assécher le sol.

Progressivement on procède à la mise en valeur (5000 ha/an). Après récolte des roseaux et enfouissement des racines, on refaçonne les fossés primaires et secondaires. On creuse les tertiaires (écartement 300 m. profondeur 1m,40) puis les rigoles (longueur 150 m. écartement variable

.../...

de 6 à 60 m., profondeur 0 m,60) à l'aide d'une machine spéciale. Ces rigoles ne débouchent pas directement dans le tertiaire. Elles lui sont reliées par un tube en plastique de 10 m. ce qui laisse une large bande pour la circulation des machines.

Quand le sol est prêt on sème :

- Colza semé en Septembre, récolté en Juin-Juillet fumure 120 Kg/ha de N, suivi :
 - de blé d'hiver 80 kg/ha de N - Pas de P2 O5 ni K2 O. Rendement moyen 55 qu/ha (maximum 70 qu/ha) la moyenne des Pays-Bas étant de 48 qu/ha. Il est suivi de :
 - orge + luzerne. L'orge étant récolté la luzerne prend la suite et est maintenue 2 ou 3 ans.

Ces cultures sont menées par des agents de l'Etat, chaque agent ayant la charge de 500 ha. La mécanisation est poussée au maximum.

c) Drainages :

Le drainage poterie est mis en place au bout de 5 ans (à la fin de l'assolement) au rythme de 4.000 à 5.000 ha/an. Le calcul du réseau est fait de façon un peu particulière. Les formules de Hooghoodt en effet ne sont plus valables car dans un sol normalement asséché la structure est inexistante et la perméabilité mesurée voisine de 0. Il faut attendre 5 à 10 ans avant qu'une structure se forme. C'est pourquoi la mise en valeur commence toujours par un drainage superficiel. Au bout de 5 ans de culture on examine le profil du sol. Si le sol est argileux l'argile (généralement une illite) se craquèle en se ressuyant, le sol devient perméable et on peut espacer les files de drains. Si le sol est limoneux ou sablo-argileux le retrait est faible, le milieu reste compact et peu perméable. Il faut drainer avec un faible espacement des poteries.

J'ai pu examiner 3 profils :

1° Profil :

0 - 30 cm. Brun, limono-argileux, très humide, structure polyédrique fine devenant multiforme.

.../...

30 - 40 cm. Brun, gris sable fin à sablo-limoneux (15 à 20 % d'argile),
humide compact.

40 - 50 cm. Brun rougeâtre limono-argileux à argileux, compact marbré.

50 -100 cm. Gris finement sableux avec lots très fins gris plus foncé
d'argile - traces noires d'anciennes racines.

100 Nappe.

Les racines de roseau subsistent jusqu'à 50 cm. Elle sont plus
rares en dessous. Nombreux coquillages en surface et jusqu'à 30 cm. Cal-
caire 20 % environ.

Ecartement des drains 10 m. Profondeur 1 m. Une fois assaini ce
sol conviendra à n'importe quelle culture y compris des arbres.

2° Profil :

0 - 20 cm. Brun, limono-argileux, humide, structure polyedrique, ten-
dant vers nuciforme.

20 - 80 cm. Beige limono-argileux, humide, compact, petites taches brunes
ou rouges. Donne des éclats anguleux.

Nombreuses fissures jusqu'à 0,5 cm. de large.

80 - 140 cm. Brun gros foncé limono-argileux à argile limoneux - structure
compacte donnant des éclats anguleux. Très grosses fissures
(2 ou 3 cm. de large). Laisse encore exsuder de l'eau.

140 cm. Gris sableux pas de nappe avant 2 m,50.

Ecartement des drains 48 m. Profondeur 1 m. En fait le drainage
n'était peut être pas nécessaire. Sol plantable.

3° Profil :

0 - 20 cm. Brun gris argileux très humide - structure peu visible
taches rouille.

.../...

20 - 35 cm. Brun gris argileux quelques taches gris bleu et taches rouille.

35 - 80 cm. Marbré gris et taches bleu. Puis passe à un bleu gris continu. Argileux compact.

80 - 100 cm. Gris argileux.

100 cm. Nappe.

Au moment de l'assèchement du polder le profil était bleu du haut en bas. Un tél sol n'est pas encore mûr. La parcelle est proche de la bordure du polder et il y a certainement des infiltrations latérales. Le drainage est prévu avec un écartement de 8 à 10 m.

On voit qu'une telle méthode de drainage est très empirique. Elle s'appuie sur l'expérience acquise par les prospecteurs au cours des travaux de mise en valeur. La pose des drains se fait à la machine. Nous avons pu également admirer une machine qui pratiquait le sablage. Elle remontait le sable de la profondeur et l'étalait en surface. Un labour suffisait à incorporer ce sable à l'horizon de surface.

d) Lotissement :

Après la mise en place des drains de poterie on divise les fermes de 500 ha. en lots qui sont remis à des fermiers avec des conseils quant à l'assolement à suivre et aux engrais à utiliser suivant les résultats des analyses pédologiques. Sur sol lourd les lots sont de 45 ha. (unité de surface correspondant à un matériel de traction puissant). L'assolement conseillé est :

- plantes sarclées (betteraves, pommes de terre) sur faibles surfaces pour éviter la destruction de la structure.
- blé
- lin, colza
luzerne

.../...

En sols légers les lots sont plus petits : 30 ha. L'assolement est le suivant :

- pomme de terre
- blé
- lin ou colza
- plantes fourragères (obligatoirement 30 % de la surface pour compenser le manque de fumier organique).

Les mélanges fourragers sont à base de ray grass, fétuque (2 espèces), trèfle blanc.

Dans le Nord Est Polder les sols très sableux sont utilisés pour le maraîchage et les oignons à fleurs. Les fermes dont 6 à 8 ha. et on pratique une irrigation souterraine, le réseau de drainage calé à 60 ou 70 cm. étant réversible. Dans le polder de Flevoland Est les sols sableux sont plantés en peuplier.

4 - Lutte contre la salure.

Ce problème évoqué par Mr. VOLKER dans sa conférence intitulée "Les Grands Travaux pour l'Aménagement des Eaux dans les Régions deltaïques" semble hanter les Hollandais. Les sources de sel sont : le Rhin, les nappes phréatiques fossiles et les infiltrations d'eau de mer. Le danger est grand car une salure même faible cause une diminution de la production du maraîchage et des fleurs (en serre 200 à 300 mg/l de chlore font baisser les rendements de 10 %).

Le problème est surtout d'ordre hydrologique, les Hollandais assurant par d'énormes travaux l'envoi d'eau douce venue des fleuves dans les canaux et aux voisinage des polders.

En 5 ans la fermeture du Zwiderzee a transformé le lac d'Ijssel en un lac d'eau douce, si bien qu'il n'y a pas de problème de salure dans les polders récemment asséchés.

Dans le delta du Rhin d'énormes endiguement dont nous avons visité une partie vont permettre de fermer les nombreux bras du Rhin ne laissant aux navires de haute mer qu'un accès pour Rotterdam et un autre pour

.../...

Anvers. Un projet semblable rattachera les îles de la Frise aux Pays-Bas. Ainsi seront constitués des réservoirs d'eau douce qui assureront le maintien d'un plan d'eau douce dans les sols du voisinage (Zeeland et Groningue). Dans les canaux des polders la salure tend à augmenter (manoeuvre des écluses, remontée de nappe, pollution par les usines...) on doit donc évacuer cette eau vers la mer et prélever de l'eau douce dans les grands fleuves (Rhin) pour assurer une réserve d'eau de bonne qualité pour l'agriculture.

C'est à l'énoncé de tels projets qu'on se rend compte combien les Hollandais ont acquis la maîtrise de l'eau.

B) VISITE DE LABORATOIRES.

1) Laboratoire d'analyses des sols et des végétaux (Osterbeck).

Ce laboratoire effectue en grande série les analyses de sol, de végétaux et de fourrage pour le compte des services de recherches (y compris le service pédologique) des champs d'essais des services agricoles et des agriculteurs. Il est la propriété de la "Fondation pour l'Exploitation du Laboratoire Commercial et Industriel pour l'examen des sols et des végétaux". La gestion est assurée par un Comité formé de représentants des services de recherches, des services agricoles et des associations professionnelles. Le laboratoire n'est pas subventionné et vit du produit des recettes apportées par les analyses.

Il y a un laboratoire central à Osterbeck et des laboratoires régionaux à Groningue, à Geldrop (Limburg) et Goes (Zelande).

Le laboratoire d'Osterbeck occupe 200 personnes dont environ 30 opérateurs pour les analyses. Il y a en outre dans tous les Pays-Bas 160 agents chargés d'effectuer les prélèvements de type agronomique chez les particuliers et de rédiger les fiches de demande d'analyse.

a) Le débit du laboratoire est élevé. On analyse chaque année :

- 150.000 échantillons pour les agriculteurs,
- 20.000 échantillons pour les champs d'essais des services agricoles,
- 40.000 échantillons de fourrages.

soit au total 3.000.000 de déterminations simples. Chaque analyse est faite 2 fois à 2 dates différentes et par 2 personnes différentes.

.../...

Toutes les semaines on reprend les échantillons témoins et on échange des échantillons avec les laboratoires de Geldrop, Goes et Groningen. Un tel débit ne peut être obtenu que par une organisation très poussée. Il y a à Osterbeck relativement peu de matériel moderne coûteux. J'ai vu très peu de balances perfectionnées telles que Mettler B5 et K7. Les Trébuchets sont ceux d'il y a 30 ans. La verrerie est courante donc peu coûteuse mais elle existe en très grande quantité.

b) Les échantillons de terre arrivent dans des sacs en plastique. Ils sont étalés et séchés sur des plateaux dans des étuves à 40° C. Ils sont broyés au broyeur mécanique. Comme en Hollande il n'y a pas d'échantillons pierreux cela va très vite.

L'échantillon tamisé est recueilli dans une boîte en carton de 10 x 10 et stocké à la cave. Le stockage cesse très vite une fois l'analyse terminée sauf pour quelques échantillons que l'on garde des années pour servir de témoin quand on change de méthode d'analyse.

Les manipulations se font en grande série. Les échantillons de terre sont placés dans des bouteilles à bouchon canette. Les bouteilles sont groupées par 8 dans des paniers. Des batteries de pipettes remplissent les 8 bouteilles d'un coup. L'agitation se fait au sous-sol dans de très grands agitateurs. L'extraction se fait par filtration des 8 bouteilles sur 8 entonnoirs, etc...

c) Les dosages pratiqués sont les suivants :

1 - $P_2 O_5$

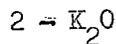
Pour les sols consacrés à l'horticulture, extraction à l'eau, dosage au bleu de molybdène.

Pour les sols courants on utilise la méthode de EGNER-RIM : extraction avec une solution tampon lactate NH_4 + acide acétique - dosage colorimétrique au vanadate d' NH_4 .

Le colorimètre est un Kipp modifié. Le boîtier où se trouvent lampe et cellule est remplacé par un système plus simple. Il n'y a qu'un filtre. Le tube à essai est remplacé par une cuve à vidange automatique par une pédale. On remplit la cuve, on fait la lecture, on vide, on lave d'un

.../...

jet d'eau et on remplit à nouveau. Le galvanomètre est gradué directement en $\text{mg P}_2\text{O}_5$ pour 100 g. de terre.



Attaque par CL H N/10 - Agitation, filtration, précipitation de CO_3Ca par l'oxalate. Dosage au photomètre.

Le photomètre est bricolé sur place. Il est gradué en mg par 100g.

3 - Matière organique.

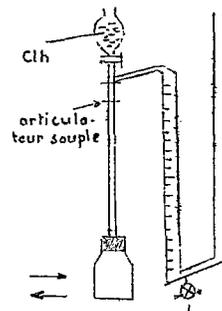
Elle se mesure par perte au feu. On retranche 5 % pour l'eau de l'argile. On peut contrôler par un dosage de carbone par Mn O4 K2. La burette de titrage est graduée directement en % C.

4 - Granulométrie.

La succession des opérations est la suivante : attaque par H_2O_2 . Ebullition avec CL H. Lavage à l'eau par décantation (3 fois), dispersion par la soude. Prélèvement à la pipette de Robinson. On prélève seulement la fraction 0 - 2 % et les sables grossiers.

5 - Calcaire.

L'installation de calcimétrie est très importante permettant de doser d'un seul coup un grand nombre d'échantillons. Les flacons contenant la terre sont agités en série. Chaque flacon est relié à un manomètre. On réalise l'égalité des pressions atmosphériques et pressions CO_2 en introduisant de l'eau par un robinet à 2 voies (remplissage ou vidange).



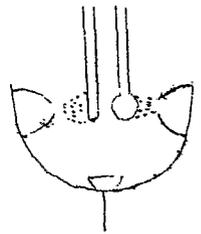
6 - ph

On ne fait que le ph dans une solution KCLN. Le rapport sol/eau est 1/5. Une balance pèse automatiquement sol et eau dans le rapport 1 à 5. On prépare la suspension l'après-midi. On agite à la main. On réagit le soir et le lendemain matin avant de mesurer le ph sur le décantat.

L'électrode est placée au centre d'une cuve qui se vide à l'aide d'une pédale. Le lavage de l'électrode se fait par un jet latéral.

7 - Complexe.

L'extraction se fait par percolation continue. La terre est placée dans des tubes eux-mêmes disposés sur un plateau rond pour occuper moins de place. La méthode utilisée est celle de Mehlich. (extraction à Cl 2 Ba tamponné à la triéthanolamine). On dose Ca - Na - K par photomètre et Mg par colorimètre.



Le laboratoire d'Osterbeck effectue également beaucoup d'analyses d'oligo-éléments : Cu, Co, Mn, Bo. Il poursuit constamment la mise au point des méthodes d'analyse.

d) Le dépouillement des résultats est fait par un ordinateur électronique IBM Ramax 305. Cet appareil, véritable cerveau du laboratoire reçoit les demandes d'analyses, les classe dans sa mémoire, distribue chaque jour aux opérateurs les analyses à effectuer, reçoit les résultats et pour terminer délivre les feuilles de résultats et la facture.

2 - Laboratoire du service de la mise en valeur des Polders de l'Ijssel.

La mise en valeur des 200.000 ha. du Zwijderzee est confiée à un office autonome responsable. Cet office comporte un service pédologique et un laboratoire situé à Kampen. Ce laboratoire dispose de locaux et de matériel plus moderne qu'Osterbeck. Son débit est moindre.

Les analyses pratiquées sont les suivantes :

- 1) Préparation de l'échantillon. Séchage à l'étuve à 40°. Broyage au broyeur, tamisage.
- 2) Dosage de chlore.

L'échantillon reçu a l'aspect d'une pâte. On fait un prélèvement d'humidité et un prélèvement qu'on place dans une bouteille. On ajoute de l'eau distillée, on agite. On laisse reposer. On ajoute un peu de gypse pour flocculer la terre et on titre par NO 3 Ag N/10 ou N/20.

- 3) Matière organique.

Les échantillons de polder contiennent trop de corps oxydants (sulfures) pour utiliser une méthode d'oxydation par voie humide. On utilise donc la méthode de DUMAS. L'installation permet de traiter 6 échantillons à la fois soit 42 échantillons par jour.

4) Granulométrie.

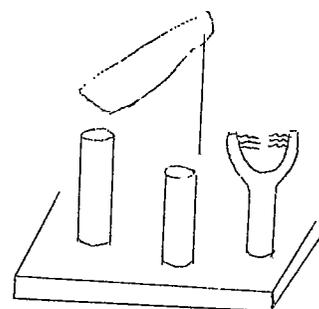
Même méthode qu'à Osterbeck mais le dispersant est dû au pyrophosphate de soude. On agite pendant 2 minutes la suspension avec un agitateur à hélice plongeante. Deux opérateurs font 46 échantillons par jour.

5) Calcaire.

Le dispositif est voisin de celui d'Osterbeck. La teneur en CO_3Ca des sols de polders varie de 4 à 5 % jusqu'à 15 ou 20 %.

6) ph

Le ph mètre est un "Electrofact". Le ph est mesuré dans une suspension sol/eau que l'on prépare dans un tube ou une petite bouteille. Le ph des sols de polder varie de 7 à 8.



7) Azote.

Méthode Kjeldahl.

8) Bases échangeables.

On pratique une double extraction.

- NO_3NH_4 (Na dosé au photomètre
(K - idem -

- Cl Na N (Ca dosé par l'oxalate d' NH_4
(Mg - idem -

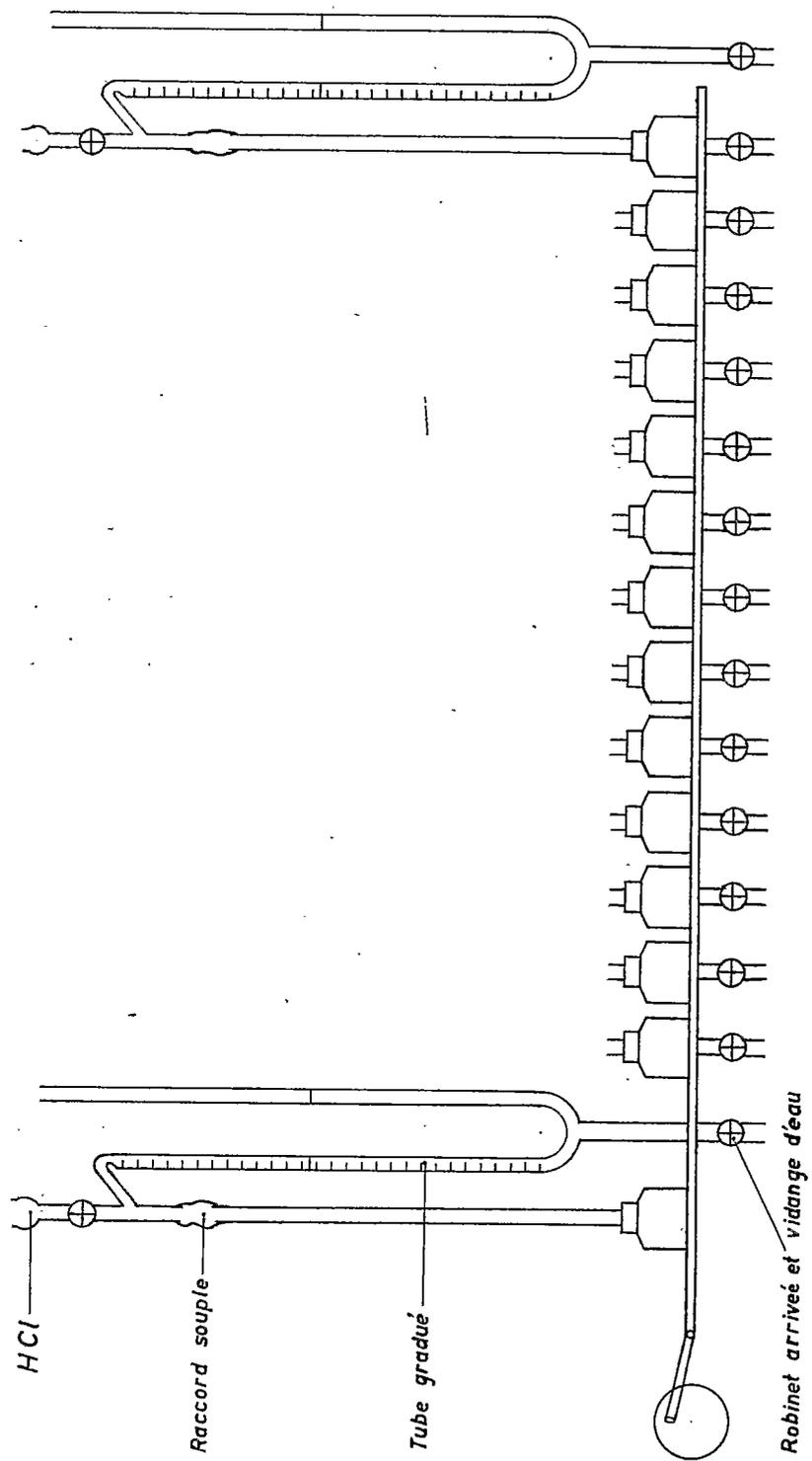
Si le sol est calcaire on dose CO_3 de l'extrait (ébullition de la solution en présence d'un excès de Cl H dilué. On titre en retour).

Si le sol est gypseux on dose SO_4 et CO_3 .

Cette analyse est peu pratiquée. Il n'y a pas de problème d'actualisation des sols.

.../...

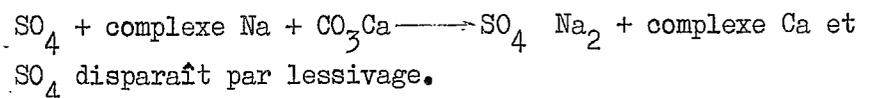
Appareil pour le dosage du calcaire (CO_3Ca)



9) Dosage SO_4 .

Pour les eaux on peut utiliser la méthode titrimétrique à la Benzidine.

Pour les sols seule la méthode gravimétrique donne des résultats corrects. On utilise le dosage de SO_4 comme indice de maturité des sols. Les sulfures se transforment en sulfates par oxydation. Plus il y a de sulfates, plus le sol est mûr. Mais l'analyse doit être faite rapidement sinon :



On prélève le sol dans des sacs en plastique opaques, pleins jusqu'au bord et bien fermés. On prélève dans la partie centrale du sac. On fait une extraction à l'eau et on dose SO_4 . Le terrain varie de 0,2 m. % jusqu'à exceptionnellement 10 ou 15 m. %.

10) $P_2 O_5$.

On pratique :

L'extraction à l'eau

L'extraction à l'acide citrique

Au lactate d' NH_4 + acide acétique.

On dose par le Vanadate d'ammonium. Sensibilité 1 à 2 mg. Pour 100 g.

Les prélèvements de terre se font avec une fréquence de 40 par ha. On mélange, on homogénéise. On garde un prélèvement unique qui va au laboratoire. Les sols étant très humides (jusqu'à 200 % si le polder vient d'être asséché) la sonde à la forme d'une gouge et permet de prélever entre 0 et 20 cm.

3 - Laboratoire de Pédologie.

Le service de pédologie ne fait pas d'analyse courante. Il envoie ses échantillons à Osterbeck. Le laboratoire de pédologie se cantonne dans les études spéciales. C'est le cas du laboratoire de micropédologie dirigé par M. JONGERIUS. Ce laboratoire s'est spécialisé dans la préparation de plaques minces de sol et de monolithes.

a) Plaques minces de sol :

Ces plaques minces sont de grande dimension (environ 50 cm²) de façon à être suffisamment représentatives.

1ère phase.

L'échantillon de sol se présentant sous forme d'un parallélépipède, séché à l'air on l'imprègne d'une matière plastique. L'opération dure 2 mois. On obtient un bloc solide.

2ème phase.

On découpe une plaque mince dans ce bloc. On commence par découper à la scie circulaire une tranche de 7 à 8 mm. d'épaisseur qu'on polit à la meule. Puis on découpe dans cette galette une tranche de 2 à 3 mm. qu'on amincit à la meule jusqu'à une épaisseur de 40 $\%$. On termine à la main jusqu'à ce que la plaque mesure 15 à 20 $\%$. On colle sur une plaque de verre.

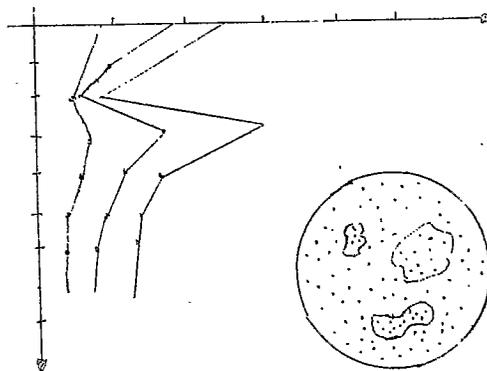
3ème phase.

Interprétation de la coupe. On agrandit 40 fois par photo. On arrive ainsi à mesurer des pores de 5 $\%$. On pratique un comptage des pores à l'aide d'une oculaire intégrateur Zeiss. La photo est recouverte d'une grille de points et on compte le nombre de points de la grille qui tombent dans un pore.

Les pores ainsi relevés on peut les classer suivant leurs dimensions et exprimer les résultats couche par couche en $\%$ de la porosité totale. On obtient ainsi des profils caractéristiques des sols.

De la même manière on peut distinguer les types de matières organiques :

- débris végétaux,
- matière organique peu humifiée,
- matière organique humifiée,
- excréments d'animaux.



.../...

On peut ainsi étudier les phénomènes tels que - évolution de la matière organique, évolution de la faune, lessivage du sol, tassement dû au labour, à une échelle où le pédologue ne peut voir ou tout au moins ne peut prélever les échantillons pour l'analyse.

La méthode est évidemment longue et ne peut s'appliquer qu'à des profils types ou des phénomènes particuliers.

b) Préparation de monolithes :

Cette méthode est intéressante car elle est susceptible d'une utilisation courante. Elle semble résoudre de façon satisfaisante le problème du prélèvement de profils monolithes. Sur la paroi d'une tranchée pédologique on coule une laque qui imprègne le sol. La méthode varie un peu selon que le sol est sableux ou lourd. Dans un sol sableux on taille une paroi oblique bien lisse et on étend la laque directement sur cette paroi. A l'aide d'une pelle on découpe la tranche de sol ainsi collée sur la laque.

En sol argileux ou sableux humide il faut découper au préalable le monolithe à l'aide d'un cadre à bord tranchant qu'on enfonce dans la paroi du trou. On retire le monolithe et on laisse sécher la laque ne prenant que sur un sol sec. On étale la laque on laisse sécher et on démoule.

J'ai pu admirer à l'Institut de cartographie de très beaux profils de sols argileux où la structure prismatique était bien conservée.

Une méthode semblable pourrait être mise au point en Tunisie, que ce soit pour les besoins de la classification des sols ou pour l'enseignement.

En conclusion de mon voyage en Hollande j'ai pu assister à un congrès intéressant. Pendant les 2 journées de réunions nous avons entendu 3 conférences intéressantes d'un point de vue général sur les problèmes d'hydraulique aux Pays-Bas. La 4ème conférence avait pour sujet le cadre d'un réseau de drainage. Sa portée était plus générale et plus importante. Ce sont les tournées qui ont précédé ou suivi les réunions qui m'ont apporté le plus en me permettant de connaître les méthodes de travail différentes que ce soit en pédologie ou en chimie du sol. J'ai retenu plusieurs appareils et plusieurs méthodes d'analyse qui me seront utiles à Tunis.

.../...

II) JOURNEES D'ETUDES DE LA C.I.G.R.

Le programme comportait deux journées de réunion à AVIGNON et 2 journées de tournée sur la zone du Bas-Rhône-Languedoc et des canaux de Provence.

A) LES REUNIONS :

Les sujets exposés étaient les suivants :

- Anciens et nouveaux systèmes d'irrigation collective et leur organisation technique. Il y avait 2 exposés intéressants : l'un de M. Arrighi de Casanova, l'autre d'un représentant de l'Office des Irrigations du Maroc sur 2 systèmes d'irrigation. Les autres exposés étaient à mon avis très généraux ou dérivèrent sur le prix de revient de l'eau.
- Nouvelles méthodes de prospection et de captage des eaux souterraines pour l'irrigation. Il y eut 3 exposés : l'un par un Italien, les 2 autres par un Espagnol, sur des cas très particuliers de captage de nappe.
- Evaluation du déficit en eau des plantes en fonction du climat. Les exposés étaient plus intéressants notamment l'un sur la formule de Turc et l'autre sur une méthode de mesure de l'évapotranspiration potentielle à l'aide d'asmomètres. De la discussion il ressort qu'il y a un grand nombre de méthodes de mesure de l'évapotranspiration mais qu'aucune ne donne entière satisfaction. D'autre part, le problème est souvent abordé avec des optiques très diverses. Si bien que les points de vue ont du mal à s'accorder.
- Aspect physiologique de la nappe : détermination de la côte de rabattement de la nappe phréatique

La question était exposée par M. Darlot, Ingénieur du Génie Rural, qui a fait une conférence très documentée appuyée sur de nombreuses références bibliographiques françaises ou étrangères.

.../...

J'ai pu moi-même exposer quelques observations sur l'influence d'une nappe salée sur la végétation en Tunisie, en m'appuyant sur les publications des pédologues en Tunisie.

- Normes de drainage en fonction du milieu physique, exposé brillant des différentes méthodes de calcul d'un réseau de drainage selon les pays, exposé par M. CORBIER, Directeur de l'Ecole du Génie-Rural.

B) LES EXCURSIONS :

La 1ère excursion était consacrée au Bas-Rhône-Languedoc. Visite de l'ouvrage de prise, du canal et de la station de pompage de Pichèque, exposés sur l'ensemble du projet, la nouvelle structure foncière, les aspects financiers et techniques du projet. M'échappant du convoi j'ai pu visiter le service pédologique du Bas-Rhône et son laboratoire.

La 2ème journée s'est déroulée dans la zone d'action de la Société du Canal de Provence : exposé sur le grand projet d'aménagement de la Durance et du Verdon, exposé sur les systèmes d'irrigation dans la région provençale. Ce jour-là encore, quittant la caravane en route pour la visite d'un barrage, j'ai eu l'occasion de connaître le travail du pédologue de la Société et visiter des essais de détermination de doses d'irrigation.

.../...

INFLUENCE DE LA NAPPE PHREATIQUE SUR QUELQUES
CULTURES PRATIQUÉES EN TUNISIE

Par

J.P. COINTEPAS - Pédologue de l'O.R.S.T.O.M.

d'après les publications de la Section Spéciale d'Etudes
Pédologiques et Hydrologiques de Tunisie

- Travail effectué à la S.S.E.P.H. -

Il est important dans un programme de mise en valeur de connaître l'influence de la hauteur de la nappe sur les espèces végétales cultivées. Il n'y a eu jusqu'à maintenant en Tunisie aucune étude scientifique sur ce point. Les renseignements qui y figurent ici sont le résumé d'observations recueillies par l'équipe pédologique de Tunisie au cours de ses prospections.

En effet, malgré la faible pluviométrie, il existe souvent en Tunisie un problème de mauvais écoulement des oueds temporaires et des nappes qui y sont reliées, problème qui rend difficile la mise en culture de nombreuses plaines.

En outre, l'irrigation a en plusieurs points provoque des remontées de nappes. Si bien que, dans beaucoup de cas, le problème de l'irrigation doit être doublé par un problème de drainage.

La plupart des nappes phréatiques de Tunisie sont salées, quelques fois même très fortement. Il sera donc souvent difficile de séparer l'action de l'eau de celle du sel.

I) PRESENCE D'UNE NAPPE D'EAU DOUCE.

Nous traiterons en premier lieu le cas exceptionnel des nappes phréatiques douces.

A OUCHTATA dans le Nord de la Tunisie sur sol sableux (dunes récemment fixées) la nappe titre 0,2 g/l.

Les seules cultures possibles arachide et piment souffrent de la présence de la nappe lorsque celle-ci est à moins de 0,40 m.

Dans la même région, préalablement drainée, nous avons pu observer de jeunes orangers (âgés de 4 ans) en très bon état. La nappe étant rabattue à 0,80 m. ou 1 m. Dans ce cas particulier on pratiquait une sorte d'irrigation souterraine par la nappe qu'on évitait de trop abaisser. Les fossés étaient approfondis au fur et à mesure de la croissance des arbres.

Dans le Sahel en bordure de mer les cultivateurs pratiquent traditionnellement la culture de la tomate. La nappe phréatique provient de

.../...

l'infiltration des pluies à travers les dunes de la côte. Elle est donc formée d'une mince lame d'eau douce flottant sur l'eau d'infiltration de la mer. Sa faible profondeur (0,70 m à 1 m) ne semble pas gêner les tomates qui dans beaucoup de cas souffrent plutôt des embruns ou du manque de fertilisant.

II) INFLUENCE D'UNE NAPPE PHREATIQUE SALEE.

Les nappes phréatiques salées constituent la majorité des cas que nous ayons à étudier en Tunisie.

a) Oliviers :

Une étude menée par Monsieur HAMZA à Bou-Ficha dans une olivette en mauvais état a montré que chaque fois que la nappe était à moins de 1,30 m. on voyait apparaître des indices d'asphyxie : tuberculose des arbres, feuillage vert très vif. Ces accidents se distinguaient des effets du sel qui eux, se manifestaient par des brûlures à l'extrémité des feuilles et apparaissaient dès que la salure du sol dépassait 5 à 6 mmhos/cm même si la nappe était à 1,60 m. ou à 1,70 m.

Près de Sfax, à Melloulèche, nous avons observé la remontée d'une nappe dans une olivette en sol sableux à sablo-limoneux devenant limoneux en profondeur. La nappe est à 1,10 m., la conductivité varie de 5 à 9 mmhos/cm. Les arbres commencent à dépérir. Là où la nappe est encore à 2 m. de profondeur les oliviers ont un meilleur comportement malgré une salure de 7 à 8 mmhos/cm.

A 20 km au Nord de Gabès, la plantation irriguée de l'Oued Melah utilise une eau à 4 g/l. Les sols sont sablo-limoneux ou sablo-argileux, légèrement gypseux.

En 1959, dans une parcelle où la nappe était à 1,50 m. avec engorgement dès 0,20 m. ou 0,30 m., les arbres étaient morts. Dans une parcelle voisine la nappe était encore à 1,40 m., la conductivité du sol un peu plus faible (6 à 7 mmhos/cm contre 8 à 10 mmhos/cm dans le cas précédent) les arbres commençaient

.../...

à donner des signes de dépérissement. Les meilleures parcelles de la plantation avaient une conductivité voisine (4 à 8 mmhos/cm) mais la nappe phréatique était très profonde.

En résumé nous dirons que l'olivier tolère la présence d'une nappe phréatique salée lorsque celle-ci est à plus de 1,50 m. de profondeur, l'optimum pouvant être 1,80 m. à 2 m.

b) Palmeraies :

Mr. NOVIKOFF dans une enquête menée à Kébili et Tozeur a pu comparer deux palmeraies industrielles bien conduites, fumées et drainées. La variété était dans les deux cas la Deglat Ennour, dont les dattes sont exportées en Europe.

Dans la palmeraie située à Kébili et irriguée avec une eau à 1,2 g/l le plan d'eau a été rabattu à 1,40 m. ou 1,50 m. par des drains secondaires écartés de 60 m.; les primaires mesurant 1,80 m. de profondeur. Malgré ce réseau de drainage, Mr. NOVIKOFF note une différence de rendement de 5 à 8 % entre les arbres situés le long des drains et ceux du milieu de la parcelle.

L'autre palmeraie située à Tozeur occupe une pente douce en bordure d'oued. Les sols sont sableux. L'eau d'irrigation titre 5 g/l. Le drainage est constitué par un collecteur de 2,25 m. de profondeur sur lequel se raccordent des secondaires de 1,50 m. écartés de 100 m. l'un de l'autre. La nappe est à plus de 2 m. en haut de la palmeraie, à 1,65 m. à mi-pente, à 1,25 m. en bas. Les rendements dans les zones correspondantes passent de 3 à 1. Au voisinage de la nappe on observe la formation de sulfures noirs. Autour des racines se dépose une gangue de gypse.

En résumé le drainage des palmeraies Deglat doit se faire à 1,50 m. au minimum à Kébili et plus profondément à Tozeur où l'eau de la nappe et l'eau d'irrigation sont plus salées et les conditions d'hydromorphie plus marquées, par suite d'une structure du sol plus mauvaise.

c) Eucalyptus :

La comparaison des enracinements de diverses variétés d'eucalyptus a permis à Mademoiselle LARGUECHE de constater que l'Eucalyptus occidentalis et E. Camaldulensis avaient des enracinements assez superficiels ne dépassant guère 0,50 m. La nappe se situait à 1 m. de profondeur. E. Occidentalis résistait à des salures de 18 mmhos/cm E. Camaldulensis supportait des conductivités un peu moins fortes : 12 mmhos/cm. environ.

III) INFLUENCE SUR LES CULTURES ANNUELLES.

Nous mentionnerons surtout un périmètre de la région de Sfax. Le sol est sableux et sablo-limoneux. L'eau d'irrigation très chargée 5 g/l. La nappe phréatique titre 9 g/l. Sa profondeur varie de 3,50 m. à 0,90 m. Chaque irrigation la fait remonter de 0,40 m. à 1,20 m. suivant les endroits.

On a pu constater que la remontée capillaire était d'environ 1,30m. Lorsque la nappe était à plus de 1,30 m. les rendements culturaux étaient normaux. Entre 1,30 m. et 1 m., on observait des tâches stériles ou tout au moins une végétation moins bonne. Là où la nappe est remontée à moins de 1 m., le sol a pris une structure poudreuse en surface par suite d'une très forte concentration en sels solubles. Les semis y échouent régulièrement (sauf les semis de coton) et le sol reste à peu près stérile.

Dans les premiers cas, les fortes doses d'irrigation lessivent le sol et l'entraînent hors de portée des racines. Dans le second, la nappe est à moins de 1 m., la remontée capillaire provoque une forte concentration en sel en surface (jusqu'à 80 mmhos/cm) et aucune plante ne peut germer.

Dans l'oasis de Gabès sur un sol très salé et gypseux un essai de mise en culture après rabattement de la nappe à 1,50 m. a donné des résultats satisfaisants.

En sol argileux nous n'avons pas encore de données précises. Dans la vallée de l'Oued Medjerdah les Ingénieurs hollandais qui s'occupent des projets de drainage ont préconisé un rabattement à 1,30 m.

C O N C L U S I O N S :

Le problème du drainage prend une importance vitale en Tunisie du fait de la présence de nappes phréatiques salées et du fait de l'utilisation d'eaux d'irrigation souvent très chargées (jusqu'à 6,5 g/l). Il s'agit en effet d'assurer le lessivage des sels qui s'accumulent par évaporation au niveau de la zone des racines. En outre, beaucoup de plantes (oliviers, palmiers) qui résistent bien à la salure sont extrêmement sensibles au moindre engorgement par l'eau.

L'expérience montre qu'à tout problème d'irrigation s'ajoute un problème de drainage.

Plusieurs zones irriguées (Sfax, Kairouan) qui au départ semblaient bien drainées ont vu en quelques années la nappe remonter de plusieurs mètres provoquant ainsi une perte de rendement, et il devient nécessaire d'y installer un réseau de drainage. Les exemples cités dans cette note montrent que la nappe doit être rabattue au minimum à 1,50 m. quelles que soient les productions envisagées : arbres ou cultures annuelles. Dans les oasis du Sud Tunisien, le Service du Génie-Rural a entrepris un drainage systématique par fossés de 4 m. de profondeur.

Dans tous les périmètres en voie de création on prévoit toujours le drainage. On effectue une étude très soignée de la nappe et de ses possibilités d'écoulement afin de prévenir sa remontée. Chaque fois que cela est possible on effectue des prospections pédologiques détaillées (1/10.000^o) de façon à éliminer toutes les zones où un engorgement est possible. En effet, il faut non seulement craindre la remontée de la nappe phréatique normale mais aussi la création de petites nappes suspendues par suite de l'engorgement de certains horizons (cas observé dans l'Oasis de Nefta).

Les méthodes employées sont :

- l'observation des profils (la présence de taches de fer ou de calcaire peuvent être un indice d'engorgement. La texture argileuse ne donne pas forcément naissance à un milieu hydromorphe mais la favorise).

.../...

- la mesure de la perméabilité par la méthode Porchet à différentes profondeurs reconnues par l'examen des profils. Ces mesures doivent obligatoirement être liées à la prospection pédologique. Elles sont parfois critiquables quand il s'agit d'utiliser les résultats pour calculer un réseau de drainage. Pour le pédologue elles constituent cependant un test qui vient confirmer l'étude du profil.
- les tests d'instabilité structurale de Hénin. Ces tests mesurent la stabilité des agrégats du sol et sa perméabilité au laboratoire. Après étalonnage sur des sols de caractéristiques connues on peut ainsi prévoir d'avance le comportement d'un sol à l'irrigation et au drainage. Les pédologues de Tunisie étudient actuellement l'application de ces tests à la cartographie en classant les sols d'après leur aptitude à bien drainer. Le report sur cartes des sols ainsi classés permet aux ingénieurs des Services utilisateurs de prévoir d'un coup d'oeil, leur programme d'assainissement et de drainage.

Une étude de mise en valeur est donc un travail complexe. Elle a pour but la recherche d'un milieu optimum pour la croissance des plantes cultivées. Elle suppose une bonne maîtrise de l'eau car l'expérience nous montre que même en milieu aride, si le manque d'eau est préjudiciable la plante ne supporte guère non plus l'excès d'eau dans le sol.

REFERENCES

- BUREAU - COINTEPAS - Tolérance à l'eau salée de quelques cultures pratiquées en Tunisie.
ROEDERER - GILBERT - Publication Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie (S.S.E.P.H) ES 16.
- COINTEPAS (J.P) - Note sur une plantation d'oliviers du Sud Tunisien non publiée.
- COINTEPAS (J.P) - Note complémentaire sur le périmètre de Mellouleche non publiée.
- COINTEPAS (J.P) - Périmètre irrigable d'Ouchtata (Etude Hydrologique) S.S.E.P.H. - N° 203.
- COINTEPAS (J.P) - L'irrigation à l'eau salée en Tunisie S.S.E.P.H. -
NOVIKOFF (G) ES 31.
DAMAGNEZ (J)
- HAMZA (M) - Contribution à l'étude de la tolérance de l'olivier à la salure et à l'asphyxie - S.S.E.P.H. - ES 35.
- LARGUECHE (H) - Comportement du système racinaire de quelques essences forestières dans les sols salés S.S.E.P.H. ES 32.
- NOVIKOFF (G) - Etudes agronomiques de quelques palmeraies des Nefzaouas et du Djend S.S.E.P.H. - ES 26.
- ROEDERER (P) - Drainage et pédologie (Conférence du Colloque sur les terres arides) - S.S.E.P.H. - ES 40.