

- P. WILLAIME \* - Programme de travail -

Etude critique du domaine d'eau utile des sols vertiques et des sols très calcaires du Liban.

I - Motivation et définition du programme d'étude :

Comme dans la plupart des pays méditerranéens, la productivité des terres cultivables reste, au Liban, étroitement tributaire des possibilités d'irrigation. Dans ce dernier pays, toutefois, la morphologie et le régime pluviométrique se sont conjugués pour constituer des réserves en eau globalement importantes mais malheureusement très inégalement réparties : pléthoriques dans certaines zones montagneuses où les sols exploitables sont rares, elles s'avèrent insuffisantes au voisinage des grandes plaines où les sols profonds couvrent d'importantes superficies. Une plus juste distribution de ce facteur de richesse agricole qu'est l'eau exige la mise en oeuvre de très gros travaux d'aménagements et par suite une parfaite connaissance de certaines données de base sur les relations sol/eau. C'est précisément dans le but de fournir ces données aux promoteurs des projets de mise en valeur qu'il nous a été demandé d'étudier les caractéristiques hydrodynamiques des principales unités pédologiques circonscrites dans les périmètres irrigables. Pour répondre à cette requête et simultanément pour conférer à ce type d'étude un certain intérêt scientifique, nous avons articulé notre programme de travail de la façon suivante :

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à dégager à partir des nombreux résultats recueillis un certain nombre de corrélations par famille de sols entre propriétés physico-chimiques et caractéristiques hydriques. Le dépouillement de ces données classiques obtenues sur échantillons tamisés a permis de mettre en évidence le comportement particulier de certains sols limoneux très riches en carbonates. D'un autre côté, la prise en considération des résultats de mesures effectuées in situ sur des sols argileux nous a révélé les limites de signification des notions d'eau utile et parallèlement l'importance du facteur porosité.

C'est sur la base de ces premières observations qu'actuellement nous tentons de préciser le problème des relations sol eau dans les sols vertiques. Un premier travail mené en laboratoire sur échantillons non perturbés devrait être complété

\* Mission ORSTOM auprès de l'Institut de Recherches Agronomiques du Liban.

très prochainement par une série de mesures entreprises sur parcelle expérimentale en liaison avec la section irrigation, afin de contrôler in situ le bien fondé de certaines présomptions concernant les possibilités de stockage d'eau utilisable.

Ultérieurement nous développerons, en collaboration avec F. GRAS et dans le cadre de projets de cartographie intéressant des secteurs où les sols calcaires sont bien représentés, les études sur les propriétés physiques et hydriques de divers types de sols riches en carbonates. Enfin, nous essaierons de tester les divers modes d'améliorations visant à accroître la productivité des sols très calcaires et des sols très lourds en ayant recours à des expérimentations de terrain, dans la mesure évidemment où nous seront accordées certaines facilités pour la mise en place de divers protocoles.

## II - Matériau et Méthodes de travail :

A - Matériau : Parmi les nombreux profils que nous avons examinés lors de diverses prospections antérieures, nous avons retenu pour nos études détaillées sur le domaine d'eau utile quelques types de sols qui répondent à certaines exigences de situation non seulement d'ordre scientifique mais également d'ordre technique. Ce choix des sites s'est fait en effet à la fois en fonction du degré de développement de certains caractères morphogénétiques du degré de représentativité, du régime agronomique, et des possibilités de mise en place des protocoles d'expérimentation.

### A1 - Types de sol vertique (sensu lato)

- Sol I Sol évoluant sur un matériau alluvio-colluvial peu caillouteux renfermant environ 55 % d'argile. Plantation d'agrumes.  
Situation : Station d'Abdé (Nord-Liban) où sont entrepris des essais d'irrigation.
- Sol II Vertisol typique (60 % d'argile). Plantation d'agrumes.  
Situation : 20 km au Nord d'Abdé. Des essais d'irrigation sont prévus.
- Sol III Même type de sol que le sol I, non caillouteux et très compact en profondeur. Cultures annuelles.  
Situation : Station de Terbol, 5 km de la Station Centrale de Tel Amara.

### A2 - Types de sol calcaire

- Sol I Sol jeune non différencié évoluant dans des matériaux alluviaux-limoneux non caillouteux. Très riche en calcaire (plus de 60 %).

Très poreux.

Situation : Station de multiplication du Service de l'Agriculture de Bar Elias : 20 km au Sud de Tel Amara.

Sol II Sol peu différencié sur matériau argilo-limoneux, pierreux et caillouteux. Teneur en calcaire (50 à 60 %).

Situation : Station de Lebaa (Sud Liban) où F. GRAS entreprend un certain nombre d'essais sur la dynamique actuelle.

Sol III Sierozem à profil calcaire différencié (encroutement). Teneur en calcaire de 50 à 80 %.

Situation : Nord Bekaa. Région El Kaa. Périmètre pilote d'irrigation en projet.

B - Méthodes de travail : Sur ces divers types de sols, nous envisageons de reprendre de façon détaillée les travaux de caractérisation ainsi que les diverses interprétations d'ensemble que la rapidité et le caractère peu nuancé des études d'inventaire ne nous avaient pas laissé le temps d'approfondir. Pour ce faire nous comptons opérer successivement ou simultanément à trois niveaux : aux niveaux des échantillons, des profils et des parcelles d'expérimentation.

#### B1 - au niveau des échantillons

Sur échantillons tamisés nous procéderons aux déterminations physico-chimiques courantes, aux mesures d'humidité aux  $p^F$  4,2, 3,0 et 2,5 de densité réelle, et des limites d'Atterberg, aux tests de stabilité structurale et de vitesse de filtration, enfin à des analyses minéralogiques (RX, ATD, Triacides). Pour mieux circonscrire l'importance relative des pseudoparticules nous aurons recours à des analyses mécaniques plus précises faisant intervenir prétraitements acides ou dispersion ultrasonique. Enfin, nous évaluerons les taux d'humification et d'extraction des matières humiques et essaierons de voir quel rôle la matière organique peut jouer dans les phénomènes de rétention à  $p^F$  4,2. Sur les échantillons très calcaires nous chercherons à préciser la répartition du calcaire dans les différentes fractions granulométriques. Enfin nous comparerons le pouvoir de rétention à granulométrie équivalente de calcaires broyés de dureté variable et de quartz.

Sur échantillons non perturbés prélevés à l'aide de cylindres calibrés nous établirons des courbes  $p^F$ /Humidité à partir de 5 déterminations  $p^F$  4.2 - 3.0 - 2.5 - 2.0 et saturation. Sur motte on étudiera les variations du gonflement en fonction du taux d'humidité après enrobage à l'aide d'une résine spéciale SARAN F 220. Enfin des examens micrographiques nous serviront à comparer la microporosité

des horizons Ap et (B) et peut-être à élucider la nature des faces luisantes qui recouvrent les agrégats des horizons non perturbés (cutan d'illuviation - Stress cutans ? ).

#### B2 - au niveau des profils

Une attention spéciale sera portée à l'examen du profil cultural particulièrement au voisinage de la semelle de labour, où seront effectués préférentiellement des prélèvements pour étude micrographique (microporosité-cutans).

La densité apparente sera déterminée conjointement à l'aide de cylindres calibrés, d'un densitomètre à membrane et peut-être d'une sonde à rayons X. Dans les horizons caillouteux nous adopterons la méthode du trou. L'ameublissement sera testé avec un pénétromètre de poche. La vitesse de ressuyage sera suivie en fin de saison des pluies avec une sonde à neutrons (courbe  $de/dt$  en fonction de H, intervalle de rétention) et tensiomètres (relations  $pF$ /Humidité sur le terrain). Enfin la vitesse d'infiltration et d'humectation sera évaluée en saison sèche en utilisant simultanément infiltromètre avec anneau de garde, tensiomètre et sonde à neutrons. En fin d'expérience on examinera le "champignon d'humidité".

Dans les sols calcaires caillouteux on procédera au début et en fin de saison des pluies à des prélèvements d'échantillons pour déterminer les profils hydriques, la conductivité des extraits de pâte saturée, d'extraits au 1/5 et sur certains échantillons celle des solutions extraites à la presse à membrane, afin de mieux évaluer l'importance et les variations de la succion osmotique.

#### B3 - au niveau des parcelles d'expérimentation.

En liaison avec la section irrigation, on envisage de comparer l'évolution des profils hydriques et de la stabilité structurale sous cultures d'agrumes irriguées par submersion ou aspersion (drip et sprinklers).

Une deuxième expérimentation à long terme pourrait porter sur l'étude comparée des profils hydriques et du développement racinaire dans des parcelles homogènes implantées sur sols lourds travaillés de façon différente grattage-labour-défonçage...

Enfin pourrait être amorcée, après enquête auprès de quelques planteurs une étude sur l'influence du sablage sur l'économie de l'eau dans les sols lourds de la côte.

### III - Premiers Résultats.

Ils concernent davantage la phase "Inventaire" que la phase "Recherches" de nos travaux, jusqu'alors surtout orientés vers des activités de service.

#### A - Travaux d'Inventaire.

Au cours des opérations de cartographie qui ont intéressé la plaine côtière du Akkar, la plateau du Koura, la région de Chtaura et des sondages de reconnaissance effectués dans quelques sols de la Bekaa, nous avons pu mettre en évidence certaines particularités dans les relations intervenant entre propriétés physico-chimiques et caractéristiques hydrodynamiques à l'échelon des profils ou des familles de sols.

#### A1 - à l'échelon des profils.

La matière organique ne semble pas jouer de rôle différentiel dans les phénomènes de rétention. Cela est dû probablement au fait que le complexe adsorbant est surtout de nature minérale et que la distribution des teneurs le long des profils est toujours de type isohumique.

Le  $pF$ , variable, de l'humidité équivalente a été trouvé proche de 3 dans des échantillons argileux ou argilo-limoneux où la fraction sableuse était peu représentée ; par contre il est voisin de 2,5 et même parfois inférieur, dans les échantillons où la distribution granulométrique accuse une certaine pauvreté relative en limons.

Enfin nous avons observé dans les sols de la Bekaa, développés dans des matériaux homogènes assez argileux une différence systématique, à teneur en argile et en éléments fins équivalentes, entre les pouvoirs de rétention à  $pF$  4,2 des horizons de surface ( $A_p$ ) et des horizons profonds (B). La moindre rétention des premiers pourrait être liée à un appauvrissement en argile fine par lessivage ou érosion relative (cas des sols rouges de Piedmont) ou à une néoformation d'argile 2 : 1 dans les horizons profonds (cas des sols bruns de basse plaine). Seule une investigation minéralogique et granulométrique assez poussée nous permettrait de mesurer le bien fondé de ces deux hypothèses.

#### A2 - à l'échelon des familles de sols.

##### A2.1 - relations entre humidités caractéristiques et paramètres texturaux.

Par famille de sols ont été établies sur échantillons remaniés des corrélations linéaires très étroites ( $r$  supérieur à 0,8) d'une part entre l'humidité au point de flétrissement  $H_f$  et les teneurs en argile ( $a$ ) ou en éléments fins

(a + 1), d'autre part entre Hf et l'humidité équivalente He.

L'étude comparative des diverses droites de régression Hf/a ou Hf/(a + 1) nous a permis de voir que coefficients angulaires et ordonnées à l'origine étaient d'autant plus élevés que les valeurs des rapports T/a des échantillons d'une même famille de sols étaient plus fortes.

Les droites de régression Hf/He établies à partir d'échantillons ne renfermant pas plus de 50 % de calcaire total sont assez proches l'une de l'autre. L'amplitude de variations relativement réduite des coefficients angulaires toujours proches de l'unité confère à la majorité des sols analysés, une eau utile théorique pondérale (EU) sensiblement constante quelle que soit la texture. Par contre dans les échantillons très riches en calcaire (plus de 60 %) EU décroît à mesure qu'augmente la teneur en argile.

#### A2.2- eau utile volumique et risques d'asphyxie.

La grande compacité de certains horizons non perturbés par les façons culturales nous a incités à voir pour quelles valeurs combinées de la teneur en argile et de la densité apparente pouvaient se réaliser des asphyxies totales ou partielles, en particulier lorsque le taux d'humidité du sol était théoriquement optimum. (point de rétention). La traduction graphique de ces relations de type hyperbolique a permis de mettre en évidence les limitations da/a propres à chaque famille de sols et ainsi de voir quels étaient les sols les plus asphyxiants. Pour ces derniers nous avons par ailleurs déterminé les valeurs limites des deux paramètres au delà desquelles l'eau emmagasinée dans le sol ne pouvait plus être théoriquement absorbée par les plantes.

Les problèmes d'alimentation hydrique prennent au Liban une dimension particulière du fait que se conjuguent deux facteurs défavorables : la lourdeur des terres et le fort pouvoir évaporant de l'atmosphère en période culturale. En effet l'allure des courbes d'évapotranspiration relative impose, pour placer les plantes dans de bonnes conditions hydriques, le maintien de taux d'humidité édaphiques proches du point de rétention ; or dans cette gamme d'humidité les risques d'asphyxie peuvent être très grands, d'autant plus que l'horizon sera dense et argileux.

Ces résultats théoriques méritent bien sûr d'être précisés. C'est dans ce but que nous avons amorcé un travail sur échantillon non perturbé avant de le poursuivre en vraie grandeur sur parcelles expérimentales.

B - Travaux de Recherches.

B1 - sur sols vertiques.

L'étude menée sur des échantillons non remaniés prélevés à l'aide d'un appareil spécial permettant au cylindre calibré de s'enfoncer sans à coup, nous a conduit à préciser sur le sol III (cf. matériau chapitre II):

- l'influence de la compacité sur le gonflement :

Pour un taux d'humidité initial correspondant sensiblement à pF 3.0, la variation de volume après saturation, insensible quand la densité apparente est inférieure à 1,2, augmente par la suite à mesure que s'affirme la prédominance du pouvoir d'adsorption sur la capacité d'emmagasinement.

- l'influence des remaniements sur les relations pF/Humidité :

On a pu mesurer l'importance des écarts d'humidité que l'on enregistre en deça de pF 3.0 entre prélèvements d'horizons (B), d'horizons Ap et échantillons tamisés. A titre d'exemple les résultats obtenus à pF 1.8 sont les suivants : 24, 30, 44 %.

- l'existence d'un volume d'eau facilement utilisable non négligeable dans des horizons très compacts.

Ce résultat est intéressant de plusieurs points de vue. Il limite tout d'abord la portée des interprétations formulées à partir de données de la courbe pF/Humidité relatives à des échantillons tamisés ; sur cette base en effet on était amené à conclure que l'eau saturante était très fortement retenue par le sol.

Ensuite ce résultat confirme ceux qui ont été établis en laboratoire à partir d'un même échantillon soumis à des pressions de plus en plus fortes : pour une teneur en eau donnée, la pression de succion tend à diminuer, en valeur absolue, à mesure que croît la compacité.

Enfin il permet d'expliquer d'une part l'absence dans les horizons compacts de symptômes visuels d'ana robiose temporaire et d'autre part l'exploitation faible mais non négligeable des réserves en eau de ces mêmes horizons par certaines plantes annuelles.

B2 - sur sols calcaires.

Nous avons amorcé un travail sur la répartition des carbonates dans les diverses fractions granulométriques et parallèlement nous avons cherché à mesurer l'influence de la taille des grains calcaires sur la rétention de l'eau à différents pF. Les principaux résultats peuvent s'énoncer ainsi :

Dans la quasi totalité des sols que nous avons testés, plus de la moitié des carbonates totaux se retrouvent dans la fraction fine (a + 1). Les taux de carbonates "fins" (fraction a + 1) ont toujours été trouvés supérieurs aux taux de calcaire "actif", même dans les sols qui ne renferment que du  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

A pF 4.2 l'eau retenue par des éléments carbonatés est sensiblement la même pour toutes les catégories de taille (de 5mm à moins de 50  $\mu$ ). Cela tient au fait qu'à ce pF l'effet "manchette" est négligeable.

A pF inférieur, on observe sur les courbes de variation d'humidité à un pF donné en fonction des classes de taille un point singulier correspondant à la fraction 50/100  $\mu$ . En deçà de 100  $\mu$  les quantités adsorbées peuvent être importantes ; c'est ce qui expliquerait probablement la très forte rétention à pF bas des sols limono-calcaires de la Bekaa.

#### IV - Développements ultérieurs.

En débordant du cadre de ce travail et en se servant du même matériel d'expérimentation, on pourrait amorcer des études de portée plus générale intéressant également les domaines de la pédogénèse et de l'hydrologie.

Sous un régime pluviométrique de type méditerranéen et sur des sols lourds de type vertique, bien représentés dans tous les secteurs irrigables de cette zone géographique, il serait intéressant de suivre l'évolution des relations existant entre l'humidité du sol, nature des précipitations et modalités d'infiltration durant la période de repos végétatif hivernale, ce qui réduirait ou même éliminerait les interférences du facteur plante sur la dynamique de l'eau. En utilisant simultanément sonde à neutrons, tensiomètres et pluviomètre enregistreurs, on pourrait entreprendre l'étude des phénomènes suivants :

Vitesse et profondeur d'humectation en fonction de l'intensité et de l'abondance des précipitations.

Refus à l'infiltration, intensité pluviométrique et humidité édaphique initiale,

Reconstitution des réserves, possibilités de migration de l'eau hors des profils culturaux, en fonction des quantités cumulées,

Cycles humectation/ressuyage ; Hystérésis dans un sol en place ;  
Dynamique du ressuyage dans les horizons travaillés et non perturbés, etc...

Bref, on pourrait retirer de ce travail bon nombre de données chiffrées sur toute une série de phénomènes plus ou moins bien connus. L'exécution d'un tel

programme exigerait toutefois une étroite collaboration entre pédologues et bioclimatologistes de l'IRAL, pour atteindre à un certain niveau d'efficacité.

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

O. R. S. T. O. M.

---

***bulletin de liaison***

DU THÈME E

n° 2

juillet 1972