

REPUBLIQUE LIBANAISE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

Institut de Recherches Agronomiques

Tell-Amara – Section des Sols

LES SOLS DE LA CUVETTE
DE KFAR – ZABAD

Mr. LAMOUREUX

Maître de Recherches ORSTOM

(Avec la collaboration des agents
techniques de la section des sols)

Septembre 1962.

REPUBLIQUE LIBANAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

Institut de Recherches Agronomiques
Tell-Amara - Section des Sols

LES SOLS DE LA CUVETTE
DE KPAR-ZABAD

Mr. LAMOUREUX
Maître de Recherches ORSTOM
(Avec la collaboration des agents
techniques de la section des sols)
Septembre 1962

SOMMAIRE

GENERALITES

I - LE MILIEU

Climat. Géologie. Topographie. Agriculture.

II - LES SOLS

1 - Phénomènes pédogénétiques

- Alluvionnement et colluvionnement
- Décalcification
- Hydromorphie

2 - Les sols de Kfar-Zabad

- Sols de rendzines caillouteux
- Sols rouges méditerranéens
- Sols bruns alluviaux

3 - Utilisation des sols

- Utilisation actuelle - Aptitude des sols en culture sèche et en culture irriguée

III - PERMEABILITE DES SOLS

- Méthodes de laboratoire et de terrain
- Méthode Muntz
- Méthode Porchet

Technique. Avantages. Inconvénients. Résultats.

CONCLUSIONS

- Carte 1 - Les sols de Kfar-Zabad 1/10.000
- Carte 2 - Emplacement des échantillons
- Carte 3 - Argile o/o
- Carte 4 - Calcaire total
- Carte 5 et 6 - Perméabilités Porchet

ETUDE DES SOLS DE LA CUVETTE

DE KFAR-ZABAD (1)

L'office National du Litani étudie les possibilités d'établir une retenue de 50 à 60 millions de mètres cubes dans la cuvette de Kfar-Zabad, limitée par le Jbaïlet Terbol, le Tel-Aïn-el-Baïda et l'Anti-Liban.

Cet office s'est adressé à la section des sols de l'institut de recherches de Tel-Amara pour connaître la nature et les qualités physico-chimiques de la couche superficielle du sol.

Une étude pédologique systématique de la zone a permis de dresser une carte délimitant l'extension des différents types de sols; une carte des perméabilités au champ, après quelques essais comparatifs entre deux ou trois méthodes connues, différentes cartes représentant les caractéristiques essentielles de ces sols : Texture, calcaire, humidité équivalente, ...

(1)

C'est par commodité que nous parlons de cuvette, alors qu'il s'agit d'une zone de comblement comme son nom arabe l'indique (er rajem).

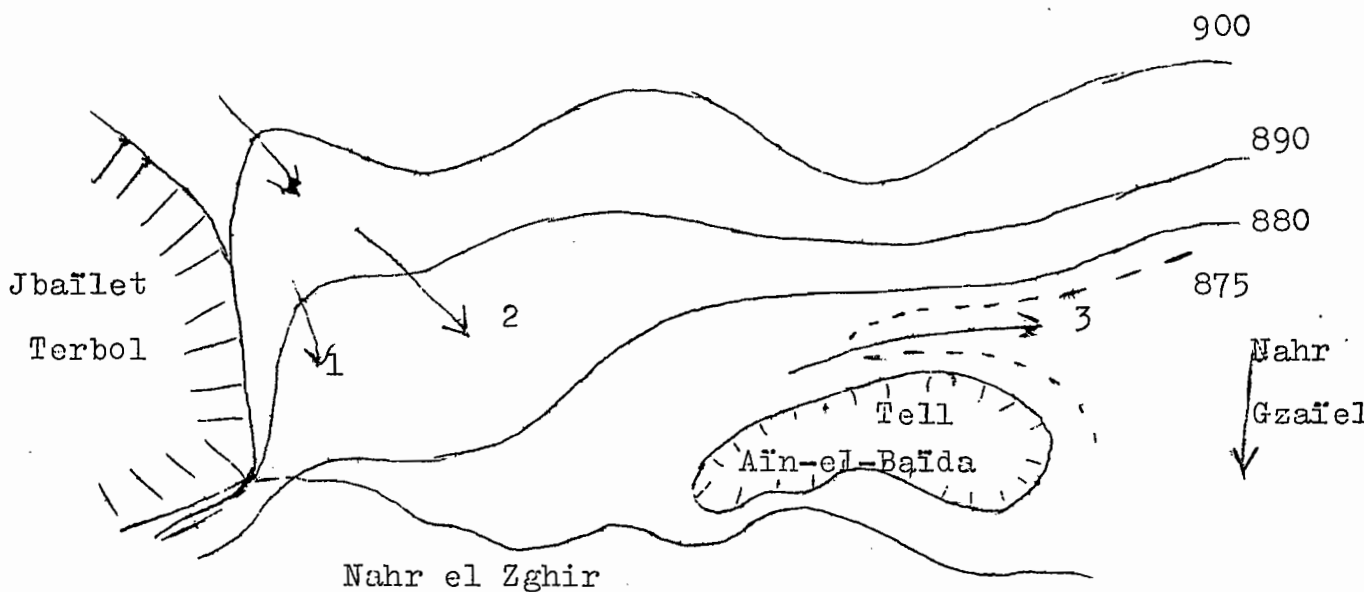
I LE MILIEU

La cuvette de Kfar-Zabad s'adosse à l'Anti-Liban dans la Békaa centrale, un peu au Nord de la route de Damas. Elle représente 250 à 350 hectares, suivant la côte considérée.

- Le climat de cette partie de la Békaa centrale est caractérisé par une pluviométrie moyenne de 600mm. environ, répartis sur 28 mois d'octobre à mai. La sécheresse de l'été est accentuée par une humidité relative assez basse (40 à 50).

- Topographiquement Il s'agit plus d'un cône alluviocolluvial à deux exutoires : l'un sur le Nahr el-Zghir, suivant les lignes de drainage 1 à 2; l'autre sur le Nahr el-Gzaïl suivant l'axe 3.

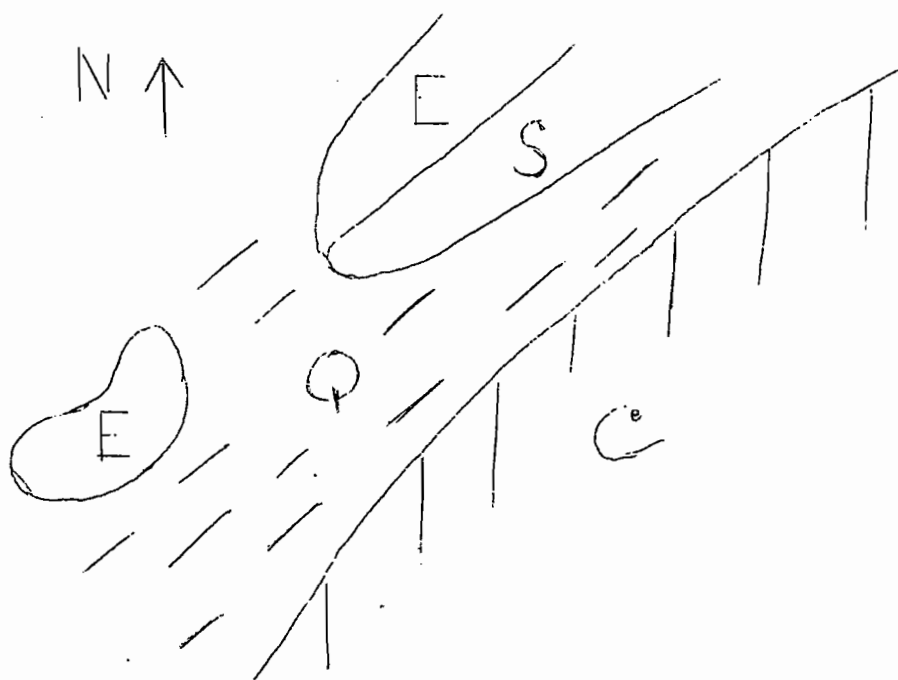
Nous verrons que le blocage des eaux dû au Tel-Aïn-el-Baïda entraîne une nette hydromorphie des sols.



- La géologie de la région étudiée par L. Dubertret, représente cette cuvette comme un remplissage quaternaire, après effondrement ou érosion des premiers contreforts de l'Anti-Liban.

Schématiquement nous avons ce remplissage alluvial (Q) formant la totalité de la cuvette. Il est adossé au Sud-Ouest aux calcaires cénomaniens (C), au Nord-Est aux calcaires éocènes (E), et aux marnes sénoniennes (S).

Un flût éocène limite la cuvette au Sud-Ouest. Marnes et calcaires constituent deux matériaux bien différents, les premières imperméables et très érodibles, les secondes perméables et moins érodés que les marnes. Ce substratum géologique, si important pour les études de la retenue, influe également comme nous le verrons sur la nature pédologique du revêtement de la cuvette.



- L'agriculture de la cuvette est essentiellement axée sur l'irrigation à partir de puits forés aux pieds du Jbaïlet Terbol et de l'Anti-Liban - Un double canal en terre amène l'eau de la source Chamsine sur toute la moitié sud de la cuvette.

Le système d'irrigation par canaux est loin d'être au point: des canaux primaires et secondaires sont tracés suivant de très fortes pentes, en fonction des besoins; la répartition de l'eau dans les tertiaires, le plus souvent tracés en chicanes, est également

assez mal conçue semble-t-il et entraîne une dégradation de la structure et un appauvrissement des horizons supérieurs. Le drainage, sans être ignoré, est le plus souvent défectueux. Mais nous n'insisterons pas sur cette question délicate qui mérite à elle seule une étude approfondie.

Les cultures irriguées les plus communes sont: les betteraves, les pommes de terre, les concombres, les haricots, les oignons, un peu de maïs etc. Un petit verger de pommiers semble se comporter assez bien malgré la compacité du sol.

En cultures sèches le blé entre dans l'assolement avec les plantes sarclées, et sur les contreforts plus secs de l'Anti-Liban quelques cultures de vignes, de concombres occupent le terrain.

Les bordures caillouteuses sont rarement cultivées et constituent des terrains de parcours pour le bétail.

x x
 x

II LES SOLS:

L'étude pédologique de cette cuvette ne constituant pas le premier objectif de la prospection, nous envisagerons chaque type de sol dans ses caractéristiques essentielles, réservant à un travail ultérieur l'examen détaillé de chacun d'eux.

Mais il est important de dégager les principaux phénomènes de pédogénèse qui concourent à différencier les sols et d'inclure ces derniers dans une classification connue (classification française de G. Aubert).

La carte n° 1 localise chaque échantillon prélevé, que ce soit par un sondage, un trou ou un puits. Les sondages, difficiles à effectuer, ont été limités entre 80 et 120 cm; si bien que nous ne connaissons l'épaisseur du revêtement argileux superficiel que par les puits et par quelques trous. Ce revêtement est étudié sur un échantillon moyen prélevé à la sonde entre 40 et 80 cm. et sur des profils complets prélevés dans un certain nombre de trous.

1 - Les phénomènes pédogénétiques

1.1 Alluvionnement et colluvionnement. Il s'agit comme nous le disions plus haut, de matériaux d'apports alluviaux et colluviaux, mais il est très difficile de faire la séparation entre alluvions et colluvions. En ce qui concerne la couche superficielle seulement, nous distinguerons: les alluvions brunes argileuses et calcaires du fond de la cuvette.

Les colluvions caillouteuses calcaires et marneuses en bordure du Tel-Aïn-el-Baida et du Jbailet Terbol.

Les colluvions brun-rouge plus ou moins caillouteuses, souvent décalcarifiées sur les contreforts de l'Anti-Liban. Cette couche superficielle, pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres d'épaisseur, repose généralement sur un conglomérat calcaire extrêmement variable suivant les points. Ce sont tantôt des cailloux arrondis dans une masse plus ou moins argileuse, avec des passées caillouteuses et graveleuses, c'est le cas des conglomérats observés dans le bas de la

cuvette. Ce sont tantôt des poudingues dont les cailloux calcaires sont liés par un ciment calcaire, dû à un encroûtement des conglomérats aux pieds des cônes de déjection de l'Anti-Liban.

Les contacts de la couche supérieure et du conglomérat sont dans l'ensemble très nets, il y a placage de l'une sur l'autre. Ces contacts sont réguliers dans la zone alluviale, très irréguliers sur la bordure Sud-Est de l'Anti-Liban où les poudingues affleurent par point.

En bordure du Jbailet Terbol et du Tel-Aïn-el-Baïda les colluvions caillouteuses sont en contact direct avec la roche calcaire ou marneuse.

Colluvionnement et alluvionnement sont probablement assez anciens et les sols formés sur ces matériaux sont déjà évolués. Actuellement les apports sont très limités, nous noterons seulement un empierrement de surface dû aux pluies d'hiver sur les fortes pentes et dans les thalwegs.

1.2 Les mouvements des carbonates de calcium

Toutes les roches qui entourent la cuvette et qui ont fourni les matériaux originels des sols sont très calcaires. Cet élément très facilement dissous est transporté en solution ou en profondeur ou latéralement à très grande distance.

Nous avons des sols où les horizons sont soit appauvris ou totalement dépourvus de carbonates de calcium soit au contraire enrichis jusqu'à former un encroûtement très dur. Le calcium est un élément déterminant de la classification de ces sols du fait qu'il conditionne pour une grosse part leurs propriétés physico-chimiques sous sa forme de calcaire total ou actif ou sous sa forme calcique absorbée sur les argiles.

Ainsi la décalcification des sols des contreforts de l'Anti-Liban provoque une baisse du pH, mais il n'y a pas décalcification du complexe. Le calcaire par sa forme dite "active" joue un rôle important dans la structure: aux rendzines granulociformes font place des sols rouges polyédriques à tendance prismatiques. L'aération et la per-

méabilité pourraient souffrir de cette décalcification, mais le fer libéré favorise la structuration des agrégats tout en donnant un profil une teinte homogène rouge à brun rouge.

L'accumulation du calcaire peut-être diffuse en surface ou en profondeur ou localisée et constituer des encroûtements. Ainsi à 10 mètres au Sud du puits 8, aux pieds du Tel-Aïn-el-Baïda, nous observons de 50 à 75 cm. une accumulation de calcaire tendre. Sur les pentes des petits cônes de déjection de l'Anti-Liban, comme nous l'avons vu plus haut, le calcaire n'est accumulé dans les conglomérats pour former des croûtes très dures.

1.3 L'hydromorphie

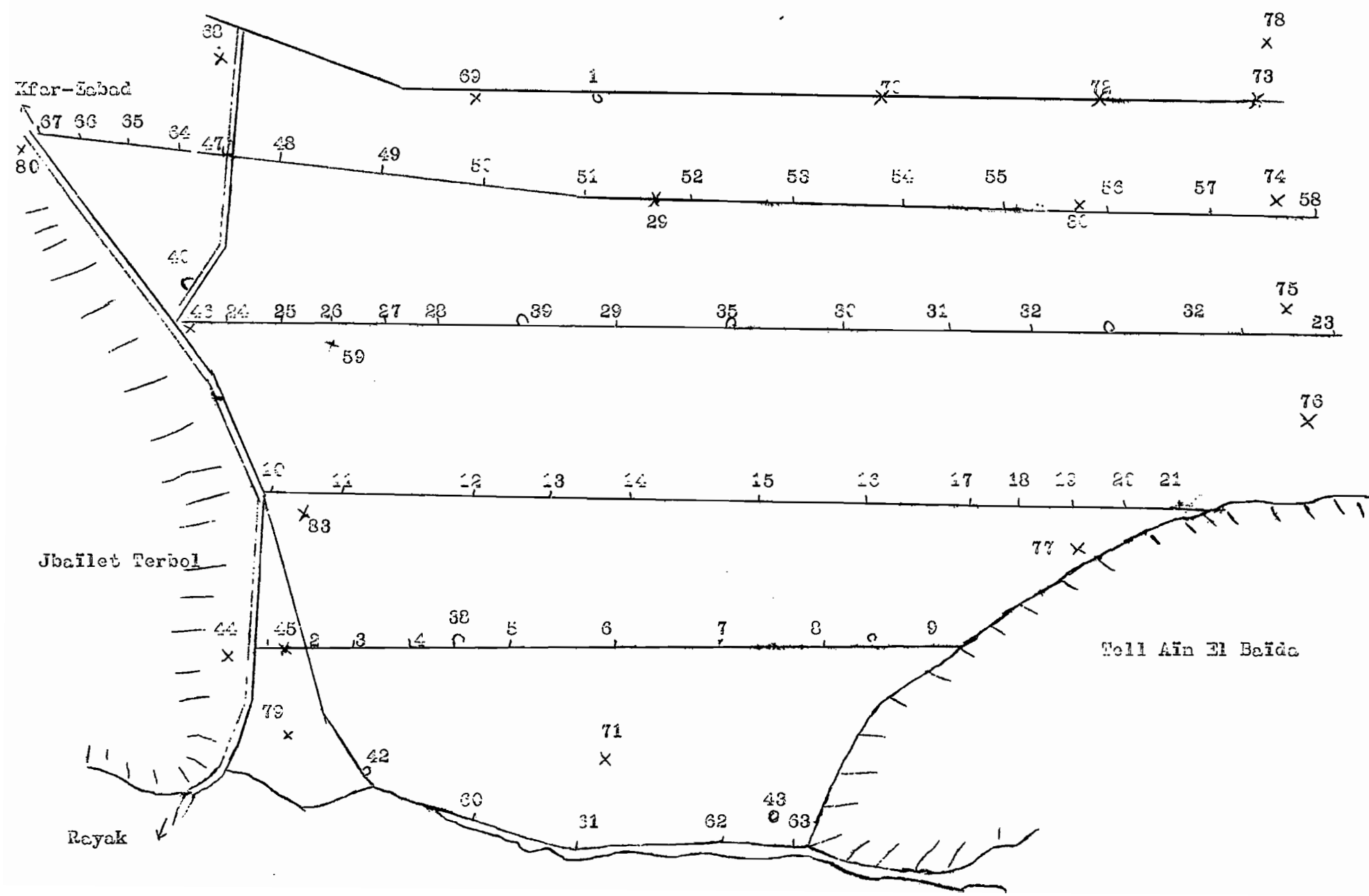
L'eau est le facteur le plus important de la formation des sols, elle peut intervenir à différents niveaux du profil, à différentes époques de l'année et en quantité très variables. Dès qu'il y a excès d'eau dans un sol, pour une raison quelconque; celle-ci donne au sol des caractères très particuliers dus surtout à une asphyxie du milieu plus ou moins développée.

Un mauvais drainage externe ou interne provoque généralement l'hydromorphie du sol. Les eaux d'irrigation de la cuvette de Kfar-Zabad viennent s'accumuler dans la partie basse aux pieds du Tel-Aïn-el-Baïda et provoque un engorgement temporaire. Ces sols gris brun foncé présentent une structure compacte ou en plaquettes, de petites indurations noires de manganèse etc.

Cette asphyxie du milieu est certainement préjudiciable au développement des racines, il importe de bien assainir ces sols hydromorphes.

-- Carte : 2 -- Emplacement des Echantillons

- (o puits
- (x trous
- (. Sondages



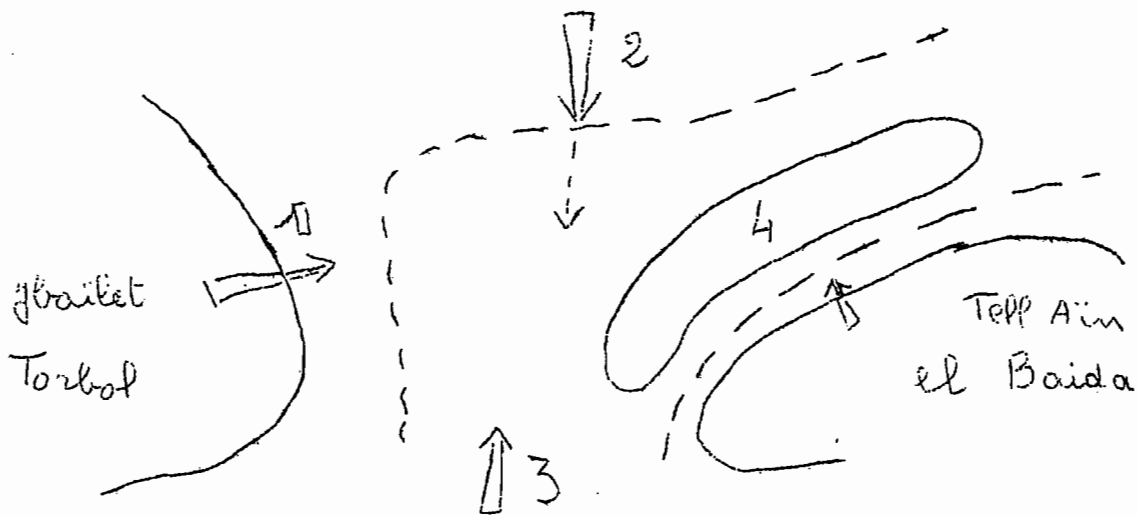
2 - Les sols de Kfar-Zabad

Bien que limitée à 300 hectares cette petite zone de Kfar-Zabad est constituée d'une variété de sols assez grande et se répartissent suivant deux chaînes de sols principales.

La première (1) est dominée par le colluvionnement sur les pentes raides du Jbailet Terbol: aux sols érodés, lithosols ou sols lithiques succèdent des colluvions grossières, puis plus fines se mélangeant aux alluvions (3). La petite chaîne du Tell-Aïn-el-Baïda est identique à celle-ci, mais de faible importance.

La deuxième chaîne de sols (2) est dominée beaucoup plus par la dynamique du calcaire (dissolution, lessivage, accumulation) que par le colluvionnement. Au bas de la chaîne ce phénomène se poursuit dans les alluvions.

L'hydromorphie (4) due à la topographie basse, se surimpose aux mouvements obliques du calcaire.



La carte 1 représente les sols jusqu'au niveau de la série, mais à l'exemple des pédologues de Tunisie, nous préférons la notion pratique de faciès, facilement utilisable pour les cartes d'aptitude.

2.1 Les sols d'érosion

Ces sols rocheux ou très profonds sont peu intéressants pour l'agriculture, ils forment ici les pentes du Jbailet Terbol et du Tell-Aïn-el-Baïda.

2.2 Les sols riches en carbonates de calcium

Ces sols sont largement représentés soit par des rendzines plus ou moins caillouteuses, soit par des sols bruns plus ou moins

calcaires.

2.2.1 Les rendzines à horizons

Ces sols sont très bien individualisés et se caractérisent par un pourcentage de calcaire élevé dont une proportion importante de calcaire actif. Ils sont très bien structurés grenus à grune-lonuciformes, avec une très bonne répartition du chevelus racinaires. Cette structure a tendance à devenir polyédrique en profondeur, individualisant un "horizon B" qui n'existe généralement pas dans les rendzines typiques. Ces sols sont relativement bien pourvus en matière organique (2 % environ en surface, près de 1 % en profondeur); leur pH varie de 7,7 à 8 sur tout le profil, ils contiennent plus de 10 % de calcaire actif et même de 20 à 30 % quand ils se forment sur marnes. Ils semblent bien pourvus en potasse, mais moins bien en phosphore.

Non loin de la route de Kfar-Zabad en 46 au bas de la pente et sur marnes nous observons de/

- 0 à 25 cm. un horizon beige gris (2,5Y 7/2), argilosableux, caillouteux. Structure nuciforme moyenne, peu consistante et peu cohérente, poreuse. Un fin chevelus racinaire se répartit bien dans une masse calcaire et sèche.
- 25 à 55 cm. Un horizon beige brun (10 YR 7/4), un peu humide. Argilo-sableux, caillouteux. Structure nuciforme à tendance polyédrique en profondeur, poreuse et assez cohérente. Les racines fines sont encore abondantes.
- 55-120 cm. Un horizon beige (10 YR 6/3), argilo-sableux, caillouteux même structure que le précédent, un peu polyédrique. Encore des racines fines, quelques mycelium calcaires.

Ce sont des sols fertiles, bien aérés, mais trop caillouteux et trop perméables dans certains cas.

2.2.2 Les sols bruns calcaires

Nous séparons ici les sols bruns calcaires des rendzines à horizons au niveau du groupe. En effet, beaucoup de sols bruns calcaires ont des points communs avec les rendzines, notamment l'horizon

grumelo-nuciforme de surface, mais il existe des sols bruns et bruns-rouge calcaires, profonds, à tendance polyédrique dès la surface. Pour l'instant nous distinguerons dans le groupe des sols bruns calcaires les sous-groupes suivant:

- Sols bruns calcaires types rendzines à horizons.
- Sols bruns calcaires proprement dits.
- Sols bruns-rouge calcaires
- Sols bruns calcaires hydromorphes

Ces sols probablement d'origine alluviale sont très argileux (55 à 60 %), bien pourvus en limon (25 à 30 %), leur pH est voisin de 8, certains ont près de 20% de calcaire total, mais moins de 10 % de calcaire actif. Ils sont assez riches en éléments fertilisants, bien que très cultivés.

- En 42 près du puits 5 nous observons de:
 - 0 à 50 cm. Un horizon gris brun foncé, assez fortement remanié par les cultures et les apports colluviaux. Les inclusions caillouteuses sont assez nombreuses. La structure grumelo-nuciforme est large, peu cohérente, de consistance moyenne et très poreuse. La texture est argilo-limoncuse. Les racines fines sont abondantes.
 - 50-120 cm. Horizon brun gris foncé, argileux, peu d'inclusions. Structure compacte dans l'ensemble, microstructure prismatique assez fine, peu poreuse. Revêtements sur les agrégats^{et} pseudomycélium apparaissent.

Ces sols bruns sont en général très fertiles, le calcaire améliore leur structure qui a tendance à devenir trop compacte en profondeur.

2.3 Les sols rouges méditerranéens

Ces sols parfois complètement décalcarifiés se caractérisent par une coloration rouge très homogène sur l'ensemble du profil. Le fer libre, très mobile à un pH voisin de 7, se répartit dans la masse, revêt les agrégats d'une pellicule rouge brillante ou s'accumule en profondeur pouvant même s'indurer sous forme de concrétions.

Deux types de sols rouges peuvent être distingués

Les sols rouges d'origine colluviale formant la base des anciens cônes de déjection torrentiels et des sols bruns-rouge alluviaux décalcarifiés par lessivage oblique.

2.3.1 Les sols rouges méditerranéens

Ces sols sont soit totalement décalcarifiés soit légèrement calcaires (6 à 8 %), parfois peu lessivés en surface. Certains sont très caillouteux, d'autres laissent apparaître le poudingue de base calcaire et encroûté, d'autres enfin ne sont caillouteux qu'en surface. Leur structure dominée par le fer libre est assez caractéristique: grenue à nuciforme en surface, elle devient très vite prismatique dans sa macrostructure et polyédrique dans sa microstructure. Les agrégats sont de plus en plus revêtus en profondeur. Malgré la forte teneur en argile (60 à 70 %) la perméabilité est très bonne; la teneur en matière organique et fertilisants minéraux est relativement correcte, sauf en phosphore assimilable.

En 68 sur une pente de 2 à 3 % très caillouteuse en surface nous observons le profil suivant:

- 0 - 10 cm. Horizon rouge brun (2,5YR 3/5), argilo-limoneux, caillouteux; Structure moyennement grenue, peu consistante et cohérente, assez poreuse. Quelques racines.
- 45 - 85 cm. Horizon brun-rouge (5 YR 4/7), argileux, avec quelques graviers et cailloux calcaires. Agrégats. Macroporosité assez forte, consistance et cohérence moyennes, porosité assez forte. Quelques racines fines.
- 85 - 120 cm. Horizon rouge-brun (5 YR 3/6), argileux, Structure nettement prismatique, revêtue. Mycélium calcaires. Moyennement cohérent et poreux. Assez consistant. Quelques inclusions calcaires et racines.
- 85 - 120 cm. Amas de blocs calcaires arrondis dans une masse rouge à structure en éclats, argileuse.

Ces sols rouges sont très perméables, malgré leur forte teneur en argile, ils sont souvent très secs en position topographique haute et quand ils sont caillouteux. Ils sont moyennement fertiles, mais

généralement compacts.

2.3.2. Les sols bruns-rouge méditerranéens

Ces sols nous paraissent être d'origine alluviale et se rapprochent des sols bruns calcaires, mais ils sont totalement lessivés en cet élément et leur couleur est brun rougeâtre (5 YR) ce sont des alluvions argilo-limoneuses, comme les sols bruns calcaires, probablement saturés en bases (pH 7,6 à 7,7). La structure est un peu moins bonne que dans les sols bruns calcaires, dès 100 cm. les éléments sont prismatiques avec des faces lissées "slikken slide".

En 39 le conglomérat calcaire apparaît à 130 cm. et se poursuit jusqu'à 11 mètres variant dans sa texture plus ou moins argileuse et caillouteuse.

Ce sont également des sols très fertiles un peu plus lessivés en surface et plus compacts en profondeur que les autres sols bruns.

2.4 Les sols dominés par l'hydromorphie

Il s'agit ici d'une hydromorphie due à l'excès d'eau d'irrigation qui s'accumule dans la partie basse de la cuvette. L'hydromorphie n'est pas encore trop forte si bien que nous n'avons pas classé ces sols dans les sols hydromorphes, mais si vers le Nord nous avons des sols bruns calcaires hydromorphes vers le Sud ils ne sont plus calcaires et deviennent franchement hydromorphes.

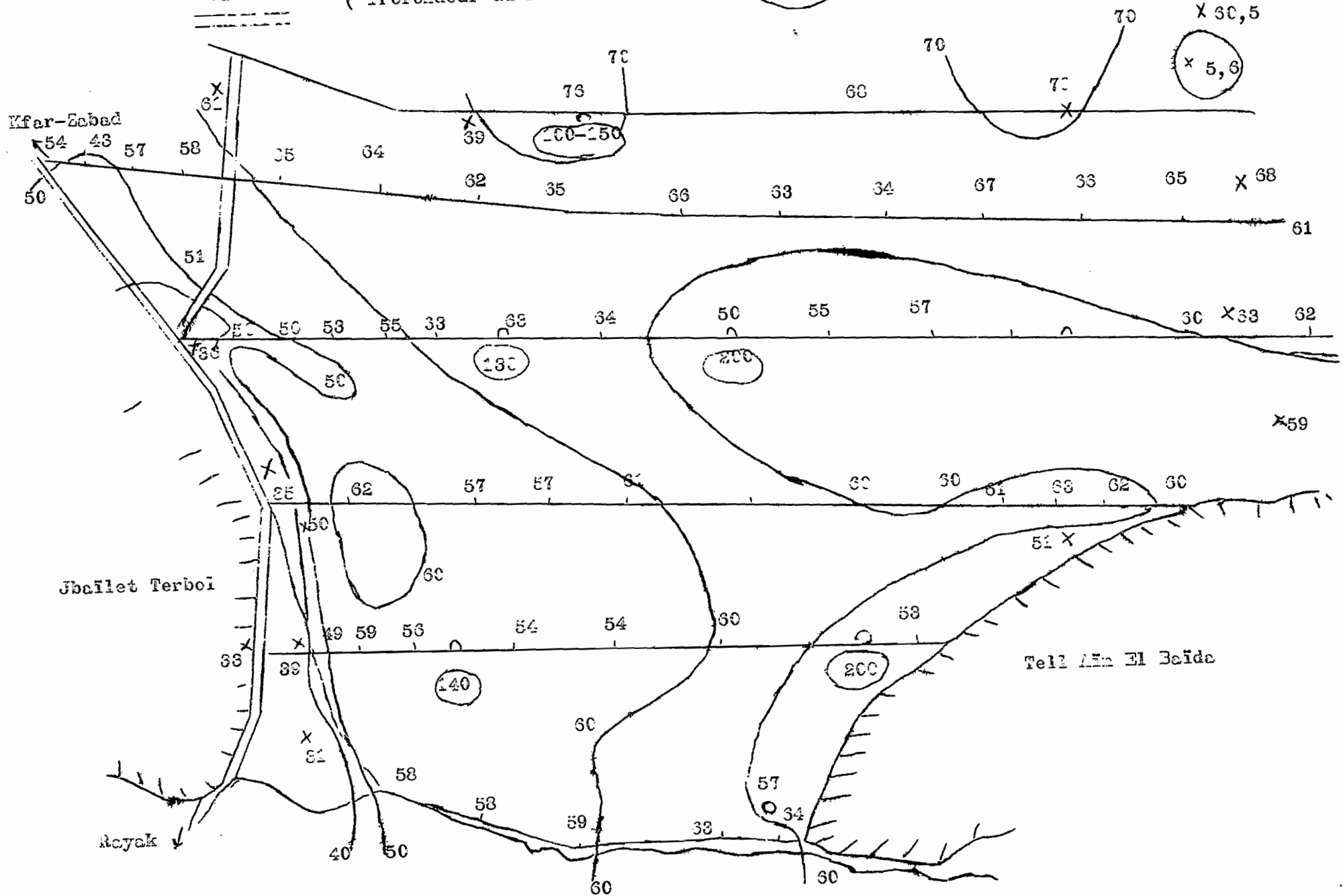
Au dessous du Nahr-el-Zghir, les ^{ont} eaux d'anciennes sources créé des zones marécageuses. Asséchées aujourd'hui elles laissent apparaître un sol gris noir en surface et franchement hydromorphe.

En 74 à l'amorce du bas fond, dans une zone irriguée nous observons de

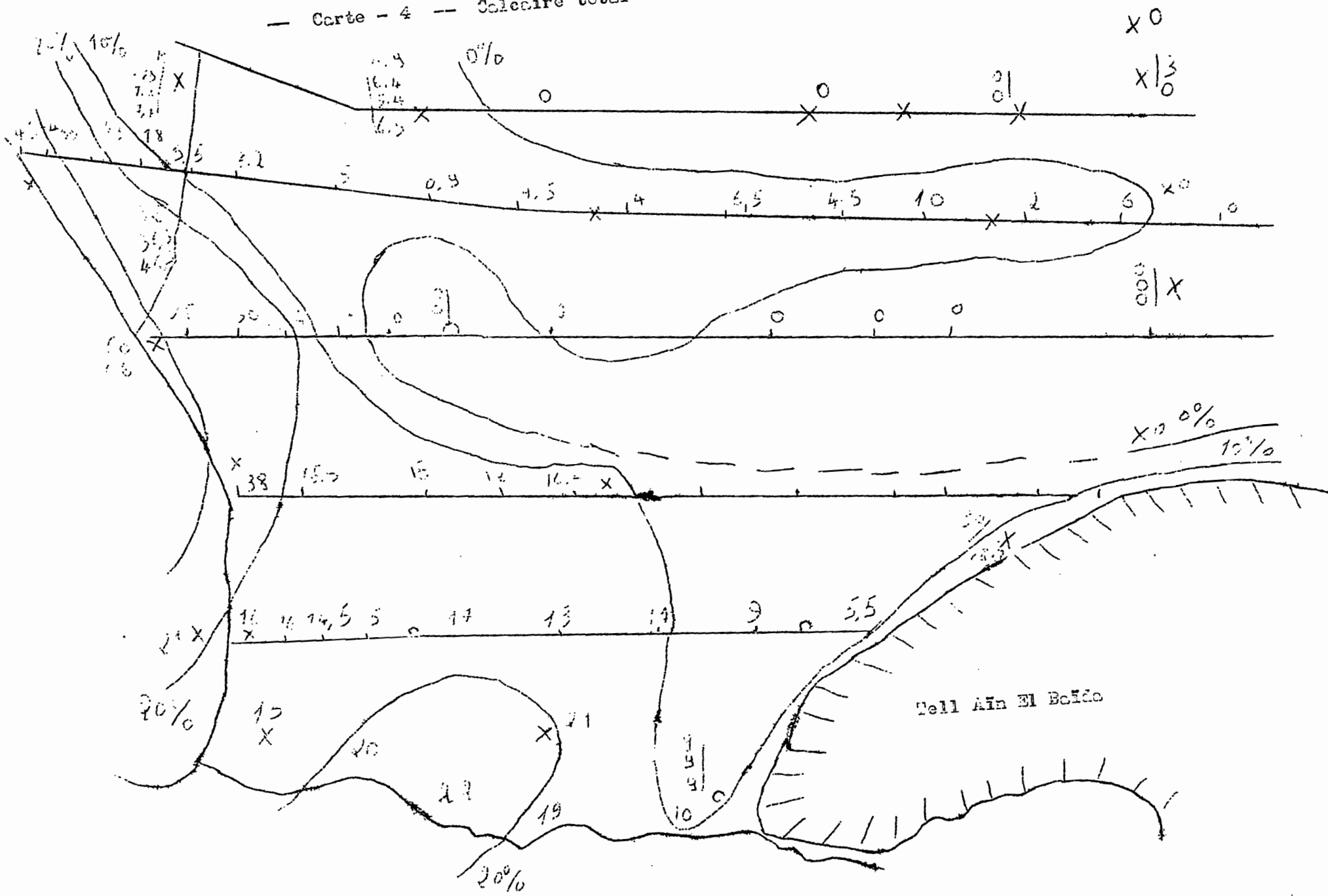
0 à 5 cm. Un horizon brun foncé (5 YR 4/3), argilo-limoneux structure nuciforme moyenne à prismatique fine, poreuse. Sec, décalcifié. Quelques cailloux en surface, mais peu dans la masse.

5 - 40 cm. Même horizon, à structure franchement prismatique, cohérent, consistante, moyennement poreuse. Présence de toutes petites indurations noires, probablement manganifères. Fines racines dans la masse, mais mal réparties.

-- Carte 3 -- (Argile % entre 40 et 80 cli.
 Profondeur du revêtement argileux **100**



— Carte - 4 — Calcaire total = en % dans le profil et sur un échantillon moyen.



40 - 120 cm. Même couleur et même texture. Structure prismatique avec faces brillantes des agrégats (slicken slide probablement) nombreuses petites indurations de manganèse. Peu de racines.

Ces sols bien que relativement riches manquent d'aération et tendent à devenir très compacts.

3 - Utilisation des sols

Le vrai problème n'étant pas celui d'une mise en valeur agricole nous ne ferons qu'ébaucher ici l'utilisation de ces sols, à titre d'exemple pour des études ultérieures.

Trois points doivent être étudiés successivement et faire l'objet de cartes: Utilisation actuelle des sols

Aptitude des sols en culture sèche

Aptitude des sols en culture irriguée

L'utilisation actuelle ne fait souvent pas l'objet d'une carte et apparaît sur le fond de la carte pédologique ou sur celui d'une carte d'aptitude.

3.1 Utilisation actuelle

Nous avons vu plus haut dans l'étude du milieu que cette cuvette était très cultivée et fortement irriguée, nous ne reviendrons pas sur cette question.

3.2 Aptitude des sols en culture sèche

L'utilisation de ces sols en culture sèche ne sera pas envisagée ici puisqu'ils sont pour la plupart irrigués.

3.3 Aptitude des sols en culture irriguée (carte 7)

Le terme "aptitude" est employé de préférence à celui "d'utilisation", trop général, et à celui de "vocation" qui semble considérer un sol comme voué et prédestiné à telle ou telle culture. Un sol sera donc plus ou moins apte à recevoir tel type de culture de par ses caractères physicochimiques, mais des impératifs économiques pourront orienter différemment le choix des cultures.

Les cultures conseillées seront divisées en grands groupes:

1. Cultures arbustives allant de la vigne aux agrumes.

2. Cultures annuelles telles que les céréales et cultures fourragères

3. Cultures maraîchères.

Les zones non irrigables pour telle ou telle raison pourront être soit reboisées soit être utilisées comme terrain de parcours pour le bétail.

-- A titre d'exemple traitons la cuvette de Kfar-Zabad.

3.3.1. Les rendzines trop caillouteuses et trop perméables, les pentes trop fortes ou trop rocheuses ne devraient pas être irriguées, bien qu'utilisables en sec pour des céréales, de la vigne, des figuiers.

3.3.2. Les sols rouges des pentes de l'Anti-Liban sont tantôt non irrigables quand ils sont trop caillouteux ou trop perméables, tantôt irrigables quand ils sont profonds et peu caillouteux.

Ils conviennent alors moyennement aux céréales et à l'arboriculture: pommiers divers etc.

Quelques travaux d'aménagement sont conseillés sur ces sols:

- Labour profond tous les 3 ou 4 ans pour rompre la compacité du sol entre 30 et 60 centimètres.
- Epierreage partout où les gros cailloux risquent de gêner les machines.
- Confection de terrasses à lit en pente suivant les courbes de niveau (nous parlerons par ailleurs de cette technique).
- Enfin l'irrigation par aspersion nous semblerait souhaitable, pour économiser l'eau et éviter la destruction de la structure et le lessivage de l'horizon de culture.

3.3.3. Les alluvions brunes de la cuvette ne sont pas, à notre avis, utilisables pour l'arboriculture, elles sont trop argileuses et risquent après plusieurs années d'irrigation de devenir compactes et peu aérées comme c'est le cas de la bande hydromorphe.

Par contre ce sont des terres excellentes pour les céréales et le maraîchage, avec pourtant nécessité d'assainir le bas fond hydromorphe par quelques drains ouverts judicieusement placés. Labour profond et aspersion seraient également à conseiller dans ces se

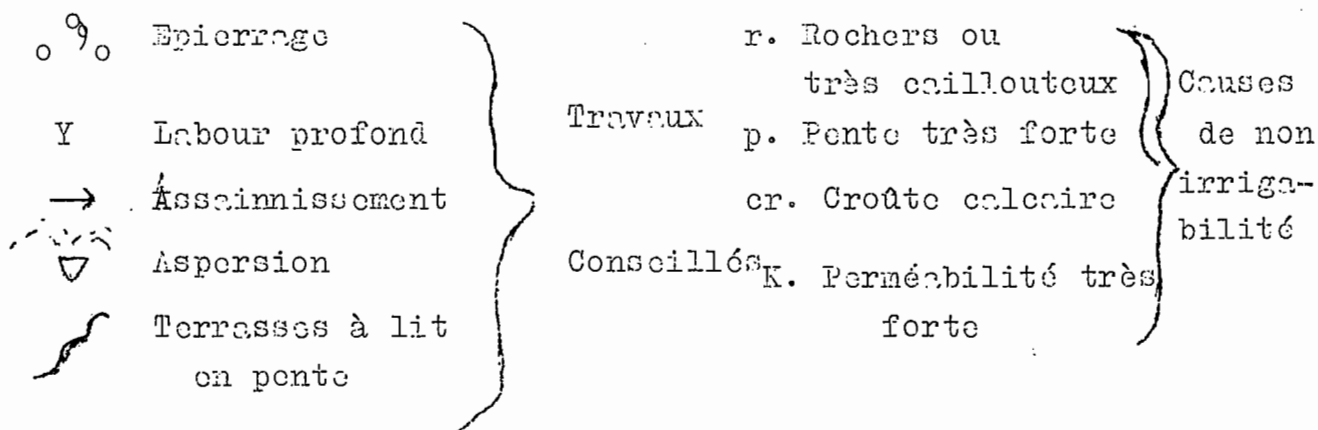
sols très argileux.

Il est possible que des brises-vents soient nécessaires, mais nous ne connaissons pas suffisamment le microclimat de cette cuvette pour pouvoir les conseiller.

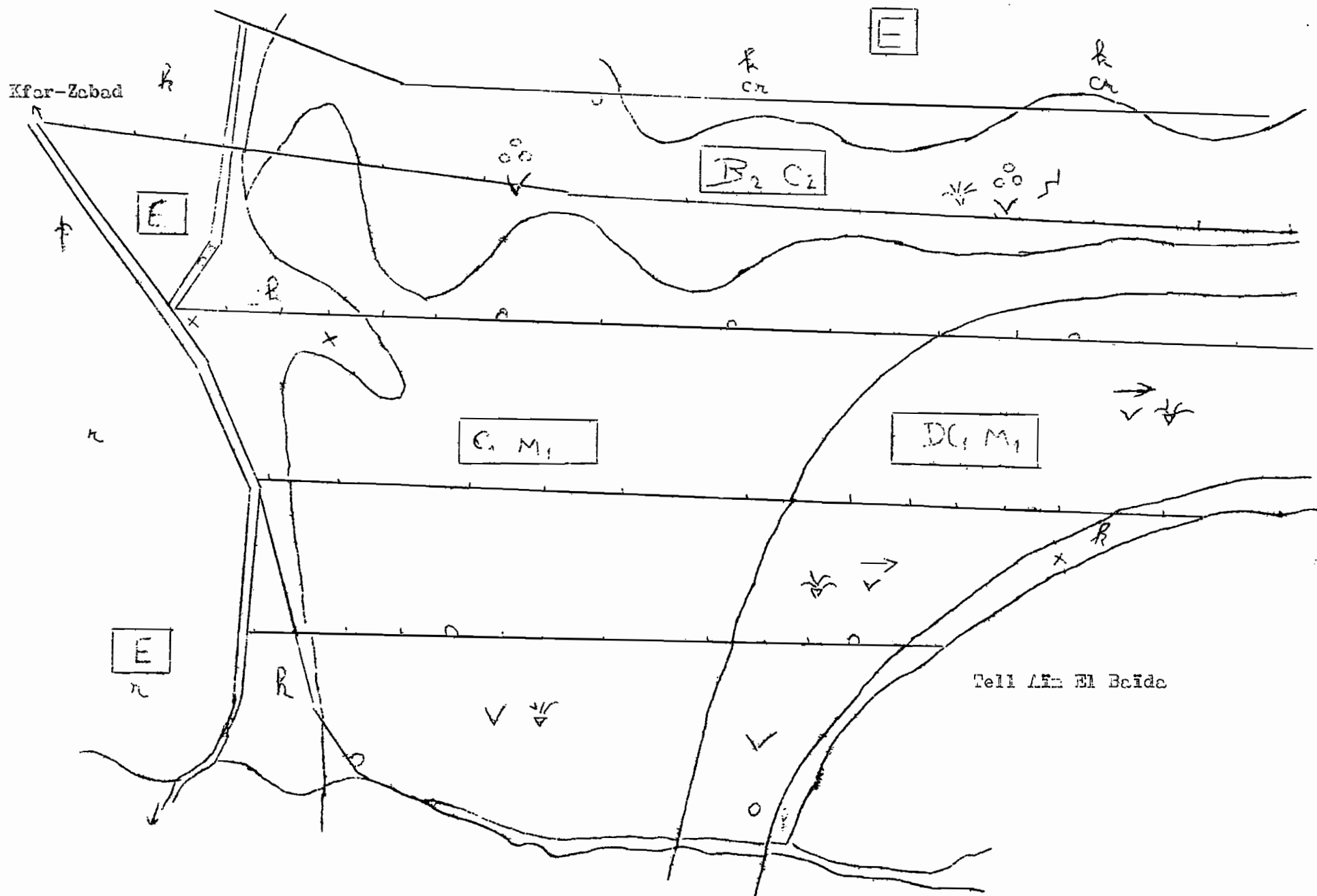
3.3.4. Légende de la carte 7 "Aptitude des sols en culture irriguée"

- B₂ -- Sols convenant moyennement aux cultures arbustives.
- C₁ --- Sols convenant bien aux cultures annuelles.
- C₂ -- Sols convenant moyennement aux cultures annuelles.
- M₁ -- Sols convenant bien aux cultures maraîchères.
- D --- Nécessité de travaux d'aménagement préalables
- E -- Sols qu'il est préférable de ne pas irriguer.

Signes divers



-- Carte 7 - Aptitude des Sols en cultures irriguées



III Perméabilité des sols

La notion de perméabilité de l'eau dans les sols, se conçoit bien théoriquement, mais pratiquement quand il s'agit de la mesurer plusieurs techniques s'opposent. Nous n'insisterons pas sur les avantages et les inconvénients de chacune d'elle, et nous abordons directement la question en considérant les deux groupes de méthodes de laboratoire et de terrain que nous avons utilisées.

1 -- Au laboratoire nous avons essayé la méthode des cubes vergières mais ses résultats irréguliers et surtout la longueur et les difficultés des prélèvements ne nous permettent pas de l'utiliser comme une méthode classique.

N° du trou	Echantillons analysés correspondants	Profondeur en cm.	Perméabilité vergière cm/sec.	
			K ₁	K ₂
2	Za. 59,2	50-60	1,1. 10 ⁻¹	2,8. 10 ⁻²
6	Za. 40,2	50-60	2,5. 10 ⁻¹	1,1. 10 ⁻¹
11	Za. 35,2	50-60	1,17 10 ⁻¹	7,2 10 ⁻²
3		50-60	2,74 10 ⁻¹	2,2 10 ⁻²
5	Za. 42,2	60-70	7,2 10 ⁻²	7,2 10 ⁻²
8		60-70	2,74 10 ⁻²	1,91 10 ⁻²
8'	Za. 77,2	60-70	1,13	8,3 10 ⁻¹

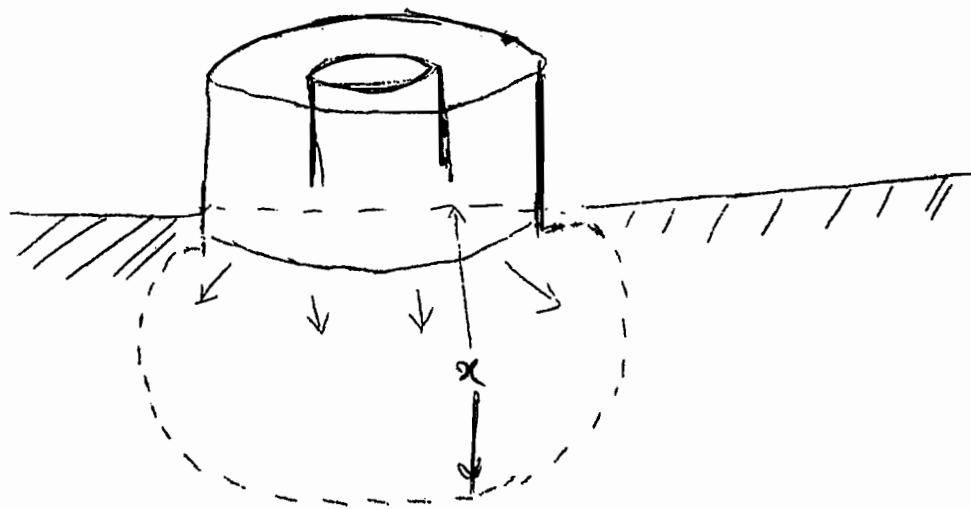
La méthode de Hénin après remaniement de l'échantillon est très attrayante par sa simplicité, mais ne semble pas correspondre aux besoins de l'irrigation

2 -- C'est à des méthodes de terrain qu'il faut faire appel si nous voulons avoir une idée correcte de la vitesse de filtration de l'eau dans les sols.

2.1 -- Méthode Muntz (tableau II)

A Kfar-Zabad nous avons simplement fait un essai de la méthode, puisqu'il ne s'agit pas d'un problème d'irrigation.

Technique: Un cylindre de 10 cm. de diamètre est enfoncé de 3 cm. dans le sol; une hauteur d'eau de 10 cm. est mise dans le cylindre. La diminution de l'eau est suivie en fonction du temps d'où nous déduisons une vitesse de filtration, un cylindre de garde de 30 cm. de diamètre permet à l'eau de s'infiltrer verticalement.



Dans cette méthode nous avons voulu éliminer l'alimentation à niveau constant, comme cela est pratiqué habituellement dans la méthode Muntz, et dans les calculs nous tenons compte de la hauteur moyenne $\frac{x_2 + x_1}{2}$

Il s'agit essentiellement d'une méthode de surface donc destinée à l'étude de la perméabilité de la couche supérieure, aussi n'avons pas multiplié les expériences. Notons l'intérêt de cette méthode pour l'étude des sols à mettre en irrigation. La vitesse de filtration de l'eau est mesurée en partant de la profondeur x humectée par les 10 centimètres d'eau du cylindre (méthode Muntz modifiée par Pioger).

2.2. Méthode Porchet

Cette méthode nous a paru beaucoup mieux adaptée au but que nous recherchions: Connaître la perméabilité moyenne du revêtement argileux de la cuvette.

TABLEAU II.

PERMEABILITES MUNTZ

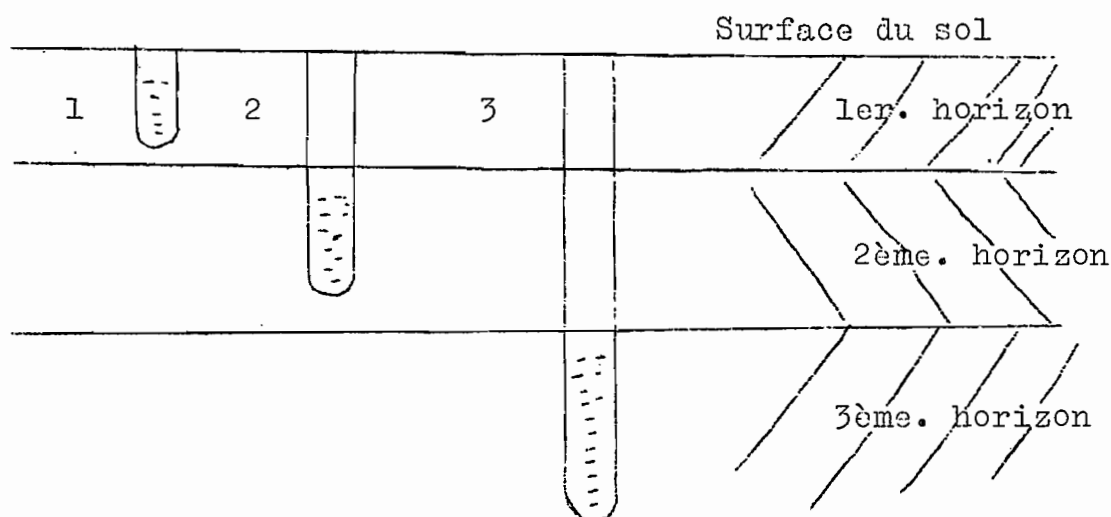
Types de sols	Emplact.	Prof. en cm.	n	K cm / H
Sols Hydromorphes	27	0	1	2
		60	1	1,43
		99	1	1,38
Sols bruns calcaires (x)	11	0	2	1,85
		70	1	0,40
	7 (x)	0	1	2
		90	1	0,35
Sols brun-rouges méditerranéens	2	60	1	0,20
	3 (x)	0	1	0,72
	20	0	1	1,14
Rendzines cailloutueuses	28	0	1	1,09
		60	1	4,32
		80	1	2,95
	25	0	4	2,36
Sols rouges méditerranéens	29	0	1	1,17
	30	0	2	2,52
		50	1	1,35
	21	0	2	2,52
		50	1	1,57
	16	0	2	3,23
		60	1	4,84
	23	0	2	3,79
		90		1,29
	17	0	2	2,72
	85	1	1,44	

2.2.1 -- Technique:

Après l'observation pédologique nous permettant de différencier 1,2,3; ;. horizons, nous implantons à la sonde à main une série de sondages. Le premier à 10 cm. au-dessus de l'horizon 2, le deuxième à 10 cm. au-dessus de l'horizon 3, etc? Nous répétons la série 2,3 ou 4 fois.

De l'eau est versée dans chaque trou de façon à ce que dans le trou 2 l'eau ne remonte pas jusqu'à l'horizon 1, dans le trou 3 jusqu'à l'horizon 2 etc.

A Kfar-Zabad le revêtement argileux est très homogène de 0 à plus de 100 cm. si bien que nous avons systématiquement choisi deux profondeurs de mesure 60 cm. et 120 cm. environ.

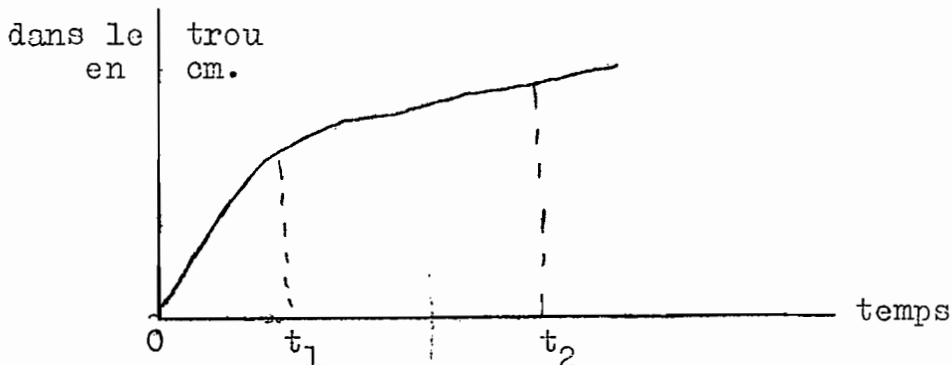


La couche de pénétration de l'eau en fonction du temps est de la forme ci-contre: pendant le temps t_1 le sol doit arriver à saturation, puis l'eau pénètre régulièrement de t_1 à t_2 .

C'est entre ces deux périodes que nous calculons la vitesse de filtration.

Nous avons été conduit à remplir plusieurs fois le trou de façon à amener le sol à saturation.

Descente de l'eau



2.2.2 -- Avantages

- La facilité des sondages nous permet d'éviter l'hétérogénéité du sol en les multipliant autour du point considéré.
- Les mesures à différentes profondeurs nous permettent de connaître la perméabilité de chaque horizon.
- Enfin la simplicité de la méthode n'est pas son moindre avantage.

2.2.3 -- Inconvénients:

- Le lissage des parois du trou n'est pas constant suivant la texture du sol, le diamètre même peut varier.
- L'eau s'infiltré latéralement et verticalement si bien que les chiffres ne sont pas comparables avec ceux obtenus par d'autres méthodes, mais ils le sont entre eux et l'étalonnage de la méthode est en pratique vite réalisé.

2.2.4 -- Résultats obtenus (cartes 5 et 6) Tableau I)

Nous avons pu faire un assez grand nombre de mesures (79 entre 20 et 60 cm. - 54 entre 60 et 120), ce qui nous permet d'obtenir des moyennes valables.

Sols hydromorphes	0,054 cm/h		Imperméables
Sols bruns alluviaux	0,225	De 60 cm	très peu perméables
Sols rouges de pente	0,567	à 20 cm	Peu à assez perméables
Sols caillouteux (rendzines)	1,093		Assez perméables à perméables

Le tableau I représente l'ensemble des résultats obtenus. Les perméabilités K sont données en centimètres à l'heure et "n" indique le nombre de mesures effectuées pour obtenir des valeurs moyennes. Nous remarquons que les variations sont surtout importantes de 20 à 60 cm, moins en profondeur. Ceci est dû aux nombreux facteurs qui conditionnent la perméabilité d'un sol:

L'hétérogénéité même autour du point considéré. Il peut y avoir localement plus ou moins de cailloux, de sable, il peut exister une microcuvette argileuse etc.

La teneur du sol en matières organiques, en calcaire, en fer libre etc. Ces éléments interviennent en favorisant la structuration des éléments terreux, d'où la création de méats, de pores favorables à la circulation de l'air et de l'eau.

La texture plus ou moins sableuse du sol etc.....

Il faut donc multiplier les mesures et raisonner sur des moyennes

Les cartes 5 et 6 nous donnent une idée assez bonne de la répartition sur le terrain des zones d'égaies perméabilités.

En fait il faudrait connaître un plus grand nombre de points pour tracer avec rigueur ces courbes.

Elles suivent sensiblement les limites des grands types de sols sans toutefois y être liées. La surface moins argileuse, plus riche en matières organiques est nettement plus perméable que la profondeur.

Les sols alluviaux sont dans l'ensemble très peu perméables surtout lors qu'ils sont décalcarifiés et hydromorphes. Les sols rouges, bien que très argileux sont assez perméables du fait de leur très grande richesse en fer libre.

Les cailloux interviennent sur les bordures en facilitant la pénétration de l'eau.

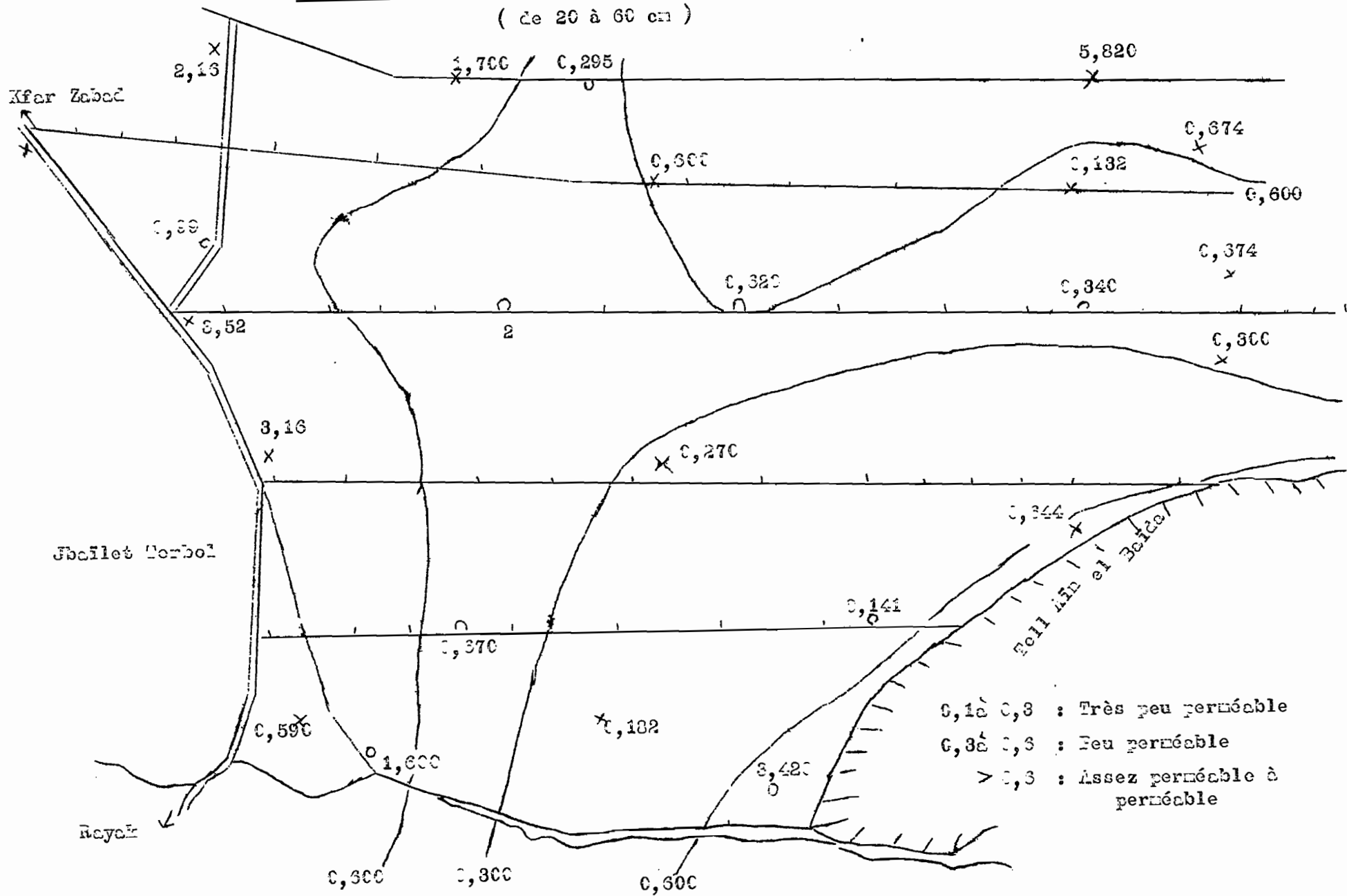
TABLEAU 1

PERMEABILITES PORCHET

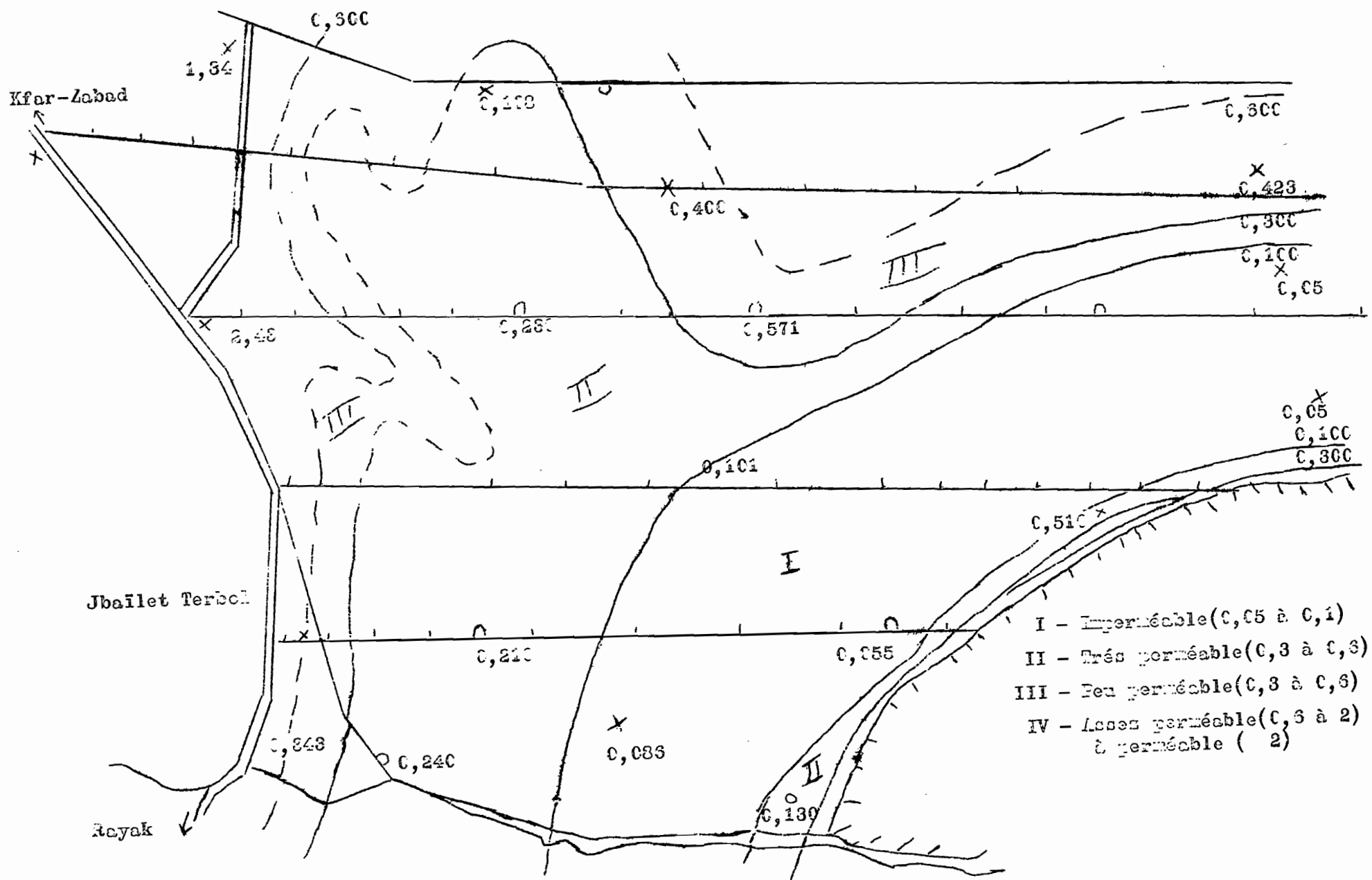
Types de sols	N° des mesures (Emplact)	Perméabilités K/cm/heure				Moyennes par types de sols	
		20-60cm		60-120cm		20-60	60-120
		K	n	K	n		
Sols Hydromorphes	27	0,300	4	0,050	4		
	10	0,340	3	0,050	3	<u>0,260</u>	<u>0,054</u>
	8	0,141	4	0,055	4		
Sols bruns calcaires (X)	7 (x)	<u>3,420</u>	3	0,136	3		
	11	0,620	2	0,571	2		
	2	0,385	3	0,230	3		
Sols brun-rouges Méditerranéens	3 (x)	0,670	2	0,210	3	<u>0,978</u>	0,225
	20	0,270	4	0,110	4	<u>0,365</u>	
	18 (x)	0,182	3	0,086	4		
	5 (x)	<u>1,600</u>	2	0,240	2		
Sols rouges Méditerranéens	1	0,295	4	0,108	2		
	17	1,700	6				
	23	0,674	4	0,423	3		
	16	2,160	4	1,340	4	<u>1,651</u>	<u>0,567</u>
	21	5,820	5				
	30	0,320	6				
	29	0,600	3	0,400	3		

--- Carte 5 --- Perméabilités Forchet

(de 20 à 60 cm)



Carte 6 - Perméabilités Forchet (30cm à 120cm)



- I - Imperméable (0,05 à 0,1)
- II - Très perméable (0,3 à 0,6)
- III - Peu perméable (0,3 à 0,6)
- IV - Assez perméable (0,6 à 2)
à perméable (2)

Cette petite étude des 300 hectares de la "cuvette de Kfar-Zabad" n'a pas un but agronomique, mais il eut été dommage d'avoir fait des sondages systématiques sans envisager le point de vue sols et mise en valeur.

Nous avons noté la grande fertilité des alluvions brunes de la cuvette qu'elles soient calcaires ou non, plus ou moins hydromorphes plus ou moins argileuses. Cependant la fertilité d'un sol n'est pas un caractère acquis une fois pour toute il faut l'entretenir. L'eau doit être judicieusement apportée par des canaux à faible pente, en quantité plus modérée que dans cette cuvette où l'excès entraîne l'asphyxie des couches profondes. Pour l'économie de l'eau et de ces sols lourds l'aspersion serait certainement une bonne solution, mais d'autres facteurs économiques interviennent et n'en font pas forcément la méthode d'irrigation idéale.

Les sols rouges bien qu'argileux gardent une bonne perméabilité, nous songerions volontiers à des oliveraies irriguées, traitées suivant des terrasses à lit en pente, mais la mise en irrigation de ces sols ne doit intervenir qu'en seconde urgence, après celle des sols bruns alluviaux.

Enfin les rendzines de bordure sont trop caillouteuses, elles demanderaient beaucoup d'eau et se lessiveraient vite, les rendements baisseraient.

Du point de vue matériau de barrage ou revêtement imperméable de la cuvette, les sols bruns-alluviaux sont excellents, même en surface.

Si l'on utilise ce sol argileux pour la digue il suffira d'éviter les bordures trop caillouteuses, les sols rouges du bas de l'Anti-Liban et de ne pas descendre dans les poudingues caillouteux, calcaires et certainement perméables. Si le revêtement est laissé place et la digue construite avec les marnes de Kfar-Zabad par exemple, conviendra d'imperméabiliser le pourtour du bassin jusqu'à la côte d'immersion par application de terre argileuse ou d'argiles du commerce préparées à cet effet.

Tableau III Analyses

en o/o ou o/oo de terre séchée à l'air

Echant.	Prof. cm.	Gr. S. %	S. gros %	S. fin %	Limon %	Arg. %	Hté. 105%	Hté. Eq. %	Calcaire		pH	P ₂ O ₅ Ass. o/oo	C %	No/oo	C/N	M.O. %
									Tot. %	Act. %						
Za. 19	80-90				26,8	63,1	6,7	33,7								
Za. 20	90-100				26,7	61,5	7,4	34,4								
Za. 21	80-90				27,2	59,6	6,3	34,4								
Za. 22	80-100				21,1	60	5,6	34,8								
Za. 23	80-90				23,9	62	6,3	32,8								
Za. 24	70-80	40,1	4,1		26,1	49,7	4,1	31,5	28							
Za. 25	40-50	2			29	50,1	5	32,2	30							
Za. 26	40-50	3,2			29,6	53,4	5,4	31	28,5							
Za. 27	50-60				33	55,1	6,7	32,7	4							
Za. 28	60-70	1			26,4	63,1	6,5	32,2	0							
Za. 29	60-70	0			24	64	5,4	30,1	2							
Za. 30	60-70	0			26,1	54,6	4,2		0							
Za. 31	60-70	0			23	57	4,7	26,8	0							
Za. 32	70-80	0					4,9		0							
Za. 33	50-60	0					5,9		0							
Za. 34	40-50	3,1			28,5	63,5	5,4	31,4	2							
Za. 35.1	0-15		1,6	18,1	23,4	60,6	4,3	25								
Za. 35.2	45-55		1,5	17,5	29,5	50,4	4,3	28,2								
Za. 35.3	80-100		1,2	19,3	22,8	50,8	3,8	26,4								
Za. 39.1	0-15	2,7	0,9	1,3	34,2	54,1	6		0		7,6	0,22	0,73	0,62		1,24
Za. 39.2	40-50	2	8,2	21	25	62,6	5,2		0		7,7	0,075	0,56	0,56		1,13

Tableau III Analyses en o/o ou o/oo de terre séchée à l'air

Echant.	Prof. cm.	Gr. %	Calcaire				Hté. 105%	Hté. Eq. %	Tot. %	Act. %	pH	P ₂ O ₅ ads. o/oo	C %	N o/oo	C/N	E.O. %
			S. gross %	S. fin %	Linon %	Arg. %										
Za.39.3	80-100	0	16,7	4	28,6	49,5	3,9	0		7,7	0,01	0,5	0,55		0,87	
Za.40.1	0-15	35	16,7	4	28,6	49,5	3,9	32	11,5	8	0,22	1,2	1,24		2,1	
Za.40.2	40-60		16,9	5,7	28,2	50,8	4,3	36,5	13	7,7	0,81	1,1	1,11		1,92	
Za.40.3	100-120	14,5	20	14,8	30,3	25,2	2,2	32,6	75,5	19,5	8	0,05	0,34	0,51	0,58	
Za. 44	30-50	1,9	9,2	0,8	35,8	32,9	3,9	21	8	7,7						
Za. 45	30-50	5,3	21,6	6,9	32,7	39,3	4,7	33,5	16	6	7,6					
Za.46.1	0-15	12,2	27	10,9	28,6	34,6	2,9	25,2	60	11,5	7,9	0,25	1,1	1,40	1,92	
Za.46.2	30-50	34	28,5	12,5	25,6	36,5	3,4	28,3	56	12,5	8,2	0,19	0,52	0,75	0,9	
Za.46.3	80-100	13,5	27,8	13,7	23,9	37	2,8	29,4	64	12	8,2	0,23	0,43	0,56	0,8	
Za.59.1	20-40	13,1	13,2	6,9	32,9	49,4	4	25,3	29	10	7,7					
Za.59.2	70-90		11,1	8	19,5	61,1	4,4	33	20	6	7,8					
Za.68.1	0-10	15,3	16,2	3,1	42,4	40,4	4,7	27,5	9,5		8,5					
Za.68.2	30-40	53	12,6	2,8	25,8	58,2	6,9	27,4	7,5		8,4					
Za.68.3	60-70	9	2,3	9,2	23,9	60,9	7,2	30	6							
Za.68.4	100-110	0	2,1	7,7	19,6	67,2	7,7	32,8	1,5		8,2					
Za.69.1	0-8	45,5	1,5	7,3	35,3	52,3	4,9	31	2		7,7	0,20	1,2	1,47	2,1	
Za.69.2	20-30	13	0,9	8,9	25	67	6,4	28,4	0		7,8	0,23	0,83	1,23	1,42	
Za.69.3	30-40	16	0,8	5,8	21,7	68,8	8,4	30,6	0		7,6	0,11	0,74	0,98	1,26	
Za.69.4	70-80	8,2	1,3	6,7	19,4	70,4	6,5	32,4	0		7,8	0,04	0,65	1,03	1,12	
Za. 47	75-85	0			26,6	57,6	5,4	28,8	9,5		7,8					
Za. 48	70-80	2,1			22,4	64,6	3,2	30,4			7,6					

Tableau III

Analyses

en o/o ou o/oo de terre séchée à l'air

Echant.	Prof. cm.	Gr. %	S.gros %	S.fin %	Limon %	Arg. %	Hté. 105%	Hté. Eq. %	Calcaire		pH	P ₂ O ₅ ass. o/oo	C %	N o/oo	C/N	H.O. %
									Tot. %	Act %						
Za. 49	40-50	0			22,8	54,3	2,8	31,2	5		7,5					
Za. 50	50-70	0			24,7	62,5	0,9	31,8	0		7,6					
Za. 51	75-85	0			22,9	64,7	4,6	29,2	4,5		7,5					
Za. 52	55-65	0			22,2	65,2	4,5	28,8	4		7,7					
Za. 53	75-85	3			23,8	63	4,5	28,8	6,5		7,7					
Za. 54	70-80	13			22,2	64,5	4,4	29,2	4,5							
Za. 55	55-65	4,1			22,8	67,5	4,7	29,4	10							
Za. 56	30-40	0			23,9	66,4	5	29,4	2							
Za. 57	50-60				25,1	65	5,5	31	6							
Za. 58	30-40	0			27,8	61,1	4,8	31,3	0							
Za. 60	80-95				27	58,3	6,5	35	22							
Za. 61	80-90	4,4			27,6	58,5	7,7	34,6	19							
Za. 62	80-90	0			24,9	62,8	8,1	38,3	10							
Za. 63	80-90				24,8	64,1	7,8	39,4	14							
Za. 64	50-60				26,9	56,5	6,2	29,8	18							
Za. 65	55-65	1,6			27,9	56,3	5,8	30,6	26,5							
Za. 66	50-60	0			30,3	47,5	4,8	29,6	41,5							
Za. 67	50-60	20			31,8	54,4	6,2	35,6	45							
Za. 42.1	0-15				31,8	53,9	7,1	37,1	13		7,5	0,35	0,95			1,63
Za. 42.2	50-70				26,2	57,7	6,4	35,5	20	7,8	7,8	0,25	0,85			1,37
Za. 42.3	90-110				25,4	59,3	6,5	32,8	17	8,5	7,8	0,65	0,83			1,47
Za. 71	50-70		1,2	7,7	28,1	60,1	5,8	28,4	21	9,5	7,9					

Tableau III

Analyses

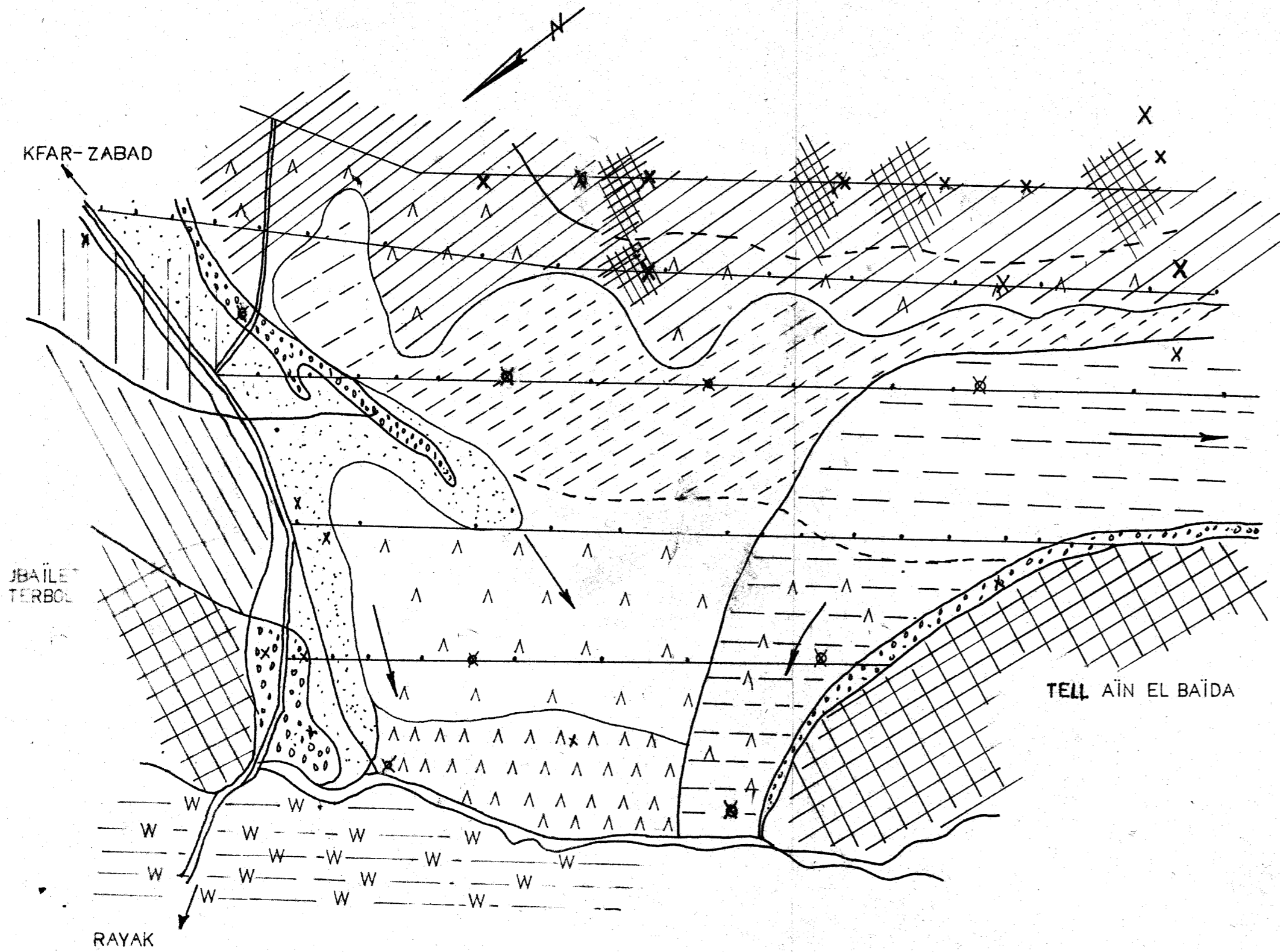
en o/o ou o/oo de terre séchée à l'air

Echant.	Prof. cm.	Gr s	S. gro	S. fin	Limon	Arg.	Hté. 105°	Hté. eq	Calcaire		pH	P ₂ O ₅ ass. o/oo	C	N o/oo	C/N	M.O. %
									Tot	Act						
Za.70.1	0-12		1,4	5,6	38,9	48,6	5,6	28	0		7,7					
Za.70.2	30-40		5,4	1,5	22,5	68	7	34	0		7,7					
Za.43.1	0-15	0	5,3	1,2	32,4	55,0	6,3	35,6	9		7,9	0,18	0,78			1,34
Za.43.2	40-50		6,7	1,4	31,0	57,5	6,2	36,6	9		8	0,16	0,68			1,15
Za.43.3	90-110		4,4	0,7	18,1	72,8	5,2	29,8	9		7,9	0,21	0,55			0,95
Za.72.1	0-15		4,6	2	33,7	53,8	4,7	30,2	0		7,5	0,10	0,83			1,43
Za.72.2	30-40		8,4	0,8	22,4	66,3	6,8	25,8	4		7,6	0,03	0,66			1,13
Za.72.3	60-70		4,6	6,2	17	70,3	5	30,7			7,9	0,01	0,54			0,93
Za.73.1	40-50		2,4	7	28,6	56	4,6	30	3		7,8					
Za.73.2	80-90	16	1,5	5,5	24,8	62	4,5	29,6	0		7,8					
Za.74	40-60		0,8	7,8	22	63,5	5	29,8	0		7,4					
Za.75.1	0-15		1,5	14,5	25,3	58,2	4,6		0		8	0,03	0,90			1,54
Za.75.2	30-40		1,2	14,3	21,4	63,4	4,7	30,8	0		8,1	0,02	0,68			1,17
Za.75.3	70-90		1,2	11,7	20,8	64,2	4,2	30,8	0		7,7	0,01	0,54			0,93
Za.76.1	30-40		1,8	13,1	24,3	59,5	5,4	31,7	0		7,9					
Za.76.2	70-90		3,2	12,1	20,3	59,4	6,8	29			7,9					
Za.77.1	10-30		8,3	16,9	25,5	44,8	3,1	25,2	30		7,8					
Za.77.2	60-80		7,5	17,7	23,8	51,2	3,4	26,6	28,5		8,4					
Za.78	30-50		2,3	10,8	26,6	50,5	4	30,4	0							
Za.79	40-70		9,7	26,8	32,4	31	3,9	32,1	15							
Za.80.1	0-15		9,6	13,8	35,2	39,1	2,7	31,1	53,5	20,5		0,13	1,07			1,84
Za.80.2	45-65		5,5	9,3	39,8	49,8	2,7	31,1	58	25,5		0,10	0,65			1,11
Za.80.3	85-95						3,6	16,7	55	32,5		0,10	0,29			0,49
Za.81.1	0-15		3,1	8,5	36	52,1	4,9	29	31,5	12		0,02	0,90			1,54
Za.81.2	40-50		9,1	3,5	31,4	55,7	4,9	28,3	32	12,5		0,01	0,66			1,13
Za.81.3	80-100		5,4	8,8	28,7	56,8	5,8	28,6	24	10		0,01	0,49			0,84
Za.82.1	0-15		5,2	15,3	37,3	38,9	4,3	37,8	55	33		0,02	1,04			1,78
Za.82.2	60-80		0,2	6,8	37,4	55,1	4,6		12	21,5		0,01	0,99			1,70
Za.83	40-60		6,5	17,4	25,9	50,0	4,5	30,5	30	9,5		0,25	0,70			1,20

CARTE - 1

KFAR-ZABAD

LES SOLS



ECHELLE 1/10.000

LEGENDE

(D'APRÈS LA CLASSIFICATION G.AUBERT)

CLASSE	SOUS CLASSE	GRUPE	SOUS GROUPE	FACIES
-SOLS MINÉRAUX BRUTS	NON CLIMATIQUES	BRUTS D'ÉROSION	LITHOSOLS	<ul style="list-style-type: none"> CALCAIRES ÉOCÈNES POUDINGUES ENCROUTÉS
			LITHOSOLIQUES	SUR CALCAIRES ÉOCÈNES
-SOLS PEU ÉVOLUÉS (RANKERS)	NON CLIMATIQUES	D'ÉROSION	RÉGOSOLIQUES	SUR MARNES
			RENDZINES ROUGES	<ul style="list-style-type: none"> - TRÈS CAILLOUTEUSES - PEU CAILLOUTEUSES
-CALCO MAGNÉSIFORMES	A CARBONATES DE CALCIUM	RENDZINES TYPIQUES	RENDZINES GRIS	P.M.
			RENDZINES BLANCHES	P.M.
SOLS A HUMUS DOUX RICHES EN HYDROXYDES INDIVIDUALISÉS	SOLS ROUGES MÉDITERRANÉENS	NON OU PEU LESSIVES	RENDZINES A HORIZONS	<ul style="list-style-type: none"> PARA. GRISÈS TRÈS CAILLOUTEUSES PARA. GRISÈS PEU CAILLOUTEUSES PARA. BLANCHES CAILLOUTEUSES
			S.BR. CALCAIRES P.P. DITS	<ul style="list-style-type: none"> PEU CALCAIRES TRÈS CALCAIRES
			S.BR. CALCAIRES HYDROMORPHES	<ul style="list-style-type: none"> PEU CALCAIRES DÉCALCIFIÉS A INDURATIONS DE Mn
S.HYDROMORPHES	PEU HUMIFÈRES A PSEUDOGLEYA DE PROFOND	A TACHES ET TRAI-NÉES OCRE-ROUILLE	S.ROUGES TYPIQUES (2,5 YR)	<ul style="list-style-type: none"> SANS CALCAIRE caillouteux AVEC UN PEU DE CALCAIRE
			S.BR. ROUGE (5 YR)	SANS CALCAIRE
				SOLS GRIS FONCÉ (Anci marécageux)

X PUIITS DE RECONNAISSANCE
 X PROFILS PÉDOLOGIQUES
 • SONNAGES
 / DIRECTIONS D'ÉCOULEMENT DES EAUX OU VERS UN VILLAGE