CONTRIBUTION A L'ETUDE DU CALCAIRE DANS LES SOLS MAROCAINS

I. — Recherches sur le calcaire grossier dans les sols argileux du Gharb

G. BRYSSINE

SOMMAIRE

I. *Introduction*

A. — Le calcaire dans les sols marocains.

B. — Technique analytique adoptée.

C. — Caractères généraux des profils étudiés.

II. — *Exposé des résultats.*

A. — Profil du dess.

a. — Fractions grossières totales.
b. — Leur composition.
c. — Partie calcaire.

1. — Constitution.
2. — Répartition du calcaire.
3. — Rapport entre les différentes formes de calcaire.
4. — Observations.

B. — Profil du tirs gris.

a. — Fractions grossières totales.
b. — Leur composition.
c. — Partie calcaire.

1. — Constitution
2. — Répartition du calcaire
3. — Rapport entre les différentes formes de calcaire.
4. — Observations

C. — Profil du tirs de merja

a. — Fractions grossières totales
b. — Leur composition.
c. — Partie calcaire.

1. — Constitution.
2. — Répartition du calcaire.
3. — Rapport entre les différentes formes de calcaire.
4. — Observations.

Al Awamia, **26**, pp. 97-147, Janvier 1968.

D. — Profil du tirs noir.
a. — Fractions grossières totales.
b. — Leur composition.
c. — Partie calcaire.
1. — Constitution
2. — Répartition du calcaire.
3. — Rapport entre les différentes formes de calcaire.
4. — Observations.

E. — Profil du tirs brun.
a. — Fractions grossières totales.
b. — Leur composition.
c. — Partie calcaire.
1. — Constitution.
2. — Répartition du calcaire.
3. — Rapport entre les différentes formes de calcaire.
4. — Observations.

III. — *Discussion*
A. — Calcaire total.
a. — Répartition du calcaire dans les profils.
1. — Sol à profils peu différenciés
2. — Sol à profils différenciés.
3. — Observations.
b. — Son taux initial.
c. — Porosité des sols.
d. — Observations.

B. — Calcaire grossier.
a. — Formes de calcaire grossier.
b. — Répartition des granules dans les profils.
c. — Taille des granules
d. — Résidu non calcaire.
1. — Sable quartzeux.
2. — Grains noirs
3. — Argile.

C. — Quelques remarques sur le rôle du calcaire dans la formation des profils.
a. — Evolution du calcaire.
1. — Sa migration.
2. — Son individualisation.
3. — Evolution du profil calcaire.
b. — Typologie des sols.

IV. — *Conclusions*

I. Introduction

A. Le calcaire dans les sols marocains

Si la plupart des sols marocains sont riches en carbonate de calcium (2), sa répartition dans la masse du sol, sa nature (fine ou grossière) et son aspect morphologique (taches, amas, granules, nodules, croûte, etc.) peuvent varier dans de très larges limites (13).

Certains profils restent uniformément calcaires dès la surface tandis que d'autres sont nettement différenciés. Cette différenciation peut aller jusqu'à la décalcarisation.

Dans les profils différenciés, le taux de carbonate de calcium croît généralement du haut vers le bas, tantôt progressivement, tantôt rapidement, sans former pour autant de niveaux d'accumulation caractérisés, distincts de la roche-mère. Ils se confondent le plus souvent avec cette dernière, du moins dans les profils ne descendant pas en dessous de 150 cm, profondeur généralement admise lors des prospections pédologiques au Maroc.

Cet élément peut exister dans le sol sous une forme très fine faisant partie intégrante de la masse terreuse. C'est le cas général des profils peu ou non différenciés. Par contre, dans les sols morphologiquement plus évolués, il peut s'individualiser à certains niveaux sous forme d'amas, de granules ou de nodules pour donner finalement un horizon particulier : la croûte calcaire.

La présence de ces éléments calcaires individualisés, friables, (amas) ou durcis (granules, nodules, etc.), ne semble pas toujours indiquer l'enrichissement en carbonate de calcium du niveau où ils sont présents (10), d'autant plus qu'on les retrouve souvent aussi dans les horizons profonds, noyés dans la masse terreuse tendre et fortement calcaire. Le rôle et le comportement de ces éléments individualisés sont différents de ceux du calcaire fin présent dans ces horizons.

Pour essayer de préciser la nature du calcaire présent dans les sols du Maroc, et surtout de ses formes individualisées, nous avons entrepris une série d'études à ce sujet. Nous avons cherché à savoir si la présence de granules dans un horizon indique son enrichissement en calcaire et quelle partie représente le calcaire individualisé sous forme de granules durcis par rapport au calcaire total dans les horizons tuffeux tendres. Dans ce but, nous avons utilisé les nombreux prélèvements volumineux, effectués par couches de 10 ou de 20 cm dans différentes régions du Maroc, à l'occasion de l'Excursion Internationale de 1966. On trouvera dans le Livret-Guide, édité à cette occasion, la description des caractères généraux des sols présentés ainsi que de nombreux résultats analytiques (7).

La présente note est consacrée à l'étude des profils des sols argileux décrits dans le Gharb (dess et tirs). En effet, les tirs ne paraissent pas échapper à la règle exposée plus haut. On trouve aussi

bien des tirs calcaires dès la surface que partiellement ou totalement décalcarisés, avec ou sans nodules et granules calcaires individualisés à certains niveaux.

Cette observation résulte de la description des profils présentés au cours de l'Excursion Internationale de 1966.

B. Technique analytique employée

Avant d'exposer les résultats obtenus au cours de cette étude il nous a paru opportun de préciser la technique employée.

Il faut noter que les prélèvements ont été effectués jusqu'à la profondeur de 180 cm dans le tirs brun (N° 27 de l'Excursion), de 200 cm dans les profils du tirs gris (N° 23), du tirs de merja (N° 24), du tirs noir (N° 25) et de 360 cm dans le dess (N° 22).

Les prises d'essai de 10 g (5 répétitions), dispersées préalablement en présence de pyrophosphate de sodium, ont été lavées par immersion sur des tamis de 0,2, 0,5, 2,0 et 5,0 mm. Le refus de chaque tamis a été séché, retamisé sur son tamis (l'eau retient toujours sur le tamis une partie importante des fractions plus fines) et pesé. Les valeurs obtenues au cours de chaque répétition ont été additionnées et les résultats finaux sont exprimés en pourcentage de la terre totale sèche (105°). Nous avons noté, succintement, pour chaque fraction de tamisage, la nature de ses constituants : racines, débris minéraux (non calcaires), agglomérats durcis calcaires (granules et nodules).

Le taux de calcaire dans chaque fraction a été obtenu par différence entre les poids avant et après l'attaque chlorhydrique.

Nous n'avons pas utilisé le calcimètre au cours de cette détermination pour trois raisons :

— risque d'écraser au cours de la préparation de l'échantillon une partie du résidu minéral non calcaire, ce qui fausserait les résultats de l'étude ;

— difficultés de réaliser un prélèvement homogène de faible volume dans ces fractions hétérogènes composées généralement par la juxtaposition de granules calcaires, de sable siliceux et de débris rocheux ;

— l'attaque par l'acide chlorhydrique des échantillons non écra-

sés est trop lente et le volume du calcimètre trop faible pour mesurer tout le gaz carbonique dégagé au cours de cette opération.

Le résidu de l'attaque chlorhydrique a été décrit de nouveau.

D'après les données chiffrées, nous avons calculé le pourcentage des constituants de chaque fraction (résidu minéral, argile, calcaire) par rapport à son poids total, ainsi que la répartition du calcaire entre les différentes fractions granulométriques. Enfin, nous avons estimé la grosseur moyenne des agglomérats calcaires (granules et nodules).

C. Caractères généraux des profils étudiés

Bien que ces profils soient déjà décrits en détail dans le livret-guide de l'Excursion 1966, il est bon de rappeler ici, pour une meilleure compréhension des résultats, quelques-uns de leurs caractères qui se rapportent directement au sujet de notre étude.

Le profil N° 22 se présente comme une succession de plusieurs dépôts : argilo-limoneux, moyennement calcaire (15 %), subactuel en haut (dess) de la coupe, reposant sur une formation argileuse du Rharbien de plus en plus calcaire en profondeur (tirs gris). Au-dessous on voit apparaître, au niveau de l'oued, les assises « rubéfiées », non ou peu calcaires, du Soltanien (tirs brun ?).

Dans le profil N° 23, la partie supérieure, argileuse et calcaire (13 %), correspond au tirs gris, tandis que la partie inférieure, argileuse elle aussi, mais foncée et peu calcaire (5 %), peut être attribuée au tirs noir enterré.

Le profil N° 24 du tirs de merja est aussi complexe : la partie supérieure, moyennement calcaire (20-29 %), est séparée des horizons profonds, fortement calcaires (32-36 %), par un niveau faiblement carbonaté (10-16 %).

Dans le tirs noir N° 25, les horizons supérieurs sont complètement décalcarisés. Le calcaire qui apparaît à 80 cm semble former, à partir de 140 cm, un niveau enrichi en cet élément dont le maximum s'étend vers 170-180 cm de profondeur (45 %).

Si dans le tirs brun N° 27 le calcaire apparaît également à partir d'une certaine profondeur (60 cm), son taux croît régulièrement jusqu'à 150 cm (21 %). Au-delà de ce niveau, il paraît osciller autour de 20 %.

II. Exposé des résultats

A. Profil du dess

a. Fractions grossières totales (GRAPH. I-a * et TABL. I)

La coupe N° 22 est caractérisée, conformément à sa constitution complexe évoquée plus haut, par une répartition irrégulière des fractions grossières (supérieures à 0,2 mm) suivant la profondeur. Assez important dans la couche du dess (4,3 %), leur taux global diminue fortement dans les dépôts rharbiens (0,6 %), pour augmenter de nouveau dans la partie supérieure des formations soltaniennes (3,7 %).

D'une manière générale, les fractions sableuses (0,2-2,0 mm) prédominent dans les couches du dess (65,8 %) et du tirs gris (79,3 %) et les fractions graveleuses (sup. à 2,0 mm) dans la formation soltanienne (60,% %).

TABLEAU I

Composition granulométrique moyenne (en % du taux global d'éléments grossiers sup. à 0,2 mm)

	FRACTIONS 1	2	3	4	Total % terre totale
		Dess N° 22			
20-100	25,1	40,7	8,6	26,4	4,3
100-300	28,1	51,3	20,8	0	0,6
300-360	11,0	28,4	37,7	23,1	3,7
		Tirs gris N° 23			
10- 80	46,3	47,5	5,9	0	0,5
80-200	19,9	48,9	25,5	0	1,5
		Tirs de merja			
0- 70	49,4	46,6	3,9	3,8	1,0
70-200	44,1	40,5	10,7	2,3	1,9
		Tirs noir N° 25			
0-120	30,3	43,1	25,9	0	2,8
120-200	16,0	43,9	35,2	5,8	4,9
		Tirs brun N° 27			
0-100	37,8	33,3	20,1	8,6	3,0
100-180	11,2	26,9	28,9	32,9	11,0

Observations : 1 — sous-fraction de 0,2 à 0,5 mm
2 — » » de 0,5 à 2,0 mm
3 — » » de 2,0 à 5,0 mm
4 — » » supérieure à 5,0 mm

* On trouvera les graphiques I, II et III, et les tableaux II, III et IV en annexe à la fin du texte.

Il est à noter que la sous-fraction 1 (de 0,2 à 0,5 mm), assez abondante (par rapport au poids total des fractions grossières) dans la partie supérieure de la coupe, croît d'abord pour diminuer ensuite progressivement dans les dépôts rharbiens. Elle se maintient à un taux faible dans les formations soltaniennes (GRAPH. I-a).

b. Leur composition (GRAPH. II-a, TABL. II et TABL. III-a)

Si l'on étudie la composition élémentaire de ces fractions, on peut se rendre compte que, dans la couche du dess, elles sont constituées principalement par des éléments minéraux non calcaires, tels que de petits débris de roches, de quartz, de sable quartzeux (de 50,8 à 88,3 % de résidu non calcaire). La sous-fraction 1 (0,2-0,5 mm) accuse un taux élevé de sable quartzeux. Ce dernier reste d'ailleurs (après sa disparition entre 200 et 300 cm de profondeur) sans grand changement dans toute la coupe (56,9 % dans la couche du Soltanien).

Dans le rharbien, le taux d'éléments minéraux grossiers (débris de roche, quartz, sable quartzeux) devient insignifiant (de 0 à 5,3 %) dans les sous-fractions 2 (0,5-2,0), 3 (2,0-5,0) et 4 (sup. à 5,0 mm). Il augmente à 18,4 % dans la sous-fraction 2 du soltanien où l'on voit apparaître, outre le sable quartzeux, des grains noirs, absents dans la partie supérieure de la coupe.

c. Partie calcaire

1. Constitution (TABL. III-a)

La partie calcaire est constituée, dans les premiers 200 cm uniquement, de débris de coquilles qui persistent jusqu'à la base de cette coupe. A partir de 200 cm on voit apparaître, à côté de ces débris, des agglomérats durcis de carbonate de calcium (granules et nodules) qui constituent le principal composant de la partie calcaire des fractions sableuses et graveleuses.

Il est à noter aussi que dans la fraction grossière (supérieure à 5,0 mm) du dess, l'analyse morphoscopique ne révèle la présence ni de granules ni de débris de coquilles dans ce premier niveau. Toutefois, l'attaque à l'acide chlorhydrique montre la présence de carbonate de calcium, probablement sous forme de pellicules enrobant les débris minéraux.

2. Répartition du calcaire (GRAPH. III-a et TABL. IV)

En ce qui concerne la répartition du calcaire entre les différentes fractions granulométriques étudiées, la majeure partie de cet élément

se concentre jusqu'à 200 cm de profondeur, dans la sous-fraction 2 et jusqu'à 56,5 % entre 100 et 300 cm.

Dans la partie supérieure de la coupe, on constate sa présence en quantité notable (30,0 % par rapport à sa teneur globale) de même dans la sous-fraction 1, la plus fine. Vers la base de la coupe, le calcaire apparaît progressivement dans les fractions plus grossières, avec une nette prédominance dans la sous-fraction 4 (la plus grossière). Au sommet de la formation soltanienne, son taux atteint 40,7 %.

Cette répartition du calcaire est bien traduite par les variations de la grosseur moyenne des éléments suivant la profondeur qui montrent sa brusque augmentation à la base de la coupe (GRAPH. III-a).

3. Rapport entre les différentes formes de calcaire (GRAPH. IV-a et TABL. IV)

Si l'on compare entre elles les courbes des variations suivant la profondeur des taux de calcaire total, de calcaire fin (au-dessous de 0,2 mm) et de calcaire grossier (au-dessus de 0,2 mm), d'une part, et celle de la grosseur moyenne des fractions calcaires grossières, d'autre part, on constate que dans cette coupe, la majeure partie du calcaire se trouve sous forme très fine (inf. à 0,2 mm) : calcaire grossier = 1,4 %, calcaire total = 14,2 %. Son taux qui reste relativement modéré dans le dess (autour de 17 %), subit des fluctuations assez sensibles sans montrer pour autant une tendance à la migration.

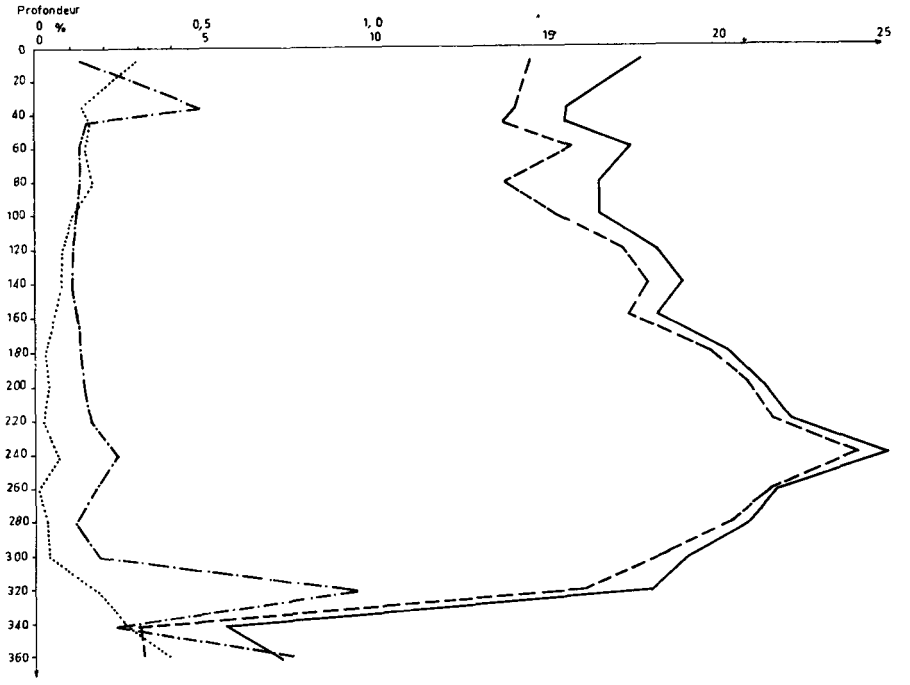
Dans le dépôt rharbien, le calcaire fin qui représente la source principale en cet élément (calcaire grossier = 0,5 %, calcaire total = 2,1 %), augmente régulièrement jusqu'à la profondeur de 220-240 cm. Au-dessous, il décroît rapidement pour osciller autour de 5 % dans la partie supérieure de la formation soltanienne visible. A ce niveau, le taux du calcaire grossier, ainsi que sa grosseur moyenne augmentent brutalement, aux dépens de la fraction plus fine (calcaire grossier : 8,9 % et calcaire total : 10,2 %).

4. Observations

Dans cette coupe, le calcaire des assises rharbiennes se serait donc accumulé à une certaine profondeur sous forme de calcaire fin, sans s'agglomérer en granules ou en nodules. Le processus d'agglomération ou de concrétionnement semble avoir lieu, par contre, dans la formation sous-jacente sans qu'il soit possible de discerner actuellement les modalités de ce processus, le profil n'étant pas assez profond. Nous reviendrons sur ce sujet.

GRAPHIQUE IV-a *

Variations du taux de calcaire total, de calcaire fin (inf. à 0,2 mm), de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et de la taille moyenne des granules suivant la profondeur



B. Profil du tirs gris

a. Fractions grossières totales (GRAPH. I-b et TABL. I)

Le profil de tirs gris N° 23 est très pauvre en fractions grossières (0,5 à 1,5 %). Toutefois, elles paraissent augmenter avec la profondeur. Elle sont constituées, en majeure partie, par la sous-fraction 2 dont le pourcentage reste constant dans le profil (47,5-48,9 %). Le taux de sous-fraction 1 (0,2-0,5 mm) élevé dans la partie supérieure du profil, diminue à partir de 80 cm (46,3 à 19,9 %). Le taux de la sous-fraction 3, graveleuse fine (2,0-5,0 mm), passe ainsi de 5,9 à 25,5 %

* Voir Graphique IV-e (page 114) pour la légende.

en moyenne. Enfin, la sous-fraction 4, la plus grossière (sup. à 5 mm) n'existe pratiquement pas dans ce sol.

b. Leur composition (GRAPH. II-b, TABL. II et III-b)

Ces fractions grossières sont constituées surtout par du calcaire. Toutefois, la sous-fraction 1 contient des doses notables de sable quartzeux (résidus de 59,3 à 45,7 %) qui disparaît totalement à la base du profil.

Si le résidu des fractions graveleuses (après leur attaque par l'acide chlorhydrique) est formé surtout de quelques cailloux arrondis ou de sable quartzeux, celui des fractions plus fines, sableuses, comprend en plus des grains noirs, nombreux dans la sous-fraction 2, mais moins abondants dans la fraction plus fine (sous-fraction 1).

Ces grains noirs n'apparaissent qu'après l'attaque chlorhydrique ; dans les échantillons non traités, ils ne sont pas visibles. Toutefois, quelques cailloux roulés existent dans les sous-fractions 2 et 3 vers la base du profil (en dessous de 140 cm).

e. Partie calcaire

1. Constitution (TABL. III-b)

Le calcaire de ces fractions grossières se présente essentiellement sous forme de granules. Quelques débris de coquilles subsistent dans les fractions sableuses 1 et 2.

2. Répartition du calcaire (GRAPH. III-b et TABL. IV)

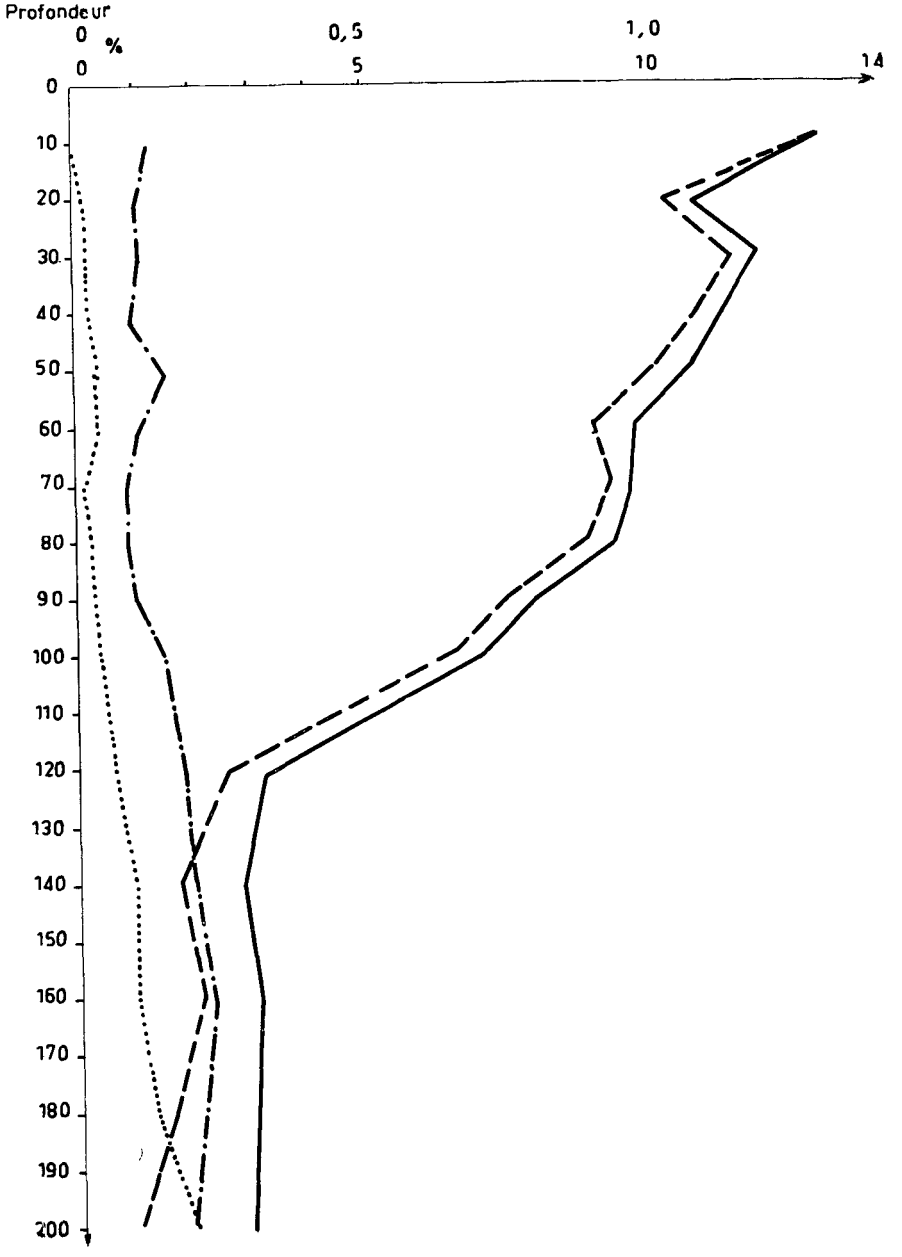
Dans la partie supérieure du profil, les granules fins se trouvent surtout dans la sous-fraction 2 (de 67,0 à 54,2 %) et à un degré moindre dans la sous-fraction 1 (30,0 à 13,1 %). En dessous de 80 cm, ils deviennent plus grossiers : on les retrouve surtout dans la sous-fraction 3 (33,6 % en dessous de 80 cm) avec un développement maximum situé vers 140-160 cm (GRAPH. IV-b).

3. Rapport entre les différentes formes de calcaire (GRAPH. IV-b et TABL. IV)

Comme il a été indiqué plus haut, la teneur en calcaire (et en particulier en calcaire total) dans ce profil diminue progressivement vers 80 cm de profondeur. Au-delà de celle-ci, son taux qui tombe rapidement (entre 80 et 120 cm) en dessous de 5 %, reste pratiquement constant jusqu'à 200 cm, fond de la tranchée. La majeure partie de ce calcaire se trouve sous une forme fine dont la courbe de répartition suit celle du calcaire total (calcaire fin de 10,0 à 3,0 %, calcaire total de 10,3 à 3,8 %).

GRAPHIQUE IV-b

Variations du taux de calcaire total, de calcaire fin (inf. à 0,2 mm), de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et de la taille moyenne des granules suivant la profondeur



Par contre, le taux de calcaire grossier croît légèrement et régulièrement avec la profondeur. Comme il a été indiqué plus haut, des granules apparaissent en faible quantité en dessous de 80 cm. De ce fait, la grosseur moyenne de ces granules, sableux et graveleux, croît légèrement jusqu'à un maximum (faible) situé vers 140-160 cm de profondeur.

4. Observations.

Dans ce profil complexe, constitué probablement par la superposition des dépôts, le nombre de granules, faible dans les horizons supérieurs, commence à croître vers la base (la profondeur de la tranchée ne nous a pas permis de continuer les prélèvements). Cette agglomération de calcaire en granules et nodules, à laquelle on peut donner le nom de concrétionnement, semble avoir lieu dès la surface dans tout le profil, avec une intensité croissante vers le bas et dont le maximum (traduit par l'accroissement du volume des agglomérats) se placerait à environ 140-160 cm de profondeur. Ce processus paraît avoir lieu dans un milieu peu calcaire.

C. Profil du tirs de merja

a. Fractions grossières totales (GRAPH. I-c et TABL. I).

Le tirs de merja N° 24 se développe, comme le profil précédent, sur des formations récentes très fines. Le taux de fractions grossières qui ne dépasse pas 2,0 % de la masse du sol (1,0 à 1,9 %), augmente toutefois légèrement jusqu'à 160 cm de profondeur. A partir de ce niveau, la teneur en gravier et en sable grossier croît brusquement.

Cette fraction grossière comprend surtout les sous-fractions 1 et 2 en quantités égales (49,4 à 44,1 % pour la sous-fraction 1 et 46,6 à 40,5 % pour la sous-fraction 2). Leur taux diminue à partir de 160 cm en faveur des fractions graveleuses (fraction 3) dont le taux croît de 3,9 à 10,7 %.

b. Leur composition (GRAPH. II-c et TABL. II et III-c)

Toutes ces fractions sont constituées presque exclusivement par du calcaire (de 77,9 à 100,0 % dans la couche supérieure et de 69,6 à 93,9 % en dessous), sauf la sous-fraction 1 qui contient, à partir de 120 cm, des éléments sableux siliceux, décolorés (de 14,8 à 24,4 % en moyenne).

c. Partie calcaire

1. Constitution (TABL. III-c)

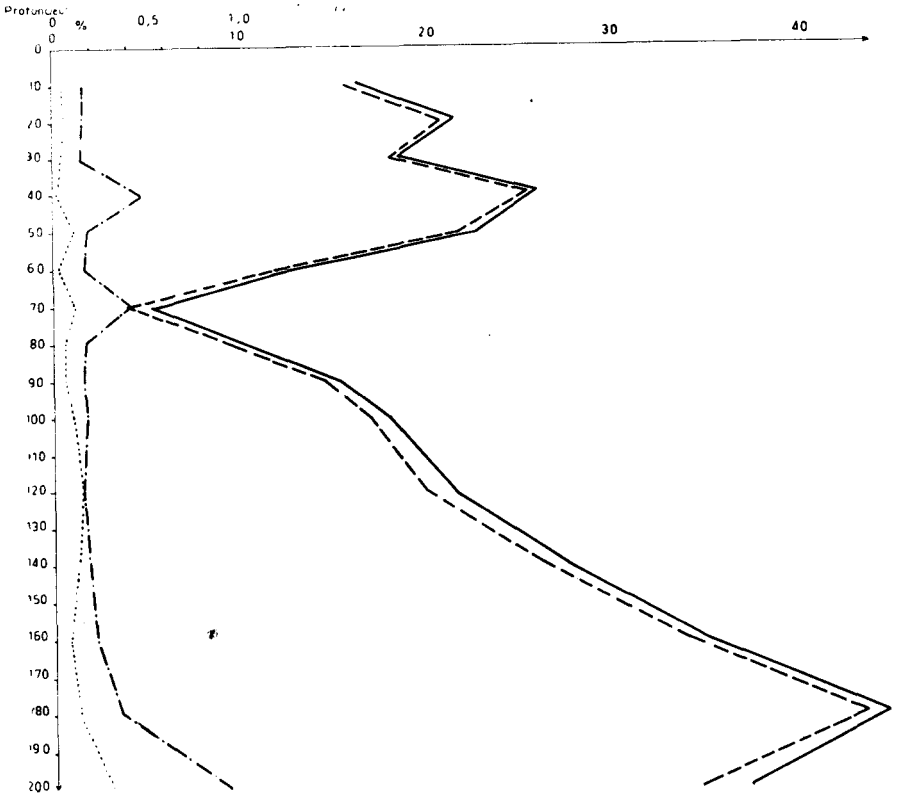
Le calcaire grossier de ce sol est fourni par des débris de coquilles. Les granules n'apparaissent qu'en profondeur et principalement dans les fractions graveleuses.

2. Répartition du calcaire (GRAPH. III-c et TABL. IV-c)

La répartition du calcaire entre ces différentes fractions granulométriques correspond à celle des fractions totales exposées dans le paragraphe précédent. Ces dernières sont constituées, en effet, presque exclusivement par du calcaire (comparer les GRAPH. I-c et III-c).

GRAPHIQUE IV-c

Variations du taux de calcaire total, de calcaire fin (inf. à 0,2 mm), de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et de la taille moyenne des granules suivant la profondeur



3. Rapport entre les différentes formes de calcaire (GRAPH. IV-c et TABL. IV)

La majeure partie du calcaire, sinon sa totalité, se trouve sous une forme fine (inf. à 0,2 mm) : le calcaire grossier n'atteint que 0,8 à 1,1 % et le calcaire total de 17,4 à 29,0 %.

Comme nous l'avons déjà indiqué dans les pages précédentes, ce sol est caractérisé par l'existence de deux niveaux à forte teneur en carbonate de calcium, séparés par un niveau peu calcaire.

Dans le niveau supérieur, la teneur en calcaire augmente avec la profondeur. Elle atteint un maximum vers 30-40 cm. C'est dans ce niveau que l'on trouve quelques débris grossiers de coquilles, ce qui se traduit par un accroissement sensible de la grosseur moyenne des fractions calcaires. Ces débris sont aussi relativement abondants et grossiers dans le niveau peu calcaire.

Au-delà de ce niveau, le pourcentage de calcaire (total et fin) augmente de nouveau pour former, vers 170-180 cm, une zone d'enrichissement. En dessous, le taux de calcaire rediminue.

L'apparition de granules grossiers, qui se traduit également par l'accroissement de la grosseur des fractions calcaires, à lieu en dessous de cet horizon enrichi.

4. Observations

La formation des granules calcaires ne semble pas avoir lieu dans les tirs de merja, sols récemment assainis. On trouve par contre des débris de coquilles non encore altérés. Les granules n'apparaissent qu'en profondeur, probablement dans les assises alluvionnaires plus évoluées.

D. Profil du tirs noir

a. Fractions grossières totales (GRAPH. I-d et TABL. I)

Dans ce profil N° 25, les horizons profonds s'enrichissent progressivement en fractions sableuses et graveleuses (de 2,8 à 4,9 % en moyenne) jusqu'au niveau 100-160 cm, surtout en sous-fraction 2 (de 41,1 à 43,9 %) et 3 (de 25,9 à 35,2 %), donc assez grossières. En haut du profil, on peut noter la présence de la sous-fraction 1, la plus fine (30,3 à 16,0 %) et en bas de la coupe de la sous-fraction 4 (5,8 %), la plus grossière. En profondeur (en dessous de 150 cm), le taux global des fractions diminue fortement.

b. Leur composition (GRAPH. II-d et TABL. II et III-d)

Elles sont surtout constituées par du carbonate de calcium (jusqu'à 93,4 %), avec présence d'un résidu non calcaire dans les fractions sableuses, particulièrement abondant dans la sous-fraction 1 de la moitié supérieure du profil (77,4 %). Ce résidu est constitué de débris de roche dans l'horizon supérieur et de sable quartzeux dans tout le profil. De plus, des grains noirs, absents dans les fractions 3 et 4 (graveleuses), prédominent dans la sous-fraction 2 mais sont relativement rares dans la sous-fraction 1. Il faut noter aussi l'abondance de racines et de radicelles dans toute la coupe.

Comme dans les profils précédents, le résidu minéral et, en particulier, les grains noirs n'apparaissent qu'après la destruction du calcaire.

c. Partie calcaire

1. Constitution (TABL. III-d)

Le calcaire de ces fractions se trouve exclusivement sous forme de granules quel que soit le niveau du profil.

2. Répartition du calcaire (GRAPH. III-d et TABL. IV)

Il se répartit en grande partie entre les sous-fractions 2 (de 53,1 à 42,8 %) et 3 (de 37,9 à 33,1 %) prédominantes dans ce sol, le taux des autres fractions étant très faible ; on constate un enrichissement progressif de la fraction 3 en éléments grossiers calcaires aux niveaux de 150-160 et 180-190 cm. De ce fait, la courbe de grosseur moyenne des granules calcaires, qui croît lentement mais régulièrement avec la profondeur, montre deux maxima, l'un vers 150-160 cm et l'autre vers 180-190 cm.

3. Rapport entre les différentes formes de calcaire (GRAPH. IV-d et TABL. IV)

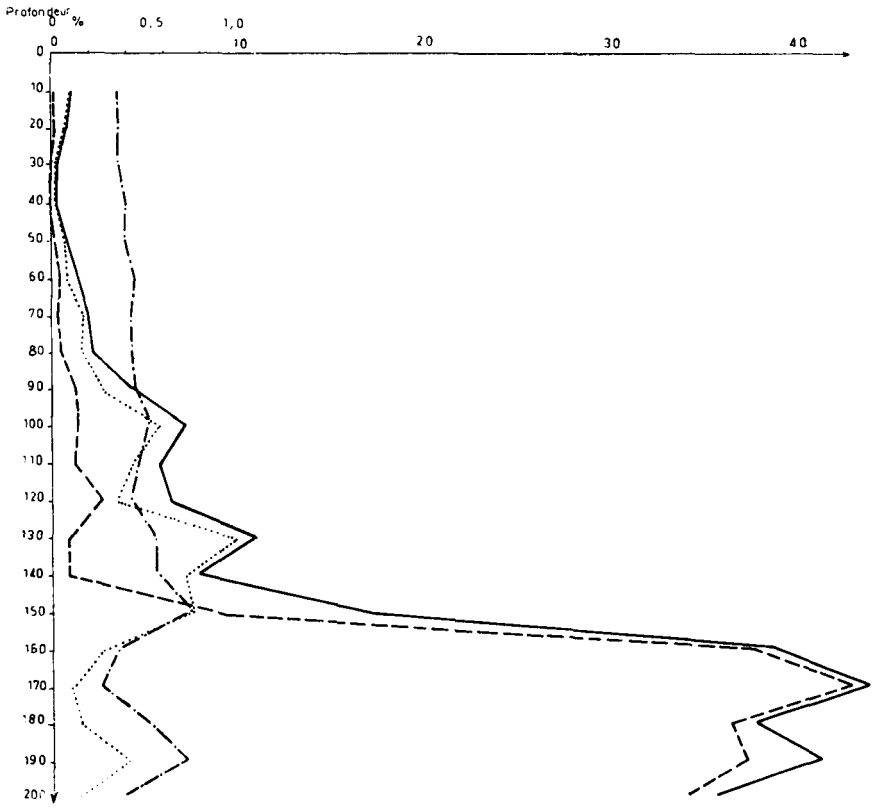
Dans ce profil décalcarisé jusqu'à 80 cm de profondeur, la plus grande partie du carbonate de calcium présent dans les horizons inférieurs fait partie de la terre fine (calcaire grossier : 2,5 %, calcaire total : 29,7 %). Ceci est surtout marqué à partir de 140 cm.

La courbe de répartition du calcaire de cette classe montre bien son accumulation vers la base du profil.

Par contre, la zone enrichie en granules se place plus haut, entre 90 et 140 cm, avec un « pointement » de la courbe de répartition du calcaire de cette classe vers 130 cm.

GRAPHIQUE IV-d

Variations du taux de calcaire total, de calcaire fin (inf. à 0,2 mm), de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et de la taille moyenne des granules suivant la profondeur



La courbe de répartition du calcaire total montre, elle aussi, ce léger enrichissement, localisé dans la zone peu calcaire, en présentant quelques « crochets » supplémentaires au-dessus du maximum général.

4. Observations

Il en résulte que le nombre de granules, dont le diamètre moyen varie peu (en réalité, il croît légèrement avec la profondeur), atteint son maximum dans les horizons peu calcaires.

Par contre, dans les horizons riches en carbonate de calcium, où leur nombre diminue, on peut trouver dans certains niveaux (deux

dans le présent profil) quelques gros granules ou nodules noyés dans la masse de calcaire fin.

E. Profil du tirs brun

a. Fractions grossières totales

Le caractère de la répartition de la fraction grossière de ce profil (N° 27) diffère légèrement de celui du tirs noir : ce taux, faible en haut (2,0 %), croît rapidement (11,0 %) et d'une manière continue à partir de 60 cm de profondeur, sans se concentrer pour autant dans un horizon particulier au-dessus de la roche-mère, riche en calcaire, comme c'était le cas dans le profil précédent.

Elle comprend surtout les sous-fractions 2 (de 33,3 à 26,9 %) et 3 (de 20,1 à 28,9 %) avec une forte proportion de sous-fraction 1 (37,8 %) en haut du profil et de sous-fraction 4 (32,9 %) en dessous de 80 cm. Cette dernière fraction est abondante dans le profil du tirs brun.

b. Leur composition (GRAPH. II-e, TABL. II et III-e)

Les éléments graveleux sont constitués en majeure partie (de 67,3 jusqu'à 88,1 %) par du calcaire, dont le taux diminue dans les fractions plus fines au fur et à mesure de l'accroissement de la finesse du sable (de 71,2 à 28,8 %).

Dans les fractions sableuses de ce profil, le résidu minéral devient plus abondant que dans celles du tirs noir, surtout dans les horizons supérieurs (jusqu'à 68,8 %) (GRAPH. III-e). Ce résidu est formé essentiellement par du sable siliceux, de couleur brun-rouge dans les fractions les plus grossières, (sup. à 2,0 mm), incolore dans les fractions fines, où il est présent à côté des granules calcaires. Par contre, il n'apparaît dans les fractions graveleuses (3 et 4) qu'après leur attaque par l'acide chlorhydrique. La même attaque fait apparaître les grains noirs, très abondants dans la sous-fraction 2, moins dans la sous-fraction 1. Ils sont absents dans les sous-fractions 3 et 4.

c. Partie calcaire

1. Constitution (TABL. III-e)

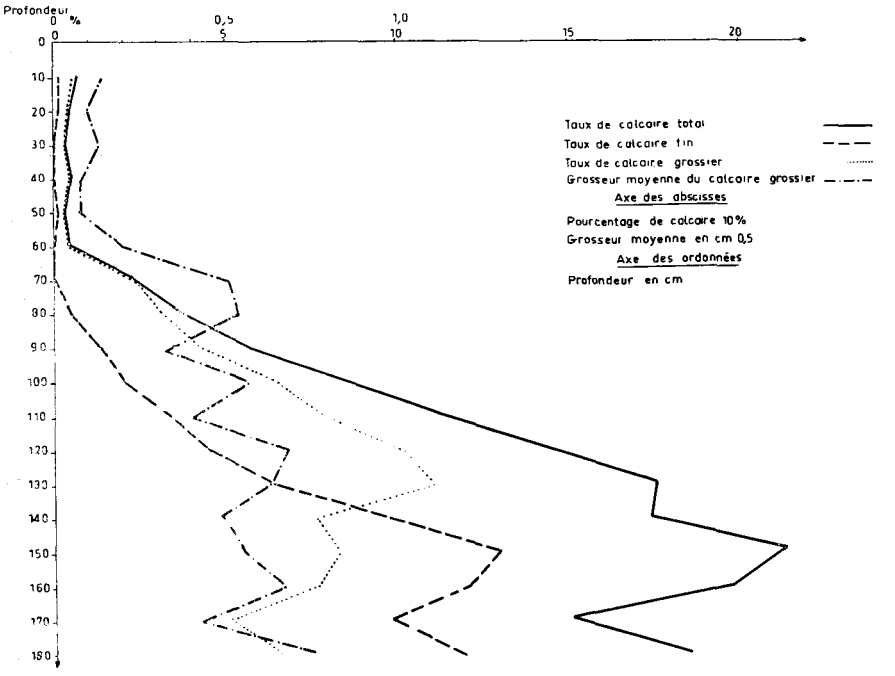
Dans ce sol, le carbonate de calcium de la partie grossière se trouve aussi, sauf quelques exceptions, sous forme de granules.

2. Répartition (GRAPH. III-e et TABL. IV)

Dans les horizons supérieurs, le calcaire est réparti en partie égale entre la première (30,9 %) et la deuxième sous-fraction (35,3 %).

GRAPHIQUE IV-e

Variations du taux de calcaire total, de calcaire fin (inf. à 0,2 mm), de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et de la taille moyenne des granules suivant la profondeur



A partir de 50 cm, le taux de la sous-fraction 1 devient insignifiant (8,7 %), celui de la sous-fraction 2 diminue sensiblement (26,2 %) et la masse principale du calcaire grossier se concentre surtout dans les sous-fractions 3 (30,3 %) et 4 (34,8 %).

3. Rapport entre les différentes formes de calcaire (GRAPH. IV-e et TABL. IV)

Contrairement aux autres profils, le calcaire grossier du tirs brun représente une partie importante du calcaire total des premiers horizons calcaires (60-120 cm) : 8,5 % de calcaire grossier et 17,0 % de calcaire total. En dessous de ce niveau, le taux de calcaire fin s'élève fortement pour présenter un maximum d'accumulation entre 150 et 160 cm, au-delà duquel il diminue légèrement (à partir de 170 cm).

La courbe de répartition du calcaire grossier, dont la teneur croît brusquement à partir de 40-50 cm, montre aussi une zone d'enrichissement s'étalant entre 50 et 180 cm. Pourtant, dans l'horizon profond fortement calcaire, son taux diminue lui aussi légèrement.

En ce qui concerne la grosseur moyenne des granules, elle augmente brusquement entre 50 et 60 cm de profondeur pour se maintenir ensuite autour d'une certaine valeur jusqu'à la base du profil étudié. Toutefois la courbe des variations de cette valeur n'est pas régulière, mais se présente plutôt en « dents de scie ».

4. Observations

Les gros granules commencent à apparaître dans le profil dans la zone encore peu calcaire. Ils gardent approximativement les mêmes dimensions dans la partie moyennement calcaire du profil, où leur pourcentage atteint un maximum, et même dans l'horizon fortement calcaire où leur taux diminue pourtant d'une manière appréciable.

III. Discussion

A. Calcaire total

a. Répartition du calcaire dans les profils

1. Sols à profils peu différenciés

Dans les sols jeunes, à profils peu ou non différenciés, la plus grande partie du calcaire se trouve dans la terre fine. Dans les fractions grossières (sup. à 0,2 mm) le carbonate de calcium décelé par l'analyse provient de débris de coquilles parfois assez abondants, comme dans le dess et le tirs de merja. Dans les horizons enterrés du dess et dans les deux sols superposés du tirs de merja, les courbes de répartition du calcaire suivant la profondeur laissent supposer la migration de cet élément et sa concentration à certains niveaux sous une forme très fine.

Vers la base des coupes de ces sols on constate la présence de granules calcaires dont l'origine reste pour le moment inconnue. Ce serait éventuellement une manifestation « posthume » des anciens processus pédologiques.

Certains chercheurs ont cru voir dans ces formations à granules le résultat de l'action des eaux souterraines. Toutefois, la présence d'une nappe libre dans cette partie de la plaine du Gharb nous paraît problématique.

2. Sols à profils différenciés

Dans les sols plus anciens, comme le tirs noir et le tirs brun, les profils deviennent bien différenciés, du moins en ce qui concerne la répartition du calcaire dans la masse du sol. Les horizons supérieurs sont presque complètement décalcarisés et les horizons riches en calcaire, qui débutent vers 50-80 cm de profondeur dans ces deux profils, le sont sans interruption jusqu'au fond des tranchées (environ 200 cm). On peut donc considérer ces horizons comme faisant partie de la roche-mère, celle-ci étant cependant enrichie en carbonate de calcium.

L'analyse plus détaillée, par couches successives de 10 cm, montre que cette partie des profils n'est pas uniforme. On peut y distinguer plusieurs niveaux suivant la teneur en calcaire. Un maximum d'enrichissement est situé vers 150 cm de profondeur. Ce serait donc un horizon B calcaire ou BCa ou plutôt BCaC, le carbonate de calcium envahissant la roche-mère de ces profils (limons quaternaires). On peut adopter aussi, à la place du symbole B, le symbole K, proposé par H. Em. Del Villar pour désigner les horizons enrichis en carbonate de calcium. La désignation de ces horizons serait donc KC.

Il faut signaler à ce propos que les zones d'enrichissement maximum n'apparaissent pas nettement lors de l'étude morphologique sur le terrain en raison de la faible variabilité du taux de calcaire dans ces zones enrichies en carbonate de calcium. De ce fait, la répartition du calcaire dans ce type de profil peut échapper à l'attention du prospecteur.

Si la masse principale du calcaire se trouve dans la fraction fine de ces profils, une partie de cet élément peut s'individualiser à l'état de granules, dont le maximum d'accumulation précède, dans le sens vertical en descendant vers la base des coupes, l'accumulation maximum de calcaire fin.

3. Observations

On peut interpréter cette répartition du calcaire dans les profils comme résultant de sa migration sous l'effet du lessivage et son accumulation avec individualisation sous forme de granules à certains niveaux dans les horizons profonds.

b. Son taux initial

On peut se demander si le taux initial de carbonate de calcium dans ces profils a été suffisant pour enrichir les horizons profonds lors

de sa migration. En effet, dans le tirs noir, le maximum observé dans l'horizon d'accumulation dépasse 30 %, ce qui est élevé. Pour répondre à cette question nous avons procédé à l'estimation du taux initial de carbonate de calcium dans les profils différenciés en supposant que tout leur calcaire s'est accumulé, lors de son lessivage, à la base de la couche étudiée, en dessus de 200 cm de profondeur, sans être entraîné dans des proportions notables dans les strates inférieures. A titre de comparaison, nous avons calculé aussi le taux moyen en calcaire de la couche supérieure (de 0 à 80 cm) du profil N° 23, considéré comme représentatif du tirs gris. Ces résultats sont donnés dans le TABLEAU V ci-après.

TABLEAU V

Taux initial éventuel de calcaire dans les profils

	Calcaire total
Tirs gris (10-100 cm) :	9,7 %
Tirs noir (0 -200 cm) :	14,7 %
Tirs brun (0 -180 cm) :	8,8 %

Il ressort de ces chiffres que la teneur moyenne en carbonate de calcium des profils décalcarisés reste voisine de celle du profil non différencié du tirs gris.

L'enrichissement en calcaire des horizons inférieurs de ces sols peut donc résulter du déplacement de cet élément à partir des formations initialement moyennement calcaires. D'ailleurs la teneur moyenne des sols du Gharb en calcaire oscille autour de 20 %, valeur proche des taux observés dans les profils de l'Excursion internationale de 1966.

c. Porosité des sols

Une autre question se pose immédiatement, c'est de savoir dans quelle mesure l'accroissement du taux de calcaire d'un horizon est compatible avec les caractères de sa porosité. En effet, l'accumulation du calcaire doit obligatoirement réduire le volume total des pores de ces horizons. Dans quelle mesure, alors, la diminution de la porosité résultant de l'apport de calcaire affecte-t-elle les valeurs observées ? Dans la plupart des sols du Gharb, la porosité totale diminue avec la profondeur.

Pour répondre à ces questions, nous avons d'abord estimé le volume total de calcaire présent dans ces horizons et, à partir de ces valeurs, nous avons calculé, d'après les données du Guide Pédologique (7), la porosité totale éventuelle des sols exempts de calcaire. Les résultats sont présentés dans le TABLEAU VI.

TABLEAU VI

Porosité observée et porosité des sols exempts de calcaire

	Teneur en calcaire en % Volume	Poids	Porosité observée	Porosité estimée des des sols exempts de calcaire
Tirs gris :				
0-10	4,7	12,7	48,2	52,9
20-30	4,3	11,7	49,0	53,3
70-80	3,4	9,2	50,5	53,9
Tirs noir :				
0-10	—		56,2	56,2
30-40	—		55,7	55,7
60-70	0,8	2,0	50,2	51,0
80-90	1,6	4,4	50,3	51,9
110-120	2,4	6,4	46,9	49,3
140-150	6,4	7,3	46,5	52,9
190-200	13,1	5,4	45,0	58,1
Tirs brun :				
0-10	—		55,9	55,9
20-30	—		56,0	56,0
60-70	0,8	2,2	55,4	56,2
80-90	2,1	5,7	48,5	50,6
110-120	5,4	14,7	43,8	49,2
140-150	7,9	21,4	41,2	49,1

On remarque que la présence de calcaire abaisse la valeur du volume total des pores. Mais cet abaissement reste dans des limites raisonnables : les pourcentages élevés de calcaire des profils du tirs noir (de l'ordre de 35 %) ne diminuent la porosité totale que de 13 %. La porosité estimée de la masse du sol, exempte de calcaire, des horizons d'accumulation serait voisine de celle des horizons supérieurs non calcaires. Elle diminue toutefois avec la profondeur. Cet abaissement de la porosité, même dans les horizons exempts de calcaire, résulterait du tassement du sol sous l'effet de son poids.

Notons enfin que les valeurs des porosités, observées et estimées, des profils différenciés sont voisines de celles du tirs gris, pris comme référence.

d. Observations

Ces résultats nous fixent sur la possibilité de lessivage du calcaire des horizons supérieurs et son accumulation dans les horizons profonds sous forme de calcaire fin, probablement dans les interstices, sans se mélanger intimement à la masse silicatée du sol. En effet, au cours de la sédimentation répétée des fractions fines, les « grains » de carbonate de calcium et les particules terreuses se séparent facilement, du moins dans la fraction limoneuse.

B. Calcaire grossier

a. Formes de calcaire grossier

Le calcaire des fractions grossières (supérieures à 0,2 mm) des sols étudiés dans ces pages, se trouve soit sous forme de débris de coquilles, soit sous forme de granules.

Les premiers se rencontrent surtout dans les sols jeunes, à profils calcaires peu différenciés, comme le dess (N° 22), le tirs gris (N° 23) et le tirs de merja (N° 24). Les granules sont présents, par contre, dans les sols plus anciens à profils calcaires bien différenciés, soit dans le sol même, comme le tirs noir (N° 25) et le tirs brun (N° 27), soit dans les horizons profonds des sols précédents. Dans ce dernier cas, ils correspondent probablement aux formations plus anciennes, enterrées sous des dépôts plus récents.

Les débris de coquilles donnent peu de renseignements sur les processus pédologiques actuels ou anciens, sinon comme source probable de calcaire dans le sol. Les granules, par contre, posent des problèmes quant à leur origine et à leur mode de formation. C'est pour ces raisons que nous ne parlerons que des granules dans les pages suivantes.

b. Répartition des granules dans les profils

Les granules, quand ils existent dans les profils, sont généralement présents dans toute la masse du sol, dès la surface des coupes des sols actuels ou enterrés, aussi bien dans les horizons peu ou pas calcaires que dans les horizons très riches en carbonate de calcium. Leur taux reste plus ou moins constant dans certains sols, dans d'autres il est très variable. Dans ce dernier cas, l'enrichissement des horizons en calcaire grossier ne correspond généralement pas à l'accumulation du calcaire total sous forme de calcaire fin.

Ainsi, dans les sols décalcarisés évolués, formés sur les assises anciennes soltaniennes, l'horizon à granules abondants se situe au-dessus de la zone d'accumulation du calcaire, soit dans les horizons presque décalcarisés, comme dans le profil du tirs noir (N° 25), soit dans la zone encore peu calcaire, comme dans le profil du tirs brun (N° 27). Quelques granules apparaissent aussi à la base de la coupe N° 23 dans le tirs noir enterré peu calcaire, ainsi que dans l'horizon hydromorphe du tirs de merja, en dessous de la zone d'accumulation visible à la base de cette dernière coupe.

La présence de petits granules dans les horizons où ils sont peu abondants peut échapper à l'attention de l'observateur au cours de la description morphologique des profils à cause de leur rareté. Pourtant ils peuvent exister dans ces sols. Leur présence peut être décelée par l'attaque à l'acide chlorhydrique : ils provoquent une effervescence forte, lente et localisée (« pointes » calcaires de notre terminologie).

c. Taille des granules

La taille des éléments calcaires individualisés des profils étudiés ne dépasse pas 2,0 cm. On peut donc les qualifier de « granules ». Ils se concentrent surtout dans les fractions 2 (0,2-2,0 mm) et 3 (2,0-5,0 mm).

En ce qui concerne la taille des granules, on est frappé par sa constance relative dans les profils étudiés. Toutefois, il semble qu'elle soit liée directement, dans certains cas, à la richesse des sols en calcaire grossier, du moins dans les profils évolués (tirs noir et tirs brun).

Ainsi, pour ces deux profils, la corrélation (GRAPH. V) entre le taux de calcaire grossier et sa grosseur moyenne est hautement significative (CR = coefficient de corrélation) :

N° 25	0-200	CR = 0,73 (P > 0,001)
N° 27	0-180	CR = 0,68 (P > 0,001)

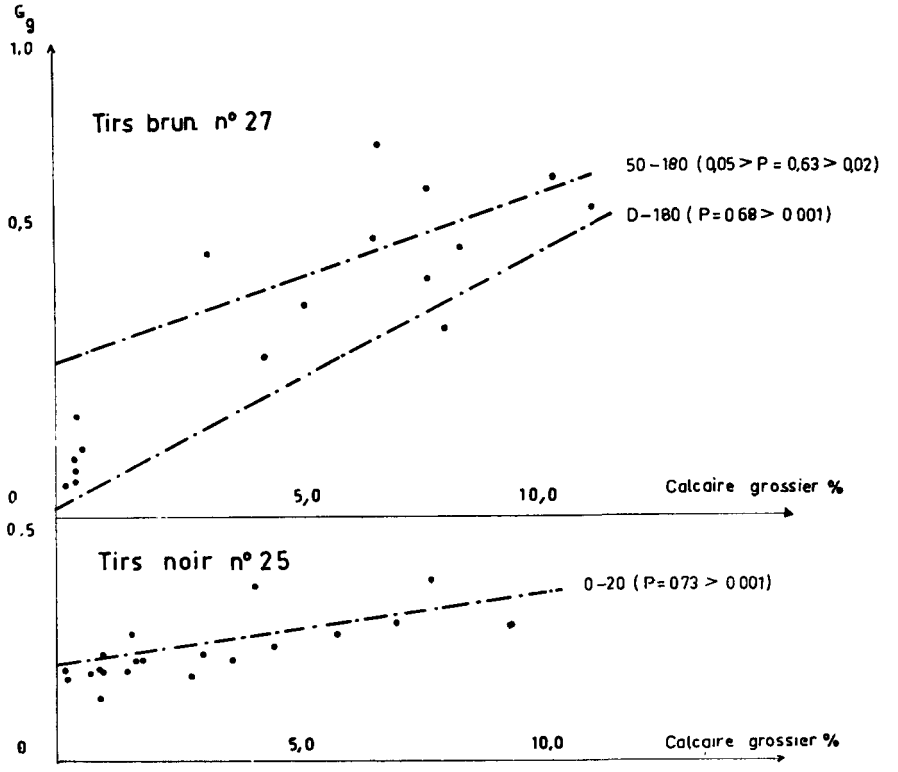
Cette corrélation est moins nette pour les horizons profonds du profil 27 tout en restant significative : CR = 0,63 (P = 0,05-0,02).

Dans le même profil du tirs brun, la grosseur moyenne des granules dépend aussi du taux de calcaire total : CR = 0,81 (P > 0,001). Elle est également moins nette dans les horizons profonds : CR = 0,63 (P > 0,02). Elle est indépendante dans le tirs noir : CR = 0,14 (n.s.).

Par contre, la grosseur moyenne des granules varie peu dans les profils jeunes (dess, tirs gris, tirs de merja). Toutefois dans leurs

GRAPHIQUE V

Relation entre le taux global de calcaire grossier (sup. à 0,2 mm) et la grosseur moyenne des granules (Gg).



horizons profonds, plus anciens (rharbiens ou soltaniens), elle croît assez rapidement, tantôt en relation avec l'enrichissement du sol en calcaire (dess, tirs de merja), tantôt indépendemment (tirs gris).

Dans les horizons profonds, riches en granules, la taille de ces derniers n'est pas uniforme dans toute la masse du sol : tantôt elle est un peu plus grande, tantôt un peu plus fine, traduisant ainsi une succession de niveaux différenciés dans ses détails. Ceci est surtout visible dans le profil du tirs brun.

d. Résidu non calcaire

Ce résidu non calcaire comprend à la fois les petits cailloux, le sable quartzeux, les grains noirs et les éléments fins que nous

désignons sous le terme général d'argile. Il n'apparaît qu'après la destruction du calcaire par l'acide chlorhydrique.

1. Cailloux et sable quartzeux

D'une manière générale, les fractions sableuses 1 et 2 contiennent, à côté des granules calcaires, du sable quartzeux plus ou moins coloré. Celui-ci, invisible dans les fractions graveleuses (supérieures à 2,0 mm) non attaquées, peut représenter une partie appréciable des granules formés dans les sols riches en fractions sableuses. C'est le cas, par exemple, du profil du tirs brun où son taux atteint 14 % de la fraction 3 et 4 % de la fraction 4 (valeurs moyennes du profil).

2. Grains noirs

Dans la majorité des cas, on voit apparaître, vers la fin de l'attaque chlorhydrique, des grains noirs différents des grains quartzeux. On ne les retrouve que dans les profils qui contiennent des granules calcaires. Ces grains noirs sont généralement abondants dans la sous-fraction 2 (0,5-2,0 mm), plus rares dans la sous-fraction 1 (0,2-0,5 mm) et absents dans les fractions graveleuses (supérieures à 2,0 mm).

Quelques observations faites à l'aide d'un binoculaire nous montrent que ces grains noirs sont constitués par des couches concentriques d'un matériau gris, à reflets métalliques (fer ?) et à cassure anguleuse. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne sommes pas en mesure de donner des indications ni sur leur nature ni sur leur origine autochtone ou allochtone, ni sur leur mode de formation. Un seul fait est évident : ils sont présents dans les sols à granules et paraissent associés à ces derniers.

Il est difficile de préciser, pour le moment, si chaque granule contient un ou plusieurs de ces grains noirs. Toutefois, on peut supposer qu'ils constituent au moins un des noyaux autour duquel s'est aggloméré le carbonate de calcium ; ils n'apparaissent en effet, comme il a été signalé au début de ce paragraphe, qu'à la fin de l'attaque à l'acide chlorhydrique.

3. Argile

Un autre fait mérite d'être signalé, c'est la présence à l'intérieur des granules de fractions minérales fines (argile + limon) et que nous avons qualifiées « argile » dans notre texte. Si l'on compare les teneurs en calcaire grossier et les taux d'argile « libérée » (TABL. II),

on observe, sauf quelques cas aberrants dûs certainement à l'imperfection de la technique, les faits suivants :

La quantité d'argile libérée est faible dans les sols où le calcaire grossier est dû aux débris de coquilles (dess).

Elle augmente dans les sols à granules.

La quantité d'argile semble être constante dans les profils peu évolués. Toutefois, les fractions les plus grossières (3 et 4) en contiendraient moins (TABL. VII). Elle croîtrait avec la profondeur dans les sols évolués et surtout dans le tirs brun où le rapport 100 argile/calcaire augmente brusquement.

On peut donc supposer que cette argile serait retenue dans la masse des granules lors de l'accumulation du calcaire autour des grains noirs et de son durcissement ultérieur.

TABLEAU VII

Variations moyennes du rapport (100 argile/calcaire)

Profondeur en cm	Calc. Total	Sup. à 0.2 mm	100 Argile/Calcaire 1	2	3	4
		Dess n° 22				
10-80	16,2	1,4	5,4	4,2	—	7,1
80-300	20,1	0,5	51,5	13,4	12,9	0
300-360	10,2	8,9	4,6	15,0	14,2	17,4
		Tirs gris n° 23				
10-80	10,3	0,3	23,6	13,7	1,2	--
80-200	3,8	0,8	13,9	13,9	11,6	—
		Tirs de merja n° 24				
0-70	17,4	0,8	9,4	9,8	2,4	—
70-200	29,0	1,1	8,9	6,2	0,7	—
		Tirs noir n° 25				
0-120	2,7	1,2	9,5	9,1	9,9	5,2
120-200	29,1	2,5	13,5	9,0	12,7	8,0
		Tirs brun n° 27				
0-100	2,2	1,9	8,4	11,9	8,2	11,9
100-180	17,0	8,5	24,8	23,8	25,7	24,5

C. Quelques remarques sur le rôle du calcaire dans la formation des profils

Les résultats obtenus au cours de cette étude nous permettent déjà de proposer quelques réflexions sur l'intérêt que présentent les

recherches sur le calcaire, et en particulier sur le calcaire grossier, pour préciser la typologie des sols marocains et comprendre leur pédogenèse.

a. Evolution du calcaire

1. Sa migration

L'étude de la répartition du calcaire dans les profils semble confirmer l'hypothèse de son lessivage et de son accumulation dans les horizons profonds des sols évolués. On peut se demander alors si, dans les conditions actuelles, l'entraînement du calcaire vers le bas des profils est possible. Les études entreprises à Rabat sur le régime hydrique des sols de cette région (9,8) montrent qu'une partie importante, variable suivant l'année et la culture, des eaux de pluies s'infiltre en profondeur, en dessous d'un mètre. Cette eau de percolation entraîne avec elle des sels solubles et, en particulier, des sels de calcium, comme il ressort du travail d'Em. Miège (11) réalisé dans des cases lysimétriques (Tabl. VIII). Le taux de calcium exporté

Tableau VIII

Exportation de calcium (en CaO) par les eaux de percolation

Sols	T	H	R	R	R	R	S
Cultures	B/Bet.	B/Bet.	B/Bet.	J/J	J/J	J/J	B/Bet.
Engrais CaO = 11,25 g	E	E	E	E	sE	sE	E
Argile %	18,0	31,0	6,5	6,5	6,5	6,5	2,0
Calcaire %	1,3	1,1	0	0	0	0	3,4
Humus	1,4	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0
Pluviométrie			648,6 mm				
Eau percolée	137,2	178,7	201,0	257,9	242,9	208,1	275,3
CaO exporté g	18,49	11,15	19,84	23,02	36,38	27,41	32,88
CaO exporté g/1	0,497	0,062	0,099	0,089	0,150	0,132	0,119

Observations : B — Blé tendre 422 ;Bet. — Betterave ; J — Jachère nue.
T — Tirs (Oudja) ; H — Hamri = horizon profond argileux du r'mel ;R — R'mel ; S — Sable calcaire.

d'après Miège : Etude du bilan d'eau et des éléments fertilisants dans quelques sols-types du Maroc. (*An. Agr. n°* 3, 1937, *pp* 370-388).

(exprimé sous forme de CaO) dépassait largement la quantité de calcium apporté sous forme de superphosphate (11,25 g par mètre carré) ; la concentration de CaO dans les eaux de percolation variait de 0,062 à 0,497 g/l, et ceci dans des sols peu ou non calcaires.

Le calcium migre, du moins en grande partie, sous forme de bicarbonate, anion très répandu dans les extraits aqueux des sols au Maroc. Ces derniers ont été étudiés surtout dans les sols calcaires irrigués du type dess (4) et dans les sols châtains (3). Malheureusement, nous ne possédons pas de données concernant les tirs du Gharb. Toutefois, les observations faites dans les Doukkala (1), sur les mêmes types de sol, et reproduites dans le TABLEAU IX, confirment cette constatation : le taux de bicarbonate représente de 30 à plus de 50 % de la somme totale des anions dans les sols non ou peu calcaires. Il monte au-dessus de 70 % de la somme totale dans le sol fortement calcaire rendzinoïde.

Le rôle de la végétation paraît être très important dans le processus de migration du calcium : l'exportation de cet élément a été plus sensible dans les sols sans végétation (jachère nue travaillée du r'mel) que dans les sols cultivés en blé tendre (11).

Il est certain que l'intensité du lessivage du calcaire dépend des conditions locales et, en particulier, du régime hydrique. Dans les sols de la basse plaine du Gharb, humide (6) et couverte de sols jeunes, la migration du calcaire est ralentie ou même arrêtée du fait de la faible circulation de l'eau vers la profondeur des profils. Par contre, sur les pourtours mieux drainés, l'évolution des sols plus anciens a pu atteindre une décalcarisation poussée des horizons supérieurs.

2. Individualisation du calcaire

A ce processus « classique » de la dynamique du calcaire se superpose, dans ces sols, un autre phénomène : celui de l'individualisation et de la formation des agglomérats calcaires, phénomène différent du premier.

L'individualisation et l'agglomération du calcaire sous forme de granules semblent avoir lieu dans toute la masse du sol avec un maximum d'intensité à certains niveaux. Elles résulteraient de la dissolution du calcaire qui passerait sous forme de bicarbonate, toujours présent dans ces sols, de sa concentration et de son dépôt autour des noyaux. Pour le moment, il est difficile d'expliquer la présence des grains noirs dans les granules fins seulement (inf. à 2,0 mm) tandis

TABLEAU IX

Composition anionique de la salure de quelques sols des Doukkala

Horizons	Calc. %	Salure E.S.	Cl	SO^4	CO^3	CO^3H	S. an.	$\frac{Cl}{CO_3H}$	CO_3H %	$\frac{CO_3H + CO_3}{S. an}$
					Sol châtain L - 5					
0-40	0	1,91	0,268	0	tr	0,330	0,598			
			0,755	0	0	0,541	1,295	1,395	41,8	
40-80	0	1,81	0,253	0	0	0,400	0,653			
			0,713	0	tr	0,566	1,279	1,260	44,9	
80-100	46,5	2,22	0,320	0	0,025	0,850	1,195			
			0,901	0	0,081	1,393	2,375	0,647	58,7	62,1
100 +	86,4	1,62	0,154	nd	nd	nd	—	—	—	—
			0,438		—	—	—	—	—	—
					Sol châtain tirsifié L - 6					
0-20	0	nd	0,167	0	tr	0,330	0,497			
			0,47	0	tr	0,541	1,011	0,869	53,5	
20-60	0	3,40	0,410	0,140	0,013	0,470	1,033			
			1,155	0,292	0,043	0,770	2,260	0,850	34,1	53,1
60-90	36,3	nd	0,366	0,030	0,022	0,760	1,178			
			0,946	0,062	0,073	1,246	2,327	0,759	53,5	56,7
90 +	32,3	nd	0,588	0,017	0,010	0,850	1,465			48,2
			1,515	0,354	0,037	1,393	3,609	1,087	38,6	
					Tirs L - 7					
0-30	0	1,96	0,307	0	tr	0,330	0,636			

			0,865	0	tr	0,541	1,406	1,599	38,5	—
30-65	0	1,89	0,530	0	0,025	0,530	1,085			
			1,493	0	0,083	0,869	2,445	1,718	35,5	42,4
65-100	0	4,70	0,315	0	0,039	0,710	1,064			
			0,887	0	0,130	1,164	2,180	0,762	53,4	59,4
100-150	5.6	3,00	0,540	0	0,065	0,355	0,960			
			1,521	0	0,217	0,582	2,320	2,613	25,1	34,4
150-200	11,2	5,40	0,721	0	0,039	0,660	1,420			
			2,031	0	0,130	1,082	3,243	1,877	33,4	37,4
					Rendzine L - 4					
0-30	4,8	4,00	0,622	0,740	0,013	520	1,895			
			1,752	1,541	0,043	852	3,826	2,056	22,3	23,4
30-45	51,0	3,00	0,225	0,012	0,016	1,430	1,683			
			0,634	0,250	0,053	2,344	3,231	0,270	71,4	73,1
45-90	60,0	3,25	0,251	0,040	0,072	1,700	2,063			
			0,707	0,080	0,240	2,787	3,814	0,254	73,1	79,4
90 +	43,7	2,95	0,255	tr	0,022	1,470	1,747			
			0,718	tr	0,073	2,410	3,201	0,298	75,3	77,6
					Dess (Oued Farher) L - 28					
0-30	0	2,76	0,288	0	0	0,400	0,688			
			0,811	0	0	0,656	1,467	1,236	44,7	—
30-80	2,5	4,90	0,278	0	0	0,415	0,691			
			0,783	0	0	0,680	1,463	1,151	46,5	
80 +	1,4	1,96	0,290	0	0	0,380	0,670			
			0,317	0	0	0,623	1,440	1,311	43,3	

Observations : Lignes supérieures = en grammes par 1 000 g.
Lignes inférieures = en milliéquivalent gramme pour 100 g.
tr = traces.

que les fractions plus grossières en sont exemptes. Ces dernières ne contiennent que des débris rocheux ou des grains quartzeux.

L'individualisation des granules est suivie de leur durcissement. Pour expliquer ce phénomène, il nous suffit de rappeler les conditions hydriques des sols au cours de l'année. Pendant la saison pluvieuse, les sols restent humides. Dès le printemps, l'évaporation intense débutant avec l'arrêt des pluies, provoque le dessèchement progressif des profils.

En effet, à la fin de la saison sèche, l'humidité des horizons supérieurs descend en dessous du point de flétrissement (9). Ainsi, dans les profils étudiés du Gharb, elle oscillait pendant l'été 1965 entre 7 et 15 %. Par contre, en profondeur, les sols restent généralement frais ou même humides. Cette dessiccation estivale des profils provoque la précipitation du carbonate de calcium à partir des solutions contenant des bicarbonates et peut faciliter sa cristallisation, principalement dans les zones où la dessiccation est intense.

Le mécanisme invoqué peut expliquer le fait que la zone des granules se place toujours dans la partie supérieure des profils, tandis qu'en profondeur, dans les limons « encroûtés », le calcaire se trouve généralement à l'état fin, farineux. Dans ce cas, l'épaisseur de la zone à granules dépendrait de la profondeur de la dessiccation estivale.

3. Evolution du profil calcaire

Vue sous cet angle, l'évolution du profil calcaire des sols du Gharb, étudiée dans ces pages peut être présentée de la manière suivante.

Dans le sol sub-actuel, le dess (N° 22), le profil calcaire initial n'a pas encore subi de modifications notables. Toutefois, la présence de l'enrobement calcaire, mentionné dans les pages consacrées à la description morphologique des fractions grossières, nous paraît indiquer le début de la mise en mouvement du carbonate de calcium, sans qu'il soit entraîné d'une manière visible en profondeur.

Dans le profil du tirs gris, N° 23, (couche superficielle de 80 cm d'épaisseur), on constate déjà la formation d'amas à partir de 50 cm et de granules en quantité notable dans toute la masse du sol. La migration du calcaire en profondeur n'est pas visible non plus, peut-être parce que les assises sous-jacentes de la basse plaine du Gharb restent toujours humides.

On parle même de la présence d'une nappe souterraine vers deux mètres de profondeur (12). De ce fait, l'infiltration intense d'eau et

l'entraînement consécutif du carbonate de calcium se trouvent freinés. Il en résulterait une faible différenciation du profil calcaire.

Par contre, les dépôts rharbiens de la coupe N° 22, enterrés sous la couche de dess, ainsi que les assises profondes du profil N° 23, attribuées aussi au Rharbien, mais plus anciennes que le sol actuel, sont nettement différenciés. Ils présentent en plus une accumulation de calcaire sous forme de granules à leur base.

Dans les sols les plus évolués, celui du tirs noir et celui du tirs brun, développés sur les formations soltaniennes, plus anciennes, et situés topographiquement plus haut (tirs brun : altitude 32-33 m, tirs noir : altitude 6 m, contre 4 m pour le tirs gris), le profil calcaire est bien différencié avec une décalcarisation presque complète des horizons supérieurs, un enrichissement en calcaire des horizons profonds et une formation intense de granules. Ces derniers forment de véritables zones d'accumulation. Dans les deux cas, cette zone se place au-dessus de l'horizon d'accumulation maximum en calcaire total, entre 100 et 160 cm de profondeur. Dans toute cette zone, l'humidité du sol descend en dessous du point de flétrissement (7).

La différence entre les deux profils, du point de vue de la dynamique du calcaire, consiste surtout dans la taille des granules. Ces derniers sont plus volumineux dans le tirs brun et plus fins dans le tirs noir. Faut-il attribuer cette différence au degré d'évolution des profils, le tirs brun paraissant plus évolué que le tirs noir ? Seules des études plus détaillées permettront de répondre à cette question.

Enfin, dans le tirs de merja, à profil complexe, l'individualisation du calcaire ne semble pas avoir lieu dans les dépôts rharbiens. Il ne faut pas oublier que ces sols n'évoluent dans des conditions aéropédiques qu'à partir d'une date récente (après 1950, date de commencement des travaux d'assainissement de cette zone). Avant, ces sols étaient inondés périodiquement chaque hiver et restaient sous eau la majeure partie de l'année.

La présence de granules calcaires en profondeur dans ce profil peut être attribuée à leur origine ancienne. En effet, on attache ces assises au Soltanien. Placées dans des conditions fortement humides elles ont acquis des caractères d'hydromorphie typiques.

b. Typologie des sols

L'étude du profil calcaire de ces sols peut donc apporter des précisions facilitant la définition de leur typologie.

Nous avons vu dans les pages précédentes que la teneur en calcaire, et sa répartition, sont variables suivant les profils. On peut trouver dans la plaine du Gharb aussi bien des tirs calcaires que des tirs fortement décalcarisés. Cette répartition du carbonate de calcium dans les profils serait en relation avec le degré d'évolution des tirs, traduite aussi par les changements de leur état structural. Dans les sols jeunes, peu évolués, la structure serait grossière, en colonne, à formes peu nettes. Elle deviendrait plus fine, à formes prismatiques anguleuses bien développées, avec des faces de glissement, dans les profils évolués (5).

Si le temps paraît jouer un rôle important dans l'évolution des profils, les conditions pédologiques locales influent beaucoup sur l'intensité de cette évolution, en atténuant ou en accélérant ce processus. A la longue, on aboutit à la décalcarisation des horizons supérieurs dont l'importance peut constituer un élément majeur dans la classification des sols de ce type.

Les granules et leur répartition dans la masse du sol du tirs noir et du tirs brun, rappellent ceux observés dans les sols à croûte ou à encroûtement granulaire. L'horizon calcaire individualisé sous forme de croûte ou de granules y couronne le limon encroûté, riche en calcaire fin. Il semble donc que le processus aboutissant à la répartition des granules des tirs noirs et des tirs bruns peut-être assimilé à celui de l'encroûtement, dont il constituerait la première étape. Il est possible toutefois que, dans les conditions actuelles, ce processus se soit atténué sans pour autant s'arrêter.

IV. Conclusions

1. La première impression que l'on peut tirer de cette étude est que l'évolution du calcaire dans les tirs montmorillonitiques à régime aéro-hydropédique suit la même voie que celle des sols à régime aéropédique à bon drainage. Elle ne présente rien de particulier. Cette évolution du calcaire conduit, d'une part, à la longue, à la décalcarisation du profil avec formation d'une zone d'accumulation située profondément et, d'autre part, à l'individualisation du calcaire sous forme de granules, processus analogue à celui de l'encroûtement. La présence d'argile montmorillonitique ne paraît donc pas entraver le développement normal de ce processus.

2. Il nous paraît important et nécessaire de tenir compte, dans la classification des tirs, des caractères du profil calcaire, en prenant

en considération, d'une part le degré de différenciation suivant la profondeur et, d'autre part, l'intensité du concrétionnement.

Ainsi, on pourrait distinguer les tirs calcaires des tirs non calcaires, le tirs à profil calcaire uniforme des tirs à profil calcaire différencié avec ou sans encroûtement.

3. Le processus de l'évolution du calcaire semble débuter dans les sols jeunes, par sa mise en mouvement et sa concentration sous forme de granules, même si les conditions pédo-hydrologiques sont peu favorables à son déplacement vers la profondeur. Ce dernier processus se manifeste surtout dans les sols anciens et ceci pour deux raisons majeures : la situation topographique et l'âge du sol.

En effet, les profils plus évolués sont dans une situation topographique plus élevée où le drainage est plus aisé.

Ce processus de décalcarisation est un processus lent ; son efficacité croît avec le temps.

4. On peut considérer les granules calcaires des horizons supérieurs décalcarisés des sols évolués comme le reliquat de l'ancienne pédogenèse (du moins en partie) qui se développait alors, avant la décalcarisation des profils, dans des conditions analogues à celles observées actuellement dans la basse plaine du Gharb couverte de sols du type tirs gris.

5. Le degré d'évolution du profil calcaire ne paraît se traduire, outre l'intensité de son lessivage et de son accumulation en profondeur d'une part, et l'accroissemenet du nombre de granules d'autre part, que par l'augmentation de la taille des agglomérats calcaires, le tirs brun étant plus évolué que le tirs noir comme nous l'avons indiqué dans un précédent travail (5).

6. Compte tenu des observations évoquées dans les pages précédentes, il devient nécessaire, pour l'étude et la classification de ces sols, de ne pas se contenter de la profondeur de 150 cm généralement utilisée, mais de descendre plus bas de manière à avoir le profil en entier. Sans cela il serait difficile de mettre en évidence l'existence des horizons d'accumulation calcaire.

ملخص

مدخل فى دراسة حجر الكلس فى التربة المغربية
أ ــ أبحاث فى حجر الكلس الغليظ فى التربة الطينية بالمغرب

يدرس المؤلف، فى التعليق الحاضر، توزيع الحجر الكلسى، بصفته عنصر القاعدة فى ترتيب التربة، فى الجزيئات المحية الرملية والمحصبة (أكثر من 0،2 مم) لخمسة (5) أنواع من التربة الطينية بالمغرب .

ان تطور وجه الحجر الكلسى يؤدى بالدوام الى تحويل الكلس مع تكوين منطقة التراكم العميقة من جهة والى تشخيص الكلس تحت هيئة حبيبات من جهة أخرى، طريقة مشابهة للتقشير .

ان وجود الطين المسمى montmorillonitique لا يعيق تطور العادى لهذه الطريقة .

ان درجة تطور وجه الكلس يمكن تفسيره، زيادة عن شدة غسله وتراكمه فى الاعماق من جهة، ومضاعفة عدد الحبيبات من جهة أخرى، الا بتزايد قوام الكتل .

مستوى تراكم الحبيبات، فى التربة المتطورة بالمغرب، لا يتناسب حتميا مع تمويل المنطقة بالكلس بل يأتى فوق هذه المنطقة .

على كل، يمكن لهذه الحبيبات ان تتكون فى الكتلة كلها للتربة وفى جميع المستويات حتى فى التربة الفتية .

ويبقى الاخذ بمميزات الوجه الكلسى المترس ضرورى فى ترتيبها مع اعتبار درجة التمييز تبعا للعمق من جهة، وشدة التصلب من جهة أخرى .

RÉSUMÉ

Dans la présente note, l'auteur étudie la répartition du calcaire, un des éléments de base de la classification des sols, dans les fractions granulométriques sableuses et graveleuses (supérieuress à 0,2 mm) de cinq sols argileux du Gharb.

L'évolution du profil calcaire conduit à la longue, d'une part, à la décalcarisation du profil avec formation d'une zone d'accumulation

profonde et, d'autre part, à l'individualisation du calcaire sous forme de granules, processus analogue à celui de l'encroûtement. La présence d'argile montmorillonitique ne semble pas entraver le développement normal de ce processus.

Le degré d'évolution du profil calcaire ne paraît se traduire, outre l'intensité de son lessivage et de son accumulation en profondeur d'une part, et l'accroissement du nombre de granules, d'autre part, que par l'augmentation de la taille des agglomérats.

Dans les sols évolués du Gharb, le niveau d'accumulation des granules ne correspond pas obligatoirement à la zone d'enrichissement en calcaire. Il se place au-dessus cette zone.

Toutefois, ces granules peuvent se former dans toute la masse du sol et à tous les niveaux, même dans les sols jeunes.

Il est donc nécessaire de tenir compte, dans la classification des tirs, des caractères de leur profil calcaire en prenant en considération, d'une part, son degré de différenciation suivant la profondeur et, d'autre part, l'intensité du concrétionnement.

Resumen

Contribución al estudio de la caliza en los suelos marroquíes

I. — Investigaciones sobre la caliza grosera en los suelos arcillosos del Gharb

En el presente trabajo el autor estudia la distribución de uno de los elementos fundamentales de la clasificación de los suelos, la caliza, en las fracciones granulométricas de arena y grava (> 0,2 mm) de cinco suelos arcillosos del Gharb.

Con el tiempo la evolución del profilo calizo conduce a dos fenómenos: a la descalcarización del profilo por el lavado, con formación de una zona acumuladora profunda, y a la individualización de la caliza en forma de gránulos, proceso comparable a él de la formación de costras. La presencia de arcilla montmorillonitica no parece que entrañe el desarollo normal de este proceso.

Fuera de la intensidad del lavado, con la acumulación profunda resultante de él, y del aumento numérico de los gránulos, la única otra expresión del grado de evolución del profilo calizo parece ser el crecimiento del tamaño de los conglomerados calizos.

En los suelos evolucionados del Gharb el nivel de acumulación de los gránulos no corresponde obligatoriamente a la zona de enriquecimiento en caliza; se situa por encima de esta zona.

Sin embargo estos gránulos pueden formarse en la masa entera del suelo y a calquier nivel, aún en los suelos jóvenes.

Por consiguiente, en la clasificación de los tirs hay que tener en cuenta los carácteres de su profilo calizo, considerando su grado de diferenciación según la profundidad y, a la vez, la intensidad del concrecionamiento.

Summary

Contribution to the study of limestone in Moroccan soils
I. — Research on coarse limestone in the clayey soils of the Gharb Plain

In the present article the distribution of one of the basic elements for soil classification, viz. limestone, is studied in the sandy and gravelly granulometric fractions (0,2 mm) of five soils in the Gharb Plain.

In course of time the evolution of the calcareous profile leads, on one hand, through leaching of $CaCO_3$ to the formation of a deep accumulation zone and, on the other hand, to the individualization of limestone as granules, a process analogous to that of crust formation. The presence of montmorillonite clay does not seem to interfere with the normal development of this process.

Apart from the intensity of leaching, with the resulting accumulation in deeper layers, and from the increase of the numbers of granules, the only other expression of the degree of evolution in the calcareous profile seems to be the size of the limestone agglomerates.

In the elder soils of the Gharb Plain the accumulation level of the granules does not necessarily correspond to the zone enriched in lime. It lies above that zone.

Nevertheless the granules may be formed anywhere in the soil mass and at any level, even so in young soils.

Consequently, when classigying tirs, the characters of their calcareous profile should be taken into consideration, its differenciation rate in depth as well as the incidence of concretions.

BIBLIOGRAPHIE

1. Archives de la Station de Pédologie de la Direction de la Recherche Agronomique.

2. BILLAUX, P.& G. BRYSSINE — 1967. Les sols du Maroc. III. — Les facteurs de la pédogenèse. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **24**, pp. 70-77, Rabat.

   IV. — Les principaux types de sols du Maroc et leur évolution. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **24**, p. 77-101, Rabat.

3. BRYSSINE, G. — 1945. Etude expérimentale de l'irrigation du sol des Beni Amir. — Centre de Recherche Agronomique, pp. 115, Rabat.

4. — 1961. Aperçu des sols du lotissement de Mechra bou Derra (Sidi Slimane). — Al Awamia, **12**, pp. 113-141, Rabat.

5. — 1965. Les propriétés physiques des tirs du Rharb. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **20**, pp. 87-279, Rabat.

6. — et coll. — 1967. La plaine du Gharb. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **24**, pp. 297-328, Rabat.

7. — 1967. Profils de sols présentés dans la plaine du Gharb. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **25**, Rabat.

8. DECROUX, J. — 1966. Bilan hydrique dans trois types de sol marocains. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **22**, pp. 81, 3 pl. h.t., Rabat.

9. GRILLOT, G. & G. BRYSSINE — 1949. Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. Les Cahiers de la Recherche Agronomique, **2**, pp. 73-91, 1 graph. h.t., Rabat.

10. JAMINET, R. — 1953. Etude des sols du périmètre irrigable des Beni Amir - Beni Moussa (prospection détaillée). — Serv. Rech. Agron. et Exp. Agr., pp. 21-124, 3 cartes, 1 carte des sols en couleurs, 1 pl. coul. profils, 3 graph. h.t., 5 tabl. h.t., 5 pl. photos h.t.

11. MIÈGE, EM. — 1937. Etude du bilan de l'eau et des éléments fertilisants dans quelques sols types du Maroc. — An. Agr., **3**, pp. 370-388, Paris.

12. Projet Sebou — 1965. Plaine du Gharb et vallée de l'Ouergha : Etude pédologique de reconnaissance (501 000 ha), avec une carte des sols, une carte des textures et une carte d'aptitude au 1/100 000, pp. 180, Rabat.

13. RUELLAN, A. — 1967. Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc. — Cah. O.R.S.T.O.M., série Pédologie, Vol. V, **4**, pp. 421-460, 2 pl., Paris.

GRAPHIQUE I — **Variations du taux global d'éléments grossiers et de leur composition granulométrique suivant la profondeur (en % du taux global)**

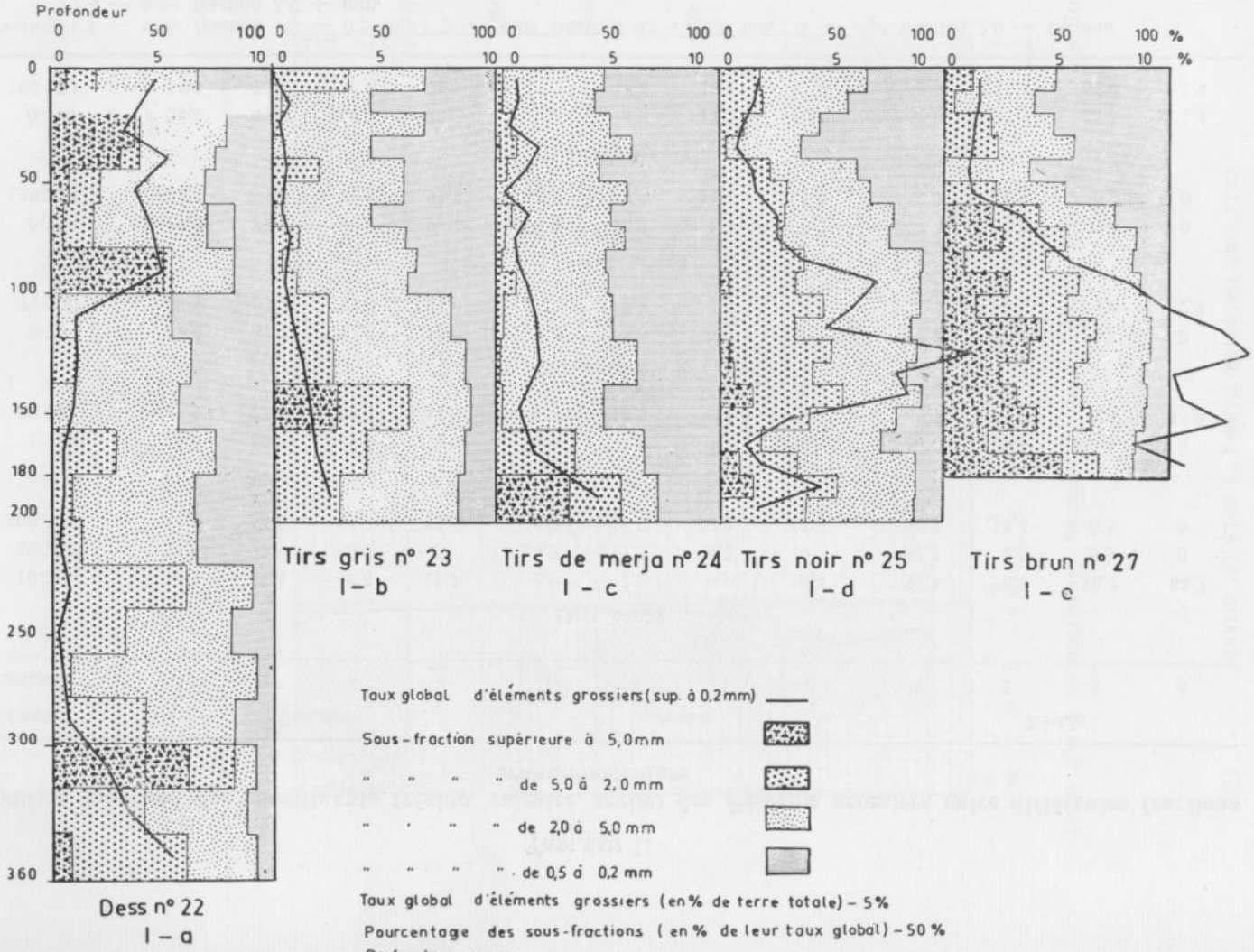


TABLEAU II

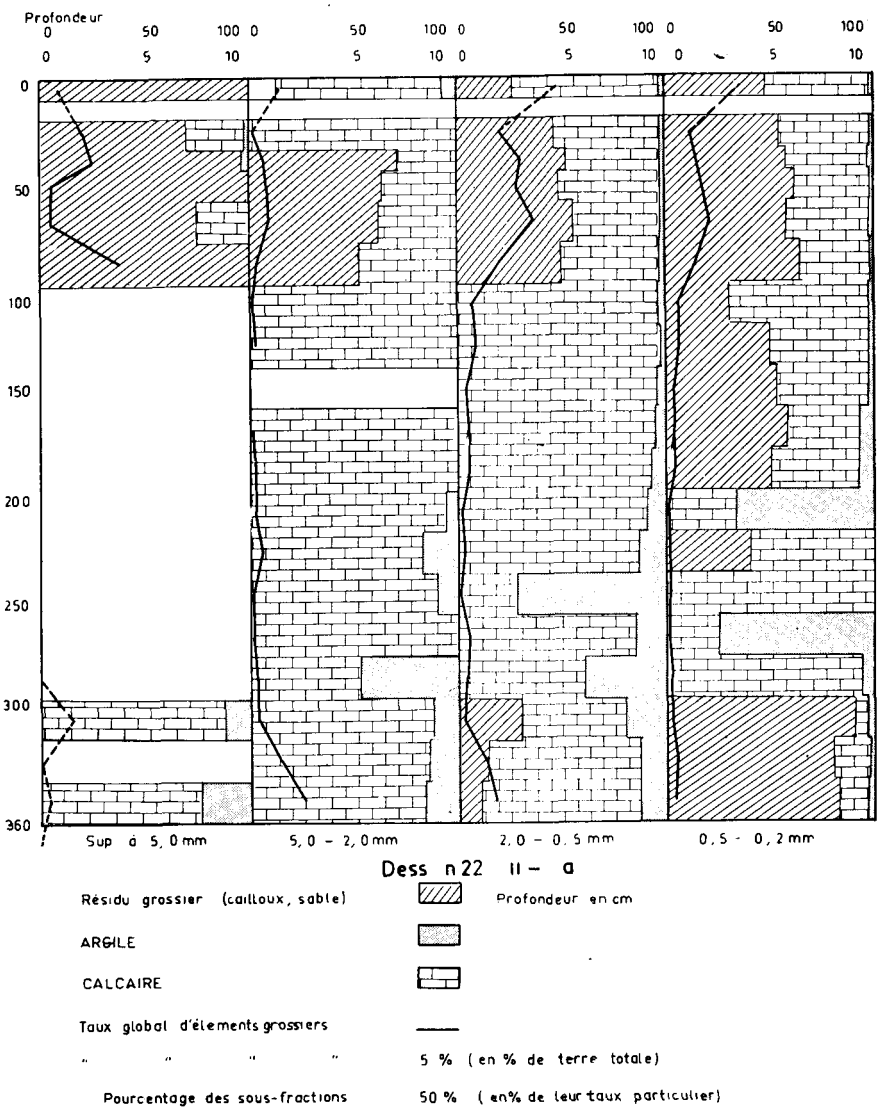
Répartition moyenne des constituants (résidu, calcaire, argile) des éléments grossiers entre différentes fractions granulométriques

Eléments	Calcaire				Argile				Résidu			
fractions	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
					Dess n° 22							
10-80	38,5	47,4	49,8	11,3	2,0	2,2	—	0,4	59,3	50,8	50,2	88,3
80-300	52,8	79,9	86,6	0	15,7	15,5	8,2	0	31,5	4,5	5,3	0
300-360	11,1	65,6	85,3	82,6	4,6	15,0	14,2	17,4	56,9	18,4	0,5	0
					Tir gris n° 23							
10-80	40,0	80,2	65,6	0	5,9	9,8	1,1	0	54,0	9,9	33,3	0
80-200	47,5	77,6	88,4	14,0	6,8	10,8	9,8	0	45,7	9,9	1,8	85,9
					Tirs de merja n° 24							
0-70	77,9	87,7	81,3	10,0	7,3	8,3	2,1	0	14,8	3,7	16,7	0
70-200	69,6	93,9	93,9	93,4	6,0	5,8	1,3	4,2	24,4	0,2	4,6	2.4
					Tirs noir n° 25							
0-120	19,4	79,1	90,7	93,4	3,2	10,3	8,8	5,2	77,4	16,9	0,5	0
120-200	81,4	91,9	89,0	92,8	10,9	7,9	11,0	7,2	7,7	0,2	0	0
					Tirs brun n° 27							
0-100	28,8	48,1	67,3	88,1	2,4	4,8	11,2	10,5	68,8	47,1	21,5	1,4
100-180	55,9	71,2	75,6	76,9	13,2	15,8	18,1	17,7	30,9	13,1	66,4	5,4

Observations : 1 — sous fraction 0.2 — 0,5 mm ; 2 — sous fraction 0,5 — 2,0 mm ; 3 — sous fraction 2,0 — 5,0 mm
4 — sous fraction 5,0 + mm.

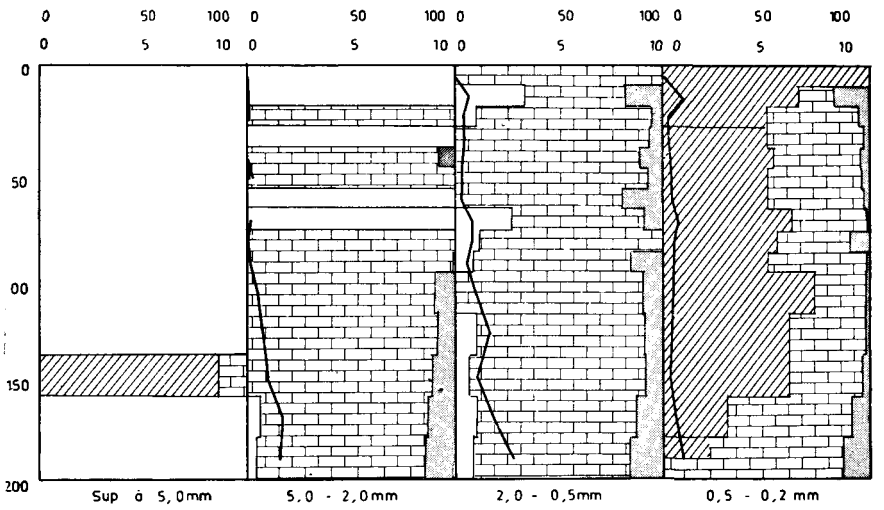
GRAPHIQUE II

Composition élémentaire des fractions grossières (supérieures à 0,2 mm)

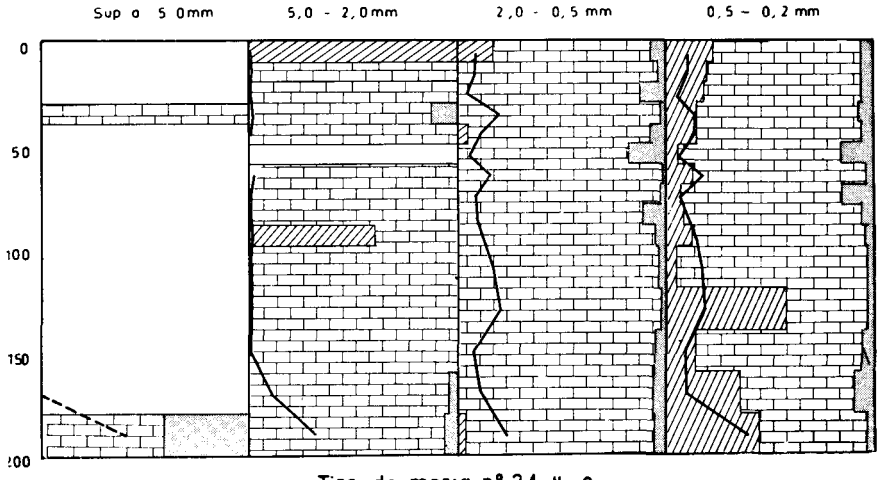


Graphique II

Composition élémentaire des fractions grossières (supérieures à 0,2 mm)



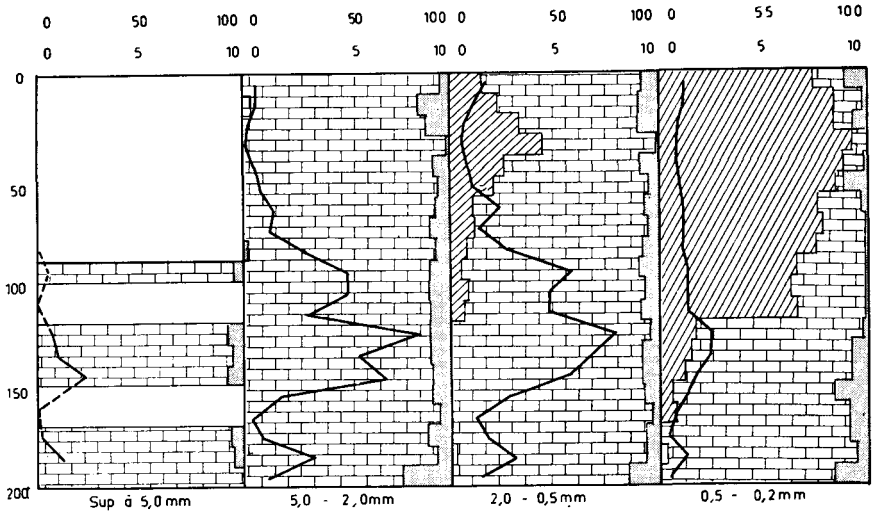
Tirs gris n° 23 II-b



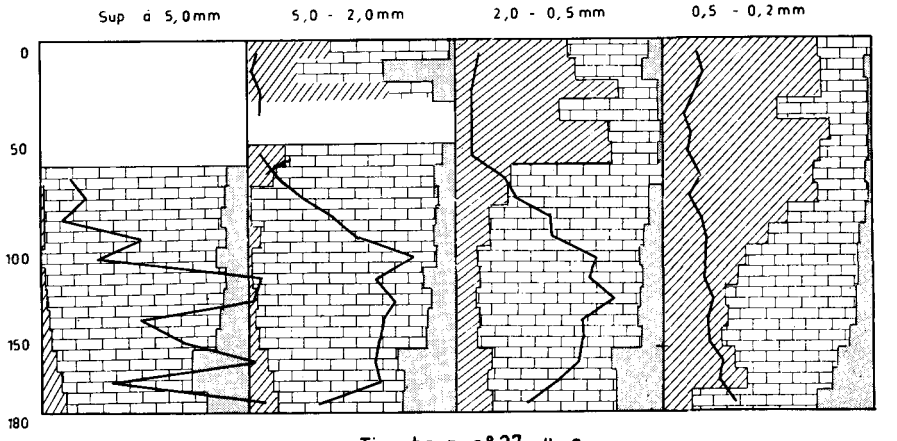
Tirs de merjo n° 24 II-c

GRAPHIQUE II

Composition élémentaire des fractions grossières (supérieures à 0,2 mm)



Tirs noir n° 25 II – d



Tirs brun n° 27 II-e

Dessin B. Salki et V. Simonoff

TABLEAU III-a

Description morphologique sommaire des éléments grossiers

Dess n° 22

Profondeur cm	+ 5,0 mm	5,0 - 2,0 mm	2,0 — 0,5 mm	0,5 - 0,2 mm
0-20	D + O + O + O D	D + O + c + d d	O + O + c + d d + sfq + q	O + O + c + d sfq
20-35	O + O + O + d d	O + O + c + d d	O + O + c + d d + sfq + q	O + O + c + d sfq
35-45	O + O + O + d d	O + O + c + d d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
45-60	O + O + O + d d	O + O + c + d d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
60-80	O + O + O + d d	O + O + c + d d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
80-100	O + O + c + d d	O + O + c + d d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
100-120		O + O + c + d d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
120-140		O + O + c + O d	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
140-160			O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
160-180		O + O + c + O O	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
180-200		O + O + c + O O	O + O + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
200-220		O + k + c + O O	O + k + c ? + d d + q + sfq	O + k + c + d sfq
220-240		O + k + c + O O	O + k + c ? + O O ?	O + k + c + d sfq
240-260		O + k + O + O O	O + k + c + d d + q + sfq	O + O + c + d sfq
260-280		O + O + c + O O	O + k + c ? + O O ?	O + k + c + d sfq
280-300		O + k + c + O	O + k + c + O d + q + sfq	O + k + c + O sfq
300-320		O + k + c + O O ?	O + k + c + O d + gn + q + sfq	O + k ? + c ? + O sfq
320-340	O + k + O + O O ?	O + k + O + O sfq col.	O + k + (c) + O gn + sfq col.	O + k? + c + O sfq col. + gn
340-360	O + k + O + O O	O + k + O + O d + sfq col.	O + k + c? + O gn + sfq col.	O + k? + c + O sfq col. + gn

Observations : Ligne supérieure - description des fractions avant l'attaque à l'acide chlorhydrique. Ligne inférieure - description des fractions après l'attaque à l'acide chlorhydrique.

Abréviations : D - débris grossiers de roche, k - granules, c - débris de coquilles, d - débris fins ou sable, q - quartz, sfq - sable fin quartzeux, gn - grains noirs, Cx - cailloux (roulés), R - racines, col - coloré, déc. - décoloré, b - brun, r - rouge, f - fin, s - sableux, ( ) - rares. O - absence.

TABLEAU III-b

Description morphologique sommaire des éléments grossiers

Tirs gris n° 23

Profondeur cm	FRACTIONS			
	+ 5,0 mm	5,0 — 2,0 mm	2,0 - 0,2 mm	0,5 — 0,2 mm
0-10		D + O + O + d Cx roulés	O + O + c + O sfq + R	O + O + c? + O sfq + R
10-20		O + O + c + d Cx roulés	O + O + c + d gn + d + c + R	O + O + c + d sfg + gn + R
20-30		O + k + O + O O	O + k + c + O Cx arr. + sfq brun	O + k + c + d sfg + gb
30-40			O + k? + c + O gn + d	O + O + c + O gnb + sfq
40-50		O + O + O + d R	O + k? + c + d sfq brun	O + O + c + O sfq + gb
50-60		O + k? + O + O O	O + k + (c) + O gnb + (sfq)	O + k + (c) + O sfq + gnb
60-70		O + k? O + O Cx arrondis	O + k? + (c) + O gn fins	O + k + (c) + O sfq + gnb
70-80			O + k + c + d R + gns + sfq	O + O + c + d sfq col. + gn fins
80-90		O + k? + O + O O	O + k + c + d R + gnb + sfq	O + k + c + d sfq + gn
90-100		D + k + O + O Cx arrondis	O + k + (c) + O gn + sfq	O + k + (c) + O sfq + gn
100-120		O + k + (c) + O R + sfq col.	O + k + O + O gnf	O + k + O + O sfq + gn
120-140		O + k + (c) + O sfq	O + k + O + O gnr + sfq	O + k + c + O sfq + gn
140-160	O + k? + O + O Cx arrondis	O + k + O + O Cx arrondis	O + k + O + O sfq col.	O + k + O + O sfq + gn
160-180	O +	O + k + O + O Cx arrondis + sfq	O + k + O + O Cx blancs + gn sfq col.	O + k + O + O sfq + gn
180-200		O + k + O + O sfq	O + k + (c) + O Cx blancs + gn + sfq	O + k + O + O sfq + (gn).

TABLEAU III-c

Description morphologique sommaire des éléments grossiers
Tirs de merja n° 24

Profondeur cm	FRACTIONS			
	+ 5,0 mm	5,0 - 2,0 mm	2,0 - 0,5 mm	0,5 - 0,2 mm
0-10		D + O + c + O R	D + (k) + c + O R	O + O + c + d R + sfq?
10-20		O + O + c + O R + (d)	O + O + c + d ?	O + O + c + d R + sfq
20-30		O + O + c + O O	O + (k) + C + O R + (d) + (grains)	O + O + c + O R + sfq
30-40	O + O + c + O O	O + O + c + O sfn	O + O + c + O sfn	O + O + c + O R + sfq
40-50		O + O + c + O O	O + O + c + C R + g	O + O + c + O R + sfq
50-60			O + k? + c + O R	O + O + c + O R + sfq déc.
60-70		O + O + c + O O	O + O + c + O R	O + O + c + d sfq déc.
70-80		O + O + c + O O	O + O + c + O R	O + O + c + d R + sfq + gn
80-90		O + O + c + O O	O + O + c + O R	O + O + c + O R + sfq + gn
90-100		D + O + O + O Cx (conc.?)	O + O + c + O R	O + O + c + O R + sfq
100-120		O + O + c + O R	O + O + c + O R + sfq	O + O + c + O sfq déc. + gn
120-140		O + O + c + O O	O + O + c + O sfq déc.	O + O + c + O sfq déc.
140-160		D + O + c + O Cx arrondis	O + O + c + O sfq déc.	O + O + c + O sfq déc. + gn
160-180		O + k + (c) + O sfq déc.	O + k + (c) + O sfq déc.	O + k? + c + O sfq déc.
180-200	O + k + (c) + O sfq déc.	D + k + (c) + O sfq déc.	O + k + (c) + O sfq déc.	O + k + (c) + O sfq déc.

TABLEAU III-d

Description morphologique sommaire des éléments grossiers
Tirs noir n° 25

Profondeur cm	FRACTIONS			
	+ 5,0 mm	5,0 - 2,0 mm	2,0 - 0,5 mm	0,5 - 0,2 mm
0-10		D + k + O + O sfq	D + k + c + d gn + R	D + k + O + d gn + R + sfq
10-20		D + k + O + O R	D + k + O + d gn + R	O + k + O + O gn + R + sfq
20-30		D + k + O + O R	D + k + O + d R + gn	D + k + O + d sfq + gn + R
30-40		O + k + O + O O	D + k + O + d gn + q	D + k? + O + d sfq + gn + R
40-50		O + k + O + O R	O + k + (c) ? + d gn + q	O + k + O? + d sfq + gn + R
50-60		O + k + O + O R + sfq	O + k + c? + O gn + q	O + k + O + d sfq + gn
60-70		O? + k + O + O sf + R	D + k + c? + O gn + q	O + k? + O + O sfq + gn
70-80		O + k + O + O R + sf	O + k + c? + O gn + q	O + k + O + O sfq + gn
80-90		O + k + O + O sf + R	O + k + O + d gn + q	O + k + O + d sfq + gn
90-100	O + k O + O sf + R	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O gn + q	O + k + O + O sfq + gn
100-110		O + k + O + O sf + R	O + k + (c) + d gn + q	O + k + O + d sfq + gn
110-120		O + k + O + O sf + R	O + k + O + d gn + q	O + k + O + d sfq + gn
120-130	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O q + gn + sf	O + k + O + d sfq + gn
130-140	O + k + O + O O	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O gn + q	O + k + O + d O
140-150	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O sfq + gn	O + k + O + d sfq + (gn)
150-160	O + k + O + O	O + k + O + O sf + R	O + k + O + O sfq	O + k + O + d sfq + (gn)
160-170		O + k + O + O O	O + k + O + O (sfq)	O + k + O + d sfq + sf
170-180	O + k O + O O	O + k + O + O O	O + k + O + d? (gn) + (q)	O + q + O + d sfq + R + (gn)
180-190	O + k O + O (sf)	O + k + O + O (sfq)	O + k + O + O R	O + q + O + d sfq + R + (gn)
190-200		O + k + O + O R	O + k + O + d q + (gn)	O + k + O + d sfq + gn

TABLEAU III-e

Description morphologique sommaire des éléments grossiers
Tirs brun n° 27

Fractions / Profondeur	+ 5,0 mm	5,0 - 2,0 mm	2,0 - 0,5 mm	0,5 - 0,2 mm
0-10		D + k + O + d R + Cxq	D + k + O + d gn + gr + q	D + k? + O + d sfq + gn + R
10-20		D + O + O + O R	D + k + O + d q + gn + gr + R	D + k? + O + d sfq + gn + R
20-30		O + k? + O + d Cx arrondis	D + k? + c? + d q + gn + (R?)	D + k? + c? + d sfq + gn
30-40		O + k + O + d Cx arrondis	D + k? + c? + d q + gr + gn + R	D + k? + c? + d sfq + gn + R
40-50			D + k? + c? + d gn + q	D + k? + c? + d sfq + gn
50-60		O + k + O + d Cx arrondis	D + k + O + d q + gr + gn	D + k + O + d sfq + gn
60-70	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d? Cx arrondis + sf	O + k + O + d qr + gn	O + k + O + d sfq + gn
70-80	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + O sf	O + k + O + d q + gr + gn	O + k + O + d sfq + gn
80-90	O + k + O + O sf + Cx b-r + Cxt	O + k + O + O sf + Cx	O + k + O + d gn + q + gn	O + k + O + d sfq + gn
90-100	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d sf b-r + Cx	O + k + O + d gn + q	O + k + O + d sfq + gn
100-110	O + k + O + O sfb	O + k + O + O sfb + Cx	O + k + O + d q + gn	O + k + O + d sfq + gn
110-120	O + k + O + O sfb + Cx, Cxt	O + k + O + O sfb	O + k + (c) + d q + gn	O + k + O + d sfq + gn
120-130	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + O sfb	O + k + O + d q + gn	O + k + O + d sfq + gn
130-140	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d q + gn	O + k + O + d sfq + gn
140-150	O + k + O + O sf	O + k + O + O sf	O + k + O + d sf + q + gn	O + k + O + d
150-160	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d sf b-r + Cx	O + k + c? + d q + gn + sf	O + k + O + d sfq + (gn)
160-170	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d sf b-r + Cx	O + q + O + d sf b-r + q + gn	O + k + O + d sf b-r + sfq + gn
170-180	O + k + O + O sf b-r	O + k + O + d sf b-r + Cx	O + k + O + d sf b-r + q + gn	O + k + O + d sf b-r + sfq + gn

GRAPHIQUE III — **Teneur en calcaire grossier et sa répartition entre les differentes fractions granulométriques (en % du calcaire grossier, sup. à 0,2 mm)**

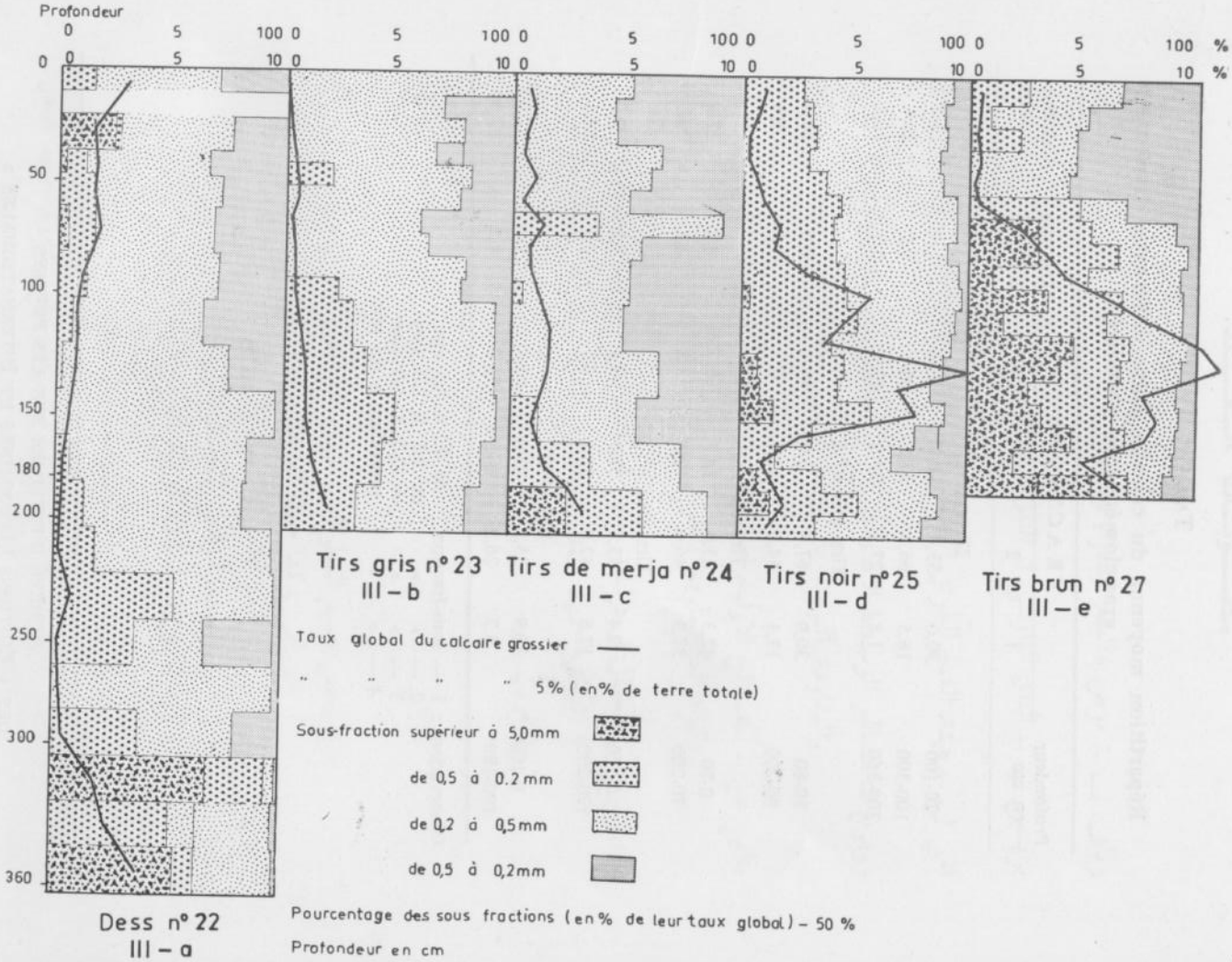


TABLEAU IV

Répartition moyenne du calcaire entre différentes fractions granulométriques grossières

Profondeur en cm	FRACTIONS 1	2	3	4	Calcaire grossier	Calcaire total
			Dess n° 22			
20-100	30,0	53,8	8,9	5,4	1,4	16,2
100-300	16,5	66,3	17,2	0	0,5	20,1
300-360	1,8	27,2	29,3	40,7	8,9	10,2
			Tirs gris n° 23			
10-80	30,0	67,0	3,0	0	0,3	10,3
80-200	13,1	54,2	33,6	0	0,8	3,8
			Tirs de merja			
0-70	42,3	43,0	14,7	0	0,8	17,4
70-200	37,3	46,6	12,6	3,8	1,1	29,0
			Tirs noir n° 25			
0-120	9,4	53,1	37,9	0,4	1,2	2,7
120-200	17,6	42,8	33,1	6,5	2,5	29,1
			Tirs brun			
0-100	30,9	35,3	23,4	10,4	1,9	2,2
100-180	8,7	26,2	30,3	34,8	8,5	17,0

Observations : 1 — sous-fraction de 0,2 à 0,5 mm
2 — » » de 0,5 à 2,0 mm
3 — » » de 2,0 à 5,0 mm
4 — » » supérieure à 0,5 mm

ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES PRESSES
DES « EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES »
11, AV. DE RABAT A TANGER

ERRATA

PAGE		AU LIEU DE :	LIRE :
7	18e ligne	*sporadiis stipatis*	*sporodiis stipatis*
21	4e ligne	*Phaenix canariensis*	*Phoenix canariensis*
»	34e l'gne	*Aspergilus nidulans*	*Aspergillus nidulans*
»	37e ligne	*Aspergillsu parasiticus*	*Aspergillus parasiticus*
23	32e ligne	*Phytophthora palmivora* BULL.	*Phytophthora palmivora* BUTL.
29	2e et 3e lignes :	lire « ... ouvrages d'A. Foury et d'E.J. Villax. Nous nous limiterons ici aux observations des trois dernières années (1966 à 1968). »	

محتويات العدد

رياف ب ـ مرض «البقع السمراء» للنخيل..... 1

بريسين ب ـ النفل الفارسي او النفل المنكوس..... 25

تغي ل. ـ هيئة القمح الطري المكسكي اثناء الموسم 1968/69 51

رونوج ـ تأثير الوسط الانباتي ل *Cycloconum oleaginum* والمقاومة النوعية على زراعة الزيتون بالمغرب..... 55

بناني ص ـ النتائج الاولية لتجربة مكافحة سسدومية الحبوب بالمواد الكيماوية بالمغرب..... 75

بريسين ج ـ مدخل في دراسة حجر الكلس في التربة المغربية
I - ابحاث في حجر الكلس الغليظ في التربة الطينية بالمغرب 97

فيما يخص جميع المعلومات حول : انجازات البحث الزراعي وكذا مجلة العوامية، اكتبوا الى :
قسم الطبع والنشر والتوزيع
المعهد الوطني للبحث الزراعي
صندوق البريد 415 الرباط البريد المركزي

الاداء عن الحساب الجاري بالبريد تحت عنوان «مصلحة الموارد لقسم الطبع والنشر والتوزيع بالمعهد الوطني للبحث الزراعي بالرباط» الحساب الجاري رقم 88 452

المملكة المغربية

26

العوامية

مجلة مغربية للبحث الزراعي

المعهد الوطني للبحث الزراعي

- الرباط -

يناير 1968