

# LES HORIZONS D'INDIVIDUALISATION ET D'ACCUMULATION DU CALCAIRE DANS LES SOLS DU MAROC

A. RUELLAN

ORSTOM, Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire,  
Rabat, Maroc

Dans les sols méditerranéens, le calcaire est très souvent un élément fondamental de description et de classification. C'est en particulier le cas des sols isohumiques subtropicaux (sols bruns et châtaîns) et des sols rouges méditerranéens, auxquels nous limiterons notre étude; ces sols présentent souvent un horizon Bca ou Cca dans lequel le calcaire s'accumule et s'individualise sous des formes diverses, l'accumulation pouvant aller jusqu'à la formation de carapaces calcaires puissantes.

Sur la genèse des horizons d'accumulation du calcaire et surtout des carapaces, la bibliographie est déjà importante et les théories proposées en fonction des divers faciès existants, sont très variées. En particulier, beaucoup d'auteurs attribuent aux carapaces (dalles, croûtes, encroûtements) une origine essentiellement géologique (dépôts de sources, dépôts lacustres, ruissellement superficiel en nappe, apports éoliens). Par contre, d'autres auteurs pensent plutôt à des phénomènes pédologiques : formation dans les sols par lessivage vertical, apports obliques et remontée capillaire du calcaire, ou formation au-dessus d'une nappe phréatique (croûtes de nappe).

Sans vouloir nier l'existence certaine au Maroc de carapaces d'origine géologique, nous pensons quant à nous qu'une très grande partie des horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire, dont les faciès sont très variés, sont, au Maroc, le résultat d'une même famille de processus pédologiques qui entrent dans le cadre de la formation des sols isohumiques subtropicaux et des sols rouges.

## I.—DESCRIPTION DES FORMES D'INDIVIDUALISATION ET D'ACCUMULATION DU CALCAIRE

Dans les sols et dans les dépôts quaternaires, l'accumulation ou l'individualisation du calcaire peut se réaliser sous les formes suivantes.

### (a) *Accumulations diffuses*

C'est un premier stade peu accentué de l'accumulation en profondeur dans un sol. C'est une accumulation sans individualisation, le calcaire restant en éléments fins mais s'accumulant surtout dans la fraction 2-20 microns. Cependant, des pseudo-mycéliums peuvent apparaître, soulignant la porosité du sol (tracé des racines en particulier).

501

20 MARS 1969

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

Collection de Référence

n° ~~1234~~

(b) *Amas friables, granules et nodules*

Présents dans les dépôts quaternaires et dans les sols, ce sont des concentrations de calcaire dispersées dans la masse d'un ou plusieurs horizons. De formes et de dimensions très variées (quelques mm à quelques cm), les granules et les nodules sont plus ou moins durcis alors que les amas friables ne le sont pas. Les granules ont un volume inférieur à 1 cm<sup>3</sup>.

Les amas friables, de couleur blanche à crème, ont des contours plus ou moins nets. Il peut s'agir d'une forte concentration de calcaire bien délimitée, très blanchie. Mais cela peut être aussi de fines pellicules pénétrant la micro-structure ou quelque chose de très diffus, une concentration assez faible du calcaire qui imprègne, en partie ou en totalité, un ou plusieurs agrégats. Plus ou moins durcis (souvent en fonction de l'humidité), les granules et nodules sont de couleur saumon quand ils sont très durs et tendent vers le blanc quand ils sont plus tendres. Ils sont très riches en calcaire, mais leur constitution est souvent hétérogène.

(c) *Encroûtements*

Quand, dans un horizon, l'accumulation du calcaire (diffuse, amas, granules ou nodules) devient telle qu'elle fait disparaître la couleur brune ou rougeâtre des sols et des dépôts, il y a encroûtement, la teneur en calcaire dépassant 60 %.

L'encroûtement peut être :

— crayeux ou tuffeux, de couleur claire assez homogène; la structure est massive ou polyédrique, parfois finement feuilletée; le durcissement est faible;

— nodulaire : c'est un horizon à granules et nodules pris dans une gangue très calcaire; la structure est à la fois nodulaire et polyédrique et peut être finement feuilletée; le durcissement est assez marqué.

(d) *Croûtes*

La croûte calcaire est une formation très calcaire (plus de 70 %), durcie, à structure feuilletée : il s'agit de la superposition de feuillets, pouvant atteindre quelques cm d'épaisseur, mais de plus en plus fins quand on va du sommet vers la base. Ces feuillets ne sont pas continus : ils sont séparés par des fentes sub-horizontales s'anastomosant entre elles, fentes de plus en plus fines quand on va du haut vers le bas.

La croûte est généralement de couleur blanc-crème; quand elle est très durcie, elle tend vers le rose : c'est la transformation de la croûte en dalle compacte. Après une limite supérieure toujours très nette la teneur en calcaire et le durcissement de la croûte diminuent toujours du sommet vers la base où elle passe progressivement à un encroûtement.

(e) *Dalle compacte*

La dalle compacte (plus de 90 % de calcaire) est constituée par un ou plusieurs feuillets de calcaire, très durs, de couleur grise ou saumon, chaque feuillet, généralement très continu, à structure massive, pouvant atteindre 10 à 20 cm d'épaisseur. En profondeur, la dalle compacte passe progressivement à la croûte.

(f) *Pellicule rubanée*

Il s'agit là d'une formation stratifiée, constituée par la superposition de lamelles très fines. Très calcaire (plus de 80 %) et très dure, son épaisseur varie de quelques mm à quelques cm. Elle est en général blanche ou saumon, mais présente toujours plusieurs filets plus ou moins sombres. Cette pellicule ne se développe qu'au sommet des dalles compactes, des croûtes (quand la dalle compacte n'existe pas) ou des encroûtements (quand il n'y a pas de croûte). Quand il s'agit d'une croûte dont le feuillet supérieur est brisé verticalement, ce qui est fréquent, la pellicule tapisse toutes les surfaces supérieures et latérales des morceaux du feuillet brisé, mais pas la base. Elle peut également se développer sur les parois inférieures des fentes subhorizontales les plus larges qui séparent les feuillets de croûte.

## II.—INDIVIDUALISATION ET ACCUMULATION DANS LES DÉPÔTS

Dans les dépôts quaternaires, amas, granules et nodules peuvent être présents, seuls ou associés, sur toute l'épaisseur du dépôt (sauf en surface) ou seulement dans certains horizons. Cependant, fréquents dans le Quaternaire moyen et ancien, ils sont beaucoup plus rares dans le Quaternaire récent (Würm). Au contraire, encroûtements, croûtes et dalles sont généralement absents au-dessous de la zone de pédogénèse. Par ailleurs :

— Amas, granules et nodules sont fréquents dans des dépôts qui n'étaient pas calcaires à l'origine.

— Leur présence est souvent accompagnée par certains indices d'une hydromorphie ancienne qui fut probablement assez faible.

— La densité, la forme et la consistance de ces inclusions varient beaucoup en fonction de la texture du dépôt.

Nous ne pouvons pas ici insister sur l'origine de ces formations. Indiquons seulement qu'il s'agit en partie du résultat de variations d'hydromorphie plus ou moins accentuées, hydromorphie qui remanie le calcaire préexistant dans les dépôts et celui amené par la circulation des eaux.

## III.—INDIVIDUALISATION ET ACCUMULATION DANS LES SOLS

Dans les sols, l'horizon d'accumulation peut être :

— Une accumulation diffuse (sols peu évolués) dont les limites sont invisibles.

— Un horizon à amas, granules ou nodules, seuls ou associés, généralement précédé et suivi par une accumulation diffuse, les limites entre les horizons étant progressives. D'ailleurs, l'accumulation diffuse se poursuit dans l'horizon à inclusions. Cependant, la présence seule d'amas friables n'implique pas forcément une accumulation de calcaire dans l'horizon : il peut s'agir seulement d'une concentration du calcaire déjà présent.

— Une carapace (10 à plus de 200 cm d'épaisseur) : sa limite supérieure est toujours nette et sa teneur en calcaire, maximum au sommet, décroît en profondeur. A sa base, elle passe progressivement à un horizon à amas, granules ou nodules. Cette carapace peut être :

- un encroûtement seul, pouvant être coiffé d'une pellicule rubanée;
- une croûte passant progressivement en profondeur à un encroûte-

ment; la croûte peut être surmontée soit d'une pellicule rubanée, soit d'une dalle compacte qui peut elle-même porter une pellicule rubanée.

Il y a donc verticalement passage progressif entre les diverses formes d'accumulation qui sont disposées les unes par rapport aux autres selon des lois précises. De même les passages latéraux sont très fréquents : passage d'un horizon à amas à un horizon à granules et nodules; enrichissement de la partie supérieure d'un horizon à amas, granules ou nodules qui devient encroûtement; passage du sommet de cet encroûtement à un croûte qui va s'épaissir et dont les feuilletés supérieurs durciront de plus en plus jusqu'à devenir une dalle compacte.

(a) *Les horizons d'accumulation en fonction des facteurs de la pédogénèse*

Les principaux faits qui permettent de comprendre la formation des horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols sont les suivants :

1) Quelle que soit la situation topographique, ces horizons ne sont jamais situés en surface et l'horizon qui les surmonte est d'une épaisseur assez constante, de l'ordre de quelques dizaines de cm.

2) Quand on passe latéralement d'une accumulation à amas, granules ou nodules, à une carapace, la limite avec l'horizon supérieur, progressive dans le 1<sup>er</sup> cas, devient nette et brutale; mais l'horizon supérieur est le même et n'apparaît donc que rarement comme un apport allochtone sur la carapace.

3) L'épaisseur et la teneur en calcaire de l'horizon d'accumulation sont indépendantes de celles de l'horizon supérieur : au-dessus d'une carapace puissante, l'horizon supérieur peut être très calcaire ou pas du tout, quelle que soit son épaisseur. Le calcaire accumulé ne provient donc pas du lessivage de l'horizon situé au-dessus.

4) Quel que soit l'horizon d'accumulation, sa limite avec la roche-mère sous-jacente est toujours progressive. Par ailleurs, la morphologie des accumulations varie sensiblement avec la texture des roches-mères. Cependant, il n'y a aucun rapport-entre la richesse en calcaire de la roche-mère et la puissance des accumulations, qui peuvent se développer dans des dépôts non calcaires. Les accumulations ne sont donc pas des apports allochtones, mais leur calcaire n'a pas été fourni par la roche-mère.

5) L'accumulation du calcaire s'accroît avec l'âge des sols. Sur les dépôts flandriens, les sols ne présentent qu'une accumulation diffuse ou à amas. Au Würm, les accumulations à amas et granules sont bien développées, mais les nodules et les carapaces n'apparaissent qu'au Riss. Enfin les carapaces les plus puissantes, avec dalle compacte, n'existent qu'au Villafranchien. Par contre la décalcarisation de l'horizon supérieur ne s'accroît pas avec l'âge.

6) Quand on va des régions à climat méditerranéen subhumide (500-700 mm) vers des climats de plus en plus secs :

— Les accumulations de calcaire se rapprochent progressivement de la surface et, pour un même âge, sont de moins en moins épaisses.

— Dans les dépôts récents (Würm et Flandrien), les accumulations à

inclusions sont de plus en plus mal développées. Elles disparaissent vers 200 mm.

— Dans les sols anciens, les carapaces sont de plus en plus fréquentes. Par ailleurs, les croûtes et les dalles, souvent peu épaisses en région sub-humide alors que les encroûtements peuvent y être puissants, se développent de mieux en mieux, au détriment des encroûtements, quand on va vers les climats arides. Les carapaces sont présentes jusqu'au Sahara.

— Les horizons supérieurs sont de plus en plus souvent très calcaires.

7) Les divers types d'accumulation peuvent se retrouver dans presque toutes les positions topographiques : tout dépend de l'âge du sol. Mais il est évident que pour les sols d'un même âge c'est le relief qui régit le passage d'un type à l'autre, qui régit également dans le détail leur puissance (épaisseur et teneur en calcaire). Par contre le relief n'a aucune influence sur le lessivage vertical du calcaire : dans les vallons les accumulations sont un peu plus profondes mais les horizons supérieurs ne sont pas plus décalcarisés.

8) L'accumulation du calcaire apparaît souvent comme s'étant faite et se faisant encore autour d'un système racinaire (disposition et alignement verticaux des amas, granules, nodules).

9) Les horizons d'accumulation présentent souvent des traces d'une hydromorphie légère.

(b) *Essai d'interprétation de la formation des accumulations de calcaire dans les sols*

Les faits que nous venons d'exposer (concernant les sols isohumiques subtropicaux et rouges méditerranéens) nous imposent cinq conclusions :

— Les différentes formes d'accumulation n'étant pas indépendantes les unes des autres, on ne peut imaginer pour chaque type des modes de formation très différents.

— Les accumulations de calcaire sont des horizons pédologiques liés aux horizons situés au-dessus et au-dessous d'eux. Il ne peut s'agir du résultat de phénomènes de dépôts ou de ruissellement superficiel.

— Le calcaire ne provient pas du lessivage des horizons supérieurs. Le lessivage vertical du calcaire est un phénomène limité, s'accroissant un peu avec l'humidité du climat mais pas avec l'âge: un équilibre est rapidement atteint, équilibre entre la descente et la remontée des solutions qui peuvent transporter le calcaire.

— Le calcaire n'est pas non plus fourni par la roche-mère.

— L'apport du calcaire est essentiellement latéral : d'une part par ruissellement superficiel d'une eau chargée en calcaire qui pénètre dans le sol et traverse les horizons superficiels sans les lessiver; d'autre part par circulation diffuse de l'eau calcaire dans le sol; enfin par les nappes phréatiques d'où l'eau calcaire peut remonter. Le dépôt du calcaire, la morphologie, l'épaisseur et la profondeur des accumulations, sont alors le résultat :

- de la quantité d'eau qui peut arriver et de sa richesse en calcaire;
- de la vitesse à laquelle l'eau peut circuler;

- de la vitesse à laquelle elle peut s'évaporer;
- de la profondeur à laquelle l'eau venant de la surface peut pénétrer dans le sol;
- de la quantité d'eau qui peut remonter des horizons profonds;
- de l'importance de l'hydromorphie et de ses variations.

D'où le rôle essentiel des roches-mères (texture, perméabilité) et de la topographie. D'où le rôle également fondamental de la végétation qui facilite la pénétration de l'eau dans le sol et surtout qui est la pompe aspirante qui absorbe l'eau qui vient de toutes parts et qui concentre le calcaire autour de son système racinaire.

Le déroulement de la formation des accumulations de calcaire serait alors le suivant (nous négligerons le cas des croûtes de nappe qui peuvent se former dans la zone de battement d'une nappe phréatique : ils sont rares dans les sols qui nous intéressent ici) :

1) L'accumulation peut débuter dès que la végétation s'installe sur un nouveau dépôt : elle se fait au niveau des racines qui absorbent l'eau.

2) Le premier stade est l'accumulation diffuse et les pseudo-mycéliums. Puis apparaissent les amas calcaires : si le sol est assez humide, ces amas peuvent cependant s'individualiser avant toute accumulation.

3) La profondeur à laquelle se fait l'accumulation dépend de la quantité d'eau qui percole verticalement (fonction du relief, de la perméabilité, du climat).

4) Selon le régime hydrique du sol, l'accumulation et l'individualisation se poursuivront sous forme d'amas ou s'orienteront vers des formes concrétionnées qui nécessitent des périodes fréquentes d'assèchement prononcé. Ce régime hydrique dépend non seulement du climat, des roches-mères et du relief, mais aussi du type de végétation et de son enracinement.

5) Si l'accumulation se poursuit pendant un temps très long (environ 20.000 ans : variable selon les autres conditions), les horizons à amas, granules ou nodules commenceront à se transformer en encroûtement (tuffeux ou nodulaire selon l'accumulation préexistante et le régime hydrique).

6) Au fur et à mesure que l'encroûtement se développe, sa stérilité chimique et sa compacité obligent l'enracinement à être de plus en plus superficiel. Par ailleurs, l'encroûtement s'engorgeant facilement et la perméabilité diminuant, la circulation de l'eau devient de plus en plus superficielle : l'accumulation du calcaire affecte donc des horizons de plus en plus superficiels de l'encroûtement.

7) L'enrichissement en calcaire du sommet de l'encroûtement, soumis par ailleurs à des variations importantes d'humidité dues à la proximité de la surface du sol et à l'enracinement, va bientôt s'accompagner d'un certain durcissement puis d'un début de feuilletage; c'est la croûte qui se forme, dont la morphologie et l'épaisseur dépendront du temps et de l'importance des variations d'humidité : la croûte sera d'autant plus feuilletée, plus durcie et plus épaisse que les alternances d'humidification

et d'assèchement auront été plus fréquentes et plus accentuées pendant un temps plus long. L'aboutissement extrême de ces alternances semble être la formation de la dalle compacte qui a certainement nécessité, pour être bien développée comme celle du Villafranchien, plusieurs milliers d'années.

8) Enfin, au sommet de l'encroûtement durci, de la croûte ou de la dalle compacte, toujours enterrés, l'eau qui pénètre de plus en plus difficilement ruisselle et s'évapore en déposant de fines lamelles de calcaire : c'est la formation de la pellicule rubanée. En ce que concerne les conditions climatiques qui ont permis la formation des accumulations calcaires et en particulier des carapaces :

—Dans les régions actuellement semi-arides, ces conditions ont dû être voisines du climat actuel, permettant le développement d'une végétation forestière : elles se sont reproduites à chaque pluvial Quaternaire pendant des temps plus ou moins longs (G. Beaudet, G. Maurer, A. Ruellan, 1967), le durcissement de la croûte et la formation de la dalle devant correspondre à une modification du régime pluviothermique et à une dégradation de la végétation quand on passe du pluvial à l'interpluvial.

—Dans les régions actuellement arides ou sahariennes, les carapaces sont les témoins de climats semi-arides correspondant aux pluviaux quaternaires.

Enfin, à partir du moment où une carapace durcie est formée, il se produit une rupture dans le sol qui isole l'horizon superficiel : cet horizon ne va plus évoluer en fonction de sa roche-mère, qui est située sous la carapace, mais seulement en fonction de lui-même et de la carapace qu'il surmonte :

—Si cet horizon est suffisamment épais (plus de 30-40 cm) un nouveau sol isohumique peut, par exemple, s'y développer avec un nouvel horizon d'accumulation de calcaire qui peut devenir une carapace superposée à la première.

—Si l'horizon est peu épais (aminci par l'érosion) ou si la carapace est un encroûtement ou une croûte peu consolidée, s'altérant facilement, l'horizon évoluera plutôt comme un sol brun-calcaire ou une rendzine.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Aubert, G. (1960)—Les sols de la zone aride: étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. *Actes Colloque UNESCO Paris sur les problèmes de la zone aride*. 127-150. (*Proc.Symp.Paris UNESCO Arid Zone Res. XVIII*, 115-138.
- Beaudet, G., Maurer, G., et Ruellan, A. (1967)—Le Quaternaire Marocain; observations et hypothèses nouvelles. *Revue Géogr.phys.Géol.dyn.* IX (4), 269-309.
- Boulaine, J. (1957)—Étude des sols des plaines du Chélif. *Étud.rég.Serv.Étud.scient.Alger.* 7, 582 pp.
- Durand, J. H. (1959)—Les sols rouges et les croûtes en Algérie. *Étud.gén.Serv.Étud.scient. Alger.* 7, 188 pp.
- Ruellan, A. (1966)—Les sols isohumiques subtropicaux au Maroc. *Commun.Conf.de Pédol. Méditerranéenne*, Madrid.
- Ruellan, A. (1967)—Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc. *Cah.Pédol.ORSTOM*.
- Wilbert, J. (1962)—Croûtes et encroûtements calcaires au Maroc. *Al Awamia* (3), 175-192.

## RÉSUMÉ

Au Maroc, les sols isohumiques subtropicaux et les sols rouges méditerranéens présentent souvent un horizon d'accumulation du calcaire qui, selon la nouvelle nomenclature que nous proposons, peut être:

- une accumulation diffuse avec ou sans pseudo-mycelium,
- un horizon à amas friables,
- un horizon à concrétions : granules, nodules,
- une carapace constituée d'un encroûtement parfois coiffé d'une pellicule rubanée,
- une carapace comprenant une croûte qui passe en profondeur à un encroûtement, la croûte pouvant être surmontée d'une pellicule rubanée ou d'une dalle compacte.

Les accumulations de calcaire sont le résultat plus ou moins accentué d'un même processus pédologique, processus très lent d'accumulation en profondeur (à partir de 40-60 cm en moyenne) autour d'un système racinaire, le calcaire ne provenant ni du lessivage des horizons supérieurs, ni de la roche-mère, mais d'apports obliques par le ruissellement superficiel, par une circulation diffuse dans le sol et par les nappes phréatiques.

En effet:

—Les horizons d'accumulation, en particulier les carapaces, ne sont jamais situés en surface.

—Il y a passages progressifs, latéraux et verticaux, entre les diverses formes d'accumulation.

—La limite entre l'accumulation du calcaire et la roche-mère est toujours progressive.

—Les passages latéraux montrent que l'horizon situé au-dessus d'une carapace est rarement un apport allochtone.

—L'épaisseur et la teneur en calcaire de l'horizon d'accumulation sont indépendantes de celles de l'horizon supérieur.

—La texture de la roche-mère influence la morphologie de l'accumulation.

—L'accumulation s'accroît avec l'âge des sols.

—Il y a une certaine relation entre les climats actuels et les accumulations (profondeurs, morphologie et puissance).

—Le relief a une grande influence sur la morphologie et la puissance des accumulations.

—Par contre, l'âge du sol et le relief n'ont presque aucune influence sur la teneur en calcaire de l'horizon situé au-dessus de l'accumulation.

—Les accumulations présentent souvent des traces d'hydromorphie.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die isohumischen subtropischen Böden, sowie die roten Mittelmeer-Böden in Marokko, weisen häufig einen Horizont von Kalkstein-Anreicherungen auf, welcher entsprechend der von uns vorgelegten neuen Nomenklatur folgendem entspricht:

- eine zerstreute Anreicherung mit oder ohne Pseudo-Mycelium,
- ein Horizont mit brüchigen Anhäufungen,

- ein Horizont mit Ablagerungen, körnig, klumpig,
- ein Ortstein, der aus einer Bekrustung besteht, die manchmal von einer dünnen streifigen Schicht überlagert ist,
- ein Ortstein, der eine Kruste enthält, welche wenn tiefer liegend zu einer Bekrustung wird; diese Kruste ist möglicherweise auch von einer dünnen streifigen Schicht oder festen Gesteinsplatte überlagert.

Die Anreicherungen von Kalkstein sind ein mehr oder weniger betontes Resultat des gleichen pedologischen Vorganges. Es ist ein sehr langsamer Vorgang von Anreicherungen um das radiculäre System in der Tiefe (durchschnittlich 40-60 cm). Der Kalkstein rührt weder von dem senkrechten Auslaugen des Oberflächen-Horizontes, noch von dem Muttergestein her, sondern von dem Auslaugen von seitlichen Ablagerungen und Transport bei Oberflächen-Abfluss, sowie von Diffusen-Zirkulationen im Boden und Grundwasser-Flächen.

Demzufolge:

- Anreicherungshorizonte, besonders die Ortsteine sind niemals an der Oberfläche zu finden.
- Zwischen verschiedenen Formen von Anreicherungen finden fortschreitende Übergänge statt, seitlich sowie senkrecht.
- Die Grenze zwischen der Kalkstein-Anreicherung und dem Muttergestein ist immer fortschreitend.
- Wie die seitlichen Übergänge aufweisen, ist der über dem Ortstein gelagerte Horizont selten eine allochtone Ablagerung.
- Stärke und Gehalt an Kalkstein der Anreicherungshorizonte sind von dem der höheren Horizonte unabhängig.
- Die Struktur des Muttergesteins hat einen Einfluss auf die Anreicherungs-Morphologie.
- Die Anreicherungen nehmen mit dem Alter des Bodens zu.
- Zwischen dem heutigen Klima und den Anreicherungen bestehen gewisse Verbindungen (Tiefe, Morphologie u. Stärke).
- Grossen Einfluss hat auch der Relief auf die Morphologie und Stärke der Anreicherungen.
- Andererseits hat das Alter des Bodens und der Relief fast keinen Einfluss auf den Gehalt an Kalkstein des Horizontes, welcher sich über der Anreicherung befindet.
- Die Anreicherungen weisen des öfteren Spuren von Hydromorphie auf.

#### SUMMARY

In Morocco, the isohumic subtropical soils and red Mediterranean soils frequently show a horizon of limestone accumulation which, according to our new nomenclature, can be:

- a diffuse accumulation with or without pseudo-mycelia,
- a horizon with friable accumulations,
- a horizon with concretions: granules, nodules,
- a hardpan made up by an incrustation, sometimes capped with a ribboned pellicle,
- a hardpan comprising a crust, which with depth, becomes an incrus-

tation; the crust might be overlain either by ribboned pellicle or by a compact slab.

The limestone accumulation is a result more or less pronounced of the same pedological process. It is a very slow process of accumulation in depth (average of 40 to 60 cm) around a root system, the limestone not being derived by vertical leaching of the surface horizons, or from the parent rock, but by leaching of side deposits (and transport) by surface runoff, by diffuse circulation in the soil and groundwater flow.

- The accumulation horizons, particularly the hardpans, are never situated on the surface.
- There are progressive transitions, lateral and vertical, among different forms of accumulation.
- The boundary between the limestone accumulation and the parent rock is always gradual.
- The lateral transitions show that the horizon situated above a hardpan is seldom an allochthonous deposit.
- The thickness and the limestone content of the accumulation horizon are independent of those of the overlying horizons.
- The texture of the parent rock has an influence on the morphology of the accumulations.
- The accumulation increases with age of the soils.
- There is a definite relationship between the present climates and the accumulation (depth, morphology and thickness).
- The relief has a great influence on the morphology and the thickness of the accumulations.
- On the other hand the age of the soil and the relief have almost no influence on the limestone content of the horizon situated above the accumulation.
- The accumulations often show traces of hydromorphism.

9th INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE  
TRANSACTIONS

VOLUME IV PAPER 52

---

LES HORIZONS D'INDIVIDUALISATION ET  
D'ACCUMULATION DU CALCAIRE DANS  
LES SOLS DU MAROC

A. RUELLAN

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

-6 NOV. 1984

N° : 16035 ex 1

Cat : B

316.035 ex 1