

# A história dos solos: alguns problemas de definição e de interpretação\*

ALAIN RUELLAN

## INTRODUÇÃO

Todos os solos têm uma história mais ou menos longa e complexa, e uma das ambições do pedólogo é a reconstituição dessa história. Os solos são velhos ou jovens? Quais foram as principais etapas de sua diferenciação? Teriam eles conhecido ambientes ou paisagens diferentes das que eles evoluem atualmente? Tais são as principais questões da história que para si formula o pedólogo.

Para responder a essas questões, o pedólogo nunca dispõe, no momento, de numerosos fatos seguros. Ele deve, sobretudo, interpretar, e essa interpretação ele a faz principalmente em função do que ele conhece e do que ele supõe, a respeito das relações que existem entre os caracteres pedológicos e os elementos do ambiente atual.

Conforme o acordo ou a discordância que pareça existir atualmente entre o meio pedológico (o solo) e o seu ambiente, pode-se, com efeito, distinguir diversos tipos de solos, nos quais os passados parecem muito diferentes. Se se procede a uma reflexão teórica a esse respeito, acaba-se conduzindo a se admitir que há, efetivamente, apenas três grandes grupos de solos, que são os seguintes:

1º) Solos nos quais todas as características estão em ajuste ou em equilíbrio com o meio atual, onde nada testemunha uma evolução pedogenética passada diferente da evolução que se desenvolve atualmente.

2º) Solos em que certos caracteres, qualificados como reliquiais testemunham condições pedogenéticas passadas diferentes das condições atuais;

3º) Solos enterrados, que são, a rigor, um caso particular do grupo precedente.

Nos comentários que se seguem, tentar-se-á definir e delimitar o conteúdo teórico desses três grupos, bem como estabelecer os principais problemas referentes aos seus reconhecimentos no campo, seus estudos e suas inter-

---

\* Transcrito de: Cahiers O.R.S.T.O.M. — Série Pédologie, Vol. IX, n.º3, p. 335-343, 1971. Título original: "L'histoire des sols: Quelques problèmes de définition et d'interprétation". Tradução de Carlos Roberto Espindola, com autorização do autor e de C.C. Hiernaux, Chefe do "Service des Editions de l'ORSTOM", Paris.

pretações históricas. Para tanto, serão utilizados alguns exemplos ilustrativos, sobretudo referentes ao Marrocos.

## OS SOLOS EM EQUILÍBRIO

São considerados em equilíbrio os solos que se desenvolveram sempre em um ambiente idêntico ao meio atual, ou, pelo menos, não foram marcados, de uma maneira duradoura, por ambientes pretéritos diferentes do atual.

Entre esses solos, onde todas as características estão em ajuste com o ambiente atual, podem ser individualizados, sempre sob um prisma teórico, dois tipos principais:

a) *Solos nos quais as características essenciais diferenciam-se rapidamente*, e, em seguida a diferenciação global não mais se modifica em função do tempo. O solo continua a evoluir normalmente, mas, em decorrência das variações sazonais e anuais, a diferenciação desses principais caracteres não mais se acentua em função do tempo, posto que tais características são constantemente rejuvenescidas ou regeneradas. Tal é o caso observado em Marrocos, por exemplo, de certos vertissolos ou de determinados solos mediterrâneos vermelhos, não calcários e sem eluviação, dispostos sobre calcários compactos cársticos: as características pedológicas isoladas não permitem dizer se eles são jovens, ou se, ao contrário, são muito velhos; esses solos podem realmente ser muito antigos, mesmo que a maior parte de suas características pedológicas sejam jovens, ou, de preferência, regeneradas.

b) *Solos nos quais as principais características são diferenciadas e continuam a se diferenciar lentamente, progressivamente em função do tempo*, de maneira mais ou menos rápida, entretanto, em função das variações climáticas, mas sem que o sentido da evolução não tenha sido no passado, aparentemente pelo menos, jamais modificadas. Nesses solos o estudo dos caracteres pedológicos em função do meio atual permite estabelecer uma idéia de sua idade, que pode ser muito avançada. Provavelmente tal seja o caso, por exemplo, de solos de Marrocos com perfis calcários diferenciados, onde se pode, em uma determinada situação, estimar as idades de acordo com o desenvolvimento dos horizontes Bca (RUELLAN, 1970).

Entre esses solos em equilíbrio, há, então, solos de idades muito variadas e, mais precisamente, no interior mesmo de cada solo há características de idades diferentes. Nos referidos solos calcários diferenciados do Marrocos, pode-se mostrar, pelo seu estudo em superfícies de idades diferentes (RUELLAN, 1970), que se o horizonte Bca de acumulação de calcário pode ser muito velho, ao contrário, a distribuição de matéria orgânica, a estrutura do horizonte de superfície, a cor mais ou menos escura desse horizonte, parecem ser sempre características jovens, ou, de preferência, constantemente rejuvenescidas.

Uma questão surge, então: alguns desses solos e dessas características que são muito velhos devem ser considerados como sendo paleossolos e paleocaracterísticas? A resposta depende, de fato, do sentido exato que se dá ao termo "paleo". É de se admitir que não se deve confundir paleo e velho:

um solo velho não é um paleossolo se todas as suas características resultam de uma evolução que tem lugar no seio de um ambiente idêntico àquele que se conhece atualmente. O estudo das etapas de desenvolvimento desses velhos solos ao longo do Quaternário é ainda de âmbito do que habitualmente se denomina Paleopedologia, uma vez que se trata de tentar se imaginar qual foi a diferenciação atingida por esses solos a cada etapa do Quaternário, e de se interpretar também se a diferenciação dos caracteres foi um fenômeno contínuo e invariável, ou se, ao contrário, ela foi mais ou menos rápida e descontínua, testemunhando, então, as variações do meio.

## OS SOLOS COM CARACTERES RELIQUIAIS

Ao lado dos solos onde todos os caracteres estão em ajuste com o meio atual, existe um segundo grande grupo de solos, provavelmente mais extenso, que é o dos solos em que certas características (algumas vezes mesmo todos os caracteres) resultam de uma evolução antiga, que foi diferente da evolução atual. Estes são os solos com características reliquiais, devendo-se bem precisar o termo "reliquial", que não encerra obrigatoriamente uma idéia de idade elevada; um caráter reliquial pode ser muito jovem, se a mudança da evolução pedológica for muito recente.

O estudo e a interpretação desses solos colocam atualmente diversos tipos de problemas, que dizem respeito, de um lado, ao reconhecimento dos caracteres reliquiais, e de outro a interpretação histórica desses caracteres.

1) *O reconhecimento em campo de um atributo pedológico reliquial nunca é um fato seguro*. Este reconhecimento é sempre uma interpretação elaborada a partir de um certo número de fatos, aos quais cada pedólogo atribui significados diferentes, em função de suas convicções pessoais. Frequentemente, o que é caráter reliquial para uns não o é para outros, visto que cada um atribui à palavra reliquial um significado diferente. Na África do Norte, por exemplo, há entre os pedólogos duas tendências principais, que, aliás, são também observadas em outros países.

a) *De um lado*, há aqueles que multiplicam os caracteres reliquiais e que consideram que a maior parte dos atributos dos solos bem diferenciados foram adquiridos outrora, sob condições climáticas diferentes, em geral mais úmidas do que as atuais. Eles admitem, ao mesmo tempo, que a evolução atual desses solos não é precisamente diferente, mas sobretudo muito atenuada em relação àquela de outrora. Eles consideram, em particular, que as seguintes características são quase reliquiais: coloração vermelha dos solos, horizontes B texturais bem diferenciados, horizontes endurecidos (encrostamento e crostas calcárias, carapaças e couraças ferruginosas, estratos silicosos), horizontes C caolíníticos, de muitos metros de espessura.

b) *De outro lado*, há aqueles que, ao contrário, consideram que alguns desses caracteres mencionados resultam certamente de uma longa evolução pedológica, mas não implicando forçosamente climas passados diferentes, mais ativos, sendo que as condições atuais podem ser perfeitamente sufi-

cientes para sua formação. Eles apresentam, pois, tendência a ver nesses solos evoluídos muito mais características velhas, que caracteres reliquiais.

2) *No que concerne aos problemas colocados pela interpretação histórica dos caracteres considerados como reliquiais*, é necessário, sobretudo, assinalar que o paleoclima não deve ser considerado como o único significado possível desses caracteres. Com efeito, pode-se supor que uma modificação importante na orientação e no desenvolvimento de um grupo de mecanismos pedológicos pode ser a consequência de quatro tipos de transformações maiores do meio, as quais vão influenciar todos os outros elementos do meio. Estas transformações são: a) mudança do clima; b) movimentos tectônicos; c) diferenciação dos solos; d) utilização dos solos pelo homem.

#### a) *Mudança do clima*

Não há necessidade de se insistir sobre o papel bem conhecido dos climas, que, ao se transformarem, modificam todas as espécies de condições de evolução dos solos. É necessário, porém, assinalar que, dada à existência, nos solos, de migrações laterais, cuja importância tem sido mencionada freqüentemente nos últimos anos (MAIGNIEN, 1958; DELVIGNE, 1965; RUELLAN, 1967 e 1970; BOCQUIER, 1968; BOCQUIER, PAQUET & MILLOT, 1970), não se deve interpretar as características reliquiais em função das mudanças que puderam afetar grandes extensões de terras. Isto é particularmente importante para os solos das planícies situadas abaixo de maciços montanhosos pujantes, que na África do Norte constitui um caso freqüente.

#### b) *Movimentos tectônicos*

Também não há necessidade de se insistir sobre o papel desempenhado pela tectônica. Os exemplos citados na literatura, em particular na África, são numerosos.

#### c) *Diferenciação dos solos.*

O papel dos solos e das características pedológicas, como fator de pedogênese, modificando-se em função do tempo, não é ainda bem conhecido.

No entanto, é certo que ao se modificarem, os solos e os caracteres pedológicos, de uma maneira direta ou indireta, modificam progressivamente as condições de sua própria pedogênese e as condições da pedogênese dos solos situados ao lado.

Ao curso do desenvolvimento de um solo, certos mecanismos dão origem aos caracteres pedológicos, que, ao se acentuarem, modificam progressivamente o corpo do solo, de uma maneira tal que os regimes hídricos e biológicos revelam-se profundamente modificados. Resulta, então, de um lado, o desenvolvimento de novos mecanismos, e de outro, o abrandamento seguido da estagnação dos primeiros mecanismos, com as características testemunhas tornando-se reliquiais.

Dois exemplos podem ser citados:

O do preenchimento de um horizonte iluvial, que provoca fenômenos de hidromorfia e migrações laterais, conduzindo a uma diminuição, seguida mesmo de um impedimento, de acúmulo de argila no horizonte B (BOCQUIER, 1967), tornando-se reliquiais partes das características.

— O do encrustamento calcário, que, a partir do momento em que ele se torna suficientemente desenvolvido, atua limitando a penetração da água, das raízes e da fauna, induzindo mecanismos que impedem a destruição em superfície, com enriquecimento dos horizontes A em calcário (RUELLAN, 1970). É o mesmo caso, certamente, do papel das couraças ferruginosas.

Numerosas características reliquiais podem, assim, ser testemunhas das etapas normais da evolução dos solos. Esta evolução provoca freqüentemente uma transformação do meio (vegetação e micro-relevo, sobretudo), mas ela não é devida a uma modificação independente deste meio.

#### d) *Utilização dos solos pelo homem*

O papel desempenhado pelo homem, desde há alguns séculos ou alguns milhares de anos, segundo as regiões, não deve ser minimizado, na sua ação sobre os solos.

Mesmo sem falar do manejo das culturas, a simples destruição da cobertura vegetal natural certamente modifica o aspecto dos horizontes superficiais dos solos, e até mesmo até dezenas de centímetros de profundidade. Este aspecto é ainda mal conhecido, mas os primeiros estudos precisos realizados na África mostram com que rapidez o solo se transforma, a partir do momento que o homem o desbrava.

São, então, possíveis:

— de um lado, características pedológicas que parecem incompatíveis com o meio atual, fortemente marcadas pelo homem, cuja tendência é a de se interpretar como sendo testemunhas de paleoclimas antigos, sendo em realidade compatíveis com o mesmo meio não desbravado;

— de outro lado, certas características importantes de estrutura, empobrecimento em componentes finos, como também cores de horizontes superficiais e perfil orgânico, sendo interpretadas como aquisições recentes, antrópicas.

Nos solos desbravados pelo homem, as características tornadas reliquiais em seguida ao desbravamento são, provavelmente, numerosas. Estas são características reliquiais jovens, mas é muito importante que se aprenda a reconhecê-las, antes de se avançar à interpretação detalhada de um passado mais distante.

## OS SOLOS SOTERRADOS

De maneira similar aos solos com características reliquiais, os solos enterrados apresentam um certo número de problemas de definição, de reconhecimento no campo e de interpretação histórica.

No caso das definições, o problema principal é o de estabelecer a profundidade de recobrimento a partir da qual se pode afirmar que o solo realmente é enterrado.

Certos autores, como FOTAKIEWA (1970), na Bulgária, admitem que não se pode falar de solo enterrado fóssil à medida que esse solo se encontra a uma profundidade tal que ele não esteja submetido à atividade biológica. No Marrocos, ao contrário, como nos demais países da África, fala-se

comumente em solo enterrado, desde que se o considere recoberto por alguns centímetros de materiais alóctones.

Com efeito, parece razoável que se deva distinguir dois tipos de solos enterrados:

a) Aqueles que estão profundamente enterrados, mais além da atual zona de ação biológica direta. Estes são os únicos verdadeiramente paleossolos, quer dizer, solos em que todas as características pedológicas são reliquiais. Desde que eles estão profundamente enterrados, os mecanismos de evolução desses solos são mais da competência da diagênese muito precoce, que da influência da pedogênese;

b) Aqueles que estão fracamente enterrados e que continuam, após o seu recobrimento, a evoluir sob a ação direta da pedogênese. Nesses solos há características reliquiais e características atuais, e eles se aproximam dos solos com caracteres reliquiais, tratados anteriormente.

Na África, os *solos profundamente enterrados* não têm sido, até o presente momento, freqüentemente reconhecidos e estudados. Para o Marrocos pode-se, entretanto, citar:

— Os Vertissolos enterrados, nas formações recentes das grandes planícies aluviais; eles têm sido particularmente estudados na planície do Rharb, por DIVOUX & PUJOS (1960).

— Os solos isohúmicos enterrados, reconhecidos entre as formações quaternárias recentes, aluviais e colúviais, pelo estudo detalhado dos perfis orgânicos (CONCARET e MAHLER, 1960).

— Os horizontes mais ricos em calcário, encontrados freqüentemente a diversas profundidades, sobretudo nas formações quaternárias antigas. A interpretação genética desses horizontes torna-se, entretanto, incerta, a acumulação do calcário não sendo forçosamente um fenômeno superficial. Não se pode, pois, afirmar que todos esses níveis mais ricos em calcário são horizontes Bca de solos enterrados (DURAND, 1959; WILBERT, 1962; RUELLAN, 1970).

— Os solos enterrados sob sistemas dunares, sejam nas regiões costeiras (ao longo do Atlântico, sobretudo), como das zonas pré-Saara e do Saara. Esses solos têm sido pouco estudados.

Ao contrário dos solos profundamente enterrados, os *fracamente enterrados*, ou, pelo menos, interpretados como tal, são comumente encontrados no Marrocos, como, aliás, em toda a África, e o seu estudo tem parecido, para numerosos autores, relativamente fácil.

De fato, percebe-se que os problemas relativos aos solos são, em realidade, numerosos e que, em particular, o próprio reconhecimento de um solo enterrado em um corte não é normalmente tarefa fácil e indiscutível. Parece haver três razões essenciais para isso:

a) A determinação do limite superior de um solo enterrado é comumente difícil e arduamente discutido. Particularmente nas regiões de alúvios e colúvios, os critérios atualmente utilizados para se afirmar que em um solo o limite entre dois horizontes é mais sedimentar que pedológico, tais critérios são, em geral, insuficientes e freqüentemente interpretados de maneiras muito diferentes, segundo os autores. Há, a grosso modo, duas tendências:

— De um lado, há os que podem ser qualificados de “alóctonistas”; eles atribuem, na formação dos solos e das paisagens, muita importância aos mecanismos de erosão e acumulação, com uma tendência a multiplicar os solos erodidos e enterrados.

Esses autores consideram, em particular, que os solos em que os horizontes são muito diferenciados, ou nos quais os limites entre os horizontes são bem nítidos, por vezes marcados por níveis de textura grosseira, os solos resultam mais de mecanismos de erosão e de acumulação, que de mecanismos pedológicos. Eles consideram, por exemplo, que uma crosta calcária, ou ainda que um horizonte de acúmulo de argila bem diferenciado, situado a 30-50 cm de profundidade, constituem geralmente horizontes pedológicos sob uma camada sedimentar alóctone.

— De outro lado, há os “autoctonistas”, que, ao contrário, pensam poder explicar a maioria das descontinuidades existentes entre os horizontes que constituem a zona de alteração da superfície terrestre e a diferenciação desses horizontes por mecanismos pedológicos. Entre esses mecanismos, eles incluem, entretanto, processos de remanejamento que podem lentamente modificar a organização e a espessura dos horizontes, e deslocar uns horizontes em relação aos outros.

b) A segunda razão pela qual o reconhecimento de um solo enterrado é freqüentemente difícil, é que justamente a distinção que se deve fazer entre *alóctonia* e *remanejamento*, na interpretação dos cortes, não tem sido suficientemente precisa. Esta se trata de uma distinção importante, a qual não é sempre fácil de se proceder no campo, mas que deve ser tentada ser bem estabelecida, pelo menos, em um plano teórico.

Propõe-se, nesse caso, as seguintes definições:

1ª) Um *material alóctone* é um depósito totalmente estranho, disposto sobre um solo em consequência de um transporte colúvial, eólico ou vulcânico. Este material pode ser parcial ou totalmente de origem pedológica.

2ª) Um *solo enterrado* é aquele recoberto por uma camada de materiais inteiramente alóctones, cujo recobrimento pode ter sido precedido por uma erosão dos solos.

3ª) Um *horizonte remanejado* é um horizonte pedológico em que a organização resulta parcialmente do movimento mecânico dos materiais. Esses movimentos são superficiais ou internos, e têm por agentes principais a água de escoamento, a gravidade, as variações de umidade do solo e a atividade biológica vegetal e animal.

De fato, é provável que todos os solos sejam mais ou menos remanejados, pelo menos em seus horizontes superficiais, mas a importância do remanejamento pode variar consideravelmente, desde a simples inversão essencialmente vertical, que todos os solos sofrem, mais ou menos, até o deslocamento lateral de todo um horizonte, em alguns metros ou algumas dezenas de metros de distância.

Entre esses remanejamentos, é necessário incluir os pequenos fenômenos de erosão e acumulação superficiais, em lençóis ou lineares, que deslocam os materiais pedológicos, sem que tenha havido estabelecimento rápido em superfície de uma camada de materiais inteiramente alóctones.

4ª) Um horizonte remanejado freqüentemente contém *elementos alóctones*, isto é, totalmente estranhos: estes são elementos de origem coluvial, aluvial, eólica, vulcânica ou antrópica, que vieram ter à superfície do solo de uma maneira lenta e contínua, e que foram integrados aos horizontes superficiais por mecanismos de remanejamentos, à medida que aí chegavam. Reconhece-se, pois, que há toda uma série de intermediários; de um lado, o horizonte remanejado, e de outro a camada alóctone, na qual a "mise en place" foi rápida, em relação à velocidade dos mecanismos de remanejamento.

c) A terceira razão principal pela qual o reconhecimento de um solo enterrado em um corte é usualmente difícil, é que o recobrimento dos solos pode ser precedido e acompanhado de fenômenos de erosão, e que é sempre seguido de uma evolução que se faz, em grande parte, em função das características do recobrimento.

Os solos enterrados que hoje são descritos são, pois, solos sempre modificados pelo fenômeno de seu próprio recobrimento. Exemplos numerosos são citados por FOTAKIEVA (1970), na Europa Central, por GERASSIMOV (1960), na União Soviética, por GIBBS (1969), na Nova Zelândia e por RUHE (1965), nos Estados Unidos.

## CONCLUSÕES

À medida em que se admite, sempre do ponto de vista teórico, como necessário individualizar-se a Paleopedologia no campo da Pedologia (o que é muito discutível), pode-se, em conclusão a partir de algumas reflexões sobre a história dos solos, propor uma definição e certos objetivos.

A Paleopedologia seria o ramo da história da Pedologia, na qual as metas seriam as seguintes:

— Estabelecer, para todos os solos, as etapas de seu desenvolvimento ao longo do Quaternário;

— Pesquisar, estudar e interpretar em todos os solos as características reliquiais, que seriam as testemunhas de mecanismos pedológicos antigos, e quaisquer que sejam as razões pelas quais os mecanismos pedológicos mudaram;

— Reconhecer, estudar e interpretar os solos que foram enterrados sob uma camada de materiais alóctones (de origem coluvial, aluvial, eólica ou vulcânica), qualquer que seja a espessura desta camada e a idade de sua "mise en place";

Para atingir esses objetivos, um certo número de estudos devem ser desenvolvidos, dentre os quais, principalmente:

— O estudo dos solos em toposseqüências, para se colocar em evidência as relações que podem existir entre diversos tipos de solos e diversos tipos de horizontes. Esses estudos devem permitir, por exemplo, melhor visualização se os solos mais ou menos diferenciados são de idades diferentes, ou, ao contrário, de mesma idade. Deverão igualmente permitir distinguir melhor o que é alóctone e o que é remanejado. Estes estudos em toposseqüência

devem ser particularmente desenvolvidos em paisagens de superfícies escalonadas, que se pode supor de idades diferentes.

— O estudo detalhado dos limites separando os horizontes, as transições entre horizontes, de modo particular a melhor se distinguir os limites pedológicos e os limites sedimentares;

— A datação dos elementos pedológicos;

— O estudo da evolução atual, da dinâmica atual dos solos, das toposseqüências, das bacias de drenagem, particularmente em função da sua utilização pelo homem; não se pode, com efeito, reconstituir o passado senão após ter se adquirido certos conhecimentos a respeito do que se passa atualmente.

## BIBLIOGRAFIA

- Bocquier, G., 1967 — *Introduction à quelques problèmes relatifs au lessivage dans le sols ferrugineux tropicaux*. ORSTOM, Réunion annuelle des pédologues. Bondy, 9 p. multigr.
- Bocquier, G., 1968 — Biogécocénoses et morphogenèse actuelle de certains pédiments du Bassin tchadien. *Int. Congr. Soil. Sci.*, Adélaïde, vol. IV, pp. 605-612.
- Bocquier, G., Paquet, H., Millot, G., 1970 — Un nouveau type d'accumulation oblique dans les paysages géochimiques: l'invasion remontante de la montmorillonite. *C.R. Ac. Sci.*, Paris, 270, D, pp. 460-463.
- Concaret, J. e Hahler, P., 1960 — Note sur les paléosols du Haouz de Marrakech et leur importance agronomique. *Soc. Sci. mat. phys. Maroc*, Trav. Sect. Pédol., 13.14, pp. 197-202.
- Delvigne, J., 1965 — Pédogenèse en zone tropicale. *La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique*. Mém. ORSTOM n.º 13, Paris, 178 p.
- Divoux, P., Pujos, A., 1960 — Sur l'importance fondamentale des lois tirées de l'étude du Rharb en ce qui concerne les pédogenèses récents. *Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, Trav. Sect. Pédol., 13-14, pp. 97-100.
- Durand, J.H., 1959 — *Les sols rouges et les croûtes en Algérie*. Serv. Et. sci., Alger. 188 p.
- Fotakieva, E., 1970 — Paleopedology Subjects, boundaries and methods. In "Paleopedology on the age parent materials and soils". 1970. Amsterdam.
- Gerasimov, I.P., 1969 — *Subject, boundaries and methods of paleopedology*. INQUA Congress. 8-1969. Paris. 10 p. multigr.
- Gibbs, H.S., 1969 — *Paleopedology in New Zealand*. 10 p. multigr. (Private communication).
- Maignien, R., 1958 — *Le cuirassement des sols en Guinée, Afrique Occidentale*. Thèse Sciences Strasbourg, Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., n.º 16, Strasbourg, 239 p.
- Ruellan, A., 1967 — Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., 5, 4, pp. 421-462.
- Ruellan, A., 1970 — Quelques réflexions sur la paléopédologie. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, n.º 2-3, pp. 179-180.
- Ruellan, A., 1970 — *Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes: les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)*. Thèse Sciences Strasbourg. Mém. ORSTOM, n.º 54, Paris, 304 p.
- Ruhe, R.V., 1965 — Quaternary paleopedology. In "The Quaternary of the United States". INQUA congress. 7-1965. Boulder Princeton Univ. Press, Princeton, N.J., pp. 755-764.
- Wilbert, J., 1962 — Croutes et encroutements calcaires au Maroc. *Al Awamia*, 3, pp. 175-192.