

**LES ETATS DE SURFACE
DES SAVANES DE L'OUEST AFRICAIN :
RELATIONS AVEC LES SOLS ET
INCIDENCES SUR L'ECONOMIE EN EAU**

C. VALENTIN
ORSTOM Bondy

RESUME

L'instabilité structurale varie le long des versants en fonction des caractères directement hérités de la pédogenèse, comme la granulométrie ou la teneur en fer, et du passé cultural, comme le taux et la nature de la matière organique. Toutefois, cette dégradation potentielle ne se manifeste généralement qu'à la faveur d'une diminution du couvert végétal et de l'activité faunique. Cette baisse de productivité biologique résulte le plus souvent d'une exploitation inadaptée du milieu – la surface du sol subit alors des réorganisations généralement brutales – ou de variations climatiques. Ainsi, l'intensité de l'encroûtement augmente graduellement depuis les savanes humides jusqu'au Sahel.

Une typologie des principales croûtes de savane a été établie sur des bases morphologiques, génétiques et hydrodynamiques. Elle permet une évaluation satisfaisante des paramètres du ruissellement, tant en milieu naturel que cultivé.

INTRODUCTION

Les réorganisations superficielles des sols limitent considérablement l'infiltration, favorisent le ruissellement et l'érosion, entraînent des manques à la levée des semences. Pour les régions arides, elles représentent parfois la seule forme d'évolution actuelle de sols. Pourtant hydrologues, agronomes ou pédologues se trouvent le plus souvent désarmés pour caractériser les processus d'encroûtement, les comprendre et les maîtriser. Il n'est pas question, dans ce court exposé, d'aborder le problème dans son ensemble, mais plutôt d'évoquer quelques pistes d'étude.

I - L'INSTABILITE STRUCTURALE

A la suite des travaux de YODER (1936) et de HENIN (1938), un indice d'instabilité structurale est proposé au Congrès de Paris, en 1956, par HENIN et MONNIER. Il connaît dès lors un vif succès, non démenti plus de trente ans après. A ce jour, il reste l'outil privilégié d'analyse des facteurs intrinsèques de désagrégation. Avant d'évoquer ses limites, nous allons montrer, à l'aide d'exemples, l'intérêt de cette approche.

1. Variabilité dans l'espace : influence de la pédogenèse

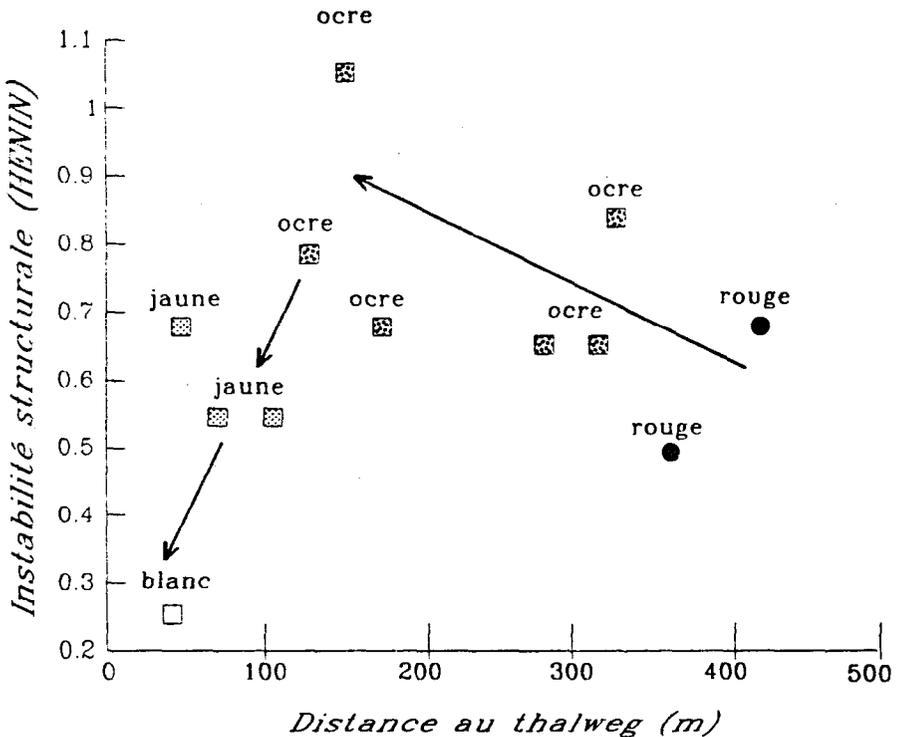


Figure 1 : Variation de l'instabilité structurale le long d'une toposéquence de savane humide. A noter : la couleur, reflet des transformations minéralogiques, fournit des indications intéressantes quant aux propriétés physiques.

Tout d'abord, cet indice a permis la mise en évidence du rôle de la pédogenèse sur la sensibilité à la désagrégation. Elle découle, en effet, de la granulométrie, de la minéralogie des argiles et de leur garniture cationique. Prenons l'exemple d'une toposéquence sur granito-gneiss de savane humide en Côte d'Ivoire. Les processus pédogénétiques ont conduit à la transformation d'une couverture pédologique argileuse, rouge, bien structurée en amont, en sols très éluviés, massifs, sableux et blancs à l'aval (FRITSCH *et al.*, 1987). Cette évolution se traduit par une instabilité structurale maximale à la mi-versant, à mi-chemin entre le pôle argileux et le pôle sableux (fig. 1).

2. Variabilité dans le temps : influence de l'utilisation des sols

Le deuxième enseignement fourni par l'utilisation de l'indice de HENIN a trait à l'évolution dans le temps. Intimement liée au taux et à la nature de la matière organique, l'instabilité structurale subit, en effet, des variations :

- *saisonniers* : en saison sèche, l'hydrophobie de la matière organique augmente, limitant ainsi les risques de dégradation (COMBEAU et QUANTIN, 1963) ;
- *à plus long terme* : le mode d'utilisation des terres influence directement leur instabilité structurale (fig. 2). Sur des sols ferrallitiques de savane humide, une dizaine d'années de jachère semble nécessaire à la restauration de l'état antérieur à la mise en culture.

La diminution du taux de matière organique, la néoformation d'argiles gonflantes, l'augmentation sensible des taux de sodium échangeable et des teneurs en sels solubles concourent à ce que l'instabilité structurale augmente depuis les régions côtières jusqu'aux confins sahariens. Toutefois, en réduisant le stock organique, la mise en culture des sols entraîne un certain décalage zonal, voire une azonalité : ainsi, près de Lomé, les terres de Barre cultivées sans restitution organique ni période de jachère (PLEUVRET, 1988), présentent une forme d'encroûtement analogue à celui des sols des régions sahéliennes.

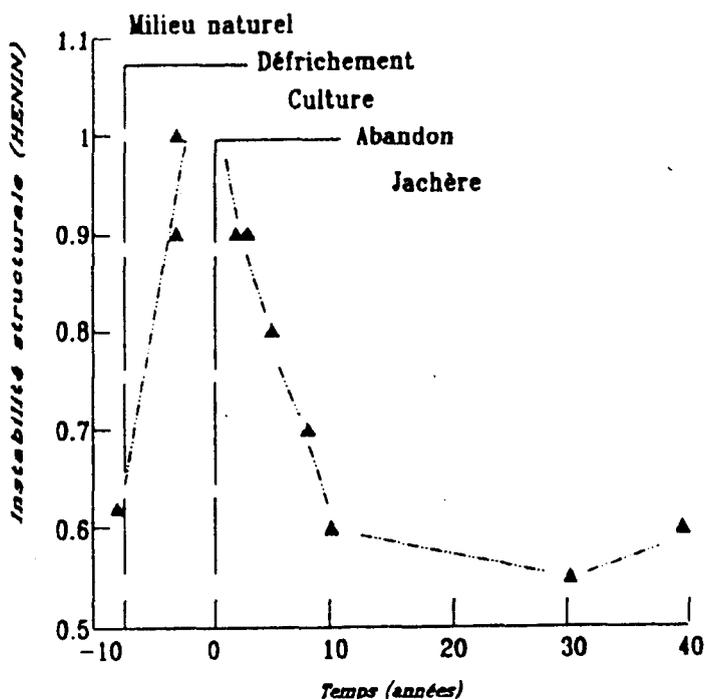


Figure 2 : Variation de l'instabilité structurale en savane humide (Côte d'Ivoire) après mise en culture manuelle et au cours de la jachère.

3. Considérations sur l'instabilité structurale

Depuis quelque temps, des critiques s'élèvent à l'encontre de la méthode de HENIN. En humectant brutalement des agrégats secs, elle tend à privilégier le mécanisme d'éclatement aux dépens de la désagrégation sous l'impact des gouttes de pluie (LE BISSONNAIS, 1988). Il s'ensuit :

- une différenciation des échantillons moins nette que pour des agrégats déjà humides ;
- un classement qui diffère selon l'état hydrique initial (fig. 3).

En d'autres termes, pour une même valeur d'instabilité structurale, deux sols peuvent présenter *in situ* des sensibilités à l'encroûtement fort différentes selon que l'un sera le plus souvent sec et l'autre humide.

Pertinentes pour les climats des latitudes moyennes, où la surface des sols reste humide une bonne partie de l'année, ces critiques doivent être nuancées pour les zones tropicales : l'horizon superficiel se dessèche plus rapidement entre chaque averse. Voilà, sans doute, pourquoi parmi 14 tests l'indice de HENIN s'avère le meilleur indicateur de l'érodibilité des sols tropicaux (DE VLEESCHAUWER *et al.*, 1978). Pour des conditions initiales très humides, la limite de liquidité d'ATTERBERG, reflet de la

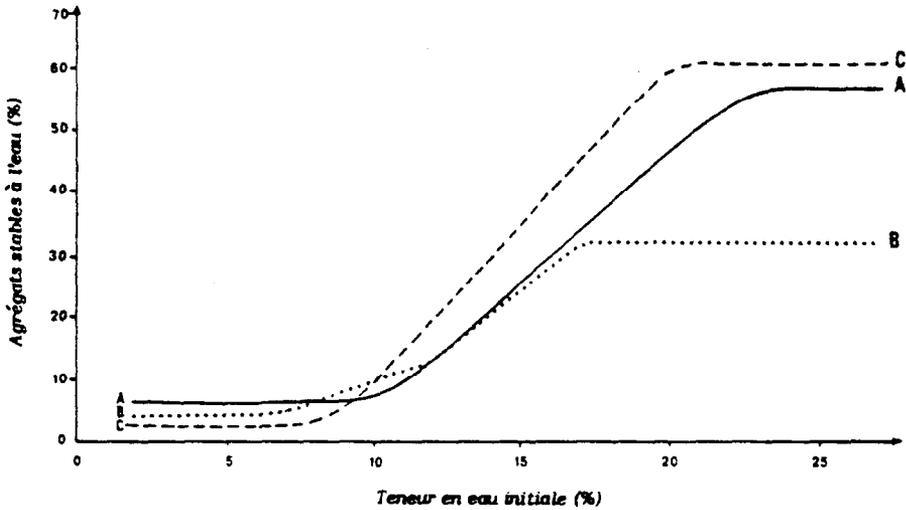


Figure 3 : Influence de l'état hydrique initial des agrégats sur la stabilité structurale. Adapté de LE BISSONNAIS (1988).

consistance sous un certain nombre de chocs, peut fournir des indications intéressantes quant au risque d'encroûtement (VALENTIN et JANEAU, à paraître).

II - LES CROUTES SUPERFICIELLES

1. Dynamique de formation

Aux facteurs intrinsèques d'instabilité structurale s'ajoutent les facteurs contingents de la désagrégation, souvent déterminants, tels l'état structural initial et le couvert du sol. Seules les observations

in situ permettent la prise en compte de l'ensemble des facteurs. Une des méthodes proposées pour caractériser la dynamique de formation des croûtes (BOIFFIN, 1984) consiste à suivre l'évolution du diamètre du plus petit agrégat non encore inclus dans la croûte (fig. 4). Ce diamètre augmente généralement de façon linéaire, en fonction de la somme des pluies (ou des énergies cinétiques reçues) ; la pente de la droite de régression sert à caractériser la vitesse à laquelle la structure d'un sol se délite.

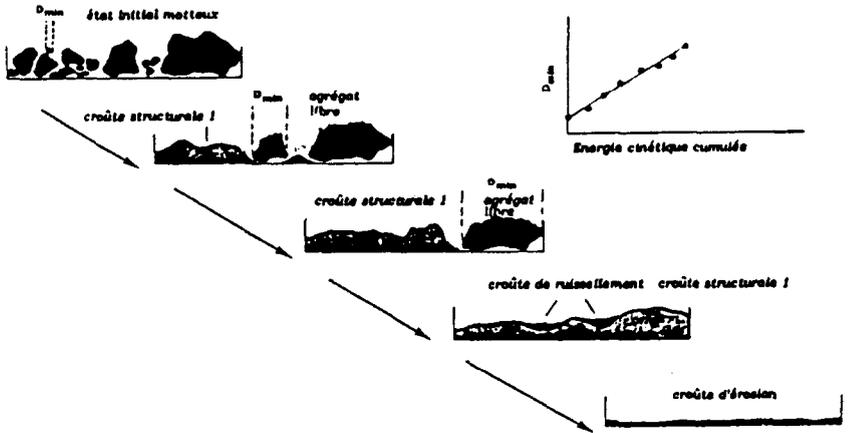


Figure 4 : Evolution d'un lit de semence sur un sol à texture moyenne. Evolution du diamètre D_{min} en fonction de l'énergie cinétique cumulée des pluies.

2. Caractéristiques morphologiques et comportement hydrique

Une désagrégation rapide de la structure ne correspond pas systématiquement à la constitution d'une croûte particulièrement dure et imperméable. Les propriétés de la croûte formée dépendent davantage du nombre et du type de microhorizons constitutifs. Ce sont ces critères qui ont fourni la base d'une typologie morfo-génétique des croûtes des zones arides ouest-africaines (CASNAVE et VALENTIN, 1988). Pour les sols cultivés, 7 grands types de croûtes ont été identifiés :

- *Croûte de dessiccation* : il s'agit d'une forme très mineure de réorganisation ; lors du dessèchement, les sables superficiels se trouvent légèrement pris en masse .
- *Croûtes structurales* :
 - . à un microhorizon (fig. 4) : elle inclut des reliques d'agrégats fondus, ce qui lui confère une certaine rugosité,
 - . à deux microhorizons : un microhorizon sableux se forme au-dessus d'une pellicule plasmique,

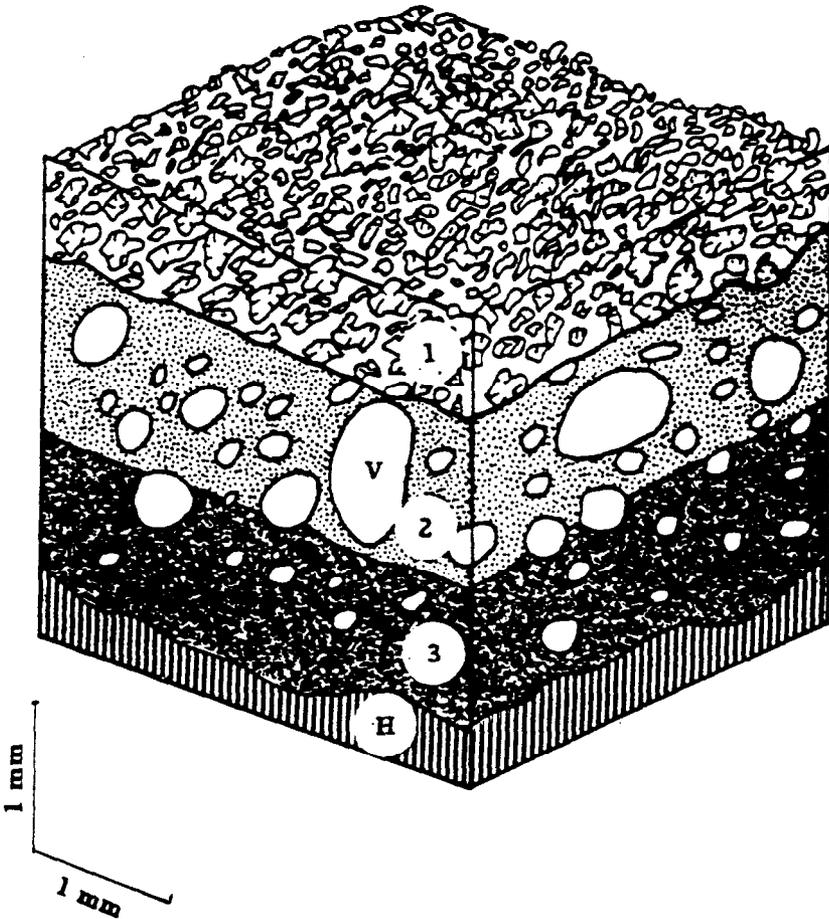


Figure 5 : Croûte structurale à trois microhorizons. (1) sable grossier délié, (2) sable fin pris en masse et (3) pellicule plasmique. (V) désigne les vésicules et (H) l'horizon perturbé ni par la pluie, ni par le vent.

- à trois microhorizons (fig. 5) : des sables grossiers déliés, puis des sables fins pris en masse recouvrent une pellicule plasmique ; souvent des vésicules apparaissent dans les deux derniers microhorizons. Les pellicules structurales se forment dès le début des pluies.
- *croûte d'érosion* : le vent et l'eau décaperent les microhorizons sableux ; seule subsiste la pellicule plasmique ;
- *croûte de ruissellement* : des microhorizons sableux alternent avec des pellicules plasmiques ;
- *croûte de décantation* (fig. 6) : conforme à l'ordre de sédimentation dans un liquide au repos, la distribution verticale des microhorizons est l'inverse de celle de la croûte structurale à trois microhorizons (fig. 5).

Pour prévoir convenablement les principaux paramètres de l'hydrodynamique superficielle, il est nécessaire de prendre en compte, en plus du type de croûte, un certain nombre de facteurs tels que l'activité faunique, le couvert, le taux de gravillons et la rugosité. A partir de ces critères, onze grands types d'états de surface ont été définis, ainsi qu'un certain nombre de variantes. Cette approche, conçue initialement pour les zones arides, semble pouvoir être adoptée dans des régions plus humides, notamment pour les sols cultivés.

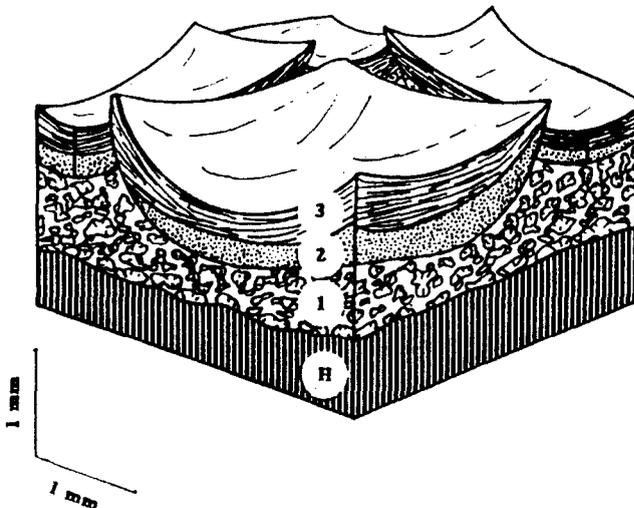


Figure 6 : Croûte de décantation. (1) sable grossier délié, (2) sable fin pris en masse qui adhère à la plaquette plasmique rebroussée (3).

CONCLUSION

Problème important de l'agriculture ouest-africaine, en tant qu'obstacle à l'infiltration et à la levée des semences, l'encroûtement superficiel requiert des méthodes d'étude adaptées aux échelles fines :

- de temps : une croûte peut se former en quelques minutes ;
- dans l'espace : épaisses de quelques millimètres, les réorganisations superficielles présentent des variations latérales parfois centimétriques.

Symptômes précoces de la dégradation des sols, les croûtes superficielles fournissent un élément essentiel du diagnostic de l'état du milieu. La connaissance de leurs séquences génétiques permet, en outre, d'émettre des pronostics sur les évolutions futures selon les modes de gestion des sols.

BIBLIOGRAPHIE

- BOIFFIN (J.), 1984 - La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse Docteur Ingénieur, INAPG, Paris, 320 p.
- CASENAVE (A.) & VALENTIN C., 1988 - Les états de surface de la zone sahéenne. ORSTOM, Paris, 202 p.
- COMBEAU (A.) & QUANTIN (P.), 1963 - Observations sur les variations dans le temps de la stabilité structurale des sols, en région tropicale. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 3(1) : 17-26.
- FRITSCH (E), PLANCHON (O) & BOA (D.), 1987 - Les transformations d'un paysage cuirassé au nord-ouest de la Côte d'Ivoire sur formations gneisso-migmatitiques. Séminaire régional de Yaoundé sur les latérites. Colloques et Séminaires de l'ORSTOM, 12 p.
- HENIN (S.), 1938 - Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres. Thèse, Imprim. Nat., Paris, 70 p.
- HENIN (S.) & MONNIER (G.), 1956 - Evaluation de la stabilité de la structure du sol. Cong. Int. Science du Sol, VI, Paris, Vol B : 49-52.

Caractérisation des sols sous culture

- LE BISSONNAIS (Y.), 1988 - Analyse des mécanismes de désagrégation et de la mobilisation des particules de terre sous l'action des pluies. Thèse, Université d'Orléans, 195 p.
- PLEUVRET (C.), 1988 - Infiltration et réorganisations superficielles sous pluies simulées. Cas des sols ferrallitiques du Sud Togo. D.E.A. de Pédologie, ORSTOM, Paris, 79 p.
- VALENTIN (C.) & JANEAU (J.L.), à paraître - Les risques de dégradation structurale superficielle en savane humide. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol.
- DE VLEESCHAUWER (D.), LAL (R.), DE BOODT (M.), 1978 - Comparison of detachability indices in relation to soil erodibility for some important Nigerian soils. *Pédologie*, 28(1) : 5-20.
- YODER (R.E.), 1936 - A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.*, 28 : 337-351.