

INFLUENCE DE FAIBLES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LES HORIZONS SUPERIEURS DES SOLS DE LA ZONE SAHELIEENNE D'AFRIQUE

Georges Aubert
Professeur de Pédologie ORSTOM
et Commission Française UNESCO Retraité
Centre ORSTOM 72 Route d'Aulnay 93143 Bondy Cedex France

Résumé: Cet exposé porte essentiellement sur l'influence des variations d'humidité ou des faibles pluviométries en zone sahélienne d'Afrique et sur sa bordure soudano-sahélienne. Elle dépend des conditions de climat, de l'état du couvert, des caractères du sol et, en particulier, de sa surface et du modelé du paysage.

I. Les sols de la zone sahélienne d'Afrique et de sa bordure soudano-sahélienne: Ils sont très variables, en particulier par la structure de leurs horizons superficiels. Ce sont des sols minéraux bruts ou peu évolués, des sols bruns subarides, parfois encroûtés, ou bruns eutrophes tropicaux, des vertisols et sols subarides vertiques, des sols ferrugineux tropicaux, d'anciens sols ferrallitiques, souvent indurés, des sols salsodiques et des sols hydromorphes.

II. Les formations superficielles: Elles sont très fréquentes, le plus souvent indurées, et très différentes les unes des autres: structurales, de dessiccation, de ruissellement, d'érosion, de décantation, grossières, de dépôts éoliens. Elles dépendent des conditions de climat, du type de sol, de son couvert, de l'action de la micro et méso-faune, de l'action directe ou indirecte de l'homme. Certains types de sols présentent des caractères particuliers à ce sujet: vertisols, sols bruns eutrophes, sols encroûtés, sols ferrugineux tropicaux, sols salsodiques.

III. Transformation de ces formations superficielles et de la structure de l'horizon supérieur du sol

A. Influence du degré de sécheresse atmosphérique: L'accroissement du degré de sécheresse atmosphérique provoque un plus fort durcissement de ces pellicules et "croûtes" superficielles, le durcissement des horizons supérieurs des sols ferrugineux tropicaux, celui des sols salsodiques alcalisés et, au contraire, le morcellement de surface des sols sulfatés acides et, là où ils existent encore dans la zone de bordure soudano-sahélienne, la perte de structure et souvent de couleur des sols ferrallitiques non indurés. Par ailleurs, il intervient, indirectement, par son influence sur le développement du couvert végétal et des micro-organismes du sol.

B. Influence d'une humidité atmosphérique temporaire suivie d'une redessiccation: Elle provoque un fort développement des pellicules superficielles durcies, en particulier des "croûtes" de dessiccation.

C. Influence de faibles pluies

1 - Elle dépend à la fois de l'énergie et de la durée de la pluie ainsi que des modifications possibles des caractères et propriétés du sol d'après son humidité. Elle est donc variable en fonction du couvert du sol, de l'état climatique précédent, de l'intensité de la pluie, de la période de l'année, de l'état de la surface, du type de formations superficielles et des "croûtes" préexistantes. Si pour une raison naturelle, ou par suite de l'action de l'homme, des débris végétaux, résidus de récoltes ou autres, se trouvent à la surface, l'infiltration s'accroît et la modification de l'état de surface est moins forte. Elle varie aussi en fonction des caractéristiques du sol, de son activité faunique, des relations des différents horizons de la couverture pédologique, verticalement et horizontalement, et de la position du sol sur le plan topographique.

2 - La surface du sol évolue pendant la pluie, surtout si elle dépasse 40 mm; les pellicules superficielles, alors, prennent plus d'importance, en particulier sur sol plan, non rugueux et nu parce que travaillé. En sol billonné, se développent des "croûtes" d'érosion sableuses, et des "croûtes" de ruissellement ou structurales.

D. Influence de faibles pluies renouvelées: L'infiltration est à peu près stable si le sol s'est maintenu humide et un tapis graminéen, plus ou moins dense, se développe; il est assez protecteur, s'il n'est pas trop "en touffes"

et surtout sur un relief assez plat. Sur sol argileux apparaît souvent une "croûte" structurale, qui se transforme parfois en "croûte" de ruissellement. En zone à faible ou moyenne pente une certaine érosion en griffes peu se produire.

Abstract: The effects of air moisture variation and slight rainfall in Sahelian Africa and the Sudano-Sahelian transition zone depend on climatic conditions; the state of the plant cover; soil properties, particularly that of the surface soils and surface relief.

I. Soils of the Sahelian and Sudano-Sahelian transition zone: These soils are very variable, (especially the surface layers) unevolved or slightly evolved mineral soils, brown sub-arid soils that are sometimes crusted, or brown tropical eutrophic soils, vertisols, and vertic sub-arid soils, tropical ferruginous soils, old ferralitic, often hardened soils, salsodic soils and hydromorphic soils.

II. Surface formations: Surface formations are very common. They are often hardened and very distinct from each other with regard to their structure, desiccation, runoff, erosion, sedimentation, coarseness, aeolian deposits. They reflect climatic conditions, soil types and canopy, actions of micro- and meso-fauna, and both direct and indirect effects of man's actions. Certain soil types, e.g. vertisol, brown eutrophic soils, hardened soils, tropical ferruginous soils and salsodic soils have unique characteristics.

III. Changes in surface formations and the structure of the surface horizon

A. Air dryness: Increased air dryness causes surface crusts, top horizons of tropical ferruginous soils and alkaline salsodic soils to harden, and, on the contrary, the surface of the acidic sulfate soils (whatever is left of them in the Sudano-Sahelian transition zone) to crumble, and the unhardened ferralitic soils to lose structure and colour. It also has an indirect effect as can be seen through the development of the plant canopy and the micro-organisms in the soil.

B. Temporary atmospheric humidity followed by redessiccation: The result is the development of a hard top surface, with structural and desiccation "crusts".

C. Light rainfall

1. The effects depend on energy, the duration of the rains, and possible changes in soil characteristics and properties after wetting. There is some variation depending on the soil cover, the preceding climate, rainfall intensity, time of year, surface condition, type of previous surface formations and "crusts". If for some natural reason or man-made action, plant debris or crop residue, etc. is found at the surface, infiltration will be greater and changes in the soil surface less pronounced. It also varies according to soil characteristics, fauna, relations between the various horizons, (both vertical and horizontal), and the position of the soil in the topography.

2. The soil surface is changed by rainfall, especially over 20 mm. The top "film" becomes more important, especially on a smooth, flat, barren soil, because it gets "worked on". On ridged soils, crusts form as a result of sand erosion, structure or runoff.

D. Repeated light rains: The infiltration rate is rather steady if the soil has stayed wet and if a reasonably thick grass develops; grasses serve as protection, especially on rather flat land, (unless it is too tufted). Clayey soils often form structural crusts that sometimes turn into runoff crusts. If the land is slightly or moderately sloped, rill erosion may occur.

Dans les zones sahéliennes d'Afrique, aussi bien que dans les autres régions plus arrosées du continent, il est indispensable que la production d'aliments puisse se maintenir et, si possible, se développer pour faire face aux besoins croissants d'une population sans cesse grandissante. Actuellement cette zone sahélienne subaride (P. annuelle entre 300 et 750 mm) tend à s'étendre par suite des irrégularités annuelles et interannuelles qu'y présentent les conditions

climatiques. Il est indispensable de connaître, de façon plus approfondie, l'influence des variations d'humidité ou des faibles pluviométries sur les sols en zone actuellement sahéenne d'Afrique, et sur sa bordure soudano-sahéenne. Elle dépend en particulier des conditions climatiques du lieu, de l'état du couvert végétal et de l'activité de la microfaune, des caractères du sol et, plus spécialement, de sa surface et du modelé du paysage (Grouzis, 1988; Mietton, 1988; Casenave et Valentin, 1989). Dans cette étude nous chercherons à apporter quelques précisions sur ces différents problèmes.

I. LES SOLS

Sous ce type de climat, ils sont en général, très peu structurés ou massifs dans leurs horizons supérieurs. Le plus souvent pauvres en matière organique, ils présentent une faible stabilité structurale. Ces caractères dépendent, cependant, de leur teneur en argile, de sa nature et de la composition de leur complexe absorbant. Leur évolution est assez limitée, mais leurs horizons superficiels, très variables d'un point à un autre, présentent, le plus souvent, des caractères très particuliers dès leur surface. Ce fait est d'autant plus accentué que leur végétation est très irrégulière, et peut, périodiquement, faire défaut, laissant nues des zones qui le restent plus ou moins longtemps. Ils appartiennent à différentes classes (CPC S 1967). Ce sont, souvent, des sols minéraux bruts ou des sols peu évolués.

Sols minéraux bruts - Au-dessus de leur roche-mère, ils comportent un horizon d'altération, ou matériau originel, souvent peu différencié de la première, sauf par désagrégation, puis un horizon superficiel généralement peu épais - au maximum 10 à 25 cm - assez peu riche en matière organique, faiblement évoluée. Sur roche dure, peu altérable, telle que quartzite, granite, il s'agit de "*lithosols*", sur roches altérables - certains schistes - ou très friables - sables, grès - ce sont des "*régosols*" qui, plus pénétrables par l'eau et les systèmes racinaires, constituent un milieu plus favorable à la végétation et au développement des micro-organismes.

Sols peu évolués - Ils se forment souvent sur des alluvions ou colluvions assez récentes, mais, sous le climat de cette zone, aussi sur des roches très diverses comme les sols gris subdésertiques. Ils sont plus développés que les sols précédents. Leur horizon superficiel, souvent épais de 15 à 25 cm, peut présenter une assez bonne teneur en matière organique (1 à 2 pour cent) assez évoluée. Ils ne comportent pas d'autre horizon différencié et leur squelette minérale reste constant de leur roche-mère à leur surface. Si les conditions d'alimentation en eau le permettent, ils sont souvent très productifs en fourrages ou sous cultures.

Sols bruns et sols brun-rouges subarides (J.C. Leprun, 1978). Ils se rattachent aux *Sols isohumiques*, sols évolués à profil peu ou moyennement différencié, caractérisés par la pénétration de leur matière organique, bien humifiée, dont la teneur élevée en surface, diminue en profondeur jusqu'à au moins 30 ou 40 cm. Formés sur roche calcaire, ils sont alors plus riches en matière organique, dépourvus, en surface de cet élément calcique qui s'accumule en profondeur où il peut constituer un encroûtement ou une croûte. Ce sont des sols bien structurés, dès la surface, en petits éléments polyédriques, subarrondis, présentant une stabilité élevée.

Les *sols brun-rouges* sont analogues aux *sols bruns*, mais ils sont un peu plus rubéfiés et ne sont pas calcaires, sauf, parfois à leur base. Certains sols sont intergrades entre ces derniers et les *sols ferrugineux tropicaux*.

Les *sols ferrugineux tropicaux* sont caractérisés par une altération plus poussée des éléments minéraux de leur roche-mère ce qui les enrichit en argile et en hydroxydes de fer. Le plus souvent, dans ces conditions climatiques, ils ne sont ni lessivés ni appauvris en surface en éléments paléosols dont l'évolution s'est produite dans des conditions pluviométriques plus élevées. Ils sont fréquemment formés sur des sables éoliens comme dans le nord du Sénégal ou au Niger. Ils peuvent avoir été remaniés, soit par action éolienne, soit par action hydrique, cas auquel ils sont, souvent, plus riches en gravillons de nature diverse. Ces sols ont, dans leurs horizons A, une structure polyédrique peu stable qui devient plus massive en profondeur (B). Dans la zone de bordure soudano-sahélienne de cette région on peut observer des *Sols ferrallitiques*, paléosols riches en kaolinite et hydroxydes de fer et d'aluminium, dont les horizons supérieurs gardent une structure polyédrique très stable tant que protégés d'une action atmosphérique très desséchante. Ils sont souvent indurés sur les hauts plateaux et gravillonnaires sur les versants, à la suite de leur décapage par l'érosion.

Vertisols: Ces sols, riches en argile gonflante (smectites), possèdent souvent, dans ces régions, une structure superficielle lamellaire ou, s'ils sont riches aussi en calcium, granuleuse. En dessous, elle devient polyédrique assez grossière puis prismatique. Leurs prismes se terminent par des faces inférieures obliques, lisses ou rayées. En période sèche, ils présentent des fentes, parfois assez larges, entre leurs prismes. Les zones de vertisols ont souvent un relief très irrégulier, en creux et bosses, "gilgai", comme dans le Mema, au Sud-Ouest de Niafouké (Mali). En climat sahélien plus aride se développent des *sols bruns vertiques*, de structure prismatique moins accusée.

Sols salsodiques: Ils sont particulièrement riches en sels solubles tels que chlorures et sulfates de sodium ou de magnésium ou carbonates de sodium et peuvent posséder un complexe absorbant ayant une teneur élevée en magnésium et surtout en sodium échangeable.

Ces *Sols Sodiques* ont une structure massive et une basicité élevée (Guero, 1989). On les observe en particulier dans la vallée du Niger en amont de Niamey, dans le nord-est du Burkina-Faso... etc.

En même temps riches en sels solubles, ces sols typiquement *Salsodiques*, présentent, en période sèche, une structure en "pseudo-sables", constituée de très fines particules subarrondies d'argile sodique, mêlées de cristaux de sels divers. Lessivés en argile, dans leur horizon supérieur, ce sont des *Solonetz* parfois plus ou moins solodisés comme au Tchad (Bocquier, 1971) dont l'horizon d'accumulation d'argile peut avoir une structure massive ou en colonettes, suivant la nature minérologique de leur argile (Aubert, 1983). Dans ces zones sahéliennes ce ne sont souvent que des *mini-solonetz* (Leprun, 1978). Essentiellement sols salins, aux complexes absorbants peu riches en sodium, ils présentent souvent de nombreux cristaux de sels, en particulier en surface.

Ceux-ci permettent, ainsi que leur structure, de les caractériser; ils peuvent l'être également par leur couleur: pellicule humique noire en surface, due à l'action du carbonate de sodium sur la matière organique du sol, couleur rouge, et non rouille, des taches et amas ferrugineux

due à des phénomènes d'hydromorphie. Ils peuvent être dus à des irrigations à l'eau plus ou moins salée, réalisée sans drainage efficace, ou à la remontée de nappes phréatiques salées, plus ou moins profondes comme à l'Office du Niger. Ils peuvent aussi s'être formés en zones d'évaporation d'accumulation d'eau marine ou lacustre.

Sols hydromorphes. Les sols à gley dus à l'action d'une nappe permanente à moyenne profondeur sont rares. Les sols à pseudogley, soumis à une hydromorphie temporaire, peuvent y être observés dans les zones basses, sur alluvions ou colluvions présentant des horizons perméables au-dessus d'horizons argileux plus compacts.

II. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Elles sont souvent désignées sous le terme de "croûte". Nous utiliserons plutôt celui de "microorganisations pelliculaires superficielles", réservant le précédent pour les croûtes calcaires.

De nombreux auteurs ont insisté sur l'importance des états de surface des sols, principalement en zone sahéenne, du fait de leur influence sur leur bilan hydrique, en particulier infiltration et ruissellement (Collinet et Valentin, 1979; Chevallier et Valentin, 1984; Pontanier *et al.*, 1986, Valentin, 1990, etc.). On y observe une grande extension des zones nues ou ne comportant qu'un faible couvert végétal, surtout en période d'aridification. Elles sont le plus souvent indurées mais présentent des structures très particulières, et très différentes les unes des autres. Une typologie précise en a été établie en zone sahéenne, principalement d'Afrique tropicale sud-saharienne. Neuf "microorganisations pelliculaires superficielles" y ont été reconnues et décrites (Casenave et Valentin, 1989). La formation de l'une plutôt que d'une autre dépend des conditions de climat, du type de sol, de sa position topographique, de son couvert végétal, de l'action de la micro et de la mésofaune, de l'action directe ou indirecte de l'homme.

Microorganisations pelliculaires superficielles de dessiccation. Elles ne comportent qu'un seul microhorizon, sableux, légèrement pris en masse, très fragile, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de m/m.

Microorganisations pelliculaires superficielles structurales. Elles peuvent être surtout sableuses, soit à 2 microhorizons le supérieur, de sable peu trié, souvent massif, recouvrant une pellicule plasmique peu épaisse; soit à 3 microhorizons, le supérieur à sable grossier disposé irrégulièrement à la surface (érosion éolienne), au-dessus d'un autre à sable fin, pris en masse, à forte porosité vésiculaire, recouvrant une pellicule plasmique, également à forte porosité vésiculaire. Elles peuvent être à plasma dominant, souvent sur un sol précédemment travaillé pour la culture. Elles ne comportent alors qu'une pellicule, surtout plasmique, souvent à face rugueuse, épaisse, parfois jusqu'à plusieurs centimètres.

Microorganisations pelliculaires superficielles d'érosion. Recouvrant un horizon A elles sont, souvent, assez foncées et plasmiques tout en comportant, fréquemment, des restes de microhorizons semblables aux précédents; sur un horizon B, la pellicule, plasmique, est parfois plus ou moins mammelonnée.

Microorganisations pelliculaires superficielles, à charge grossière. Elles comportent, le plus souvent, trois microhorizons comme certaines microorganisations pelliculaires superficielles, structurales, mais des éléments grossiers y sont enchâssés, et elles sont largement pourvues en pores vésiculaires.

Microorganisations pelliculaires superficielles de ruissellement. Elles présentent une succession de microhorizons sableux, à sables peu triés, alternant avec de minces pellicules plasmiques; elles sont dotées d'une forte porosité vésiculaire. Elles peuvent atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur, en particulier en interbillons dans un milieu cultivé sur faible pente.

Microorganisations pelliculaires superficielles de décantation. Les microhorizons qui les composent ont subi un tri granulométrique très net, les inférieurs étant riches en sables grossiers, les plus superficiels, en éléments fins. Ces derniers sont, souvent, fragmentés en polygones, plaquettes ou squammes, parfois à bords soulevés.

Microorganisations pelliculaires superficielles de dépôts éoliens. Elles sont constituées d'une succession de microhorizons sableux, irréguliers, très minces, légèrement pris en masse et très fragiles. Elles peuvent être couvertes de végétation et donc fixées. Elles présentent alors, en surface, un autre type de microorganisation.

- En zone attaquée par le vent, apparaissent des microrides d'éolisation.

Par ailleurs nous avons, précédemment, indiqué les caractères particuliers, de structure, de cristallisation, de la plupart des sols salsodiques, qui ont aussi, directement ou indirectement, un effet sur le bilan hydrique de ces sols.

En outre, les caractères structuraux superficiels, assez particuliers, de certains sols de ces régions provoquent des modifications de ces microorganisations ou, même, retardent leur formation. Telles sont les fissures verticales le long des Vertisols ou même des Sols Brun Vertiques, la structure fine polyédrique, subarrondie, des Sols Bruns Eutrophes Subarides, ou la présence, proche de la surface, des horizons encroûtés ou des croûtes calcaires des paléosols Isohumiques Bruns Encroûtés.

III. MODIFICATIONS DE CES FORMATIONS SUPERFICIELLES ET DE LA STRUCTURE DE L'HORIZON SUPERIEUR DU SOL, A LA SUITE DE FAIBLES VARIATIONS CLIMATIQUES

A.) Influence du degré de sécheresse atmosphérique. Pendant la période où se fait sentir cette aggravation de la sécheresse atmosphérique les pluies sont très faibles ou n'apparaissent pas. On observe un plus fort durcissement des microorganisations pelliculaires superficielles et, parfois, l'apparition ou le développement de la fissuration de leurs pellicules plasmiques, surtout si elles comportent des proportions importantes d'argile gonflante du type de la montmorillonite. Cette modification n'est cependant pas durable et disparaît sous l'influence de la moindre pluie ou d'une recrudescence, même faible, de l'humidité atmosphérique. On peut, même, observer la formation de nouvelles microorganisations pelliculaires de surface, là où il n'y en avait pas, en particulier à la suite d'une diminution du couvert végétal. Ces modifications provoquent une nette diminution de l'infiltration, qui s'accompagne d'un

accroissement de la proportion d'eau qui ruisselle (Albergel, 1987; Albergel et Valentin, à paraître).

Cette faible variation climatique peut aussi avoir pour conséquence certaines transformations des caractéristiques, surtout structurales, des horizons supérieurs des divers types de sols, tel que le durcissement de l'horizon A des sols ferrugineux tropicaux et, sur une épaisseur variable, de celui des sols salsodiques alcalisés, sans même qu'apparaisse à leur surface une réelle microorganisation pelliculaire.

Dans les horizons superficiels de sols salsodiques riches en sels solubles, et encore faiblement humides lors du début de cet accroissement de la sécheresse atmosphérique, la proportion des particules cristallines apparaissant à la surface, s'accroît. Ce recouvrement cristallin, accompagné de fissurations superficielles, est particulièrement développé dans les Thiosols, sols sulfatés acides comme dans l'embouchure du Sénégal (Le Brusq *et al.*, 1987).

Sur les sols très salés à alcali, l'épaisseur du pseudosable augmente et les "nebkhas" peuvent se former actuellement en quelques années, comme nous avons pu l'observer, non en Afrique sub-saharienne, mais en Oranie sahélienne (Relizane). Cet accroissement du degré de sécheresse atmosphérique peut aussi augmenter la structuration et le durcissement des agrégats des horizons supérieurs de sols tels que les Sols Bruns subarides.

Enfin, si des paléosols Ferrallitiques ont pu subsister encore dans les bordures soudano-sahéliennes de ces régions, sous la protection dense d'une savane arborée, la destruction de celle-ci, suite à l'accroissement de dessiccation atmosphérique, peut y provoquer d'importantes modifications dans l'horizon A, parfois jusqu'à 60 ou 80 cm: perte de structure, développement d'un caractère massif, analogue à celui d'un sol ferrugineux tropical, et transformation minéralogique des hydroxydes de fer et de la couleur du sol qui, de rouge, devient gris-beige (Chauvel, 1977).

B.) Influence d'une certaine humidité atmosphérique temporaire suivie d'une redessiccation

L'effet de ce type de faible variation climatique sur le sol dépend largement du degré hydrique du sol au début de cette variation climatique, et de l'intensité de celle-ci. Par suite de cette réhumidification limitée du sol par l'air à son contact, puis de sa redessiccation, on observe un fort développement des microorganisations pelliculaires superficielles, principalement de type structural ou de dessiccation et qui sont très durcies. Comme précédemment, cette modification s'accompagne, fréquemment, de la fissuration des pellicules plasmiques, surtout bien pourvues en argile de type gonflant (Tessier et Pedro, 1984). Elle est aussi particulièrement effective dans le cas des sols salsodiques riches en sels solubles.

C.) Influence de faibles pluies

1) Elle dépend, pour une très large part, de l'état hydrique du sol avant le début de la pluie, des possibilités d'évolution des caractères physiques du sol, en fonction de son état d'hydratation (teneur en argile et type d'argile, teneur en matière organique et état d'évolution de celle-ci); de la présence, du développement, du durcissement et de la caractérisation à la

surface des sols des microorganisations pelliculaires superficielles, ainsi que de l'intensité et de la répétition des pluies, surtout > 40 mm (Serpantie, Tezenas du Moncel, Valentiñ, 1988).

2) Elles peuvent avoir un grand effet de destruction sur les microorganisations superficielles et provoquer un très fort accroissement du ruissellement. Elles peuvent aussi être à l'origine d'une reprise du couvert végétal, si la profondeur de pénétration de la pluie est suffisante. Si, pour une raison naturelle, ou par suite de l'action de l'homme, des débris végétaux, résidus de récoltes ou autres, se trouvent à la surface, l'infiltration de l'eau qui y arrive s'accroît et la modification de l'état de surface diminue.

Elle varie aussi, très largement, en fonction de l'activité de la microfaune du sol, des relations des différents horizons de la couverture pédologique, verticalement et horizontalement, et de la position du sol sur le plan topographique.

3) Il faut aussi tenir compte de l'action de battance des gouttes de pluie arrivant à la surface du sol et développant des caractères de compaction de celle-ci.

4) Enfin, après la pluie, sur sol plan, non rugueux et nu parce que travaillé, les microorganisations pelliculaires superficielles prennent une réelle importance, principalement du type structural ou de dessiccation; en sol billonné, elles sont d'érosion, et de ruissellement, parfois de type structural.

D.) Influence de faibles pluies renouvelées

Certaines de ces pluies étant d'au moins 40 mm mais pas toutes, le sol se maintient, cependant, suffisamment humide, même pendant les périodes de dessiccation entre les pluies.

1) Dans les zones en faible pente, proches des villages, ou sous assez forte action humaine, se développe un tapis d'herbacées assez naines, mais parsemé de taches nues où l'horizon A ayant été décapé, une microorganisation pelliculaire superficielle, le plus souvent gravillonnaire, se constitue sur l'horizon B devenu superficiel. Sur sol argileux, ces microorganisations sont plutôt de type structural. On y observe aussi de petites dépressions, souvent dues à l'action de l'homme, où l'eau se maintient et quelques arbustes peuvent s'y établir et prendre une certaine importance. Dans les zones plus éloignées des villages et des champs cultivés, le tapis herbacé prend plus d'importance, mais comporte cependant quelques zones nues, souvent indurées en surface.

2) Sur les hauts versants, la couverture de brousse tigrée se maintient, comportant des bandes retenant végétation et arbustes, et des bandes nues présentant des microorganisations pelliculaires superficielles, souvent indurées.

3) Dans les bas-fonds, les sols sont plus épais sur produits transportés puis déposés. La végétation herbacée se développe, mais il reste des taches nues, principalement dans les anciens champs et les jachères.

4) En zone de faible ou moyenne pente, l'érosion en griffes peut apparaître.

A la suite de tant d'observations diverses sur l'état des sols des zones Sahéliennes d'Afrique, à la suite de faibles variations climatiques, il nous paraît difficile de proposer une "Conclusion". Nous soulignerons cependant, l'importance que présente, par rapport à la possibilité de développement des cultures, l'état physique de la surface des sols et l'affirmation de la fissuration et de la structuration de leurs horizons supérieurs.

REFERENCES

- Albergel, J. (1987). *Genèse et prédétermination des Crues au Burkina Faso*. Thèse Univ. Paris VI, 314. pp.
- Albergel, J. et Valentin, C. (sous presse). Sahélisation d'un petit bassin versant: Bouissa Kognere au Centre-nord du Burkina Faso. In: *Colloque Nordest-Sahel*. IHEAL. Paris 1986.
- Aubert, G. (1983). *Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques*. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XX, no. 1, 373-378.
- Bocquier, G. (1971). *Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique*. Thèse ULP Strasbourg. 346 pp.
- Casenave, A. et Valentin, C. (1989). *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration*. ORSTOM Paris. Coll. "Didactiques". 230 pp.
- Chauvel, A. (1977). *Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance (Sénégal)*. Thèse ULP Strasbourg. ORSTOM Paris. Col. Trav et Doc. 62, 532 pp.
- Chevallier, P. et Valentin, C. (1984). *Influence des micro-organisations pelliculaires superficielles sur l'infiltrabilité d'un type de sol sahélien*. Bull. GFHN, 17, 9-22.
- Collinet, J. et Valentin, C. (1979). *Analyse des différents facteurs intervenant dans l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques*. Cah. ORSTOM sér. Pédo. XVII, 4, 283-328.
- C.P.C.S. (1967). *Commission de Pédologie et de classification des sols. Classification des sols*. E.N.S.A. Grignon. 87 pp. multigr.
- Grouzis, M. (1988). *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques Sahéliens (Mare d'OURSIS - Burkina Faso)*. ORSTOM - Coll Et. et Th. 336 pp.
- Guero, Y. (1989). Les sols de la Vallée du Moyen Niger. Organisations tendance évolutive actuelle. *Soltrop* 89 ORSTOM. Coll. Colloques et Séminaires. 193-211.
- Le Brusq, J.Y.; Loyer, J.Y.; Mougenot, B. et Carn, M. (1987). Nouvelles paragenèses à sulfates d'aluminium, de fer et de magnésium et leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal. *Sci. du sol* 25 (3), 173-184.
- Leprun, J.C. (1978). *Compte-rendu de fin d'études sur les sols, leur susceptibilité à l'érosion, les terres des cures salées, les formations de "brousse tigrée" dans le Gourma*. ORSTOM/DGRST, Paris, 45 pp.
- Mietton, M. (1988). *Dynamique de l'interface lithosphère atmosphère au Burkina Faso*. Thèse. U.J.F. Grenoble I. 485 pp. et annexes 225 pp.

- Pontanier, R.; Moukouri-Kuoh, H.; Sayol, R.; Seyni Bouker, L. et Thebe, B. (1986). *Apport de l'infiltrôpêtre à aspersion pour l'évaluation des ressources en sols des zones soudano-sahéliennes du Cameroun*. Journées hydrologiques ORSTOM. Coll. Colloques et Séminaires. pp. 165-189.
- Serpantie, G.; Tezenas du Montcel, L. et Valentin, C. (1988). La dynamique des états de surface d'un territoire agro-pastoral sub-sahélien sous aridification: conséquences pour les systèmes de production. ORSTOM. Ouagadougou 29 pp. multigr. à paraître "Zones arides".
- Tessier, D. et Pedro, G. (1984). Recherches sur le rôle des matériaux argileux dans l'organisation et le comportement des sols A.F.E.S. Paris *Livre jubilaire du Cinquantenaire*. pp. 223-224.
- Valentin, C. (1990). *Cartographie et suivi des états de surface induits par les systèmes de culture*. Journées ORSTOM 1990. Montpellier. 17 pp. multigr.

DISCUSSION

SINSIN: 1) Dans la relation sol-végétation est-ce qu'on peut identifier les éléments majeurs des sols ferrugineux tropicaux dont la teneur régit la nature du couvert végétal? 2) Que pensez-vous des critères de différenciation entre sols ferrugineux tropicaux et sols ferralitiques, que le rapport limon/argile, ou le taux de la C.E.C? 3) Quel est l'effet de la nature de l'argile dans les phénomènes d'hydromorphie?

AUBERT: 1) Sur le terrain, l'étude d'un sol ferrugineux tropical doit porter essentiellement sur la composition morphologique de son profil, la succession des horizons, leur structure, et la richesse ou pauvreté en matière organique - et si possible son stade d'évolution - dans les horizons supérieurs. Cela donne déjà des indications sur la possibilité de développement des différentes cultures ou types de végétation. Il faut attendre ensuite les résultats du laboratoire pour avoir une connaissance de la richesse chimique du sol, qui est forte importante pour les plantes. Déjà le fait d'observer par exemple que votre sol est lessivé ou est hydromorphe en même temps que ferrugineux tropical vous pourra être très utile pour la solution de votre question. 2) Sur le terrain il est très difficile de différencier un sol ferrugineux tropical d'un sol ferralitique s'ils ont été cultivés ou au moins mis à nu. Sous végétation protectrice contre les effets du climat, les structures des horizons supérieurs sont, en général, caractéristiques. Le rapport limon sur argile est difficilement interprétable pour la question que vous posez. Par contre, la valeur de la C.E.C. est tout à fait interprétable mais elle nécessite d'abord une étude au laboratoire. 3) Si votre argile comme la kaolinite n'est pas gonflante, elle favorisera beaucoup moins l'hydromorphie que les argiles comme la montmorillonite ou les smectites qui par contre le sont.

NWUFO: How does microbial mineralization take place in the dry tropical Sahelian areas? What are the effects of the Sahelian climatic factors on the decomposition of animal and plant materials?

AUBERT: La faible humidité du sol et sa température parfois trop élevée limitent la vie microbienne dans ces régions.

ATIRI: It seems to me that rainfall is an important factor that determines the nature and characteristics of these soils. In the tropical rainforest belt, excessive rainfall tends to leach the nutrients beyond the point where they can be effectively utilized by the plants. By contrast, in the drier Sahel, various salts tend to accumulate near the surface of the soil as a result of the lack of rainfall. It seems to me that the soils are not the problem per se; rather how can they be effectively managed or modified so that they can support crop growth profitably as has occurred in the drier parts of Israel.

AUBERT: En fait le sol n'est bien entendu pas le seul facteur qui influe sur la croissance des plantes dans ces régions sahéliennes, mais l'un d'eux. Il est bien certain que suivant les caractères de celui-ci, les effets des difficultés climatiques seront différents. Si le sol est par exemple très sableux, l'alimentation en eau de la plante souffrira particulièrement et il est bon d'essayer de créer vers 50 à 80 cm de profondeur un horizon plus compact soit par des travaux appropriés, soit même en introduisant certains produits chimiques à effet de compaction. Si au contraire le sol est très argileux dès la surface, il faut chercher à permettre l'infiltration de l'eau en améliorant la structure des horizons supérieurs par des travaux culturaux, peut-être des amendements et des cultures de légumineuses à fort enracinement.

MBATA: Are all soluble soils important for soil fertility? How does the soil regenerate what is absorbed by the plants?

AUBERT: Certains des sels solubles qui se trouvent dans les sols surtout en région sub-arides comme le chlorure de sulfate ou le carbonate de sodium peuvent même être très nocifs à partir d'une assez faible quantité variable selon les cas. Par ailleurs, pour ce qui est des éléments utilisables par les plantes, potassium, calcium, acide phosphorique, etc., ils sont le plus souvent fournis à la solution du sol puis à la plante par alteration des éléments de la roche-mère. Certains le sont aussi lors de l'évolution de la matière organique au sol. C'est particulièrement le cas pour l'azote et souvent pour l'acide phosphorique. Alors bien entendu, une autre source aussi - l'apport d'engrais.

MAKAMBILA: En considérant un sol sahélien et un sol d'un écosystème tropical humide, les variations climatiques qui caractérisent ou que connaissent ces deux types de sols, ont-elles des conséquences sur la microflore et la microfaune telluriques de ces deux sols?

AUBERT: La réponse est simple malheureusement. Les microfaunes et microflores des deux sols sont très différentes, quoique comportant un certain nombre d'espèces communes. Mais je ne peux pas malheureusement vous donner d'exemples précis, n'ayant pas moi-même étudié particulièrement ces questions.

NWOSU: Don't you think that physiological drought develops during soil irrigation, since the clay forms an impervious layer and again the salt content of the soils are high.

AUBERT: Si par l'irrigation, votre sol s'enrichit en sel et en sodium échangeables comme je l'ai observé par exemple en zones sub-arides d'Algérie, il est bien certain que la sécheresse pourra devenir dangereux pour la végétation mais le danger le plus grave proviendra de l'enrichissement du sol en sodium échangeable et de la destruction de sa structure qui devient massive ou donne du pseudo-sable suivant les cas. Le meilleur moyen de lutter contre ce danger est d'apporter des amendements et surtout de procéder à un drainage adapté et entretenu d'année en année.

N'GUESSAN: Quels sont les effets des formations superficielles sur le bilan hydrique du sol à l'échelle d'une parcelle?

AUBERT: Leur effet peut être extrêmement important, surtout si elles sont très argileuses. Il est alors tout à fait négatif. Si elles sont, par contre, très sableuses, il dépendra beaucoup de l'épaisseur des horizons ayant ce type de texture.

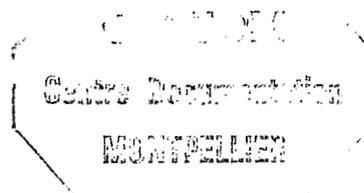
R 02 + 92
← CEDiD -

**INFLUENCE DU CLIMAT SUR LA PRODUCTION
DES CULTURES TROPICALES**

***INFLUENCE OF THE CLIMATE
ON THE PRODUCTION OF
TROPICAL CROPS***

Compte rendu du séminaire régional organisé par
la Fondation Internationale pour la Science (IFS)
et le Centre Technique de Coopération
Agricole et Rurale (CTA)

Ouagadougou, Burkina Faso
23-28 septembre 1991



Er 2 →

Organisateurs:

Fondation Internationale pour la Science (IFS)
Centre Technique de Coopération
Agricole et Rurale (CTA)

Soutien financier:

Islamic Educational, Scientific and Cultural Organization (ISESCO)

Publié par:

Fondation Internationale pour la Science (IFS)
Grev Turegatan 19, 114 38 Stockholm, Sweden

et Centre Technique de Coopération
Agricole et Rural (CTA)
Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Netherlands

Rédaction:

Judith N. Wolf

Les communications qui figurent dans cette publication ont été reproduites telles que soumises et n'ont pas été revues par des pairs, ni révisées du point de vue scientifique par la Fondation Internationale pour la Science (IFS). Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs et pas la Fondation Internationale pour la Science (IFS).

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

ISBN: 91 85798 29 0