

EROSION ET STABILITÉ STRUCTURALE DU SOL

P. QUANTIN et A. COMBEAU

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

(Collaboration technique : Melles M. J. GAUTIER et J. VERDIER)

RÉSUMÉ

L'étude des résultats obtenus au cours de l'année 1960 sur les parcelles expérimentales d'étude de l'érosion à la Station Agricole de Grimari (République Centrafricaine) a permis de montrer que, pour une pluviométrie donnée, et sur une pente donnée, les quantités de terre érodées sont d'autant plus grandes que la stabilité structurale du sol, définie par l'indice d'instabilité de S. HENIN, est moins élevée. De plus, la proportion des éléments fins entraînés, en particulier de l'argile, augmente très vite avec l'instabilité de la structure.

SUMMARY

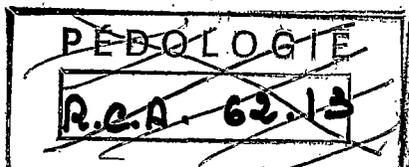
Study of the results obtained during the year 1960 on erosion experiment plots at Grimari Agricultural Station (Central African Republic) shows that, for a given rainfall, and on a given slope, the amount of earth carried away is higher as the structural stability of the soil, defined by S. HENIN's index of structural instability, is lower. Furthermore, the proportion of fine elements carried away, clay in particular, increases rapidly with instability of structure.

L'objet de cette note est de mettre en évidence, dans un cas précis l'existence d'une relation entre l'érosion et la stabilité de la structure du sol, mesurée par l'indice d'instabilité défini par S. HENIN. (1)

Nous utilisons dans ce but les résultats de mesures effectuées au cours de l'année 1960 sur les parcelles expérimentales d'étude de l'érosion de la Station Agricole de Grimari (République Centrafricaine). Ces parcelles sont au nombre de 10, réparties en 2 blocs correspondant à 2 types de sols, différents par leur texture et leur pente, mais classés tous deux dans les sols rouges faiblement ferrallitiques sur gaieils à 2 micas. Les matériaux entraînés par ruissellement ou en suspension, sont recueillis dans des carres, pesés et analysés. Par ailleurs, sur le sol des parcelles, nous déterminons l'indice d'instabilité structurale défini par S. HENIN. Rappelons que cet indice rend compte de la résistance offerte par les mottes à l'action de l'eau; dans les terres stables, les mottes ne se délitent pas au cours d'une humectation.

Le climat de Grimari est caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne de 1550 mm, répartis en une seule saison de pluies, de mars à fin octobre en général, avec parfois une courte période «sèche» en juin. Les mois les plus pluvieux sont août, septembre et octobre, avec respectivement 232, 220 et 214 mm. L'année 1960 a été caractérisée par une pluviométrie très supérieure à cette moyenne : 1820 mm au total avec, en particulier, une valeur très élevée en août : 360 mm.

Les divers traitements appliqués aux parcelles entraînent une évolution différente de l'indice d'instabilité dans le temps : on constate que les parcelles témoins sous savane, dont le sol n'est pas travaillé, ont conservé une bonne stabilité structurale ($I_s = 0,24$) alors que les parcelles cultivées ont subi une dégradation plus ou moins poussée, mais maximum dans le cas de la parcelle cultivée sans apport de fumure organique ($I_s = 1,08$). Le calcul fait apparaître que la stabilité structurale est en relation directe avec la teneur du sol en carbone et que, de plus, les sols les plus riches en éléments fins sont caractérisés, toutes choses égales d'ailleurs, par un indice d'instabilité plus élevé que les sols les plus sableux.



1) RUISSELLEMENT

L'étude des quantités totales d'eau ruisselées au cours de l'année 1960 conduit en apparence à un résultat anormal. Il semble en effet, qu'il existe une relation inverse entre l'indice d'instabilité et le volume ruisselé, ce qui signifierait que le ruissellement est plus important sur les sols à structure stable. Il s'agit en réalité d'une relation fortuite : les parcelles caractérisées par un sol stable sont sous végétation de savane, donc non travaillées. Le sol y est tassé ce qui ressort très nettement des mesures de macroporosité. Les parcelles à structure moins stable sont cultivées, la croûte superficielle y est brisée et l'infiltration de l'eau s'y effectue sans difficulté. Il convient d'ailleurs de remarquer que l'appellation de structure « instable » est toute relative dans le cas des sols de Grimari, les indices les plus élevés ne dépassant pas la valeur 1,08. Le travail du sol a pour effet d'accroître sensiblement la macroporosité, ce résultat ayant pu être mis en évidence par des mesures directes (23% contre 17%) et également par des déterminations en place de la vitesse de filtration, qui passe de 0,5 cm/heure sous savane (parcelle 1) à 15 cm/heure dans la parcelle 2.

Les résultats des mesures du ruissellement annuel ne font donc que traduire l'état de la surface du sol ou encore l'efficacité des mesures anti-érosives. (Cette constatation apparaît très nettement dans le cas de la parcelle 3 traitée en billons larges horizontaux).

Notons que le taux de ruissellement est généralement de l'ordre de 8 à 20%, les valeurs extrêmes étant 1 et 26%.

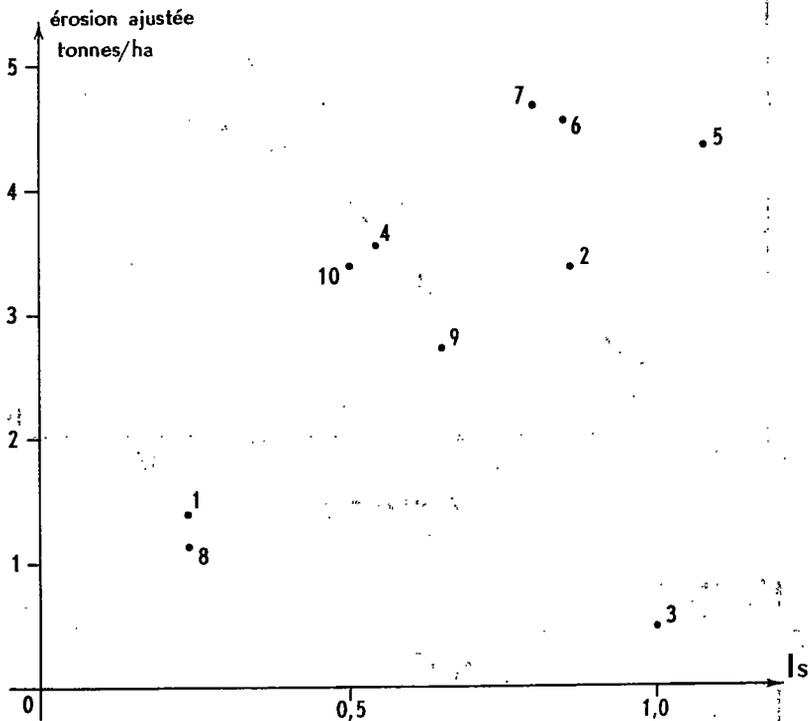
2) PERTE EN TERRE

Si l'on compare les tonnages de terre érodée par unité de surface sur les diverses parcelles (exprimés en tonnes/ha), on constate qu'ils ne sont apparemment pas liés de façon très étroite à l'indice d'instabilité structurale du sol de la parcelle correspondante. Ce fait est imputable, d'une part aux différences de pente entre les 2 blocs de parcelles, d'autre part aux longueurs de pentes différentes, à superficie égale, pour les parcelles 6 et 7. Pour cette raison, nous avons appliqué aux tonnages de terre érodée, 2 facteurs correctifs proposés par ZINGG et WISCHMEIER, cités par SMITH (2) selon lesquels la perte en terre est proportionnelle à la puissance 1,4 du degré de pente et à la puissance 0,5 de la longueur de pente. Nous avons noté que le facteur correctif utilisé pour le degré de pente recoupe assez exactement celui trouvé par HUDSON sur les sols de Rhodésie (3). Nous obtenons alors un tonnage ajusté qui correspondrait à des parcelles de $8 \times 32,5$ mètres sur pente de 3%.

On constate que ce tonnage ajusté est en corrélation étroite avec l'indice d'instabilité structurale (exprimé en logarithme), l'intensité de l'érosion croissant régulièrement avec cet indice. Si l'on élimine la parcelle 3, traitée en billons horizontaux et pour laquelle le ruissellement est insignifiant, la relation trouvée se traduit par l'expression :

$$\text{Erosion ajustée (en tonnes/ha)} = 4,9 \log_{10} I_s - 0,5 \quad r = 0,902$$

Le tonnage global érodé tend vers 0 lorsque l'indice tend lui-même vers 0, c'est-à-dire lorsque la stabilité structurale tend vers son maximum, et ceci même dans le cas où le ruissellement est important (parcelles 1 et 8).



Graphique N° 1

3) CHARGE SOLIDE

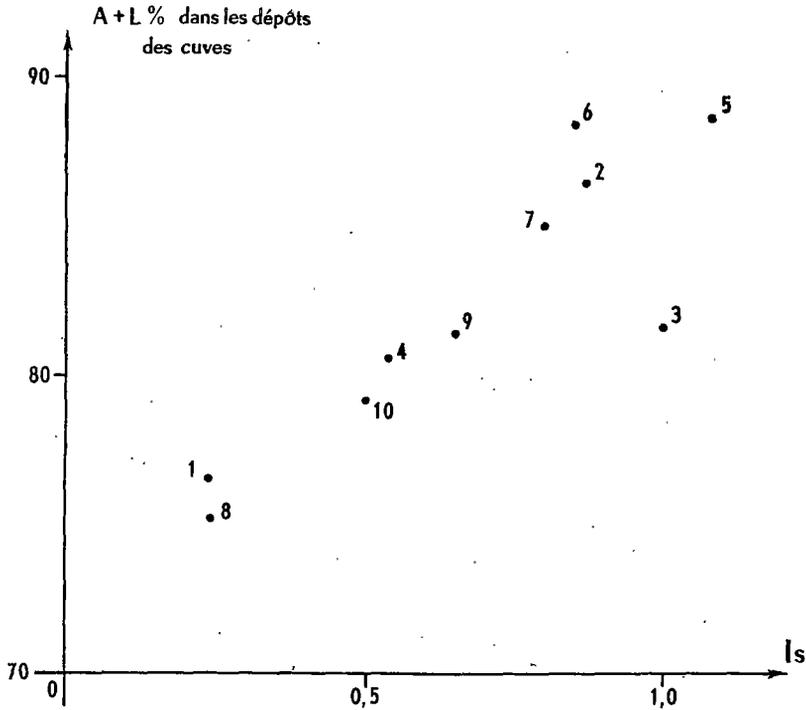
Le rapport $\frac{\text{Perte en terre annuelle}}{\text{Volume ruisselé annuel}}$ définit la charge solide moyenne des eaux de ruissellement pour l'année considérée. On observe l'existence d'une relation étroite entre cette charge et l'indice d'instabilité structurale. Cette relation calculée sur les 10 parcelles s'exprime ainsi :

$$\text{Charge (grammes/litre)} = 2,47 I_s - 0,1 \quad r = 0,904$$

La quantité moyenne d'éléments transportés par unité de volume des eaux de ruissellement est donc très étroitement fonction de l'instabilité de la structure du sol. Ce résultat nous paraît particulièrement important : il signifie en effet que le facteur permettant de relier l'érosion au ruissellement, est lui-même fonction de l'indice d'instabilité structurale.

4) COMPOSITION DES PRODUITS TRANSPORTÉS

Lorsque l'on étudie la composition granulométrique des dépôts recueillis dans les cuves, on constate qu'elle est, elle aussi, très étroitement liée à la stabilité structurale du sol de la parcelle correspondante. La proportion d'éléments fins 0-20 μ (argile + limon), toujours élevée, augmente régulièrement avec l'indice d'instabilité, passant de 75 à 90% lorsque I_s croît de 0,25 à 1,0.



Graphique N° 4

La variation enregistrée porte essentiellement sur la fraction argileuse 0-2 μ , le rapport $\frac{\text{limon (2-20}\mu\text{)}}{\text{argile (0-2}\mu\text{)}}$ passant de 58% à 20% lorsque l'indice passe de 0,25 à 1,0,

L'un des éléments qui permettent de définir l'indice d'instabilité structurale, est particulièrement lié à la nature des produits érodés : c'est le taux de dispersion, rapport du taux d'éléments fins spontanément en dispersion après prétraitement de l'échantillon au benzène, au taux de ces mêmes éléments obtenu par analyse granulométrique, c'est-à-dire après addition d'un produit dispersant (hexamétaphosphate de soude, par exemple). La proportion d'éléments fins 0-20 μ dans les dépôts d'érosion est rigoureusement proportionnelle à ce taux de dispersion d .

L'équation de la droite de régression trouvée est la suivante :

$$(A + L) = 33,7 d + 66,2 \quad r = 0,990 \text{ pour 8 degrés de liberté.}$$

Caractéristiques des Parcelles						Ruissellement et érosion							
	Longueur	Pente	A + L%	I _s	d	Ruissellement litres/ha	Taux de ruissellement %	Erosion tonnes/ha	Charge kg/litre	Erosion ajustée tonnes/ha	A + L% Dans les dépôts	L — % A	
Bloc A	1	40	3%	26,0	0,24	0,30	4.74.10 ⁶	26,0	1,55	0,33	1,40	76,5	58
	2	32,5	»	32,5	0,87	0,60	1.44.10 ⁶	7,9	3,37	2,35	3,37	86,4	23
	3	»	»	30,0	1,00	0,64	0.17.10 ⁶	0,9	0,49	2,85	0,49	81,6	28
	4	»	»	31,0	0,54	0,45	3.92.10 ⁶	21,5	3,58	0,91	3,58	80,7	39
	5	»	»	33,0	1,08	0,69	2.11.10 ⁶	11,6	4,38	2,08	4,38	88,5	21
	6	40	»	30,0	0,84	0,63	2.66.10 ⁶	14,6	5,04	1,90	4,54	88,4	24
	7	40	»	32,0	0,80	0,57	2.86.10 ⁶	15,7	5,20	1,82	4,69	85,2	29
Bloc D	8	21,5	5%	16,0	0,24	0,29	3.61.10 ⁶	19,8	1,85	0,51	1,11	75,1	57
	9	»	»	21,0	0,65	0,46	3.30.10 ⁶	18,1	4,53	1,37	2,72	81,4	32
	10	»	»	21,0	0,50	0,37	3.30.10 ⁶	18,1	5,66	1,72	3,40	79,5	33

TRAITEMENTS — Savane témoin : 1 et 8

Culture autochtone : 4

Culture semi-mécanisée : avec fumure — labour à plat et buttage : 2, 6, 7, 9, 10
billons horizontaux larges : 3

— sans fumure — labour à plat et buttage : 5

L'ensemble de ces observations, portant à la fois sur les tonnages transportés et la composition granulométrique des produits d'érosion, tend à démontrer d'une part, que l'intensité de l'érosion augmente avec l'instabilité structurale, d'autre part que, dans ces conditions, les produits entraînés sont de plus en plus fins : sur un sol ayant atteint un stade maximum d'instabilité structurale, l'érosion n'entraînerait pratiquement plus que des éléments fins, le rapport $\frac{\text{limon}}{\text{argile}}$ nous permettant de

préciser que la quasi totalité de ces éléments seraient de diamètre inférieur à 2μ . À l'opposé, sur un sol parfaitement stable, l'entraînement, par ailleurs faible, ne porterait que sur les éléments grossiers (sables) et les limons.

En conclusion, dans la région étudiée, il apparaît que, si le ruissellement est lié à l'instabilité de la structure du sol, cette relation est masquée par l'état de la surface du sol, donc sous la dépendance étroite des façons culturales. Par contre, la charge solide annuelle est étroitement dépendante de l'instabilité structurale. Par voie de conséquence, pour un degré de pente, une longueur de pente et sous une pluviométrie donnée, le tonnage de terre entraînée par érosion augmente avec le ruissellement (voir parcelle 3), mais aussi et surtout avec l'instabilité de la structure du sol. De plus, la composition granulométrique des produits entraînés dépend très étroitement de cette instabilité, les sols les moins stables donnant lieu à l'entraînement des éléments les plus fins, ce qui souligne l'importance du facteur dispersion sur la nature de l'érosion enregistrée.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) HENIN, S., et MONNIER, G., *C.R. 6ème Congrès Intern. Sci. Sol, Paris, 1956.*
B - Evaluation de la stabilité structurale du sol.
- (2) SMITH, D.D., *Ass. Générale de Toronto, Sept. 1957, Tome I.*
- (3) HUDSON, N.W., *Rhodesia Agric. Journal, 1957, 54, 6.*