

## EROSION ET MECANISATION

par R. FAUCK

Les diverses tentatives de mécanisation de l'agriculture en Afrique tropicale humide ont été caractérisées par une augmentation plus ou moins rapide de l'érodibilité des sols. Ce fait a conduit les experts à recommander sinon le rejet de la mécanisation agricole, du moins la plus grande prudence dans son utilisation systématique. Un examen attentif de l'état des connaissances sur la question m'amène à nuancer cette conclusion, compte tenu des diverses formes de mécanisation de l'agriculture, et également des types variés de sols sur lesquels elles s'appliquent.

### Les modalités d'utilisation de la mécanisation

La réalisation de tous les grands projets de culture mécanisée en région forestière débute par un défrichement utilisant une motorisation puissante. Il consiste en un abattage des arbres suivi, obligatoirement, de l'enlèvement systématique des racines et des souches dans les sols, même dans le cas d'un défrichement par empoisonnement. Les divers travaux qui se succèdent : abattage, andainage, rootage, rootcuttage, sous-solage, bouleversent l'ensemble des horizons supérieurs des sols, avant toute possibilité de mise en culture. Cette dernière suppose la réalisation d'un certain nombre de travaux agricoles que l'on peut regrouper en trois grandes catégories. La première est la préparation des terres par labour, déchaumage ou pulvérisage, en vue de créer un lit de semences, c'est à dire un milieu où les graines trouvent les meilleures conditions de germination. La seconde comprend tous les travaux d'entretien destinés soit à éliminer les herbes, soit à faciliter l'infiltration des pluies. Enfin, la dernière se rapporte aux travaux postcultureaux.

Toutes ces techniques semblent avoir des effets différents sur l'érodibilité des sols mais les auteurs n'ont pas toujours réussi à les individualiser. A technique comparable, ces effets dépendent également des conditions de réalisation, profondeur du sol travaillé, taux d'humidité par rapport à la capacité de rétention, date de réalisation dans le cycle climatique par rapport à l'apparition des pluies dites "érosives". De plus, en considérant que la réalisation de ces techniques s'effectue sur des sols différents, allant des types les plus sableux (12 % d'argile en Casamance) aux types les plus argileux (65 % d'éléments fins dans la vallée du Niari au Congo), on conviendra qu'il est très difficile de séparer les variables et de préciser, dans les méthodes de mécanisation, celles qui sont les plus érosives. On s'explique ainsi la prudence qui s'est imposée et qui a conduit à accuser en bloc la mécanisation.

### Les principaux résultats

Pour essayer de définir les mécanismes de l'érosion, on dispose d'un certain nombre de données. Les premières concernent les mesures directes des effets de la mécanisation sur les taux de ruissellement et d'érosion.

20 AOÛT 1975

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

Collection de Référence

n° 7656 Pado.

Les secondes se rapportent aux recherches sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des sols cultivés mécaniquement, de laquelle il est possible de déduire l'augmentation probable de l'érodibilité. Nous ne passerons pas en revue les résultats quantitatifs obtenus dans ces deux domaines de recherche, renvoyant, pour cela, aux travaux de :

Cointepas, J. P., 1958 ; Cunningham, R. K., 1963 ; Dumas, J., 1965 ; Pereira, U. C., et al, 1967 ; Goujon et al, 1968 ; Seguy, L., 1969 ; Fauck, R., Moureaux, Cl, Thomann, Ch, 1969 ; Charreau, Cl, et Seguy, L., 1969 ; Charreau, Cl, 1969-1972 ; Le Buanec, B., 1971 ; Roose, E., 1973 ; Lal, R., 1974.

La majorité des connaissances proviennent des expérimentations effectuées au Sénégal (Séfa, Bambey), en Côte d'Ivoire (Adiopodoumé, Bouaké, etc.), en Haute-Volta (Saria), au Dahomey (Cotonou) et en Nigéria. Nous allons essayer d'en tirer des enseignements d'ordre pratique.

Le défrichement est l'opération qui perturbe le plus les sols, rendant l'horizon A hétérogène, amenant parfois des gravillons en surface, provoquant toujours une évolution rapide des caractéristiques chimiques (baisse de la matière organique et de l'azote), physiques (diminution de la stabilité structurale), ce qui aboutit presque toujours à une augmentation spectaculaire des pertes en terre par ruissellement. Mais il est difficile de séparer dans cette évolution la part qui revient à la mécanisation de celle qui correspond au nouvel état d'équilibre écologique d'un sol passant d'un couvert forestier à une couverture de plante annuelle, et qui se traduit par de nouvelles caractéristiques physico-chimiques. Cependant, la répétition des travaux, les nombreux passages d'engins lourds sur les sols, l'hétérogénéité qui résulte des dessouchements, sont certainement responsables d'une diminution de la stabilité physique des horizons supérieurs, augmentant corrélativement la susceptibilité à l'érosion. Dans ces conditions, s'il s'avère indispensable de réaliser un défrichement suivi d'un dessouchement soigné d'une forêt, il convient de les associer à une bonne orientation parcellaire en courbes de niveau et, avant la mise en culture, d'envisager l'emploi de techniques permettant une régénération de la qualité de la structure, par exemple un labour de fin de cycle après une première année de jachère sans mise en culture, ou des cultures régénératrices de légumineuses. Nous supposons, par la suite, que les précautions élémentaires sur l'orientation des cultures par rapport à la pente ont bien été prises.

Les travaux de préparation du sol en vue des semis consistent en labours au déversoir ou au soc, en pulvérisages, en roulages, en hersages, en billonnages, en épandages d'engrais, enfin en semis. Il faut mentionner, de plus, certaines façons de préparation sans retournement comme le sous-solage. Tous méritent qu'on leur accorde une grande attention car les résultats obtenus par les auteurs sont parfois divergents. A l'analyse, il semble que ces résultats variés puissent s'expliquer non seulement par la diversité des techniques utilisées sur le terrain, mais aussi par l'influence du type de sol et de la variabilité des teneurs en éléments fins dans les horizons supérieurs.

Ainsi, dans le cas des sols assez riches en sables, au Sénégal par exemple, la forte évapotranspiration de la fin de la saison des pluies conduit à une prise en masse de la surface avec formation d'une croûte. Il est nécessaire de briser cette croûte avant la saison des pluies pour permettre la réalisation d'un lit de semences (Charreau, 1971). La taille optimum des agrégats à recréer serait de l'ordre de 3 à 12 mm (FAO, 1974), ce qui représente une forte pulvérisation des agrégats. Or, il est admis que la susceptibilité à l'érosion est en rapport direct avec la finesse du travail superficiel. Il y a donc opposition entre la nécessité de briser la croûte et de créer un lit de semences et les impératifs de la protection contre l'érosion.

Charreau insiste sur le fait que c'est l'agressivité climatique plus que la susceptibilité particulière des sols à l'érosion qui explique les phénomènes de dégradation. Mais, il semble indéniable que des travaux de pulvérisation trop intenses sont une cause d'augmentation de la susceptibilité à l'érosion, toutes conditions climatiques égales. R. Lal (1974) insiste justement sur la facilité de détachabilité des fines particules par le splash du fait de la prédominance des sables grossiers dans de nombreux sols tropicaux. A mon avis, c'est un trop fort émiettement du sol en début de cycle cultural, quand le sol est complètement découvert, qui a été la cause la plus grave des faits spectaculaires d'érosion due à la mécanisation. En culture traditionnelle, où les phénomènes d'érosion sont moins nets, le sol n'est travaillé pratiquement qu'à l'endroit où les graines sont enfouies. Peut-être serait-il souhaitable, sur un plan théorique, d'envisager une fine préparation des sols, non sur toute la surface, mais uniquement sur les rangées de semis.

Dans le cas des sols plus argileux, les résultats sont moins nets, et il semble qu'une limite de 20 % de teneur en argile puisse être adoptée à partir de laquelle l'érosion serait faible. Charreau considère que les sols argileux sont actifs sur le plan de la structuration, alors que les sols sableux ont tendance à se tasser et leur macroporosité à diminuer, ce qui justifie, dans le cas des sols sableux, le rôle du labour pour améliorer l'enracinement et accélérer le démarrage de la végétation, meilleur moyen pour limiter les effets érosifs. On est donc amené à séparer les sols en fonction de leur texture avant de comparer les divers avantages et inconvénients des façons préparatoires du sol. Mais, il est possible que le bilan positif ou négatif sur le plan de l'érosion, sinon sur celui des rendements, dépende essentiellement des conditions d'humidité du sol au moment des travaux mécanisés. Sur ce point, les données sont insuffisantes en Afrique tropicale humide.

Les observations qui précèdent s'appliquent surtout aux conséquences des labours, plus particulièrement des discages. Peu de données semblent disponibles sur les techniques de préparation sans retournement.

Par contre, le billonnage a été préconisé par de nombreux auteurs. Effectivement, à condition d'être réalisé suivant le contour, le billonnage représente un frein mécanique au ruissellement, et s'il est combiné avec un billonnage cloisonné (tie-ridging), il représente la meilleure méthode pour augmenter l'infiltration. Cependant, de nombreuses observations indiquent que, outre une tendance au dessèchement rapide, il y a dégradation de la partie supérieure des billons sous l'effet du splash, séparation des phases argileuses et sableuses de la texture et colmatage du fond du billon par du sable. Au bout de quelques années, l'horizon supérieur est suffisamment perturbé pour qu'il puisse s'éroder lors d'une période où le sol se trouve soumis à des pluies violentes avant qu'un nouveau billonnage ait pu être réalisé. On aboutit à une destruction progressive du billon par dégradation de la structure (litage) et, malgré l'intérêt d'un freinage du ruissellement, les conséquences de son emploi sur la stabilité de la structure conduisent à préconiser l'utilisation du billonnage avec prudence. Mais, encore une fois, il semble que c'est dans le cas des sols sableux et sablo-argileux que les faits de dégradation structurale sont les plus nets.

En définitive, quelles soient les techniques utilisées, la mécanisation, avec ou sans modification locale du micro-relief de la surface du sol, se traduit surtout par une transformation de la taille des agrégats.

D'un côté, il convient de diminuer leur taille pour faciliter la germination des plantes, de l'autre, il faut éviter que la structuration artificielle créée soit cause d'une diminution de la stabilité structurale et d'une augmentation de la susceptibilité à l'érosion. Le choix de la solution à préconiser dépend des sols, de leur texture et également de l'état d'humidité lors des travaux. Mais un autre facteur intervient également : la profondeur travaillée. Dans plusieurs expériences, la réalisation d'une série de travaux à une profondeur constante s'est traduite rapidement par l'installation d'une semelle de labour, surtout dans les sols ferrallitiques où les teneurs en argile croissent progressivement de A vers B. Il en est résulté la création d'un horizon Ap rendu plus fragile, situé en discontinuité de plus en plus nette sur un horizon AB, tassé par les passages successifs d'engins lourds. A terme, on a abouti à des phénomènes érosifs intenses, avec décapage de l'horizon Ap lui-même, et à des phénomènes d'engorgement et d'hydromorphie dans les horizons AB dont la porosité a fortement diminué.

Tous les inconvénients précédents peuvent être éliminés ou limités en modifiant, chaque année, la profondeur du sol labourée, en limitant l'émiettement des agrégats aux seules rangées de semis, et en prenant soin de travailler le sol à des teneurs d'humidité convenables, ni trop sec, ni trop humide. Mais, il s'agit là de conclusions théoriques, car, dans la pratique, il sera toujours difficile de choisir la date du labour en fonction de l'état d'humidité des sols. Par contre, une modulation de la profondeur labourée en fonction de la place dans la succession culturale reste possible.

Les techniques mécanisées d'entretien durant le cycle végétatif constituent la deuxième vague des travaux courants. D'une façon générale, leur efficacité ne semble pas discutée. Ils brisent la croûte superficielle qui se crée d'une façon très progressive, ils éliminent les mauvaises herbes, et il conduisent à une augmentation de la perméabilité, c'est-à-dire à une diminution du taux de ruissellement. Les seuls dégâts signalés ont toujours été en relation avec une mauvaise orientation des cultures par rapport aux courbes de niveau, conduisant à une concentration des eaux de ruissellement le long de dérayures ou de traces de roues des tracteurs.

Un dernier groupe de travaux concerne les techniques post-culturales. Certaines comme le mulching, par exemple celui par girobroyage après culture d'ananas (cf Roose) sont d'une très grande efficacité contre l'érosion par ruissellement. D'autres comme le labour de fin de cycle (cf travaux de Charreau) ont l'avantage d'améliorer considérablement l'infiltration en début d'hivernage lors des pluies érosives tombant sur un sol dénudé, mais non croûté. Cette dernière technique permet également de gagner du temps pour le semis de l'année suivante, ce qui, d'une part, se traduit par une augmentation des rendements dans les régions où la saison des pluies est relativement de courte durée, et d'autre part, permet le démarrage rapide de la végétation. Il est incontestable, en effet, que ce sont les techniques biologiques qui sont les plus efficaces (cf travaux de Roose), et on doit toujours rechercher, dans les techniques de mécanisation, celles qui se traduisent par une accélération de la mise en place de la couverture végétale. C'est pourquoi il semble nécessaire de conseiller l'utilisation conjointe de diverses méthodes associant la culture en bandes alternées (strip-cropping) avec des labours de fin de cycle, ainsi que l'utilisation systématique d'engrais chimiques.

## Conclusions

Dans certaines conditions, la mécanisation intensive en agriculture tropicale présente réellement des dangers érosifs.

En premier lieu, le défrichement perturbe mécaniquement les sols, modifie considérablement le pédo-climat, et diminue la résistance globale à l'érosion. C'est un préalable inéluctable dont il convient de limiter les conséquences, en particulier en améliorant la qualité des travaux de dessouchement et en favorisant la création progressive d'un profil cultural homogène, en particulier par des cultures de légumineuses.

En second lieu, les techniques de préparation des terres pour les semis sont à choisir avec soin en fonction du type de texture sableuse ou argileuse du sol. Il faudrait étudier les labours avec et sans retournement, exécutés au début ou en fin de cycle. Toutefois, certaines règles se dégagent dans le cas des cultures annuelles, visant à limiter l'émiettement des sols et à modifier régulièrement la profondeur du retournement. Mais, des recherches s'avèrent nécessaires pour définir l'évolution de la stabilité de la structure en fonction de l'état d'humidité au sol lors du labour, et en fonction du type de répartition texturale. En particulier, plusieurs auteurs considèrent que le bénéfice des labours sur sols sableux est de courte durée. En fait, il convient de trouver le juste milieu entre les gains immédiats par diminution temporaire du ruissellement et les pertes à terme par augmentation de la détachabilité.

En troisième lieu, lorsqu'elles sont possibles, les techniques culturales d'entretien et les techniques post-culturales, en particulier le mulching, peuvent permettre une amélioration de la résistance à l'érosion. En définitive, la mécanisation, si elle présente des dangers, offre des possibilités de création d'un profil cultural qui n'existent pas dans la culture traditionnelle. Mais, de nouvelles recherches s'avèrent nécessaires pour définir les conséquences des diverses techniques sur la stabilité structurale, sur la modification de la porosité des agrégats en quantité et en qualité, et sur l'évolution du profil cultural, en particulier au niveau de séparation de l'horizon Ap avec l'horizon qui lui succède. D'autre part, il faudrait comparer les avantages et les inconvénients de la préparation du sol avec et sans retournement ("zéro-tillage" technique) et préciser les relations entre la stabilité de la structure et l'état d'humidité par rapport à la capacité de rétention, cela dans différents types d'écosystèmes. Une règle générale s'impose toutefois, celle de rechercher une limitation de l'érosion par une amélioration systématique de la protection du sol par la végétation plus que par la création d'une structure, compte tenu des caractéristiques particulières des sols tropicaux.

Le développement d'une agriculture intensive dans les régions tropicales humides est inéluctable compte tenu de l'augmentation de la démographie. La mécanisation devient alors une nécessité inéluctable dont il faut limiter ou éviter les conséquences sur le plan de l'érosion. Mais, dans tous les cas, son emploi suppose la réalisation préalable de toutes les techniques d'organisation de l'espace, orientation des cultures, strip-cropping, construction de banquettes anti-érosives.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

-----

- BERTRAND (R) - 1967 : Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et du sol en pays Baoulé - Colloque sur la fertilité des sols tropicaux - Tananarive 19-25/11/67 n° 106, p 1 281-1 295, 9 ref.
- BOUCHARD - 1970 : Study on the development of structure in a lateritic soil under various cultural treatments in relation to the return of crop residues.
- BOYER (J) - 1970 : Essai de synthèse des connaissances acquises sur les facteurs de fertilité des sols en Afrique Intertropicale francophone - ORSTOM
- CHARREAU (C) - 1969 : Influences des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance. Agro. trop. 24, 9, 836-42
- CHARREAU (C) - 1972 : Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux par des cultures annuelles. Agro. trop., série Agro. gén. Etude Tech. n° 9 - IRAT Paris
- CHARREAU (C) - 1972 : Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux par des cultures annuelles. Séminaire Sols tropicaux, Ibadan, 54 p
- CHARREAU (C) et SEGUY (L) - 1969 : Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1968. Agro. trop. 24, n° 11, p 1 055-1 097
- CHARREAU (C) ; NICOU (R) - 1971 : L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Agro. trop. 26 (9), 903-78
- COINTEPAS (J.P) - 1958 : Bilan des études chimiques et pédologiques entreprises à la Station expérimentale de Séfa. ORSTOM, Dakar, rapp. mult. 110 p
- COMBEAU (A) - 1965 : Variations saisonnières de la stabilité structurale en région tempérée. Comparaison avec la zone tropicale. Cahiers ORSTOM Pédologie
- C T F T - 1969 : Techniques rurales en Afrique - 12 - Conservation des sols au sud du Sahara. Secrétariat aux Affaires Etrangères
- CUNNINGHAM (RK) - 1963 : The effect of clearing a tropical forest soil. Soil Sci. 14 (2) 334-335

...

- DATIRI (BT) - 1974 : Soil and water conservation practices particularly in areas of shifting cultivation.  
Soils Bulletin n° 24, p 237-291
- DE BOISSEZON (P), MOUREAUX (C), BOQUEL (C), BACHELIER (G) et CHATELIN  
Les sols ferrallitiques : Initiations - Documents techniques de l'ORSTOM.  
E III : L'altération n° 24 (CHATELIN)  
E IV : La matière organique et la vie dans les sols ferrallitiques.
- DUMAS (J) - 1965 : Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques.  
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol III n° 4, pp 307-333
- F A O - 1974 : Soils Bulletin n° 22 - Approches to land classification
- F A O - 1974 : Soils Bulletin n° 23 - Management properties of ferralsols
- F A O - 1974 : Soils Bulletin n° 24 - Shifting cultivation and soil conservation in Africa.  
FAO/SIDA/ARCN, Ibadan july 1973
- F A O - 1972 : Evaluacion y manejo de suelos en la region Amazonica  
Boletin Latinoamericano sobre fomento de tierras y aguas - 5 Proyecto regional FAO/PNUD
- FAUCK (R), MOUREAUX (Cl) et THOMANN (Ch) - 1969 : L'agronomie tropicale - Bilans de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue.  
Extrait Vol. XXIV n° 3, mars 1969
- FAUCK (R) - 1952 : Quelques aspects de la conservation du sol et de l'eau aux USA.  
Publ. Bureau des sols AOF, mars 1955
- FOURNIER (F) - 1967 : Recherches sur l'érosion du sol en Afrique - Sols africains 12
- GOUJON et al - 1968 : Conservation des sols en Afrique et à Madagascar - III Influence des rotations et des pratiques culturales sur le ruissellement et les pertes en terres à Madagascar.  
Bois-Forêts trop. 120, 3-14
- HENIN (S), GRAS (R), MONNIER (G) - 1969 : Le profil cultural  
2e édit. 332 p, Masson édit.
- JURION (F) et HENRY (J) - 1969 : Can primitive farming be modernized - INEAC
- LAL (Rattan) - 1974 : Soil erosion and shifting cultivation.  
Soils Bulletin n° 24 FAO
- LE BUANEC (B) - 1971 : Dix ans de culture motorisée sur un bassin versant du centre Côte d'Ivoire - Bilan général.  
Multigr. IRAT/CI Bouaké 32 p
- LE BUANEC (B) - 1971 : Influence du labour sur les rendements de riz et de maïs en sols ferrallitiques.  
Comm. conf. OUA/STRC sur les facteurs du milieu influant sur la croissance des céréales - Dakar

- MEYER (J.A.) - 1959 : Fluctuations de l'N minéral dans les sols sous cultures vivrières. Comptes-rendus de la 30 conférence interafricaine des sols.  
CCTA
- MOORMANN (FR) - 1974 : Classification of land for its use capability and conservation requirements - Soils Bulletin n° 24 - FAO
- PEREIRA (H.C), HOSEGOOD (Ph) and DAGG (M) - 1967 : Effects of the tied ridges terraces and grass leys on a lateritic soil in Kenya.
- ROOSE (E) - 1973 : Dix sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de Basse Côte d'Ivoire.  
Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical.  
Thèse - Faculté des Sciences de l'Université d'Abidjan  
Multi. 124 p
- ROOSE (E) - 1973 : Etude de l'érosion et du ruissellement sur les sables tertiaires de Basse Côte d'Ivoire  
ORSTOM - Abidjan
- RUSSEL (E.W) - 1971 : Soil structure : its maintenance and improvement.
- SEGUY (L) - 1969 : Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1968  
Agro. trop. XXIV, 11, 1 055-1 097
- VIENEZ (B) et WILSON (W) - 1974 : Problems associated with a change from shifting to permanent cultivation on a light soil in the kilomtero valley, Tanzania.  
Soils Bulletin n° 24 FAO
- WILSON (MM and CS) - 1966 : Tillage : Basic principles and techniques -  
Cornell ext. Bulletin 1 176.