

Note concernant l'érosion hydrique au Maroc.

par E. ROOSE - Centre ORSTOM de Côte d'Ivoire.

Depuis plusieurs années nous sommes intrigués par les résultats expérimentaux obtenus par B. HEUSCH sur des parcelles de mesure de l'érosion sur des fortes pentes marneuses du Rif marocain, résultats en opposition avec ceux trouvés depuis 1930 dans la Grande Plaine américaine (SMITH, WISCHMEIER et leurs nombreux collaborateurs) et depuis 1954 en Afrique d'expression anglaise (HUDSON) ou française (CHARREAU, FOURNIER, etc...) et par nous-même.

L'ORSTOM nous a permis de passer quelques jours au Maroc (3 au 12/42/70). Mrs HEUSCH et ROBERT \* nous ont guidé dans le Rif durant une semaine pendant laquelle il nous fut possible de mieux comprendre le milieu écologique et de discuter les observations.

Dans cette petite note nous voudrions montrer comment les différences écologiques constatées entre le Rif marocain et les vieux continents africains et américains entraînent une approche différente des méthodes de lutte antiérosive.

\* : Station de Recherches Forestières B.P. 783 RABAT AGDAL.

Tous nos remerciements vont à M. ZAKI, Directeur de la Station et à ses collaborateurs (HEUSCH, ROBERT et KALMAN) pour leur accueil, les moyens qu'ils ont mis à notre disposition et le temps passé à échanger les observations.

I.- Les résultats expérimentaux obtenus dans le Rif.

- II.- Le ruissellement et l'érosion mesurée sur des parcelles d'érosion diminuent si la pente augmente.
12. L'érosion spécifique ( $t/Km^2$ ) augmente si la surface des bassins versants augmente.
13. L'énergie érosive utilisée pour éroder la surface du sol (énergie cinétique des pluies) est très nettement inférieure à celle qui est disponible pour éroder les berges des oueds.
14. L'érosion débute après que le sol ait été gorgé par une certaine quantité de pluie (300 à 400 mm). Elle n'est pas proportionnelle à la hauteur de pluie unitaire (quelques petites pluies peuvent parfois entraîner des dégâts importants) : l'érosion n'est donc plus fonction de l'énergie des pluies unitaires.
15. Une grosse partie de l'érosion provient de très petites surfaces (badland).

2.- Quelques observations sur le terrain.

21. Dans le Rif (et le bassin méditerranéen en général) le relief est très jeune. Comme il y a peu de terrain en pente faible, les paysans labourent des pentes atteignant plus de 60 %.
22. Ainsi que l'a montré HEUSCH, l'évolution actuelle des versants s'effectue par ravinement et par sapement des berges : d'où de très nombreux glissements de terrain (mouvement rotationnel) et quelques coulées pierreuses lors de pluies exceptionnelles (hiver 69/70 par exemple).
23. Les sols sur marnes sont riches en argiles gonflantes : leur rétraction suivie de leur expansion brutale (labour naturel) les rendent poreux durant une bonne partie de la saison des pluies d'où possibilité de ruissellement hypodermique.
24. Lors d'une pluie d'une quinzaine de millimètres de hauteur, nous avons constaté sur marne près de IKAOUEN (6/12/70) :
- que le sol cultivé était moins détrempe que les champs non encore labourés.
  - que les fortes pentes étaient moins détrempees que les pentes plus faibles situées en aval (reçoit plus d'eau au  $m^2$  car la pluie tombe plus ou moins verticalement et possibilité d'apport par ruissellement hypodermique).

3.- Essai d'interprétation.

Ces résultats sont en opposition avec ceux obtenus dans le Corn Belt (SMITH, WISCHMEIER et collaborateurs) et sur le vieux continent africain

(HUDSON, FOURNIER, CHARREAU, ROOSE, etc...).

Nous voudrions tenter d'interpréter ces divergences en fonction des observations écologiques que nous avons pu faire lors de notre bref séjour dans le Rif.

31. Sur le vieux continent africain (ou la Grande Plaine américaine) les pentes sont relativement faibles et les versants en équilibre. Le paysage a atteint le stade adulte sinon sénile. Dans les régions tropicales humides le sol, composé d'argile en majorité de type kaolinique, devient facilement compact et peu perméable dès la surface. Il s'en suit une tendance au ruissellement superficiel et à l'érosion en nappe et rigole évoluant plus tard en ravine. L'énergie cinétique des pluies constitue la majeure partie de l'énergie érosive disponible.
32. Dans le Rif (et le bassin méditerranéen), le relief est jeune, les pentes très raides et les versants facilement déséquilibrés. Si pour une cause quelconque (défrichement en amont par exemple, le ruissellement total (superficiel + hypodermique) augmente, les ravines s'approfondissent, les berges sont sapées à la base et on constate, comme l'a montré HEUSCH, des glissements de terrain et des coulées de pierre. Par ailleurs, les sols sur marne (où les phénomènes d'érosion sont les plus graves) sont riches en argiles gonflantes et donc soumis à un labour naturel : il faut une certaine quantité de pluie avant que les fentes de dessiccation se referment. Les eaux de pluie pénètrent donc jusqu'à la zone d'altération des marnes, (zone peu perméable) s'y accumulent et s'écoulent obliquement le long de la pente pour ressurgir dans les zones moins pentues (ruissellement hypodermique). Là, le sol est rapidement gorgé d'eau ; un abondant ruissellement superficiel se développe et entraîne la formation des ravines qui s'étendent rapidement dans les zones où la culture serait la plus rentable (pentes faibles).

33. Ceci ne veut pas dire qu'il n'y a pas d'érosion superficielle dans le Rif mais que les transports solides effectués par le réseau hydrographique proviennent principalement du sapement des berges et du déséquilibre des versants. Il s'agit au fond de la vieille controverse sur les causes de l'érosion : est-ce l'énergie cinétique des gouttes de pluies ou celle des eaux ruisselantes qui provoque la plus grosse part de l'érosion. Il y a plus de vingt ans que l'américain ZINGG(\*) a démontré que l'énergie cinétique des gouttes de pluie est

(\*) ZINGG (A.W.), 1940 - Degree and length of land slope as it affect soil loss in runoff. Agric. Bng. 21, pp. 59-64

prédominante pour les faibles pentes (moins de 10 %) tandis que celle du ruissellement l'emporte sur les pentes fortes (plus de 15 %). Les fortes pentes et les caractéristiques hydrodynamiques des sols à argiles gonflantes nous semblent donc des critères suffisants pour expliquer les différences entre les phénomènes d'érosion constatés dans le Rif et ceux que l'on a étudiés sur les paysages sémiles des continents africains et américains.

#### 4.- Conclusions pratiques.

Les causes étant différentes, les méthodes de lutte s'organisent différemment (voir en particulier les travaux de HEUSCH).

41. Sur des versants stables, il suffit généralement d'intercepter l'énergie cinétique des pluies par une couverture végétale abondante pour tarir le ruissellement et stabiliser les ravines. Le travail débute en amont.
42. Sur les versants pentus et instables (marnes ou schistes noirs) du Rif, il a été démontré que tout travail mécanique visant à augmenter l'infiltration augmente du même coup les risques de glissement de terrain. Les arbres ne résistant pas sur les terres instables toute la végétation est emportée avec le sol \*.

Il faut donc d'abord stabiliser la base des versants et favoriser le drainage sur les futures loupes de glissement (coûteux mais rentable près du réseau routier). Les moyens sont connus : il s'agit d'épis en gabion dans les oueds et de seuils empierrés dans les ravins et les oueds.

Le travail débute en aval et s'étend progressivement en amont jusqu'à l'aménagement complet du bassin versant, réservant les plus fortes pentes aux cultures permanentes (aires des cultures fourragères, des pâturages améliorés ou des forêts communales) et favorisant une culture intensive dans les sites les plus favorables (engrais, irrigation, graines sélectionnées, lutte phytosanitaire et éventuellement transformation en gradins).

(\*) Nous avons eu l'occasion de l'observer tant sur de vieilles chênées que sur des périmètres récemment "aménagés".

43. Pour de multiples raisons (démographiques entre autres), il n'est plus possible de soustraire aux paysans des terres qui, pourtant auraient besoin de repos (érosion trop forte). Par contre, la lutte contre les ravins qui minent le patrimoine national n'est pas gênante : le paysan n'en tire absolument aucune ressource. Une fois le réseau de seuils empierrés en place, il serait très avantageux de le protéger biologiquement par l'implantation d'arbustes fourragers extrêmement vivaces (acacias ou autres) et d'empêcher le bétail d'y vagabonder (ligne d'alis ou de figues de barbarie).

Quelques arbres de valeur (noyer, peuplier, eucalyptus, etc...) pourraient augmenter encore les avantages que pourraient en tirer les propriétaires riverains (sans compter le petit gibier). Ne pas oublier de rendre les propriétaires riverains responsables des travaux et de leur entretien sans quoi l'intervention est inutile.

44. D'autres aménagements mineurs, mais très efficaces pourront aussi être effectués par les paysans : il s'agit de la transformation progressive du paysage en gradins par accumulation des pierres sur les bordures des champs qui suivent les courbes de niveau et / ou par l'implantation de bandes de végétation permanente (palmier nain par exemple et arbustes fourragers = bande d'arrêt).

45. Mais il ne faut pas oublier que seule l'intensification des cultures dans les sites favorables permettra de soustraire à l'épuisement des terres marginales dont le défrichement est bien souvent à l'origine des phénomènes d'érosion catastrophiques dont souffrent certaines régions du Maroc.

##### 5.- Conclusions générales.

En guise de conclusion, nous voudrions attirer l'attention sur les risques que l'on court à généraliser aveuglément des méthodes sans étude expérimentale préliminaire des causes premières en chaque site écologique particulier.

Il y a des millénaires que les phénomènes d'érosion sont observés et que certaines méthodes de lutte anti-érosive sont mises au point. Pourtant, rares sont les pays qui ne connaissent pas aujourd'hui ce fléau complexe.

A notre avis un effort particulier devrait porter d'une part, sur le choix des méthodes à appliquer en chaque site écologique en fonction des causes principales et d'autre part, sur la prise de conscience par les paysans intéressés (animation rurale) des dégâts que leur cause l'érosion et de l'intérêt d'une agriculture intensive.

RESUME

Certains résultats expérimentaux obtenus récemment par HEUSCH sur les fortes pentes marneuses du Rif Marocain (l'érosion spécifique augmente si la pente diminue et de la surface du bassin versant augmente) sont en opposition avec ceux des chercheurs travaillant dans la Grande Plaine américaine ou sur le Vieux Continent africain.

Suite à une courte mission au Maroc, l'auteur tend à expliquer ces résultats contradictoires par des différences écologiques constatées sur le terrain et en tire les conclusions pour le choix des méthodes de lutte anti-érosive.

SUMMARY

Some experimental data recently obtained by HEUSCH on steep and marly slopes of Morocco (the specific erosion is growing with the area of watersheds and the decreasing of slope steepness) are in opposition with results of numerous researchers working in the U.S. Great Plain or on the old African Continent.

After a study trip in Morocco, the author explains these contrasting results by some ecological differences observed on the field and concludes about the choice of soil and water conservation methods.

ANALYSE D'ARTICLE

Etude expérimentale de la rétention par un sol calcaire soumis à un lessivage intense, de doses massives de potassium. J.P. André.

Ann. Agron., 1970, 21 (2) 211 - 228

Résumé de F. GRAS.

Expériences effectuées sur des échantillons homogènes de sol calcaire (alluvions rhénanes sablo-limoneuses à 30 % de calcaire dont la fraction argileuse contient surtout de l'illite et du quartz).

Placés dans des tubes à percolation en polyvinyle, ils ont été soumis pendant plusieurs semaines à un lessivage à l'eau pure de plusieurs centaines de mm/jour.

1ère expérience : les colonnes reçoivent en une ou deux fois des doses plus ou moins élevées de  $K^+$  (comprises entre 0 et 41 mé.).

Les fortes doses produisent une peptisation des argiles qui provoque une chute de débit. On observe les faits suivants :

- la présence de  $Ca^{++}$  dans le percolat apparaît immédiatement après l'apport de  $K^+$ ; la présence de  $K^+$  n'apparaît que plus tard et seulement lorsque la dose totale de K excède 35 mé. (80 % de la CEC).

- dans ce dernier cas la perte de K se prolonge autant que dure le lessivage. En revanche la teneur en Ca des percolats retombe rapidement à sa valeur initiale.

2ème expérience : On compare les pertes en  $Ca^{++}$  et  $K^+$  dans deux séries de colonnes de terre ne différant que par la densité apparente (1,4 et 1,25) donc par la vitesse de percolation. Il apparaît alors que la dissolution du calcaire semble varier en raison inverse du débit.

| débit<br>en mm/jour | concentration moyenne<br>en $Ca^{++}$<br>mg/l |
|---------------------|---|
| 400                 | 36  |
| 1000                | 18  |

3ème expérience : Deux séries de colonnes de terre de densité apparente différente (1,4 et 1,2) sont soumises à 3 apports de  $K^+$  identiques pour les deux séries (15, 25 et 40 mg.).

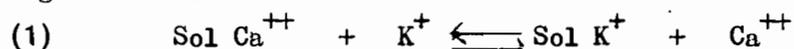
- l'essentiel des ions  $K^+$  et  $Ca^{++}$  élués est concentré dans deux "vagues" correspondant à un volume de percolat de 50 ml environ.
- la vague  $Ca^{++}$  semble légèrement précéder la vague  $K^+$ .
- les anions  $Cl^-$  apportés avec le K disparaissent après la vague  $K^+$  et sont remplacés par  $HCO^-$  et  $CO_3^{--}$ .
- la fraction ionique  $x_k = (K)/(K+Ca)$  des percolats augmente au cours du lessivage.

4ème expérience : Détermination du potassium échangeable d'une extrémité à l'autre de 4 colonnes, à différents stades du lessivage.

- il existe un gradient vertical de distribution du potassium échangeable.
- le bilan du potassium aux différents stades du lessivage a mis en évidence une rétrogradation du potassium. La quantité de potassium rétrogradé à partir de la dose apportée atteint environ 10 % de la CEC du sol.

Discussion et interprétation des résultats.

Les résultats de ces expériences sont interprétés en fonction de l'équilibre d'échange des ions  $K^+$  et  $Ca^{++}$  dans le sol.



et en fonction de l'équilibre entre les ions  $HCO_3^-$  et  $CO_3^{--}$  qui régit la dissolution du calcaire



Dans un premier temps il se produit une absorption du  $K^+$  qui remplace le  $Ca^{++}$  sur le complexe absorbant suivant la réaction d'équilibre (1). Le rendement d'absorption  $K^+$  retenu/K apporté est particulièrement élevé puisque il est de 100 % jusqu'à des doses équivalentes à 5 tonnes de  $K_2O$  à l'hectare.

Cette première phase peut être considérée comme terminée avec l'élimination des ions  $Ca^{++}$  déplacés, des ions  $K^+$  éventuellement en excès et des ions  $Cl^-$ .

Dans une deuxième phase le gaz carbonique produit par la fermentation dans le sol, met en solution du bicarbonate de calcium aux dépens du calcaire (déplacement vers la droite de l'équilibre (2)). Cette solution calcique au contact du sol saturé d'ions  $K^+$  déplace cette fois l'équilibre (1) vers la gauche : les ions  $Ca^{++}$  reprennent place sur les sites d'absorption et c'est un percolat relativement riche en potassium et pauvre en calcium qui s'écoule. Cette interprétation est confirmée par l'augmentation des concentrations en  $K^+$  et  $Ca^{++}$  dans les percolats lorsqu'on remplace l'eau pure par de l'eau carbonique.

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

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

---

***bulletin de liaison***

DU THÈME E

n° 2

juillet 1972