

**Quelques observations
sur les effets des pluies violentes
de janvier 1963
dans le Moyen-Atlas et le Prérif
(Maroc)**

par Camille EK et Léon MATHIEU

Extrait du
« Bulletin de la Société Belge d'Etudes Géographiques »
Tome XXXII — 1963 — N° 2

Quelques observations sur les effets des pluies violentes de janvier 1963 dans le Moyen-Atlas et le Prérif (Maroc)

par Camille EK et Léon MATHIEU

Notre profonde reconnaissance va à Monsieur le Professeur P. MACAR, qui nous a fait bénéficier de ses conseils et a bien voulu relire le manuscrit, de même que Monsieur le Professeur R. RAYNAL et Monsieur A. PUJOS, que nous assurons de notre gratitude pour les encouragements qu'ils nous ont prodigués.

Nous tenons aussi à remercier vivement Monsieur F. QUIQUE-REZ, avec qui nous avons eu, sur le terrain, de fructueux échanges de vues, et à qui cette publication doit beaucoup.

Le mois de janvier 1963 a vu s'abattre sur le Maroc des pluies si abondantes que leur effet a été, dans toute la moitié nord du pays, catastrophique.

Des habitants ont péri dans les inondations, un nombreux cheptel a été perdu, des récoltes anéanties, des habitations détruites, beaucoup de voies de communications coupées.

Les inondations épandirent dans les plaines l'abondant matériel que l'érosion avait arraché aux montagnes.

Si en plaine et dans le Rharb surtout les inondations ont eu un caractère assez exceptionnel, il n'en a pas été de même en montagne et en particulier dans le Rif et le Moyen-Atlas : là, les fortes pluies de janvier 1963 ont simplement augmenté l'intensité des phénomènes qui, chaque hiver, contribuent à détruire les sols du Maroc.

L'érosion au Maroc a été l'objet de nombreuses études dont nous n'entreprendrons pas l'inventaire. La vue la plus synthétique et la plus générale sur le problème, à notre connaissance, est celle qu'en a fournie R. Raynal (1957).

La présente note a pour but de tirer les enseignements de quelques observations faites durant ces fortes pluies dans le Prérif et le Moyen-Atlas.

Le Prérif est formé surtout de dépôts éocènes à miocènes, essentiellement marneux ; il présente l'aspect de hautes croupes aux pentes largement convexes, aux formes arrondies.

Le Moyen-Atlas, constitué surtout de calcaires jurassiques, a un relief heurté, de nombreuses pentes raides, des versants où la roche affleure sur de vastes surfaces.

La figure 1 situe la région où ont été faites la plupart des observations.

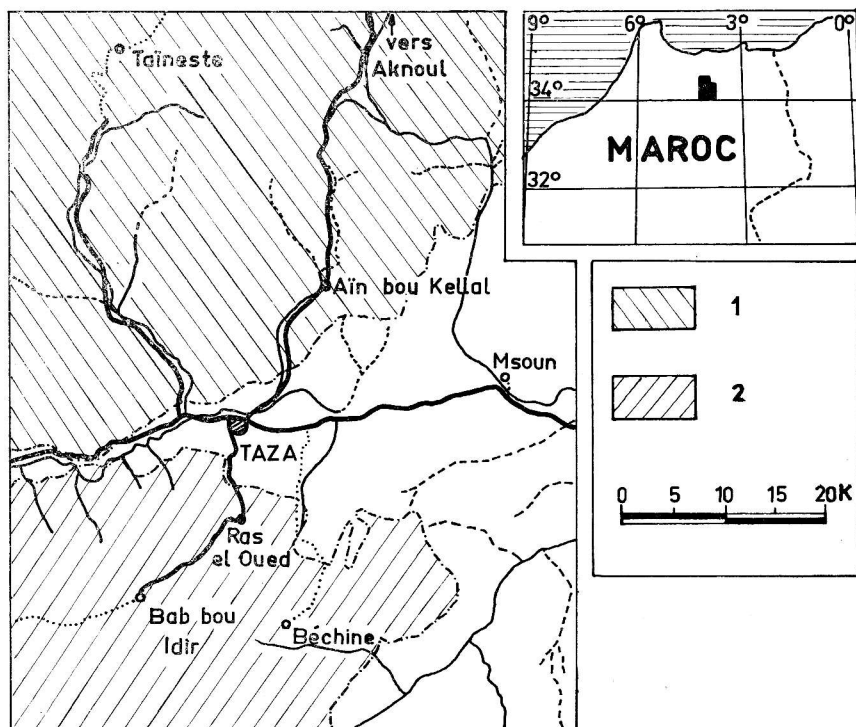


Fig. 1. — Localisation des observations.
1. Rif et Prérif. — 2. Moyen-Atlas.

PRELIMINAIRES. LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

L'origine des inondations qui dévastent parfois la plaine du Rharb apparaît au premier coup d'œil sur une carte pluviométrique : région de précipitations peu abondantes — en moyenne, entre 400 et

600 mm — la plaine du Rharb est entourée par un demi-cercle montagneux où la pluviosité est en général comprise entre 900 et 1500 mm. C'est donc de cette ceinture que provient, par les affluents principaux du Sebou, la presque totalité des eaux qui inondent la plaine (fig. 2) (1).

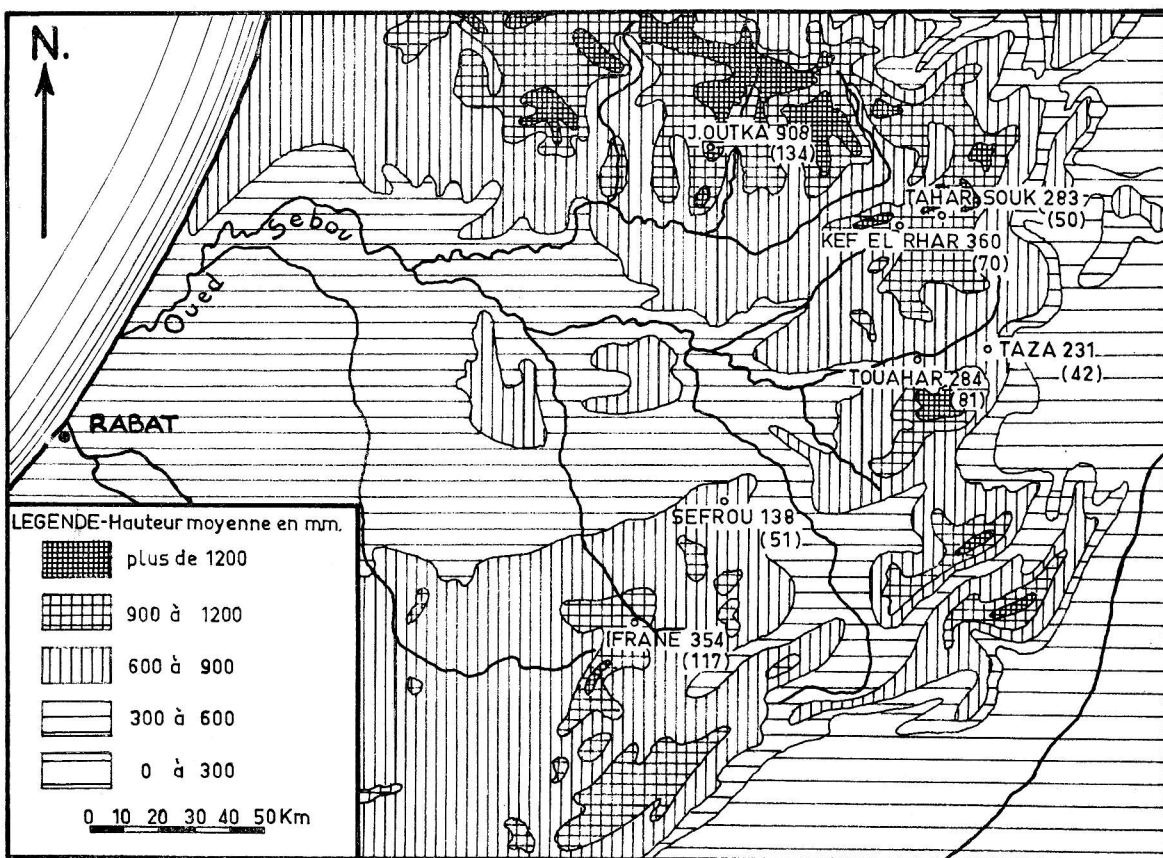


Fig. 2. — Carte des précipitations annuelles, d'après la planche 4a de l'Atlas du Maroc, quelque peu simplifiée.

(1) Nous devons toutes nos données climatiques et météorologiques à l'obligeance de M. le Chef du Service de la Météorologie Nationale et M. le Chef du Service de Physique du Globe et de Météorologie, à Casablanca.

Une abondante documentation a été mise par les deux Services à notre disposition, et nous leur en sommes très reconnaissants.

On a reporté, en outre, sur cette carte, le total, en millimètres, des précipitations de janvier 1963 et, entre parenthèses, le record journalier de ce même mois, pour quelques stations caractéristiques.

Les statistiques pluviométriques publiées par le Service de la Météorologie nationale et par le Service de Physique du Globe et de Météorologie montrent que les jours où il a plu plus de 50 mm sont rares en plaine, tandis qu'en montagne il a plu, au Jebel Oukta, dans le Rif, 134,5 mm le 5 janvier 1963 et 122,9 mm le 30 décembre 1962 ; au col du Touahar, à l'ouest de Taza, on a enregistré 81,5 mm le 5 janvier ; on en relevait 70 le même jour à Kef-el-Rhar et, le lendemain, il tombait 117,2 mm à Ifrane, dans le Moyen-Atlas.

La caractéristique primordiale des régions étudiées est donc la concentration de précipitations très importantes dans un temps très bref. C'est ce qui fait la force et le danger de ces pluies.

I. LES EFFETS DE L'ÉROSION SUR LE SOL ET LES CULTURES

A. Dans le Moyen-Atlas septentrional.

1. Les champs « polychromes ».

Dans la région de Gueldamane, le sol, rose ou gris, est parsemé de taches jaunes : c'est le substratum que l'érosion en nappe a mis à nu et qui affleure sur les pentes les plus fortes ; là même où subsiste une faible épaisseur de sol, la roche en place manifeste sa couleur « par transparence » à travers la couverture mince et discontinue.

A Sidi Mejbeur, les pentes carminées sont parsemées de quelques taches noires et grises : c'est là tout ce qui subsiste de la couverture pédologique des roches rouges permo-triasiques.

Ainsi, en de nombreux endroits, et surtout là où la douceur des formes du relief ne laisse en rien présager l'action de l'érosion, des variations de la teinte du terrain mettent en évidence le départ de sol.

La roche en place commence par affleurer sur les convexités du relief ; c'est à partir de là que sa couleur gagne progressivement le paysage. Ceci montre que le processus d'érosion ne procède pas du ravinement, qui agirait à partir des dépressions, mais bien d'un agent agissant simplement en fonction de la pente : le ruissellement diffus. Il est facile d'observer comment, au cours d'une averse, les particules les plus fines du sol descendent le long de la pente, abandonnant sur place la fraction grossière.

Rares sont les paysages de champs où ne s'observe pas la « polychromie » des sols, indice de l'insidieuse érosion en nappe.

2. *Les ravinelements.*

Vers le bas des terrains rongés par l'érosion en nappe, le sol est généralement longuement incisé par les « griffes » d'un début d'érosion linéaire ; si elles sont d'observation courante sur les terrains de parcours ou sur les terres en friche, ces griffes ne font par contre, dans les champs, que des apparitions très éphémères : chaque labour les referme et souvent même l'agriculteur n'attend pas pour colmater dans ses champs les rigoles dévastatrices.

Il est un lieu cependant où le paysan se trouve impuissant devant ces griffes : c'est le point où elles confluent pour former un ravin. Le ravin formé par la réunion de trois ou quatre griffes a une profondeur telle, dès sa tête, qu'il est exclu que le labour le comble ; à partir de ce moment, le laboureur devra interrompre son sillon à hauteur du ravin, pour le reprendre sur l'autre bord ; le champ est coupé en deux. Le ravinement progressera dès lors à une vitesse qui est fonction de la pente du sol, de sa cohésion, de son imperméabilité, mais aussi du régime plus que de l'abondance des précipitations, et du degré de dessiccation du sol au moment des averses (R. Raynal, 1957 ; F. Quiquerez, 1961).

Dans les champs du bled Azarhar, nous avons observé des ravinelements qui, en quelques semaines, en janvier 1963, atteignirent près d'un mètre de profondeur. Point n'est besoin d'un tel creusement pour faire disparaître le sol arable, et pour que le départ des matériaux fins « fasse pousser les cailloux » sur un champ dévasté ; ces ravines profondes ont été observées dans un des très rares champs de la région labourés au tracteur, et sans souci des courbes de niveau ; mais le phénomène des « rills » et « gullies » n'est hélas absent nulle part dans la région, à une exception près, toutefois.

Cette exception, c'est un petit secteur, le long de la piste de Béchine, où des barrages de pierres sèches, petits mais nombreux, ont été établis durant l'été et l'automne 1962, dans tous les ravins et les vallons (planche I, photos 1 et 2).

Construits sous la direction d'un de nous (L.M.) par le Service des Eaux et Forêts de la Province de Taza, ces barrages en échelons, de conception classique, ont été chacun étudié en fonction des formes locales du terrain.



Planche I

Photo 1. — Région de Béchine, piedmont oriental du Moyen-Atlas : rills and gullies ; correction de ravins.

Photo 2. — Des petits barrages de pierres sèches ont été édifîés en grand nombre par les Eaux et Forêts. Celui-ci a été complètement colmaté par les alluvions : celles-ci ne seront pas perdues pour l'agriculture locale.

Leur but est de briser la vitesse de l'eau, pour arrêter l'érosion et provoquer la sédimentation immédiate de la charge.

Moins de cinq mois après leur achèvement, plusieurs de ces bar-rages étaient complètement atterris : c'est dire leur utilité (planche I, photo 2). Des cordons, de pierres sèches également, ont été, dans le même secteur, édifiés en échelons dans les vallons à fond en berceau, et là aussi leur efficacité s'est avérée immédiate. On voit que l'érosion des cultures n'est pas, dans le Moyen-Atlas, un phénomène inévitable (voir planche III). Il n'en reste pas moins que, si l'on ne prend à temps la peine de l'éviter, le processus de l'érosion est, là comme ailleurs, irréversible.

Il resterait à dire, en ce qui concerne le Moyen-Atlas, quelques mots des glissements de terrain et du sapement des berges des rivières ; mais ces deux phénomènes ont été observés avec beaucoup plus d'ampleur dans le Prérif ; c'est dans cette région que nous en choisisons des exemples.

B. Dans le Prérif.

Le paysage du Prérif s'oppose violemment à celui du Moyen-Atlas. Tout concourt à faire du Prérif une région particulièrement sensible à l'érosion (Dresch et al., 1952, p. 20). Sa lithologie est dominée par des roches tendres, mais imperméables. Aux formations surtout marneuses et argileuses du Cénozoïque, se joignent les formations gypseuses et salifères du Trias et les marnes et argiles gypseuses du Crétacé. Les calcaires, les dolomies et les grès n'occupent que peu de place dans la stratigraphie de la région.

La structure compliquée de cette nappe de charriage qu'est le Prérif, la présence de diapirs, de failles nombreuses, contribuent aussi (Dresch et al., op. cit.) à affaiblir sa résistance à l'érosion.

La pluviosité est forte, mais coupée par une brève saison sèche qui craquelle le sol, facilitant ainsi le démarrage du ravinement.

Enfin, une économie agricole destructive a presque entièrement déboisé le Prérif.

Aussi, les champs « polychromes » et les ravinements en « rills and gullies » qui s'observent dans le Moyen-Atlas sont-ils également nombreux dans le Prérif. Mais, en outre, deux phénomènes se manifestent avec une intensité remarquable : les glissements de terrain et le sapement des berges par les oueds en crue.

1. *Les glissements de terrain.*

Le schéma de la plupart des collines du Prérif est le même : sous un sommet très largement convexe, les versants rejoignent la vallée par une vaste concavité ; l'épaisseur des formations superficielles est souvent très faible sur les convexités sommitales, tandis que le bas des versants est au contraire encombré par les épandages, les cônes de déjection, les coulées boueuses, les nappes de solifluxion, etc... Sous la couverture meuble, la roche est fréquemment tendre mais compacte et imperméable. Ces reliefs qui s'élèvent généralement à plus de 1.000 m dominent un oued qui, à Taza, est à moins de 450 m d'altitude. On comprend dès lors l'activité de l'érosion. Et vu la très faible capacité de rétention d'eau de ces sols, et surtout leur appui sur un substratum imperméable, glissant et incliné, ce sont les processus de transport en masse qui effectuent eux-mêmes une grande partie du travail d'érosion.

Sur la solifluxion lente et généralisée qu'est le « creep », nous avons pu faire peu d'observations en janvier 63 : elle agit avec constance mais lentement (P. Macar, 1946), même en période de très fortes pluies.

Les glissements de terrain localisés surviennent par contre en grand nombre sur les pentes dès que le sol est gorgé d'eau ; une de leurs caractéristiques est de ne survenir que dans la couverture récente (ou dans l'épaisseur du sol d'altération) ; la roche fraîche semble parfaitement immunisée, quelle que soit sa nature ; ceci tient en grande partie à la différence de structure du dépôt, au sens où les pédologues emploient le terme, et aussi au rôle primordial joué par la surface de contact entre manteau et roche en place. Cette dernière ne paraît guère sensible qu'à l'érosion linéaire, et quelque peu au ruissellement diffus. La taille des glissements est très variable : il ne s'agit parfois que d'une loupe de glissement de quelques mètres cubes qui s'arrête sous une petite surface d'arrachement. Mais le sol peut se déplacer sur des étendues plus importantes. C'est le cas, par exemple, du glissement de terrain d'Aïn bou Kellal (fig. 1).

Un peu au nord d'Aïn bou Kellal, sur la route d'Aknoul, un glissement de terrain imposant a eu lieu il y a plusieurs années déjà ; mais il s'est ultérieurement remis en mouvement à deux reprises au moins et, en janvier 1963, une masse d'argile de quelques dizaines de tonnes a traversé la route qui passe en contrebas de la surface d'arrachement ; la route fut coupée.

Le glissement (slump) est caractérisé par une surface d'arrache-



Planche II

- Photo 1. — Le glissement de terrain d'Aïn bou Kellal. La zone de décrochement est sur une convexité de la colline ; la terre a flué par-dessus la route jusqu'à la rivière.
- Photo 2. — Le glissement exerce une érosion sur ses propres « berges » et entraîne un bourrelet de terre arrachée à ses bords.
- Photo 3. — Dans la plaine alluviale, le glissement s'arrête, mais une coulée de boue le prolonge sur plusieurs mètres.

ment subverticale, très nettement délimitée. De là, la langue argileuse a descendu la colline et s'est étalée au bas de la pente, formant un bourrelet large d'une quarantaine de mètres et épais de deux à quatre mètres (planche II, photo 1).

Le glissement de terrain d'Aïn bou Kellal présente de curieuses analogies avec un glacier : non seulement les crevasses qui s'y forment évoquent par leur position les séracs et les crevasses longitudinales, mais l'argile, en descendant le long des versants, érode latéralement le chenal dans lequel elle se déplace et, le long des bords du courant d'argile, des débris arrachés aux « berges » du glissement forment une véritable moraine latérale (planche II, photo 2). Enfin, l'écoulement de la masse d'argile laisse à la partie supérieure du décollement un creux qui collecte les eaux du ruissellement, évoquant ainsi en petit un lac de cirque glaciaire. Le rassemblement de ces eaux est d'ailleurs particulièrement dangereux au sommet de la masse emportée, car l'infiltration d'eau dans cette masse peut, en augmentant sa fluidité, provoquer une nouvelle descente de la langue du glissement. D'autre part, la présence d'un niveau de base, sous forme d'une nappe d'eau, sous l'abrupt que constitue la surface d'arrachement provoque une érosion régressive accrue dans les ravinelements, et risque d'amener des éboulements supplémentaires au sommet du glissement de terrain.

Aussi, nous étonnons-nous que, lors de tels accidents, on n'assume pas, comme première précaution, le drainage de la nappe d'eau qui se forme au sommet du glissement.

Les autres glissements observés dans le Rif présentaient tous, mais de façon parfois peu caractéristique, les mêmes phénomènes que le glissement décrit. Cependant, les glissements les moins importants, ou plus précisément ceux qui avaient subi un déplacement très faible, présentaient une loupe de glissement peu remaniée, la terre ayant flué en bloc ; plus le déplacement est long, au contraire, et plus la masse est malaxée lors du transport ; lorsque celui-ci, comme à Aïn bou Kellal, dépasse une centaine de mètres, le remaniement est important et en outre une fraction plus fluide se ségrège : c'est une boue très argileuse, le lubrifiant du mécanisme, qui forme en aval du glissement un épandage (mudflow) important, et dévastateur pour les cultures (planche II, photo 3).

La tendance des sols rifains à « foirer » n'est pas sans parade.

Toutefois, les méthodes de la D.R.S. (1), classiques en Afrique du Nord, ne peuvent s'appliquer ici qu'avec beaucoup de discernement.

Le seul facteur modifiable dans les données d'un tel problème est généralement l'eau (P. Dutil, 1956) ; il s'agit de la détourner, ou de l'évacuer, ou au moins d'empêcher son accumulation.

Comme on ne peut généralement détourner l'eau de tout un versant, la solution consiste parfois à édifier et à entretenir un réseau de banquettes en pente ; dans de nombreux cas cependant, il peut être plus avantageux de créer de très petits éléments de banquettes en quinconce, entre lesquels l'eau s'évacue facilement, éléments plantés chacun d'un seul arbre : le terrain alors n'est pas surchargé ; ainsi sont évités les défauts que G. Beaudet (1962) reproche avec justesse aux banquettes sur les sols sujets à glissement. L'exemple

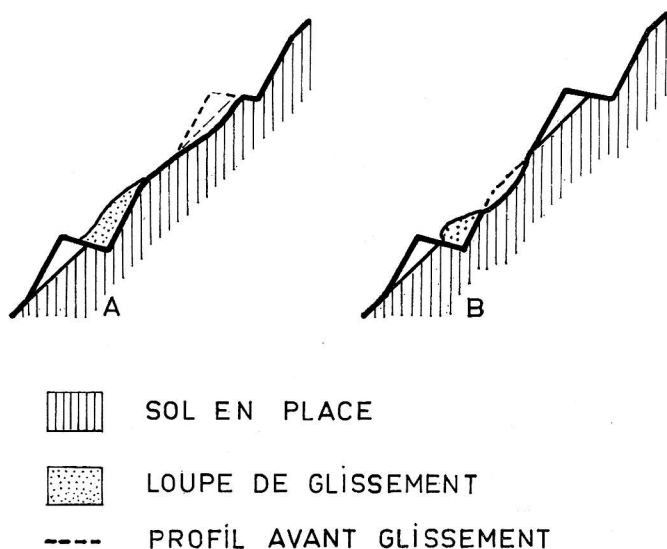


Fig. 3. — Deux types de glissements de terrain sur les banquettes :
a) glissement par engorgement par l'eau ; b) glissement par appel au vide.
Seul le second type a été constaté à Arhram.

(3) D.R.S. : Défense et Restauration des Sols ; c'est le nom d'un service technique administratif institué par le Gouvernement Marocain et dépendant de l'Administration des Eaux et Forêts.

du Jebel Henndez (périmètre volontaire de D.R.S.) au bord de l'oued el Arbaa, montre que l'installation d'un réseau de banquettes est susceptible de prévenir les glissements. Plus parlant encore est le périmètre d'Arhram où, sur des pentes très raides, le Service des Eaux et Forêts a établi des éléments de gradins de quelques mètres de long seulement qui forment des banquettes discontinues disposées en quinconce sur les versants : ces gradins morcelés multiplient les lieux où l'eau s'accumule, et empêchent ainsi une trop grande concentration ; les minuscules glissements constatés sur ces gradins se sont d'ailleurs opérés, comme le montre la figure 3, par appel au vide du talus de la banquette, mais non par engorgement par l'eau.

Arhram et le Jebel Henndez sont des témoins de la possibilité technique de protéger des glissements de terrain les pentes les plus raides du Prérif.

2. *Le sapement des berges.*

Les oueds en crue sont susceptibles d'une érosion latérale intense : l'augmentation du débit tend à faire augmenter les dimensions des méandres, et l'effet modérateur de l'augmentation de la charge est très discontinu ; la plupart des oueds se caractérisent en effet par la grande variabilité de leur débit au cours d'une même période de pluies ; les berges subissent ainsi un sapement discontinu, mais sporadiquement intense. Aussi, dans le Prérif, les méandres libres des cours d'eau sont-ils capables de maintenir localement à leurs versants des pentes très raides sur plusieurs dizaines de mètres de haut, là où le méandre vient heurter les flancs de la vallée. Mais, moins spectaculaire, le sapement des berges basses, au sein de la plaine alluviale, est plus rapide. Au reste, les cultivateurs rifains l'accélèrent notablement en retournant la terre jusqu'au bord même des berges ; il est certain que l'engazonnement des berges serait, dans certains cas, de nature à freiner le sapement et à éviter le départ massif d'une terre fertile : nous avons observé, dans certaines plaines alluviales cultivées, le départ de plusieurs mètres cubes de terre par méandre, en une seule période pluvieuse.

* * *

Les plaines alluviales et les très basses terrasses du Prérif sont sujettes à un autre dommage : c'est l'épandage, à leur surface, de dépôts colmatants, provenant du travail érosif des ravines sur les

pentcs. On ne reprendra pas ici ce qui a été dit déjà au sujet de ces ravines dans les paragraphes consacrés au Moyen-Atlas ; mais il faut bien constater la fréquence, dans le Prérif, de nappes d'épandage généralement constituées d'argile — mais la composition varie — qui, en recouvrant les fonds alluviaux, étouffent les plantules et recouvrent un sol parfois bien structuré d'une couche colmatante, non évoluée, stérile. Aux nombreuses observations que nous avons pu faire de ce phénomène le long de l'oued el Arbaa s'opposent certains des ravins affluents de l'oued Lahdar, ravins dont le profil a été brisé par des seuils bas mais très serrés : ces ravins, nonobstant l'engravement partiel de beaucoup de seuils, ne donnent naissance qu'à des épandages très peu importants et diffus.

II. L'EROSION ET LES ROUTES

L'érosion n'est pas sans effets sur les voies de communication et, d'autre part, ces dernières ont fréquemment une influence sur l'évolution de l'érosion dans le voisinage des remblais, des talus et des fossés.

On trouvera dans les lignes qui suivent quelques observations de terrain à ce sujet ; elles ont été réparties dans trois paragraphes respectivement relatifs à l'action des rivières, à celle du ruissellement ravinant et enfin aux transports en masse.

1. *Les rivières.*

C'est très généralement non sur des ponts, mais par des radiers, que les routes franchissent les rivières dans la région. Pratiquement, tous les radiers ont été, durant près d'un mois, soumis à un courant violent. La plupart ont très bien résisté ; cependant, l'érosion régressive ne les a pas ménagés et un des radiers de la route de Taza à Aïn bou Kellal, par exemple, a été ébréché assez profondément sur son bord aval ; ceci rend la circulation particulièrement dangereuse lors des périodes de crue, vu la quasi-impossibilité de baliser convenablement le passage au plus fort du courant de l'oued.

L'érosion est renforcée lorsque le radier subit un engravement partiel : sur la même route, un banc d'alluvions très caillouteuses a traversé un radier (figure 4), et a ainsi divisé l'oued en deux bras ; la diminution du périmètre mouillé qui en a résulté a provoqué l'augmentation de la vitesse de l'eau à hauteur du radier et la

tendance à l'affouillement du lit ; ceci menace l'ouvrage de déchaussement, et il semble qu'en de telles circonstances un déblayage rapide des alluvions s'impose.

L'affouillement du lit contre le bord aval d'un radier est renforcé lorsque le radier forme un barrage au passage duquel l'eau forme une chute de parfois plus d'un mètre, comme c'était le cas au radier de l'oued Msoun, non loin du douar du même nom. Le surcreusement au pied du radier (plunge-pool) a provoqué, en janvier 1963,

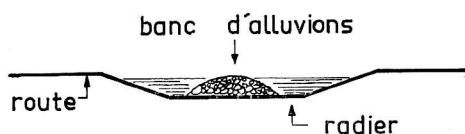


Fig. 4. — Radier engravé, sur la route d'Aïn bou Kellal.

le démantèlement total de l'épaisse semelle de béton et le radier a été détruit et emporté par les flots. Il est probable qu'un escalier de gabions de pierres sèches aurait suffi à briser l'énergie de la chute d'eau et à protéger le radier.

Ces exemples montrent qu'il ne suffit pas qu'un ouvrage d'art soit bien *calculé* par l'ingénieur qui le construit. Une étude minutieuse du lieu d'implantation et de la dynamique des phénomènes qui s'y produisent serait de nature à éviter bien des dégâts. (Voir à ce propos J. Tricart, 1962.)

2. Le ruissellement.

Le ruissellement peut provoquer l'inondation des routes, lorsque le drainage de celles-ci est inefficace ; ce fut le cas en 1963 pour la route qui longe la Daïa Chiker, au S. de Taza : l'engorgement des tuyaux de drainage fit ruisseler sur la route une masse d'eau dépassant par endroits 25 cm. Mais le ruissellement peut aussi, par les ravinements qu'il provoque, s'attaquer à l'assise de la route.

C'est surtout sur les routes établies sur des versants assez raides que le processus est fréquent. On peut le diviser en deux types, suivant que le ravinement attaque la route du côté de la vallée ou du côté du talus.

Le premier type était très bien représenté, en janvier 1963, entre Taïneste et Msila, sur la route de Taza : les ravines du bas du versant avaient, par érosion régressive, largement entamé le bord de la

route : celle-ci forme en effet un impluvium idéal dans lequel rien ne s'infiltre, mais qui alimente abondamment en eaux de ruissellement les pentes situées en contrebas.

Sur la piste de Béchine, au contraire, c'est un second type d'attaque ravinante que le chemin était soumis : le fossé creusé au pied du talus qui domine la route collectait à la fois les eaux du haut du versant et celles de la route même ; son débit lui avait permis de s'approfondir de près d'un mètre ; la naissance, par endroits, de méandres sculptés (*ingrown meanders*) avait alors sapé l'assiette du chemin. L'établissement de seuils dans le fossé aurait permis d'éviter à bon compte les dégâts subis par le chemin.

Les fossés des voies de communications se sont souvent avérés de dangereux facteurs d'érosion : une fois l'eau concentrée dans un chenal, elle doit être guidée jusqu'en un lieu où elle aura perdu tout pouvoir érosif. Il est malheureusement trop fréquent d'observer que l'eau recueillie dans les fossés des routes est amenée, souvent par des tuyaux de ciment, à quelques distance de la route, puis l'eau se déverse sur le versant, y provoquant des ravinements destructeurs à travers les champs ou les boisements qu'elle dévale. Ce phénomène a été observé en plusieurs endroits de la piste de Taza à Béchine notamment.

3. *Les transports en masse.*

La solifluxion lato sensu ne se manifeste de façon notable que lorsque la pluviométrie régionale est suffisamment élevée. R. Raynal (1957) remarque qu'elle se présente différemment suivant que la sécheresse estivale est plus ou moins marquée. Là où l'été est sec, « le phénomène se produit d'une manière lente, et coexiste avec le développement des rills » (R. Raynal, op. cit.), comme nous l'avons observé sur la route principale n° 1, au col du Touahar, dans les marnes helvétiques : le sol a flué sous la route, abaissant localement celle-ci de 75 cm ; mais le recouvrement de macadam est à peine rompu, ce qui marque le caractère progressif et « diffus » du glissement.

Par contre, dans la région moins sèche en été de Taïnesté, un glissement de terrain a emporté la route sur une vingtaine de mètres de longueur, à plus de cinquante mètres en contrebas de son assiette. Ce glissement a fait dévaler plusieurs milliers de tonnes de terre dans le ravin.

Sur le substratum marno-schisteux, le sol de désagrégation et les dépôts de pentes étaient assez épais ; à leur base, ils étaient gorgés d'eau, et le décrochement s'est fait exactement à la limite entre couverture et substratum, limite que marque clairement, sur la surface d'arrachement, un alignement de venues d'eau. Le phénomène semble s'être déclenché à la suite de l'obturation des tuyaux de drainage qui passaient sous la route, obturation qui aura provoqué l'accumulation de l'eau dans l'assiette de la route et le talus surplombant.

CONCLUSIONS

L'ampleur et la variété des phénomènes d'érosion actuels de la montagne marocaine nous ont contraints à limiter fortement nos descriptions, et dans le temps, et dans l'espace, dans le but d'être relativement complets.

Dans la dernière partie de l'exposé, aux remarques concernant les effets de l'érosion sur les routes, nous avons dû joindre quelques observations sur les effets de certains travaux routiers sur l'accélération de l'érosion.

La cause première des dégâts est qu'au Maroc, comme dans bien d'autres régions, le relief actuel n'est pas le résultat de l'action du climat actuel, mais bien de plusieurs climats anciens. Le modelé ne s'adapte que très progressivement, très lentement, à la nouvelle dynamique du milieu. Mais, comme l'écrit R. Raynal, l'intervention de l'homme risque à chaque instant de déclencher « *l'érosion accélérée*. » Que faut-il entendre par là ? C'est le passage à un nouvel équilibre « naturel, répondant aux données actuelles du climat et de l'hydrologie, lorsque cesse le maintien artificiel de l'ancien équilibre par « inertie et grâce à la végétation. L'homme se comporte comme le « milligramme décisif qui fait pencher la balance. Et la nature, libérée de ses propres entraves, fait en quelques années le travail « qui aurait nécessité des millénaires »... (R. Raynal, 1957.)

La première conclusion est qu'il ne suffit pas que les ouvrages d'art soient calculés intrinsèquement, en fonction de la résistance des matériaux employés à les construire : aussi détaillée, aussi précise devrait être *l'étude des réactions du milieu* à ce nouvel élément artificiel du relief.

Un facteur supplémentaire intervient dans le comportement des ouvrages d'art : c'est leur entretien. C'est le second point qu'il faut

Planche III

Photo 1. — Région de Gueldamane, bord oriental du Moyen-Atlas. Les céréales sont mal venues et clair-semées dans la ravine encombrée de cailloux.



Photo 2. — Dans une ravine analogue, un petit barrage de pierres sèches permet au contraire une très belle récolte sur les alluvions fines « récupérées ».

souligner : si le curage des fossés, le désengrèvement des radiers et tous les travaux d'entretien ne sont pas exécutés dès qu'ils sont nécessaires, rien ne peut empêcher les phénomènes d'érosion accélérée de se manifester.

Enfin, on se rappellera ce qui a été dit des épandages stérilisants que l'érosion des versants provoque dans la vallée ; la chose est vraie aussi à une toute autre échelle : celle du Maroc. La protection et l'aménagement des sols montagnards représentent une sérieuse protection pour la plaine. Une fois le coup d'eau d'une inondation arrivé dans le Rharb, seuls d'énormes barrages seraient capables d'empêcher ses effets néfastes. Au contraire, en montagne, une multitude de travaux simples, dont chacun serait peu coûteux (voir planche III), pourrait à la fois éviter le danger des coups d'eau brutaux dans la plaine et contribuer à la mise en valeur de l'unique patrimoine des populations montagnardes : le sol.

SUMMARY

Study of the results of the very heavy rains of January '63 in a little region of Morocco (fig. 1).

RAINFALL. Local maxima of more than 5 in. (in Prérif) and more than 4 in. (in Middle Atlas) were recorded in one day (fig. 2).

I. SOIL EROSION and SOIL PROTECTION : see the plates.

II. EROSION EFFECTS ON THE ROADS. Action on the roads is particularly severe because roads often concentrate running water, talus are fragile, pipes may be blocked. Some remedies are proposed.

CONCLUSIONS : Slopes being not in equilibrium with the present time climate (see R. Raynal, 1957), safety measures have to be taken : preliminary study of soil and slopes reactions to any civil engineering work, strict maintenance of ditches, roads, etc. As there is no practical remedy for great floods in open plains, water has to be slowed down by many little works in the mountains.

*Laboratoire de Géologie et Géographie Physique
de l'Université de Liège.*

*Service des Eaux et Forêts
Arrondissement de Taza*

OUVRAGES CITES

- BEAUDET G. - 1962 - Types d'évolution actuelle des versants dans le Rif occidental. *Revue de Géographie du Maroc*, n° 1 et 2, pp. 41-47.
- DRESCH, GIGOUT, JOLY, LE COZ et RAYNAL - 1952 - Aspects de la Géomorphologie du Maroc. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, n° 96, 182 p.
- DUTIL P. - 1956 - *Divers rapports inédits sur des glissements de terrain*.
- MACAR P. - 1946 - Géologie et Dégâts récents. *Revue Universelle des Mines*, 9^e série, t. II, n° 9, pp. 1-15. Liège.
- QUIQUIEREZ F. - 1961 - Cours de conservation des sols, 31 p. et 4 annexes; *polycopié*. Fès.
- RAYNAL R. - 1957 - L'Erosion du sol au Maroc (Bodenerosion in Marokko). *Annales scientifiques de l'Université de Halle*, pp. 885-893.
- TRICART J. - 1962 - L'épiderme de la terre. *Masson*. Paris.