

*René Raynal*

*Rabat*

## LES EBOULIS ORDONNES AU MAROC

Des dépôts de pente du type *éboulis ordonnés* ont été dès maintenant observés et définis dans divers pays qui n'appartiennent pas tous à la même zone climatique. Il s'agit d'accumulations caillouteuses, dont les éléments s'ordonnent d'une manière plus régulière que dans les éboulis ordinaires ou „de gravité”; en outre les formations que nous nous proposons d'évoquer ici ne sont pas nécessairement liées à la présence d'une corniche rocheuse qui les domine et les alimente. L'ampleur des éboulis ordonnés dans les montagnes nord-africaines, la place qu'ils occupent dans le paysage morphologique des régions froides et sèches au sud de la Méditerranée en font un objet d'étude du plus haut intérêt. C'est dans ce genre de pays, en particulier, que leurs caractères s'affirment avec le maximum de netteté, et que leur genèse peut être élucidée avec une relative facilité.

### CARACTERES DISTINCTIFS DES EBOULIS ORDONNES

#### LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Remarquons tout de suite que, parmi les formations d'éboulis ordonnés observées au Maroc, les plus étendues d'un seul tenant et les mieux caractérisées se trouvent au moins à 200 km des côtes de l'Atlantique (fig. 1). Dans la chaîne du Rif, en venant de l'ouest, on les rencontre seulement aux environs de Targuist et au-dessus de 1000 m. De tels dépôts caillouteux tapissent les versants des plus hauts massifs du Moyen Atlas oriental (Bou Iblane et Bou Naceur): étalés en un manteau homogène au-dessus de 1500—1600 m, aux expositions vers le nord, ils existent aussi localement sur les pentes tournées vers le sud et le sud-est. Les grands anticlinaux du Moyen Atlas central (Tichchoukt) portent des éboulis ordonnés à partir de 1450 m. Ceux que l'on rencontre au sud-ouest de la même chaîne, à une altitude supérieure à 1600 m (région de Kebbab, dans l'étage du chêne-vert) sont moins réguliers et moins carac-

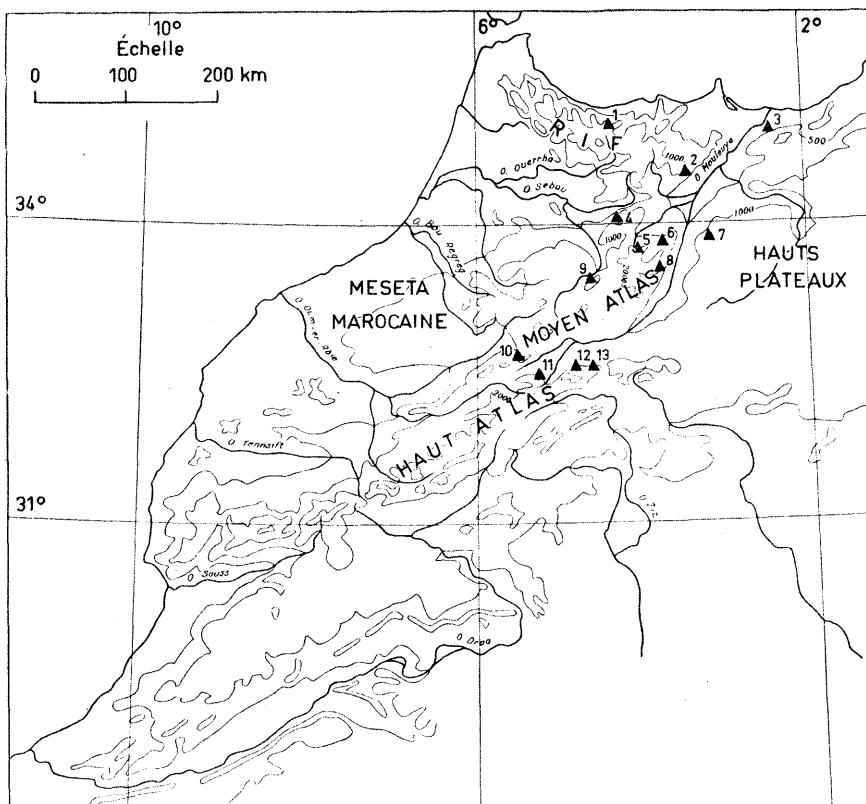


Fig. 1. Localisation des éboulis ordonnés observés au Maroc

1. Targuist (Excursion des géographes du Maroc, 1957); 2. Mezgout et Saka (Raynal, 1956); 3. Beni Snassen (Raynal, 1956); 4. Tazeka (Dresch et Raynal, 1952); 5. Bou Iblane (Dresch et Raynal, 1952); 6. Bou Rached (Raynal, 1956); 7. Gada de Rechida (Raynal); 8. Bou Naceur (Raynal, 1952); 9. Tichchoukt (Joly et Raynal); 10. Kebbab (Raynal); 11. Tounefite (Raynal); 12. Jebel Ayachi (Joly et Raynal); 13. Bou Agrao (Raynal, 1956)

Nom d'auteur accompagné d'une date — observations publiée; nom d'auteur sans date — observations non publiée

téristiques. Encore un saut vers le sud, et voici les éboulis ordonnés de l'Ayachi (Haut Atlas oriental) qui couvrent de larges portions des pentes au-dessus de 2000 m.

Avec de tels exemples la liste est loin d'être épuisée en ce qui concerne le seul territoire marocain. Mais les éboulis ordonnés observables en d'autres régions de ce pays correspondent à des formes isolées et le plus souvent insuffisamment caractérisées. A 700 m sur le flanc nord du massif des Beni Snassen des dépôts de pente périglaciaires peuvent être assimilés, quoiqu'ils comportent une forte proportion de matériel mis en

place par la solifluction. A la même altitude, dans la couverture jurassique du massif ancien du Tazeka (au nord du Moyen Atlas), des dalles calcaires surplombent des pentes raides tapissées d'accumulations cailouteuses empâtées, qui représentent, par leur structure et le calibre des éléments, une forme intermédiaire entre les éboulis ordonnés et les éboulis de gravité. Enfin, sur la retombée vers le Sahara du Haut Atlas oriental, à 1000 m, les versants de la vallée du Ziz sont tapissés de dépôts qui comportent une blocaille enrobée en désordre dans une masse terreuse: localement les coupes révèlent un certain triage du matériel et une disposition plus régulièrement adaptée à la pente; mais dans l'ensemble l'on a plutôt affaire à des formations mises en place par solifluction boueuse au cours des pluviaux quaternaires, la roche voisine s'y prêtant grâce à une alternance en stratigraphie de bancs marneux plastiques et de plaquettes calcaires.

#### LES DEPOTS

##### Composition du matériel

Les éboulis ordonnés comprennent essentiellement des accumulations de galets plats et anguleux, d'un calibre plus ou moins grossier selon la roche mère et la région considérée: des cupules semblables à celles des éclats de gel accidentent leurs faces. La matrice terreuse y occupe un volume beaucoup plus restreint que dans les dépôts de solifluction: mais son absence totale est un fait exceptionnel. Ce sont surtout des lentilles ou des horizons de gravillons qui tiennent lieu de matériel fin: le calibre des éléments varie de quelques mm à 2 ou 3 cm (suivant la plus grande longueur), quand ils sont alimentés par des roches ordinairement gélyves telles que les calcaires compacts du Jurassique de la zone atlasique (photo 1).

##### Disposition

Tout ce matériel, galets, gravillons et terre, se répartit en couches superposées qui ressemblent à des lits parallèles à la pente. Mais de nombreuses irrégularités compliquent par endroits cette disposition; notamment des insertions de couches ou lentilles hétérogènes, et des ondulations festonnées de certains horizons. Dans le détail l'on peut remarquer que les galets sont couchés „à plat”, c'est-à-dire orientés suivant leur plan

principal (*L* et *l*) dans la direction de la pente. La valeur de cette dernière dépasse  $10^{\circ}$  dans tous les cas observés au Maroc (photo 2, 3).

Quant à l'épaisseur totale d'un tel dépôt, elle correspond le plus souvent à un ordre de grandeur de plusieurs mètres, et assez rarement de plus d'une vingtaine de mètres.

### Triage

Le calibrage des éléments s'ordonne suivant une succession d'horizon qui apparaissent en coupe; il n'évolue donc pas, comme pour les éboulis de gravité, dans toute la masse en fonction de la position occupée sur le versant entre la corniche et le bas de la pente. Pour un ensemble de lits qui composent un horizon, le calibre des galets demeure relativement homogène sur des distances parfois considérables; la taille des éléments a toutefois tendance à diminuer progressivement de l'amont vers l'aval.

Le triage le plus parfait apparaît dans les couches de gravillon, qui semblent passées au crible. Le moins bon au contraire correspond aux horizons qui comportent de la blocaille de gros calibre entremêlée de poches et de lentilles de limons et de graviers.

### LE PAYSAGE

Les éboulis ordonnés déterminent le façonnement de versants à profil tendu, en ligne droite très régulière parfois sur plusieurs kilomètres (photo 4 et 5). Dans certains cas cependant cette portion rectiligne succède vers l'aval à un bombement convexe qui caractérise le premier tiers de la pente. Les fonds de vallée, assez étroits, évoquent la form d'un V. La comparaison avec le paysage de solifluction fait donc ressortir des différences essentielles, puisque nous ne retrouvons ni les profils convexo-concaves, ni les larges fonds de vallons en berceau (photo 6). Cependant les éboulis ordonnés du Maroc, fossiles pour la plus grande part, apparaissent rarement intacts: le paysage observé offre plutôt des témoins remaniés par divers processus actuellement fonctionnels.

Formations intégralement montagnardes, les éboulis ordonnés occupent en altitude un étage intermédiaire entre les sols striés et les glacis de piedmont ou cônes. Avec les uns et les autres la transition est souvent insensible et permet le développement de types composites à divers degrés. La réalité se complique de ce fait que les sols striés observables en

haute montagne sont tous actuels au Maroc, tandis que les éboulis ordonnés et les glacis constituent un héritage de périodes climatiques plus humides. Mais il existe précisément une étroite bande de terrain, au flanc des montagnes, où les éboulis ordonnés évoluent et se développent à notre époque-même: elle se situe immédiatement en-dessous des sols striés typiques. Il en est ainsi dans le Haut Atlas oriental entre 2500 et 2900 m d'altitude: les retouches saisonnières exercées par les processus morphogénétiques contribuent ici à maintenir les éboulis ordonnés, à les parachever dans leur forme originale et leur structure, tandis que plus bas elles tendent à leur dégradation, voire à leur démolition.

#### LA GENÈSE

##### PRINCIPES D'ETUDE

Plusieurs méthodes ont été simultanément appliquées à l'études des éboulis ordonnés marocains: les résultats partiels qu'elles fournissent se complètent les uns les autres.

#### Observations sur le terrain dans l'étage des éboulis ordonnés fonctionnels

Dans toutes les chaînes de montagnes du Maroc il faut monter au-dessus de la limite de la forêt (2200 à 2400 m pour le Moyen et le Haut Atlas) pour trouver des éboulis ordonnés en cours d'évolution sous le climat actuel. Une bande de terrain étagée sur 400 m d'altitude environ reçoit régulièrement au cours de l'hiver des chutes de neige abondantes; mais la couverture ne demeure pas continue par suite de fontes diurnes, alternant avec un regel nocturne. Au printemps le ruissellement devient plus violent et la gélivation, par contre, diminue d'intensité. On peut constater ainsi que des dépôts de solifluction fossiles sont rémaniés par délavage de leur matrice fine et migration vers l'aval de leurs éléments caillouteux: il s'y ajoute des galets débités directement par le gel actuel. L'été et l'automne sont des saisons pratiquement inactives du point de vue morphologique. La différence essentielle avec la zone des sols striés réside dans le fait que la plus grande partie de l'humidité apportée par les précipitations s'écoule dans les jours ou les semaines qui suivent, sous une atmosphère sèche.

Ainsi deux facteurs essentiels apparaissent: d'une part le gel qui désagrège une roche donnée ou des dépôts caillouteux antérieurs, et de l'autre

le ruissellement qui provoque une migration et un classement des divers éléments en fonction de son intensité.

### La morphométrie des galets

Les éléments caillouteux qui appartiennent aux éboulis ordonnés sont toujours assez plats. Cette donnée a une importance plus particulière dans le cas des calcaires compacts du Lias qui constituent la charpente des plis atlasiques (indices: 1,8 à 2,5; pour le Bou Naceur, versant sud, 1,9). En outre on ne constate pratiquement aucun émoussé (indices de l'ordre de 70 à 80; pour le Bou Naceur, versant sud, 72). Fort aplatissement combiné à l'absence d'émoussé cela caractérise bien, pour les calcaires, le façonnement périglaciaire.

### Considérations de morphologie dynamique

Nous avons évoqué plus haut la différence de forme des vallées à éboulis ordonnés et des vallées de solifluction. Les éboulis ordonnés se distinguent par une moindre accumulation sur les pentes et dans les bas-fonds. Du reste les terrasses taillées dans leurs dépôts ont une épaisseur et un développement latéral modestes. Un torrent découpe et démolit sans grande peine ces formations en général fossiles. Au contraire, les vallons de solifluction évoluent actuellement, dans beaucoup de cas, en prairies au fond bosselé et gorgé d'eau (pâturages d'été ou *almou* des Berbères). Retenons donc de ces données l'importance de la migration des éléments et de leur évacuation vers l'aval.

### Le milieu climatique

L'examen de la carte du Maroc démontre que les éboulis ordonnés se développent et s'épanouissent dans les régions à atmosphère sèche et lumineuse. Bien que le régime thermique hivernal y soit rigoureux, le manteau nival n'a jamais une grande épaisseur, et il fond partiellement avant même le début du printemps. Le matériel rocheux est alors d'autant plus intensément affecté par les alternances gel—dégel que le sol se trouve, dans ces régions, dépourvu de couverture végétale. Cependant la faible humidité en profondeur empêche la macrogélivation, du moins pour

certaines catégories de roches. Mais d'un autre côté la pulvérisation en éléments fins n'est pas favorisée. Ainsi s'explique la prépondérance des calibres moyens.

#### LES FACTEURS DE MISE EN PLACE

Le matériel gélivé dans les conditions ainsi définies subit un transport sur les pentes en direction de l'aval. Une telle migration peut être entretenue par trois facteurs agissants, soit séparément, soit combinés les uns aux autres à des degrés variables.

#### Gravité

Des glissements se produisent dans la masse caillouteuse lubrifiée par les migrations d'eau et de particules argileuses qui résultent des processus de gélivation et du ruissellement lent. Mais un tel facteur ne joue, à lui seul, que sur des pentes relativement fortes. L'observation et les mesures de ces dernières confirment du reste l'importance de l'intervention de la gravité parmi les agents de transport du matériel.

#### Ruisseaulement

Il convient d'y voir le facteur essentiel d'originalité des éboulis ordonnés dans la famille des formes périglaciaires. Il parachève le calibrage amorcé par la gélivation, et il est seul responsable du litage relatif. Par ailleurs, dans la zone climatique optimum qui a été définie, son débit a suffisamment de régularité et de force à certaines saisons pour assurer le transit des éléments d'un bout à l'autre de la pente puis leur évacuation dans un lit d'oued qui concentre les eaux des versants voisins. Ces processus présentent, au fond, une certaine analogie, avec ceux qui président à l'élaboration des glacis. Mais ici à une pente plus forte se combine un écoulement moins abondant et moins violent: il ne résulte la possibilité d'un certain retard de l'évacuation par rapport à la livraison du matériel; aux époques et aux endroits où cette tendance s'accuse, l'accumulation augmente, et en particulier dans le tiers supérieur du versant, où la déclivité est très souvent moins forte (pour des raisons diverses), et en bas, à cause de la brusque diminution de pente le long d'un talweg.

### Solifluction périglaciaire (congélifluction)

Ce dernier processus joue dans l'élaboration des dépôts qui nous occupent ici un rôle subordonné. Il alterne dans le temps avec le ruissellement, intervenant à certains moments d'un rythme complexe. Dans le cadre d'une oscillation diurne d'abord, il l'emporte en fin de nuit, alors que le ruissellement s'intensifie dans le courant de la journée et oblitère les effets de la congélifluction précédente. Il en va de même suivant une oscillation saisonnière: les processus de solifluction remanient la structure des éboulis ordonnés en automne et au début de printemps sur des portions de versants dégagées de neige et en même temps épargnées par les filets d'eau de fonte les plus abondants. Enfin les oscillations climatiques proprement dites du Quaternaire récent ont laissé la trace, dans la coupe des éboulis ordonnés, d'épisodes de congélifluction caractérisée, dont les dépôts s'interstratifient avec des horizons mieux lités (Targuist — Béni Snassen, photo 7).

### L'EVOLUTION DES EBOULIS ORDONNES

Les montagnes marocaines portent des vestiges d'éboulis ordonnés de différentes époques depuis le Pléistocène ancien. Ces dépôts doivent leur remarquable conservation à l'existence d'une croûte calcaire qui les cuirasse et les protège: le ruissellement des fins de pluviaux, accompagné alors d'une rapide évaporation, se prêtait particulièrement à ce genre de fossilisation.

Mais les éboulis ordonnés du dernier pluvial (Soltanien — Würm) n'ont pas plus été encroûtés que les autres formations de la même époque. En dehors de l'étroite zone altitudinale encore favorable à leur élaboration, ils subissent les atteintes de l'érosion aux multiples aspects, qui constitue la dominante de la dynamique actuelle. Les moins graves de ces dégradations sont les rigoles de fonte de neige, qui passent vers l'aval à des ravinneaux isolés, zébrant les pentes de la montagne (Targuist). Dans les massifs secs et froids où la neige est peu abondante, et où les orages estivaux interviennent avec une certaine constance, les éboulis fossiles évoluent d'une manière beaucoup plus brutale: des torrents décapent en surface leur partie amont déterminant l'extension dans le paysage de taches de pierraille grisâtre; ils labourent plus bas leurs pentes et charrient en désordre leur matériel vers le fond de la vallée, où ils construisent des cônes de cailloutis (Tounfit).

L'INTERET GEOGRAPHIQUE DES EBOULIS ORDONNES  
AU MAROC

L'observation et l'étude des éboulis ordonnés dans les montagnes marocaines ont conduit à des conclusions extrêmement fructueuses dans le domaine de la recherche morphologique aussi bien que dans celui de la géographie humaine.

## RECHERCHE MORPHOLOGIQUE

Les éboulis ordonnés peuvent être considérés comme une des réserves de matériel que le ruissellement prend en charge et transporte vers l'aval en s'encombrant de plus en plus et en s'étalant en cônes et en glacijs. Ces dernières formes représentent du reste un des éléments caractéristiques du paysage des piedmonts en zone subtropicale. Il s'agit d'une morphologie fossile, témoin des périodes froides et humides du Quaternaire.

Les coupes traduisent assez bien les oscillations climatiques survenues au cours des diverses périodes d'un pluvial. Ces données sont particulièrement nettes en ce qui concerne les phénomènes contemporains de la dernière glaciation européenne, le Würm (Soltanien du Maroc). Les dépôts attribuables à cette période se composent en effet d'une alternance de trois niveaux: 1. galets et blocailles soliflués, 2. limons et gravillons, et enfin, de nouveau, 3. cailloutis plus ou moins nettement mis en place en milieu solide. Le niveau intermédiaire, mieux lité, témoigne d'un ruissellement régulier qui a évacué vers l'aval, sans violence, toute la matière fine, d'où les accumulations limoneuses des terrasses et des plaines. Les deux autres niveaux correspondent à des épisodes de congélation en montagne, déterminant des accumulations grossières sur les piedmonts, partiellement reprises par les torrents. Parmi les coupes les plus caractéristiques de cette succession chronologique, citons celle de Taforalt dans les Beni Snassen, de Bou Rached dans le nord du Moyen Atlas et de Targuist dans le Rif. On ne déduit une division du Soltanien en 2 épisodes froids (Würm I et II) séparés par une phase plus douce mais toujours humide (interstade).

## VIE HUMAINE

Les éboulis ordonnés fossiles et non encroûtés (dernier pluvial) se situent dans un étage climatique voisin de la limite supérieure de la forêt et suffisamment humide pour permettre d'entreprendre des cultures céréalières sans irrigation dans les clairières aux dépens des pâturages. Il s'agit sans doute d'une méthode d'utilisation du sol plus intensive que

dans les genres de vie traditionnels: elle est rendue nécessaire par la pression démographique. Mais elle ne va pas sans danger, car cette zone est le plus souvent très sensible à l'érosion du sol. La terre arable ne bénéficie pas ici de processus de pédogenèse actuelle: elle s'identifie surtout à un dépôt de pente qui représente un patrimoine légué par le passé. L'évolution dégradante paraît souvent irréversible, si la culture est pratiquée sans précaution et sans mesure.

Nous ne saurions conclure sans exprimer la conviction que les éboulis ordonnés appartiennent à la famille des formes caractéristiques du péri-glaciaire des pays secs. Ils résultent d'un complexe de phénomènes climatomorphologiques zonaux, ce qui revient à dire que, sans exclure des exemples mineurs ou isolés ailleurs, ils trouvent les conditions de leur épanouissement dans les pays où une atmosphère sèche, des froids rigoureux et une fonte rapide de la neige au soleil printanier conjuguent leurs effets.



Photo 1. Eboulis ordonnés fossiles près de Kebbab (Moyen-Atlas). Galets et gravillons de calcaire jurassique. Altitude 1300 m



Photo 2. Coupe d'une formation d'éboulis ordonnés wurmiens près de Targuist (Rif central). Altitude 1000 m



Photo 3. Versant couvert d'éboulis ordonnés wurmiens dans la vallée du Tizi-n-Saft (Moyen Atlas oriental). Pente forte. Lits de galets anguleux et limons



Photo 4. Forme d'un versant à éboulis ordonnés au-dessus de Targuist (Rif central)



Photo 5. Portion de versant dans le massif du Bou Agra (Haut Atlas oriental). Zone supérieure des éboulis ordonnés (vers 2400 m), en dessous des sols striés



Photo 6. Vallée en V dans le massif de Bou Agraou



Photo 7. Interstratification des horizons lités et des formations caillouteuses solifluées. Dépôt de pente wurmien dans le massif des Beni-Snassen (Maroc oriental méditerranéen). Altitude 800 m