

METHODE D'ANALYSES POUR LA MODELISATION DE DEPOTS DE PENTE EN HAUTE MONTAGNE

PECH Pierre

Laboratoire de Géographie Physique
URA 141
Université PARIS I
191, rue Saint-Jacques
75005 Paris

Résumé

Les dépôts de pente (éboulis et autres formes) occupent des surfaces importantes en haute montagne et plus particulièrement dans le Dévoluy. L'analyse des paramètres morphométriques, sédimentologiques, biogéographiques et spatiaux permet de proposer des modèles quantifiés de définition des dépôts de pente. Ces modèles sont comparés aux processus morphodynamiques répertoriés sur les dépôts de pente. Les fluctuations des valeurs des modèles de dépôts de pente correspondent aux variations des dynamiques morphogéniques.

Mots Clés

Dynamique morphogénétique - Eboulis - Géographie physique - Géomorphologie quantitative - Haute montagne

1. Présentation

L'utilisation de l'outil statistique en géomorphologie permet l'élaboration de modèles. Ceux-ci sont utilisés afin de mieux comprendre la formation des reliefs et leur évolution (MERCIER, 1980). Dans le présent travail, cet outil statistique permet d'étudier une population d'éboulis (environ une cinquantaine) sur lesquels on calcule des caractères (morphométriques, spatiaux, bioclimatiques, etc) et des paramètres (lithostructuraux, climatologiques, etc). On intègre aussi la prise en compte de processus morphodynamiques agissant sur les modelés.

L'étude est effectuée sur une forme de relief, l'éboulis, qui associe à la fois une paroi rocheuse et un dépôt de pente. Ce type de morphosystème se révèle être une forme apparemment simple, ayant déjà fait l'objet d'études de modélisation (FRANCOU, 1988 et FRANCOU et al., 1990). Il s'agit d'un véritable système morphologique et sédimentaire (il est aussi un système climatique et biovégétal). En effet, la paroi qui a une pente forte, toujours supérieure à 45-50° fournit des débris au dépôt de pente qui a une pente voisine de 33°. Une partie de l'intérêt de l'étude des éboulis réside dans cette association de deux morphosystèmes.

Les éboulis étudiés sont ceux du massif du Dévoluy. Ils couvrent une vaste superficie, avec des orientations et des localisations en altitude très variables. Ils offrent, pour cette raison et pour d'autres, une grande variété dans la morphométrie, la sédimentologie de surface, la colonisation végétale etc. On observe donc des formes et des processus variés et on essaie de les comprendre par l'utilisation de l'outil statistique.

2. Les techniques utilisées

2.1. Les techniques d'analyse stationnelles

– Elles consistent à effectuer une succession de transects longitudinaux, dans l'axe de chaque éboulis, en partant de la base vers l'apex, c'est-à-dire la paroi. On calcule la valeur des pentes sur des intervalles constants de 10m en 10m. On obtient donc un profil de l'éboulis. Tous les 20 ou 30m, on réalise le comptage d'une cinquantaine de blocs sur lesquels on calcule cinq valeurs : l'orientation du grand axe du bloc (en degré par rapport au 0° du Nord), l'inclinaison du grand axe du bloc (en degré par rapport à la pente locale de l'éboulis) et le volume du bloc selon les trois dimensions principales (a, b, c). Parallèlement et lorsqu'il y en a, on détermine et on compte les espèces végétales qui colonisent l'éboulis.

– Au niveau de la paroi, on calcule la dénivellation de la paroi ainsi que sa pente. On calcule aussi la dénivellation totale du système «éboulis» (c'est-à-dire associant paroi et dépôt de pente) entre le sommet de la paroi et la base du dépôt de pente considérée comme la partie distale du versant. Dans bien des cas, cette évaluation est effectuée à l'aide de la carte au 1/25000. Avec ces deux données, on calcule un indice appelé Ho/Hi % : il s'agit du pourcentage que forme la paroi par rapport à la dénivellation totale du versant.

2.2. Les techniques statistiques

Chaque éboulis est considéré comme un individu d'une population. On entre dans un tableur les valeurs des différents caractères et des différents paramètres calculés sur carte ou sur le terrain. Pour la commodité des analyses comparatives on effectue une subdivision de chaque dépôt de pente en une série d'intervalles réguliers : il s'agit de déciles. En effet l'extension des éboulis est très variable, y compris dans le Dévoluy, et les transects peuvent s'établir de 100 mètres de longueur (de l'apex à la base du dépôt) à plus de 5-600 mètres.

Les valeurs calculées avec le tableur sont celles de la statistique classique : il s'agit de moyennes, d'écart-types, de coefficients de variation et de coefficients de corrélation linéaire.

3. Les résultats

3.1. Etude sur les variables, étude des facteurs

En un premier temps, l'analyse des données porte sur les variables. Dans cet article sont présentés les résultats des comparaisons entre les valeurs des pentes par déciles et deux caractères : la variation de la taille du grand axe des blocs ainsi que le nombre de végétaux sur le dépôt de pente et pour chaque décile (voir figure 1).

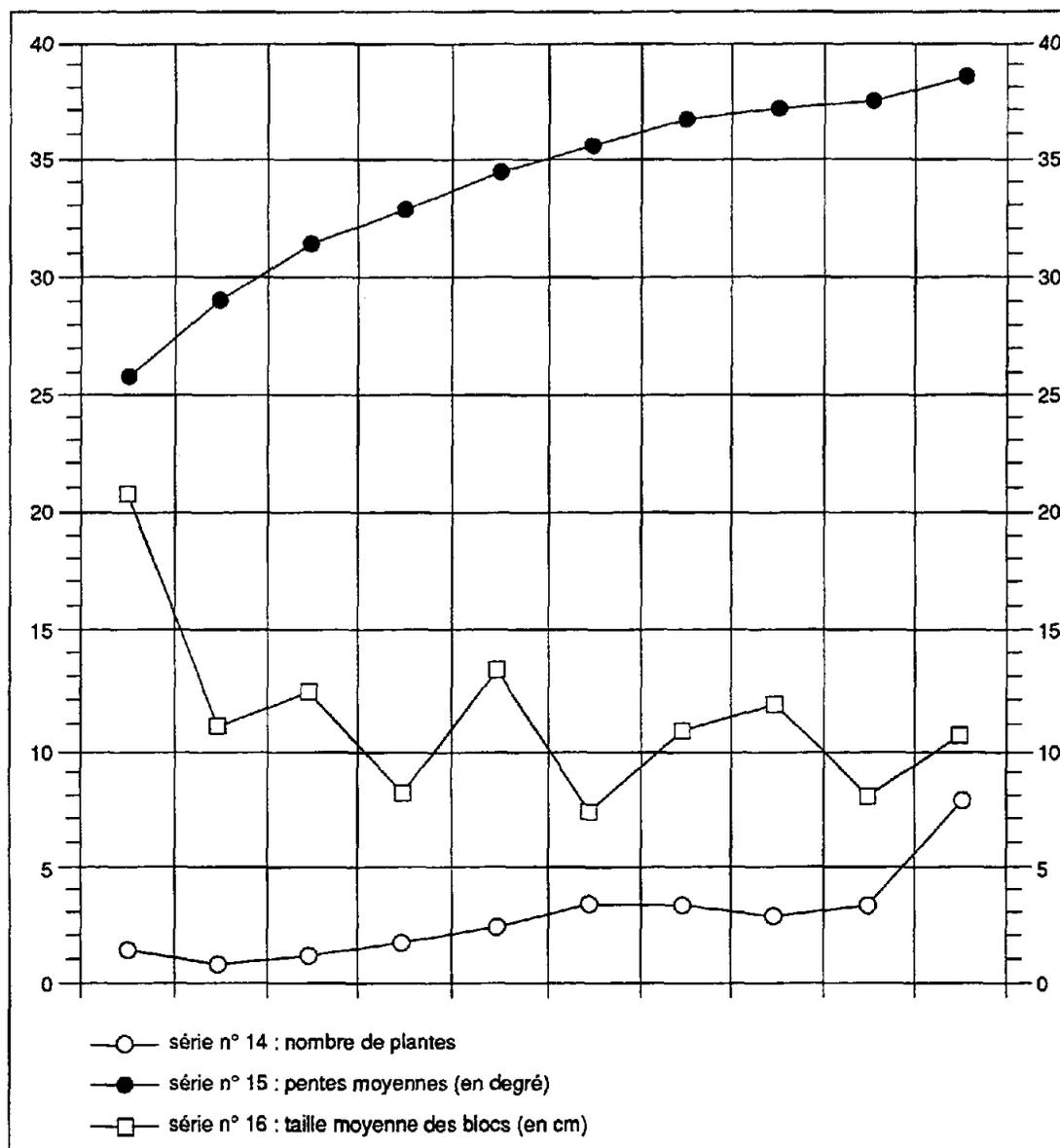
Les valeurs des pentes croissent globalement pour l'ensemble de la population, de la base jusque vers l'apex. La pente moyenne des éboulis est de 33,9° mais si l'on considère cette valeur comme proche de l'angle de repos, il faut remarquer que, dans le détail, les 4 premiers déciles seulement ont une valeur inférieure à cette moyenne. Les 6 déciles supérieurs ont des valeurs angulaires relativement fortes ce qui signifie soit que l'angle de repos des blocs calcaires du Dévoluy peut être important, soit que les éboulis sont caractérisés par leur instabilité, ce qui tend à prouver qu'ils sont bien fonctionnels.

Les valeurs du grand axe des blocs diminuent tout naturellement de l'aval à l'amont, passant de 20,7 cm à la base à 10 cm à l'apex. Toutefois, le coefficient de corrélation linéaire entre ces valeurs décroissantes de la taille du grand axe des blocs et les valeurs croissantes des angles des pentes est très faible. Il est en effet de 13 %.

Le nombre des plantes sur les dépôts de pente croît de l'aval vers l'amont. Ce n'est pas du tout paradoxal, puisque, généralement, il y a, à la base, des blocs plus volumineux et les fines sont elluviées empêchant la présence de toute formation herbacée ou arbustive. Seuls quelques arbres (pins à crochet, mélèze) peuvent avoir colonisé la partie distale des éboulis. Là encore, le coefficient de corrélation entre le nombre de végétaux et la valeur des angles des pentes par déciles est très faible : seulement 12,5 %.

Ces faibles relations entre les trois valeurs que sont le nombre de végétaux, la taille du grand axe des blocs et l'angle de la pente des déciles est peut être liée à la forte dispersion des valeurs elles-mêmes. Dans ce cas, on aperçoit bien des relations évidentes sur les courbes (fig. 1) mais cela ne se traduit pas par des relations statistiques fortes.

Figure 1 : Courbes comparatives par déciles



14 : nombre de plantes
 15 : pentes moyennes en degré
 16 : taille moyenne des blocs en cm

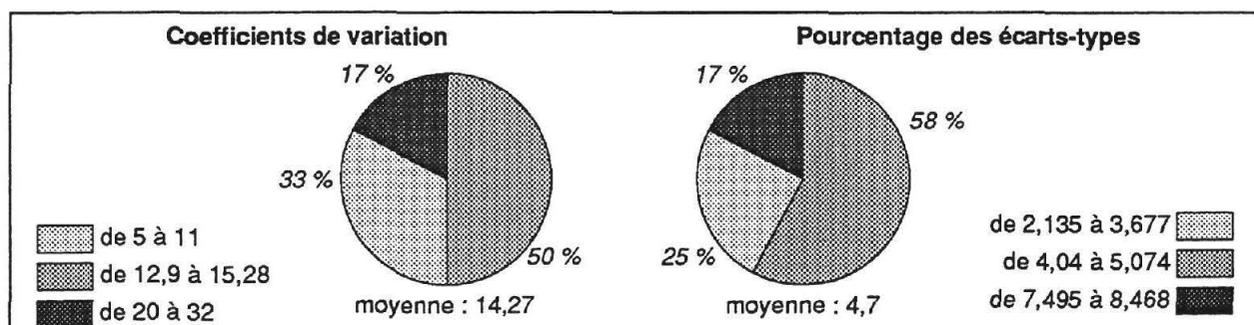
3.2. Etude sur les individus, étude de la variabilité

L'analyse comparative des données, individu par individu, permet d'envisager une classification des dépôts de pente en fonction de quelques caractères et de quelques paramètres. Cette étude ne retient que les valeurs des pentes. Les observations portent sur les écarts-types (racines carrées de la variance) et sur les coefficients de variation.

- L'écart-type moyen (pour les valeurs des pentes des individus décile par décile par rapport à la moyenne de l'angle de la pente) est de 4,7. La dispersion est modérée pour l'ensemble de la population. Toutefois, on peut distinguer trois classes d'éboulis à partir de l'observation de la valeur moyenne et des valeurs des individus (figure 2) :

- 58 % de la population totale des éboulis a un écart-type global variant autour de la moyenne entre 4,04 et 5,074 ;
- 25 % de l'effectif ont un écart-type plus faible, de 2,135 à 3,677 ;
- 17 % des éboulis ont un écart-type plus fort allant de 7,495 à 8,468.

Figure 2 : Classification des éboulis d'après les valeurs des coefficients de variation et des écarts-types calculés sur les valeurs des pentes, décile par décile



- Le coefficient de variation est en moyenne de 14,27 avec une fourchette permettant là encore de retrouver trois classes (figure 2) :
 - 50 % de l'effectif a un coefficient de variation allant de 12,9 à 15,28 (c'est un écart par rapport à la moyenne de 7 à 9 %) ;
 - 33 % des éboulis ont un très faible coefficient de variation autour de 5 à 11 (cela représente 64 à 23 % au-dessous de la moyenne) ;
 - 17 % ont un très fort coefficient de variation allant de 20 à 32 (c'est plus de 40 % au-dessus de la moyenne).

3.3 Interprétation

En utilisant ces critères statistiques de classification on obtient donc trois types d'éboulis. La figure 3 représente ces trois types : ils sont disposés selon une courbe construite avec, en abscisse, les déciles et en ordonnées la valeur des pentes moyennes pour les intervalles correspondant à chaque décile. La base est en bas, l'apex en haut. Les courbes ne représentent pas des **profils** mais des changements de valeur de pente d'un décile à un autre : chaque point du graphique représente un décile, c'est-à-dire bien souvent de 10 à plus de 50 m de l'éboulis. Un profil de courbe étalé montre que les valeurs des angles changent beaucoup ; en revanche, lorsque le profil de la courbe est subvertical, l'éboulis est caractérisé par une faible variation des valeurs des angles. Dans ce cas, la différence entre les dépôts de pente réside essentiellement dans la valeur des angles. Ce type de moyen de représentation est donc commode car il permet une bonne caractérisation des éboulis mais il permet aussi de repérer les variations d'angle sur le transect.

Pour la population d'éboulis qui nous intéresse, il existe en gros trois familles de courbes :

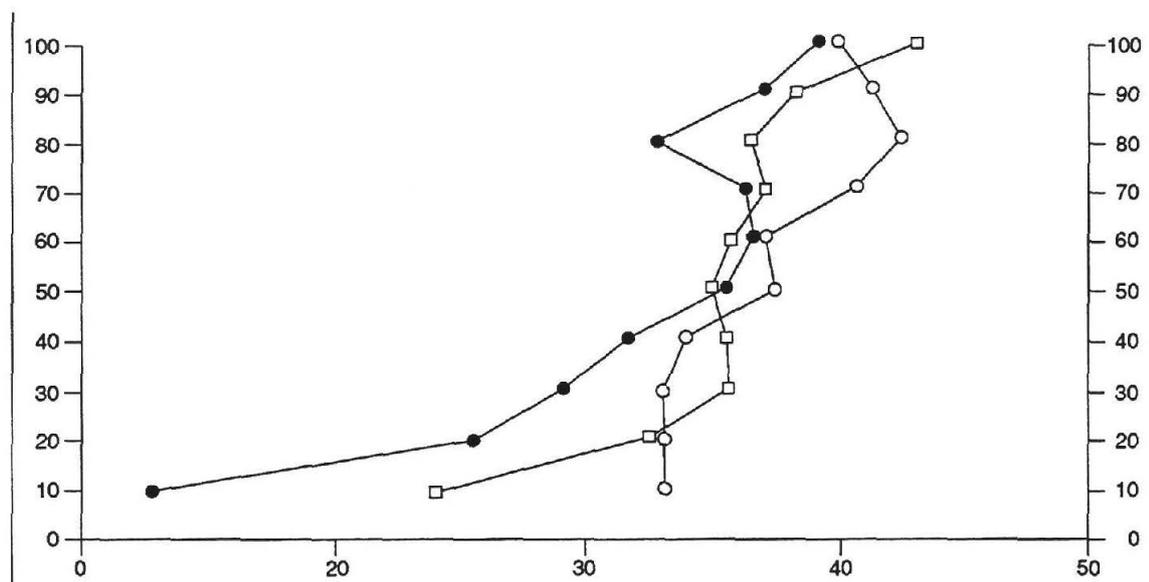
- des courbes globalement concaves présentant une partie à forte variation de pente à la base et au sommet. La partie distale est en pente faible (20-25°) puis la déclivité croît brusquement. La partie proximale connaît une variation identique, c'est-à-dire une forte augmentation de la valeur des pentes. Au centre, le tracé est regroupé autour de valeurs de pentes moyennes entre 32 et 35° ;
- des courbes très redressées (donc vraisemblablement assez homogènes) mais très sinueuses. La pente s'établit entre 30 et 40° ;
- des courbes très larges, à forte dispersion des valeurs des angles des pentes. La base débute vers 10 à 15° et la partie proximale n'atteint pas 40°. Sous l'apex se trouve une modification de la forme de la courbe traduisant la présence d'une rupture de pente. Il s'agit d'un léger infléchissement de l'angle de la pente lié au point psi (FRANCOU et al., 1990).

On peut donc classer ces dépôts de pente en trois catégories :

- des éboulis jeunes, à forte valeur des pentes et à regroupement des valeurs des pentes ;

- des éboulis matures, à profil globalement concave ;
- des éboulis séniles.

Figure 3 : Représentation des courbes cumulées des trois familles d'éboulis d'après les valeurs des pentes des déciles



Si l'on compare ces données au rapport H_o/h_i %, il y a encore un faible coefficient de corrélation linéaire, 10 %.

Conclusion

Les résultats obtenus à partir des analyses statistiques des valeurs de pente (analyse morphométrique) permettent de déterminer des classes d'éboulis qu'il convient de comparer avec les types de processus morphodynamiques ou d'autres paramètres. Toutefois, l'étude des relations entre les trois caractères (trois variables des individus éboulis) pentes, taille du grand axe des blocs, nombre de végétaux s'avère très décevante. L'analyse des données ne semble pas le meilleur outil car il ne tient pas compte du facteur spatial : toutes les données sont calculées séparément les unes des autres alors qu'il convient sans doute de les relier préalablement, dans la logique du transect auquel elles appartiennent.

Références bibliographiques

- CHORLEY R.J. (1984) : *Geomorphology*. Edit. Methuen, New York, 606 p.
- FRANCOU B. et MANTE C. (1990) : Analysis of the segmentation in the profile of alpine talus slopes. *Permafrost and Periglacial Processes*, vol. 1, pp. 53-60
- FRANCOU B. (1988) : *L'éboulisation en haute montagne (Alpes et Andes)*. Thèse d'Etat, Editec, Caen, 696 p.
- FENELON J.P. (1981) : *Qu'est-ce que l'analyse des données ?* Paris, LEFONEN. 312 p.
- GOUDIE A. (ed.) : *Geomorphological techniques*. 1990, London Unwin Hyman, 570 p.
- MERCIER J.L. (1980) : Statistiques, systèmes et modèles en géomorphologie. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 468, pp. 113-118
- PECH P. (1993) : Groupements végétaux et processus morphogéniques sur des versants de haute montagne alpine (Val d'Ossola et Dévoluy). Paris Editions du CTHS, «Sciences naturelles et montagnes», pp. 161-171