

Modélisations fractales du relief et du réseau de drainage des Cévennes méditerranéennes entre l'Aigoual et le mont Lozère
Application au bassin versant du Gardon (France)

Philippe Martin ¹, Maxime Forriez ¹, Laurent Nottale ²

¹ Université d'Avignon, UMR CNRS 6012 ESPACE, case 17, 74 rue Pasteur, 84029 Avignon. philippe.martin@univ-avignon.fr ; maximeforriez@hotmail.fr

² CNRS, LUTH, Observatoire de Paris – Meudon, F-92195, Meudon Cedex France. laurent.nottale@obspm.fr

Classiquement une forme en géomorphologie est considérée comme expliquée s'il est possible de reconstituer les étapes de sa morphogenèse. Or cette approche ne permet d'aboutir ni à une modélisation de la morphogenèse ou de la forme, ni même à une description quantifiée de l'irrégularité scalaire du relief. Au mieux les études conduisent à des bilans de masse et/ou à des dénominations, bases de typologies aux multiples déterminants.

Pour les géomorphologues la difficulté était double. En premier lieu ils se sont heurtés à l'obstruction galiléenne qui exclut, des causes scientifiques, la cause formelle, ce qui retire son statut d'objet scientifiquement connaissable à la forme que clôt logiquement et enclot spatialement une limite qui lui est donc consubstantielle. Comment dès lors étudier rationnellement les formes qui peuplent l'interface terrestre sans en faire seulement la description littéraire, puis le récit ? En second lieu s'est posé le problème de l'inadéquation de la géométrie usuelle (euclidienne) pour réaliser une description quantifiée de l'irrégularité du relief et des formes.

Certaines théories, géométrie fractale comprise, ont permis aux géomorphologues de commencer à dépasser cette aporie d'une part en envisageant les discontinuités spatiales comme relevant des transitions fractales – non fractales que théorise la Relativité d'Échelle (RE) de Laurent Nottale et d'autre part en rendant compte de la structuration multiscalaire des morphologies en s'appuyant très largement sur le concept de covariance d'échelle.

Nous montrerons ainsi, à partir de l'étude fractale de courbes de niveau calculées d'après un MNT de l'IGN à 50 m,

-1- que l'irrégularité du relief varie linéairement (indice G) avec les altitudes les plus hautes au mont Aigoual (900 m – 1450 m) ;

-2- que les reliefs considérés au travers de leurs formes en creux (bassin versant) sur des gammes d'échelles assez larges (100 m à 900 m dans le Gardon) exhibent une relation parabolique entre l'altitude et la dimension fractale des courbes de niveau ; les dimensions les plus élevées étant obtenues vers les altitudes médianes (400 – 500 m) ce qui peut s'interpréter comme le résultat du processus de différenciation spatiale sans lequel toute morphologie ne serait que la duplication de formes tectoniques à différentes échelles ; les valeurs les plus faibles se retrouvant d'une part aux niveaux sommitaux (lambeaux de surface d'aplanissement antétriasique) et surtout dans les parties les plus basses du bassin versant à tel point qu'il est possible de conjecturer que la dimension fractale de valeur 1 correspond à l'altitude de la borne inférieure du potentiel de glyptogenèse ; dans le cas du Gardon cette altitude serait proche du niveau régressif wurmien correspondant spatialement, vraisemblablement, au haut du talus du plateau continental (soit environ -120 m) donc au large du littoral actuel ; en conséquence, la morphologie actuelle des Gardons est, selon toute vraisemblance, une paléo morphologie peu affectée par la remontée du niveau marin sauf peut être dans les parties les plus basses du cours d'eau (dépôts) ; les bilans de matière devant être interprétés dans ce cadre ;

-3- dans une perspective de démarche abductive, de remontée des morphologies aux fonctionnements l'une des premières formes à modéliser est celle des talwegs ; pour ce faire, nous avons utilisé le formalisme du modèle de Gompertz (double exponentielle) qui permet de ne pas avoir à considérer plusieurs modèles empiriques en fonction des situations ; les ajustements obtenus montrent une relation statistique forte entre les 2 paramètres principaux qui rendent compte chacun globalement de l'inclinaison pour l'un de la partie initiale et pour l'autre de la partie finale du talweg ; les ajustements sur socle cévenol seront comparés à des ajustements sur karst provençal où la même relation se retrouve, mais avec des paramètres différents ;

-4- cette démarche abductive doit aussi prendre en compte la structuration spatiale et scalaire du réseau de drainages ; ainsi l'étude proposée en raison de l'information utilisée (talwegs), se fonde sur la dynamique classique de déploiement d'un réseau hydrographique dont nous savons, qu'au plan géomorphologique, elle se fait de l'embouchure vers la périphérie (sources actuelles) ; cette solution permet une codification à partir de laquelle il devient possible de calculer un rapport qui s'avère constant (1,5) entre la distance, telle qu'une goutte la parcourrait, de tout point du réseau à l'embouchure et la distance à vol d'oiseau de ces mêmes points, à l'embouchure ; ceci n'étant qu'une première étape dans la qualification fractale de ce réseau dont il est bien clair qu'étant la trace de la glyptogénèse réalisée, il est à l'origine de l'irrégularité des morphologies qu'il draine ; en d'autres termes, la nécessaire fractalisation du relief, donc de sa surface, n'est possible que parce que le réseau de drainage réalise un découpage multiscalair de la surface initiale (surface d'aplanissement) puis des surfaces subséquentes ; il s'agit donc d'une transformation progressive de cette surface ; toutefois, d'une part, l'érosion stricto sensu (départ de matière) ne doit pas être confondue avec l'érosion lato sensu (altération, mobilisation, transport, dépôt d'une charge qui évolue au cours de son transit) ; et d'autre part, toute érosion ne peut être assimilée à une morphogénèse ; il est tout à fait possible d'envisager une érosion ls dont le résultat ne soit pas une morphogénèse ; cela se produit évidemment dans les plaines, mais aussi dans les karsts (immunité karstique) où des surfaces d'aplanissement peuvent perdurer alors même que l'endokarst s'érode (karstification).

À partir de ces résultats il apparaîtra :

-1- que le concept de dépendance d'échelle est central dans ces morphologies ; ainsi les courbes de niveau sont-elles généralement covariantes ; en conséquence, l'invariance d'échelle stricte est un indicateur trop grossier pour rendre compte des variations fines dans l'ordre des échelles - cela nous a conduits à proposer des descriptions qui associent l'altitude des courbes de niveau leurs dimensions fractales et la résolution des jauges utilisées pour leurs mesures - et

-2- qu'il est possible de concevoir un modèle morphogénétique global qui s'appuie sur l'idée d'une indispensable fractalisation du relief dès le début de la phase orogénique afin que celui-ci puisse être réduit, en un temps limité. En retour cette morphologie multiscalair constitue pour partie le filtre qui transforme les pluies en débits, surtout en phase de crue pour lesquelles nous pouvons conjecturer que les échelles les plus grandes (donc les parties les plus locales du réseau) sont sollicitées, ce qui n'est vraisemblablement pas le cas en moyennes eaux et a fortiori en basses eaux (cf. le rôle des aquifères).