

Dénudation moyen / court terme du Lubéron

**Projet CEREGE / IMBE
AXE 1, ECCOREV**

**Porté par :
Vincent Godard (CEREGE)
Cécile Miramont (IMBE)**

1. Contexte de la recherche Problématique générale

Comprendre l'évolution des surfaces continentales à différentes échelles de temps est un des enjeux majeur de la géomorphologie. Les processus d'altération et d'érosion ont en effet un place centrale dans les grands cycles de la matière et la topographie est une zone de couplage majeure entre les dynamiques des enveloppes internes et externes.

L'établissement de lois physiques permettant de prédire les vitesses de dénudation et les flux de sédiments à partir de la morphologie et des paramètres environnementaux est un domaine de recherche actif. De tels relations ont ainsi pu être proposées, qui relient les vitesses de dénudation mesurées par les nucléides cosmogéniques et certaines propriétés du relief telles que la pente moyenne (e.g. Ouimet et al., 2009). Toutefois, ces études portent principalement sur des reliefs en terrains silicatés, et les reliefs carbonatés, bien que très répandus, en particulier dans la région méditerranéenne, ont été beaucoup moins étudiés. Ces reliefs sont soumis, de plus, à des processus particuliers, qui sont très différents de ceux ayant cours en domaine silicaté, tels que la dissolution totale.

Ainsi, un point important manquant dans notre compréhension de ces reliefs est la mesure de paramètres déterminant l'efficacité des processus de dénudation, tels que la diffusivité ou l'érodabilité. Ces paramètres peuvent toutefois être obtenus si l'on connaît d'un part la vitesse de dénudation en un site et d'autre part certaines de ses propriétés topographiques (e.g. Roering et al., 2007 ;Hurst et al., 2012 ; Perron et al., 2012).

Ainsi, la théorie de la diffusion linéaire appliquée à la dénudation de la topographie implique à l'équilibre une relation linéaire entre la courbure perpendiculaire à l'axe de la crête et le taux de dénudation, le coefficient de proportionnalité étant la diffusivité.

Il conviendra dans un deuxième temps de comparer les taux (et processus) de dénudation long terme mesurés, avec les taux (et processus) d'érosion « instantanés » liés aux crises climatiques quaternaires.

Objet d'étude et résultats préliminaires

Afin de répondre à certaines de ces questions nous avons entrepris un programme de recherche portant sur l'étude des reliefs du Lubéron. Les premiers travaux, réalisés dans le cadre du post-doctorat d'Esmail Shabanian ont porté sur l'obtention de données préliminaires sur les vitesses de dénudation dans différents sites du Petit Lubéron, à l'aide des nucléides cosmogéniques (^{36}Cl). Deux types d'échantillonnage ont été réalisés :

- récolte d'échantillons sur les surfaces sommitales du Lubéron, soit directement prélevés à partir du substratum rocheux ou bien à partir d'amalgame de clastes présents en surface. En différents endroits de la crête ces échantillons ont données des valeurs concordante de l'ordre de 30 m/Ma.
- récolte de sable alluviaux à l'exutoire des principaux bassins drainant les flancs sud et nord du petit Lubéron, ce qui permet de déterminer un taux de dénudation à l'échelle de l'ensemble du bassin. Ces échantillons ont donné des vitesses de dénudation comprises entre 100 et 200 m/Ma.

Il est a noté que ces vitesses sont nettement plus faible que celles mesurée pour la période actuelle, en lien notamment avec la déprise agricole. Le manque de

compréhension de l'articulation entre les processus long-terme et court-terme est donc aussi un enjeu important dans ce type d'environnement.

Le massif du Lubéron est un terrain d'étude particulièrement intéressant car il a fait l'objet de nombreuses études paléoenvironnementales (Ollivier, 2006 ; Ollivier et al., 2006, 2008). Ces travaux ont révélé la présence d'épais dépôts sédimentaires quaternaires en pied de versant (glacis et terrasses alluviales). Ces remplissages ont été cartographiés avec précision. De nombreux éléments de datations permettent de caler chronologiquement ces formes et formations en particulier du Pléistocène moyen et récent et de l'Holocène. Ces travaux proposent une chronologie et une quantification des rythmes de l'évolution des paysages depuis les 50000 ans. Ainsi, il sera possible de comparer les taux d'érosion/dénudation obtenus sur le long terme à l'aide des cosmonucléides avec l'évolution des paysages sur le plus court terme.

2. Objectifs de la demande

Nous prévoyons de travailler sur une dizaine de surfaces de crêtes du petit Lubéron, sur lesquelles nous prélèverons des échantillons (roche en place et agglomérats de clastes) et nous mesurerons les propriétés morphologiques (pente, courbure) de la surface topographique.

Nous chercherons à obtenir des données topographiques précises sur les affleurements sur lesquels les prélèvements auront été effectués (surfaces des quelques centaines de mètres), sous la forme de modèles numériques de terrain à haute résolution. Ces modèles seront obtenus par deux méthodes complémentaires, et on réalisera un couplage entre les deux pour évaluer leur avantages et inconvénients respectifs :

- Photogrammétrie : l'évolution rapide des techniques de photogrammétrie au cours des 10 dernières années permet d'obtenir des nuages de points denses à partir de stéréo-restitution de groupes de photos d'un même site prises sous différents angles. Le CEREGE s'est équipé d'outils et logiciels pour ce type de traitement récemment.
- LiDAR terrestre: une des méthodes les plus répandues pour réaliser des mesures topographiques denses à l'échelle d'affleurement géologiques. Un scanner est disponible au sein de notre université, via la plateforme PRATIM du site Saint Charles.

L'objectif est de tester l'existence d'une relation systématique entre les variables topographiques des sites étudiés et les taux de dénudation mesurés afin de proposer une loi de dénudation à l'échelle du paysage permettant de comprendre spatialement la répartition des taux de dénudation et l'évolution des reliefs du Lubéron.

Nous souhaitons par la suite après avoir testé la faisabilité et la méthodologie étendre ce type d'approche à d'autres chaînons provençaux et à l'avant-pays alpin en général, puis aux reliefs du sud de la Méditerranée (Atlas Marocain, Tunisien...). Ainsi, nous souhaitons à terme comparer l'évolution court- et long-terme de la morphogenèse au sud et au nord de la méditerranée, à nos longitudes.

Perspectives

Une fois les premières étapes de validation de cette approche réalisées, on cherchera à obtenir des financements complémentaires, en particulier pour une thèse visant à analyser l'évolution morphologique et les variations des processus de dénudation au cours du Quaternaire dans les régions méditerranéennes en général et en Provence en particulier. On mettra en avant une comparaison des processus sur le court et long-terme. Les sources ciblées seront les appels à projet de la région PACA et du Labex OT-MED

3. Réalisations prévues

Les réalisations prévues dans le cadre du projet seront les suivantes :

- Synthèse de l'ensemble des données court et long-termes disponibles pour le contexte géomorphologique du Petit Lubéron
- Réalisation de campagnes d'échantillonnage et traitement de 15 échantillons
- Acquisition de scans LiDAR pour 5-6 sites et des jeux de photos pour l'ensemble des sites
- Traitement des nuages de points obtenus par différentes techniques pour produire un MNT haute résolution pour chacun des sites
- Modélisation des MNT de chaque site par une surface enveloppe polynomiale et détermination de la courbure moyenne et autres variables morphométriques
- Comparaison entre les taux de dénudation et paramètres morphologiques

Moyen demandés

Le financement demandé couvrira les frais de traitement des échantillons et d'acquisition des données topographiques pour une quinzaine de sites.

- 15 échantillons 36 Cl (153 euros/éch.) : 2295 euros
- 2 journées d'acquisition LiDAR (300 euros par demi journée) : 1200 euros
- gratification d'un stage (équivalent Master) de 5 mois (500 euros par mois) : 2500 euros

Montant total demandé : 5995 euros

4. Description du consortium

Ce projet implique des chercheurs du CEREGE et de l'IMBE.

Nom	Rattachement	Domaine de spécialité
Vincent Godard	CEREGE (AMU)	Géomorphologie/modélisation
Cécile Miramont	IMBE (AMU)	Géomorphologie/Quaternaire
Olivier Bellier	CEREGE (AMU)	Géomorphologie/Tectonique
Vincent Ollivier	IMBE (AMU)	Géomorphologie
Hélène Bruneton	CEREGE (AMU)	Géomorphologie

Vincent Godard

Maître de Conférences (AMU-CEREGE), 33 ans

Thèmes de recherche

Couplage en érosion et tectonique dans les domaines orogéniques actifs

Parcours

2007-présent Maître de Conférences, AMU

2006-2007 Agrégé Préparateur, École normale supérieure de Lyon

2003-2006 Thèse de Sciences de la Terre, École normale supérieure, Paris

1999-2003 École normale supérieure de Lyon (Magistère de Sciences de la Terre et Agrégation)

Trois publications récentes

Godard, V.; Burbank, D. W.; Bourlès, D. L.; Bookhagen, B.; Braucher, R. & Fisher, G. B. Impact of glacial erosion on 10Be concentrations in fluvial sediments of the Marsyandi

catchment, central Nepal. *Journal of Geophysical Research*, **2012**, 117, F03013
Godard, V. & Burbank, D. W. Mechanical analysis of controls on strain partitioning in the Himalayas of central Nepal. *Journal of Geophysical Research*, **2011**, 116, B10402
Godard, V.; Lavé, J.; Carcaillet, J.; Cattin, R.; Bourlès, D. & Zhu, J. Spatial distribution of denudation in Eastern Tibet and regressive erosion of plateau margins. *Tectonophysics*, **2010**, 491, 253-274

Cécile Miramont

Maître de Conférences (AMU-IMBE)

Thèmes de recherche

- Dendrochronologie des bois subfossiles tardiglaciaires et holocènes : longues chronologies et calibration du radiocarbone
- Changements hydrologiques et climatiques depuis le Pléniglaciaire
- Evolution des paysages et dynamique des paléoenvironnements tardi- et postglaciaires dans les Alpes françaises du Sud
- Morphogenèse, détritisme et dynamique fluviale holocène et historique (Petit Age Glaciaire)
- Géoarchéologie et relations Homme-milieu en domaine méditerranéen

Trois publications récentes

Boutterin C., **Miramont C.**, Muller S.D., Sivan O., Valleteau S., Edouard J.-L. **2013**. Le rôle du feu dans l'histoire des paysages sudalpins de moyenne montagne entre 12000 et 7000 ans BP. Approche méthodologique. In Galop D. (dir.), Paysages et Environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 2008, (Annales Littéraires ; Série « Environnement, sociétés et archéologie »), 159-169.

Muller S., **Miramont C.**, Bruneton H, Carré M., Sottocornola M., Court-Picon M., de Beaulieu J.L., Nakagawa T., Schevin P. **2012**. A palaeoecological perspective for the conservation and restoration of wetland plant communities in the central French Alps, with particular emphasis on alder carr vegetation, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 171, 124-139.

Miramont C., Sivan O., Guibal F., Kromer B., Talamo S., Kaiser, K.F., **2011**. L'ETALONNAGE DU TEMPS DU RADIOCARBONE PAR LES CERNES D'ARBRES. L'APPORT DES SERIES DENDROCHRONOLOGIQUES DU GISEMENT DE BOIS SUBFOSSILES DU TORRENT DES BARBIERS (ALPES FRANÇAISES DU SUD). *QUATERNAIRE*, 22, (3), 261-271.

Olivier BELLIER

Professeur des Universités, depuis Sept. 2000 (PR, classe exceptionnelle (Sept. 2011), section 35.

Université Aix-Marseille, CEREGE (UMR 7330) et FR ECCOREV

Recherche

- Plus de 90 Publications dans des revues à comité de lecture dont 80 indexées (isi-web of Sciences). Participation 4 chapitres de livres scientifiques, co-auteur d'un livre diffusion de la culture scientifique. Co-éditeur et éditeur invité à deux volumes spécialisés du Bull. Soc. Géol. France en 2011. h-index : 20, Sum citation : 1491.
- Encadrement (et co-encadrement) de 20 thèses dont 3 en cours, participation à 50 jury de thèse (dont 5 à l'international, Jury à l'étranger) et de 6 jury d'HDR.

Responsabilités récentes

- Directeur du Département Environnement de la Faculté des Sciences et Techniques (FST- Université Paul Cézanne) jusqu'à Déc. 2011.
- Directeur adjoint de l'UFR FST de l'UPCAM (Assesseur à la Recherche) jusqu'à Déc. 2011.

Trois publications récentes

- MOLLIEX S., O. BELLIER, M. TERRIER, J. LAMARCHE, G. MARTELET, N. ESPURT, 2011. Tectonic and sedimentary inheritance on the structural framework of Provence (SE France): Importance of the Salon-Cavaillon fault. *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2010.09.008, 501, 1-16.
- FARBOD Y., BELLIER O., SHABANIAN E., ABBASSI M.R., 2011. Along-strike variations in geomorphic, structural and behavioral characteristics of the Doruneh Fault System (Central Iran). *Tectonics*. Vol. 30, TC6014, doi:10.1029/2011TC002889, 2011.
- SHABANIAN E., O. BELLIER, L. SIAME, M.R. ABBASSI, BOURLES D., Y. FARBOD. 2012. Active tectonics of the Binalud Mountains, a key puzzle segment to describe Quaternary deformations at the northeastern boundary of the Arabia-Eurasia collision. *Tectonics*, Vol.31, TC6003 doi:10.1029/2012TC003183, 2012.

Références

- Bruneton H , Devillers B., Jorda C., Ollivier V., Miramont C., Blanchemanche P., Berger JF., Provansal M., 2001, Relations entre paléohydrologie et morphogenèse des petits et moyens bassins versants en basse Provence et Languedoc oriental, Les fleuves ont une histoire : Paléoenvironnements des rivières et des lacs français depuis 15000 ans, sous la direction de Bravard JP. et Magny M. éditions errance, pp 259-267.
- Hurst, M. D.; Mudd, S. M.; Walcott, R.; Attal, M. & Yoo, K. Using hilltop curvature to derive the spatial distribution of erosion rates. *Journal of Geophysical Research*, **2012**, 117, F02017
- Ollivier V., 2001, Evolution géomorphologique postglaciaire du piémont méridional du grand Luberon en relation avec l'occupation humaine, Courrier Scientifique du parc naturel régional du Luberon n°5, pp 32-46.
- Ollivier V., 2002, Répartition et nature des formes et formations quaternaires dans le Grand Luberon, Courrier Scientifique du parc naturel régional du Luberon n°6, pp 58-66.
- Ollivier V., Muller A., Delaunay G., 2003, Données récentes sur les relations entre morphogenèse et anthropisation sur le piémont méridional du grand Luberon, Courrier Scientifique du parc naturel régional du Luberon n°7, pp 12-29.
- Ollivier V., Guendon J-L., Muller A., Martin S., 2006, Les travertins du sud Luberon : de longues séquences sédimentaires postglaciaires, Courrier Scientifique du parc naturel régional du Luberon n°8, pp. 1-13.
- Ollivier V., Muller A., Guendon J-L, 2008, Les travertins postglaciaires du sud Luberon (Vaucluse, France) : Chronologie, faciès sédimentaires, relations avec les occupations humaines, Bulletin Archéologique de Provence, pp 25-37.
- Ollivier V., 2006. Continuités, instabilités et ruptures morphogéniques en Provence depuis la dernière glaciation : Travertinisation, détritisme et incisions sur le piémont sud du Grand Lubéron (Vaucluse, France). Relations avec les changements climatiques et l'anthropisation, thèse de doctorat, Université de Provence. UFR des sciences géographiques et de l'aménagement.
- Ouimet, W. B.; Whipple, K. X. & Granger, D. E. Beyond threshold hillslopes: Channel adjustment to base-level fall in tectonically active mountain ranges. *Geology*, **2009**, 37, 579-582
- Perron, J. T.; Richardson, P. W.; Ferrier, K. L. & Lapôtre, M. The root of branching river networks. *Nature*, **2012**, 492, 100-103
- Roering, J. J.; Perron, J. T. & Kirchner, J. W. Functional relationships between denudation

and hillslope form and relief. *Earth and Planetary Science Letters*, **2007**, 264, 245-258