



**HAL**  
open science

## Note préliminaire à l'étude de la météorisation physico-chimique en Islande

Samuel Etienne

► **To cite this version:**

Samuel Etienne. Note préliminaire à l'étude de la météorisation physico-chimique en Islande. *Environnements périglaciaires*, 1998, 23 (5), pp.33-38. halshs-00116861

**HAL Id: halshs-00116861**

**<https://shs.hal.science/halshs-00116861>**

Submitted on 28 Nov 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **NOTE PRELIMINAIRE A L'ETUDE DE LA METEORISATION PHYSICO-CHIMIQUE EN ISLANDE**

Samuel ETIENNE

Université de Paris 8, URA 141 Meudon-Bellevue,  
UPRES-A 6042 Clermont-Ferrand,  
GDR 49 "Recherches arctiques".

Adresse : Laboratoire de Géographie Physique CNRS URA 141, 1 place Aristide-Briand, 92195 Meudon cedex.  
Mél : nunatak@wanadoo.fr

### ***Résumé***

Cette note constitue un préalable aux recherches menées sur la météorisation des roches volcaniques, essentiellement basaltiques, dans le sud de l'Islande. Les évolutions doctrinales récentes en matière de perception des systèmes morphogéniques — notamment périglaciaire — sont évoquées et les méthodes de quantification de la météorisation physico-chimique exposées (morphométrie des cortex de météorisation).

*Mots-clés : météorisation - basaltes - Islande - cortex d'altération - cortex de revêtement*

Pendant longtemps, les travaux portant sur la météorisation en milieu froid (hautes latitudes et hautes altitudes) ont fait la part belle aux processus mécaniques de dégradation des roches (Tricart, 1969) reléguant les processus physico-chimiques à un rôle mineur (Pedro, 1968 ; Washburn, 1969 ; Ollier, 1984 ; Derruau, 1988) voire, pour les positions les plus tranchées, les considérant comme incapables de néoformer des argiles (Tricart & Cailleux, 1967 : 169). Les aspects paysagers spectaculaires que revêtent les modelés issus de la cryogénèse (éboulis, cercles de pierres, sols striés, etc.) ne sont certainement pas étrangers à cet état de fait qui perdure depuis plus d'un demi-siècle. Des études récentes tendent à corriger, pour ne pas dire réévaluer, le modèle morphogénique périglaciaire traditionnel en octroyant une place plus importante aux processus physico-chimiques (Gislason *et al.*, 1996) ; certains auteurs suggérant même que ces derniers sont les principaux initiateurs de dégradation des roches dans les régions froides (Pope *et al.*, 1995 ; Valadas, 1998). On signalera par ailleurs qu'une tendance comparable s'observe pour le modèle morphogénique glaciaire où, à l'importance traditionnellement accordée aux processus d'ablation et d'abrasion (Hambrey, 1994), s'ajoute désormais la mise en exergue de l'action non négligeable des processus chimiques : les taux de dénudation cationique des bassins englacés, par exemple, seraient jusqu'à quatre fois supérieurs au taux moyen global et compteraient parmi les plus élevés au monde (Anderson *et al.*, 1997).

Cette évolution récente repose principalement sur le mode de perception du système morphogénique périglaciaire : de l'analyse à l'échelle du modelé-roi (niveau de perception privilégié de la géomorphologie climatique) où règnent incontestablement les processus liés au gel, on a glissé vers une échelle d'analyse

plus fine qui, sans rejeter totalement les acquis du passé, montre que la domination des manifestations issues des alternances gel/dégel résulte davantage d'un bilan favorable à l'expression paysagère de ces dernières que de l'inefficacité des processus physico-chimiques : c'est parce que les vitesses de dégradation des processus mécaniques sont plus grandes que celles des processus d'altération que les premiers occupent une place prépondérante dans les paysages des hautes latitudes/altitudes et non parce que l'altération y est absente. Le joug climatique soi-disant exercé sur les tendances météoriques est donc désormais largement contesté puisque les contrastes observés à la surface du globe ne semblent pas résider dans des différences fondamentales des mécanismes d'altération, mais bien dans la valeur des taux de météorisation chimique et leur importance relative dans la zone considérée (Nesbitt & Wilson, 1992). Nombre d'études ont par ailleurs déjà montré l'importance des relais de processus dans l'évolution des formes, les processus d'altération préparant bien souvent l'action des processus de gélivation (Peulvast, 1985, André, 1982, 1993, 1996). Ce glissement conceptuel repose principalement sur un changement des niveaux d'analyse, l'échelle microscopique étant désormais mise en avant.

## **1 - Choix géographique, nature et âge des terrains**

La quantification de l'action respective des processus mécaniques et physico-chimiques — nous ferons des processus biogéniques un cas à part puisque pouvant participer autant de l'un que de l'autre — rencontre toujours les problèmes inhérents aux hautes latitudes : étroitesse du champ d'application potentiel de la recherche appliquée, difficulté d'accès, rareté des jalons utilisables (Godard, 1990). Le choix géographique de l'Islande permet de pallier ce dernier problème puisque, émergence anormale du rift médio-atlantique, les terrains volcaniques qui constituent le substrat islandais se sont mis en place depuis la fin du Tertiaire jusqu'à nos jours. La fraction historique de cette activité volcanique nous permet de disposer d'une série de terrains datés avec précision, les éruptions étant scrupuleusement consignées dans les sagas islandaises depuis près d'un millénaire — la période historique s'ouvrant en Islande lors de la colonisation Viking à partir de l'an 874 (Boyer, 1992). Disposer de multiples pas de temps courant sur plus de mille ans est d'ores et déjà un atout appréciable à ces latitudes, mais, afin d'apprécier les rythmes de la morphogenèse, encore faut-il pouvoir éprouver les évolutions sur un plus long terme ; le sud de l'Islande que nous avons retenu comme terrain d'étude offre alors un second atout : celui d'avoir été **totalem**ent englacé lors de la dernière glaciation. Ainsi, en dehors des zones volcaniques postglaciaires (préhistoriques ou historiques), les terrains s'étalant autour de la calotte du Mýrdalsjökull ont été libérés des glaces voilà 10 000 ans, 9 600 ans au plus tard (Ingólfsson & Norðdahl, 1994). La dégradation climatique du Petit Age Glaciaire (P.A.G.) a entraîné une réavancée plus ou moins importante des marges des calottes ; cet épisode climatique a généralement culminé vers 1890 où nombre de fronts glaciaires ont alors connu leur extension holocène maximale. Ceci nous permet donc de disposer de jalons supplémentaires dans le paysage volcanique du sud de l'Islande.

En résumé, nous possédons des terrains volcaniques cohérents (coulées de lave) dont la durée d'exposition s'échelonne de 10 000 B.P. (surfaces polies glaciaires) à l'Actuel (dernière éruption de l'Hekla en 1991), les séquences temporelles les plus larges ne dépassant pas le millier d'années dans la première moitié de l'Holocène. Pour les terrains meubles (matériaux morainiques), l'échelle oscille également entre 10 000 B.P. et l'Actuel (moraines annuelles), mais les étapes sont moins nombreuses : 10 000 ans

(déglaçiation weischelienne), 250 ans (quelques moraines P.A.G. au nord du Mýrdalsjökull — voir Krüger, 1988), 100 ans (moraines P.A.G. au sud du Mýrdalsjökull), plus quelques phases de stationnement lors du recul des glaces au cours du vingtième siècle (1920, 1940,...). Ces pas de temps sont donc des clefs essentielles de l'estimation des vitesses et des rythmes de la météorisation dans le sud de l'Islande.

## 2 - Méthodologie et problèmes de quantification de la météorisation physico-chimique

De nombreuses méthodes ont été mises au point afin d'estimer l'action des processus d'altération : mesure de l'épaississement des cortex d'altération sur matériaux morainiques (Colman & Pierce, 1981), hydratation des verres volcaniques (Pierce *et al.*, 1976), indice de développement des profils pédologiques (*PDI index* de J. Harden, 1982), profondeur et intensité de l'oxydation des sédiments (Hurst, 1977) ; ces méthodes ont également été utilisées comme outil de datation relative ou absolue lorsque des courbes d'évolution météorique pouvaient être établies à partir de dépôts datés (voir par exemple Knuepfer, 1988).

La mesure des cortex de météorisation est la méthode la plus appropriée à notre terrain d'étude : elle peut être appliquée aussi bien sur les dépôts morainiques que sur les surfaces rocheuses (polis glaciaires ou coulées postglaciaires). Néanmoins, on ne saurait quantifier avec précision cette "météorisation corticale" en ignorant les quelques problèmes inhérents à l'action antagoniste des processus d'altération (développement des cortex superficiels) et d'ablation (corrasion, microgélifraction, desquamation). En effet, l'observation des marges glaciaires montre l'importance des phénomènes éoliens, qu'ils soient responsables du décapage de la couverture pédologique dont témoignent les *rofbarð*<sup>1</sup> — voir à ce sujet l'analyse substantielle de J.-C. Bodéré, 1985 : 1038-1080 — ou bien qu'ils participent au lustrage des éléments rocheux (blocs erratiques, surfaces polies glaciaires, fig. 1). Décapant la couverture lœssique, la déflation induit une mise à jour diachronique des surfaces rocheuses et donc éventuellement une erreur d'estimation de la durée d'exposition subaérienne (et conséquemment des mesures et vitesses de météorisation) ; lustrant les éléments rocheux, la corrasion contribue à détruire l'interface roche/atmosphère et donc à rendre la mesure des cortex incomplète.

## 3 - Morphométrie des cortex de météorisation

La nature morphologique des cortex se doit d'être définie : nous distinguerons en effet les *cortex d'altération* (ou *cortex authigènes*), enveloppe externe se développant depuis la surface des fragments rocheux par modification de la nature physico-chimique des minéraux (altération) et de couleur généralement différente de la roche saine (fig. 2) et les *cortex de revêtement* (ou *cortex allogènes*) qui constituent une écorce externe se développant par dépôt ou précipitation à la surface des roches d'une substance minérale dissoute circulant dans les eaux de ruissellement ou de fonte. Les types de transition

<sup>1</sup> Les *rofbarð* sont des buttes limoneuses isolées à rebords verticaux, voire en surplomb, dominant de quelques mètres des surfaces dénudées ; en schématisant, on pourrait les considérer comme des buttes-témoins de sol, mais la hauteur de l'îlot résiduel est généralement supérieure à celle de la couverture pédologique originelle (définition inspirée de Bodéré, 1985 : 1050).

cortex/roche-mère rencontrés dans l'un et l'autre des cas sont assez caractéristiques : pour les cortex d'altération, la transition peut être franche ou graduelle et les caractéristiques texturales respectives relativement proches — fréquemment, la digestion plus lente des phénocristaux par l'altération provoque leur survie partielle et temporaire au sein de la matrice altérée (fig. 2) — ; pour les cortex de revêtement au contraire, la transition est brutale et les textures fortement contrastées. Il n'est cependant pas exclu que certains cortex soient de type mixte, c'est-à-dire résultant à la fois d'un dépôt en surface et d'une altération de la roche-mère (les deux mécanismes étant synchrones ou non). Cette distinction est donc avant tout morphologique, elle traduit le rapport physique cortex/roche-mère et ne préjuge d'aucune implication génétique : les cortex d'altération, par exemple, peuvent résulter tant de l'hydrolyse des feldspaths que de l'oxydation des ferromagnésiens, etc. ; les cortex de revêtement, du dépôt de carbonates ou d'oxydes.

Par ailleurs, la nature de l'interface roche/atmosphère au moment de la mise à l'affleurement est un paramètre primordial : le développement des cortex sur un matériel volcanique brut (une coulée) n'est pas comparable (en terme de cinématique) avec celui qui se développe sur un substrat de même nature géochimique mais ayant subi un polissage glaciaire. Il semblerait par ailleurs que l'intensité du polissage soit également un facteur essentiel dans l'apparition des cortex : les différences que nous avons relevées entre les galets polis et striés des moraines et le lit glaciaire (roches moutonnées, surfaces polies) nous incitent à étudier plus en détail la physionomie de cet interface, l'importance du bouchage de pores évoquée dans les matériaux métamorphiques scandinaves (Peulvast, 1985) et démontrée dans les quartzites écossais (Bossière et Sellier, 1993) — où des enduits siliceux et titanés pouvant être continus viennent masquer les irrégularités préexistantes de la roche — jouant probablement un rôle majeur dans l'inhibition plus ou moins temporaire de l'altération.

#### **4 - Orientation des recherches futures**

Nos recherches s'orientent maintenant vers l'établissement d'une typologie des cortex de météorisation, la texture des basaltes apparaissant comme un élément déterminant contrôlant davantage les vitesses de progression de l'altération que les différences de composition chimique des roches basaltiques (Colman, 1982). Les cortex de revêtement sont étudiés autour du Mýrdalsjökull où l'étagement et la zonation de cortex d'origine nivale sera considérée.

L'étude des moraines frontales et latérales du Sólheimajökull, émissaire du Mýrdalsjökull long de 8 km, nous autorisera à proposer des vitesses de développement des cortex d'altération et une estimation de leur "durée de vie", c'est-à-dire du laps de temps nécessaire pour atteindre un équilibre entre la production interne du cortex (altération) et sa destruction superficielle (microgélifraction). L'action particulière des agents biologiques (en particulier des lichens) sera également prise en considération puisqu'elle induit une dynamique originale (développement accéléré des cortex et durée de vie plus courte par effet desquamant de la couverture lichénique).

#### **Références**

- Anderson, S.P., Drever, J.I. & Humphrey, N.F. 1997 - Chemical weathering in glacial environments. *Geology*, 25, 5 : 399-402.

- André, M.-F. 1982 - *Reconnaissance géomorphologique dans les socles des hautes latitudes : l'exemple du Nord du Labrador*. Thèse de troisième cycle, Université de Paris I, 357 p.
- André, M.-F. 1993 - *Les versants du Spitsberg. Approche géographique des paysages polaires*. Presses Universitaires de Nancy, 361 p.
- André, M.-F. 1996 - Rock weathering rates in arctic and subarctic environments (Abisko Mts, Swedish Lapland). *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 40 : 499-517.
- Bodéré, J.-C. 1985 - *La région côtière sud-est de l'Islande. Recherches géomorphologiques*. Thèse d'Etat Lettres, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 1827 p.
- Bossière, G. & Sellier, D. 1993 - Observation d'enduits siliceux et titanés sur des surfaces polies d'origine glaciaire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, tome 317, série II : 203-210.
- Boyer, R. 1992 - *Les sagas islandaises*. Bibliothèque historique Payot, Paris, 230 p.
- Colman, S.M. 1982 - Chemical weathering of basalts and andesites : evidence from weathering rinds. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1246, 51 p.
- Colman, S.M. & Pierce, K.L. 1981 - Weathering rinds on andesite and basaltic stones as quaternary age indicator. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1210, 56 p.
- Derruau, M. 1988 - *Précis de géomorphologie*. Septième édition. Masson, Paris, 533 p.
- Gíslason, S.R., Arnórsson, S. & Ármannsson, H. 1996 - Chemical weathering of basalt in southwest Iceland : effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science*, 296 : 837-907.
- Godard, A. 1990 - L'Arctique, milieu figé ou milieu d'évolution rapide ? Quelques réflexions à propos de la dynamique géomorphologique dans les hautes latitudes. *Pour Jean Malaurie*, Plon, Paris : 157-175.
- Hambrey, M. 1994 - *Glacial environments*. University College London Press, London, 296 p.
- Harden, J.W. 1982 - A quantitative index of soil development from field descriptions : examples from a chronosequence in central California. *Geoderma*, 28 : 1-28.
- Hurst, V.J. 1977 - Visual estimation of iron in saprolite. *Geological Society of America Bulletin*, 88 : 174-176.
- Ingólfsson, Ó. & Norðdahl, H. 1994 - A review of the environmental history of Iceland, 13000 - 9000 year BP. *Journal of Quaternary Science*, 9 : 147-150.
- Knuepfer, P.L.K. 1988 - Estimating ages of late Quaternary stream terraces from analysis of weathering rinds and soils. *Geological Society of America Bulletin*, 100 : 1224-1236.
- Krüger, J. 1988 - Glacial geomorphological research at Mýrdalsjökull, Iceland, 1977-86 : the northern margin. *Geografisk Tidsskrift*, 88 : 68-77.
- Nesbitt, H.W. & Wilson, R.E. 1992 - Recent chemical weathering of basalts. *American Journal of Science*, 292 : 740-777.
- Ollier, C. 1984 - *Weathering*. Second edition. Longman, London, 270 p.
- Pedro, G. 1968 - Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. *Revue de Géographie Physique et Géologie Dynamique*, 10 : 457-470.
- Peulvast, J.-P. 1985 - *Relief, érosion différentielle et morphogenèse dans un bourrelet montagneux de haute latitude : Lofoten, Vesterålen et Sogn-Jotun (Norvège)*. Thèse d'Etat Lettres, Université de Paris I, 1642 p.
- Pierce, K.L., Obradovich, J.D. & Friedman, I. 1976 - Obsidian hydration dating and correlation of Bull Lake and Pinedale glaciations near West Yellowstone, Montana. *Geological Society of America Bulletin*, 87 : 703-710.
- Pope, G.A., Dorn, R.I. & Dixon, J.C. 1995 - A new conceptual model for understanding variations in weathering. *Annals of the Association of American Geographers*, 85 : 38-64.
- Tricart, J. 1969 - *Geomorphology of cold environments*. MacMillan, London, 320 p.

*Environnements périglaciaires, 1998*

Tricart, J. & Cailleux, A. 1967 - *Traité de géomorphologie. Tome II : Le modelé des régions périglaciaires*. SEDES, Paris, 512 p.

Valadas, B. 1998 - Rythmes et bilans des actions périglaciaires. In Veyret, Y. (coord.) - *L'érosion entre nature et société. Dossiers des Images Economiques du Monde*, n°22, SEDES, Paris : 194-198.

Washburn, A.L. 1969 - Weathering, frost action and patterned ground in the Mesters Vig district, northeast Greenland. *Meddelelser om Grønland*, 176, 4 : 1-303.