



## Érosion et altération : des mécanismes élémentaires aux conséquences géodynamiques (symposium Ebelmen)

*Erosion–Alteration: From fundamental mechanisms to geodynamic consequences (Ebelmen's Symposium)*

### Avant-propos

Des progrès importants ont été réalisés au cours de ces 20 dernières années dans la compréhension et la modélisation des processus d'altération et d'érosion, que l'on cherche à caractériser leurs rôles dans les cycles géologiques et climatiques ou à comprendre leurs réponses aux forçages tectoniques, climatiques ou anthropiques. Un colloque<sup>1</sup> dédié à ces travaux, s'est déroulé sous la Présidence de Claude Allègre. Il a permis de présenter les résultats des avancées les plus récentes dans ces domaines, tout en rappelant la place des travaux du scientifique français Jacques-Joseph Ebelmen (1814–1852) qui jetèrent les bases du cycle du Carbone tel qu'il est décrit aujourd'hui. La majorité de ces contributions est rassemblée dans ce fascicule thématique de la série *C. R. Geoscience*.

Dans les deux premiers articles de ce volume, [Berner \(2012\)](#), puis [Galvez et Gaillardet \(2012\)](#) montrent comment le concept du cycle du carbone et de son impact sur les processus d'altération s'est établi au cours des <sup>xix</sup><sup>e</sup> et <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècles, en faisant ressortir la place d'Ebelmen dans l'évolution de ces idées. [Schott et al. \(2012\)](#) décrivent les mécanismes des processus d'altération, en insistant sur l'importance de cette connaissance pour prédire l'évolution spatiotemporelle des processus d'altération dans le milieu naturel. Les six articles qui suivent s'intéressent davantage aux relations entre mécanismes d'altération et processus d'érosion. [Anderson et al. \(2012\)](#), en se focalisant

### Foreword

Major developments have been achieved during the past 20 years with respect to understanding and modeling the alteration and erosion processes both when attempting to define their role in the geological and climatic cycles, and identifying their answer to tectonic, climatic and anthropic forcing. The most recent headways in these domains were presented during an international workshop<sup>2</sup>; under the chairmanship of Claude Allègre; this also recalled the French scientist Jacques-Joseph Ebelmen's work (1814–1852) which laid the foundations of the Carbon Cycle as it is described today. Most of the papers delivered during the workshop are now collected in this thematic issue of the *C. R. Geoscience*.

The first two articles of this volume by [Berner \(2012\)](#) and [Galvez and Gaillardet \(2012\)](#) show how the concept of the Carbon Cycle, and its impact on alteration processes, were established during the 19th and 20th centuries, while bringing out Ebelmen's role in the evolution of these ideas. [Schott et al. \(2012\)](#) described the mechanisms of the alteration processes and emphasized how such knowledge is important when predicting the spatiotemporal evolution of alteration processes in natural environments.

The next six articles are dedicated to the relationship between alteration and erosion. [Anderson et al. \(2012\)](#) centered on the Boulder Creek experimental basin where they illustrated the “Critical Zone” concept and described

<sup>1</sup> « Érosion–Altération : des mécanismes élémentaires aux conséquences géodynamiques » (Symposium Ebelmen). Colloque de l'Académie des sciences, organisé par le Comité composé de F. Chabaux, J. Gaillardet, S. Bonnet, Y. Godderis, P. Nègre, H. Paquet, E. Vergès, les 26 et 27 mars 2012.

<sup>2</sup> “Erosion–Alteration: from fundamental mechanisms to geodynamic consequences” (Ebelmen's Symposium), a “Colloque de l'Académie des sciences”, organized by the Committee composed of F. Chabaux, J. Gaillardet, S. Bonnet, Y. Godderis, P. Nègre, H. Paquet, E. Vergès, 26–27 March 2012.

sur le bassin expérimental de Boulder Creek, illustrent le concept de « Zone Critique » et décrivent comment y interagissent les effets conjugués de l'altération et de l'érosion ; Dixon et von Blanckenburg (2012) discutent des relations entre altération et érosion sur la base de nouvelles compilations de données (notamment de cosmonucléides). À partir de l'étude des rivières himalayennes, Burbank et al. (2012) ouvrent de nouvelles perspectives quant à la compréhension des interactions entre relief, climat et érosion dans le contexte himalayen, alors qu'Andermann et al. (2012) présentent un modèle conceptuel pour la mobilisation et le transport sédimentaires dans ces rivières en régime de mousson. Dans des contextes tectoniques bien différents, c'est-à-dire celui des rivières d'Europe de l'Ouest, Cerdan et al. (2012) montrent l'importance de l'érosion diffuse comme source de sédiments de ces rivières. Enfin, Oelkers et al. (2012) discutent de l'impact, sur les bilans géochimiques globaux, de la dissolution de ces flux sédimentaires dans les océans. À la suite de ces articles, Goddérès et al. (2012) et Prokovsky et al. (2012), par des approches et pour des échelles de temps différentes, illustrent l'importance des interactions Érosion-Climat-Géodynamique dans la dynamique des cycles biogéochimiques : rôle majeur de la dérive des continents sur l'évolution du cycle du C et du climat au cours du Phanérozoïque (Goddérès et al., 2012) ; conséquences d'un réchauffement climatique en zone arctique sur le cycle biogéochimique du C, et ceux des éléments majeurs et des éléments en traces (Prokovsky et al., 2012).

Les quatre articles qui suivent présentent des approches géochimiques plus spécifiques pour remonter aux temps caractéristiques du transport des sédiments dans les rivières, et pour étudier les processus d'altération. Ainsi, DePaolo et al. (2012), puis Chabaux et al. (2012) détaillent les approches récemment proposées pour caractériser les temps de transferts sédimentaires dans les systèmes alluviaux, à partir de l'analyse des nucléides de la série de l'U. Les articles de Schmitt et al. (2012) et d'Opfergelt et Delmelle (2012) font, quant à eux, le point sur les résultats obtenus au cours de ces dernières années sur l'utilisation, comme traceurs géochimiques des processus d'altération, des isotopes stables du B, Ca, Li et Mg dans le premier article et l'utilisation des isotopes de la silice dans le second. Les trois derniers articles de ce numéro thématique sont dédiés à l'impact de l'activité humaine sur l'évolution des surfaces continentales. Keller et al. (2012) s'intéressent ainsi à l'impact de l'agriculture sur le cycle biogéochimique du Si, alors que Cornu et al. (2012) étudient les conséquences du changement d'occupation des sols ou d'aménagement agricole sur l'évolution de la composante argileuse des sols. Enfin Banwart et al. (2012) décrivent l'approche actuelle pour ne pas dire la philosophie, qui se développe aujourd'hui au travers de réseaux internationaux d'observatoires de la « zone critique », pour comprendre et modéliser l'évolution des sols et leur réponse aux pressions anthropiques, dans le cadre de la théorie du Cycle de Vie. Ainsi, ce numéro thématique, par les 18 articles qu'il regroupe, illustre une grande partie des concepts, approches et méthodes développés aujourd'hui pour l'étude et la compréhension des processus d'altération et d'érosion.

how the combined alteration and erosion effects interacted. Dixon and von Blanckenburg (2012) debated about the relationship between alteration and erosion, compiling novel data banks, which included cosmogenic nuclide analyses. Burbank et al.'s (2012) study of Himalayan Rivers has opened new perspectives on the understanding of the interactions among relief, climate and erosion, whereas Andermann et al. (2012) presented a conceptual model of the sediment mobilization and transport by rivers during the monsoon season. Cerdan et al. (2012) demonstrated, in a quite different tectonic context, the significance of diffuse erosion as a source of sediments in the rivers of Western Europe. Oelkers et al. (2012) discussed the bearing of river sediment influx to the ocean on global geochemical budgets. Finally, Goddérès et al. (2012) and Prokovsky et al. (2012) pointed out, through different approaches and time scales, how interactions among erosion, climate and tectonics control the dynamics of biogeochemical cycles. The authors demonstrated that continental drift played a major role in the evolution of Carbon cycle and climate during Phanerozoic times (Goddérès et al., 2012), and showed the consequences of climate warming in the Arctic region on the carbon biogeochemical, major and trace element biogeochemical cycles.

The following four articles present more specific geochemical approaches in order to retrace the time period characteristic of sediment transport by the rivers and reconstruct the alteration processes. For instance, DePaolo et al. (2012) and Chabaux et al. (2012) presented their recently proposed approaches for characterizing the sediment transfer time lengths in alluvial systems using the analyses of U nuclides series. Articles by Schmitt et al. (2012) and Opfergelt and Delmelle (2012) focused on recent years studies using B, Ca, Li and Mg stable isotopes, and Si isotopes, respectively, as geochemical tracers of alteration processes.

The last three articles of this thematic issue are devoted to the impact of anthropic activities on the evolution of continental surfaces. Keller et al. (2012) studied the impact of farming on the biochemical cycle of Si, whereas Cornu et al. (2012) concentrated on the consequences of changes in land use on the evolution of the clay fraction of soils. Finally, Banwart et al. (2012) described the present day approach, one could almost call it a philosophy, resulting from the international observatory network of the "Critical Zone" which aims at understanding and modeling the soil evolution and their answer to the anthropic pressure, in the framework of the Life Cycle theory.

This thematic issue of C. R. Geoscience with its 18 articles illustrates the major part of the concepts, approaches and methods developed for a better understanding of the alteration and erosion processes. We wish to thank all of the authors for their contributions to this issue. Our thanks also go to INSU (CNRS France), ANDRA, BRGM, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, IRD, and to the Université de Strasbourg for their financial support, without which the workshop in Paris could not have taken place, and this thematic issue could not have seen the light of day. We would also like to thank Jean Dercourt who, as Secrétaire Perpétuel of the Sciences Academy, encouraged

Que l'ensemble des auteurs soit ici remercié pour leur contribution à ce fascicule. Nos plus vifs remerciements vont également à l'INSU (CNRS-France), à l'ANDRA, au BRGM, au Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, à l'IRD et à l'Université de Strasbourg pour leur soutien financier sans lesquels la tenue du colloque à Paris n'aurait pu se faire, et ce Fascicule thématique voir le jour. Nous souhaitons également remercier Jean Dercourt qui, lorsqu'il était Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, nous a fortement encouragé à mettre en place un tel colloque, et depuis a toujours veillé et œuvré pour que tout puisse se dérouler dans les meilleures conditions. Enfin, nous tenons à remercier Claude Allègre pour son implication et son aide lors de préparation du colloque et d'avoir accepté de présider à ces journées scientifiques des 26 et 27 mars 2012.

## References

- Andermann, C., Bonnet, S., Crave, A., Davy, P., Longuevergne, L., Gloaguen, R., 2012. Sediment transfer and the hydrological cycle of Himalayan rivers in Nepal. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.009> this issue.
- Anderson, S.P., Anderson, R.S., Tucker, G.E., 2012. Landscape scale linkages in critical zone evolution. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.008> this issue.
- Banwart, S., Menon, M., Bernasconi, S.M.J., Blum, W., de Souza, D.M., Davidsdotir, B., Duffy, C., Lair, G., Kram, P., Lamacova, A., Lundin, L., Nikolaidis, N., Novak, M., Panagos, P., Vala Ragnarsdottir, K., Reynolds, B., Robinson, D., Rouseva, S., de Ruyter, P., van Gaans, P., Weng, L., White, T., Zhang, B., 2012. Soil processes and functions across an international network of Critical Zone Observatories: introduction to experimental methods and initial results. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.007> this issue.
- Berner, B., 2012. Jacques-Joseph Ebelmen. The Founder of Earth System Science. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.08.001> this issue.
- Burbank, D.W., Bookhagen, B., Gabet, E.J., Putkonen, J., 2012. Modern climate and erosion in the Himalaya. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.010> this issue.
- Cerdan, O., Delmas, M., Négrel, P., Mouchel, J.-M., Petelet-Giraud, E., Salvador-Blanes, S., Degan, F., 2012. Contribution of diffuse hillslope erosion to the sediment export of French rivers. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.011> this issue.
- Chabaux, F., Blaes, E., Granet, M., di Chiara Roupert, R., Stille, P., 2012. Determination of transfer time for sediments in alluvial plains using  $^{238}\text{U}$ - $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$  disequilibria: the case of the Ganges river system. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.013> this issue.
- Cornu, S., Montagne, D., Hubert, F., Barré, P., Caner, L., 2012. Evidence of short-term clay evolution in soils under human impact. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.09.005> this issue.
- DePaolo, D.J., Lee, V., Christensen, J.N., Maher, K., 2012. Uranium comminution ages: sediment transport and deposition time scales. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.014> this issue.
- Dixon, J.L., von Blanckenburg, F., 2012. Soils as pacemakers and limiters of global silicate weathering. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.012> this issue.
- Galvez, M., Gaillardet, J., 2012. Historical constraints on the origins of the carbon cycle concept. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.006> this issue.
- Goddéris, Y., Donnadiou, Y., Lefebvre, V., Le Hir, G., Nardin, E., 2012. Tectonic control of continental weathering, atmospheric  $\text{CO}_2$ , and climate over Phanerozoic times. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.08.009> this issue.
- Keller, C., Guntzer, F., Barboni, D., Labreuche, J., Meunier, J.-D., 2012. Impact of agriculture on the Si biogeochemical cycle: input from phytolith studies. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.004> this issue.
- Oelkers, E.H., Jones, M.T., Pearce, C.R., Jeandel, C., Eiriksdottir, E.S., Gislason, S.R., 2012. Riverine particulate material dissolution in seawater and its implications for the global cycles of the elements. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.08.005> this issue.
- Opfergelt, S., Delmelle, P., 2012. Silicon isotopes and continental weathering processes: assessing controls on Si transfer to the ocean. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.09.006> this issue.
- Prokowsky, O.S., Viers, J., Dupré, B., Chabaux, F., Gaillardet, J., Audry, S., Prokushkin, A.S., Shirokova, L.S., Kirpotin, S.N., Lapitsky, S.A., Shevchenko, V.P., 2012. Biogeochemistry of carbon, major and trace elements in watersheds of northern Eurasia drained to the Arctic Ocean: the change of fluxes, sources and mechanisms under the climate warming prospective. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.08.003> this issue.
- Schmitt, A.-D., Vigier, N., Lemarchand, D., Millot, R., Stille, P., Chabaux, F., 2012. Processes controlling the stable isotope compositions of Li, B, Mg and Ca in plants, soils and waters: a review. *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.002> this issue.
- Schott, J., Oelkers, E.H., Bénézeeth, P., Goddéris, Y., François, L., 2012. Can accurate kinetic laws be created to describe chemical weathering? *C. R. Geoscience* 344 (11–12), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2012.10.005> this issue.

François Chabaux\*

Laboratoire d'hydrologie et de géochimie de Strasbourg,  
(LHYGES) École et observatoire des sciences de la terre,  
université de Strasbourg et CNRS, 1, rue Blessig,  
67084 Strasbourg cedex, France

Hélène Paquet

Académie des sciences, 23, quai de Conti,  
75006 Paris, France

\*Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [fchabaux@unistra.fr](mailto:fchabaux@unistra.fr)