

ROCHECHOUART AND TERRESTRIAL IMPACT SITES FOR FIELD TRAINING OF ASTRONAUTS AND FUTURE PLANETARY GEOLOGISTS. Philippe Lambert¹, Nicolas Mangold² and Members of the CIRIR consortium¹, ¹Center for International Research and Restitution on Impact and on Rochechouart, 87600 Rochechouart, France; ²CNRS and Nantes University, 44322 Nantes cedex 3, France; (lambertbdx@gmail.com)

Résumé : Avoir des connaissances en géologie et plus particulièrement en géologie des impacts, est, et sera une nécessité pour toute entreprise visant à explorer et par-delà, à exploiter la surface des objets planétaires proches (Lune, Mars et astéroïdes). Les structures d'impacts y sont les témoins des collisions entre objets du système solaire, collisions qui constituent le processus géologique le plus actif et le plus commun à l'échelle de tout le Système Solaire. Sont concernés en priorité, les astronautes qui tôt ou tard, s'y rendront et devront pouvoir caractériser le terrain, autrement dit devront faire de la géologie. Cela demande et demandera une formation spécifique [1]. Si, comme pour toute formation, une partie peut être « magistrale », celle en géologie requiert un minimum d'expérience sur le terrain, ne serait-ce que pour reconnaître les roches à l'affleurement, suivre et cartographier des contacts, des structures, se repérer dans l'espace, réaliser des prélèvements et réaliser diverses mesures. A l'heure actuelle, et même à l'avenir après que se déploient à nouveau les vols habités vers la Lune, la Terre est et restera le meilleur candidat pour dispenser cette formation de terrain. Idem pour ce qui concerne développements et test et d'outils spécifiques aux études géologiques de terrain dans des impacts sur la Lune ou d'autres surfaces planétaires, que ces outils soient mis en œuvre par des hommes ou des robots. Cela nous conduit à utiliser des analogues terrestres, en particulier des sites d'impacts. L'objet de cette présentation est d'évaluer comment les impacts terrestres en général, et celui de Rochechouart en particulier, contribuent-ils ou peuvent-ils contribuer à cet objectif ? A cet effet une large part de la présentation sera consacrée à la discussion des critères et qualités requis, et à une revue des impacts terrestres qui participent déjà ou qu'il serait utile de voir participer à cet effort (voir aussi [2-4]).

On retiendra parmi les critères, l'intérêt géologique (diversité, qualité, représentativité de la géologie cible et des manifestations d'impact exposées), la diversité et la qualité des données concernant ces sites, mais également les aspects pratiques (accessibilité géographique, les risques (politique, sanitaire...), la distance entre les manifestations d'intérêt, le soutien logistique (infrastructures et compétences dédiées sur place).

A l'évidence aucun cratère d'impact terrestre ni sur une autre planète d'ailleurs, ne saurait à lui seul exposer toutes les manifestations directes et indirectes associées aux impacts, comme les effets distaux, les ejectas, les différentes lithologies de dépôt dans le cratère et la grande variété d'endommagements et de manifestations observée, à l'échelle de l'affleurement, sous et en périphérie des grands cratères d'impact (brèches autochtones, méga-blocs, fractures, brèches pseudotachylitiques, shatter cones, ultra-cataclases, veines et dépôts hydrothermaux, etc...)

Rochechouart qui, outre son accessibilité géographique, se distingue par la diversité et la richesse des manifestations exposées, fera l'objet d'une attention particulière. Son niveau d'érosion oscille de part et d'autre de la limite du fond du cratère sur une zone de 10 km de diamètre, offrant au géologue un ensemble sans équivalent de coupes naturelles, à la fois dans le remplissage du cratère et dans la cible sous le cratère. Dans d'autres impacts terrestres, seule une partie des faciès typiques est généralement représentée, et généralement soit dans le cratère, soit en dessous. A Rochechouart tous les faciès sont représentés, à la fois dans le cratère, y compris les impactoclastites, et dessous, y compris les effets post-impacts de type hydrothermaux qui peuvent présenter un intérêt économique et/ou un intérêt biologique en rapport avec l'incidence des impacts sur l'habitabilité des surfaces planétaires et sur l'émergence de la Vie [5]. Rochechouart permet au géologue de voir et de suivre physiquement la limite entre les roches qui constituent le remplissage du cratère et celle de la cible, autrement dit au fond de la cavité transitoire produite par un grand impact décakilométrique. Cette richesse à l'affleurement est renforcée par l'installation et la disponibilité sur le site, d'une échantillothèque unique par son principe et par sa destination [6].

Une action spécifique en vue de développer une offre de formation de terrain des astronautes et des futurs géologues-planétologues sera mise en place et invitera chacun à participer à sa mise en œuvre

Abstract : Having knowledge in geology and more particularly in impact geology is, and will be, a necessity toward exploring, and what is more, toward exploiting the surface of nearby planetary objects (Moon, Mars

and asteroids), as impact cratering is the major active geological process at work on these surfaces. Sooner or later astronauts will walk on these surfaces and will have to be able to characterize the terrain. They will do Geology. This will require specific training. If, as happens during education, a part can be "masterful", training in geology requires a minimum of experience on the ground, in order to recognize the rocks from the outcrops, in order to follow and map contacts between different lithologies, structures, in order to locate oneself in space, to collect sample and to carry out various field measurements. Today, and in the future, after manned flights to the Moon will have been re-established, the Earth is and will remain the best candidate to provide this field training. Ditto for developments and testing field instruments and tools specific to geological studies on the Moon or other planetary surfaces, whether these tools are used by men or by robots. This leads to the use of terrestrial analogues, especially impact sites. The purpose of this presentation is to assess how terrestrial impacts in general and Rochechouart in particular, may contribute to this objective. To this end, a large part of the presentation will be devoted to the discussion of the criteria and qualities required, and to a review of the terrestrial impacts which already participate in such efforts or which would be useful to participate (see also [2-4]).

We will retain among the criteria, the geological interest (nature, significance, diversity, quality of the rock exposures), and the practical aspects (geographical accessibility, the risks (political, health, etc.), the distance between outcrops of interest, the availability of dedicated support on site (infrastructure and skills)).

Obviously, no impact crater on Earth or on another planet, can expose all the direct and indirect features associated with impacts, such as distal effects, ejecta, the various impact deposits in the crater and the wide variety of damage and manifestations observed, at the scale of the outcrop, under and on the periphery of the large impact craters (autochthonous breccias, mega-blocks, fractures, pseudotachylitic breccias, shatter cones, ultra-cataclases, hydrothermal deposits, etc...).

Rochechouart will receive particular attention because, in addition to its geographical accessibility, it is distinguished by the diversity and richness of the impact geology exposed. Its level of erosion oscillates on either side of the crater floor, offering the geologist an unparalleled set of natural sections, both in the crater infill and into the target underneath the crater. In other terrestrial impact structures, only part of the typical impact facies is usually represented, and usually either in the crater or below it. All the facies are represented at Rochechouart, both in the crater, including the impactoclastites, and below, including the hydrothermal-type post-impact effects, which may be of economic and/or biological interest in relation to the effects of impacts on the habitability of planetary surfaces and on the emergence of Life [5]. Rochechouart allows the geologist to see and to follow the limit between the rocks filling the crater and the rocks of the target beneath, i.e., it allows to study the bottom limit of the transient cavity produced in a large, deca-kilometer impact crater. The richness of the field at Rochechouart is reinforced by the installation and availability to the geologist of the CIRIR "Impact on Shelves" facility, a large sample library that is unique in its principle and its destination [6].

A specific project toward developing a field training offer for astronauts and future planetary geologists will be proposed and everyone will be invited to participate in its implementation.

References: [1] Phinney W. C., (2015), NASA SP-2015-626, 318 p., [2] Kring D., (2010), Nordlingen Ries Crater Workshop, LPI Contribution 1559, 7036.pdf, , [3] Mangold et al. 2022, this conference, Kring D. A. et al., (2020), LPI Contribution No. 2576, [4] Osinski G. R., 2022, 53rd LPSC, [5] Brack A. et al. 2022, this conference , [6] Lambert P. 2022, this conference.

Acknowledgements: Thanks to Jean Pierre Lebreton, Uwe Reimold and Frances Westall for special help with the preparation of this abstract. The first author thanks the local territories ("Porte Océane du Limousin" and "Charente Limousine") for supporting him and the CIRIR facilities, and thanks all the members of the CIRIR consortium without whom all this research and foreseen development at Rochechouart and at other terrestrial impact sites would not be possible.