



UNIVERSITÉ
LAVAL
FACULTE DE FORESTERIE
ET DE GÉOMATIQUE
Département de géographie

Cité universitaire
Québec, Canada G1V 0A6

Géomorphologie avancée : Le pergélisol et les changements climatiques GGR-7011

Plan du cours

Hiver 2017

Objectifs du cours-séminaire.

Transmettre aux étudiants des connaissances de base sur le pergélisol et les méthodes multiples utilisées pour caractériser le phénomène et comprendre son évolution. De façon générale, le cours vise aussi à développer chez les étudiants participants une capacité accrue d'autonomie scientifique dans la pratique de la recherche dans un domaine de la géomorphologie. Ce principe d'autonomie s'établit sur une capacité de s'informer sur des sujets pertinents au domaine, de procéder à une critique des méthodes appliquées et d'évaluer les résultats présentés dans des publications scientifiques.

Les thèmes abordés dans le cours-séminaire découlent pour une large part des expériences de recherche de l'équipe du professeur en milieu nordique et tiennent compte des orientations et des intérêts de recherche des étudiants participants.

La liste des sujets au programme, ci-dessous, peut encore être modifiée au début de la session afin d'arrimer partiellement le séminaire avec les intérêts de recherche des étudiants.

Sujets abordés

12 janvier : Le pergélisol : définitions, distribution zonale, facteurs du régime thermique. (Smith et al., 2010)

20 janvier ; Les échanges de chaleur à la surface du terrain et dans le pergélisol. (Gold and Lachenbruch, 1973 ; Lachenbruch et al. 1962 ; Goodrich, 1982 ; Allard, inédit)

26 janvier : Interactions climat-neige-pergélisol-végétation. (Gouttevin et al., 2012 ; Ling and Zhang, 2006 ; Roche et Allard, 1996, Ménard et al., 1998 ; Zhang et al., 1996)

Pavillon Abitibi-Price, 2405 rue de la Terrasse, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

- 2 février : Les solutions numériques analytiques, les modèles de simulation du régime thermique, la reconstitution des climats passés et la prévision de l'impact du réchauffement climatique. (Chouinard et al., 2007; Lawrence and Slater, 2005; Delisle, 2007; Riseborough et al. 2008).
- 9 février : Les processus physiques de base de la formation des différents types de glace dans le sol et la glace fossile dans le pergélisol (Mackay, 1972)
- 16 février : Colloque du CEN
- 23 février : Les polygones et les coins de glace : Contrôle climatique, dynamique variable selon les régions climatiques, paleo-climats. (Lachenbruch, 1962; Kasper and Allard, 2001; Sarrazin et Allard, 2015).
- 2 mars : Les pingos, les buttes saisonnières à noyau de glace, les pases, les plateaux palsiques, les lithalses et les plateaux de pergélisol. (Calmels et al., 2008 ; Calmels et Allard, 2008 ; Mackay, 1979 ; Van Everdingen, 1978).
- 9 mars : semaine de lecture
- 16 mars : Les mouvements de versants: gélifluxion, glissements rétrogressifs au dégel et décrochements de mollisol (Lantz and Kokejl, 2008 ; Burn and Lewkowicz, 1990 ; Lewkowicz and Harris, 2005)
- 23 mars : Les levés géophysiques et la caractérisation du pergélisol (Kneisel et al., 2008; Fortier et al., 2008; Le Blanc, et al. 2006)
- 30 mars : Le carbone et les changements écologiques associés à la dégradation du pergélisol (Tarnocai et al., 2009 ; Vonk and Gustafsson, 2013; Pelletier et Allard, manuscrit);
- 6 avril: Le pergélisol alpin et les glaciers rocheux
- 13 avril : Le pergélisol sous-marin et la dynamique côtière arctique
- 20 avril : Le pergélisol, les infrastructures de transports et les communautés dans l'Arctique (Allard et al., 2010 ; L'Hérault et al. 2012)
- 27 avril : **toute la journée** : présentations étudiantes

1. Le pergélisol sous-marin
2. La dynamique côtière en milieu de pergélisol

Forme du cours

À chaque séance :

- Réponse aux questions des étudiants soumises par écrit (dactylographiée)
- Présentation d'environ 45 minutes du professeur sur le thème de la semaine.
- Échanges sur le sujet du jour
- Les cours ont normalement lieu le jeudi matin au local 1204 du CEN, mais des changements et des ajustements d'agendas sont à prévoir.

Évaluation.

Travail de session: chaque étudiant choisira en concertation avec le professeur un thème sur lequel il produira un travail. Une fois le thème choisi en début de session, l'étudiant fait approuver sa bibliographie et ses sources par le professeur, au plus tard le 9 février. Les étudiants prépareront une présentation sur leur sujet, pour le 27 avril.

Valeur du travail dans l'évaluation totale : 40%.

Valeur de la présentation : 20%

Présentation étudiante hebdomadaire :

Chaque semaine un étudiant du cours présentera verbalement en 15-20 minutes, un résumé d'un des articles ou texte à lire la semaine précédant le cours et en fera une critique, soumise à la discussion du groupe. (Valeur pour l'étudiant : 20%)

Participation au cours :

Au début de chaque cours, chaque étudiant remet par écrit une question au professeur concernant les lectures durant la semaine précédant le cours. Ces questions serviront de point de départ pour les échanges de vues durant la présentation du professeur et les

discussions en classe. Valeur de la participation de chacun sur l'ensemble de la session dans l'évaluation totale : 20%.

Références partielles

Allard, M. (manuscrit inédit) Notions de base sur le pergélisol et Impacts des perturbations écologique et anthropiques sur le pergélisol.

Allard, M., L'Hérault, E., Gibéryen, T. et Barrette, C. (2010). L'impact des changements climatiques sur la problématique de la fonte du pergélisol au village de Salluit, Nunavik. Rapport final : s'adapter et croître. Rapport au ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire du Québec. 53 p.

Allard, M., and Kasper, J.N. (1998). Temperature conditions for ice-wedge cracking: field measurements from Salluit, northern Québec, *In* A.G. Lewkowicz and M. Allard (editors) *Permafrost, Seventh International Conference, Proceedings*, Yellowknife, Canada. Université Laval, Centre d'études nordiques, Collection Nordicana, No 57, p. 5-12.

Burn and Lewkowicz 1990 Burn, C. R., and A. G. Lewkowicz (1990), Retrogressive thaw slumps, *Can. Geogr.*, 34(3), 273–276.

Calmels, F. and Allard, M. (2008) Segregated Ice Structures in Various Heaved, Permafrost Landforms Through CT Scan *Earth Surface Processes and Landforms*, DOI: 10.1002/esp.1538

Calmels, F., Delisle, G. and Allard, M. (2008) Internal structure and the thermal and hydrological regime of a typical palsa: significance for permafrost growth and decay. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 45:31-43.

Chouinard, C., Fortier, R. et Mareschal, J.-C. (2007) Recent climate variations in the subarctic inferred from three borehole temperature profiles in northern Quebec, Canada, *Earth and Planetary Science Letters* 263 (2007) 355–369.

Delisle, G. (2007) Near-surface permafrost degradation: How severe during the 21st century? *Geophysical research letters*, 34 : L09503, doi:10.1029/2007GL029323.

Fortier, R., LeBlanc, A.-M, Allard, M., Buteau, S, and Calmels, F. (2008) Internal Structure and Conditions of Permafrost Mounds at Umiujaq in Nunavik, Canada, Inferred from Field Investigation and Electrical Resistivity Tomography. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 45:367-387.

Fortier, D. and Allard, M. (2004) Late Holocene syngenetic ice wedge polygons development, Bylot Island, Canadian Arctic archipelago. *Canadian journal of Earth Sciences*. 41: 997-1012.

Pavillon Abitibi-Price, 2405 rue de la Terrasse, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

- Gold, L. W. And Lachenbruch, A.H. (1972) Thermal conditions in permafrost – A review of north American literature. In North American contribution, proceedings of the 2nd International Conference on permafrost, Yakutsk, Washington, National Academy of Science, pp. 3-25.
- Goodrich, L.E. (1982). The influence of snow cover on the ground thermal regime. *Canadian Geotechnical Journal*, 19: 421-432.
- Gouttevin, I., M. Menegoz, F. Dominé, G. Krinner, C. Koven, P. Ciais, C. Tarnocai, and J. Boike (2012), How the insulating properties of snow affect soil carbon distribution in the continental pan-Arctic area, *J. Geophys. Res.*, 117, G02020, doi:10.1029/2011JG001916.
- Harry, D.G. and Godzik, J.S. 1988. Ice wedges: growth, thaw transformation and paleoenvironmental significance. *Journal of Quaternary Science*, 3: 39-55.
- Jetchick, E, and M. Allard (1990). Soil wedge polygons in northern Québec: description and paleoclimatic significance. *Boreas*, 19: 353-367.
- Kasper, J.N., and Allard, M. (2001). Late Holocene climate change as detected through ice-wedge growth and decay on the southern shore of Hudson Strait, Northern Québec, Canada. *The Holocene*, 11 : 563-577.
- Kneisel, C., Hauck, C., Fortier, R. and Moorman, B. (2008) Advances in Geophysical Methods for Permafrost Investigations, *Permafrost and Periglacial Processes*, 19:157-178.
- Lachenbruch, A.H. (1962). Mechanics of Thermal Contraction Cracks and ice-wedge polygons in permafrost. *Special Geological Society of America Paper no 70*, 69p.
- Lachenbruch, A.H., Brewer, M.C., Greene, G.W. and Marshall B. V. (1962) Temperatures in permafrost. *In. Temperature – Its measurement and control in science and industry*, Vol 3, Part 1, p. 791-803.
- Lantz, T.C and Kokelj, S.V. (2008) Increasing rates of retrogressive thaw slump activity in the Mackenzie Delta region, N.W.T., Canada *Geophysical Research Letters*, vol. 35, L06502, doi:10.1029/2007GL032433,
- Lawrence, D.M. and Andrew G. S. A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century. *Geophysical Research Letters*, 32 : L24401, doi:10.1029/2005GL025080, 2005.
- LeBlanc, A.-M. Fortier, R., Cosma, C. and Allard, M. (2006). Tomographic imaging of permafrost using three-component seismic cone-penetration test. *Geophysics*. 71, No5, H55–H65.

- Lewkowicz, A.G. and Harris, C. (2005). Morphology and geotechnique of active layer detachment failures in discontinuous and continuous permafrost, northern Canada. *Geomorphology*, 69: 275-297.
- L'Hérault, E., Allard, M., Barrette, C., Doré, G. et Sarrazin, D. (2012). Investigations géotechniques, caractérisation du pergélisol et stratégie d'adaptation dans un contexte de changements climatiques pour les aéroports d'Umiujaq, Inukjuak, Puvirnituk, Akulivik, Salluit, Quaqtaq, Kangirsuk et Tasiujaq au Nunavik. Rapport final au Ministère des transports du Québec, Centre d'études nordiques, 224 p.
- Mackay, J.R. (1972). The world of underground ice. *Association of American Geographers Annals*, 62: 1-22.
- Mackay, J.R. 1979. Pingos of the Tuktoyaktuk peninsula area, Northwest Territories. *Géographie physique et Quaternaire*, 33: 3-61.
- Riseborough, D., Shiklomanov, N, Etzelmüller B., gruber, S. and Marchenko, S. (2008) Recent advances in permafrost modeling. *Permafrost and Periglacial Processes*, 19: 137-156.
- Roche, Y. et Allard, M. (1996) L'enneigement et la dynamique du pergélisol : l'exemple du détroit de Manitousuk, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*. 50 : 377-393.
- Smith, S. L., Romanovsky V.E., Lewkowicz, A.G., Burn C.R., Allard M., Clow, G.D., Yoshikawa K. and Throop, J. (2010) Thermal state of permafrost in North America –A North American contribution, *permafrost and periglacial processes*, 21:117-135
- Tarnocai, C., Canadell, J. G., Schuur, E. A. G., Kuhry, P., Mazhitova, G. and Zimov, S. (2009) Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles*, 23 GB2023, doi:10.1029/2008GB003327, 11p.
- Van Everdingen, R.O. (1978) Frost mounds at Bear Rock, near fort Norman, N,W.T. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15:263-276.
- Vonk, J.E., and Gustafsson, Ö. (2013) Permafrost-carbon complexities *Nature Geoscience* 6 :675-676.
- Zhang, T., Osterkamp, T.E., Stamnes, K., 1996a. Influence of the depth hoar layer of the seasonal snow cover on the ground thermal regime. *Water Resources Research* 32 (7), 2075– 2086.