

GLG-1900

Introduction aux sciences de la terre

----- Guide pédagogique -----

COURS

<i>Titre:</i>	Introduction aux sciences de la Terre
<i>No:</i>	GLG-1900
<i>Nombre de crédits:</i>	2 crédits (théorique) + 1 crédit (travaux pratiques)
<i>Préalable:</i>	Aucun
<i>Trimestre:</i>	Automne 2009

PROFESSEURS

	PARTIE THÉORIQUE	PARTIE TRAVAUX PRATIQUES
<i>Nom:</i>	Benoit Fournier	André Lévesque
<i>Bureau:</i>	4703, pavillon Adrien-Pouliot	4913, pavillon Adrien-Pouliot
<i>Téléphone:</i>	(418) 656-3930	(418) 656 2131 poste 8127
<i>Courriel :</i>	benoit.fournier@ggl.ulaval.ca	andré.lévesque@ggl.ulaval.ca
<i>Disponibilité:</i>	heures ouvrables de l'Université	mardi et mercredi : 08h30-16h30

OBJECTIFS

Ce cours vise à la fois l'acquisition d'une connaissance adéquate des grands phénomènes qui régissent la Planète (sa dynamique, son histoire), et l'acquisition de connaissances pratiques (les matériaux, les ressources, les risques naturels), dans une perspective de formation de base en sciences et de développement de la culture scientifique chez l'étudiant universitaire.

Plus spécifiquement, on vise:

- pour tous les inscrits au cours:
 - l'acquisition d'une connaissance de base des grands phénomènes qui régissent la Planète;
 - l'obtention d'un bagage suffisant de connaissances en sciences de la Terre pour bien comprendre et mieux apprécier la littérature scientifique de grande diffusion en ce domaine et, ainsi développer des habitudes de lectures en sciences physiques et biologiques;
 - le développement d'un esprit critique face à l'information illimitée des média trop souvent préoccupés de sensationnalisme, par la présentation et la discussion des problèmes généraux en sciences de la Terre et la formulation d'éléments de solution.
- pour ceux qui sont inscrits dans des programmes de sciences physiques ou biologiques: l'acquisition des connaissances fondamentales en Sciences de la Terre, dans une perspective de complémentarité aux cours de leur programme.

- pour ceux qui sont inscrits dans des programmes de sciences humaines: le développement d'une vision physique de la Planète qui leur permettra de mieux comprendre la relation de l'Homme avec son milieu physique.
- pour tous ceux qui comptent oeuvrer en gestion de l'environnement: l'acquisition des connaissances de base concernant le milieu géologique, une composante essentielle de l'environnement.

La partie *Travaux Pratiques* du cours est un complément pratique à Introduction aux Sciences de la Terre (GLG-1900), à partir d'excursions géologiques et d'exercices en laboratoire. Le premier objectif est la reconstitution d'une partie de l'histoire géologique de la région de Québec à travers son paysage géologique et les principaux matériaux de l'écorce terrestre (minéraux, roches et fossiles). Les exercices en laboratoire favorisent la compréhension de cartes géologiques afin d'établir des relations chronologiques et d'émettre des hypothèses sur l'histoire géologique d'une région. Le cours permet enfin d'étudier certaines propriétés des matériaux géologiques et leur utilité en génie.

CONTENU

Cours théorique

Le cours se divise en trois sections :

- 1 – La Géodynamique interne : dérive des continents, théorie de la tectonique des plaques, pouvoir unificateur de la théorie.
- 2 – Les matériaux de la Planète : minéraux et roches, ressources minérales.
- 3 – La Géodynamique externe : continents, océans, grands cycles biogéochimiques et changements climatiques

Par rapport aux objectifs, les trois sections s'insèrent dans l'objectif d'acquisition d'une connaissance adéquate des grands phénomènes qui régissent la Planète, alors que les sections 2 et 3 contribuent plutôt à l'acquisition de connaissances pratiques du milieu géologique.

Cours travaux pratiques

Activités d'enseignement

Cours axé sur les séances de travaux pratiques (terrain et laboratoire) précédées de brefs exposés magistraux au début de chaque séance.

Activités d'apprentissage

- Travaux pratiques en laboratoire : identification de roches et fossiles, lecture de cartes et de coupes géologiques.
- Sorties de terrain : 4 sorties dans la région de Québec, en début de session, consacrées à l'observation de structures géologiques dans les sédiments et les roches et à l'interprétation des paysages géologiques.

MÉTHODOLOGIE

Cours théorique

Activités d'enseignement

Trois heures de cours magistraux par semaine jusqu'au 13 novembre 2009.

Activités d'apprentissage

- Consultation obligatoire de la version internet du cours:
- www.ggl.ulaval.ca/planete-terre.html

Cours travaux pratiques

1ère partie : Géologie de terrain

- *Parc de la Chute Montmorency - Ste-Thérèse de Lisieux*
- *Stoneham - Lac St-Charles*
- *Chute de la rivière Chaudière - St-Nicolas*
- *Ile d'Orléans.*
- *Synthèse des Excursions géologiques*

2ième partie : lectures de cartes, datations relatives, matériaux de construction et fossiles.

- *Initiation à la lecture de cartes topographiques.*
- *Carte géologique*
- *Les roches comme matériaux de construction sur le campus*
- *Paléontologie*
- *Les principales structures géologiques.*
- *Chronologie des événements géologiques*

ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES

Elle se fera selon deux modes:

- un examen intra-session (théorique) --- 35%
- un examen final de synthèse (théorique) --- 35 %
- un examen de travaux pratiques --- 30%

La notation est à cote fixe selon le tableau suivant :

50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90 %	
E	D-	D+	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+

DATE DES EXAMENS

Examens :

- intra-session (théorique) : 16 octobre 2009
- final de synthèse (théorique) : 20 novembre 2009
- travaux pratiques : 10 décembre 2009

DOCUMENTATION REQUISE

- Le cahier d'accompagnement du cours Planète Terre (par P.-A. Bourque, édition 2009).
- Cahier de travaux pratiques pour les cours GLG 1001 et GLG-1900 (par P.-A. Bourque, édition 2009)

RESSOURCES DISPONIBLES

L'étudiant(e) a accès aux ressources suivantes:

- le cours Planète Terre sur internet (consultation obligatoire):
<http://www.ggl.ulaval.ca/planete-terre.html>
- le musée de géologie du pavillon Pouliot.

PLAN DÉTAILLÉ DU COURS – COURS THÉORIQUE

Note : les numéros de figures réfèrent aux figures du cahier d'accompagnement

Section 1 - LA GÉODYNAMIQUE INTERNE

La géodynamique interne concerne les mouvements à l'intérieur de la Terre. Il s'agit essentiellement d'une thermodynamique reliée à la déperdition de chaleur causée par la désintégration radioactive de certains éléments. Une des manifestations les plus tangibles de cette dynamique est le déplacement de plaques rigides (lithosphériques) à la surface de la Planète, plaques qui « flottent » sur du matériel plastique (asthénosphère). Cette mécanique est décrite par la théorie de la tectonique des plaques, une théorie unificatrice qui vient expliquer de grands phénomènes géologiques comme les tremblements de terre, les volcans, la déformation de la croûte terrestre et la formation des grandes chaînes de montagnes. Mais avant la formulation de cette théorie, il y eut une théorie précurseur, la théorie de la dérive des continents.

Note : les numéros de figures réfèrent aux figures du cahier d'accompagnement, édition 2009

1 - La dérive des continents et la structure interne du globe

- La dérive des continents
 - Historique: Bacon, Placet, Snider-Pellegrini, Darwin, Taylor (fiche 1.1)
 - La proposition de Wegener (1915) (fiche 1.2, fig. 1.1)
 - Concordance des côtes des continents (fig. 1.1)
 - Évidences paléontologiques (fig. 1.2)
 - Données paléo-climatiques (fig. 1.3)
 - Similitude des provinces géologiques (fig. 1.4 et 1.5)
 - Les réactions aux idées de Wegener (fiche 1.2)
- Structure interne du globe
 - Croûte, manteau et noyau:
 - Que savons-nous? (fig. 1.6)
 - Comment le savons-nous? (fig. 1.7 et 1.8, fiche 1.3)
 - Les concepts de lithosphère et asthénosphère (fig. 1.6)

2 - L'Émergence d'une Théorie planétaire

- Le cheminement des idées (fiche 1.4, fig. 1.9 à 1.11)
- Le magnétisme terrestre: une connaissance fondamentale (fiche 1.5)
 - Nature du champ magnétique (fig. 1.12)
 - Déplacement apparent du pôle magnétique (fig. 1.13)
 - Inversions du champ magnétique (fig. 1.14 et 1.15)
- Les sédiments et basaltes des fonds océaniques (fig. 1.16)
- La théorie de la tectonique des plaques
 - Répartition des plaques (fig. 1.17)
 - Limites des plaques (fig. 1.18)
 - Limites divergentes: expansion des fonds océaniques (fig. 1.19)
 - Formation d'un océan (fig. 1.20)
 - Exemples actuels (fig. 1.21 et 1.22)

Limites convergentes: zones de subduction (fig. 1.23 à 1.25)
 Limites transformantes (fig. 1.26)
 La dynamique terrestre (fig. 1.27)
 Les taux de divergence et de convergence (fig. 1.28)
 Le puzzle des continents (fig. 1.29)

3 - Le Pouvoir unificateur de la Théorie

- Les séismes
 - Origine des tremblements de terre (fig. 1.30)
 - Les ondes résultantes (fig. 1.31)
 - La mesure de la force d'un séisme (fig. 1.32 et 1.33)
 - Localisation d'un séisme (fiche 1.6)
 - Les effets destructeurs d'un séisme (fig. 1.34)
 - Séismicité et tectonique des plaques (fig. 1.35 et 1.36)
 - Séismicité au Québec (fiche 1.7, fig. 1.38 et 1.39)
 - Faïlle Logan (fig. 1.40 et 1.41)
 - Astroblème de Charlevoix (fig. 1.42 et 1.43)
 - Rift du St-Laurent (fig. 1.44)
 - Paléo-rift de Iapétus (fiche 1.7)
- Les volcans
 - Les volcans et la tectonique des plaques (fig. 1.45)
 - Le volcanisme de dorsale (fig. 1.45)
 - Le volcanisme de subduction (fig. 1.46)
 - Le volcanisme de point chaud (fig. 1.47 et 1.48)
- La déformation des roches (fiche 1.8)
 - Déformation plastique: plis (fig. 1.49)
 - Déformation cassante: failles (fig. 1.50)
- La formation des chaînes de montagnes plissées (orogénèse)
 - Chaîne immature (fig. 1.51)
 - Chaîne mature (fig. 1.52)
 - L'accrétion de "terrane" (fig. 1.53)

Section 2 - LES MATÉRIAUX DE LA CROÛTE TERRESTRE

Peut-on prétendre bien comprendre les grands phénomènes géologiques qui affectent la croûte terrestre sans connaître les matériaux qui la composent: minéraux et roches? Peut-on faire abstraction de la nature et la composition de ces matériaux dans nos études environnementales? Nous utilisons chaque jour ces matériaux: qu'en connaissons-nous?

Les minéraux se forment à partir de la cristallisation des magmas ou par précipitation à partir de solutions sursaturées en divers éléments chimiques. Ils se développent souvent en cristaux qui possèdent une valeur esthétique certaine et font l'objet de collections et de commerce. Les roches sur lesquelles nous marchons et qui forment nos paysages sont le résultat d'une suite de processus physiques, chimiques et biologiques variés. La formation des roches suit un grand cycle dont le point de départ et d'arrivée est le magma du manteau. A nouveau, toute cette dynamique s'inscrit dans la tectonique des plaques.

Les couches superficielles de la Planète contiennent les ressources naturelles minérales essentielles à la survie de l'Homme: eaux souterraines, combustibles fossiles et gîtes métallifères. Plusieurs de ces ressources tirent leur origine dans les processus de surface.

1 - Les minéraux (de l'atome au minéral)

- La structure de la matière (fiche 2.1)
- L'espèce minérale (fiche 2.1)
- Propriétés physiques des minéraux (fiche 2.2)
- Principaux minéraux constitutifs de l'écorce terrestre
 - Les silicates, 95% du volume de la croûte terrestre
 - Structure de base des silicates (fig. 2.2)
 - Principaux groupes des silicates (fig. 2.3 à 2.9)
 - Les carbonates (fig. 2.10)
 - Les autres groupes et leurs usages (fiche 2.3)
- Les états de la matière (fig. 2.11)
- L'origine des minéraux
 - Cristallisation à partir d'un magma (fig. 2.12)
 - Précipitation à partir de solutions sursaturées (fig. 2.13 à 2.16)

2 - Les roches (du minéral à la roche)

- Le cycle de formation des roches (fig. 2.17)
- Les roches ignées
 - Les grands types et la classification (fig. 2.18 et 2.19)
 - La fusion partielle (fiche 2.4)
 - Le magmatisme de dorsale, de subduction et de point chaud (fig. 2.20 à 2.23)
 - L'activité magmatique et ses produits (fig. 2.24)
 - Les volcans (fig. 2.25 et 2.26)
- Les roches sédimentaires
 - Les processus sédimentaires (fig. 2.27 et 2.28)
 - Classification des roches sédimentaires (fig. 2.29)
- Les roches métamorphiques
 - Métamorphisme de contact (fig. 2.30)
 - Métamorphisme régional (fig. 2.31 et 2.32)
 - Métamorphisme d'impact (fig. 1.42)

3 - Les ressources minérales

- Les eaux souterraines
 - Distribution et circulation (fig. 2.33; fiche 2.5)
 - L'alimentation en eau potable
 - Puits de surface (fig. 2.34)
 - Puits artésiens (fig. 2.35)
 - Contamination de la nappe phréatique (fig. 2.36 et 2.37)
 - L'érosion souterraine et les cavernes (fig. 2.38)
 - Les geysers et l'énergie géothermique (fig. 2.39 et 2.40)
- Les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel)
 - Un champ de pétrole: une conjoncture géologique bien particulière (fig. 2.41 à 2.44)

- Les hydrates de méthane (fiche 2.6)
- L'exploration pétrolière (fiche 2.7)
- Le potentiel pétrolifère au Québec
- Origine des charbons (fig. 2.45)
- Les métaux
 - Principaux types de gîtes métallifères (fig. 2.46 à 2.48)
 - La prospection minière (fig. 2.49; fiche 2.8)
 - Les gîtes métallifères au Québec
 - Problèmes environnementaux reliés à l'exploitation minière

Section 3 - LA GÉODYNAMIQUE EXTERNE

La géodynamique externe concerne l'évolution dynamique de la surface de la Planète. L'eau, la glace, le vent, sculptent les surfaces continentales. Les paysages obtenus reflètent la nature, la composition et l'architecture des formations géologiques. Les continents s'aplanissent et tendent vers un niveau de base, celui des océans. Si les processus d'érosion dominent les continents, ce sont plutôt les processus de la sédimentation qui prévalent dans les océans. Il existe un lien certain entre géodynamique interne et géodynamique externe: la dynamique reliée à la tectonique des plaques vient souvent rajeunir les reliefs des continents; la topographie des océans et son évolution sont aussi tributaires de la tectonique des plaques.

Si la planète Terre est capable de maintenir de l'eau liquide à sa surface, condition essentielle pour l'apparition et le maintien de la Vie, c'est en grande partie parce qu'elle possède des systèmes naturels de recyclage des éléments essentiels à cette Vie: carbone, oxygène, azote, phosphore et soufre, un recyclage lié aux interactions entre atmosphère, hydrosphère, litho/asthénosphère et biosphère.

1 - Les continents

- Le relief de la surface terrestre (fig. 3.1)
- Le système hydrologique (fig. 3.2)
- Les eaux de ruissellement
 - Altération superficielle et érosion (fig. 3.3 et 3.4)
 - Vers un niveau de base (fig. 3.5 et 3.6)
- Le rabotage par les glaces
 - Calottes glaciaires actuelles (fig. 3.7, fiche 3.1)
 - Système glaciaire, érosion et dépôts (fig. 3.8 à 3.10)
 - Calotte glaciaire au Pléistocène (fig. 3.11)
 - Mer Champlain et fleuve St-Laurent (fiche 3.2, fig. 3.12)
 - Glaciation et isostasie (fig. 3.14 et 3.15)
 - Les argiles sensibles de la Mer Champlain (fig. 3.16)
- Le vent
 - Circulation atmosphérique et répartition des déserts (fig. 3.17 et 3.18)
 - Le vent comme agent géologique (fig. 3.19)
- Érosion et isostasie (fig. 3.20 et 3.21)
- Le littoral: la transition continent-océan
 - La dynamique littoral (fig. 3.22)
 - Les deltas: une zone d'accumulation importante (fig. 3.23 à 3.25)

Evolution du littoral: bilan accumulation-érosion (fig. 3.26)

Aménagement des côtes (fig. 3.27)

2 - Les océans

- La topographie des océans (fig. 3.28; fiche 3.3)
- Les dépôts dans les océans
 - La charge terrigène (fig. 3.29 et 3.30)
 - La charge allochimique (fig. 3.31 et 3.32)
 - Les sources hydrothermales des grands fonds et les dépôts métalliques associés (fig. 3.33 et 3.34; fiche 3.4)
- La vie dans les océans
 - Les récifs coralliens: barrières et atolls (fig. 3.35 à 3.37; fiche 3.5)
 - Les oasis des grands fonds (fig. 3.38)
- L'océan régulateur de température et de salinité
 - La circulation océanique (fig. 3.39 et 3.40)
 - Le phénomène El Nino (fig. 3.41)
 - La salinité des océans

3 - Les grands cycles biogéochimiques

- Introduction (fig. 3.42)
- Le cycle de l'eau (fig. 3.43)
- Le cycle du carbone
 - Cycle global du carbone (fig. 3.44)
 - Cycle court et cycle long du carbone organique (fig. 3.45)
 - Cycle du carbone inorganique (fig. 3.46)
 - Captage du dioxyde de carbone
- Le cycle de l'oxygène (fig. 3.47 et 3.48)
- Le cycle de l'azote (fig. 3.49)
- Le cycle du phosphore (fig. 3.50)
- Le cycle du soufre (fig. 3.51)
 - Les cycles à travers le Phanérozoïque (fig. 3.52)
- Les gaz à effet de serre (GES) (fig. 3.53)
- Le réchauffement planétaire (fig. 3.54 à 3.56)
- Les causes des émissions de GES (fig. 3.57)
- Les conséquences du réchauffement planétaire
 - La montée du niveau des mers (fig. 3.58 et 3.59))
 - L'impact sur les écosystèmes
 - L'impact sur la circulation océanique (fig. 3.60)
 - L'impact sur le « temps qu'il fera » et les événements climatiques extrêmes
- La fiabilité des modèles climatiques
- Que faire?

PLAN DÉTAILLÉ DU COURS DE TRAVAUX PRATIQUES

1ère partie : Géologie de terrain

1. *Parc de la Chute Montmorency - Ste-Thérèse de Lisieux*
Aperçu de la géologie de la région de Québec. Les trois grandes provinces géologiques. Roches sédimentaires, taux de sédimentation, litage, stratigraphie, faille normale. Roches métamorphiques, foliation métamorphique. Discordance angulaire. Roches ignées intrusives.
2. *Stoneham - Lac St-Charles*
Gneiss du Grenville, foliation métamorphique, déformation, dykes, pegmatites, relation chronologique. Érosion glaciaire. Dépôts fluvioglaciaires et morainiques.
3. *Chute de la rivière Chaudière - St-Nicolas*
Roches sédimentaires, stratigraphie, structures sédimentaires et polarités sédimentaires et stratigraphique. Domaines autotochtone et allochtone. Faille de Logan. Nappes et failles de chevauchement. Dépôts de la Mer de Champlain, fossiles, structures sédimentaires, sol.
4. *Ile d'Orléans.*
Cartographie géologique en équipe de l'Anse Maranda. Roches sédimentaires (conglomérat, grès, siltstones, shales, calcaires). Structures sédimentaires (granoclassement, stratification oblique, structures de base de bancs). Plis structuraux. Mesures de direction et de pendage avec une boussole.
5. *Synthèse des Excursions géologiques*
Une rencontre de trois heures dans le but de vous permettre de réaliser une bonne synthèse de toutes ces informations et notions qui vous ont été progressivement données à chaque sortie de terrain et de toutes les observations que vous avez faites.
Cette synthèse sera faite en équipe de deux et elle sera remise pour correction la semaine suivante. Évaluation formative non comptabilisée dans la note finale mais néanmoins très importante.

2ième partie : lectures de cartes, datations relatives, matériaux de construction et fossiles.

6. *Examen partiel et initiation à la lecture de cartes topographiques.*
La première partie de la séance sera consacrée à un examen partiel de 90 minutes portant sur les excursions géologiques (40% de la note finale).
La deuxième partie sera une initiation à la lecture des cartes topographiques comme support à la cartographie géologique : système universel transverse de Mercator (UTM) et système québécois modifié (MTM), les échelles, le nord magnétique et le nord géographique, la localisation d'objet sur les cartes topographiques.

7&8. Carte géologique

Deux séances de trois heures permettant aux étudiants de se familiariser avec la composition et la lecture de cartes géologiques, l'utilisation des symboles appropriés et la projection de données géologiques sur fond topographique.

9. Les roches comme matériaux de construction sur le campus

Une séance de trois heures pour vous sensibiliser à l'utilisation qui a été faite des matériaux naturels (essentiellement les roches) pour la construction des édifices sur le campus de l'Université Laval. Sortie extérieure en groupe faite beau temps, mauvais temps.

10. Paléontologie

Une séance de trois heures permettant aux étudiants de se familiariser avec les modes de fossilisation et d'observer et d'identifier sommairement des spécimens des différents groupes, particulièrement ceux que l'on peut trouver au Québec.

11. Les principales structures géologiques.

Une séance de trois heures visant à initier les étudiants aux principales structures géologiques observées en plan et en coupe : interprétation de cartes géologiques, préparation de coupes géologiques et détermination de la chronologie des événements.

12. Chronologie des événements géologiques

Une séance de trois heures visant à familiariser les étudiants avec les datations relatives : lire et analyser les renseignements géologiques et intégrer ces derniers dans le but d'émettre des hypothèses sur l'histoire géologique d'une région.