

# Géochimie

STU S5



## Shop

- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier

Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi

- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

## PLAN DE COURS

# GGL-2605 : Géochimie de l'environnement et de l'exploration minérale

NRC 12741 | Hiver 2017

Préalables : GGL 1006 ET GGL 2601*	
Mode d'enseignement : Présentiel	
Temps consacré : 2-1-6	Crédit(s) : 3

Ce cours vise à la compréhension des cycles naturels des éléments et des réactions géochimiques agissant dans l'enveloppe superficielle terrestre. Concepts en géochimie analytique; principes et applications de la géochimie de l'exploration minérale; géochimie de l'environnement (drainage minier acide, métaux dans les milieux aquatiques, processus d'altération chimique des roches). Présentations orales et écrites de projets individuels et en équipe.

## Plage horaire

Cours en classe			
mercredi	08h30 à 11h20	<a href="#">PLT-4118</a>	Du 9 janv. 2017 au 21 avr. 2017
vendredi	08h30 à 11h20	<a href="#">PLT-4118</a>	Du 9 janv. 2017 au 21 avr. 2017

Il se peut que l'horaire du cours ait été modifié depuis la dernière synchronisation avec Capsule. [Vérifier l'horaire dans Capsule](#)

## Site de cours

<https://sitescours.monportail.ulaval.ca/ena/site/accueil?idSite=74957>

## Coordonnées et disponibilités

Marc Constantin

*Professeur*

PLT-4305, via la porte du secrétariat

[marc.constantin@ggl.ulaval.ca](mailto:marc.constantin@ggl.ulaval.ca)

## Soutien technique

Pour recevoir du soutien technique relatif à l'utilisation de monPortail, contactez :

Comptoir LiberT (FSG)

Pavillon Adrien-Pouliot, Local 3709

[aide@fsg.ulaval.ca](mailto:aide@fsg.ulaval.ca)

418-656-2131 poste 4651

Session d'automne et hiver	
Lundi	08h00 à 18h45
Mardi	08h00 à 18h45
Mercredi	08h00 à 18h45
Jeudi	08h00 à 18h45
Vendredi	08h00 à 16h45

Session d'été	
Lundi	08h00 à 16h00
Mardi	08h00 à 16h00
Mercredi	08h00 à 16h00
Jeudi	08h00 à 16h00
Vendredi	08h00 à 16h45

# Sommaire

---

<b>Description du cours</b> .....	<b>4</b>
Objectifs .....	4
Place et rôle du cours dans le ou les programmes .....	4
Évaluation de qualités ou de compétences développées dans le programme. ....	4
Préambule .....	4
Modes d'apprentissage .....	4
Contenu détaillé du cours .....	5
<b>Contenu et activités</b> .....	<b>6</b>
<b>Évaluations et résultats</b> .....	<b>7</b>
Consignes sur les examens .....	7
Consignes sur les travaux .....	7
Modalités d'évaluation .....	8
Informations détaillées sur les évaluations sommatives .....	8
Examen sous surveillance .....	8
Remise des données géostatistiques .....	9
Rapport Géochimie de l'Exploration .....	9
Remise du plan détaillé et de la bibliographie non exhaustive .....	9
Présentation orale - Géochimie de l'environnement .....	9
Rapport Géochimie de l'environnement .....	10
Participation et appréciation des pairs .....	10
Détails sur les modalités d'évaluation .....	10
Échelle des cotes .....	10
Politique sur les examens .....	10
Politique sur l'utilisation d'appareils électroniques .....	11
Politique sur le plagiat et la fraude académique .....	11
Étudiants ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental .....	11
Évaluation de l'enseignement .....	12
<b>Matériel didactique</b> .....	<b>12</b>
Matériel obligatoire .....	12
Matériel complémentaire .....	12
Ouvrages recommandés .....	13
<b>Médiagraphie et annexes</b> .....	<b>13</b>
Bibliographie .....	13
Préalables au cours 'Géochimie de l'environnement et de l'exploration' .....	16
Portail thématique de la bibliothèque .....	16

# Description du cours

---

## Objectifs

Ce cours vise à vous familiariser avec les réactions et transferts géochimiques qui agissent à l'interface hydrosphère-lithosphère-atmosphère de l'enveloppe superficielle de la terre. Comme son titre l'indique, le cours abordera deux principaux champs d'application de la géochimie : la *géochimie de l'exploration minérale* et la *géochimie de l'environnement*.

Pendant ce cours, vous serez amené à

1. comprendre et décrire les phénomènes naturels et les réactions géochimiques qui agissent dans l'enveloppe superficielle de la terre, donc à l'interface hydrosphère-lithosphère-atmosphère ;
2. résoudre des problèmes et exercices de géochimie appliquée à l'exploration des ressources minérale et à l'environnement ;
3. manipuler une banque d'analyse géochimique de sédiments de fonds de lacs afin d'identifier des anomalies et proposer des cibles pertinentes pour l'exploration ;
4. développer individuellement et en équipe des capacités de synthèse et d'analyse de sujets pertinents à la géochimie appliquée ;
5. présenter oralement et par écrit les résultats de vos projets, dans le respect des normes scientifiques en vigueur.

## Place et rôle du cours dans le ou les programmes

Les deux cours préalables à GGL-2605 sont :

- GGL-1006 Représentation spatiale de l'information géo-environnementale
- GGL-2601 Analyse et modélisation des systèmes naturels

## Évaluation de qualités ou de compétences développées dans le programme.

Pour tous les étudiants inscrits au cours, nous évaluerons les qualités suivantes du Bureau d'agrément d'ingénieurs Canada (BAIC) :

- Qualité 7.1 Présenter des exposés oraux
- Qualité 7.2 Rédiger des documents techniques

Pour ceux qui ont l'intention d'adhérer à l'ordre des géologues du Québec (OGQ), je vous incite à tenir un portfolio car cette pratique sera exigée après votre diplomation en tant que géologue stagiaire. De plus l'obligation d'un maître de stage et de la rédaction d'un rapport final seront requis du géologue stagiaire qui vise à adhérer à l'OGQ. Pour plus d'info, consulter ce document sur le site de l'OGQ [http://www.ogq.qc.ca/files/media/pdf/publications/guides\\_et\\_directives/guideportfolio\\_v0.0.pdf](http://www.ogq.qc.ca/files/media/pdf/publications/guides_et_directives/guideportfolio_v0.0.pdf)

## Préambule

Les échanges de la matière de l'enveloppe superficielle terrestre sont contrôlés par de nombreuses réactions chimiques se produisant dans les eaux naturelles et aux interfaces entre les eaux naturelles et les minéraux des roches, sédiments et sols. Contrairement à l'intérieur de la terre, l'environnement superficiel terrestre est caractérisé par de basses températures. De plus des conditions variées de pH et d'acidité y règne et les concentrations des espèces chimiques dans les solutions et les solides sont contrôlées par l'équilibre des carbonates dans l'eau, et par les réactions d'oxydo-réduction et d'adsorption. L'utilisation des principes de la géochimie dans cet environnement superficiel terrestre permet ainsi de comprendre le cycle naturel des éléments, et parfois même de prédire les changements chimiques pouvant survenir dans les milieux naturels perturbés par l'intervention humaine. Cette étape de caractérisation chimique des systèmes géoscientifiques constitue alors un préalable à l'élaboration de solutions durables aux problèmes environnementaux. L'application de la géochimie à l'exploration minérale joue un rôle important en permettant de localiser des cibles d'intérêt métallifère pouvant receler de futurs gîtes. Cette approche vise à l'identification des anomalies chimiques parmi les levés régionaux de nombreux échantillons de sédiments (fonds de lacs), de tills, de sols, de roches, de matériaux organiques, et d'eaux de surface ou souterraines.

# Modes d'apprentissage

## Formule pédagogique

Ce cours est présentement en cours de modification, pour passer d'un cours classique en classe à un cours hybride. La formule pédagogique s'articulera comme suit :

1. Étude de la matière théorique de manière autonome, sur le portail du cours ENA ;
2. Activités conférences ;
3. Résolution de problèmes/exercices de géochimie appliquée en lien avec l'exploration minérale et l'environnement, en classe (évaluations formatives) ;
4. La réalisation de deux projets en lien avec la géochimie d'exploration et la géochimie d'environnement, l'un individuel, l'autre à réaliser en groupe de deux.

Les notions théoriques de ce cours sont divisées en six modules distincts, dont l'étude doit se faire de manière autonome sur le portail ENA. Vous trouverez de très nombreuses références pertinentes dans la section [Médiagraphie et annexes](#) du plan de cours qui pourront compléter votre étude en cas de besoin. Veuillez noter que la formule du cours privilégie donc l'apprentissage par exercices et par projets et que cela implique un engagement et un travail important de votre part.

## Portail des cours ENA

Vous êtes invité(e)s à visiter le cours Géochimie de l'environnement et de l'exploration minérale sur le portail ENA <https://www.portaildescours.ulaval.ca> régulièrement, ou vous y trouverez :

1. La [Page d'accueil](#) sur laquelle apparaît une rubrique Nouvelles utilisée par l'enseignant pour transmettre les informations les plus importantes relatives au cours.
2. Le Plan de cours disponible au format pdf.
3. Les modules du cours, dans la section [Liste des modules d'apprentissage](#).
4. Un outil Forum que vous pouvez utiliser (a) pour échanger avec l'enseignante et/ou (b) que vous pouvez utiliser pour collaborer dans le cadre de vos travaux.

## Contenu détaillé du cours

### Introduction à la géochimie analytique

#### Cours 1. Notions de géochimie analytique

- Concepts en géochimie analytique (signal, bruit de fond, erreur etc)
- Méthodes de préparation des échantillons
- Aperçu des méthodes d'analyse géochimique

Résultats attendus : les thèmes ci-dessus sont considérés comme fondamentaux à la bonne compréhension des systèmes terrestres de surface. Ils sont également nécessaire pour comprendre bon nombre d'études géochimiques appliquées aux ressources (minières ou pétrolières) et à l'environnement. Ils constituent une boîte à outils essentielle à la réalisation des problèmes, des exercices et des projets.

Mode d'évaluation : Examen sur surveillance

---

### Géochimie appliquée à l'exploration minérale

#### Cours 2 et 3. Principes et applications de la géochimie d'Exploration minérale

- Levé géochimique
- Types d'échantillons
- La distribution et mobilité des éléments chimiques
- La mobilité des éléments chimiques
- Éléments cibles ou traceurs

- L'anomalie géochimique
- Dispersion des éléments chimiques
- Les différents types d'anomalies
- Cas des anomalies dans les sédiments glaciaires
- Cas des levés géochimiques de sols

Résultats attendus : les thèmes ci-dessus vous permettront de comprendre comment les travaux géochimiques appliqués à l'exploration minérale permettent de localiser des cibles d'intérêt métallifère pouvant receler de futurs gîtes. Grâce aux exercices pratiques et au projet, vous apprendrez à identifier des anomalies chimiques parmi des levés régionaux, à en faire le traitement géostatistiques et enfin à synthétiser et discuter vos résultats.

Mode d'évaluation : Examen sur surveillance + Projet de géochimie appliquée à l'exploration minérale

## Géochimie appliquée à l'environnement

### Cours 4. La pollution associée aux activités industrielles

- Le cas drainage minier acide (DMA)
- La pollution radioactive
- Les méthodes de décontamination

### Cours 5. Métaux en milieux aquatiques

- Cations et ligands
- Complexation et spéciation des métaux
- Hydrolyse des ions métalliques
- Solubilité des métaux
- Régulation de la concentration des métaux lourds dans l'eau
- Métaux toxiques dans l'environnement

### Cours 6. Processus d'altération chimique des roches, chimie des sols et des sédiments

- L'altération chimique des roches et formation des sols
- Géochimie des minéraux argileux
- Réactions d'adsorption - désorption : Taille et surface des particules dans les eaux naturelles
- Échanges ioniques
- Les sédiments et le rôle de la matière organique dans les sédiments
- Changements géochimiques dans les sédiments
- Métaux lourds dans les sédiments, et la régulation des métaux dans les rivières et les lacs.

Résultats attendus : les thèmes ci-dessus vous permettront de vous familiariser avec les phénomènes naturels et les réactions géochimiques qui agissent aux interfaces entre hydrosphère, lithosphère et atmosphère et aussi de mieux cerner les principaux enjeux environnementaux liés aux activités industrielles.

Mode d'évaluation : Examen sur surveillance + Projet de géochimie appliquée à l'environnement

## Contenu et activités

Le tableau ci-dessous présente les semaines d'activités prévues dans le cadre du cours.

Titre	Date
ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT (du 11 janvier au 22 février 2017)	
Introduction	
<a href="#">Présentation du cours</a>	11 janv. 2017
Module 1 - Géochimie analytique	
<a href="#">Module 1 - Introduction à la géochimie analytique</a>	11 janv. 2017

Module 2 - Géochimie d'Exploration minérale	
<a href="#">Module 2 - Principes de géochimie d'exploration minérale</a>	18 janv. 2017
Module 3 - Applications de la géochimie d'exploration minérale	
<a href="#">Module 3 - Applications de la géochimie d'exploration minérale</a>	25 janv. 2017
Module 4 - Le drainage minier acide	
<a href="#">Module 4 - Le drainage minier acide</a>	1 févr. 2017
Module 5 - Les métaux en milieux aquatiques	
<a href="#">Module 5 - Les métaux en milieux aquatiques</a>	8 févr. 2017
Module 6 - Les processus d'altération chimique	
<a href="#">Module 6 - Les processus d'altération chimique des roches, chimie des sols et des sédiments</a>	15 févr. 2017
ACTIVITÉS CONFÉRENCES	
<a href="#">Conférenciers invités</a>	A venir
ÉVALUATIONS SOMMATIVES	
Projet de géochimie appliquée à l'environnement	
<a href="#">Détails et directives</a>	11 janv. 2017
<a href="#">Présentations orales</a>	Voir la section "Évaluations et résultats"
<a href="#">Remise du rapport</a>	Voir la section "Évaluations et résultats"
Projet de géochimie appliquée à l'exploration minérale	
<a href="#">Détails et directives</a>	27 janv. 2017
<a href="#">Remise du rapport</a>	Voir la section "Évaluations et résultats"
Examen sous surveillance	
<a href="#">Détails et directives</a>	Voir la section "Évaluations et résultats"

Note : Veuillez vous référer à la section *Contenu et activités* de votre site de cours pour de plus amples détails.

## Évaluations et résultats

### Consignes sur les examens

L'examen sous surveillance est d'une durée de 2h50 et aucun document ne sera permis.

Calculatrice autorisée : modèle avec vignette autocollante émise par la coopérative Zone.

## Consignes sur les travaux

Le cours GLG-2605 compte trois évaluations sommatives :

- Un examen sous surveillance, qui vise à évaluer l'apprentissage et la compréhension des notions théoriques ainsi que la capacité des étudiants à résoudre des problèmes et exercices de géochimie appliquée.
- Un projet de géochimie appliquée à l'environnement, impliquant un travail de recherche bibliographique sur un thème particulier de la géochimie de l'environnement.
  - Ce projet sera principalement évalué par (1) la remise d'un rapport écrit individuel ET (2) par la réalisation d'une présentation orale devant la classe;
  - La remise du rapport au format électronique, via la boîte de dépôt, est obligatoire,
  - La remise du rapport au format papier (noir et blanc, recto-verso) est également obligatoire.
- Un projet de géochimie appliquée à l'exploration minérale, impliquant l'utilisation d'une base de données réelles (SIGÉOM).
  - Ce projet sera principalement évalué par la remise d'un rapport écrit par équipe de deux,
  - La remise du rapport au format électronique, via la boîte de dépôt, est obligatoire,
  - La remise du rapport au format papier (noir et blanc, recto-verso) est également obligatoire.

---

Les modalités d'évaluation et directives précises de chacune des activités sommatives vous seront communiquées à leurs dates respectives.

---

## Modalités d'évaluation

Sommatives			
Titre	Date	Mode de travail	Pondération
EXAMEN SOUS SURVEILLANCE (Somme des évaluations de ce regroupement)			25 %
Examen sous surveillance	Le 24 févr. 2017 de 08h30 à 11h20	Individuel	25 %
PROJET D'EXPLORATION (Somme des évaluations de ce regroupement)			30 %
Remise des données géostatistiques	Dû le 22 févr. 2017 à 23h59	En équipe	5 %
Rapport Géochimie de l'Exploration	Dû le 17 mars 2017 à 16h00	En équipe	25 %
PROJET D'ENVIRONNEMENT (Somme des évaluations de ce regroupement)			40 %
Remise du plan détaillé et de la bibliographie non exhaustive	Dû le 17 févr. 2017 à 23h59	Individuel	5 %
Présentation orale - Géochimie de l'environnement	Dû le 31 mars 2017 à 08h00	Individuel	10 %
Rapport Géochimie de l'environnement	Dû le 19 avr. 2017 à 16h00	Individuel	25 %
Participation et appréciation des pairs	Dû le 21 avr. 2017 à 16h00	Individuel	5 %

## Informations détaillées sur les évaluations sommatives

## Examen sous surveillance

Date :	Le 24 févr. 2017 de 08h30 à 11h20
Mode de travail :	Individuel
Pondération :	25 %
Remise de l'évaluation :	à remettre en fin d'examen
Directives de l'évaluation :	L'examen écrit, à livre fermé, porte très majoritairement sur les six modules du cours. Vous référer au contenu des modules ( <a href="#">Liste des modules d'apprentissage</a> ) qui comportent chacun un tableau récapitulatif des <i>Objectifs d'apprentissage</i> et des <i>Notions associées</i> pour chacun des thèmes. De plus des questions additionnelles pourront porter sur le contenu des conférences. Votre présence aux conférences est par conséquent essentielle. En cas d'absence, vous devrez compter sur le partage d'information de la part des autres participants au cours.
Matériel autorisé :	Crayons, efface, et calculatrice autorisée (modèle avec vignette autocollante émise par la coopérative Zone).

---

## Remise des données géostatistiques

Date de remise :	22 févr. 2017 à 23h59
Mode de travail :	En équipe
Pondération :	5 %
Remise de l'évaluation :	<a href="#">Boîte de dépôt</a>

---

## Rapport Géochimie de l'Exploration

Date de remise :	17 mars 2017 à 16h00
Mode de travail :	En équipe
Pondération :	25 %
Remise de l'évaluation :	<a href="#">Boîte de dépôt</a> PLT-4309

---

## Remise du plan détaillé et de la bibliographie non exhaustive

Date de remise :	17 févr. 2017 à 23h59
Mode de travail :	Individuel
Pondération :	5 %
Remise de l'évaluation :	<a href="#">Boîte de dépôt</a>

---

## Présentation orale - Géochimie de l'environnement

Date de remise :	31 mars 2017 à 08h00
Mode de travail :	Individuel
Pondération :	10 %
Remise de l'évaluation :	<a href="#">Boîte de dépôt</a> PLT- 4118
Directives de l'évaluation :	Vous devez déposer le fichier powerpoint de votre présentation orale au plus tard la veille du jour de votre présentation, via la boîte de dépôt. La présence de tous les étudiants est obligatoire lors des quatre rencontres, à savoir :

- vendredi 31 mars 2017 de 8h30 à 11h20
- mercredi 05 avril 2017 de 8h30 à 11h20
- vendredi 07 avril 2017 de 8h30 à 11h20
- mercredi 12 avril 2017 de 8h30 à 11h20

## Rapport Géochimie de l'environnement

Date de remise : 19 avr. 2017 à 16h00  
 Mode de travail : Individuel  
 Pondération : 25 %  
 Remise de l'évaluation : [Boîte de dépôt](#)  
 Local PLT-4309

## Participation et appréciation des pairs

Date de remise : 21 avr. 2017 à 16h00  
 Mode de travail : Individuel  
 Pondération : 5 %  
 Remise de l'évaluation : PLT-4118  
 Directives de l'évaluation : Les éléments pris en considération seront :
 

- la présence en classe lors des quatre séances de présentations des projets de géochimie de l'environnement;
- la participation aux discussions;
- l'appréciation des pairs et la qualité des commentaires apportés.

## Détails sur les modalités d'évaluation

La note de passage pour le cours GGL-2605 est de 50%. La notation est à cotes fixes selon le tableau présenté dans la section suivante. Notez que concernant la remise des travaux pratiques et des rapports, 10 % de la note seront retirés par jour de retard.

## Échelle des cotes

Cote	% minimum	% maximum
A+	85	100
A	82	84,99
A-	79	81,99
B+	76	78,99
B	73	75,99
B-	70	72,99

Cote	% minimum	% maximum
C+	66	69,99
C	62	65,99
C-	58	61,99
D+	54	57,99
D	50	53,99
E	0	49,99

## Politique sur les examens

Cours offerts au département de géologie et de génie géologique

Cette politique de reprise de l'évaluation des apprentissages s'applique aux cours sous la responsabilité du Département de géologie et de génie géologique, conformément à l'article 321 du Règlement des Études de l'Université Laval. Le texte ci-dessous définit ce que représente un motif sérieux de reprise d'une évaluation et sur les modalités de reprise. Ce texte doit être ajouté aux plans de cours.

Les motifs sérieux de reprise d'une évaluation sont regroupés en deux catégories, selon qu'ils soient prévisibles ou non. La première catégorie regroupe les motifs sérieux de reprise d'une évaluation résultant de circonstances personnelles imprévisibles telles que la maladie l'empêchant de se déplacer, l'invalidité (par exemple un étudiant qui subit un accident l'empêchant de se déplacer) ou la maladie ou le décès d'un proche. Ces circonstances empêchent l'étudiant de participer à l'évaluation à la date prévue dans le plan de cours. L'étudiant qui n'aura pu se présenter à une évaluation pour les motifs décrits ci-dessus informe le responsable du cours dès que possible des raisons de son absence. Il doit fournir, auprès de la gestion des études, une preuve officielle justifiant son absence.

La deuxième catégorie regroupe les motifs sérieux de reprise d'une évaluation résultant de circonstances personnelles prévisibles telles que le déplacement de l'étudiant en raison de l'obtention d'un prix d'excellence académique ou la participation de l'étudiant à une compétition sportive en tant que membre d'une équipe du Rouge et Or, ou encore une convocation en cour. Ces circonstances empêchent l'étudiant de participer à l'évaluation à la date prévue dans le plan de cours. Pour cette deuxième catégorie, il est nécessaire que, avant la date prévue de l'évaluation, l'étudiant informe le responsable du cours du conflit et que celui-ci accepte que l'évaluation soit reprise. L'omission d'informer le responsable du cours avant l'évaluation entraînera le refus de la reprise de l'évaluation.

Lorsque le motif est jugé sérieux, les modalités de reprise d'une évaluation feront l'objet d'une entente entre l'étudiant et le responsable du cours avec consultation au besoin du directeur de département. Dans tous les cas, l'étudiant fournira la justification motivant la reprise de l'évaluation (par exemple un billet de médecin ou une lettre de l'entraîneur du Rouge et Or) auprès du responsable du cours avant de reprendre l'évaluation.

Proposition adoptée en assemblée d'unité du Département de géologie et de génie géologique le 20 décembre 2010 ; modifiée le 13/03/2015.

## Politique sur l'utilisation d'appareils électroniques

La politique sur l'utilisation d'appareils électroniques de la Faculté des sciences et de génie peut être consultée à l'adresse : <http://www.fsg.ulaval.ca/fileadmin/fsg/documents/PDF/Calculatrices-autorisees-FSG.pdf> .

## Politique sur le plagiat et la fraude académique

### Règles disciplinaires

Tout étudiant qui commet une infraction au Règlement disciplinaire à l'intention des étudiants de l'Université Laval dans le cadre du présent cours, notamment en matière de plagiat, est passible des sanctions qui sont prévues dans ce règlement. Il est très important pour tout étudiant de prendre connaissance des articles 28 à 32 du Règlement disciplinaire. Celui-ci peut être consulté à l'adresse suivante:

[http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secrtaire\\_general/Reglements/Reglement\\_disciplinaire.pdf](http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secrtaire_general/Reglements/Reglement_disciplinaire.pdf)

### Plagiat

Tout étudiant est tenu de respecter les règles relatives au plagiat. Constitue notamment du plagiat le fait de:

- i. copier textuellement un ou plusieurs passages provenant d'un ouvrage sous format papier ou électronique sans mettre ces passages entre guillemets et sans en mentionner la source;
- ii. résumer l'idée originale d'un auteur en l'exprimant dans ses propres mots (paraphraser) sans en mentionner la source;
- iii. traduire partiellement ou totalement un texte sans en mentionner la provenance;
- iv. remettre un travail copié d'un autre étudiant (avec ou sans l'accord de cet autre étudiant);
- v. remettre un travail téléchargé d'un site d'achat ou d'échange de travaux scolaires.

L'Université Laval étant abonnée à un service de détection de plagiat, il est possible que l'enseignant soumette vos travaux pour analyse.

## Étudiants ayant un handicap, un trouble d'apprentissage ou un trouble mental

Les étudiants qui ont une lettre d'Attestation d'accommodations scolaires obtenue auprès d'un conseiller du secteur Accueil et soutien aux étudiants en situation de handicap (ACSESH) doivent impérativement se conformer à la politique d'Accommodations scolaires aux examens de la Faculté des sciences et de génie qui peut être consultée à l'adresse : <http://www.fsg.ulaval.ca/fileadmin/fsg/documents/PDF/Politique-Facultaire-Accommodements.pdf> 

## Évaluation de l'enseignement

Il est possible que le cours que vous suivez soit évalué. Si tel est le cas, vous recevrez une invitation à remplir un questionnaire d'appréciation en ligne. Votre opinion est très importante car elle permettra d'améliorer la qualité de ce cours. Nous comptons donc grandement sur votre collaboration

## Matériel didactique

---

### Matériel obligatoire

Les notes de cours sont disponibles, au format pdf, dans chacun des modules du cours. Vous pouvez y accéder via la [Liste des modules d'apprentissage](#).

### Matériel complémentaire

#### **Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec**

URL : [Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec](#)

Auteur : Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **Ministère du Développement Durable, Environnement et Parcs du Québec**

URL : [Ministère du Développement Durable, Environnement et Parcs du Québec](#)

Auteur : Ministère du Développement Durable, Environnement et Parcs du Québec

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **U.S. Environmental Protection Agency (EPA)**

URL : [U.S. Environmental Protection Agency \(EPA\)](#)

Auteur : U.S. Environmental Protection Agency (EPA)

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **United States Geological Survey (USGS)**

URL : [United States Geological Survey \(USGS\)](#)

Auteur : United States Geological Survey (USGS)

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **Ressources scientifiques**

URL : [Ressources scientifiques](#)

Auteur : SAVOIR MULTIMÉDIA inc.

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **The periodic table of the elements on the web**

URL : [The periodic table of the elements on the web](#)

Date d'accès : 19 novembre 2013

#### **The comic book periodic table of the elements**

Liste de liens pertinents disponibles sur l'internet

## Ouvrages recommandés

Étant donné qu'il s'agit d'un cours de géochimie appliquée, il est difficile de recommander un seul ouvrage. Voici plusieurs ouvrages qui se complètent bien:

- Duke C.V.A., Williams C.D. (2008) Chemistry for environmental and earth sciences. CRC Press, Boca Raton, FL, 230 p.
- Govett G.J.S. (1983) Rock geochemistry in mineral exploration. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 3, 461 p.
- Rollinson H. (1993) Using geochemical data : evaluation, presentation, interpretation. Pearson Education Ltd., England, 352 p.
- Sigg, L., W. Stumm W., Behra P. (2000) Chimie des milieux aquatiques : chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. 3ème éd., Dunod, Paris, 567 p.

## Médiagraphie et annexes

---

### Bibliographie

---

#### Introduction à la géochimie :

Albarède F. (2001) La géochimie. Gordon & Breach, Paris, 190 p. [Aussi une version en anglais de 2009.]

Anderson G.M. (1996) Thermodynamics of natural systems. J. Wiley, N.Y., 382 p.

Bourque P.-A. (2001) Les grands cycles biogéochimiques (C, O, N, P, S) et les changements climatiques. Section 3.4 du cours Planète Terre (GLG-1000), Université Laval.

Brookins D.G. (1988) Eh-pH diagrams for geochemistry. Springer, Berlin, 176 p.

Brownlow A.H. (1996) Geochemistry. 2ème éd., Prentice-Hall, N.J., 580 p.

Duke C.V.A., Williams C.D. (2008) Chemistry for environmental and earth sciences. CRC Press, Boca Raton, FL, 230 p.

Faure G. (1998) Principles and applications of geochemistry. 2ème éd., Prentice-Hall, N.J., 600p.

Garrels, R.M., C.L. Christ (1965) Solutions, Minerals and Equilibria. Harper & Row, 450 p.

Jambon A., Thomas A. (2009) Géochimie – géodynamique et cycles. Dunod, Paris, 402 p.

Krauskopf K.B., Bird D.K. (1995) Introduction to Geochemistry. 3ème éd. McGraw-Hill, NY, 647 p.

Le Coarer J. (1994) Chimie le minimum vital à savoir. Presses Universitaires Grenoble, 151 p.

Marshall C.P., Fairbridge R.W. (1999) Encyclopedia of geochemistry. Kluwer Acad. Publ., Boston, 712 p.

Rollinson H. (1993) Using geochemical data : evaluation, presentation, interpretation. Pearson Education Ltd., England, 352 p.

Rollinson H. (2007) Early Earth systems : a geochemical approach. Blackwell, Malden, 285 p.

White W.M. (2006) Geochemistry : Chap. 3 Solutions and thermodynamics of multicomponents systems ; chap. 6 Aquatic chemistry ; chap. 13 Reactions at the earth's surface : weathering, soils, and stream chemistry. Cornell University - [www.geo.cornell.edu/geology/classes/geo455/Chapters.HTML](http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/geo455/Chapters.HTML)

## Géochimie de l'environnement :

- Alpers C.N., Blowes D.W. (1994) Environmental geochemistry of sulfide oxidation. American Chemical Society, ACS symposium series 550, 681 p.
- Appelo, C.A.J., Postma (1993) Geochemistry, groundwater & pollution. A.A. Balkema, 536 p.
- Berkowitz B., Dror I., Yaron B. (2008) Contaminant geochemistry : interactions and transport in the subsurface environment. Springer, Berlin, 412 p. [ressource électronique]
- Berner, E.K., R.A. Berner (1996) Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles. Prentice-Hall, N.J., 376 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2001) Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. 2ème éd., Éditions Le Griffon d'argile, QC, cahier 5 – échantillonnage des sols, 68 p.
- Chapelle F.H. (2001) Groundwater microbiology and geochemistry. 2ème éd., J. Wiley & Sons, NY, 477 p.
- Connell D.W. (2005) Basic concepts of environmental chemistry. 2ème éd., CRC Press, Boca Raton, 462p.
- Drever, J.I. (1997) The Geochemistry of Natural Waters. 3ème éd., Prentice-Hall, N.J., 436p.
- Girard M.-C. (2005) Sols et environnement. Dunod, Paris, 816 p.
- Gieré R., Stille P. (Eds) (2004) Energy, waste and the environment : a geochemical perspective. Geological Society London, Special Publication no. 236, 670 p.
- Hagemann R., Treuil M. (1998) Introduction à la géochimie et ses applications. Tome 2, Transfert des éléments – Évolution géochimique des domaines exogènes. Commissariat à l'énergie atomique, Paris, 296 p.
- Jambor J.L., Blowes D.W., Ritchie A.I.M. (2003) Environmental aspects of mine wastes. Mineral. Assoc. Canada, short course handbook, vol. 31, 430 p.
- Kehew A.E. (2001) Applied chemical hydrogeology. Prentice-Hall, N.J., 368 p.
- Langmuir D. (1997) Aqueous environmental geochemistry. Prentice-Hall, N.J., 600 p.
- Lucotte M. (1999) Mercury in the biogeochemical cycle : natural environments and hydroelectric reservoirs of Northern Quebec (Canada). Springer, N.Y., 334 p.
- Manahan, S.E. (2000) Fundamentals of environmental chemistry. 2ème éd., Lewis Publishers, Florida, 1003 p.
- Michard G. (1989) Équilibres chimiques dans les eaux naturelles. Publisud, Paris, 357 p.
- Olivier M.J. (1998) Chimie de l'environnement. Les productions J. Bernier, Montréal, 325 p.
- Paktunc D., Martin R.F. (Eds) (2005) Metals in the environment and mine wastes. Can. Min., 43, 4 :1129-1254.
- Parsons M.B., Percival J.B. (Eds) (2005) Mercury: sources, measurements, cycles and effects. Mineralogical Assoc. Canada, Short Course vol. 34, 298 p.
- Sarkar D., Datta R., Hannigan R. (Eds) (2007) Concepts and applications in environmental geochemistry. Elsevier, Amsterdam, Developments in environmental science 5, 761 p.
- Sawyer, C.N., McCarty P.L., Parkin G.F. (2003) Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5ème éd., McGraw-Hill, NY, 752 p.
- Sherwood Lollar B. (Ed.) (2004) Environmental geochemistry. Dans : Holland H.D., Turekian K.K. (Eds). Treatise on geochemistry. Elsevier, Amsterdam, vol. 9.
- Sigg, L., W. Stumm W., Behra P. (2000) Chimie des milieux aquatiques : chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. 3ème éd., Dunod, Paris, 567 p.
- Stumm W., Morgan J.J. (1996) Aquatic chemistry. 3ème éd., J. Wiley, NY, 1022 p.
- Townsend T.G., Solo-Gabriele H. (2006) Environmental impacts of treated wood. CRC Press, Boca Raton, FL, 501 p.

VanLoon G.W., Duffy S.J. (2005) Environmental chemistry – a global perspective. 2ème éd., Oxford University Press, NY, 515 p.

Younger P.L., Robins N.S. (Eds) (2002) Mine water hydrogeology and geochemistry. Geological Society London, Special Publication no. 198, 396 p.

## Géochimie d'exploration minérale :

Beaumier M. (2004) Geochemical concepts applied to exploration in Quebec. Notes d'un cours intensif, Québec Exploration 2004, QC, 160 p.

Beaumier M., Choinière J. (1996) Géochimie des sols et des sédiments de lacs. Notes du cours intensif 96-08, APGGQ, 271 p.

Cameron E.M., Hamilton S.M., Leybourne M.I., Hall G.E.M., McClenaghan M.B. (2004) Finding deeply buried deposits using geochemistry. Geochemistry, Exploration, Environment, Analysis, vol. 4 : 7-32.

Carranza E.J.M. (2009) Geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration and environmental geochemistry, vol.11, 351 p.

Fletcher W.K., Hoffman S.J., Mehrrens M.B., Sinclair A.J., Thomson I. (1986) Exploration geochemistry : design and interpretation of soil surveys. Soc. Econ. Geol., Reviews in Econ. Geol., vol. 3, 180 p.

Govett G.J.S. (1983) Rock geochemistry in mineral exploration. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 3, 461 p.

Hale M., Plant J.A. (1994) Drainage geochemistry. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 6, 766 p.

Hale M. (2000) Geochemistry remote sensing of the sub-surface. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 7, 572 p.

Howarth R.J. (1983) Statistics and data analysis in geochemical prospecting. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 2, 437p.

Kauranne L.K., Salminen R., Eriksson K. (1992) Regolith exploration geochemistry in arctic and temperate terrains. Elsevier, N.Y., Handbook of exploration geochemistry, vol. 5, 443 p.

McClenaghan M.B., Bobrowsky P.T., Hall G.E.M., Cook S.J. (Ed.) (2001) Drift exploration in glaciated terrain. Geol. Soc. London Spec. Publ. 185, 350 p.

Plumlee G.S., Logson M.J. (1999) The environmental geochemistry of mineral deposits ; Part A : processes, techniques, and health issues ; Part B : Case studies and research topics. Soc. Econ. Geol., Rev. in Econ. Geol., v.6A, 583 p.

Rose, A.W., Hawkes H.E., Webb J.S. (1979) Geochemistry in Mineral Exploration. 2ème éd., Academic Press, N.Y., 657 p.

## Géochimie analytique :

Becker J.S. (2007) Inorganic mass spectrometry: principles and applications. J. Wiley & Sons, UK, 496 p.

Clément M. (2003) Analyse chimique des sols: méthodes choisies. Ed. TEC&DOC, Paris, 387p.

Crock J.G., Arbogast B.F., Lamothe P.J. (1999) Laboratory methods for the analysis of environmental samples. Dans : Plumlee G.S. et Logson M.J (ed.) Soc. Econ. Geol., Rev. in Econ. Geol., v.6A, chap. 13, p. 265-287.

Ewing G.W. (1997) Analytical instrumentation handbook. 2ème éd., Dekker, N.Y., 1453 p. [ress. électron.]

Ficklin W.H., Mosier E.L. (1999) Field methods for sampling and analysis of environmental samples for unstable and selected stable constituents. Dans : Plumlee G.S. et Logson M.J (ed.) Soc. Econ. Geol., Rev. in Econ. Geol., v.6A, chap. 12, p. 249-264.

Fletcher W.K. (1986) Analyses of soil samples. Dans : Fletcher W.K. et al. (ed.) Soc. Econ. Geol., Reviews in Econ. Geol., vol. 3, chap. 4, p.79-96.

Gill R. (1997) Modern analytical geochemistry. Longman, England, 329 p.

- Hill S.J. (2007) Inductively coupled plasma spectrometry and its applications. Blackwell Pub., Iowa, 427p.
- Manahan, S.E. (2000) Environmental chemical analysis. Dans : Manahan S.E. (ed) Lewis Publishers, chap. 24, p. 705-740
- Potts P.J. (1987) A handbook of silicate rock analysis. Chapman & Hall, London, 622 p.
- Quevauviller P. (2001) Métrologie en chimie de l'environnement. Ed. Tec & Doc, Paris, 257 p.
- Reeve R.N. (2002) Introduction to environmental analysis. John Wiley & Sons, N.Y., 298 p.
- Skoog D.A., Holler F.J., Nieman T.A. (1997) Principles of instrumental analysis. 5ème éd., Harcourt, Brace & co., 849 p.
- Taylor H.E. (2001) Inductively coupled plasma-mass spectrometry: practices and techniques. Academic Press, San Diego, 294 p.
- Thomas R. (2008) Practical guide to ICP-MS : a tutorial for beginners. 2ème éd., CRC Press, Boca Raton, FL, 347 p.
- Van Loon J.C., Barefoot R.R. (1989) Analytical methods for geochemical exploration. Academic Press, San Diego, 344 p.
- VIM (2008) Vocabulaire International de métrologie – concepts fondamentaux et généraux et termes associés. 3ème éd., JCGM 200, 104 p.

## Sols contaminés :

*Liens vers des guides et directives produits par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques*

-  Guide d'intervention - protection des sols et réhabilitation des terrain contaminés - 2016  
URL : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/guide-intervention-protection-rehab.pdf>  
*Site consulté par l'enseignant le 9 janvier 2017*
-  Guide de caractérisation des terrains contaminés - 2003  
URL : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide/guidecaracterisation.pdf>  
*Site consulté par l'enseignant le 9 janvier 2017*
-  Lignes directrices sur l'évaluation des teneurs de fond naturelles dans les sols - 2012  
URL : [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/lignes\\_evaluation-teneurs.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/lignes_evaluation-teneurs.pdf)  
*Site consulté par l'enseignant le 9 janvier 2017*
-  Directive 019 sur l'industrie minière - 2012  
URL : [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu\\_ind/directive019/directive019.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/directive019.pdf)  
*Site consulté par l'enseignant le 9 janvier 2017*

## Préalables au cours 'Géochimie de l'environnement et de l'exploration'

-  [GGL-10354 PréalableA Revue notions géochimie\\_H2009.pdf](#)
-  [GGL-10354 PréalableB Acide et Base\\_H2009.pdf](#)
-  [GGL-10354 PréalableC Le système carbonaté\\_H2009.pdf](#)
-  [GGL-10354 PréalableD Réactions oxydoréduction\\_H2009.pdf](#)

## Portail thématique de la bibliothèque

La Bibliothèque de l'Université Laval offre à ses usagers l'accès à des informations et des outils en recherche documentaire regroupés par discipline :

- Livres, articles, documents multimédias, etc.
- Bases de données de la discipline
- Nouveautés
- Suggestions de votre conseiller à la documentation

- Trucs et astuces

Les ressources spécifiques à la géologie sont regroupées à cette adresse : <http://www.bibl.ulaval.ca/web/geologie> 

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

