

## PLAN DE COURS

### Nom du cours :

Isotopie environnementale

### Sigle du cours :

ETE 424

### Offert au trimestre :

Hiver

### Nombre de crédits :

3

Heure : 13 :30-16 :30

Date : mardi

Local : 2301

### PROFESSEUR RESPONSABLE ET COORDONNÉES

Geneviève Bordeleau  
genevieve.bordeleau@inrs.ca

### AUTRES PROFESSEURS PARTICIPANTS AU COURS, LE CAS ÉCHÉANT

n/a

### DESCRIPTION DU COURS

Ce cours vise à enseigner les principes et les applications des isotopes en tant « qu'empreintes digitales » des molécules chimiques dans l'environnement. Après avoir intégré les notions de base (isotopes stables/radioactifs, fractionnement), on y voit comment les approches isotopiques peuvent être utiles dans les études environnementales, soit pour le traçage hydrologique, hydrogéologique et biogéochimique, ou encore pour suivre le transport et la dégradation des contaminants. On aborde l'utilisation des isotopes des principaux éléments présents dans le cycle hydrologique (C,H,N,O) et de quelques autres éléments utiles pour étudier le cycle de l'eau (ex: Sr, Cl), le cycle du carbone, la datation des eaux modernes et anciennes, les contaminants et leurs sources (*forensics*), en plus de quelques autres applications intéressantes en environnement ou autres.

### OBJECTIFS DU COURS

Ce cours s'adresse autant aux étudiant.es qui ont un intérêt général pour le sujet sans toutefois vouloir appliquer eux-mêmes la géochimie isotopique à leurs projets (profil « découvreur », qu'aux étudiants qui veulent faire de la géochimie isotopique l'un de leurs outils de travail (profil « praticien »). Les types d'évaluation seront adaptés en fonction de ces deux profils. Au terme du cours, tous.tes les étudiant.es pourront :

- 1) Lire et évaluer de façon critique des documents scientifiques traitant des isotopes

- 2) Sélectionner les isotopes appropriés pour répondre à une problématique donnée
- 3) Décrire comment les isotopes pourraient être utiles à leurs recherches ou leur travail futur

De plus, les étudiant.es ayant choisi le profil « praticien » pourront :

- 4) Réaliser les calculs de base les plus utiles pour l'utilisation des isotopes en environnement
- 5) Utiliser diverses sources de données et outils de modélisation isotopiques disponibles gratuitement sur le web

#### CONTENU DU COURS

- Semaine 1. Introduction et notions de base sur les isotopes
- Semaine 2. Fractionnement isotopique
- Semaine 3. Le cycle de l'eau I : océans, évaporation et précipitations
- Semaine 4. Le cycle de l'eau II : les eaux souterraines
- Semaine 5. PAS DE COURS
- Semaine 6. Le cycle du carbone
- Semaine 7. Contaminants
- Semaine 8. Datation des eaux modernes
- Semaine 9. Datation au carbone-14 (eaux anciennes et autres matrices)
- Semaine 10. Méthodes d'échantillonnage et mesures, visite du Delta-Lab (à confirmer)
- Semaine 11. Applications diversifiées des isotopes en environnement (conférenciers invités)
- Semaine 12. Forensics et résumé du cours
- Semaine 13. Présentations orales et résumé du cours
- Semaine 14. Examen

L'ordre des modules est sujet à changements, par exemple en fonction de la disponibilité des conférenciers invités.

#### MATÉRIEL DIDACTIQUE ET APPROCHES PÉDAGOGIQUES

Le cours est divisé en 11 modules, qui occupent chacun une semaine de cours. Un résumé du cours sera fait pendant une partie des plages horaires de la 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> semaine, alors que la 14<sup>e</sup> semaine est réservée pour l'examen final. Le cours se donnera en présentiel, mais il sera exceptionnellement possible de suivre le cours à distance par Zoom, pour les étudiants qui auront un empêchement à certains moments. Les fichiers Power Point de chaque module, incluant les fichiers du cours lui-même ainsi que des fichiers d'exercices, seront mis en ligne sur la plateforme Moodle.

#### ÉVALUATION

Deux modes d'évaluation sont possibles, soit le mode « découvreur » pour les étudiants qui désirent se familiariser avec la géochimie isotopique sans toutefois effectuer les calculs eux-mêmes, et le mode « praticien » pour les étudiants qui désirent un cheminement plus technique pour être en mesure d'appliquer les notions apprises à leurs recherches.

Profil « découvreur »

Résumés critiques d'articles scientifiques (6 résumés) : 30%  
Travail de session (10 pages) : 30%  
Présentation orale sur le travail de session : 20%  
Examen : 20%

Profil « praticien »

Travaux pratiques (3 travaux) : 30%  
Travail de session (10 pages) : 30%  
Présentation orale sur le travail de session : 20%  
Examen : 20%

*Pour plus de détails:*

[Politique d'intégrité en recherche:](http://www.inrs.ca/sites/default/files/inrs/politiques_procedures_reglements/Politique_IntegriteRecherche%20VersionFinale.pdf)

[http://www.inrs.ca/sites/default/files/inrs/politiques\\_procedures\\_reglements/Politique\\_IntegriteRecherche%20VersionFinale.pdf](http://www.inrs.ca/sites/default/files/inrs/politiques_procedures_reglements/Politique_IntegriteRecherche%20VersionFinale.pdf)

[Intégrité en recherche : Guide pour les étudiants:](http://www.inrs.ca/sites/default/files/etudier_inrs/etudiants_actuels/INRS_Guide_de_letudiant_Integrite_Recherche.pdf)

[http://www.inrs.ca/sites/default/files/etudier\\_inrs/etudiants\\_actuels/INRS\\_Guide\\_de\\_letudiant\\_Integrite\\_Recherche.pdf](http://www.inrs.ca/sites/default/files/etudier_inrs/etudiants_actuels/INRS_Guide_de_letudiant_Integrite_Recherche.pdf)

**CONSIGNES RELATIVES AUX RETARDS DES TRAVAUX ET ABSENCE À UN EXAMEN**

Travaux : pénalisation de 5% par jour de retard, à moins de circonstances exceptionnelles  
Examen : si l'étudiant ne se présente pas à l'examen, pas de reprise à moins de circonstances exceptionnelles, ou d'avoir convenu à l'avance d'une date alternative pour motif sérieux

**INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES**

Cliquez ici pour taper du texte.

**BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE**

Les références suivantes sont utiles mais aucun achat de livre n'est nécessaire.

Clark, I. et Fritz, P. (1997) Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press, ISBN 9781566702492, DOI:[10.1201/9781482242911](https://doi.org/10.1201/9781482242911) (Disponible gratuitement en ligne)

Clark, I. (2015) Groundwater geochemistry and isotopes. CRC Press, ISBN 9781466591738, DOI:[10.1201/b18347](https://doi.org/10.1201/b18347)

Kendall, C., McDonnell, J.J. (1995) Isotope tracers in catchment hydrology. Elsevier, ISBN 9780080929156. (Chapitres 2, 16, 18 et 22 disponibles gratuitement en ligne)

Aelion, C.M., Höhener, P., Hunkeler, D., Aravena, R. (2009) Environmental isotopes in biodegradation and bioremediation. CRC Press, ISBN 9781566706612

Sharp, Z. (2017). Principles of Stable Isotope geochemistry, 2<sup>nd</sup> edition. DOI: [10.25844/h9q1-0p82](https://doi.org/10.25844/h9q1-0p82). (Disponible gratuitement en ligne)