

MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'EAU (PROFIL SANS MÉMOIRE)

Code	Titre	Grade	Crédits
3748	MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'EAU profil sans mémoire	Maître ès sciences, M. Sc.	Quarante-cinq
3748.1	Concentration Changements climatiques et risques naturels		
3748.2	Concentration Santé des écosystèmes		
3748.3	Concentration Eau et société		
3748.4	Concentration Décontamination et biotechnologies environnementales		

OBJECTIFS

La maîtrise en sciences de l'eau recoupe les problématiques environnementales reliées aux sciences de l'eau. Seul au Québec à décerner une maîtrise en sciences dans le domaine de l'eau, le centre Eau Terre Environnement assure, par ce programme, un élargissement des connaissances spécialisées nécessaires aux diplômées et diplômés de premier cycle qui désirent étudier les problématiques de cette ressource importante. À la fin de sa formation, la personne diplômée aura appris, au contact des équipes de recherche, à contribuer efficacement aux travaux de groupes multidisciplinaires et pourra, de ce fait, trouver plus facilement un emploi sur un marché du travail vaste, diversifié et d'un grand intérêt actuel.

Le profil sans mémoire vise à former des personnes professionnelles qui interviendront surtout dans la réalisation et la gestion des projets en sciences de l'eau. Les diplômées et diplômés pourront ainsi apporter une contribution significative à la résolution des problèmes et à la prise des décisions grâce à l'approfondissement des connaissances et à leur spécialisation.

Ce programme vise également à répondre aux besoins de formation continue auxquels les spécialistes en sciences de l'eau ont à faire face. Cette formation continue est rendue particulièrement nécessaire pour acquérir les connaissances et les outils leur permettant d'aborder les problématiques environnementales complexes auxquelles ces personnes sont confrontées.

La maîtrise sans mémoire en sciences de l'eau s'adresse, d'une façon générale, aux diplômées et diplômés en sciences naturelles et en génie qui cherchent une formation spécialisée orientée vers les applications. Elle s'adresse également aux personnes professionnelles œuvrant déjà dans les bureaux de

génie conseil, les laboratoires et les agences des secteurs privés et gouvernementaux.

Le profil de formation sans mémoire comporte un ensemble de matières dont l'enseignement assure à tous les étudiantes et étudiants une connaissance de base des disciplines reliées à l'eau; des travaux pratiques et des projets concrétisent l'enseignement et le complètent. Le programme permet au membre étudiant de personnaliser sa formation en choisissant une des quatre concentrations (non obligatoires). Finalement, la réalisation d'un stage en milieu professionnel ou un stage de travail dirigé lui permet d'acquérir une expérience pratique et d'appliquer certaines des notions apprises durant sa formation.

CONDITIONS D'ADMISSION

Pour être admis à la maîtrise sans mémoire, la personne candidate doit être titulaire d'un baccalauréat, ou l'équivalent, dans une discipline pertinente des sciences pures ou appliquées; ou posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente. De plus, il doit y avoir adéquation entre la formation antérieure de la personne candidate et celle requise pour entreprendre des études dans le programme de formation visé.

La candidate ou le candidat doit posséder un dossier académique de qualité, dont de bons résultats scolaires d'au moins 3,0 (sur 4,3) ou l'équivalent. Par exemple, une moyenne minimale de 12/20 sera exigée pour les dossiers avec ce système de notation. Le programme est contingenté et la sélection se fera en fonction de l'excellence du dossier scolaire.

Toute candidate ou tout candidat doit avoir une connaissance suffisante de la langue française parlée et écrite.

RÉGIME D'ÉTUDES ET DURÉE DES ÉTUDES

- Temps complet : 1 an
- Temps partiel : 2 ans

LISTE DES ACTIVITÉS

(Sauf indication contraire, les cours comportent 3 crédits.) La maîtrise en sciences de l'eau profil sans mémoire comporte 45 crédits, dont 14 pour le stage en milieu professionnel, 4 pour les cours obligatoires et 27 pour les cours aux choix.

ACTIVITÉS OBLIGATOIRES (4 CR.)

ETE301 RAPPORT ET SÉMINAIRE (1 CR.)

Rapport et séminaire de stage.

ETE101 COMMUNICATION ET ÉTHIQUE SCIENTIFIQUE (3 CR.)

Ce cours est obligatoire pour les étudiantes et étudiants des programmes de maîtrise en sciences de la Terre et en sciences de l'eau (recherche et professionnelle). Il est offert en option aux étudiantes et étudiants de doctorat en sciences de l'eau et de la Terre. Il vise à fournir des outils de base en communication et en éthique scientifiques essentiels pour poursuivre une carrière scientifique, tant dans le secteur universitaire que gouvernemental et privé. Les diverses notions abordées sont présentées pour s'intégrer les unes aux autres.

STAGE EN MILIEU PROFESSIONNEL (14 CRÉDITS)

ETE302 STAGE EN MILIEU PROFESSIONNEL (14 CR.)

Le stage en milieu professionnel conduit l'étudiante ou l'étudiant à appliquer les notions apprises à la résolution de problèmes concrets en situation réelle. La prise de contact avec un milieu professionnel actif dans les domaines de l'eau et de l'environnement lui permet une première expérience de transfert et d'application de ses spécialités. La durée de ce stage est de trois mois, incluant la rédaction d'un rapport de stage et sa présentation.

ACTIVITÉS AU CHOIX (27 CR.)

Au moins 3 crédits parmi les cours suivants :

ETE102 STAGE DE TERRAIN 1 (2 CR.)

Le stage de terrain 1 a pour objectif de familiariser la population étudiante aux différentes techniques d'échantillonnage en hydrologie, hydrogéologie, limnologie, océanographie et biologie aquatique (engins de pêche et habitats). Les sessions pratiques s'effectuent sur la rivière Sainte-Marguerite, un affluent du Saguenay, dans la Baie du même nom sur le Fjord du Saguenay et dans les lacs environnants. Un séjour d'une semaine à la station expérimentale du Centre ETE, située à Sacré-Cœur, permet aux stagiaires de compléter l'ensemble des sessions pratiques. Par la suite, les membres de la communauté étudiante doivent présenter un rapport qui collige et décrit les données récoltées, et répondre à des questions permettant d'évaluer leur compréhension des techniques

d'échantillonnage, leurs limites et les principes physiques, chimiques et biologiques abordés durant le stage.

ET

ETE103 STAGE DE TERRAIN 2 (1 CR.)

Dans les régions terrestres nordiques habitées, la proportion de la précipitation annuelle tombant sous forme de neige peut être substantielle. Par exemple au Québec, elle est de 20 % dans la région de Montréal (45°n) à plus de 55 % dans le nord (62°n). Ainsi, l'eau de fonte peut représenter la principale source d'écoulement d'un bassin versant et/ou de recharge des eaux souterraines. De plus, le couvert nival de ces régions conditionne tant leur climat en régularisant le bilan d'énergie thermique à l'interface atmosphère-terre que leurs écosystèmes aquatique et terrestre ainsi que les diverses activités socio-économiques des populations qui les habitent, de la production hydroélectrique aux multiples activités récréatives. Pour toutes ces raisons, il existe un besoin de données sur le couvert de neige afin d'encadrer ces activités et comprendre leur effet sur ces écosystèmes. Dans ce contexte, les membres de la communauté étudiante qui participent à ce stage sont initiés à la mesure de la variabilité spatiale de l'équivalent en eau, de la structure verticale du couvert nival ainsi que des caractéristiques chimiques de l'eau de fonte en fonction de l'occupation du territoire. Ce stage d'une durée moyenne de deux jours se déroule depuis près 30 ans à la forêt montmorency située à 90 km au nord de la ville de Québec, un laboratoire de recherche et d'enseignement unique dans le biome boréal.

ETE401 HYDROLOGIE (3 CR.)

Le cours vise à rendre les étudiantes et étudiants aptes à aborder des problèmes liés au cycle de l'eau et tout particulièrement à comprendre d'un point de vue physique les différents sujets de l'actualité qui concernent l'hydrologue (ex. : genèse des crues, formation de précipitations et de brouillard, évolution des climats, écoulements en rivière et en conduite afin d'approvisionner et desservir les usagers de la ressource).

ETE402 LIMNOLOGIE : EAUX LACUSTRES ET EAUX COURANTES (3 CR.)

Introduction à la limnologie (lacs et rivières), concepts en physique, chimie et biologie, cycles biogéochimiques, communautés biotiques (des virus aux poissons), rôles fonctionnels, productivité biologique, limnologie hivernale, régulation de la chimie des eaux, paramètres usuels de la qualité de l'eau, influences du bassin versant, des aménagements physiques et des changements climatiques sur la qualité de l'eau, études de cas.

ETE408 SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE (3 CR.)

Prélèvement et préservation d'échantillons pour déterminer le statut trophique et la qualité de l'eau d'un lac et d'une rivière en zone urbaine. Exploration de diverses méthodes d'échantillonnage et d'analyses environnementales incluant la chimie de l'eau, l'identification du plancton, des diatomées et du zoobenthos. Critères pour le choix des protocoles, de la stratégie d'échantillonnage et des méthodes d'analyse. Instrumentation et équipement requis pour le suivi environnemental. Contrôle de qualité, fiabilité et validation des résultats. Programmes de suivi de la qualité de l'eau au Québec.

Règles de sécurité et accréditation des laboratoires. Introduction à la paléolimnologie comme un outil de suivi environnemental.

Au plus 24 crédits parmi les cours suivants : Les cours des programmes en sciences de la Terre dont les sigles, commencent par GEO et GLG sont considérés comme faisant partie du programme de maîtrise en sciences de l'eau.

ETE403 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (3 CR.)

Cours d'initiation de système d'information géographique. Il a pour objectif de permettre aux étudiantes et étudiants de maîtriser les notions de base relatives à la collecte et à la manipulation de l'information spatiale. Il vise également à offrir à la population étudiante une expérience pratique des systèmes les plus connus pour la gestion et la diffusion des données géospatiales.

ETE404 GESTION DE L'EAU EN MILIEU URBAIN (3 CR.)

Ce cours offre un aperçu global de tous les aspects touchant à la gestion de l'eau en milieu urbain. Les différents thèmes abordés sont : le cycle de l'eau en milieu urbain ; le captage, le traitement et la distribution de l'eau potable ; la collecte, le transport et le traitement des eaux usées et pluviales ; la gestion des eaux pluviales et des réseaux de collecte en temps de pluie ; les critères de dimensionnement des ouvrages ; le diagnostic, l'entretien, la réhabilitation et le renouvellement des réseaux de conduites ; l'impact des changements climatiques sur l'eau et les infrastructures ainsi que l'adaptation à ces changements ; les défis liés à la gestion de l'eau en milieu urbain tels que la protection des cours d'eau, les aspects administratifs et l'intégration dans une perspective de développement durable.

ETE405 STATISTIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE SUIVI (3 CR.)

Échantillonnage. Paramètres d'une population ; type d'échantillonnage ; aléatoire simple, stratifié, proportionnel, réparation optimale, information d'une variable supplémentaire ; autocorrélation temporelle et spatiale. Suivi temporel. Séries de temps. Séries aléatoires, périodicités, tendances. Séries stationnaires et non stationnaires ; définition de la dépendance linéaire, autocorrélation. Séries de Markov d'ordres un et deux ; analyses de structures de persistance. Approche de Box et Jenkins, fonctions de transfert. Notion de contenu en information pour l'optimisation de l'échantillonnage temporel. Application à des données environnementales.

ETE406 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

Le cours présentera les principes mathématiques fondamentaux du calcul, de l'algèbre linéaire et de l'analyse fonctionnelle. Bâtissant sur ceux-ci, nous étudierons de puissantes méthodes de transformation, techniques de résolution analytique et approches de discrétisation numérique. Le cours met l'accent en particulier sur les équations aux dérivées ordinaires et partielles, sur la compréhension des processus physiques représentés par ces équations et sur l'illustration de modèles applicables en sciences de l'eau, de la Terre et de l'environnement qui sont basés sur les principes, méthodes et équations introduits. L'étudiante ou l'étudiant s'inscrivant à ce cours devra posséder une connaissance de mathématiques de niveau 1er cycle (provenant d'un programme

en sciences ou en génie, par exemple). Les auditeurs libres sont les bienvenus. Le cours est organisé en 12 thèmes.

ETE409 CHIMIE PHYSIQUE DES EAUX DOUCES (3 CR.)

Ce cours a pour objectif général de faire découvrir à la population étudiante les principes thermodynamiques de base qui permettent de décrire la complexité chimique des eaux naturelles et de faire des prédictions sur leur composition à l'aide de méthodes numériques et graphiques simples. Il vise spécifiquement la compréhension des grandes classes de réactions chimiques qui ont cours en milieu naturel, soit les réactions acides-bases, les réactions de précipitation-dissolution, et les réactions d'oxydoréduction, de sorption et de formation de complexes avec des ligands organiques et inorganiques. On insiste en outre sur le concept d'alcalinité et le rôle du CO₂ atmosphérique sur l'acidité des eaux naturelles. Ce cours s'adresse à tous les membres étudiants ayant une formation universitaire de premier cycle en sciences ou en génie et qui désirent comprendre les concepts de base de la chimie physique appliquée aux eaux douces afin de poursuivre des recherches multidisciplinaires ou faire carrière dans un domaine en lien avec la qualité de l'eau.

ETE410 ÉCOTOXICOLOGIE DANS UN MONDE EN CHANGEMENT (3 CR.)

Ce cours couvre les différentes catégories de contaminants, tant inorganiques qu'organiques avec un accent particulier sur les contaminants émergents. Ces derniers incluent notamment les terres rares, les perturbateurs endocriniens, les produits pharmaceutiques, les cyanotoxines. Les sources de ces contaminants seront abordées dont les nouveaux vecteurs tels que les produits de soins personnels et les nanoparticules. Nous passerons en revue comment les contaminants entrent en contact avec les organismes vivants et comment ils traversent les barrières biologiques. Les facteurs environnementaux et leurs rôles dans la biodisponibilité des contaminants seront examinés. Ce cours permettra également à la population étudiante de se familiariser aux effets de ces contaminants sur la santé des organismes vivants. Ce cours explorera plus particulièrement les mécanismes d'action des produits chimiques et la complexité des réponses physiologiques chez le biote. Des avancées récentes seront présentées parmi des thèmes choisis : mutagenèse, bioaccumulation, perturbations du système endocrinien, stress oxydatif, toxicologie du développement et de la reproduction, etc. Les membres étudiants vont se familiariser avec les approches classiques de l'écotoxicologie par bioessais et par biomarqueurs, et apprendront à critiquer des articles scientifiques en lien avec l'écotoxicologie ainsi qu'à se familiariser avec les méthodes utilisées pour développer des critères de qualité de l'eau et du sol. Les méthodes existantes de traitement de ces contaminants à partir de différentes matrices environnementales seront également abordées.

ETE411 LE TRAITEMENT DES EAUX POUR LA PRODUCTION D'EAU POTABLE (3 CR.)

La première partie de ce cours aborde quelques procédés chimiques, physiques et physicochimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux tout en indiquant les principes fondamentaux utilisés pour la mise au point de ces procédés. La deuxième partie expose des systèmes chimiques et physiques de désinfection des eaux tout en indiquant les mécanismes réactionnels d'oxydation des polluants susceptibles d'être

présents dans l'eau. Quelques modèles mathématiques de prévision d'efficacité bactéricide sont aussi décrits. Sont présentés dans la troisième partie, des exemples typiques de filières de traitement d'eau de consommation pouvant être utilisés, et ce, en fonction des caractéristiques initiales de l'eau de brute.

ETE412 TÉLÉDÉTECTION ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

Ce cours est une introduction à la télédétection tant à ses principes physiques qu'aux capteurs utilisés (satellites, aéroportées, drones) et aux principales applications en sciences de l'eau et en sciences de la Terre. De plus, ce cours permet aux étudiantes et étudiants de se familiariser aux méthodes et techniques de traitement numérique d'image de télédétection comme création des composés colorés, rehaussement, filtrage, analyse des composantes principales, théorie des indices spectraux et classification, et sur les corrections des images de télédétection (atmosphériques, radiométrique, géométriques et topographiques). La partie pratique permet d'introduire les membres étudiants aux principes de base des méthodes de traitements numériques des images et discuter des domaines d'applications et de recherches de la télédétection.

Préalable : ETE403 Systèmes d'information géographiques

ETE413 ANALYSE AVANCÉE DES IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION (3 CR.)

Ce cours avancé sur l'analyse des images de télédétection s'adresse aux étudiantes et étudiants ayant une bonne connaissance théorique et pratique du traitement des images et des applications thématiques de la télédétection. En d'autres termes, si le cours ETE412 sur la télédétection environnementale a été réussi, ou si de solides connaissances en télédétection, en traitement d'images et en géomatique sont acquises, ce cours les aidera à améliorer leurs connaissances en matière d'analyse des données de télédétection provenant de technologies nouvelles et avancées. En particulier, les membres étudiants apprendront et travailleront avec des approches avancées d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond via des algorithmes à base des pixels et des objets.

Préalable : ETE412 Télédétection environnementale ou formation préalable en géomatique et en télédétection.

ETE414 SCIENCE DES DONNÉES ET APPLICATIONS (ENVIRONNEMENTALES) (3 CR.)

Le cours est composé des principales parties suivantes :

1. Introduction à la science des données ;
2. Modèles de séries temporelles (AR, MA, ARMA) ;
3. Approches descriptives multivariées (analyse en composantes principales et ses variantes et extensions, divers algorithmes de classification) ;
4. Modèles de régression (régressions simple et multiple, choix de modèles, sélection de variables, méthode pas-à-pas, ANOVA) ;
5. Introduction aux méthodes d'apprentissage automatique (réseaux de neurones et arbres de régression).

Bien que les approches et techniques présentées sont applicables à une grande variété de domaines, des applications environnementales seront traitées. Le logiciel R sera utilisé, mais d'autres logiciels sont permis comme Python.

Préalable : ETE 406 Mathématiques appliquées et modélisation numérique en sciences de l'environnement.

ETE415 BIOTECHNOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT – MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE AUX PROCÉDÉS INDUSTRIELS (3 CR.)

Ce cours fournira les informations concernant la microbiologie appliquée, le développement de bioprocédés et la valorisation des résidus municipaux et industriels. Ce cours sera orienté vers la production de produits à valeur ajoutée utilisant différents résidus (déchets) comme matière première. Ce cours permettra à la population étudiante d'obtenir les connaissances de base et les principes généraux de développement de bioprocédés pour la fabrication de produits à valeur ajoutée, l'utilisation des résidus en tant que matière première et le concept du zéro déchet.

Le cours sera basé sur les grandes lignes suivantes :

- Introduction aux principes fondamentaux.
- Production, traitement et élimination des boues d'épuration.
- Problème de contaminants dans les boues d'épuration.
- Prétraitement des résidus pour augmenter la biodégradabilité et le rendement du produit (biogaz, bioplastiques, etc.).
- Traitement anaérobie et efficacité énergétique.
- Concept neutre en énergie pour les procédés de traitement des eaux usées/disposition des boues d'épuration et/ou la récupération des eaux usées.
- Bioconversion de résidus en produits (biopesticides, bioplastiques, biocoagulants, hydrogène, éthanol, méthane).
- Bioconversion des matériaux lignocellulosiques et problèmes et défis rencontrés.
- Économie circulaire et réduction des émissions de gaz à effet de serre en ce qui concerne l'utilisation des déchets comme matière première pour les produits à valeur ajoutée.
- Progrès récents dans le domaine du développement de processus biotechniques (travail à domicile des membres étudiants sur le développement en cours).

ETE416 GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU (3 CR.)

Ce cours aborde les problèmes liés à la gestion de l'eau et propose des solutions selon un cadre de travail basé sur la gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Les connaissances acquises seront : (i) la mise en place de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant ; (ii) des notions de base dans les diverses disciplines en soutien à la gestion de l'eau par bassin versant, c'est-à-dire la modélisation hydrologique incluant la quantité et la qualité de l'eau de même que la construction de bases de données spatiales et attributs, la gouvernance, le développement durable, l'intégrité biologique ainsi que l'analyse économique des biens et services environnementaux.

ETE417 ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES (3 CR.)

Le présent cours a pour objectif de familiariser la population étudiante à l'assainissement des eaux usées municipales et industrielles. Ce document trace donc un survol des notions théoriques ainsi que des principales techniques physico-chimiques et biologiques employées pour l'épuration des eaux usées et le traitement des boues. Ce cours vise également à l'initier aux méthodes d'analyse physico-chimiques et d'examen microbiologiques courants en assainissement des eaux. Ce cours en assainissement des eaux usées comprend un total de 25 chapitres. La première partie du cours apporte des connaissances de base en ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des

eaux usées et la configuration générale des ouvrages d'assainissement des eaux usées. Les sections suivantes traitent des différents types de procédés utilisés pour le traitement des eaux usées, soient respectivement les procédés de prétraitement et traitement primaire, les procédés biologiques, les procédés physico-chimiques et les procédés électrochimiques. Par la suite sont abordés certains aspects périphériques au traitement des eaux usées, soit le contrôle de la corrosion des conduites et des ouvrages d'assainissement en béton et la problématique associée à la présence de perturbateurs endocriniens. Les sections suivantes sont consacrées à la présentation des installations de traitement des eaux usées de faible capacité, soit les installations septiques communautaires et individuelles. Par la suite, un portrait de la situation en matière d'épuration des eaux usées municipales et industrielles au Québec et à l'étranger est présenté. Les chapitres suivants traitent des technologies de traitement et des modes de gestion des boues (biosolides) issues du traitement des eaux usées. L'évaluation du cours s'effectuera par trois examens à choix multiples avec accès libre aux notes de cours.

ETE418 OCCURRENCES ET RÉCURRENCES DES EXTRÊMES EN ENVIRONNEMENT (3 CR.)

Ce cours vise à : 1) présenter les éléments théoriques et les méthodes statistiques nécessaires à la compréhension de l'analyse fréquentielle des extrêmes dans un cadre univarié et stationnaire ; 2) introduire les étudiantes et étudiants à l'analyse fréquentielle régionale des variables hydrologiques ; 3) les familiariser avec certains outils d'application ; 4) donner une brève introduction à l'analyse fréquentielle dans un cadre univarié non-stationnaire et dans un cadre multivarié.

ETE419 GÉOSTATISTIQUES (3 CR.)

Ce cours vise à fournir les bases en analyse spatiale statistique, avec une emphase sur les méthodes d'interpolation. On y présente les bases de l'analyse statistique de la variabilité de données spatiales. L'analyse des processus ponctuels et l'entropie sont d'abord présentées. Par la suite, la majorité des cours sont consacrés à l'apprentissage de méthodes de krigeage (simple, ordinaire, en bloc, universel, disjonctif, topologique, multivarié et simulations).

ETE420 ÉTUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (3 CR.)

Ce cours aborde les sujets suivants : concepts de développement durable et d'impact, la législation pertinente au Québec et au Canada, les intervenantes et intervenants habituels en matière d'évaluation environnementale et leurs motivations diverses, les procédures d'évaluation locales et internationales, les étapes d'un dossier type, l'analyse de la qualité de l'étude d'impact, le rôle du public et les aspects sociaux, l'analyse de l'acceptabilité environnementale d'un projet, les règles d'éthique du personnel professionnel de l'évaluation, l'évaluation environnementale stratégique, la norme BNQ 21000, la grille d'analyse de développement durable de projets, etc.

ETE421 GESTION ET TRAITEMENT DE MATIÈRES RÉSIDUELLES DANGEREUSES ET RÉHABILITATION DES SOLS CONTAMINÉS (3 CR.)

La première partie du cours vise à renseigner sur la loi sur la gestion des matières résiduelles dangereuses et son interaction avec la loi sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles. Un survol technique des modes de gestion des

matières résiduelles dangereuses est aussi présenté en mettant en relief ce qui est fait dans ce secteur au Québec. La plus grande partie du cours porte sur la problématique de la réhabilitation des terrains contaminés. Au fil de leur industrialisation, les pays développés ont contaminé une partie de leur territoire, en grande partie du fait d'une gestion inadéquate de leurs matières premières, produits finis et rejets industriels. Au début des années 80, la résurgence en plein cœur de milieux habités de résidus déversés ou enfouis des décades plutôt a constitué une prise de conscience de la nécessité de changer les pratiques et modes de gestion. Il s'est également avéré nécessaire de gérer l'imposant passif environnemental que constitue ce legs, entre autres dans le cadre de la revitalisation et de la densification du milieu urbain. Pour ce faire, des lois, règlements, guides techniques, programmes ont été adoptés. Des milliers de terrains ont été caractérisés et réhabilités. Une expertise s'est créée, tant dans le domaine public que privé et une industrie de la réhabilitation a vu le jour, comprenant entre autres une trentaine de lieux de traitement et l'utilisation de plus en fréquente de technologies de décontamination in situ.

ETE422 HYDROMÉTALLURGIE (3 CR.)

Ce cours présente les concepts théoriques et notions pratiques associés aux différents procédés hydrométallurgiques utilisés pour l'extraction, la récupération et la purification des éléments métalliques à partir de matrices solides et liquides. Le premier chapitre de ce cours porte sur les procédés de prétraitement et d'extraction des métaux à partir de matrices solides. Cette partie traite notamment des différentes options de lixiviation chimique et microbienne, ainsi que des techniques physiques et physico-chimiques de prétraitement des matrices solides. Le deuxième chapitre présente l'éventail des techniques utilisées pour la récupération des métaux à partir de solutions aqueuses. Ceci comprend notamment les techniques de précipitation, d'oxydation et de réduction, de coagulation et de floculation, de cémentation, d'adsorption et de biosorption, d'échange ionique, d'extraction par solvant, de flottation, de séparation électrochimique, de photocatalyse, de séparation membranaire et de cristallisation. Le troisième chapitre traite, pour sa part, du traitement des effluents chargés en métaux dont, principalement, les eaux minières et les drainages miniers, les effluents de placage métallique, les solutions de décapage et les effluents métallurgiques. Le quatrième chapitre expose les différentes filières hydrométallurgiques utilisables pour l'extraction et la récupération des éléments métalliques à partir de divers déchets industriels et urbains. Les matrices traitées sont notamment les boues de traitement des eaux et des effluents, les boues de carbure et de pigments, les déchets solides des industries de l'aluminium et de l'amiante, les catalyseurs usagés, les cendres d'incinération, les batteries et piles usagées, les déchets de chromate, les résidus de procédés photographiques, les panneaux solaires usagés, les différents déchets électroniques, les laitiers et scories métallurgiques, les poussières de cheminées industrielles et, bien sûr, les résidus miniers. Le cinquième chapitre montre le potentiel des procédés hydrométallurgiques pour la décontamination de matrices solides contaminées par des métaux. Ceci comprend notamment les boues d'épuration municipales, les résidus de contrôle de la pollution de l'air des incinérateurs de déchets, les déchets de bois traité, les sédiments et les sols. Finalement, le sixième chapitre apporte, pour chacun des éléments métalliques (métaux alcalins, alcalino-terreux, transition, pauvres, métalloïdes, lanthanides et

actinides), des informations de base sur leurs propriétés physiques et chimiques, leurs sources et les méthodes de production, leurs principales utilisations dans le monde, ainsi que les risques associés au niveau de la santé humaine ou de l'environnement.

ETE423 HABITATS AQUATIQUES (3 CR.)

Ce cours a pour objectif de permettre à la population étudiante de se familiariser avec les notions permettant d'identifier, caractériser et modéliser les habitats aquatiques, avec une emphase sur les habitats de poisson. Les thématiques suivantes seront abordées : 1) connaissance de base de différents types d'habitats aquatiques (rivières, plaines inondables, lacs, milieux humides, estuaires) ; 2) caractérisation et évaluation quantitative/qualitative des habitats aquatiques en rivière ; 3) connectivité des habitats ; 4) notion de préférence d'habitat ; 5) introduction à la modélisation des habitats. De plus, des notions de base des techniques de restauration des cours d'eau seront présentées.

ETE424 ISOTOPIE ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

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. L'objectif principal est de familiariser les membres étudiants avec les notions de base nécessaires pour comprendre l'utilisation des isotopes, et à leurs faire découvrir les différentes applications possibles dans le domaine de l'environnement. Ce cours s'adresse autant aux étudiantes et étudiants qui ont un intérêt général pour le sujet sans toutefois vouloir appliquer eux-mêmes la géochimie isotopique à leurs projets, qu'à ceux et celles qui veulent faire de la géochimie isotopique l'un de leurs outils de travail. Les travaux de session seront adaptés en fonction de ces deux profils étudiants.

ETE425 ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

Ce cours vise à faire prendre conscience à la population étudiante des enjeux de l'énergie en lien avec l'environnement. Il s'adresse aux membres étudiants ayant une formation universitaire de premier cycle et qui ont une base en sciences ou en génie et qui désirent comprendre les impacts de la production et de l'utilisation de l'énergie sur le changement climatique. Il s'agit de leur donner des connaissances sur les avantages et les inconvénients de la production et l'utilisation des différents types d'énergie sur l'environnement. Ainsi, les principaux objectifs de ce cours portent, d'une part sur les sources de production d'énergie et les problématiques environnementales associées ; et d'autre part, sur les systèmes d'utilisation de l'énergie et leurs impacts sur l'environnement. Ce cours comporte quatre grandes parties : (1) les différentes sources d'énergie (ressources fossiles, énergies nucléaires, énergies renouvelables, etc.) ; (2) les bilans énergétiques et les

impacts environnementaux (transformation et distribution d'énergie, rendements, gaz à effet de serre et changement climatique, etc.) ; (3) la gestion et économie de l'énergie ; (4) les aspects économiques et la géopolitique. L'évaluation de ce cours se fera par un examen écrit (40 %), et un projet de travail de groupe sur un thème de choix des étudiantes et étudiants en lien avec le contenu du cours, avec rapport (40 %) et présentation orale (20 %).

ETE426 GÉNOMIQUE APPLIQUÉE À L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

Ce cours aborde la théorie et les applications des techniques de séquençage de nouvelle génération. Plus spécifiquement, les notions d'ADN environnemental, de microbiome, de métabarcoding, de métagénomique, métatranscriptomique, métaprotéomique, métabolomiques, épigénétique sont couvertes. Les méthodes d'échantillonnage, de préparation et d'analyse des échantillons sont présentées au travers de divers exemples. Ce cours propose une introduction à l'utilisation de bases de données, aux techniques d'analyse de données — « omiques ».

ETE429 GESTION DE PROJET EN EAU ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

Les étudiantes et étudiants seront appelés à traiter, en équipes, un projet, réel ou fictif, proposé par chacune d'elles, préférablement du domaine des sciences de l'eau, de la Terre ou de l'environnement, projet qu'elles auront elles-mêmes choisi et développé. En même temps que des conseils sur le développement des projets, des sessions théoriques sur les principes et systèmes pratiques de la gestion de projets seront données pour supporter le travail sur les projets. En plus, les cours donneront lieu à des discussions et travaux sur certaines étapes de la matière.

ETE430 FORMES ET PROCESSUS EN MILIEUX FLUVIAL (3 CR.)

Cours axé sur le processus et les formes associés à la dynamique des cours d'eau. Hydrologie et érosion des versants : ruissellement, infiltration, hydrogramme, mouvement de masse, érosion. Hydraulique : classification des écoulements, profils de vitesses, coefficient de frottement. Transport de sédiment : début d'entraînement, charge de fond, en suspension et dissoute. Morphologie : formes du lit, géométrie hydraulique, cours d'eau rectiligne, à méandres, à chenaux tressés. Problèmes environnementaux : sédiments contaminés, protection des rives, habitats. Travaux pratiques et excursions sur le terrain.

ETE431 LA GESTION ET L'INGÉNIERIE DANS L'ENVIRONNEMENT CÔTIER (3 CR.)

Avec l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des tempêtes et la croissance démographique dans les zones côtières, les communautés côtières sont de plus en plus exposées aux risques côtiers. Le cours est conçu pour fournir une introduction nécessaire à l'ingénierie et à la gestion côtières et à la façon dont elles sont liées aux risques côtiers. La première partie du cours portera sur le développement de la théorie et des phénomènes de base qui régissent les processus côtiers, tels que les vagues, les courants et les marées, ainsi qu'un regard de haut niveau sur l'évaluation des risques côtiers. La deuxième partie du cours examinera la manière dont les composantes de base des processus côtiers ont un impact sur les communautés côtières. Le cours examinera les risques côtiers courants au Québec et dans l'est du Canada, tels que

les inondations et l'érosion côtière. En outre, il abordera les structures côtières communes pour faire face à ces risques ainsi que les boucles de rétroaction entre les structures côtières et l'environnement.

ETE433 PALÉOLIMNOLOGIE (3 CR.)

L'objectif du cours est de familiariser la population étudiante avec la paléolimnologie, ses techniques et ses applications pour les reconstructions paléoclimatiques, paléoenvironnementales, et les études d'impacts (acidification, pollution, eutrophisation, etc.). Diverses techniques analytiques, dont les propriétés physiques des sédiments, seront abordées, dont les techniques de carottage, les propriétés physiques, chimiques, et le contenu biologique des sédiments. À la fin du cours, la population étudiante devrait : 1) avoir compris les principes de base et les applications possibles de l'analyse des propriétés physiques, chimiques et biologiques de carottes sédimentaires lacustres ; 2) être en mesure de traiter efficacement les données issues des diverses méthodes vues dans le cadre du cours ; 3) être capable d'évaluer la pertinence, la qualité et les limites des études paléolimnologiques qui sont ou pourraient être utilisées par des décideurs.

ETE434 HYDRAULIQUE ET UTILISATION OPÉRATIONNELLE DES MODÈLES HEC-RAS ET SWMM (3 CRÉDITS)

Le cours vise à rendre les étudiantes et étudiants aptes à prendre en main les résultats issus des modèles HEC-RAS et SWMM et à vérifier que les bonnes pratiques de modélisation ont été appliquées pour garantir l'obtention de bons résultats. Les étudiantes et étudiants seront également confrontés à la gestion/l'obtention des données nécessaires à ces modélisations.

ETE435 GÉOINFORMATIQUE

Ce cours entend doter les membres étudiants d'une capacité de programmation des infrastructures informatiques de production et de manipulation de toute la chaîne de valeurs des données géoréférencées tout en propulsant au premier plan de la recherche et développement en géoinformatique. Le cours est subdivisé en trois modules. Le premier aborde les différentes méthodes de production de données géoréférencées. Le second porte sur les approches sémantiques de gestion et diffusion standardisées des données facilitant leur accès de manière automatisée. Le dernier présente les technologies et modules disponibles pour la mise en œuvre d'applications géoweb s'appuyant sur les deux premiers modules. L'apprentissage par la pratique sera prise en compte dans le cadre de ce cours. Donc, les notions présentées dans chaque module seront supportées par des bibliothèques et des exemples d'algorithmes utilisant le langage de programmation Python, dans la mesure du possible. Au cours du trimestre, les membres étudiants auront à réaliser un projet consistant en un prototype de plateforme géoinformatique appliqué à un problème en géosciences. Les étudiantes et étudiants sont encouragés à suivre les cours ETE403 ou ETE432 avant de s'inscrire à ce cours, mais il ne s'agit pas de préalables obligatoires.

ETE436 PRINCIPES DE LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE OPÉRATIONNELLE

Ce cours intensif d'une semaine a pour objectif de familiariser les personnes participantes aux grandes étapes de la modélisation hydrologique (modélisation précipitation-débit) déterministe. La démarche inclut les grandes étapes de la

modélisation, en partant des intrants aux modèles, le calage, la validation et l'interprétation des extrants. La génération de scénarios de changements climatiques sera aussi abordée.

ETE9913 PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ET ENDOCRINOLOGIE AVANCÉE (3 CR.)

Ce cours offert sous la forme de cours magistraux et de discussions permet à la population étudiante d'acquérir les notions de physiologie, d'anatomie et de biologie cellulaire et moléculaire nécessaires pour comprendre l'action des agresseurs toxiques sur les systèmes endocrinien et reproducteur. Le contenu est principalement ciblé sur les mécanismes d'action des agents toxiques pour les systèmes endocrinien et reproducteur.

ETE511 À ETE 545 COURS SPÉCIAL/SPÉCIAUX (1 CR. À 4 CR.)

CONCENTRATION

Une mention de la concentration sur le diplôme sera accordée à la demande de l'étudiante ou de l'étudiant si un minimum de 3 cours de 3 crédits parmi la liste de cours définis à chacune des concentrations sont réussis. Les membres étudiants qui souhaitent avoir la mention de l'une de ces concentrations sur le libellé de diplôme doivent en faire la demande, auprès du registrariat (registrariat.sesre@inrs.ca), au plus tard avant la fin du dernier trimestre d'études.

CONCENTRATION CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET RISQUES NATURELS (3748.1)

Trois activités de 3 crédits parmi les suivantes (9 crédits) :

ETE401 HYDROLOGIE (3 CR.)

ETE402 LIMNOLOGIE (3 CR.)

ETE403 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (3 CR.)

ETE404 GESTION DE L'EAU EN MILIEU URBAIN (3 CR.)

ETE405 STATISTIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE SUIVI (3 CR.)

ETE406 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE412 TÉLÉDÉTECTION ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

ETE413 ANALYSE AVANCÉE DES IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION (3 CR.)

ETE414 SCIENCE DES DONNÉES ET APPLICATIONS (ENVIRONNEMENTALES) (3 CR.)

ETE416 GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU (3 CR.)

ETE418 OCCURRENCES ET RÉCURRENCES DES EXTRÊMES EN ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE419 GÉOSTATISTIQUES (3 CR.)

ETE423 HABITATS AQUATIQUES (3 CR.)

ETE425 ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE426 GÉNOMIQUE APPLIQUÉE À L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE429 GESTION DE PROJET EN EAU ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE430 FORMES ET PROCESSUS EN MILIEUX FLUVIAL (3 CR.)

ETE431 LA GESTION ET L'INGÉNIERIE DANS L'ENVIRONNEMENT CÔTIER (3 CR.)

CONCENTRATION SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES (3748.2)

Trois activités de 3 crédits parmi les suivantes (9 crédits) :

ETE401 HYDROLOGIE (3 CR.)

ETE402 LIMNOLOGIE (3 CR.)

ETE403 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (3 CR.)

ETE405 STATISTIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE SUIVI (3 CR.)

ETE406 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE408 SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE (3 CR.)

ETE409 CHIMIE PHYSIQUE DES EAUX DOUCES (3 CR.)

ETE410 ÉCOTOXICOLOGIE DANS UN MONDE EN CHANGEMENT (3 CR.)

ETE412 TÉLÉDÉTECTION ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

ETE413 ANALYSE AVANCÉE DES IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION (3 CR.)

ETE414 SCIENCE DES DONNÉES ET APPLICATIONS (ENVIRONNEMENTALES) (3 CR.)

ETE416 GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU (3 CR.)

ETE419 GÉOSTATISTIQUES (3 CR.)

ETE420 ÉTUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (3 CR.)

ETE423 HABITATS AQUATIQUES (3 CR.)

ETE424 ISOTOPIE ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

ETE426 GÉNOMIQUE APPLIQUÉE À L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE429 GESTION DE PROJET EN EAU ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE430 FORMES ET PROCESSUS EN MILIEUX FLUVIAL (3 CR.)

ETE431 LA GESTION ET L'INGÉNIERIE DANS L'ENVIRONNEMENT CÔTIER (3 CR.)

ETE9913 PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ET ENDOCRINOLOGIE AVANCÉE (3 CR.)

CONCENTRATION EAU ET SOCIÉTÉ (3748.3)

Trois activités de 3 crédits parmi les suivantes (9 crédits) :

ETE401 HYDROLOGIE (3 CR.)

ETE402 LIMNOLOGIE (3 CR.)

ETE403 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (3 CR.)

ETE404 GESTION DE L'EAU EN MILIEU URBAIN (3 CR.)

ETE405 STATISTIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE SUIVI (3 CR.)

ETE406 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE408 SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES ÉCOSYSTÈMES D'EAU DOUCE (3 CR.)

ETE410 ÉCOTOXICOLOGIE DANS UN MONDE EN CHANGEMENT (3 CR.)

ETE412 TÉLÉDÉTECTION ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

ETE413 ANALYSE AVANCÉE DES IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION (3 CR.)

ETE414 SCIENCE DES DONNÉES ET APPLICATIONS (ENVIRONNEMENTALES) (3 CR.)

ETE416 GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU (3 CR.)

ETE419 GÉOSTATISTIQUES (3 CR.)

ETE420 ÉTUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (3 CR.)

ETE423 HABITATS AQUATIQUES (3 CR.)

ETE424 ISOTOPIE ENVIRONNEMENTALE (3 CR.)

ETE425 ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE429 GESTION DE PROJET EN EAU ET ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE430 FORMES ET PROCESSUS EN MILIEUX FLUVIAL (3 CR.)

ETE431 LA GESTION ET L'INGÉNIERIE DANS L'ENVIRONNEMENT CÔTIER (3 CR.)

ETE9913 PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ET ENDOCRINOLOGIE AVANCÉE (3 CR.)

CONCENTRATION DÉCONTAMINATION ET BIOTECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES (3748.4)

Trois activités de 3 crédits parmi les suivantes (9 crédits) :

ETE403 SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (3 CR.)

ETE405 STATISTIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE SUIVI (3 CR.)

ETE406 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (3 CR.)

ETE409 CHIMIE PHYSIQUE DES EAUX DOUCES (3 CR.)

ETE410 ÉCOTOXICOLOGIE DANS UN MONDE EN CHANGEMENT (3 CR.)

ETE411 LE TRAITEMENT DES EAUX POUR LA PRODUCTION D'EAU POTABLE (3 CR.)

ETE415 BIOTECHNOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT — MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE AUX PROCÉDÉS INDUSTRIELS (3 CR.)

ETE417 ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES (3 CR.)

**ETE421 GESTION ET TRAITEMENT DE MATIÈRES RÉSIDUELLES
DANGEREUSES ET RÉHABILITATION DES SOLS CONTAMINÉS
(3 CR.)**

ETE422 HYDROMÉTALLURGIE (3 CR.)

**ETE429 GESTION DE PROJET EN EAU ET ENVIRONNEMENT (3
CR.)**

**ETE9913 PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ET
ENDOCRINOLOGIE AVANCÉE (3 CR.)**