

**Doctorat en écologie et aménagement des écosystèmes forestiers - 1579**

**RESPONSABLE :**

Annie DesRochers  
819 732-8809 poste 8327

**SCOLARITÉ :**

90 crédits, Troisième cycle

**GRADES :**

Philosophiæ doctor

**OBJECTIFS :**

Le programme de Doctorat en écologie et aménagement des écosystèmes forestiers a pour objectif de former des scientifiques capables de contribuer à l'avancement des connaissances dans des domaines variés de recherche relevant de l'écologie et de l'aménagement des écosystèmes forestiers, incluant les milieux humides et aquatiques. Plus spécifiquement, ce programme vise une spécialisation avancée dans un ou plusieurs champs d'études des sciences écologiques et des sciences de la forêt. Au terme de leur formation, les spécialistes auront acquis un haut niveau d'autonomie intellectuelle et sauront formuler des problématiques de recherche, établir des stratégies d'étude et réaliser une recherche originale. Leurs compétences pourront être mises à profit dans un contexte professionnel et contribuer à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes ainsi qu'à l'identification, à l'analyse et à la résolution de problématiques liées à l'aménagement des écosystèmes.

**CONDITIONS D'ADMISSION :**

**Base études universitaires**

Être titulaire d'une maîtrise ou l'équivalent dans une discipline pertinente au champ d'études, obtenue avec une moyenne d'au moins 3,2 sur 4,3 ou l'équivalent. Tout dossier de candidature avec une moyenne inférieure à 3,2, mais supérieure à 2,8 sur 4,3 sera étudié par le sous-comité d'admission et d'évaluation du programme et pourrait, dans certains cas, faire l'objet d'une recommandation d'admission.

OU

Être titulaire d'un grade de baccalauréat et posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

La candidate ou le candidat doit démontrer une connaissance suffisante du français et de l'anglais.

Cette personne devra aussi, au moment du dépôt de sa demande d'admission, avoir préparé un projet préliminaire de thèse et avoir reçu l'acceptation de principe d'une directrice ou d'un directeur de thèse qui devra s'assurer, avec l'étudiante ou l'étudiant, de la disponibilité des ressources matérielles et financières nécessaires pour mener à terme ledit projet dans le respect de la durée normale du programme.

Au moment du dépôt de sa candidature, la personne concernée devra présenter trois lettres de recommandation provenant de milieux d'emploi, ou de ressources superviseuses ou enseignantes en mesure de bien évaluer la qualité de la candidate ou du candidat et sa motivation à entreprendre le programme.

**RECONNAISSANCE DES ACQUIS :**

L'étudiante ou l'étudiant qui a déjà publié un ou des articles dans des revues scientifiques avec comité de lecture à partir de ses travaux antérieurs au doctorat, pourrait bénéficier d'une équivalence d'un cours optionnel (3 cr.), sur recommandation de la direction du programme et après consultation auprès de sa directrice ou de son directeur de thèse.

**PLAN DE FORMATION :**

**Cours obligatoires**

EAF9074	Thèse (73 cr.)
EAF9103	Projet de thèse (3 cr.)
EAF9203	Examen doctoral (5 cr.)
EAF9600	Écologie et aménagement des écosystèmes forestiers (3 cr.) 6 crédits optionnels

**Cours optionnels**

Deux cours au choix parmi les suivants (6cr.) :

EAF9403	Sujets spéciaux (3 cr.)
EAF9503	Activité de recherche en aménagement (3 cr.)

EAF9601	Écologie des eaux douces et milieux humides (3 cr.)
EAF9602	Génomique environnementale (3 cr.)
EAF9603	Excursion en aménagement forestier (3 cr.) (EAF9600)
ECL7102	Analyses et modélisation des données écologiques (3 cr.)
ECL7201	Sujets de pointe en écologie appliquée (3 cr.)
ECL7202	Dendroécologie (3 cr.)
ECL8202	Analyses des données complexes (3 cr.) (ECL7102)
ECL8203	Écophysiologie végétale (3 cr.)
ECL8205	Gestion du territoire par bassin versant (3 cr.) (GEO7510)
ECL8206	Processus de production et de transformation de la biomasse végétale (3 cr.)
GEO7510	Systèmes d'information géographique (3 cr.)
MIG8402	Caractérisation des matériaux lignocellulosiques (3 cr.) * ou tout autre cours choisi avec l'accord de la personne responsable de programme.

\* : Disponible à distance

**Règlements pédagogiques :**

L'étudiante ou l'étudiant dont le projet de thèse n'aura pas été déposé avant la fin de la deuxième session ne pourra se réinscrire à d'autres activités du programme jusqu'à ce que le projet soit accepté, à moins de circonstances exceptionnelles. L'étudiante ou l'étudiant qui obtient un échec est automatiquement exclus du programme.

L'étudiante ou l'étudiant qui échoue à l'examen doctoral pourra se réinscrire une deuxième fois mais, advenant un deuxième refus, sera exclus du programme.

**PIÈCES SUPPLÉMENTAIRES ET DIRECTIVES PARTICULIÈRES :**

**EAF9074****Thèse**

**Objectifs :** Concevoir et réaliser un projet de recherche original en écologie et aménagement forestier de façon autonome, mais sous la supervision d'une directrice ou d'un directeur de recherche. Apporter une contribution originale et significative à l'avancement des connaissances dans le domaine de recherche choisi.

**Contenu :** Rédaction d'un document qui situe la problématique, fait la synthèse de l'état des connaissances scientifiques pertinentes, décrit le cadre théorique sous-jacent, énonce les objectifs poursuivis, les hypothèses ou questions de recherche, expose la méthodologie de recherche (dispositif, stratégies d'échantillonnage, de recrutement et d'observation, instruments de mesure, analyses des données, etc.), présente les résultats et les interprète à la lumière de l'état actuel des connaissances dans le domaine. La thèse devra être présentée sous forme d'articles, devra inclure un minimum de trois chapitres sous forme d'article scientifique et devra respecter les règles de présentation en vigueur. Soutenance de la thèse publiquement à l'oral devant un jury.

**EAF9103****Projet de thèse**

**Objectifs :** Préciser le problème étudié et établir d'une façon définitive l'état de la question, compléter la recherche bibliographique, dégager un cadre théorique et élaborer une approche méthodologique. Développer un projet de thèse d'une qualité et d'une portée de niveau doctoral.

**Contenu :** Élaboration d'un projet de thèse concret et opérationnel, en collaboration avec la directrice ou le directeur ainsi que le comité d'encadrement. Présentation de la problématique, du cadre conceptuel ou théorique, des objectifs ou des hypothèses de travail, de la démarche méthodologique et de l'état d'avancement des connaissances relatives au sujet de recherche. Présentation publique de ce projet de thèse et discussions à huis clos avec le comité d'encadrement.

**EAF9203****Examen doctoral**

**Objectifs :** Démontrer une connaissance approfondie de son domaine principal de recherche et une connaissance appropriée de domaines connexes. Maîtriser la littérature scientifique pertinente et faire montre de capacités d'analyse critique et de synthèse. Faire preuve de capacités de communication adéquates à l'écrit comme à l'oral.

**Contenu :** Format et contenu à déterminer selon le sujet de recherche par le comité d'encadrement et à être approuvé par la ressource professorale responsable du cours. Présentation écrite et orale.

**EAF9403****Sujets spéciaux**

**Objectifs :** Approfondir un ou plusieurs sujets spécifiques en lien avec son projet de thèse.

**Contenu :** Contenu variant selon les intérêts de recherche de l'étudiante ou de l'étudiant et déterminé par la ressource professorale responsable du cours et approuvé par le comité d'encadrement.

**EAF9503****Activité de recherche en aménagement**

**Objectifs :** Approfondir des connaissances relatives à la recherche en aménagement forestier. Développer des habiletés nécessaires à la réalisation d'une recherche en aménagement forestier.

**Contenu :** Contenu qui peut varier selon le domaine de recherche et les intérêts en recherche de l'étudiante ou de l'étudiant et qui est validé par la ressource professorale responsable du cours et approuvé par le comité d'encadrement.

**EAF9600****Écologie et aménagement des écosystèmes forestiers**

**Objectifs :** Connaître les aspects économiques, sociologiques, politiques et législatifs liés à l'aménagement des forêts. Comprendre le rôle des principaux acteurs et actrices de la gestion et de l'aménagement des forêts publiques et privées. Examiner les différentes approches d'aménagement forestier basées sur la mise en valeur et le maintien des fonctions des écosystèmes forestiers, en lien avec les orientations de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier. Acquérir les notions de base de la foresterie et des principes sylvicoles, ainsi que celles portant sur les mesures d'atténuation des impacts sur la biodiversité. Comprendre les principaux enjeux de la gestion des forêts publiques du Québec et être en mesure d'évaluer les effets de l'aménagement forestier et de différentes approches sylvicoles sur les habitats fauniques, la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes. Connaître les outils et données utilisés pour l'aménagement, de la planification à la transformation. Se familiariser avec la dynamique naturelle de la forêt boréale et les caractéristiques écologiques des principales espèces forestières du Québec. Identifier la façon dont les principes sylvicoles et d'aménagement permettent de se rapprocher de la dynamique des forêts naturelles dans une perspective écosystémique.

**Contenu :** Contexte historique et importance socio-économique et industrielle des ressources forestières au Québec et au Canada. Perspectives industrielles du nouveau régime forestier. Cadre écologique forestier du Québec. Principales caractéristiques des écosystèmes forestiers boréaux et aspects affectant leurs composition et dynamique. Principaux enjeux associés

aux écarts entre les écosystèmes forestiers naturels et les territoires aménagés. Notions et concepts de l'aménagement forestier et de la sylviculture pertinents à l'aménagement forestier écosystémique. Éléments clés de la mise en œuvre de l'aménagement forestier écosystémique en sapinière à bouleau blanc et en pessière à mousses. Concepts et expériences de gestion intégrée des ressources et du territoire au Québec. Régionalisation de la gestion des ressources naturelles. Effets à court et à long termes de l'aménagement forestier sur les mosaïques forestières et sur la diversité biologique, ainsi que le rôle d'aires protégées pour la conservation de la biodiversité. Solutions proposées par l'aménagement écosystémique par rapport au maintien de la diversité. Certains impacts anticipés des changements climatiques sur la forêt boréale et défis qui sont posés à l'aménagement forestier durable. Enjeux de l'aménagement forestier dans le maintien des services écosystémiques (séquestration de carbone, conservation de la biodiversité, protection des milieux hydriques, etc.). Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable, systèmes de certification environnementale et leur rôle dans la promotion de l'aménagement forestier durable.

**EAF9601****Écologie des eaux douces et milieux humides**

**Objectifs :** Se familiariser avec l'écologie aquatique et des milieux humides et le fonctionnement de ces écosystèmes au sein du biome boréal. Comprendre le fonctionnement et l'écologie des milieux hydriques tels que les lacs, les tourbières, les rivières, les étangs, les marais et les marécages. Évaluer le rôle des milieux hydriques et humides dans la forêt boréale. Comprendre les interactions entre milieux terrestre et aquatique et leur importance pour le paysage forestier. Connaître les structures responsables de l'aménagement des forêts et des eaux douces et les enjeux qui y sont reliés.

**Contenu :** Paramètres physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (hydriques et humides) et leur variabilité spatiale et temporelle. Cycle saisonnier des écosystèmes aquatiques en forêt boréale. Faune et flore aquatiques et des milieux humides boréaux. Fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Interactions avec leur bassin versant et la forêt boréale environnante. Classification des milieux hydriques et humides. Place de l'hiver dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques boréaux. Description des structures responsables de la gestion des écosystèmes aquatiques et des écosystèmes forestiers.

**EAF9602****Génomique environnementale**

**Objectifs :** Acquérir une connaissance pratique des outils et concepts de la génomique et les appliquer à des questions de recherche en écologie.

Comprendre les différentes techniques bio-informatiques liées au traitement des données de séquençage de nouvelle génération développées dans les principaux domaines des sciences de l'environnement.

**Contenu :** Génomique des populations. Métagénomique. Paléogénomique. Introduction aux analyses bio-informatiques. Phylogénétique moléculaire.

**EAF9603****Excursion en aménagement forestier**

**Objectifs :** Permettre aux étudiantes et aux étudiants de développer des aptitudes à élaborer des solutions concrètes à des problématiques complexes d'aménagement forestier, ainsi que de réfléchir aux enjeux liés au développement du territoire forestier du Québec. Étudier les impacts des activités humaines et du développement régional sur le territoire et les différents acteurs et actrices du milieu forestier. Discuter de la gestion économique et des stratégies de développement durable. Développer une vision systémique des problématiques forestières de la région. Comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers et les différentes approches sylvicoles au sein d'une diversité de contextes forestiers.

**Contenu :** Principaux défis et enjeux environnementaux, sociaux, culturels et économiques de l'aménagement forestier au Québec. Approches sylvicoles adaptées aux différents écotones forestiers en lien avec les objectifs de production et de transformation du bois. Interactions entre la recherche et les besoins du milieu forestier, de la conception des projets à l'application de leurs résultats.

**ECL7102****Analyses et modélisation des données écologiques**

**Objectifs :** Développer sa capacité à formuler des hypothèses de travail, à élaborer une stratégie d'échantillonnage, à évaluer et sélectionner les designs expérimentaux et analyses statistiques appropriés pour un problème donné. Être en mesure d'évaluer et de critiquer les matériels et méthodes, analyses statistiques et résultats d'un article scientifique, afin d'en juger sa valeur. Atteindre un degré d'autonomie nécessaire à la planification d'un projet de recherche, la réalisation des analyses statistiques et à l'interprétation des résultats.

**Contenu :** Élaboration de modèles d'explication des phénomènes biologiques. Paramètres et statistiques. Stratégies d'échantillonnage et intervalles de confiance. Tests d'hypothèse à un et deux groupes. Estimation de paramètres. Tableaux de contingence. Analyses de variance (ANOVA à 1 et 2 critères, blocs complets aléatoires). Contrastes orthogonaux et comparaisons multiples. Régression linéaire simple et corrélation. Régression multiple et modèles linéaires généralisés (régression de Poisson et régression logistique). Sélection de modèles et

inférence multimodèles. Introduction aux analyses multivariées (PCA).

### ECL7201

#### Sujets de pointe en écologie appliquée

**Objectifs** : S'initier à différentes problématiques relevant de l'écologie appliquée. Se familiariser avec des recherches de pointe menées au Québec, Canada et au niveau international.

**Contenu** : Variable

### ECL7202

#### Dendroécologie

**Objectifs** : Acquérir une expérience pratique et des connaissances de base dans le domaine de la dendroécologie. S'initier aux principales méthodes utilisées sur le terrain et en laboratoire et aux analyses statistiques essentielles. Être en mesure de concevoir et de mener une étude dendrochronologique. Familiariser l'étudiant avec les méthodes propres aux études portant sur l'historique des perturbations, la reconstitution du climat et l'analyse de l'impact humain sur les écosystèmes forestiers.

**Contenu** : Techniques d'échantillonnage en dendroécologie, traitements des échantillons et techniques d'interdatation. Analyses statistiques des séries dendrochronologiques (fonction de réponse, standardisation et bootstrap). Logiciels dendrochronologiques. Élimination des tendances de croissance (detrrending) et analyses dendroclimatiques. Introduction à la paléoécologie. Revue des principales méthodes paléoécologiques.

### ECL8202

#### Analyses des données complexes

**Objectifs** : Être en mesure d'identifier les techniques les plus appropriées pour analyser des données de designs complexes courants en écologie, d'exécuter les analyses, d'interpréter les résultats correctement, et d'utiliser des approches innovatrices telles que les simulations afin de vérifier l'ajustement des modèles. Développer une expertise en analyses de données complexes.

**Contenu** : Maximum de vraisemblance et maximum de vraisemblance restreint. Inférence non-paramétrique : simulations de Monte Carlo, tests de randomisation et bootstrap. Régression robuste aux valeurs extrêmes. Analyses de données hiérarchisées : modèles linéaires mixtes généralisés, introduction aux modèles hiérarchiques bayésiens. Modèles additifs généralisés. Analyses de données à dépendance temporelle et spatiale.

### ECL8203

#### Écophysiologie végétale

**Objectifs** : Comprendre les processus écophysiologiques des végétaux et à approfondir les concepts fondamentaux de la physiologie végétale. Appliquer ces concepts à problématiques écologiques.

**Contenu** : Croissance et structures anatomiques des végétaux. Photosynthèse et métabolisme des glucides. Translocation et accumulation. Relations hydriques. Nutrition minérale. Hormones et composés secondaires. Croissance et développement, fonctions métaboliques, action des facteurs biotiques et abiotiques du milieu, bilan énergétique, hormones et morphogénèse, synthèses organiques.

### ECL8205

#### Gestion du territoire par bassin versant

**Objectifs** : Comprendre les enjeux liés à l'eau (rareté, utilisation, pollution, bassins versants internationaux, espèces exotiques). S'initier à la gestion du territoire et des ressources hydriques par bassin versant. Être en mesure de réaliser la caractérisation biophysique et de l'occupation du territoire pour un bassin versant.

**Contenu** : Problématique mondiale de l'eau. Enjeux géopolitiques. Politique québécoise de l'eau. Concepts de base de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant (hydrologie des bassins versants, fonctions hydrologiques, écologiques et socio-économiques des bassins versants, gestion intégrée de l'eau, planification, renforcement des capacités). Exemples de gestion par bassin versant (EPA, France, Québec).

### ECL8206

#### Processus de production et de transformation de la biomasse végétale

**Objectifs** : Développer des connaissances multidisciplinaires sur la biomasse végétale incluant les technologies de production, d'aménagement et de transformation. Mieux comprendre les interactions entre la biomasse végétale et le milieu et les conditions de croissance de la biomasse végétale. S'initier aux principaux modes de conversion de la biomasse en produits énergétiques, en commodités chimiques et biomatériaux et sous-produits.

**Contenu** : Systèmes de production et de transformation de la biomasse végétale de sources agricoles et forestières, interactions biomasse – environnement, transformation de la biomasse, énergie et biocarburants, commodités chimiques et biomatériaux.

### GEO7510

#### Systèmes d'information géographique

**Objectifs** : S'initier aux concepts de base des systèmes d'information géographique (SIG). Acquérir des connaissances sur les grands types et sources de données à référence spatiale et sur les méthodes d'analyse offertes par les SIG. Développer ses aptitudes dans la manipulation d'objets référés spatialement. Être en mesure d'évaluer la nature et la qualité des informations à traiter et d'organiser des données numériques à référence spatiale. Comprendre les algorithmes fondamentaux qui sous-tendent les SIG. Développer son sens critique

relativement au potentiel de l'utilisation de cet outil. Apprendre à utiliser et à manipuler le SIG ArcGis de ESRI. Appliquer les principales techniques d'analyse spatiales offertes par les SIG.

**Contenu** : Concepts et structures des systèmes d'information géographique. Saisies des données (modes vectoriel et matriciel) de télédétection et de cartographie. Principes régissant la géodatabase, organisation et gestion des données numériques. Projections et notions de géodésie, analyses spatiales, analyse 3D, développement des systèmes et perspectives d'avenir.

### MIG8402

#### Caractérisation des matériaux lignocellulosiques

**Objectifs** : Acquérir des connaissances sur les techniques de caractérisation modernes des matériaux, notamment les matériaux lignocellulosiques, de leurs surfaces et de leurs propriétés mécaniques, physiques, thermiques et dynamiques. Développer des aptitudes en techniques expérimentales de caractérisation des matériaux, en analyses critiques et en rédaction de rapports scientifiques.

**Contenu** : Classification des matériaux. Interactions rayonnement matière. Caractérisation des propriétés mécaniques (traction, compression, flexion, dureté; viscoélasticité et viscoplasticité; fluage, fatigue), physiques (densité, stabilité dimensionnelle, hygroscopicité, teneur en humidité), chimiques (composition et structure cristalline), thermiques, électriques et de surface des matériaux lignocellulosiques.