

Université d'été en phénologie des processus d'écosystèmes

Plan de cours

Phénologie des processus d'écosystèmes

BCG 100 13

DESCRIPTION DU COURS :

Ce cours de 3 crédits est une initiation aux concepts et aux applications de la phénologie, soit l'étude des changements induits par la saisonnalité du climat sur le géo-écosystème. Le cours focalisera sur le phénomène de l'augmentation du rayonnement solaire et de la photopériode qui caractérise le printemps des régions froides et ce qui en découle. En effet, ce cours sera développé autour de projets thématiques sur les processus phénologiques printaniers, visibles en classe et sur le terrain, qui contrôlent la cascade régulatrice des flux d'énergie et de matière qui transitent par chacune des composantes de l'écosystème. Plus concrètement, pour cette troisième édition, nous aborderons les régulateurs climatiques de la phénologie, la télédétection satellitaire de la phénologie, la phénologie reproductive et végétative des plantes ainsi que la phénologie comportementale et physiologique chez les mammifères et les oiseaux.

OBJECTIFS :

La phénologie émerge actuellement comme un champ de développement scientifique des plus dynamiques car il permet d'envisager les perspectives d'adaptations aux changements globaux sur une base mieux documentée. Bien que le Québec soit l'un des endroits du monde où les effets de la saisonnalité du climat sont les plus marqués sur les populations, aucun cours universitaire portant spécifiquement sur la phénologie n'est disponible. Ce cours vise donc à combler cette lacune, particulièrement auprès des personnes en formation universitaire en sciences environnementales.

Plus spécifiquement, le cours vise à :

- S'initier aux méthodes de recherche en phénologie (mesures des paramètres nivométriques, climatiques, physiologiques, développementaux).
- Comprendre les changements fonctionnels qui s'opèrent au passage de la saison froide à la saison chaude au sein des écosystèmes et des populations.
- S'initier, en y participant activement, à l'élaboration de systèmes de monitoring phénologiques.

CONTENU :

Saisonnalité et variabilité climatique (température, précipitation, rayonnement). Développements méthodologiques en phénologie appliqués à des projets portant sur des éléments à l'étude tels que : l'enneigement, le déneigement et les variations du rayonnement solaire. Les bases physiologiques de la dormance et de la phénologie

reproductive et végétative des plantes. Migration, variations comportementales et physiologiques chez les vertébrés (oiseaux, mammifères).

FORMULES PÉDAGOGIQUES :

Cours qui se déroulera immédiatement après la session d'hiver. Le cours est développé autour de **thèmes** sous la responsabilité d'un ou deux professeurs et auxiliaires d'enseignement. Chaque thème a sa combinaison particulière de formule pédagogique. Pour cette édition les thèmes exploités sont:

- Régulateurs climatiques de la phénologie (F. Gauthier)
- Phénologie de la fonte des neiges et de la production primaire vue de l'espace (Simon Bélanger)
- Phénologie comportementale, physiologique et démographique chez les mammifères (M.-H. St-Laurent)
- Phénologie migratoire et reproductive chez les oiseaux (Joël Bêty & Michael Jaffré)
- Phénologie reproductive et végétative chez les plantes (L. Sirois, L. Jolicoeur)

Vous trouverez le détail de chaque thème dans le calendrier des activités en annexe.

PRÉALABLE :

Aucun préalable.

Bibliographie

Gilbert, Loren, 2015 Phenology and climate change. Barnes and Noble ed. NY. 336 p.

Noormets, Ask. 2009. Phenology of ecosystem processes: applications in global change research. Springer, New York.xv p 275 p.

[Merkle et al. 2016. Large herbivores surf waves of green-up during spring. Proc. R. Soc. B 283: 20160456.](#)

[Schwartz, M. D.](#) ed. 2003. Phenology: An Integrative Environmental Science ISBN: 978-1-4020-1580-9 (Print) 978-94-007-0632-3

[Xiaoyang Zhang](#), 2012. Phenology and Climate Change. ISBN 978-953-51-0336-3, Hard cover, 320 pages, Publisher: InTech, Chapters published March 21, 2012 under DOI: 10.5772/2146

Annexe : Calendrier des rencontres

Nous avons prévu que certaines activités de notre programmation sont interchangeable en fonction des conditions climatiques. Ainsi, certains cours théoriques pourraient être enchaînés lors d'une même journée qui serait moche pour les activités à l'extérieur.

13 Mai, Lundi Jour #1, 8h: Activité d'accueil de 20 min. Présentation réciproque de tous les participants et de la programmation de la semaine

Thème 1: Les régulateurs climatiques de la phénologie

Responsable : Francis Gauthier

Activité en classe : 3 heures

Notion de base en thermodynamique : principe, température vs chaleur, chaleur sensible vs chaleur latente, transfert de chaleur, bilan d'énergie

Notion de base en climatologie : climat des moyennes latitudes

Instrumentation en microclimatologie, notion d'échelle spatio-temporelle (représentativité), bilan d'énergie des systèmes naturels, mesure empirique de transfert de chaleur (degré-jour), intensité-durée du gel-dégel, fonte des neiges et équivalent en eau

Activité sur le terrain : 1h

Visite d'une station météorologique

Discussion : Principe de l'instrumentation en microclimatologie, bilan d'énergie et notion d'échelle spatio-temporelle, retour sur l'activité

Activité de laboratoire : 3h

Dresser le bilan d'énergie d'un système naturel : forêt, toundra alpine, plaine (ou bassin versant) enneigée, plan d'eau (fleuve, lac), falaise nord vs sud

Évaluer le rôle des divers flux de chaleur à diverses échelles temporelles (annuelle, saisonnière, journalière, ...)

Évaluation :

L'évaluation porte sur une présentation power-point de 4 à 6 diapos (10 minutes de présentation, par équipe) qui porte sur l'analyse du bilan d'énergie aux diverses échelles d'analyse.

Thème 2 : Suivi par télédétection de la phénologie des autotrophes en milieu terrestres et aquatiques.

Responsable : Simon Bélanger

Activité en classe : 3 heures

Notions de base en télédétection

Réponse spectrale de la végétation terrestre et aquatique (c.-à-d., phytoplancton)

Indices des stades de croissance : NDVI, greenness, chlorophylle-a

Survol des systèmes d'observation de la Terre dédiés à la cartographie de l'activité photosynthétique en milieux terrestre et aquatique

Exemples d'études de la phénologie par télédétection

Activité de laboratoire : 3 h

Introduction à la plateforme *Google Earth Engine* (**IMPORTANT : Les étudiants doivent idéalement avoir un compte GMAIL et avoir fait la demande d'autorisation pour utiliser la plateforme *Google Earth Engine* en ligne : <https://earthengine.google.com/>**)

Extraire le cycle phénologique des données de télédétection à différentes échelles spatiales et temporelles.

Examiner les différences régionales dans la phénologie et tenter de les expliquer en fonction de paramètres environnementaux (latitude, altitude, variations climatiques interannuelles).

Évaluation

L'évaluation porte sur une présentation power-point de ~5 diapos (7-10 minutes de présentation, par équipe de 3) qui porte sur l'observation de la phénologie par télédétection.

Contraintes logistiques

Les cours théorique et pratique seront donnés dans les locaux de l'UQAR.

Thème 3: Phénologie reproductive et végétative chez les végétaux

Responsable : Luc Sirois

Activité en classe : cours magistral 90-120 minutes

Les bases physiologiques de la phénologie des plantes

Croissance, développement et dormance

Contrôles hormonaux

Le rôle du climat

- Lumière et photopériode
- Humidité
- Température

Phénologie écosystémique

- Phénologie et séquestration de C
- Phénologie, Patron et Processus Biogéographiques

Phénologie organismique

- Développement végétatif et développement reproductif
- La mesure de la phénologie du développement
- Études de cas à partir des observations réalisées sur le terrain et de la base de données phénologiques régionale.

Activité sur le terrain : 4h

Localiser et identifier les stades de développement phénologique végétatifs et reproductifs d'une sélection d'espèces le long d'un gradient d'altitude, depuis Rimouski jusqu'au Mont Comi.

Suite et fin de ce thème vendredi AM

Activité de laboratoire : 4 h

Examiner la relation qui existe entre le développement phénologique (reproductif et/ou végétatif) d'une espèce communément trouvée le long d'un gradient d'altitude et le cumul des degrés-jour (en équipe de x personnes), avec les données expérimentales et celles mesurées sur le terrain.

Évaluation :

L'évaluation porte sur une présentation power-point de 3-5 diapos (7-10 minutes de présentation) des résultats de votre analyse d'un extrait de la base de donnée phéno-thermique des plantes communes de l'est du Québec.

Thème 4: Phénologie comportementale, physiologique et démographique chez les mammifères

Responsable : Martin-Hugues St-Laurent

Activité en classe (1 h): Présentation d'une conférence sur les thèmes incontournables lorsque l'on s'intéresse à la phénologie des vertébrés, soit les notions d'ajustements métaboliques, physiologiques comportementaux et morpho-anatomiques aux changements de température ainsi que sur les conséquences démographiques de ces ajustements, les cycles annuels, les migrations, les pauses reproductrices, la phénologie de reproduction, l'hibernation et la torpeur, ainsi qu'une présentation de la « *Green-wave hypothesis* ».

Activité sur le terrain (5 h): Randonnée dans le Témiscouata (Parc du Lac-Témiscouata) pour observer des signes directs ou indirects de l'activité des vertébrés, dont l'orignal. Discussions et réflexions autour des thèmes présentés avec une attention particulière au défi que représentent les ajustements comportementaux, physiologiques et démographiques aux changements appréhendés du climat.

Évaluation (4 h): Réponse à une question à développement (1000 mots) en équipe, sur un des thèmes présentés et avec un des modèles biologiques proposés (e.g. ours noir, coyote, orignal, cerf de Virginie), le tout accompagné d'un schéma intégrateur. Chaque équipe sera responsable d'un thème et d'une équipe, faisant en sorte qu'aucune combinaison thème - espèce ne sera répétée entre deux équipes. Les étudiants disposeront d'un maximum de 4 h au retour de la sortie de terrain et en soirée pour réaliser leur travail et le remettre.

Thème 5: Phénologie de la migration et de la reproduction chez les oiseaux (Joël Bêty & Michael Jaffré)

Activité en classe (4h):

Introduction aux concepts de base de la migration et aux méthodes de suivis de la phénologie de la migration (individuelle ou populationnelle).

Impacts de la phénologie de la migration et de la reproduction sur l'aptitude phénotypique des oiseaux. Plasticité phénotypique et effet de la sélection naturelle sur la phénologie. Utilisation de modèles théoriques d'optimisation pour comprendre la phénologie.

Impact des changements phénologiques sur les interactions entre espèces.

Étapes préparatoires aux sorties sur le terrain (identification d'oiseaux et matériel)

Activité sur le terrain (4h):

Session d'observations à deux sites d'étude permettant de faire le suivi de la migration des oiseaux dans la région de Rimouski (Pointe-au-Père et Belvédère Raoul-Roy au Parc national du Bic). Cette activité permettra de mieux comprendre les méthodes de suivi de la migration et les bases de données utilisées pour les activités de laboratoire. Elle permettra également d'apprendre à utiliser des outils d'observation et à identifier des espèces d'oiseaux.

Activité de laboratoire (6h):

Calculs et comparaison d'indices phénologiques pour suivre la migration et la reproduction des oiseaux. Analyse de bases de données phénologiques et d'articles scientifiques traitant de la réponse phénologique des espèces aux changements environnementaux.

Évaluation :

L'évaluation porte sur la participation générale des étudiants durant les activités et sur une présentation orale réalisée en équipe (8-10 minutes + courte période de questions). Le contenu des présentations de chaque équipe va dépendre des ateliers réalisés durant les activités de laboratoire.

Contraintes logistiques

Les observations d'oiseaux en milieu naturel peuvent être contraintes par les conditions météorologiques. Des ajustements de dates/heures des sessions d'observations sont donc possibles en fonction des prévisions météorologiques.